

Rapportförfattare, Norconsult AB

Emelie Danielsson	Uppdragsledare och teknikansvarig risk- och systemanalys
Lucas Dawson	Expertrådgivning, teknikgranskning systemanalys, modellering
Sonja Sandström	Handläggare, ansvarig för illustration och layout
Bo Berghult	Expertrådgivning och teknikgranskning dricksvattenfrågor

Projektorganisation, Uppsala Vatten och Avfall AB

Projektgrupp

Eric Beal	Utredningsingenjör, Dricksvattenavdelningen
Heidi Graeffe	Utredningsingenjör/hydrogeolog, Planeringsavdelningen
Karin Wertsberg	Utredningsingenjör, Planeringsavdelningen
Maria Lindqvist Pettersson	Utredningsingenjör och uppdragsledare, Planeringsavdelningen
Philip McCleaf	Utvecklingsingenjör, Dricksvattenavdelningen

Styrgrupp

Bertil Lustig	Avdelningschef, Dricksvattenavdelningen
Fredrik Bergengård	Sektionschef, Verksamhetsskydd och Arbetsmiljö
Kristina Ekholm	Avdelningschef, Planeringsavdelningen
Malin Grundin	Avdelningschef, Projektavdelningen

Uppsala Vattens kontaktperson:

Maria Lindqvist Pettersson

Diarienummer: 2020–0196 – Februari 2021

Utgåva 1.1

Innehåll

Sammanfattning	1
Terminologi	3
Förkortningar	3
Ordlista	3
Bakgrund till handledningen	5
Risker mot dricksvattenförsörjningen	5
Om projektet "Risk- och systemanalys för en tryggad framtida dricksvattenförsörjning"	6
Om denna handledning	7
Process för risk- och systemanalys	8
Steg 1: Specificera uppdraget och skapa en uppdragsorganisation	10
Steg 2: Identifiera och analysera risker	12
Vad ska göras och varför?	12
Metoder och genomförande	12
Analysera och bearbeta riskregistret	14
Prioritera risker för fortsatt analys	19
Steg 3: Modellera dricksvattensystemet	20
Vad som ska göras och varför?	20
Metoder och genomförande	20
Kvalitativ modellering av dricksvattensystemet	24
Kvantitativ modellering av dricksvattensystemet	25
Steg 4: Modellera risker mot dricksvattensystemet	31
Vad som ska göras och varför?	31
Metoder och genomförande	31
Kvalitativ modellering av risker mot dricksvattenförsörjning	31
Kvantitativ modellering av risker mot dricksvattenförsörjning	34
Steg 5: Analysera resultat	38
Steg 6: Skapa beslutsunderlag	39
Reflektioner över metod- och processverktyget	40
Sekretess	41
Lästips	42
Referenser	43
Bilaga A. Riskregister	45
Bilaga B. Systemmodeller	49

Sammanfattning

Dricksvatten är en livsviktig resurs och dricksvattenförsörjningen är därför en samhällsviktig verksamhet. I Sverige har råvattentillgången historiskt sett varit mycket god och landet har en väl utbyggd dricksvattenförsörjning. Samhället är därför anpassat till en god dricksvattentillgång av hög kvalitet, där vattenkonsumenter såsom hushåll, offentlig verksamhet och näringsliv utgår ifrån att försörjningen ska fungera i alla lägen.

Dock står nutidens och framtidens dricksvattenförsörjning inför stora utmaningar. Riskerna som hotar dricksvattenförsörjningen är många och olika i sin karaktär, och tycks öka i takt med klimatförändringar, urbanisering och stigande krav på rening. Risker kan komma av både naturgivna processer och katastrofer, såsom torka och skred; samhällsrelaterade risker såsom ökad vattenanvändning, olyckor och aktiviteter som förorenar yt- och grundvatten; antagonistiska hot såsom sabotage eller terrorhandlingar. Övåntade händelser, exempelvis den världsomspännande covid-19 pandemin, kan också sätta stort tryck på dricksvattenproducenter. Risker mot och förutsättningar för dricksvattenförsörjningen är därtill ofta direkt eller indirekt sammankopplade med varandra på sätt som många gånger är svårgripbara.

Denna utveckling drivs ofta av processer och beslut bortom den enskilde dricksvattenproducentens både inflytande och ibland kännedom. Trots detta bär denna organisation ofta huvudansvaret för att planera för hur framtida dricksvattenbehov ska mötas samt för att ta beslut om kostnadsdrivande satsningar på vatteninfrastruktur med planeringshorisonter på tiotals år, och livstidshorisonter uppåt 80 till 150 år. Givet ett ovisst och dynamiskt risklandskap, är sådan planering både svår och osäker.

Dricksvattenproducenter är sedan länge vana vid att arbeta med risker i dricksvattenproduktion och -distribution. Trots flera olika tillgängliga analyser finns idag inget verktyg för riskanalys inom svensk dricksvattenförsörjning som omfattar bredden av föreliggande risktyper eller som kan analysera hur bristen på diverse förutsättningar kan hota verksamheten. Det finns därför ett behov av ett nytt angreppssätt och metodutveckling för strategisk riskhantering som kan handskas med komplexiteten i dagens risklandskap, vidga de vedertagna gränserna avseende den ämnesmässiga, geografiska och tidsmässiga inriktningen för analysen, integrera en bredare mångfald av kunskaper, erfarenheter och perspektiv, samt stödja både kvalitativa och kvantitativa slutsatser.

Denna handledning är sprungen ur ett projekt som har bedrivits på uppdrag av Uppsala Vatten och Avfall AB (hädanefter benämnt Uppsala Vatten). Projektet har medfinansierats genom statsstöd till åtgärder som förbättrar vattenhushållning och tillgången till dricksvatten förmedlade av Länsstyrelsen i Uppsala län. Projektet har använt ett systemperspektiv för att utreda risker mot Uppsala stads dricksvattenförsörjning från idag fram till 2100. Ambitionen har varit att, med systemanalytiska metoder, utveckla generiska modeller och verktyg för praktiker som tar ett helhetsgrepp om risker och förutsättningar för dricksvattenförsörjningen. Denna handledning presenterar därmed ett delvis nytt angreppssätt för att kombinera riskhanteringsmetodik och systemanalys för strategisk riskhantering inom dricksvattenförsörjning. Handledningen är fristående från uppdragets redovisning och är utformad så att den ska kunna spridas och användas av andra dricksvattenproducenter.

Handledningen ger en övergripande genomgång av hur angreppssättet för risk- och systemanalys kan användas i dricksvattenförsörjning med tips för upplägg och genomförande, och är utformad i enlighet med 6 huvudsakliga processteg:

1. precisera uppdraget och skapa en projektorganisation,
2. identifiera och analysera risker mot dricksvattenförsörjningen i den lokala kontexten,
3. skapa en konceptuell modell eller modeller över det specifika dricksvattensystemet och dess förutsättningar,
4. kvalitativt och kvantitativt modellera hur identifierade risker slår mot dricksvattensystemet,
5. analysera resultaten ifrån ovanstående processteg, och slutligen
6. skapa beslutsunderlag och kommunikation av resultaten för integrering i verksamheten inom både strategisk och operativ planering.

Uppsala Vatten har genom sin breda erfarenhet och kompetens varit drivande i arbetet utifrån behovsbild och utformande av detta nya angreppssätt för riskhantering. Projektet och handledningen har därmed utvecklats utifrån verkliga behov och har anpassats efter vad som visat sig hjälpa och stärka verksamheten i sitt uppdrag. Genom detta arbete har Uppsala Vatten idag en både bredare och djupare bild över de risker och förutsättningar som påverkar verksamheten, och har hittat nya former för att diskutera risker och strategiska beslut.

Förhoppningen är att denna skrift ska kunna fungera som en utgångspunkt även för andra dricksvattenproducenter att kunna skapa nya insikter och planeringsunderlag som bättre kan möta den komplexitet och planeringskontext som de står inför och därmed kunna trygga dricksvattenförsörjningen, nu och i framtiden.

Terminologi

Förkortningar

CLD – *Causal Loop Diagram*

SFD – Stock and Flow Diagram

SVV – Samhällsviktig verksamhet

Ordlista

Brunn – Installation ur vilken grundvatten pumpas upp för beredning.

Brunnsområde – Område med en eller flera brunnar för upptag av grundvatten.

Causal Loop Diagram (CLD) – Ett kvalitativt verktyg inom systemanalys där ett nätverk av sammankopplade orsak-verkan relationer kartläggs för att åskådliggöra och analysera hypoteser kring komplexa problem och deras underliggande systemdynamik.

Dricksvattenförsörjning –Omfattar såväl produktion som distribution av dricksvatten.

Endogen – en händelse, faktor eller ett objekt som härrör och drivs av dynamik inifrån ett systems avgränsning.

Exogen – en händelse, faktor eller ett objekt som härrör och drivs av dynamik utifrån ett systems avgränsning.

Holistisk – Som bygger på *holism*, dvs. teoretisk ansats som framlyfter att helheten är mer än summan av dess ingående delar.

Infiltration – ”Konstgjord” grundvattenbildning, ett ytvatten tillförs en infiltrationsbassäng och får passera ner genom marken så att naturens egna processer får verka, se grundvattenbildning.

Infiltrationsområde – Området där infiltrationsanläggningen är belägen.

Infiltrationsvatten – Det vatten som tas från ytvattenförekomst och infiltreras till grundvattenmagasinet vid en infiltrationsanläggning.

Iterativ process – En process som återupprepas där framkomna resultat utnyttjas som indata till fortsatt arbete.

Kumulativ effekt – ”Kumulativa effekter uppstår när flera olika effekter samverkar med varandra” (Naturvårdsverket 2020).

Kvalitativ – beskrivande, snarare än mätande; t ex kvalitativa vetenskapliga metoder är sådana som används för att förstå fenomen genom att beskriva dessa på olika sätt och i olika sammanhang.

Kvantitativ – mätande; t ex kvantitativa vetenskapliga metoder används för att förstå fenomen genom att mäta dessa på olika sätt och i olika sammanhang.

Proxy-variabel – en ställföreträdande variabel som används för att mäta något som inte kan mätas direkt.

Risk – En term befattad med flera olika definitioner och förförståelser. ISO 31000 standard för Riskhantering beskriver risk som ”osäkerhetens effekt på mål” (ISO 31000:2018, s. 1). Risk benämns dock ofta kvantitativt som en funktion av sannolikhet*konsekvens, eller ”en sammanvägning av sannolikheten för att en viss händelse ska inträffa och de (negativa) konsekvenser som händelsen kan leda till (FOI, u.å.^b, s. 64).

Råvatten – Ytvatten eller grundvatten som bereds i vattenverk till dricksvatten.

Råvattenbrist – Brist på yt- och/eller grundvatten i förhållande till dricksvattenproduktion.

Råvattentäkt – En täkt ur vilken råvatten hämtas. Kan vara ytvatten eller grundvatten.

Samhällsviktig verksamhet (SVV) – ”Verksamhet, tjänst eller infrastruktur som upprätthåller eller säkerställer samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet” (MSB 2020b).

Social-ekologiska system – System bestående av den biofysiska och sociala faktorer, såsom biologiska och geologiska system samt sociala system inklusive samhällen, kultur, teknologi och ekonomi.

Stock and Flow Diagram (SFD) – Ett kvalitativt och kvantitativt modelleringsverktyg inom systemanalys där ett nätverk av sammankopplade orsak-verkan relationer kartläggs för att åskådliggöra, testa och analysera hypoteser kring komplexa problem och deras underliggande systemdynamik och där flöden och ackumulationer kan representeras och modelleras kvantitativt.

System – Forskning brukar definiera system från antingen ett ontologiskt ett epistemologiskt perspektiv (Abson et al. 2017). Ett ontologiskt perspektiv ser system som objektiva, ”verkliga” fenomen, bestående av en uppsättning komponenter som interagerar med varandra över tid och som är organiserade att tillsammans åstadkomma en specifik funktion eller nå ett specifikt mål (exempelvis Meadows 2010). Detta perspektiv har kritiserats för att integrera underliggande socio-normativa dimensioner som påverkar systemets beteende. Ett epistemologiskt perspektiv ser system som en ansats för att utforska specifika frågor. Följaktligen ses system som subjektiva fenomen som är delvis definierade av betraktarens antaganden och världsbild.

Systemteori (systems theory and systems thinking) – Att tänka i system innebär att se världen som ett komplext sammanhängande system (Sterman, 2000). Grundläggande principer för systemteori är att ”ett system är mer än summan av dess beståndsdelar” (D. H. Meadows, 2009, p. 188, fritt översatt av författaren), och att det främst är systemets struktur som ger upphov till dess beteende (Sterman, 2000).

Systemanalys och systemdynamik (System Dynamics) – Kvalitativa och kvantitativa metoder för att nå lärande och kunskap om komplexa system, vilka kommer med ett antal metoder och verktyg. Till dessa hör *Causal Loop Diagrams* (CLD:s), *Model Boundary Charts* (MBC:s) and *Stock and Flow Diagrams* (SFDs) (Sterman, 2000).

Sårbarhet – ”Ett mått på hur stor påverkan en oönskad händelse kan ha på de kritiska beroendena. Ju större sårbarhet desto större sannolikhet är det att det kritiska beroendet blir nedsatt eller i värsta fall slås ut helt.” (FOI, u.å.^b, s. 66).

Vattenverk – Anläggning för beredning av dricksvatten.

Ytvattentäkt - En täkt med ytvatten (sjö eller vattendrag) från vilken råvatten för dricksvattenberedning hämtas.

Bakgrund till handledningen

Risker mot dricksvattenförsörjningen

Dricksvatten är en livsviktig resurs och dricksvattenförsörjningen är därför en samhällsviktig verksamhet. I Sverige har råvattentillgången historiskt sett varit mycket god och landet har en väl uppbyggd dricksvattenproduktion och distribution. Samhället är därför anpassat till en god dricksvattentillgång av hög kvalitet, där vattenkonsumenter såsom hushåll, offentlig verksamhet och näringsliv utgår ifrån att försörjningen ska fungera i alla lägen.

Nutidens och framtidens dricksvattenförsörjning står inför stora utmaningar, något som både händelser i närtid och forskning påvisar. Det är ofta upp till den enskilde dricksvattenproducenten att planera för hur framtida dricksvattenbehov ska mötas. Utvecklingen drivs av processer och beslut bortom organisationens både inflytande och ibland kunskap. Inför en alltmer oviss framtid med ett dynamiskt risklandskap, är planeringen därför både svår och osäker.

Tilltagande klimatförändringar och relaterade risker såsom torka och översvämningar kan påverka dricksvattenförsörjningen. Redan idag gör sig klimatförändringarna gällande och förväntas utgöra ett än större hot på sikt. Samhällstrender med demografiska förändringar, ökande urbanisering samt höga kommunala och nationella tillväxtmål sätter ökad press på naturresurser, samt urbana och rurala miljöer. Vidare utgör socio-politiska risker och antagonistiska hot som kan påverka vattensystemet, en potentiellt ökande risk.

Föroreningar av råvatten och dricksvatten kan vara kemiska, bakteriella och mikrobiologiska och ske som ett resultat av naturgivna förändringar, diffusa utsläpp och punktutsläpp, olyckor, sabotage, eller terrorism. Nya upptäckter av kemiska föroreningar samt ökande lagkrav på dricksvattenförsörjningen både avseende kvalitet men också gällande råvattenuttag och utsläpp av spol- och retentatvatten ställer allt högre krav på dricksvattenproducenter gällande både tekniska lösningar och att klara av tillståndsfrågor. Övuntade händelser kan också sätta stort tryck på dricksvattenproducenter, något som covid-19 har satt ljuset på.

Risker mot och förutsättningar för dricksvattenförsörjningen är därtill ofta tätt sammanlänkade till varandra på olika och komplexa sätt, vilket många gånger gör dem svårgripbara. Samtidigt behöver dricksvattenproducenter ta beslut om dyra satsningar på vatteninfrastruktur med planeringshorisonter på tiotals år, och livstidshorisonter uppåt 80 till 150 år.

Den samlade bedömningen pekar därför på att många dricksvattenproducenter står inför en mycket komplicerad och utmanande uppgift. Denna svåra planeringskontext utgör det som kallas för illasinnade problem, eller *Wicked problems* (Rittel et al. 1973). Dessa uppträder just i komplexa social-ekologiska system där inte problemet lätt går att definiera och avgränsa. För komplexa problem står heller inte enkla lösningar att finna, eftersom förutsättningarna ständigt förändras och både risker och åtgärder påverkar flera delar av systemet. Det finns därför ett behov av att kunna analysera hur olika typer av risker mot dricksvattenproduktionen och distributionen kan påverka dricksvattenförsörjningen både direkt och indirekt, samt vilka förutsättningar som krävs för att upprätthålla och utveckla densamma.

Dricksvattenproducenter är sedan länge vana vid att arbeta med risker i dricksvattenförsörjningen och flera typer av analyser används. Till dessa hör bland annat HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), MBA (Mikrobiologisk Barriäranalys) och QMRA (Quantitative Microbiological Risk Assessment). Även andra typer av riskanalyser, såsom kommunala Risk- och sårbarhetsanalyser (RSA) eller Klimat- och sårbarhetsanalyser (KSA) kan beröra risker mot dricksvattenförsörjning, eftersom dricksvatten är en samhällsviktig verksamhet. Vidare har Livsmedelsverket utvecklat KASKAD (Livsmedelsverket 2019), en Handbok och ett Excelverktyg för klimatanpassad försörjning av dricksvatten. Ambitionen är att ge förutsättningar för analys av klimatrelaterade risker mot dricksvattenförsörjningen och att praktiskt arbeta med klimatanpassningsåtgärder.

Trots alla dessa tillgängliga analyser finns det idag inget tillgängligt verktyg för riskanalys inom svensk dricksvattenförsörjning som omfattar bredden av föreliggande risktyper eller som kan analysera hur bristen på diverse förutsättningar kan hota verksamheten. Det finns därför ett behov av ett nytt angreppssätt och metodutveckling för strategisk riskhantering som kan omfatta komplexitet och vidga de vedertagna gränserna avseende den ämnesmässiga, geografiska och tidsmässiga inriktningen för analysen. Det finns också ett behov av ett verktyg som både kan dra kvalitativa och kvantitativa slutsatser av hur risker kan komma att påverka dricksvattenförsörjningen.

Om projektet ”Risk- och systemanalys för en tryggad framtida dricksvattenförsörjning”

Denna handledning är sprungen ur ett projekt som har utvecklat ett holistiskt angreppssätt avseende riskanalys för dricksvattenförsörjning och som förmår att analysera komplexa problem. Projektet har bedrivits på uppdrag av Uppsala Vatten och Avfall AB (hädanefter benämnt Uppsala Vatten) och har medfinansierats genom statsstöd till åtgärder som förbättrar vattenhushållning och tillgången till dricksvatten förmedlade av Länsstyrelsen i Uppsala län. Arbetet har omfattat att utföra risk- och systemanalyser för en tryggad dricksvattenförsörjning för Uppsala stad.

Projektet har syftat till att bidra till en hållbar dricksvattenförsörjning för Uppsala stad nu och i framtiden genom att säkra tillgången till dricksvatten och hushålla med vattenresurserna. Målet har varit att utifrån ett systemperspektiv få en övergripande bild av vilka risker som föreligger mot dricksvattenförsörjningen, samt förutsättningar för och sårbarheter i densamma.

Projektet har utforskat hur risker kan slå mot dricksvattenförsörjningen ur ett systemperspektiv, genom att brett utreda risker mot Uppsala stads dricksvattenförsörjning från idag fram till 2100. Ambitionen har varit att med systemanalytiska metoder ta fram generiska modeller och verktyg för praktiker som tar ett helhetsgrepp om risker och förutsättningar för dricksvattenförsörjningen. Projektet har på så vis utvecklat en metod som kombinerar metoder för riskhantering med systemanalys för att skapa ett angreppssätt för en helhetssyn avseende risker mot dricksvattenförsörjningen.

Denna handledning utgör en del av resultatet som framtagits för spridning till andra aktörer som arbetar med den samhällsviktiga verksamheten dricksvattenförsörjning, och som står inför liknande frågeställningar. De delar som berör Uppsalas dricksvattenförsörjning mer specifikt, återges i särskilda rapporter till medfinansieraren Länsstyrelsen i Uppsala län, samt till Uppsala Vatten.

Projektets huvudmål var att:

- **kartlägga** Uppsala stads befintliga och planerade **dricksvattenförsörjningsystem** genom en systemanalys.
- **identifiera risker** i dricksvattenförsörjningen och hur de kan påverka systemet i tid och rum.
- **undersöka kumulativa effekter** för dricksvattenförsörjningssystemet avseende klimatförändringar och andra risker.
- **framta en metod och ett verktyg** att för att både **kvalitativt och kvantitativt modellera och analysera** förutsättningar för och risker mot dricksvattenförsörjningen.
- **skapa ett interaktivt planeringsunderlag** genom scenariobaserad analys för strategiska beslut.
- **öka kunskapen och samarbetet** avseende dricksvattenförsörjningen med relevanta aktörer.
- **identifiera kunskapsluckor** avseende förutsättningar för och risker mot dricksvattenförsörjningen.

Arbetet har engagerat experter inom dricksvattenproduktion och distribution, riskhantering, systemanalys och naturresursförvaltning ifrån både Uppsala Vatten samt ingående konsulter. Till projektet har även en referensgrupp av akademiker och praktiker knutits med expertis inom systemanalys, riskanalys och krisberedskap, naturresurser samt offentlig förvaltning och policy. Referensgruppen har bidragit till att bredda perspektivet, bidra till datainsamling och brygga mellan forskning och praktik, och i viss utsträckning kvalitetssäkra arbetet.

Om denna handledning

Detta dokument sammanfattar och omsätter resultaten av projektet med ett holistiskt angreppssätt för riskanalys som ska kunna användas som utgångspunkt för andra dricksvattenproducenter som vill arbeta med komplexa riskfrågor i sin verksamhet. Dokumentet ger en överblick i hur metoder för riskhantering och systemanalys kan kombineras för ökad förståelse av det specifika risklandskap som den enskilda dricksvattenproducenten befinner sig i. Den ger exempel på generella risker som kan föreligga och generiska modeller som kan användas som inspiration och utgångspunkt i den enskilda aktörens riskarbete, och tips på hur dessa individuellt kan utvecklas och tillpassas.



Referensgrupp

Till arbetet med projektet för utvecklingen av risk- och systemanalyser för en tryggad dricksvattenförsörjning knöts en referensgrupp av akademiker och praktiker med expertis inom klimatförändringar, biofysiska system och vatten, risk- och krishantering, katastrofriskreducering, naturresurshushållning, offentlig förvaltning och policy, samt systemanalys och modellering.

Deltagarna medverkade i tre workshops:
#1 Risker mot dricksvattenförsörjningen
#2 Verktyg för praktiker
#3 Utveckling av riskscenarier

Genom workshoparna gavs viktiga inspel gällande risker mot dricksvattenförsörjningen i Sverige, systemmodeller och scenarioanalys, samt vad som krävs av ett analysverktyg för praktiker. Arbetet har bidragit till utvecklingen av detta nya angreppssätt för riskanalys inom dricksvattenförsörjning.

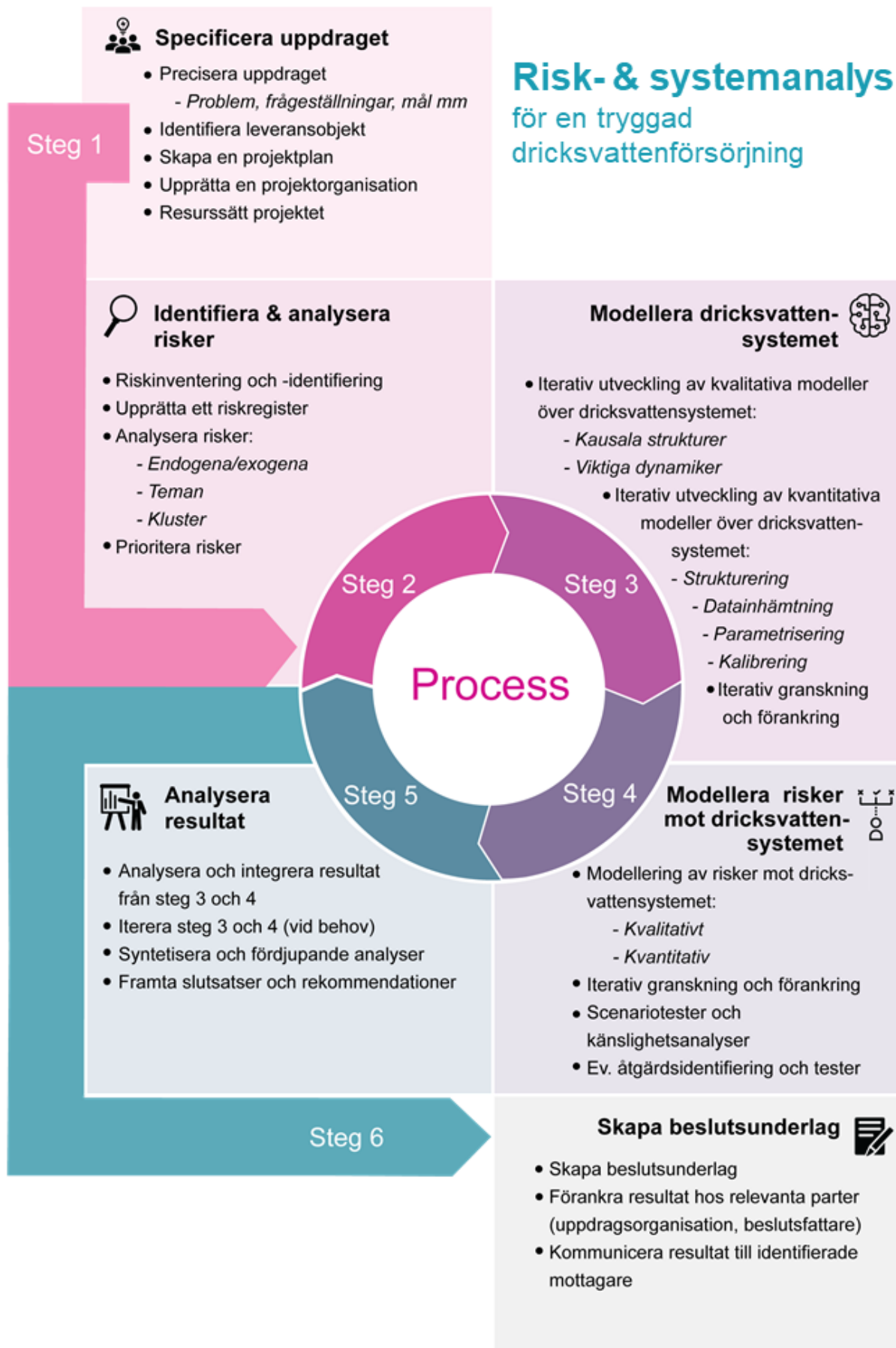
Process för risk- och systemanalys

Processen för risk- och systemanalysen omfattar sex steg som ska hjälpa till att:

1. precisera uppdraget och skapa en projektorganisation
2. identifiera och analysera risker mot dricksvattenförsörjningen i den lokala kontexten
3. skapa en konceptuell modell eller modeller över det specifika dricksvattensystemet och dess förutsättningar
4. kvalitativt och kvantitativt modellera hur identifierade risker slår emot det konceptuella dricksvattensystemet
5. analysera resultaten ifrån ovanstående processteg; och slutligen
6. skapa beslutsunderlag och kommunikation av resultaten för integrering i verksamheten inom både strategisk och operativ planering.

Även om processen med fördel genomförs enligt processtegen ska det poängteras att arbetet är en iterativ process som inbegriper att man behöver återgå till tidigare processteg för att uppdatera och omarbeta dessa utifrån nya kunskaper och insikter som arbetet genererar. Detta är speciellt fallet för steg 2–5, då riskidentifiering, modellering och analys alla informerar varandra.

Figur 1. ger en schematisk bild över processen. I följande kapitel beskrivs varje steg utifrån vad det omfattar, varför det ska genomföras, möjliga metoder för genomförande och vilka som kan ingå i arbetet, samt förväntade resultat.



Figur 1. Processöversikt

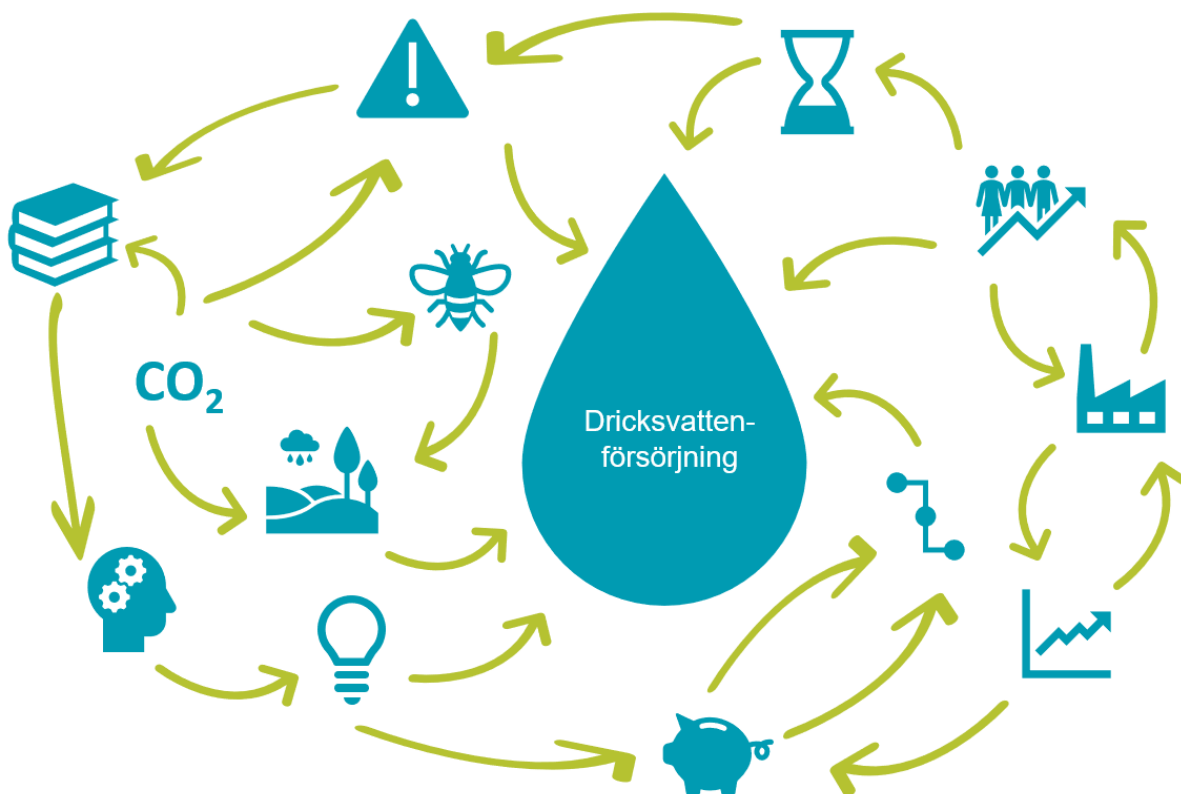
Steg 1: Specificera uppdraget och skapa en uppdragsorganisation

Det första steget avser att specificera uppdraget avseende inriktning och utförande samt skapa en projektorganisation för genomförande. Det är ett viktigt steg eftersom arbetet behöver anpassas utifrån den specifika dricksvattenproducentens behov, risker och förutsättningar.

Börja med att identifiera inriktning för arbetet. Följande frågor kan hjälpa till i detta arbete:

- Vad är den övergripande frågan eller frågorna som projektet ska besvara?
- Vilket syfte och vilka mål har projektet?
- Vilka avgränsningar kräver projektet avseende;
 - Ämnesmässig inriktning?
 - Geografisk omfattning?
 - Tidsmässig omfattning?
- Vilken upplösning ska projektet ha, dvs. hur detaljerat eller hur övergripande ska analysen vara?
- Vilka perspektiv ska projektet kunna beakta?

I figur 2 nedan visas en schematisk skiss på hur problemrymden kan målas upp i ett initialt skede, där förutsättningar och risker kopplade till dricksvattenförsörjning identifieras och undersöks.



Figur 2. En konceptuell bild över risker emot och förutsättningar för dricksvattenförsörjningen, såsom befolkning, samhällsutveckling, ekonomi, naturgivna förutsättningar, klimatförändringar, kunskapsunderlag och organisatoriska förutsättningar mm.

Baserat på dessa initiala frågor kan ett förslag på projektorganisation upprättas. Den troliga ägaren av analysen är en dricksvattenproducent, men även externa parter kan ingå eller knytas till projektet. Det kan också vara aktuellt för projektet att dela upp organisationen i en genomförandegrupp och en styrgrupp, men även att knyta en referensgrupp till arbetet som kan stötta processen. Nedan ges förslag utifrån erfarenheter i projektet med Uppsala Vatten. Tänk på att en bred sammansättning av kompetenser och befattningar är en nyckel för att klara av att göra både breda och omfattande analyser med många perspektiv, och få förankring inom (och utom) organisationen. Att skapa förtroende för riskanalysens resultat är en central målsättning för arbetet och skapas i stort genom att involvera rätt sammansättning av medverkande, och av att genomföra en mycket transparent process, särskilt vad gäller senare modelleringssteg.

Förslag på interna medverkande ifrån dricksvattenproducenten:

- Personal ifrån den strategiska delen av verksamheten med ansvar för utredningar och långsiktig planering.
- Personal ifrån den operativa och förvaltande delen av verksamheten, såsom experter inom vattenrening, drift, distribution och säkerhet.
- Både personal med chefsbefattning och personal med specialistkunskaper såsom handläggare och driftspersonal.
- Eventuellt konsultstöd med expertis inom dricksvattenproduktion och distribution, riskanalys, systemanalys och modellering.

Förslag på externa medverkande som kan bjudas in att delta i arbetet:

- Länsstyrelsen (skulle kunna vara en eventuell "delägare" av projektet).
- Kommunen, exempelvis tjänstemän som arbetar med fysisk planering, säkerhet, naturmiljö och näringslivsfrågor (skulle kunna vara en eventuell "delägare" av projektet).
- Regionen.
- Lokalt näringsliv och aktörer inom areella näringar med stor vattenkonsumtion.
- Relevanta myndigheter beroende på de frågor som identifieras, kan bjudas in att delta i arbetet, exempelvis Naturvårdsverket, Livsmedelsverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, SMHI med flera.
- Universitet, högskolor eller forskningsinstitut.

Hur steg 1 genomförs beror givetvis på dricksvattenproducentens behov och möjligheter att utföra riskanalyser. De kommunala förutsättningarna för dricksvattenförsörjning skiljer sig mycket åt i olika delar av Sverige, varför detta arbete med fördel skraddarsys för att passa både problemkomplexet och den egna organisatoriska och ekonomiska förmågan. Det är viktigt att betona att metoden kan skalas efter dessa behov och förutsättningar. Finns det interkommunala samarbeten gällande dricksvattenförsörjningen är det givetvis fördelaktigt och kanske nödvändigt att samarbeta om ett projekt.

Det förväntade resultatet av steg 1 är att uppdraget specificeras och dokumenteras i en projektplan och andra styrdokument, samt att en uppdragsorganisation tillsätts. Detta innebär troligen en integrering av utredningsarbetet i dricksvattenproducentens övriga organisation gällande dokumentation, styrning, uppföljning, kvalitetssäkring och kommunikation.

Steg 2: Identifiera och analysera risker

Vad ska göras och varför?

Steg 2 avser att genomlysna vilka risker som kan föreligga för dricksvattenproducenten. Att arbeta och få kunskaper om risker är viktigt för alla organisationer, men särskilt samhällsviktiga verksamheter såsom dricksvattenförsörjning.

Risk definieras ofta som funktionen av sannolikheten för och konsekvensen av att något oönskat ska inträffa. Detta är en vid definition av risk som kan överensstämma på många hot mot dricksvattenförsörjningen såsom klimatrelaterade risker, föroreningar eller antagonistiska hot. Riskbegreppet tjänar dock på att utvidgas, då även brist på grundläggande förutsättningar för en dricksvattenproducent på sikt kan öka organisationens och systemets sårbarhet. Som exempel på detta hör brist på kompetensutveckling av personal eller kontinuitet i verksamheten som kan öka sårbarheten för yttre hot eller interna svårigheter. Organisationer kan rusta verksamheten mot risker och kriser genom att analysera risker och sårbarheter, samt genom att förebygga, förbereda, hantera och lära av oönskade händelser.

Vissa risker kan dricksvattenproducenten förebygga genom att sätta in riskreducerande åtgärder som minskar antingen sannolikhet, konsekvens, eller både sannolikhet för och konsekvens av en oönskad händelse. Exempel på detta kan vara att höja säkerheten i verksamheten eller att arbeta med aktörsöverskridande förebyggande strategiskt arbete. Andra risker går inte eller är svårare för en aktör att förebygga (ex krig, pandemi mm). Dessa risker behöver därför hanteras när de inträffar, vilket kan göras genom att förbereda organisationen med materiella och personella resurser samt att verksamheten har tillräckligt med redundans och flexibilitet att hantera risken och dess effekter när den väl slår till. Redundans innebär i detta avseende att verksamheten har förmåga att tåla störningar och visst bortfall, och är nära förknippat med resiliens, dvs förmågan att stå emot eller hantera och anpassa sig till störningar från oönskade händelser.

Dessa perspektiv kan vara bra att beakta när man sätter igång med att identifiera och analysera risker. I kommande avsnitt presenteras några olika sätt att göra detta på, vilka alla har sina för- och nackdelar.

Metoder och genomförande

Riskinventering och riskidentifiering

Företrädesvis inleds risarbetet med ett öppet sinne i en insamlande fas, en så kallad riskinventering, för att samla in risker som redan tidigare har identifierats av verksamheten inom olika avdelningar och projekt. En bred representation av kunskaper och kompetensområden hos ingående personer i projektet är viktig för att beakta så många perspektiv och erfarenheter som möjligt, eftersom många risker just uppstår mellan organisatoriska stuprör och olika förförståelse i vad som är risker.

Organisationsegna risker kan samlas ifrån tidigare rapporter och underlag som framtagits, eller övrig dokumentation som organisationen har, såsom styrdokument och mötesdokumentation.

Övergripande risker kan samlas genom en litteratursökning ifrån relevanta rapporter och rekommendationer ifrån myndigheter såsom SMHI, länsstyrelsen, Statens Geotekniska Institut (SGI), Statens Geologisk Undersökning (SGU) eller organisationer såsom Svenskt Vatten. Det kan även vara givande att göra en utblick mot relevant forskning med bäring på dricksvattenrelaterade frågor.

Riskinventeringen kompletteras med fördel av en aktiv riskidentifiering med fokus på projektets egna syften, mål, frågeställningar och avgränsningar. Detta kan göras genom noggrant faciliterade workshops och kreativa arbetsmöten som kan ha ett övergripande fokus vilka gärna följas upp av workshops/arbetsmöten som fokuserar på vissa specifika frågor som kan behöva specialistkompetens.

Det är positivt att i detta skede inbjuda till en kreativ och inkluderande process där brainstorming och nya infallsvinklar uppmuntras, och där man undviker att värdera riskerna. Låt istället följande steg utkristallisera vad som är värt att beakta och vad som faller utanför projektets gränsdragningar eller abstraktionsnivå. Detta är viktigt eftersom ett holistiskt angreppssätt just avser att utmana tidigare föreställningar om vad som är av vikt, och istället låta metoden och processen utvisa detta. Det är inte ovanligt att det just är det som upplevs som irrelevant, långsökt, osannolikt eller kontraintuitivt som kan utgöra stora risker.

Upprätta ett riskregister

För att samla och systematisera de risker som riskinventeringen och -identifieringen ger upphov till är det klokt att upprätta ett riskregister. Detta kan med fördel göras i Excel eller i någon form av databas (se Box 1). Det är bra om riskregistret utformas flexibelt så att risker kan sorteras och taggas på olika sätt, och att olika information kan biläggas varje risk. Exempelvis kanske det behöver biläggas vissa indata och referenser till riskerna, eller tolkningar och kommentarer om det råder olika åsikter om riskens natur och hur den kan påverka dricksvattensystemet.



BOX 1. Riskregister

I **Bilaga A Riskregister**, finns ett exempel på hur ett riskregister kan organiseras. Registret innehåller även generella risker som kan hota dricksvattenproducenter. Listan kan användas som en utgångspunkt för arbetet med riskidentifiering.

Notera att listan inte är ett facit, utan enbart är till stöd och inspiration för arbetet med riskinventering och -identifiering. Riskerna måste alltid uttolkas och formuleras för den specifika dricksvattensproducentens förutsättningar. Exempelvis slår klimatrelaterade risker på olika sätt givet det lokala vattensystemets geografiska förutsättningar, och detsamma gäller samhällsorienterade risker såsom urbanisering och relaterade risker, sabotage mm.

Risk-ID	Risk	Endogen/exogen	Typ/tema/kluster	Lokala förhållanden	Indata	Referenser	Kommentarer
1	Torka	Exogen	Klimatrelaterad risk	Skriv in lokala förutsättningar för risken hur risken slår.	RCP 8,5	IPCC/SMHI	Övriga kommentarer
2	Minskad tjäle	Exogen	Klimatrelaterad risk	Påverkar vårflod och grundvattenbalans	Tjäleffekten försvinner helt	Antagande	
3	Värmebölja			Ökad vattenkonsumtion hos konsumenter, ökad ytavrinning som leder till förorenings spridning i vattentäkt	Minst 5 dagar i sträck med temperatur över 25C°	SMHI	
Osv.	Översvämning		Klimatrelaterad risk				
	Skyfall		Klimatrelaterad risk				
	Storm		Klimatrelaterad risk				

Att bedöma och fånga en risks hela dynamik gällande orsak-verkan kan vara svårt att göra i ett riskregister, eftersom en risk kan ha flera orsaker och påverka flera delar av systemet både direkt och indirekt. Systemanalys erbjuder sätt att representera flera sådana orsakssamband, och är därmed ett kraftfullt verktyg för att analysera risker. Steg 4 Modellera risker mot dricksvattenförsörjningen, utvecklar hur den delen av arbetet kan gå till. Riskinventering och -identifiering är en iterativ process och riskregistret kommer att bli en levande handling som med fördel uppdateras och bearbetas över tid. Därför rekommenderas att riskregistret versionshanteras för att lätt kunna gå tillbaka till tidigare versioner och utföranden för ökat organisatoriskt minne och spårbarhet i arbetet, speciellt om det används över en längre tid.

Analysera och bearbeta riskregistret

För att kunna hantera ett så diversifierat risklandskap som en holistisk ansats till riskanalys omfattar, behöver riskerna behandlats och analyserats på olika sätt. Ett riskregister kan också snabbt bli mycket omfattande och svåröverskådligt. Det kan därför vara till hjälp att kategorisera riskerna för att få ett grepp om dem. Detta kan göras på flera sätt beroende på vad man är intresserad av att undersöka. Nedan ges några exempel på olika sätt att kategorisera risker för att få ökad översikt över vilka typer av risker som riskinventeringen och -identifieringen har genererat, vilket är ett arbete som också kan generera vissa framträdande insikter om riskernas natur.

Identifiera endogena och exogena risker

Variabler i ett system kan klassas som antingen endogena eller exogena, likaså risker. En endogen risk påverkas huvudsakligen av och påverkar andra variabler inom det avgränsade systemet i fråga, exempelvis risker kopplade till dricksvattenproducentens egen organisation och tekniska infrastruktur. Endogena risker har dricksvattenproducenten helt eller delvis agens att motverka och hantera genom förebyggande eller riskreducerande åtgärder. Exempelvis kan dricksvattenproducenten arbeta med att stärka sin organisations kapacitet och medarbetares kunskap och förmågor att sköta verksamheten, samt arbeta med att göra produktionsanläggningarna robusta genom att höja säkerheten och kapaciteten i dem.

En exogen risk påverkas och drivs primärt av händelser och dynamik utanför det avgränsade systemet i fråga, exempelvis klimatförändringar, föroreningar och samhällets ökande dricksvattenkonsumtion, vilka därmed i stort ligger utanför dricksvattenproducentens kontroll att påverka. Klimatförändringarnas konsekvenser är även särskilda i tid och rum då de drivs och utvecklas på grund av globala utsläppsmönster men alltid manifesteras lokalt. De är därför i grunden svåra att förebygga, även om varje aktör har ett ansvar att minska sina utsläpp och kan försöka rusta sig för att kunna hantera klimatrelaterade risker. Gällande konsumenternas dricksvattenanspråk eller föroreningar drivs dessa av samhällstrender och yttre faktorer såsom urbanisering eller ökad industriell tillväxt, även om de till viss del kan påverkas av dricksvattenproducenten exempelvis genom informationskampanjer eller dialog med kommunen om planering för dricksvattenförsörjningen.

Dessa exempel illustrerar hur dricksvattenproducenten helt eller delvis saknar förutsättningar att förebygga exogena risker genom att reducera sannolikheten för risken. Istället behöver dricksvattenproducenten snarare arbeta med att minska sin sårbarhet för risken och dess skadeutfall när risken väl inträffar. Exogena risker kan därmed främst mötas genom att hantera risken när den väl utvecklats till en önskad händelse. Ett viktigt sätt med vilken en dricksvattenproducent kan minska sin sårbarhet är att arbeta med att ha ökad redundans och flexibilitet i dricksvattenproduktionen och distributionen för att kunna fortsätta att leverera dricksvatten även

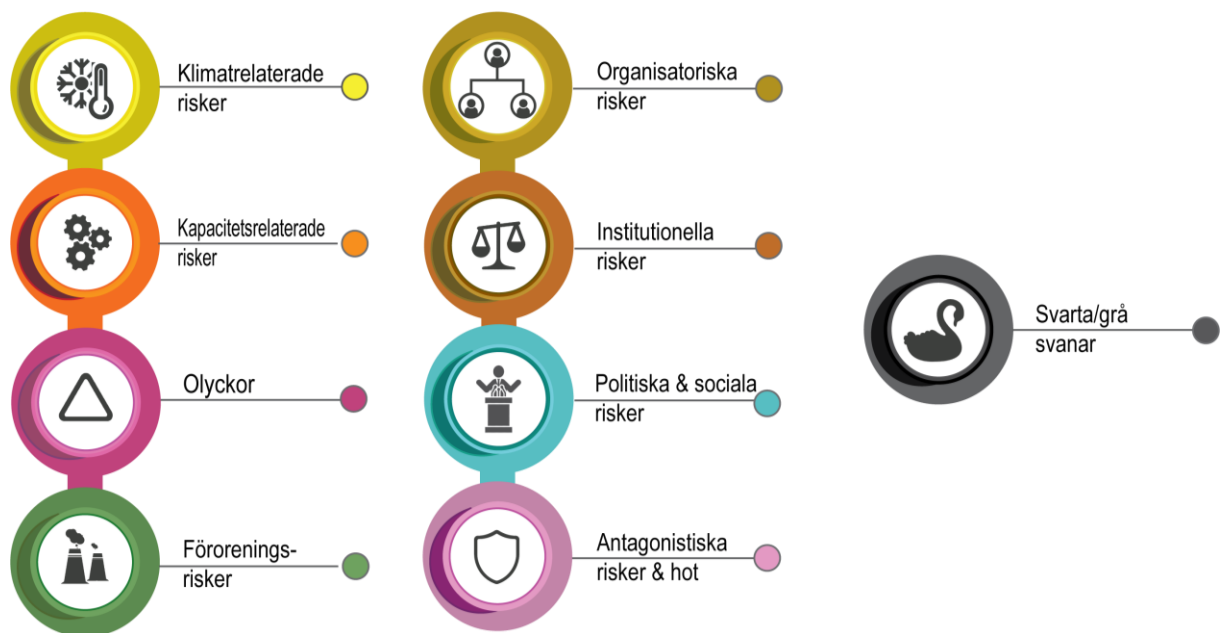
vid störning. Detta kräver även organisatorisk, strategisk och operativ förmåga att hantera händelserna.

Att undersöka om riskerna är endogena eller exogena kan bidra till en ökad förståelse för riskernas dynamik och ger även förutsättningar för en analys av hur de bäst hanteras. Det kan även medge en perspektivutvidgning avseende vilka hot som föreligger och sätta ljus på indirekta risker som snarare utgörs av brister på grundförutsättningar för en tryggad dricksvattenförsörjning och som därmed på sikt kan utgöra risker mot densamma. Box 2 exemplifierar endogena och exogena risker.

Identifiera riskteman

Att organisera risker i teman kan användas för att initialt få ett grepp om vilka typer av risker som föreligger och få en uppskattning över hur stor andel av identifierade risker som faller under olika teman. Teman är övergripande kategorier som framträder när riskregistret analyseras i sin helhet. Risker i ett tema behöver inte vara kausalt kopplade till varandra. I figur 3 och Box 2 nedan ges exempel på riskteman. Det ska poängteras att andra teman eller gränsdragningar såklart kan framträda som relevanta för den enskilda dricksvattenproducenten. Det kommer troligen vara så att flera risker också kan passa i flera kategorier, både direkt och indirekt. Vidare kan vissa risker, exempelvis föroreningsrisker såsom mikrobiologiska, kemiska eller bakteriella föroreningar orsakas av en annan risk, såsom klimatrelaterade risker, olyckor eller sabotage.

Vissa risker kan heller inte förstås utan att sättas i relation till en eller flera andra risker. Exempelvis hänger ofta antagonistiska hot såsom sabotage eller terrorism ihop med komplexa politiska och sociala samhällsdimensioner och kan inte förstås enskilt. Vidare manifesteras de även genom en oönskad händelse såsom exempelvis förorening av ett infiltrationsområde eller störningar i teknisk infrastruktur. Samma händelser kan skapas av andra orsaker eller risker, såsom olyckor. Det är därför troligtvis inte möjligt att nå en helt konsekvent indelning av riskerna i teman och samma risk kan dyka upp i flera teman. Att arbeta med teman kan ses som ett sätt att skapa sig en övergripande bild över de risker som identifierats och fungera som en utgångspunkt och språngbräda för diskussioner om vilka risker som föreligger, deras orsak och hur projektgruppen vill behandla dem fortsättningsvis. Nedan ges några exempel på riskteman som kan vara aktuella för dricksvattenproducenter i stort.



Figur 3. Exempel på riskteman.



BOX 2. Endogena och exogena risker

Exempel på endogena risker

- **Organisatoriska risker** – risker som kommer av dricksvattenproducentens organisation, struktur, rutiner, processer, beslutsföret etcetera och vars orsaker organisationen själv ofta har rådighet att påverka.
- **Kapacitetsbrister (till viss del endogena)** – Kapacitetsbrister i råvatten- eller dricksvattentillgång som beror av att exempelvis organisatoriska risker såsom att kritiska beslut inte kommer på plats i tid för att sätta in kapacitetshöjande åtgärder.
- **Olyckor (kan både vara endogena och exogena)** – De olyckor som dricksvattenproducenten själv kan ge upphov till, exempelvis tekniska risker på vattenverken.

Exempel på exogena risker

- **Klimatrelaterade risker** – Risker som kommer av ett förändrat klimat, och som typiskt avser ökad frekvens (hur ofta de förekommer), magnitud (styrkan med vilka de slår) och geografisk utbredning av naturolyckor som kan påverka dricksvattenförsörjningen. Vissa av riskerna och deras konsekvenser kan till viss del förebyggas eller förberedas inför och hanteras, men i stort har dricksvattenproducenten begränsad agens att påverka rotorsaken utan åtgärder omfattar främst symptomatiska lösningar.
- **Föroreningsrisker** – Oftast av exogen karaktär på grund av historiska föroreningar, militär eller industriell aktivitet, antagonism eller sabotage. Föroreningsrisker kan bestå av punktföroreningar eller vara diffusa och påverka råvatten, infiltrationsområden mm.
- **Institutionella risker, lagar och regleringar** – Internationella, nationella, regionala och kommunala förutsättningar såsom lagar, målsättningar, rekommendationer och policys som anger ramarna för verksamheten. Dessa är snarare förutsättningar men kan i sin tur leda till svårigheter för dricksvattenproducenten att uppnå måluppfyllelse vilket indirekt är en risk mot verksamheten.
- **Politiska och sociala risker** -Indirekta risker som kopplar an till geopolitisk utveckling och samhällsutvecklingen i stort, såsom allmänhetens aktiviteter, markanvändning, militär aktivitet eller social oro. Dessa risker manifesteras oftast via en annan risk, såsom föroreningar eller antagonistiska hot.
- **Antagonistiska risker och hot** – Risker som föranletts av uppsåt att störa ut dricksvattenförsörjningen, vilka kan ske av främmande stat eller genom terrorism eller som sabotage mot exempelvis teknisk infrastruktur och försörjningssystem.
- **Underliggande resursbrister** – Bristande tillgång till externa förutsättningar, exempelvis kritisk försörjning gällande el och kemikalier, vilket kan påverka råvattentillgång eller dricksvattentillgång.
- **Olyckor (kan både vara endogena och exogena)** – De olyckor som annan part ger upphov till men som drabbar dricksvattenförsörjningen, exempelvis olycka som förorenar vattentäkt eller infiltrationsområde.
- **Svarta/"grå" svanar** – De risker vi inte kan förutse (svarta svanar) eller har svårt att förutse (här kallade "grå" svanar).



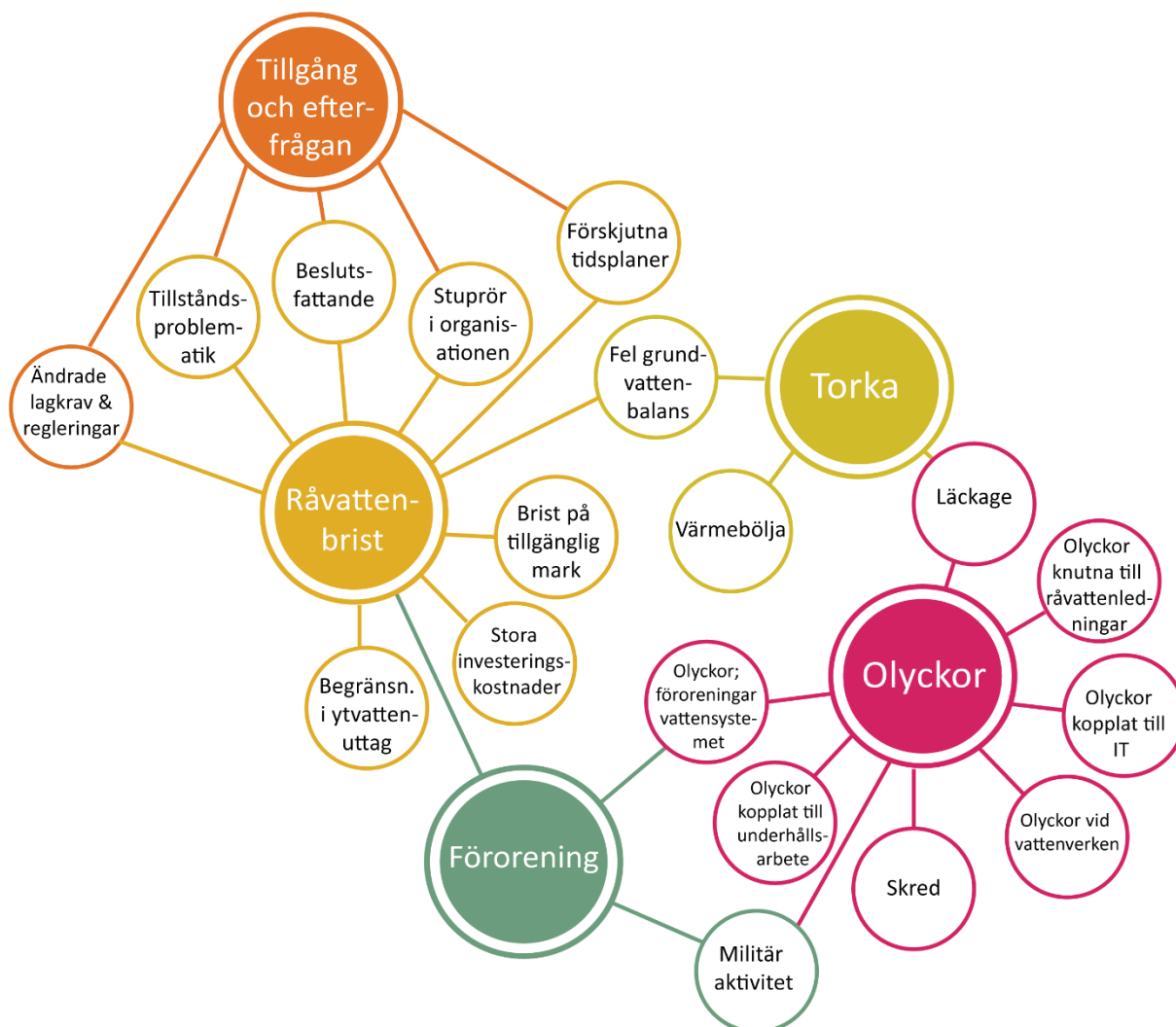
BOX 3. Exempel på riskteman

- **Klimatrelaterade risker** - naturolyckor som ökar i magnitud och frekvens pga. ett förändrat klimat och vilka kan påverka dricksvattenförsörjningen.
- **Kapacitetsrelaterade risker** – risker kopplade till bristande redundans, flexibilitet och säkerhet i dricksvattenförsörjningen.
- **Olyckor** – olyckor som främst påverkar vattensystemet såsom föroreningar samt vatteninfrastrukturen och stödsystem.
- **Föroreningsrisker** – risker formulerade mer explicit avseende föroreningar, både genom klimatförändringar, olyckor eller antagonistiska hot och risker.
- **Organisatoriska risker** – risker relaterade till organisatoriska förutsättningar och dricksvattenproducentens förmåga att uppfylla sitt uppdrag.
- **Institutionella risker, lagar och regleringar** – risker kopplade till lagar och regleringar vilket kan påverka driften av dricksvattenförsörjningen och utbyggnad av densamma.
- **Politiska och sociala risker** – risker som kopplar till geopolitisk och nationell samhällsutveckling, opinion, policy och militär aktivitet.
- **Antagonistiska risker och hot** – risker där en aktör eller person med uppsåt skadar eller stör ut dricksvattenförsörjningen.
- **Svarta/”Grå” svanar** – de risker vi inte kan förutse (svarta svanar) eller har svårt att förutse (här kallade ”grå” svanar).

Identifiera riskkluster

Ett annat sätt att börja bearbeta och analysera identifierade risker är genom att organisera dessa i kluster baserade på deras identifierade kausala kopplingar, dvs olika orsakssamband som föreligger dem emellan. Dessa kluster kan inkludera både endogena och exogena risker, och samma risk kan förekomma i flera olika kluster. Klusteranalysens mervärde är att skapa en mer ordnad överblick över de identifierade riskerna och de olika sammanhang där de är relevanta, samt få en överskådlig bild över hur de är kopplade till varandra. I exemplet nedan (figur 4) visas ett antal risker som har identifierats som kärnor för vissa riskkluster, bland annat pga. deras många kausala kopplingar till andra risker. Exempelvis så identifieras många olika sorters olyckor som risker för dricksvattenförsörjning, där tre är kausalt kopplade till andra riskkluster (föroreningsrisken och torka). Denna överblick kan sedan användas som en utgångspunkt för vissa nödvändiga förenklingsbeslut under de kommande modelleringsprocesserna.

Arbetet med att identifiera riskkluster sker med fördel genom iterativa workshops och avstämningar inom projektgruppen och med relevanta experter. Liksom för tematiseringen är metoden att arbeta med kluster en "bedömningssport", där en stor del av mervärdet ligger i själva processen som utgör en grund för öppna diskussioner kring hur olika risker hänger ihop och påverkar varandra. Detta är en viktig utgångspunkt för arbetet i Steg 3 och 4 gällande att modellera dricksvattensystemet och risker mot dricksvattenförsörjningen.



Figur 4. Exempel på riskkluster.

Prioritera risker för fortsatt analys

Inom riskhanteringsmetodik är det brukligt att göra en riskanalys, där riskers sannolikhet och konsekvens analyseras. Detta kan göras kvantitativt varpå man får ett värde för varje risk som därmed blir jämförbart med andra risker och kan indikera riskens storhetsgrad. Detta är dock en utmaning när det kommer till ett holistiskt och systemteoretiskt perspektiv där inte alla risker låter sig avgränsas och därmed värderas och jämföras på detta sätt. När komplexiteten är stor och riskerna avhängiga av varandra blir det svårt att på förväg göra en bedömning av vilken risk som kommer att påverka systemet i störst utsträckning, speciellt som de dynamiskt påverkar varandra i flera led och över tid och rum. Det är dock troligt att inte alla risker som identifierats kan eller bör analyseras på samma djup, och därmed finns ett behov av att ändå kunna prioritera vilka risker som projektet bör fokusera på.

Ett sätt att hantera denna fråga på utan att göra en riskanalys i traditionell mening (där sannolikhet och konsekvens bedöms för varje risk), är genom att låta en bred grupp av ingående experter kvalitativt bedöma och prioritera vilka risker som de utifrån sina respektive områden anser vara viktiga. Här kan flera metoder användas, såsom att deltagarna prioriterar riskerna utifrån en skala (ex en tregradig skala med låg prioritet, medelprioritet och hög prioritet). Ett annat sätt kan vara att låta deltagarna rangordna risker i en fallande skala, vilket dock kräver att man enats om vilka risker som ska ingå i listen före rangordning.

Prioriteringen av risker är liksom de andra analysmetoderna avhängiga av kvalitativa bedömningar. Därmed blir det även här viktigt med en bred representation av ingående parter. Prioriteringen kan genomföras i form av enkäter eller workshops där informationen samlas in och diskuteras. Resultaten behöver därefter analyseras och övergripande bedömningar göras över vilka risker, teman eller kluster som dricksvattenproducenten vill arbeta vidare med.

De förväntade resultaten med att analysera risker utifrån ovan föreslagna metoder, samt prioritera riskerna därefter, är att dessa processer ökar insikterna om vilka risker som föreligger och deras komplexitet. Detta ger bra förutsättning för Steg 3 och Steg 4, där dricksvattensystemet och risker sätts i relation till varandra och där analysen påvisar än mer komplexitet. Vidare ger en bred riskidentifiering, bearbetning och prioritering av risker förutsättningar för att välja ut risker att fokusera på under Steg 4, där risker både kvalitativt och kvantitativt kan analyseras med hjälp av systemanalys.

Steg 3: Modellera dricksvattensystemet

Vad som ska göras och varför?

Nästa steg avser att skapa en aktörsspecifik modell över dricksvattensystemet. För att kunna ta till sig kommande stycken kan det vara bra att bekanta sig med systemanalys som metod om denna är obekant. Box 4 ger en introduktion till vad systemanalys är och hur man kan arbeta med den både kvalitativt och kvantitativt. Box 5 ger exempel på digitala verktyg för systemanalys.

Den aktörsspecifika modellen över dricksvattensystemet bör utgå ifrån det befintliga systemet för att kunna analysera risker i dagsläget. Modellen kan även utökas för att omfatta ett potentiellt framtida dricksvattensystem om det exempelvis finns konkreta åtgärder och utbyggnadsplaner för den befintliga dricksvattenförsörjningen, eller om man vill testa sådana. Modellen kan göras både kvalitativ och kvantitativ beroende på vad som ska undersökas, och utformas på olika abstraktionsnivå. Modellen kan exempelvis göras aggregerad och som en förenklad version av hela vattensystemet, eller disaggregerad för att bättre efterlikna det befintliga vattensystemet. Valet av upplösning beror på den övergripande frågeställningen.

Det brukar finnas ett spänningsfält mellan olika intressen i detta avseende. Flera detaljer ger modeller som bättre efterliknar det verkliga dricksvattensystemet, samtidigt som flera detaljer innebär större krav på lämpligt indata och kunskaper om det specifika systemets dynamik. En mer detaljerad modell innebär flera antaganden och osäkerheter, samt ställer högre resurskrav i form av investerad tid för att formulera och validera modellerna. Oftast fungerar mer övergripande modeller som formuleras för att svara på väldefinierade frågeställningar lika bra, eller bättre, för att utforska den viktigaste systemdynamiken. Övergripande modeller blir också mer transparenta och kan därmed skapa ett större förtroende hos de som ska använda resultaten. Är det dock viktigt för frågeställningen med en djupare förståelse av dynamiken hos specifika delar av systemet, såsom individuella infiltrations- eller brunnsområden, bör dessa återges i modellen.

Modellen över dricksvattensystemet ger förutsättningar för att få en övergripande bild av systemet samt en översikt över viktiga orsakssamband och beroenden. Modellen ger också förutsättningar för att i nästa steg undersöka hur olika risker slår emot dricksvattensystemet. Det är därför klokt att beakta riskregistret och resultatet av steg 2 när modellen uppförs, eftersom risker och frågor som ska ställas till modellen påverkar dess utförande. Modellen kan därför optimeras på olika sätt beroende på vilka risker som ska undersökas med den.

Metoder och genomförande

Processen med att framta modellen eller modellerna bör faciliteras av någon med kunskaper inom systemanalys och systemdynamik, och inkludera en arbetsgrupp med blandad expertis inom dricksvattenproduktion och distribution. Detta inbegriper både strategisk och operativ personal som har kännedom om organisationen, det tekniska systemet och de hydrologiska och hydrogeologiska förutsättningarna för den specifika platsen. Modellerna tas delvis fram i workshops och kreativa arbetsmöten, för att därefter iterativt revideras, testas, och kvalitetssäkras. Modellprocessen bygger således på tillgänglig kunskap i form av underlag och data, expertis samt kvalificerade antaganden där data saknas eller där osäkerheter råder.

Nedan ges exempel på en grundläggande aggregerad modell över ett produktions- och distributionssystem (figur 5) samt en övergripande modell över ett dricksvattensystem inklusive subsystem (figur 6). Modellerna är så kallade *Stock and Flow Diagrams* (SFD). De består av stockar där vatten kan ackumulera, samt flöden emellan stockar där vattnet strömmar in i, ut ur, eller mellan stockarna. Flödena regleras i sin tur av olika faktorer, illustrerade som kranar. Molnen avser delar som faller utanför de systemgränser som valts. En grundmodell kan byggas ut med flera steg allteftersom en reviderad frågeställning kräver det.

Exemplen för ett dricksvattensystem i denna rapport är uppdelat i följande subsystem:

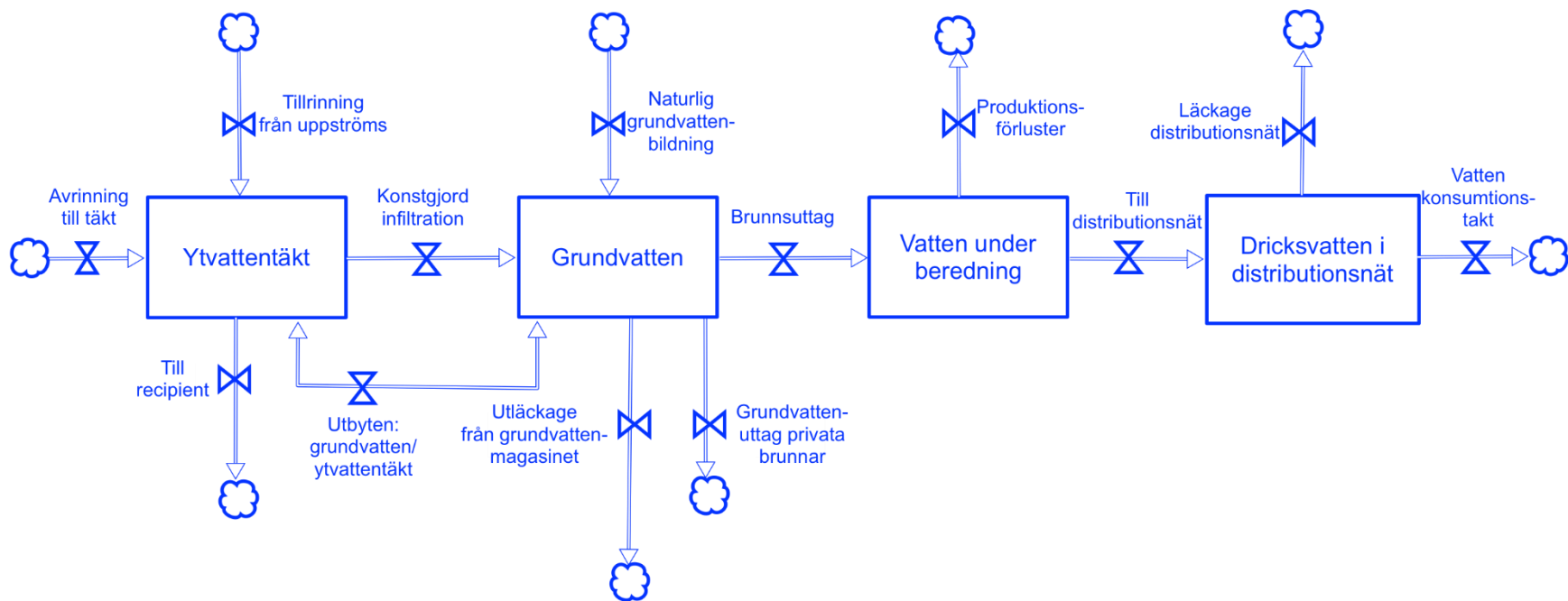
- **Produktions- och distributionssystemet**, här bestående av både naturliga och tekniska delar då naturlig infiltration och grundvattenbildning räknas som en beredningsprocess i Sverige, samt kapacitetsreglerande faktorer.
- **Det biofysiska systemet** som genererar grundvattenbildning, dvs. de mest betydande dynamiska faktorerna som påverkar "kranen" som reglerar tillflödet i dricksvattensystemet.
- **Konsumtionsdelen av systemet**, dvs. de mest betydande dynamiska faktorerna som påverkar "kranen" som driver utflödet av vatten i dricksvattensystemet.
- **Dricksvattenproducentens organisation**, vilken styr flera delar av produktions- och distributionssystemet.
- **Institutionella faktorer, lagar och regleringar**, som påverkar och styr flera delar av dricksvattenproducentens organisation, produktions- och distributionssystemet samt konsumtionsdelen av systemet.

Förutom dessa systemdelar modelleras även:

- **Produktionstekniska faktorer**, exempelvis kapacitet i tekniska anläggningar
- **Risker** mot dricksvattenförsörjningen

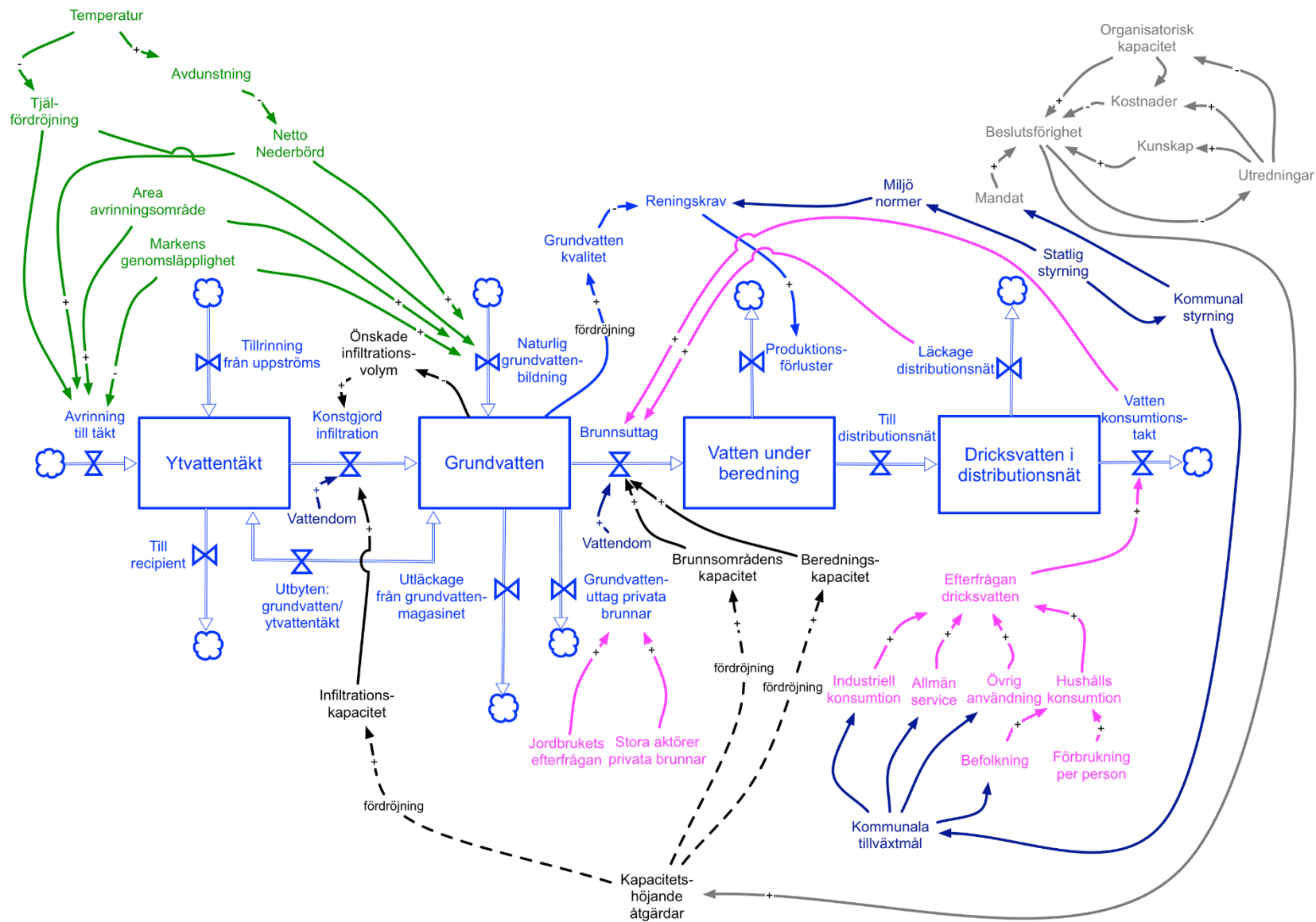
I bilaga B. Systemmodeller presenteras modeller med ett subsystem i taget för bättre översikt. Dessa schematiska modeller kan fungera som inspiration för att arbeta med risk- och systemanalys i dricksvattenförsörjning, men behöver omarbetas och anpassas till lokala förhållanden som kan skilja sig vida mellan olika dricksvattenproducenter.

Resultatet av arbetet bör utmynna i en eller flera kvalitetssäkrade modeller över dricksvattensystemet, vilka kan vara antingen kvalitativa eller kvantitativa. Nedan ges mer information om hur kvalitativ och kvantitativ modellering kan göras och vilka resultat dessa kan ge.



Figur 5. Grundläggande aggregerad modell över ett produktions- och distributionssystem.

Risk- och systemanalys för en tryggad dricksvattenförsörjning - Handledning



Figur 6. Modell över ett dricksvattensystem med dess ingående identifierade subsystem.

Kvalitativ modellering av dricksvattensystemet

Kvalitativ modellering är en vetenskaplig ansats för att kartlägga och analysera komplexa systems sammankopplade *strukturer* och på detta sätt skaffa insikter om deras invecklade dynamik. Med kvalitativa metoder kan man komma långt gällande problembeskrivning och identifiering av drivande faktorer, samt viktiga direkta och indirekta orsakssamband som påverkar riskutvecklingen. En fördel med kvalitativa modeller kontra kvantitativa modeller är att de lättare kan inrymma både hårda och mjuka variabler. Exempel på detta är kvantifierbara hårda biofysiska eller tekniska förutsättningar för vattenproduktion, eller mjuka variabler som inte lika lätt låter sig kvantifieras såsom organisatoriska och institutionella förutsättningar, kunskapsnivåer, beteenden hos aktörer eller stora samhällstrender.

Kvalitativ systemanalys sker oftast med metoder såsom Causal Loop Diagrams (CLD) som fokusera på att identifiera och representera kausala samband mellan olika komponenter, eller Stock and Flow Diagrams (SFD) som fokusera på att representera ackumulerande koncept och deras flöden. Även kombinationer av dessa två metoder kan användas. I denna rapport illustreras och exemplifieras modeller med en kombination av CLD och SFD.

Den kvalitativa systemanalysen kan generera övergripande systemmodeller (arketypmodeller) med hög abstraktionsnivå eller detaljerade submodeller där vissa specifika frågor och orsakssamband utreds mera grundligt. Given systemanalysens iterativa natur, är det vanligt att börja strukturera en övergripande modell för att därefter successivt lägga till högre detaljeringsnivåer allteftersom behov och givna förutsättningar uppkommer.

Detaljerade modeller kan även upprättas för att utreda specifika uppstickande frågeställningar, exempelvis kopplat till en specifik vattentäkt eller subsystem såsom jordbrukets konsumtion av dricksvatten. Likaså är det vanligt att man sedan aggregerar detaljerade modeller tillbaka mot en högre abstraktionsnivå. Detta görs för att skapa klarhet avseende den övergripande dynamiken när den detaljerade modellen blivit så komplex att det inte längre lätt går att förstå dess dynamik. I detta sammanhang är det viktigt att komma ihåg att kvalitativa modellers huvudsyfte ofta är i egenskap av kommunikationsredskap. Kvalitativa modeller är därmed verktyg som olika kompetenser kan samlas runt och använda för att tillsammans engageras i och diskutera komplexa frågor kopplat till ett system, såsom i ett dricksvattensystem.

Kvalitativa modeller kan därför med fördel skapas och utvecklas inom ramen för interaktiva arbetsmöten och workshops med utvalda experter och personal, kontrakterade underkonsulter, samt andra experter (exempelvis ifrån kommunal, regional eller statlig nivå). Denna löpande informationsinsamling och nära samarbete med experter är även viktig som iterativ granskning och kvalitetssäkring.

Kvantitativ modellering av dricksvattensystemet

En kvantitativ modell kan med fördel tas fram tillsammans med eller baserat på kvalitativ modellering. Fördelen med den kvantitativa modelleringen är att det med metoden går att utvärdera olika hypoteser kring systemets dynamiska *beteende*. Detta görs genom att studera vad som händer med olika nyckelvariabler (såsom viktiga indikatorer) givet olika strukturella förutsättningar och antaganden. I arketyppmodellen ovan går det exempelvis att testa och studera hur systemet reagerar på ändrade förutsättningar avseende nederbördsmonster, förändrad konsumtion eller om förändringar sker i produktionsanläggningarnas kapacitet. Genom att ändra förutsättningarna i den kvantitativa modellen går det även att undersöka i vilken mån vissa riskkombinationer kan orsaka viktiga tröskeffekter, eller hur olika åtgärds paket kan bidra till dricksvattenförsörjningens framtida robusthet under olika scenarier.

En kvantitativ modell framtas först strukturellt, oftast genom en överföring av de mest centrala strukturerna från en kvalitativ modell, inklusive olika återkopplingsmekanismer (*feedbacks*) som påverkar systemet. Denna struktur behöver därefter *parametriseras*, dvs befolkas med lämpliga kvantitativa observationsbaserade data samt specificeras med matematiska funktioner som beskriver och reglerar de olika orsakssambanden. Denna parametreringsprocess innefattar insamlandet, bearbetning och införandet av diverse data i modellen. Där inte tillgängliga data finns att tillgå, behöver modelleringsteamet tillsammans med dricksvattenproducenten komma överens om lämpliga antaganden, alternativt uteslutning av vissa faktorer. Det senare är också de facto ett antagande, dvs man antar i detta fall att utelämnade faktorer inte spelar någon som helst roll. Detta kan ske trots att tidigare kvalitativa modelleringarbete kan ha identifierat dessa faktorer som viktiga. Det är därför angeläget att kvalitetssäkra, förankra, och redovisa alla antaganden när modellen utvecklas och resultat ifrån kvantitativ modellering presenteras. Efter parametrering, kalibreras modellen mot det verkliga systemets historiska utveckling, och dess funktionalitet testas med bland annat olika känslighetsanalyser.

Exempelmodellen i denna handledning är strukturerad för att undersöka huruvida dricksvattenproducenten klarar att möta efterfrågan på dricksvatten i sin produktion och distribution, dvs upprätthålla sin samhällsviktiga verksamhet dricksvattenförsörjning givet olika riskers påverkan på dricksvattensystemet. Differensen mellan levererade och efterfrågade mängder dricksvatten används därför som indikator för hur olika risker påverkar systemet och dricksvattenförsörjningen. Denna indikator ligger till grund för en kvantitativ analys av dricksvattensystemets förmåga att leverera vatten idag och under potentiella framtida förutsättningar. Modellen behöver testas och resultaten kvalitetssäkras, vilket med fördel görs i workshops och interaktiva arbetsmöten med projektgrupp och relevanta experter.

En kvantitativ modell kan även utvecklas och tillpassas för andra behov som dricksvattenproducenten har, exempelvis för strategiska undersökningar av dricksvattensystemets tillräcklighet, råvattenbehov och effekt av kapacitetshöjande åtgärder. Modeller av denna sort kan även byggas som dedikerade beslutssimulatorer, s.k. *Management Flight Simulator*. Sådana simulationsmodeller kompletteras med ett användarvänligt gränssnitt för att beslutsfattare, ex diverse ledningsgrupper hos dricksvattenproducenten. Gränssnittet möjliggör för beslutsfattare att genomföra löpande tester och analys av olika scenarier och på så sätt experimentera fram och undersöka följderna av olika potentiella verksamhetsbeslut. Att arbeta med kvantitativ modellering på detta sätt möjliggör organisatoriskt lärande och kan vara ett viktigt hjälpmedel för att framgångsrikt kunna förvalta resurser i komplexa system över tid.



BOX 4. Vad är systemanalys och hur arbetar man med det?

Introduktion

Komplexitet kan definieras som en egenskap av vissa system, som huvudsakligen uppstår som ett resultat av interaktionerna mellan systemkomponenter istället för att vara en inneboende individuell egenskap hos komponenterna själva (Cilliers et al., 2013; Juarrero, 2010; Sterman, 2000).

Komplexitet innefattar både kombinatoriska (dvs antalet komponenter) samt dynamiska (dvs hur komponenter beter sig över tid) element (e.g. Sterman, 2000). Konnektivitet och interaktion är nödvändiga förutsättningar för att komplexitet ska uppstå (Juarrero 2010). Interaktioner i komplexa system är ofta icke-linjära, dvs små förändringar kan få stora konsekvenser och vice versa (Chu et al., 2003; Cilliers et al., 2013; Miller and Page, 2007; Snowden and Boone, 2007). Dock sker ofta bedömningar av hur systemet beter sig på kort sikt, vilket gör att individuella aktörer oftast förblir omedvetna om systemets beteende som helhet (Cilliers et al. 2013). Interaktioner mellan samvarierande variabler kan skapa återkopplingsmekanismer (*feedback loops*), som kan förflytta systemet långt ifrån ett jämviktsläge (ekvilibrum) mot nya oförutsedda beteenden. Komplexa system beskrivs ofta som "radikalt öppna" i den mening att de är mycket svåra att avgränsa då de har många kopplingar med den omgivande kontexten.



Systemtänkande

Systemtänkande är både ett sätt att tänka på världen och relationer, samt en verktyglåda för att beskriva, analysera, och förstå komplexa systems struktur samt dynamiska beteende över tid (Bosch, Maani, Smith 2007). Systemansatsen utvecklades ursprungligen för att utforska industriella systems beteenden (Forrester, 1961) och ge metoder för att skaffa insikter om situationer som karaktäriseras av dynamisk komplexitet och icke-linjära beteenden (Kapmeier et al., 2011; Orrell and McSharry, 2009; Sterman, 2000, p. 39).

En systemanalys handlar ofta om att teoretiskt dekonstruera ett komplext system till dess beståndsdelar för att förstå orsakssamband (kausala samband), upptäcka strukturer, och förstå de direkta och indirekta systemiska effekterna av olika flöden och ackumulationer (e.g. Senge, 1990; Sterman, 2000). När detta är gjort återkonstrueras en förenklad version av systemet, t.ex. i form av en simuleringsmodell för att möjliggöra olika analyser och test av scenarier. Förenklingsprocessen är således en central aspekt av de flesta systemansatserna (Beven, 2009; Chu et al., 2003; Cilliers et al., 2013).





Modellering

Modellering ger möjligheten till att förstå komplexa fenomen i sitt sammanhang och från de deltagandes perspektiv (Rouwette et al., 2011) genom att fokusera på specifika aspekter av systemet, i enlighet med definierade problem och andra intressen (Chu et al., 2003). En modell är en förenklad representation av ett system vid en given tidpunkt, bestående av en uppsättning av generaliseringar och antaganden om det verkliga systemet. Modellens syfte är att medvetet förenkla det verkliga systemet för att främja förståelse av dess struktur, beteende och/eller potentiella alternativ (Miller and Page, 2007; Quade, 1981). Av denna anledning ska man vara försiktig med att dra alltför precisa slutsatser angående systemets struktur och/eller beteende (Cilliers et al. 2013). En modell ska därför inte ses som ett ändamål i sig, utan endast som en del av en bredare lärandeprocess kring en tydligt avgränsad frågeställning (Orrell and McSharry, 2009). På detta sätt är modeller pragmatiska konstruktioner, där många avvägningar görs mellan precision och kommunikationsförmåga. En av systemmodelleringens största utmaningar är därför att uppnå en acceptabel och användbar abstraktionsnivå som balanserar mellan att återspegla den faktiska komplexiteten och samtidigt främja förståelse genom förenklingar (Beven, 2009; Quade, 1981; Sterman, 2000).

De social-ekologiska systemen inom vilka dricksvattenförsörjning äger rum är mycket öppna, dynamiska, heterogena, och kontextuella, dvs de är "stökiga" system med illasinnade problem (så kallade *wicked problems*) (Rittel and Webber, 1973). Just denna stökighet innebär ett antal metodologiska utmaningar. Systemgränser, till exempel, förblir svåra att dra – var och hur ska man bestämma vad som är av relevans och vad som enbart är "kontext"? Gränsdragning är därför ofta beskrivet i litteraturen som en av de svåraste modelleringsuppgifterna (Chu et al., 2003; Cilliers et al., 2013; Forrester, 1961; Sterman, 2000). Trots vissa konkreta råd, såsom att dra gränserna vid tydliga skalskiften (Miller and Page, 2007), kan dessa råd vara svåra att implementera praktiskt i system med många komponenter som har flera skalor (*multi-scalar*) eller sammankopplingar. I arbetet med Uppsala Vatten har projektet därför följt en iterativ process genom att utveckla modeller med olika abstraktionsnivåer som omarbetats i omgångar med olika grupper av intressenter och experter. Detta har gjorts för att allt eftersom låta arbetet utkristallisera en definierad problem- och systemavgränsning. Detta iterativa angreppssätt är kanske det mest välgrundade rådet i komplexitetslitteraturen (Dawson 2019). Många människor har en tendens att avgränsa sina beskrivningar av systemdynamik i enlighet med sina egna erfarenheter, dvs deras berättelser domineras av de relativt kortsiktiga kopplingarna som de oftast är utsatta för. Av denna anledning använder Uppsala Vatten-ansatsen en referensgrupp bestående av ett flertal utomstående experter med ett brett spann kompetenser för att komplettera med en bredare uppsättning perspektiv på systemet. Målet har varit att därmed utmana den vedertagna synen på systemgränserna för vad som ska betraktas som ett dricksvattensystem, som kanske många dricksvattenexperter och producenter har vilket ofta har ett tydligare fokus på vattenteknologiska och hydrologiska frågeställningar.

För att kunna vara *användbar*, måste själva förenklingsprocessen, dvs modelleringen, fokuseras av en väldefinierad och avgränsad frågeställning. Att modelleringsarbetet guidas av ett tydligt artikulert problem ger en viktig referenspunkt för beslut om gränsdragning, abstraktionsnivå, tidshorisont mm vilket är avgörande för att främja modellens potential som ett instrument för lärande.

Problemartikuleringen är också en iterativ process – dvs det är inte alltid tydligt från början för vare sig klienten eller modelleringsteamet vad det egentliga problemet som ska undersökas är – som i det här fallet sker i samråd med dricksvattenproducentens diverse experter samt genom datainsamling och utredning.





Kvalitativ modellering

För att förstå riskdynamiker i komplexa system undersöks orsakssamband, eller kausalitet, det vill säga hur fenomen påverkar varandra i systemet och hur dessa interagerar med varandra över tid och rum. Det finns flera sätt att visualisera dessa orsakssamband. I riskarbetet för Uppsala Vatten har två metoder kombinerats, vilka ofta används för att modellera komplexa system – Causal Loop Diagrams (CLD:s) och Stock and Flow Diagrams (SFD:s). Dessa metoder erbjuder ett mycket koncist och intuitiv format för att beskriva och analysera essentiella komponenter av komplexa system, deras sammankopplingar och beteende, inklusive återkopplingsmekanismer (Liu et al., 2008, Bureš, 2017; Lade et al., 2015).

Stock and Flow Diagrams (SFD:s) använder två centrala koncept för att representera hur ackumuleringar sker i system, vilka är stockar (eller reservoarer) och flöden. Stockar fungerar som badkar, med nivåer som ökar och sänks beroende på deras in- och utflöden. Inflöden fungerar som vattenkranar till badkar, vars storlek avgör hur snabbt badkaret kan fyllas. Utflöden fungerar som badkarets bottenventil som beroende på storleken kontrollerar hur snabbt utflöde kan ske och badkaret kan tömmas. Skillnaden mellan in- och utflöden bestämmer därför stockens beteende. Ett moln vid ena änden av ett flöde indikerar en dragan systemgräns, dvs att källan till, alternativ utflödet (en så kallad sänka, eller *sink*), ligger bortom systemets gräns och därför inte representeras i modellen. Nedan ses en enkel representation av ett SFD. Källan till vattnet, nederbörd, ligger bortom det definierade systemet och föregår avrinning till täkt. Därefter går vatten genom stocken ytvattentäkt, genom flödet konstgjord infiltration till stocken grundvatten och vidare genom flödet brunnsuttag. I detta system ligger även sänkan till vattnet efter brunnsuttag bortom systemgränsen.



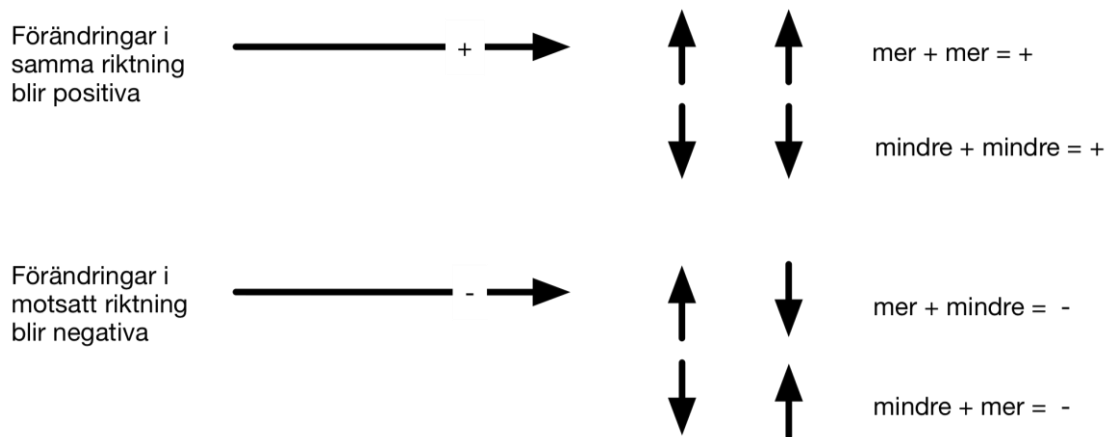
Vissa flöden fungerar som både in- och utflöden, dvs de kopplar samman två stockar och dessa flödens storlek kontrollerar således hur snabbt innehållet och ena stocken förs över till den andra. Metaforen som SFD:s vilar på (dvs vattenöverföring) gör att denna metod är mycket intuitiv för dricksvattenproducenter.





Kvalitativ modellering, fortsättning

Causal Loop Diagrams (CLD:s) använder riktade pilar för att indikera direkta kausala samband mellan oberoende och beroende variabler. Dessa samband kan vara i samma riktning, representerat med plustecknet (+) eller i motsatt riktning, representerat med minustecknet (-).



Följaktligen, om oberoende variabel A (t ex temperatur) är kopplad till beroende variabel B (t ex avdunstning) med en pil med plustecken (+), är den underliggande logiken att en ökning i A leder till en ökning i B (dvs i samma riktning). Samtidigt innebär denna pil att en minskning i A leder till en minskning i B (dvs i samma riktning). Om pilen mellan A (t ex avdunstning) och B (t ex nettonederbörd) har ett minustecken (-), innebär det att en ökning i A leder till en minskning i B (dvs i motsatt riktning). Samtidigt kommer minskning i A leda till en ökning i B (dvs i motsatt riktning) relativt till en baslinje (*baseline*) av ingen förändring i A.



Kvalitativa modeller baserade på CLD och SFD fungerar som *participatory boundary objects* (e.g. Hauck et al., 2015; Star and Griesemer, 1989), vilket skulle kunna beskrivas som modeller som anger avgränsningar för ett system eller problem och som gemensamt framtas av en grupp. De kan ge en djup och intuitiv förståelse av systemet för deltagande experter och intressenter (efter en kort introduktion) och kan därför vara ett effektivt medel för att strukturera dialoger kring problemartikulering och systemets struktur och beteende.





Kvantitativ modellering

Potentialen för robusta analyser av systemets beteende baserade enbart på en strukturell analys, exempelvis med hjälp av kvalitativa modeller, är begränsad. Den dynamiska komplexiteten av de flesta systemmodeller är alltför stor för en mänsklig hjärna att intuitivt förstå eller på annat sätt räkna fram komplexiteten på egen hand. Därför förlitar sig systemansatser även ofta på kvantitativa modelleringsmetoder. **Datorsimuleringar** används för att approximera matematisk integration av icke-linjära beteenden. Därmed utgör kvantitativ modellering ett användbart mellanting mellan kvalitativa modellers flexibilitet och den formella matematikens precision (Miller and Page, 2007). En simulering är en manipulation av en modell som möjliggör analys av interaktioner som annars är svåra att uppfatta pga. separering i tid och rum. Simuleringar kan ses som ett sätt att experimentera med ett komplext system, fast på ett sätt som är enklare, snabbare, billigare, och säkrare än verklighetsbaserade experiment om sådana överhuvudtaget skulle vara möjliga.

En **simuleringsmodell** struktureras ofta i enlighet med relevanta kvalitativa modeller, dock oftast med ett stramare innehåll i termer av antalet faktorer och kausala relationer som representeras. Simuleringsmodeller har därmed ofta mycket snävare dragna gränser än kvalitativa modeller. Denna åtstramning behöver ofta göras pga. mycket mer begränsad tillgång till pålitliga data kring vissa faktorer och relationer, eller pga. att vissa "mjuka" koncept är svåra att kvantifiera på ett tillfredställande sätt. Dessa utelämnade faktorer och relationer blir de facto antaganden i den kvantitativa modellen. Därmed utgår alla simuleringsresultat som produceras ifrån en systemparametrisering där utelämnade faktorer och dess inflytande påstås vara lika med noll.

Simuleringsmodeller kan byggas med en mängd olika mjukvaror, där somliga är särskilt framtagna för systemanalytiska modeller (se Box 5. Digitala verktyg för systemanalys - Exempel).



BOX 5: Digitala verktyg för systemanalys – Exempel

Ventana Systems – Vensim	https://vensim.com/
ISEE Systems – Stella	https://www.iseesystems.com/
Strategy Dynamics	https://strategydynamics.com/
iModeler	https://www.consideo.com/imodeler24.html
AnyLogic	https://www.anylogic.com/
OmniGraffle	https://www.omnigroup.com/omnigraffle

Steg 4: Modellera risker mot dricksvattensystemet

Vad som ska göras och varför?

Steg 4 kombinerar resultaten av steg 2 om att identifiera och analysera risker mot dricksvattenförsörjningen med steg 3 om framtagande av kvalitativa och kvantitativa modeller över dricksvattensystemet. På sådant sätt identifieras vart och hur olika risker påverkar dricksvattensystemet, inklusive de kumulativa effekterna av olika risker som samvarierar och påverkar varandra och systemet i sin helhet över tid. Återkopplingsmekanismer såsom självförstärkande eller balanserande dynamik kan analyseras för risker. Detsamma gäller för åtgärder, om dessa också undersöks kopplat till risker.

Detta steg är själva kärnan av den utvecklade metoden inom detta projekt som här beskrivs, vilket avsett att utveckla ett holistiskt angreppssätt för analys av risker i dricksvattenförsörjningen genom att kombinera metodik för riskhantering och systemanalys.

Metoder och genomförande

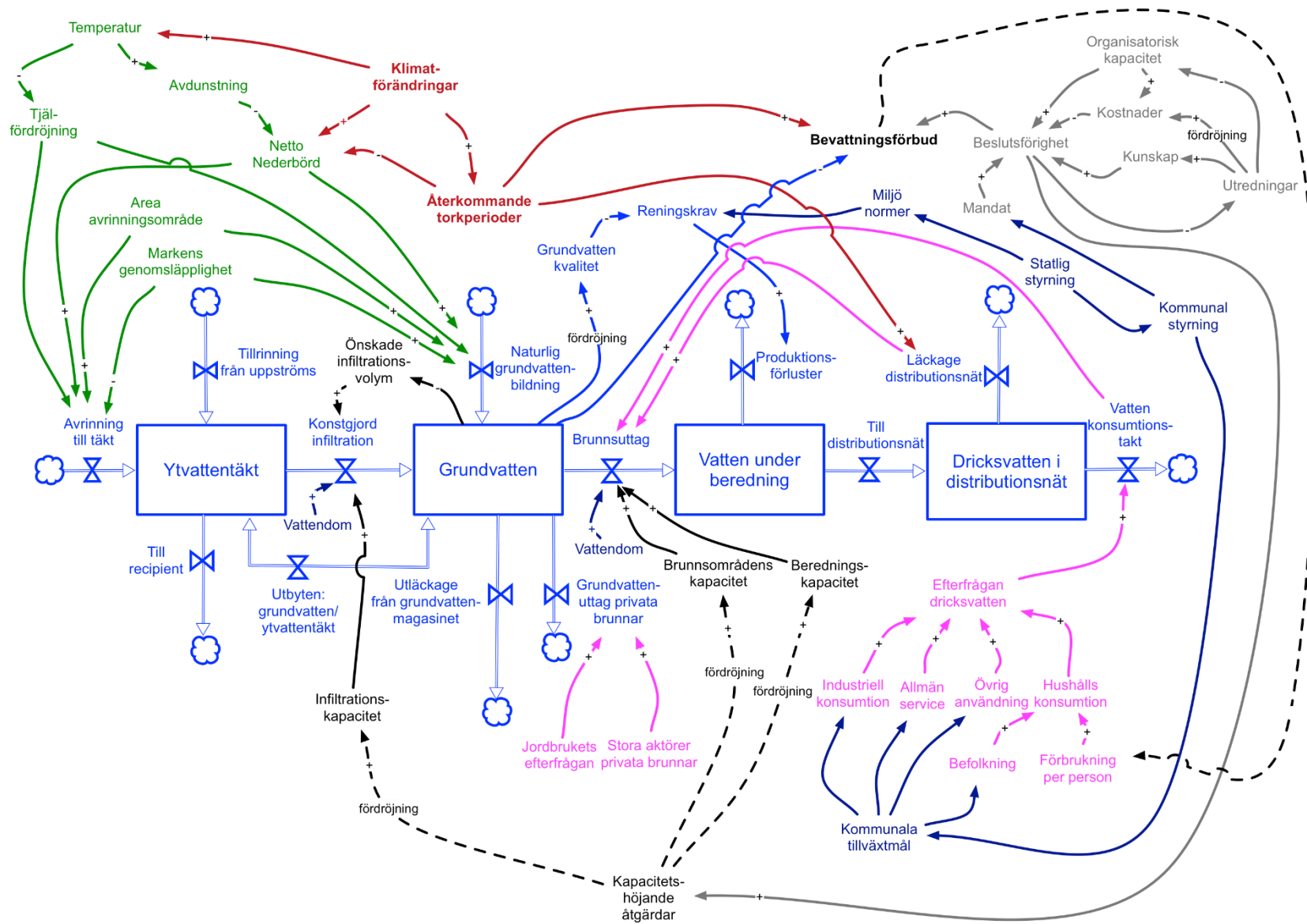
Liksom i steg 3 bör processen att modellera hur risker slår emot dricksvattensystemet faciliteras av någon med kunskaper inom systemanalys och dynamik och inkludera en arbetsgrupp med blandad expertis inom dricksvattenproduktion och risker. Beroende på vilka risker som ska analyseras, kan sammansättningen av gruppen anpassas så att personer med relaterad expertis är med. Det ska dock poängteras att en bred grupp ändå är att föredra för att just fånga upp perspektiv som annars inte hade framkommit och för att kunna överbygga stuprörstänkande. Ska exempelvis klimatrelaterade risker modelleras, bör detta göras med personer som har kunskap om hur klimatförändringar påverkar vattensystemet. Det är dock lika viktigt att inkludera de som kan vattentekniska frågor samt styrande och strategiska funktioner i detta arbete, eftersom det är dessa parter som på olika sätt behöver hantera risker och resultatet av klimatförändringarnas effekter på dricksvattenförsörjningen och därför står för många beslut som påverkar riskbilden.

Arbetet med att integrera risker med dricksvattensystemmodeller utvecklas, revideras och kvalitetssäkras iterativt i workshops och kreativa arbetsmöten. Denna process bygger på tillgänglig kunskap i form av underlag och data, expertis samt kvalificerade antaganden där data saknas eller osäkerheter råder. Det kan inte nog understrykas att själva lärandeprocessen kopplat till detta arbete är lika viktigt som de resulterande modellerna. Att samla personal ifrån olika delar av verksamheten och eventuellt utomstående expertis (ifrån kommunen, inhyrd expertis mm.) och diskutera gränsöverskridande problematik och risker, utforska olika perspektiv och meningsskiljaktigheter och uppnå samsyn gällande vissa saker, är en central del av ett systematiskt riskarbete. Att arbeta med ett brett riskperspektiv kan även fungera som ett möjligt processtöd för en organisation likväl som ett analysstöd, vilket inom riskhantering är mycket värdefullt.

Kvalitativ modellering av risker mot dricksvattenförsörjning

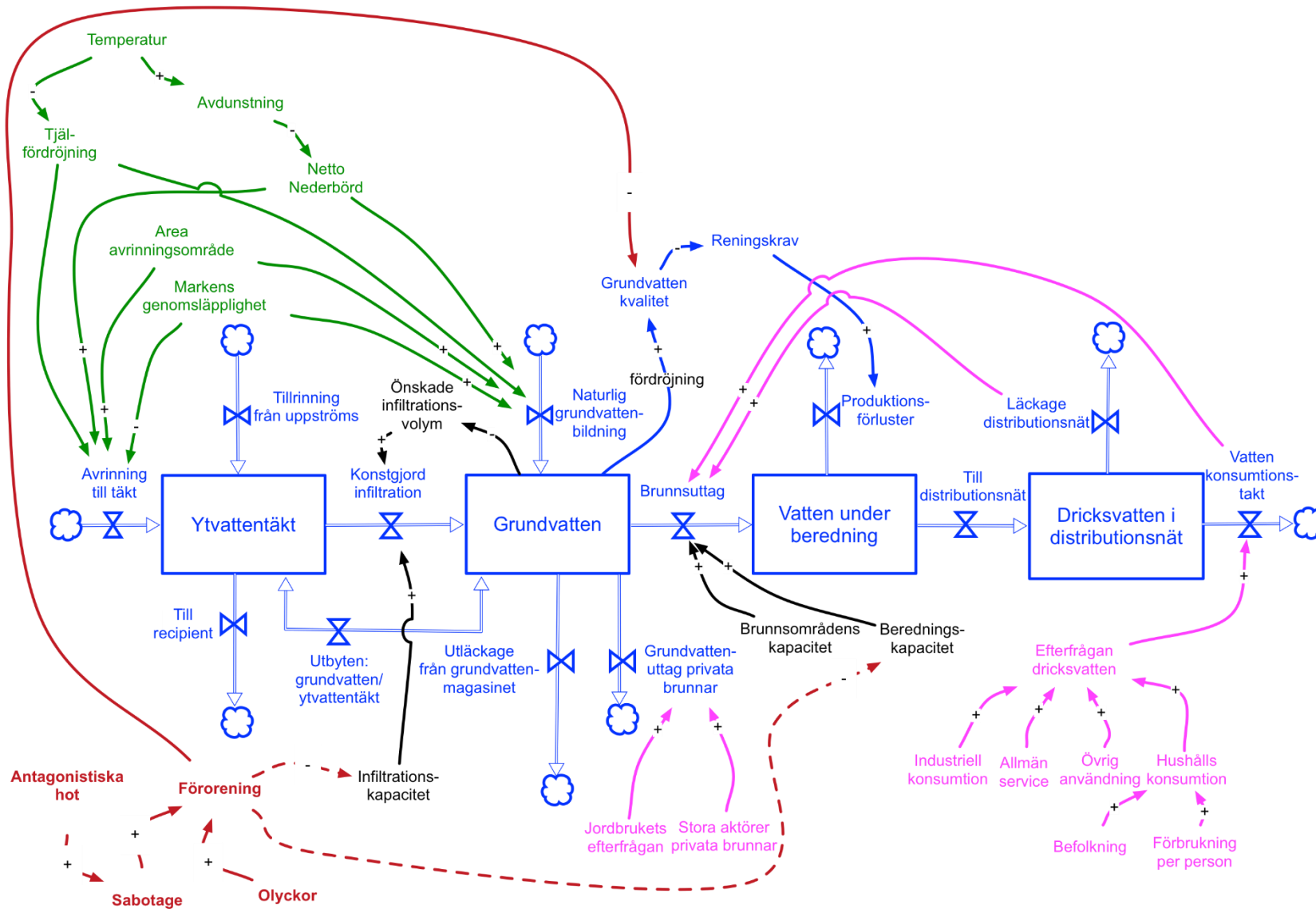
Med den kvalitativa riskmodelleringen kan identifierade riskers kausala påverkan på dricksvattensystemet kartläggas genom att identifiera olika orsakssamband mellan risken i fråga och dricksvattensystemet. Arbetet företas med en risk i taget, genom att undersöka vart varje specifik risk slår i systemet och vad det leder till. Figur 7 visar hur risken "torka" kan påverka flera delar av dricksvattensystemet, exempelvis genom en direkt negativ påverkan på ytvattenbildning, men också via ökad risk för marksättning vilket i sin tur ökar risken för läckage i distributionsnätet.

Risk- och systemanalys för en tryggad dricksvattenförsörjning - Handledning



Figur 7. Exempel på hur klimatrelaterade risker kan slå mot ett dricksvattensystem.

Risk- och systemanalys för en tryggad dricksvattenförsörjning - Handledning



Figur 8. Exempel på hur antagonistiska hot och olyckor kan slå mot ett dricksvattensystem.

När en risks kausala påverkan på systemet har kartlagts, kan detsamma göras för nästa risk och så vidare. På så vis byggs riskmodellen ut med mer och mer kausal struktur. Detta arbete ger förutsättningar för ökade insikter om hur riskstrukturerna påverkar varandra, dvs hur de skapar ett komplext nätverk av kausalt sammankopplade, samvarierande risker. Detta nätverk (som beskrivs i de kvalitativa modellerna) möjliggör analyser av uppkomsten av systemiska risker, till exempel kring viktiga återkopplingsmekanismer (*feedback loops*) i systemet vilka driver alternativt hämmar riskutvecklingen. Dessa modeller tillåter även analyser om vart de starkaste interventionspunkterna kan finnas i systemet för olika riskreducerande åtgärder.

Risker kan slå mot systemet både direkt och indirekt. Exempelvis har klimatförändringar direkt påverkan på nederbörd och därmed vidare och indirekt påverkan på grundvattenmagasin (figur 7). Andra risker slår alltid genom en annan risk. Exempelvis kommer föroreningar alltid av andra risker, såsom antagonistiska hot såsom sabotage och terrorism (figur 8), eller industriell produktion och allmänhetens aktiviteter.

Kvantitativ modellering av risker mot dricksvattenförsörjning

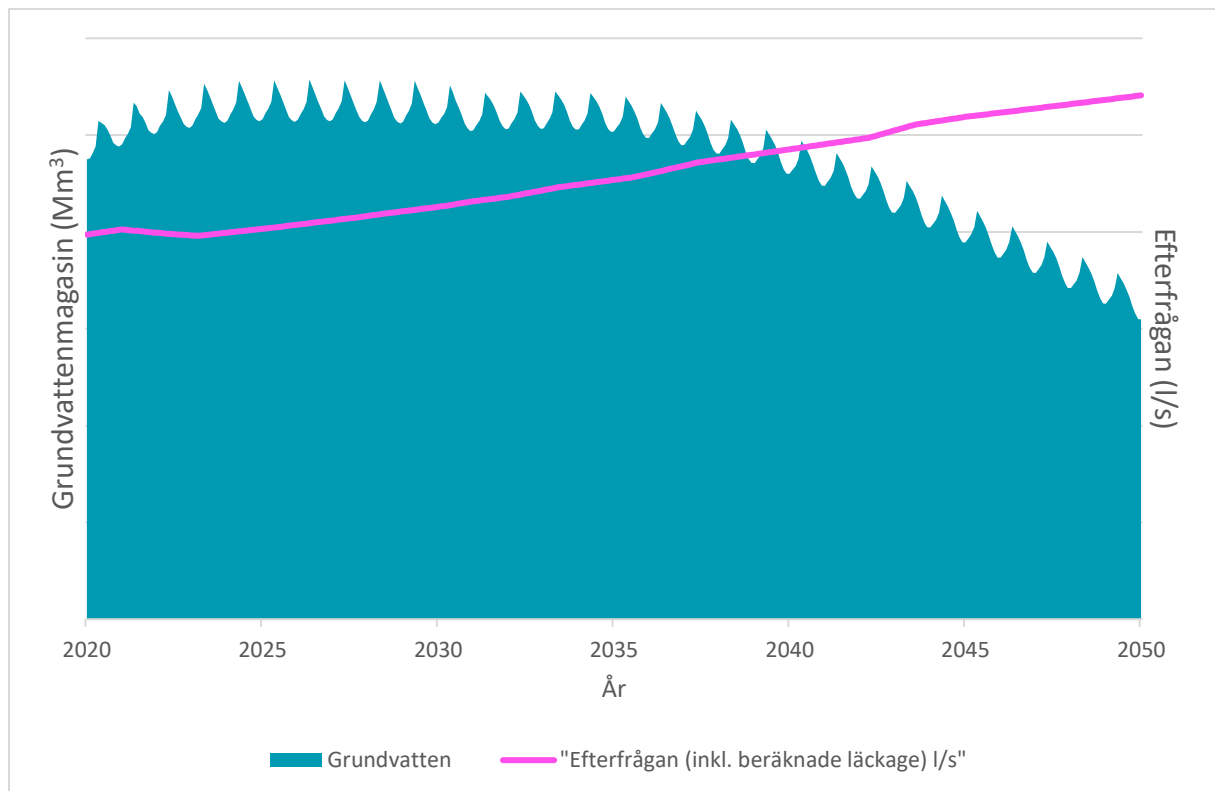
Relationer mellan risker och dricksvattensystemet som identifierats under den kvalitativa modelleringen kan användas som stöd vid integreringen av riskerna i den kvantitativa modellen. Vissa risker går att implementera direkt i modellen, emedan andra relationer inte är direkt överförbara. Exempelvis är det relativt lätt att implementera risken torka i en kvantitativ modell genom att förändra indata för nederbörd, emedan vissa risker behöver modelleras via proxy-variabler såsom exempelvis infiltrationskapacitet. Genom att reducera kapaciteten i den variabeln eller i andra utvalda delar av produktionssystemet, kan flera risker simuleras samtidigt och proxyvariabeln användas för att simulera påverkan av olyckor såsom bränslespill i infiltrationsområden, men också antagonistiska hot såsom sabotage, terrorism mm.

Andra risker är typiska "mjuka" variabler som är svårare att representera i en kvantitativ modell, exempelvis institutionella krav eller organisatoriska risker såsom bristande finansiering eller kapacitet till strategiska beslut. Sådana risker analyseras också indirekt genom proxyparametrar som redan finns i modellen och ofta genom att justera tiden för när något händer i systemet. Till exempel kan bristande finansiering eller en svår planeringskontext simuleras genom att införandet av olika kapacitetshöjandeåtgärder sker med en tidsförskjutning som representerar de längre planerings- och beslutstiderna som dessa risker kan medföra.

Med kvantitativ modellering testas vilken effekt olika risker får på dricksvattenförsörjningen kvantitativt. I detta exempel modelleras och mäts bara kvantitet av vatten, men metodiken kan även inkludera kvalitetsmått (ex. vissa ämnens förekomst i dricksvattnet). Det är frågeställningen som avgör hur modellen konstrueras och vilka indikatorer som är viktiga att mäta. I projektet för Uppsala Vatten valdes kvantitet av vatten som fokus, där differensen mellan levererat dricksvatten och efterfrågan satts som indikator för om dricksvattenproducenten klarar av att upprätthålla sin samhällsviktiga verksamhet givet om olika risker slår emot systemet (se figur 11). Metoden kan på så vis bidra till insikter om olika riskers möjliga kvantitativa effekt på dricksvattenförsörjningen, samt deras inbördes storleksordning. Som tidigare nämnts i Steg 3 kan även andra indikatorer studeras i förhållande till risker, exempelvis grundvattennivå i grundvattenstocken eller infiltrationstakt etcetera. Att undersöka hur olika variabler påverkas av en risk ger ökade insikter i hur den påverkar systemet.

Kvantitativ modellering medger analys av flera risker sammantaget och kumulativa effekter av olika risker i dricksvattenförsörjningen. Exempelvis tillåter metoden att utforska den sammantagna effekten av olika kombinationer av förutsättningar och risker. Ett exempel på detta kan vara olika klimatförändringsscenarier i samband med diverse prognoser kring befolkningstillväxt och industriell konsumtion samtidigt som ett föroreningsevent inträffar i ett infiltrationsområde. På detta sätt kan olika scenarion utforskas (se Box 6) och systemets känslighet testas.

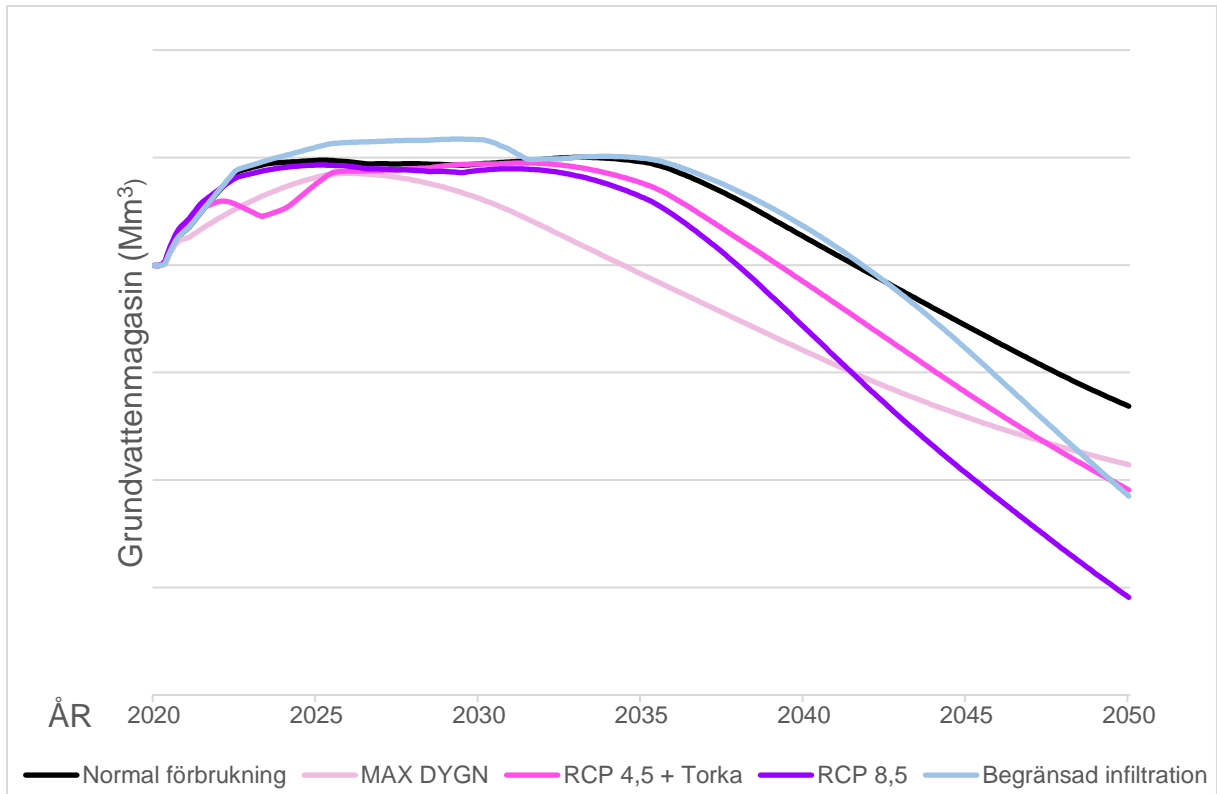
I figurerna nedan exemplifieras vilka typer av analyser som kan göras med kvantitativ modellering. Figur 9 visar hur grundvattenmagasinet för en hypotetisk grundvattentäkt påverkas av stigande efterfrågan på dricksvatten. Grundvattnets toppar och dalar påvisar naturliga årsfluktuationer, emedan den långsiktiga trenden för grundvattenreservoaren är nedåtgående i takt med ökad efterfrågan.



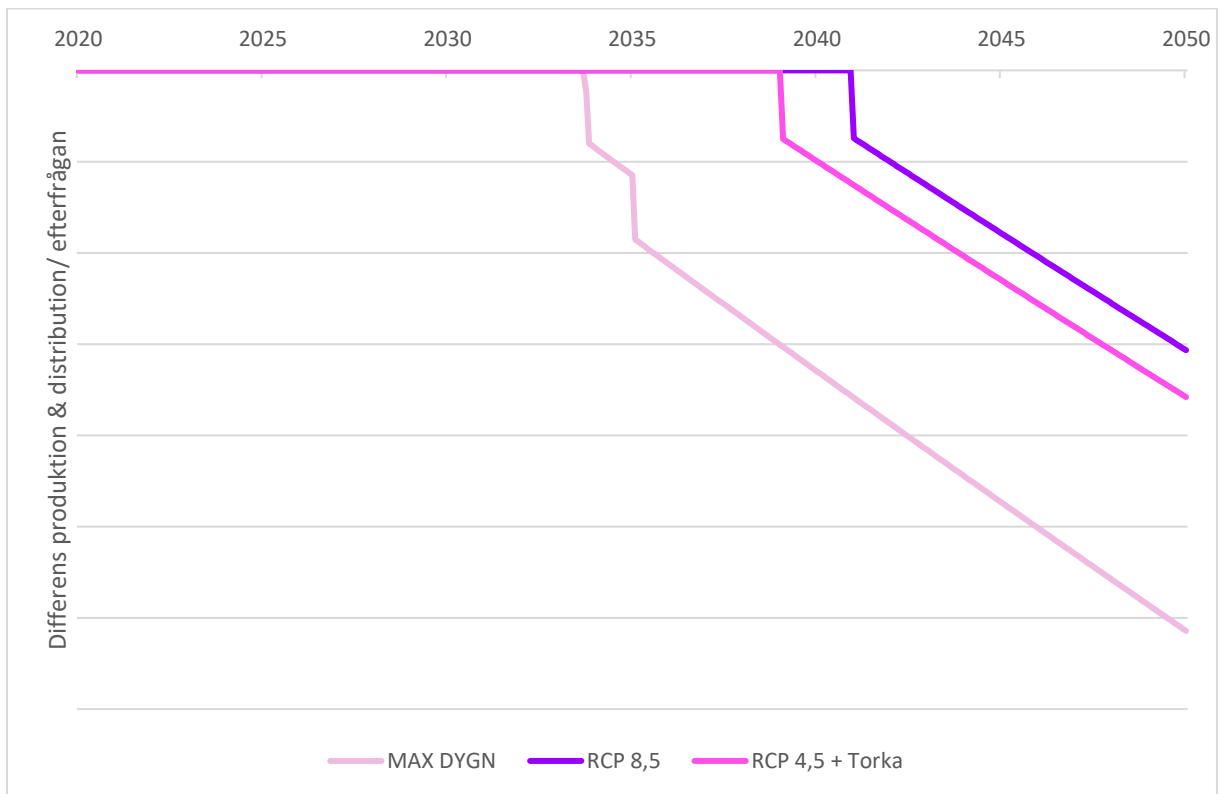
Figur 9. Exempel på relationen mellan grundvattenmagasin och efterfrågan på dricksvatten som kan genereras med hjälp av kvantitativ modellering.

Figur 10 visar hur ett grundvattenmagasin kan påverkas av normalförbrukning, kontra maxdygnsförbrukning. Diagrammet visar också hur grundvattenmagasinet reagerar om klimatscenario RCP 4,5 testas tillsammans med torrår, alternativt enbart med det högsta klimatscenario RCP 8,5. Även begränsningar i infiltrationskapaciteten visas. Figur 11 visar hur indikatorn differens mellan producerat samt levererat dricksvatten kontra efterfrågan reagerar på maxdygnsanvändning och klimatscenario.

Modellen kan med fördel simuleras i realtid under workshops och arbetsmöten och därmed ligga till grund för rika diskussioner och insikter om hur dricksvattenförsörjningen reagerar på förändrade förutsättningar och risker. Dock behöver resultaten av kvantitativa modellkörningar ofta utsättas för en statistisk analys, som kan fördjupa och bistå de kvalitativa analyserna som genomförs på de kvalitativa modellerna.



Figur 10. Exempel på olika riskers effekt på ett grundvattenmagasin.



Figur 11. Exempel på hur indikatorn "Differens mellan levererat dricksvatten och efterfrågan" påverkas av olika risker.



BOX. 6. Att arbeta med riskscenarier

Scenarieutveckling är en form av kvalitativ modellering, som går ut på att en utvald grupp kollektivt tar fram alternativa framtidsberättelser ("tänk om...") för att utforska:

- Viktiga drivkrafter
- Systemberoenden (orsak-verkan)
- Kritiska osäkerheter
- Systemgränserna för analysen

Scenarieutveckling ger exempel på vad som *skulle kunna* hända under en viss uppsättning antaganden, men levererar **inte** "svaret" och är heller inte en prognos för framtiden (dvs. välgrundade förutsägelser om vad som ska hända). Istället fyller scenarieutveckling andra funktioner. Till dessa hör att utveckla en bättre förståelse för nutidens komplexitet genom dessa "berättelser" om olika möjliga framtidsutvecklingar. Metoden bidrar också till att utforska underliggande resonemang bakom antaganden om framtiden, och är därmed lämpligt för problem med hög komplexitet och hög osäkerhet. Att jobba med scenarier är speciellt användbart för att övervinna olika kognitiva biaser (förutfattade meningar).

Scenarieutveckling kan göras genom att man i grupp, till exempel i **workshops**, konstruerar rimliga (dvs. *möjliga* men **inte** nödvändigtvis *troliga*) distinkta scenarier. Detta inbegriper inte att man måste uppnå en omfattande förståelse för hur denna hypotetiska framtid skulle fungera. Snarare skapas en logisk sekvens av hypotetiska (men *trovärdiga*) händelser som leder från nutiden till framtiden.

Att jobba med och utveckla scenarier är **en demokratisk process** där alla synpunkter är välkomna. Det finns helt enkelt inte något rätt eller fel, men däremot är det viktigt att det finns en konsekvent intern logik i berättelsen som skapas.

Metoden kan användas i riskanalys genom att **utveckla olika riskscenarion**, i detta fall för dricksvattenförsörjningen. Nedan ges exempel på kategorier av grundförutsättningar som kan användas för att utveckla riskscenarion kopplat till både den kvalitativa och kvantitativa modelleringen av risker mot dricksvattenproduktion och distribution.



Tidshorisont



Geopolitik



Ekonomi

Institutionella
förutsättningarBiofysiska
förutsättningarDemografiska &
sociala föruts.

Teknologi



Övriga risker

Grundförutsättningarna behöver definieras, exempelvis tidsramar för scenarieutvecklingen; omvärldskontexten; ekonomiska förutsättningar internationellt och/eller lokalt; om institutioner är starka eller svaga; klimatförändringar och dess effekter; befolkningsutveckling och urbanisering; tekniska landvinningar med betydelse för dricksvattenförsörjning både vad gäller effektivisering och ökad konsumtion; samt övriga risker såsom exempelvis föroreningar, pandemi eller sabotage.

Resultatet av scenarieutveckling kan sedan användas vid kvantitativ modellering för att både parametrisera modellen och testa hur och när risker slår till. Detta blir därmed ett sätt att testa hur dricksvattenförsörjningen klarar av olika risker och påfrestningar i en möjlig om än inte alltid trolig framtid, vilket kan bidra med insikter om systemets känslighet för olika risker.

Steg 5: Analysera resultat

Steg 5 avser att analysera resultat ifrån tidigare steg, men är egentligen en kontinuerlig process som sker fortlöpande igenom hela processen. Analys görs för att bearbeta och förstå resultaten av steg 2–4, och bör alltid styra emot de projektförutsättningar som identifierats i steg 1. Detta innebär att resultaten ifrån riskinventering och modellering (steg 2–4) kontinuerligt har granskats och validerats utav både teknikkunniga inom dricksvattenförsörjning, riskhantering och systemanalys utifrån validitet och reliabilitet, dvs. huruvida metoden fångat och mätt det som avsetts, samt tillförlitligheten i resultaten. Här är det viktigt att kritiskt granska resultat ifrån modelleringar så att det inte skapas en övertro på vad de kan säga om verkligheten.

Det övergripande riskarbetet bör riktas mot syntesanalyser, där resultat ifrån riskinventering och analys, samt kvalitativ och kvantitativ modellering bearbetas och analyseras tillsammans för att skapa insikter och dra slutsatser kopplat till de frågor, syften och mål som satts upp för projektet. Den sammantagna bilden av detta medger en bredare, holistisk förståelse för risker mot dricksvattenförsörjningen.

Kvalitativa analyser baseras på framtagna kvalitativa modeller (exempelvis CLD och SFD) och riskinventering och identifiering i form av resultat ifrån workshops, möten och intern bearbetning och analys av data. Exempelvis kan kedjor av orsakssamband, så kallade *causal pathways*, i de kvalitativa modellerna analyseras för att förstå de många sätten med vilka olika risker påverkar förutsättningar för dricksvattenförsörjningen.

Kvantitativa analyser används för fördjupade analyser av vissa centrala dynamiker identifierade under den kvalitativa analysen genom simuleringar av vissa specifikt parametriserade scenarier, eller för att undersöka osäkerheter kring vissa parametrar i det modellerade systemet. Resultaten av simuleringar visar utvecklingen för utvalda indikatorer över tid givet en specificerad uppsättning antaganden och parametrar, och kan kommuniceras både i skrift och i diagram.

Analysen kan och bör också identifiera interventionspunkter i systemet, dvs. där det är mest effektivt att sätta in åtgärder för att motverka vissa typer av risker. Därmed kan angreppssättet och analysen ligga till grund för utveckling av åtgärder mot risker.

Steg 6: Skapa beslutsunderlag

Det sista steget i denna process omfattar att framta beslutsunderlag och kommunicera resultat för verksamhetsintegrering. Vilka underlag som ska tas fram, till vem de riktar sig till och hur de ska utformas och presenteras kan med fördel specificeras i Steg 1. Det är viktigt att producerade underlag är transparenta gällande process och resultat för att skapa trovärdighet och tillit till resultaten. Detta är särskilt viktigt vad gäller de kvantitativa modellerna som tas fram, som annars snabbt kan utvecklas till att bli *svarta lådor* där ingen i beslutsfattande ställning förstår hur modellen är uppbyggd eller på vilka basis den genererar sina resultat. Följden kan bli en misstro mot modellen och/eller ett medvetet eller omedvetet avståndstagande från de insikter som modellen skapat förutsättningar för.

Ytterst avser beslutsunderlag som framtas ligga till grund för bättre styrning av verksamheten avseende att arbeta aktivt med risker mot dricksvattenförsörjningen. För att resultaten ska få effekt bör de alltså beaktas inom dricksvattenproducentens systematiska säkerhetsarbete, från det operativa till det strategiska arbetet. Detta kan omfatta att omhänderta resultat i driftssammanhang eller i planeringsarbete och utredningar genom att beslutsunderlag och resultat implementeras i de olika delarna av verksamheten. Hur resultaten ifrån risk- och systemanalysen omhändertas och integreras behöver givetvis anpassas till dricksvattenproducentens förutsättningar och organisation.

Det bästa sättet att integrera resultat av arbetet i verksamheten är att från början inkludera viktiga beslutsfattare och nyckelkompetenser i processen ifrån hela verksamheten. På detta sätt bli det systematiska riskarbetet en lagprestation vars resultat ägs av alla som ska implementera eventuella förändringar. Detta är centralt för att resultaten ifrån risk- och systemanalysen ska få trovärdighet och genomslag inom organisationen. I detta arbete är det viktigt att ingående medverkande känner ägandeskap för modellen eller modellerna, dvs. att de har förtroende för dessa då de varit med och tagit fram dem. Löpande kommunikation av resultat under arbetets gång är därmed både viktigt och värdefullt.

Det kan även vara värt att upprätta en kommunikationsplan för resultaten för att de ska få genomslag internt i olika delar av verksamheten. Resultaten bör även ligga till grund för påföljande arbete gällande åtgärder och eventuella förändringar för att öka dricksvattenförsörjningens resiliens, samt kommande riskarbete.

Reflektioner över metod- och processverktyget

Denna skrift har beskrivit hur ett nytt angreppssätt för analys av risker i dricksvattenförsörjningen har tagits fram. Projektet utvecklades organiskt utifrån ett verkligt behov hos upphovsmannen Uppsala Vatten, som stod inför problemställningar och risker som inte lät sig fångas in i de metoder för riskanalys som tidigare hade använts inom verksamheten. Nedan presenteras övergripande reflektioner över det utvecklade metod- och processverktyget.

Fördelar och styrkor med metoden, då den:

- **Ger ett vidgat perspektiv på vad som traditionellt ses som risk inom dricksvattenförsörjning**, som ofta fokuserar på risker i systemet mellan vattentäkt och konsument. Detta är både bra och nödvändigt i en alltmer komplex och skiftande omvärld, där aktörer påverkas av händelser som kan te sig långt borta i tid och rum men som kan påverka verksamheten väsentligt, såsom klimatförändringarnas påverkan eller risker kopplade till stora samhällstrender och dricksvattenkonsumtion. Vidare har det visat sig att diverse kriser ofta överraskat samhället och drabbade aktörer eftersom de inte setts som så troliga, exempelvis den pågående pandemin (covid-19), skogsbränderna 2014 och 2018 eller flyktingsituationen 2015. Detsamma kan gälla för risker mot dricksvattenförsörjningen.
- **Omfattar olika typer av information och kompetenser**, dvs den möjliggör en syntes av praktiskt kunnande (så kallad tyst kunskap), vetenskaplig kunskap och policyintegrering. Vidare går det att integrera både mjuka och hårda variabler, såsom attityder och kunskap inom verksamheten och hur den fungerar, kontra biofysiska förutsättningar, samhällstrender etcetera.
- **Omfattar fler risker än traditionella metoder för riskhantering i dricksvattenförsörjning**. Detta utmanar föreställningar om vad som faktiskt är att betrakta som en risk mot dricksvattenförsörjningen. Exempelvis sätter angreppssättet ljus på att brister på förutsättningar kan hota verksamheten minst lika mycket som det som vanligtvis brukar utmålans som risker mot dricksvattenförsörjningen. Genom att kombinera risk- och systemanalys framträder både vilka förutsättningar som ett dricksvattensystem kräver för att upprätthålla verksamheten och risker mot desamma. Att jobba med ett bredare riskperspektiv och analysera risker utifrån deras karaktäristik (om de är endogena eller exogena, om de kan sättas i kluster, om de har kumulativa effekter etc.) kan också ge dricksvattenproducenten möjlighet att fokusera arbetet på delar som möter flera risker.
- **Hanterar dynamiska orsakssamband både kvalitativt och kvantitativt** och analyserar hur flera risker och förutsättningar påverkar varandra över tid. Därmed kan metoden bidra med osannolika eller kontraintuitiva resultat som andra metoder kanske inte hade upptäckt. Den möjliggör också scenariotestning och att kvantitativt testa hur en bredd av risker kan slå i systemet, och kan därmed användas av beslutsfattare för att testa olika verksamhetsbeslut.
- **Fungerar som ett processverktyg och processtöd**, då många av stegen integrerar flera aktörer både inom dricksvattenproducentens egen organisation och med andra utomstående relevanta aktörer såsom kommunen. Därmed ger den möjlighet till både ett *bottom up*-perspektiv och ett *top down*-perspektiv på risk. Genom att samla olika kompetenser och funktioner och skapa ett sammanhang där hela dricksvattenförsörjningens förutsättningar och risker kan diskuteras, främjar detta organisationens arbete både avseende strategiskt arbete och planering, tekniskt arbete och drift, samt det systematiska säkerhetsarbetet. Detta

är nyckeln till att få organisatorisk samsyn runt risker och utmaningar i dricksvattenförsörjningen.

- **Metoden är skalbar**, där ambitionen och omfattningen för arbetet kan läggas på olika nivå.
- **Kan öka insikten om både styrkor och svagheter hos dricksvattenproducenten**, och på så vis påvisa vilka styrkor som kan användas och vart osäkerheter eller kunskapsluckor finns.

Utmaningar och nackdelar med metoden:

- **Arbetet kan bli relativt omfattande och kostsamt** speciellt för dricksvattenproducenter som har begränsade medel och resurser såsom små dricksvattenproducenter.
- **Kräver tillgång till specialistkunskap gällande systemanalys och riskanalys** som kan facilitera och kvalitetssäkra processen samt eventuellt också driva arbetet så att dricksvattenproducenten samtidigt har tid att sköta ordinarie verksamhet.
- **Behöver skräddarsys till respektive klients förutsättningar** och till de frågeställningar som är av störst strategisk vikt för dricksvattenproducenten. Det finns alltså ingen mall för hur metoden ska utföras som alla kan följa, eftersom förutsättningar och risklandskapet för varje dricksvattenproducent skiljer sig åt både avseende organisation, befintligt dricksvattensystem och teknik, geografiska och sociala förutsättningar i kommunen etcetera.

Trots dessa utmaningar är förhoppningen att denna skrift ska kunna fungera som en utgångspunkt för andra dricksvattenproducenter att ta sig an sina risker på ett nytt sätt. Risk- och systemanalysens mål är och skapa insikter och planeringsunderlag som bättre kan möta den komplexitet och planeringskontext som dricksvattenproducenter står inför så att de stärkta kan utföra sitt uppdrag och leverera dricksvatten, nu och i framtiden.

Sekretess

Eftersom dricksvattenförsörjning i Sverige räknas som samhällsviktig verksamhet, dvs en verksamhet som är nödvändig för att upprätthålla samhällets funktionalitet (MSB 2020a), är analys av risker emot dricksvattensystem känslig information som ska hanteras inom sekretesskydd. Detta gäller både medverkande i utredningsarbetet som kan komma i kontakt med känslig information eller stora mängder information, samt tillhörande dokumentation, digital kommunikation, resultat och handlingar. Därför rekommenderas rutiner för hantering av information och processer upprättas vid projektets uppstart, kontinuerligt följas upp och utvärderas vid projektslut.

Lästips

Riskanalys, katastrofriskreducering och kontinuitetshantering

Baez Ullberg, Susann; Becker, Per (red.) (2016). *Katastrofriskreducering – Perspektiv, praktik, potential*. Studentlitteratur AB, Lund.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB – Kontinuitetshantering. Internet. Metodstöd tillgänglig via <https://www.msb.se/kontinuitetshantering>

SS-ISO 31000:2018, IDT. *Riskhantering – Vägledning*. Svenska institutet för standarder.

UNDRR (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Tillgänglig via <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

Systems thinking och systemanalys

Booth Sweeney, Linda & Meadows, Dennis (2013). *The Systems Thinking Playbook*. Chelsea Green Publishing, Vermont.

Ingelstam, Lars (2012). *System: att tänka över samhälle och teknik*. Energimyndigheten.

Middleton, Peter (red.) (2010). *Delivering Public Services that work – Systems Thinking in the Public Sector: Case studies*. Triarchy Press, Axminster, UK.

Miller, J. H., and S. E. Page. 2007. *Complex Adaptive Systems An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press.

Meadows, Donella H. (2008). *Thinking in Systems – A Primer*. Chelsea Green Publishing, Vermont.

Meadows, Donella H.; Randers, Jorgen; Meadows, Dennis (2004). *Limits to Growth – The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing, Vermont.

Senge, Peter M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Random House Books.

Stave, 2003. A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada. *Journal of Environmental Management*, 67, 4, p303-313.

Klimatanpassning

Livsmedelsverket (2019). Handbok för klimatanpassad försörjning av dricksvatten. Tillgänglig via https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/dricksvattenproduktion/kaskad-handbok-for-klimatanpassning_dricksvattenproduktion

Klimatanpassning.se om Dricksvatten, tillgänglig via <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/vatten-och-avlopp/dricksvatten-1.90973>

Robusta beslut för att hantera klimatrisker i Sverige – Forskningsprojekt vid KTH. Mer information och publikationer tillgängliga via <https://www.kth.se/sv/philhist/phil/research/robusta-beslut-for-att-hantera-klimatrisker-i-sverige-1.885239>

Referenser

- Abson, D. J., J. Fischer, J. Leventon, J. Newig, T. Schomerus, U. Vilsmaier, H. von Wehrden, P. Abernethy, C. D. Ives, N. W. Jager, D. J. Lang, H. Von Wehrden, P. Abernethy, C. D. Ives, N. W. Jager, and D. J. Lang. 2017. Leverage points for sustainability transformation. *Ambio* 46(1):30–39.
- Beven, K. 2009. *Environmental Modelling: An Uncertain Future*. CRC Press, Boca Raton.
- Bosch, O., K. Maani, and C. Smith. 2007. *Systems Thinking – Language of Complexity for Scientists and Managers*. Page Improving the Triple Bottom Line Returns from Small-scale Forestry, Proceedings from an International Conference. The University of Queensland, Gatton, Qld, Australia.
- Bureš, V. 2017. A Method for Simplification of Complex Group Causal Loop Diagrams Based on Endogenisation, Encapsulation and Order-Oriented Reduction. *Systems* 5(3):46.
- Chu, D., R. Strand, and R. Fjelland. 2003. Theories of Complexity. *Complexity* 8(3):19–30.
- Cilliers, P., H. C. Biggs, S. Blignaut, A. G. Choles, J. S. Hofmeyr, and G. P. W. Jewitt. 2013. Complexity, Modeling, and Natural Resource Management 18(3).
- Dawson, L. 2019. *Unravelling Sustainability: The complex dynamics of emergent environmental governance and management systems at multiple scales*. Stockholm University, Stockholm.
- FOI (u.å., b). FOI:s modell för risk- och sårbarhetsanalys 2.0 (FORSA) 2.0. Handbok. Nevhage, B. & Hedtjärn Swaling, V.
- Forrester, J. W. 1961. *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hauck, J., C. Stein, E. Schiffer, and M. Vandewalle. 2015. Seeing the forest and the trees: Facilitating participatory network planning in environmental governance. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 35:400–410.
- Juarrero, A. 2010. *Complex Dynamical Systems Theory*. Cognitive Edge.
- Kapmeier, F., M. Tilebein, A. Voigt, and R. Dillerup. 2011. Applying System Dynamics to Overcome Unsuccessful Success Factor Research. 29th Intern. Conf. Systems Dynamics Soc.:27.
- Lade, S. J., S. Niiranen, and M. Schl. 2015. Generalized modeling of empirical social-ecological systems. *Natural Resource Modeling*:1–25.
- Liu, Y., H. Gupta, E. Springer, and T. Wagener. 2008. Linking science with environmental decision making: Experiences from an integrated modeling approach to supporting sustainable water resources management. *Environmental Modelling & Software* 23(7):846–858.
- Meadows, D. (2010). Leverage Points: Places to Intervene in a System. *The Solutions Journal*, 1(1), 41–49. <http://doi.org/10.1080/02604020600912897>
- Meadows, D. H. (2009). *Thinking in Systems - A primer*. (D. Wright, Ed.) *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* (Vol. 1). London: Earthscan. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Miller, J. H., and S. E. Page. 2007. *Complex Adaptive Systems - An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton University Press.

- MSB (2020a). *Samhällsviktig verksamhet*. Internet <https://www.msb.se/samhällsviktigverksamhet>, senast granskad 2020-04-23, åtkomst 2020-11-16.
- MSB (2020b). *Uppdaterad definition samhällsviktig verksamhet*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. PM, datum 2020-10-27, ärendenummer MSB 2020–11275. Tillgänglig via <https://www.msb.se/contentassets/d8fca23b124c4686a629970fd2c1aa31/uppdaterad-definition-samhällsviktig-verksamhet.pdf>.
- Naturvårdsverket (2020). Kumulativa effekter. Internet. Tillgänglig via <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljobedomningar/Specifik-miljobedomning/Miljoaspekter-i-miljobedomning/Kumulativa-effekter/#:~:text=Kumulativa%20effekter%20uppst%C3%A5r%20n%C3%A4r%20flera%20olika%20effekter%20samverkar%20med%20varandra.&text=Kumulativa%20effekter%20kan%20beskrivas%20som%20effekter%20som%20samverkar%20p%C3%A5%20olika%20s%C3%A4tt>. Senast uppdaterad 2020-10-29, åtkomst 2021-02-08.
- Orrell, D., and P. McSharry. 2009. System economics: Overcoming the pitfalls of forecasting models via a multidisciplinary approach. *International Journal of Forecasting* 25(4):734–743.
- Quade, E. S. 1981. Predicting the consequences: models and modeling. Page Handbook of systems analysis. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.
- Rittel, Horst W. J.; Webber, Melvin M. (1973). "Dilemmas in a General Theory of Planning" (PDF). *Policy Sciences*. 4 (2): 155–169. doi:10.1007/bf01405730
- Rouwette, E. A. J. A., H. Korzilius, J. A. M. Vennix, and E. Jacobs. 2011. Modeling as persuasion: the impact of group model building on attitudes and behavior. *System Dynamics Review* 27(1):1–21.
- Snowden, D. J., and M. E. Boone. 2007. A Leader's Framework for Decision Making. *Harvard Business Review* 85(11):68–76, 149.
- Star, S. L., and J. R. Griesemer. 1989. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science* 19(3):387–420.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics - Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Svenskt Vatten (2018). *Framtidens hållbara VA-ledningssystem*. Tillgänglig: https://www.svensktvatten.se/contentassets/0dfc8061928d4757a8f816f66486b31e/svur_18-10a.pdf [2020-02-06]
- SS-ISO 31000:2018, IDT. *Riskhantering – Vägledning*. Svensk standard.

Bilaga A. Riskregister

Nedan ges förslag på ett upplägg för ett riskregister innehållandes ett antal identifierade typer av risker mot dricksvattenförsörjningen. Registret kan ha olika utföranden och innehåll, och behöver uppföras, bearbetas och tolkas för den specifika dricksvattenproducenten. Riskregistret fylls på efter behov och att nya resultat framkommer. Kursiverad text anger exempel avseende information som kan tas fram och skrivas in i registret för varje risk. Komplettera registret med andra risker som identifieras och ta bort irrelevanta risker.

Risk-ID	Risk	Endogen/exogen	Typ/tema/kluster	Lokala förhållanden	Indata	Referenser	Kommentarer
1	Torka	Exogen	Klimatrelaterad risk	<i>Skriv in lokala förutsättningar för risken hur risken slår.</i>	RCP 8,5	IPCC/SMHI	Övriga kommentarer
2	Minskad tjäle	Exogen	Klimatrelaterad risk	<i>Påverkar vårflod och grundvattenbalans</i>	<i>Tjäleffekten avtar med...</i>	Antagande	
3	Värmebölja	Exogen	Klimatrelaterad risk	<i>Ökad vattenkonsumtion hos konsumenter, ökad ytavrinning som leder till föroreningsspredning i vattentäkt</i>	<i>Minst 5 dagar i sträck med temperatur över 25°C</i>	SMHI	
Osv.	Översvämning						
	Skyfall						
	Storm						
	Ras och skred						
	Ökad ytavrinning						
	Ökad evapotranspiration						
	Förändrad grundvattenbalans						
	Marksättningar						

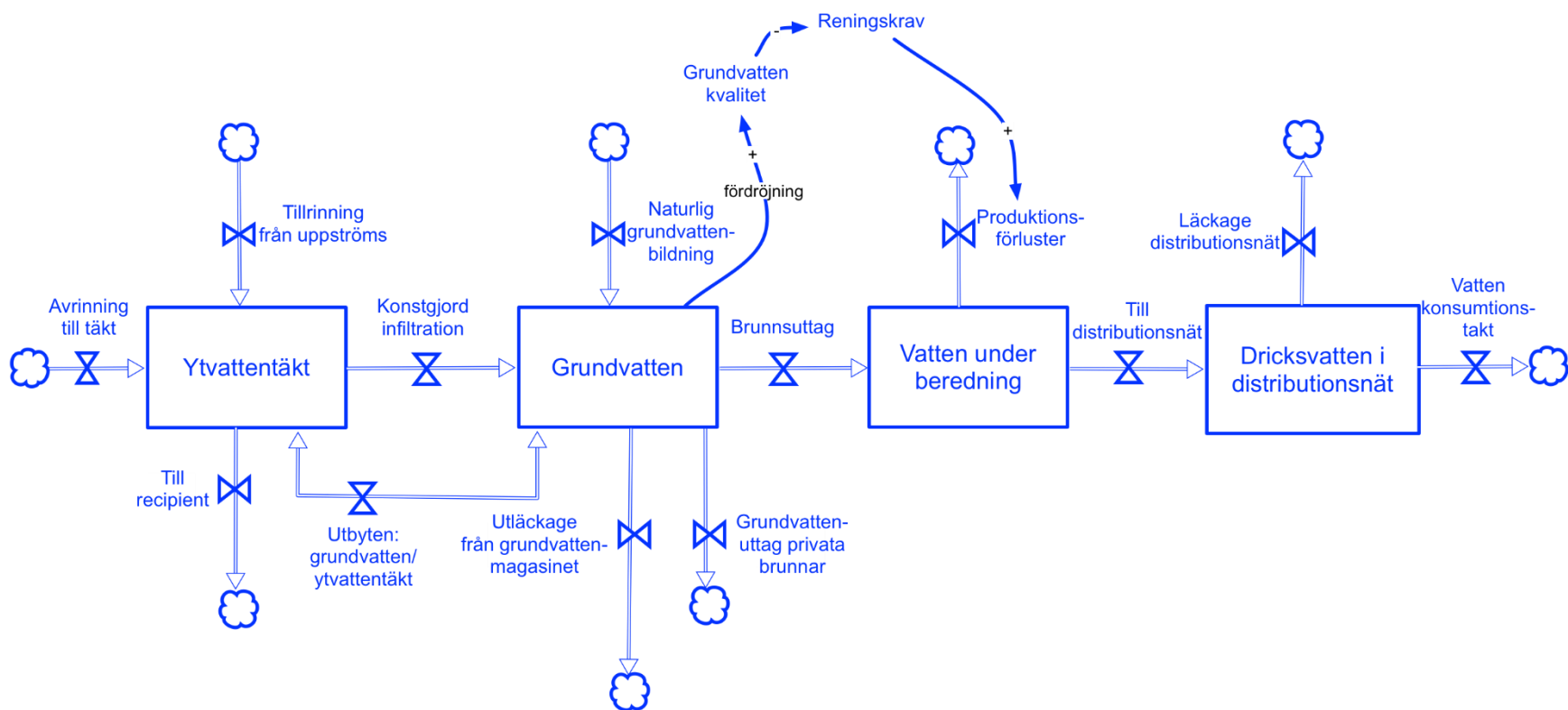
	Läckage	<i>Exogen/ endogen</i>	<i>Klimatrelaterad risk Organisatorisk risk</i>				
	Jordbrukets konsumtion						
	Befolkningstillväxt						
	Industrins konsumtion						
	Bristande redundans i dricksvattenförsörjningen	<i>Exogen/ endogen</i>	<i>Kapacitetsrelaterad risk</i>				
	Bristande flexibilitet i dricksvattenförsörjningen						
	Bristande säkerhet i dricksvattenförsörjningen						
	Råvattenbrist (brist på yt- och/eller grundvatten för dricksvattenproduktion)						
	Fel grundvattenbalans						
	Begränsningar i ytvattenuttaget						
	Bristande kapacitet på distributionsnätet						
	Framtida behov och användning av vatten	<i>Exogen</i>	<i>Politiska och sociala risker</i>				
	Brister i elförsörjning						
	Brister i tillgång på viktiga kemikalier för rening						
	Reningsteknik exempelvis membranfiltrering						
	Vattendomar (för att utöka råvattentillgångar)						
	Tillgänglig mark						

Militär aktivitet (nutida som påverkar tillgänglig mark)							
Militär aktivitet (historisk kopplat till förorenade områden)							
Militär aktivitet (framtida tillgänglig mark)							
Markanvändning							
Retentatvatten (reningstekniker som leder till ökade biprodukter)							
Bristande råvattenkvalitet							
Punktutsläpp	<i>Exogen/ endogen</i>	<i>Föroreningsrisk</i>					
Diffusa föroreningar							
Olyckor vid vattenverken							
Latenta konflikter (konflikt som uppkommer mellan geografiska områden på grund av vattenbrist)	<i>Exogen</i>	<i>Politiska och sociala risker</i>					
Opinion (emot exempelvis ianspråktagande av mark för tekniska system)							
Olyckor som orsakar förorening av vattensystemet	<i>Exogen/ endogen</i>	<i>Olyckor</i>					
Olyckor vid brunnar och brunnsområden							
Olyckor i distributionssystemet							
Olyckor knutet till råvattenledningar							

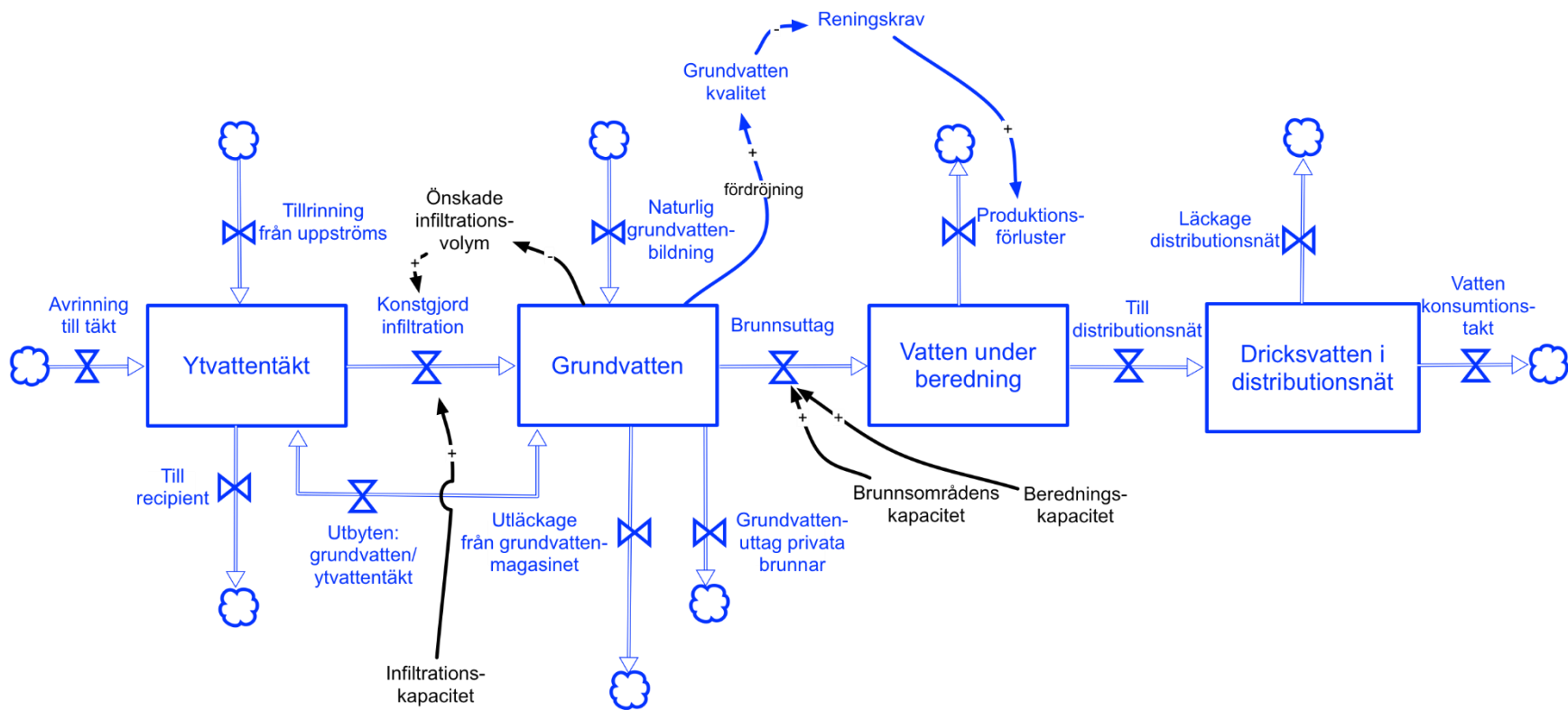
	Olyckor i underhållsarbete						
	Olyckor kopplat till IT						
	Elavbrott						
	Beslutsfattande: att beslut inte tas eller tas för sent	<i>Endogen</i>	<i>Organisatoriska risker</i>				
	Stora kostnader/ investeringskostnader						
	Utredningsarbete (för mycket, för lite)						
	Förskjutna tidsplaner	<i>Endogen/ exogen</i>	<i>Organisatoriska risker Institutionella risker</i>				
	Dricksvattenkonsumentens organisatoriska kapacitet						
	Tillståndsansökningar (vattendomar)						
	Organisatoriska stuprör	<i>Endogen</i>	<i>Organisatoriska risker</i>				
	IT-attacker		<i>Antagonistiska hot</i>				
	Terrorhot						
	Sabotage						
	Hot från annan stat						
	Krig						
	Sidoskador						
	Corona/pandemi		<i>Svarta/"grå" svanar</i>				
	Nya föroreningar (okända föroreningar som hittas)						
	Nya stora dricksvattenkonsumenter						

Bilaga B. Systemmodeller

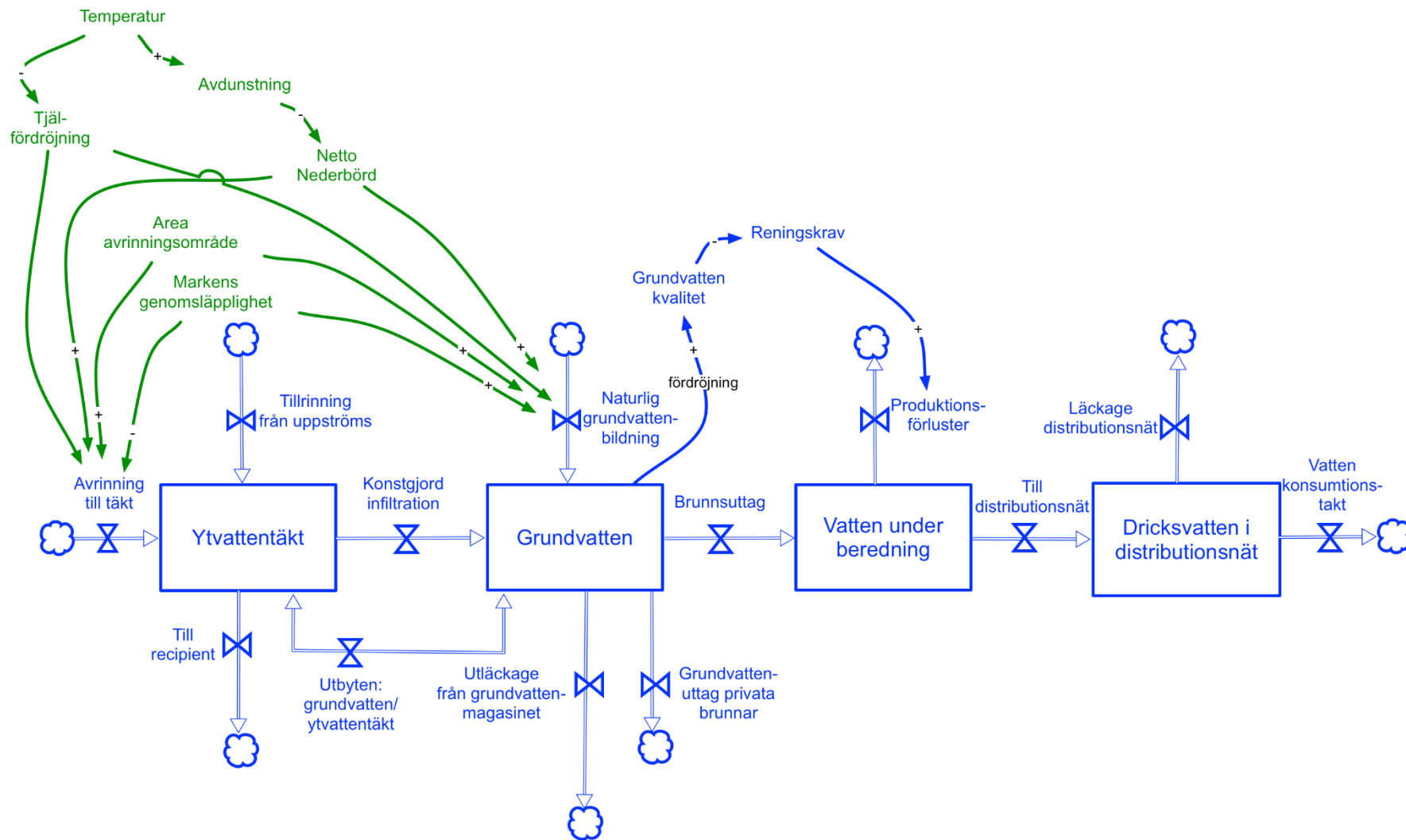
I denna bilaga exemplifieras hur ett dricksvattensystem kan representeras och modelleras med Stock and Flow Diagrams (SFD:s). Modellerna har hög abstraktionsnivå och låg detaljeringsnivå, där olika systemdelar är aggregerade för att få en schematisk översikt över systemet (figur a-g). Modellerna kan vara både kvalitativa och kvantitativa. Dessa schematiska modeller kan fungera som inspiration för att arbeta med risk- och systemanalys i dricksvattenförsörjning, men behöver såklart omarbetas och anpassas till lokala förhållanden som ju skiljer sig vida mellan olika dricksvattenproducenter.



Figur a. Grundläggande aggregerad modell (SFD) över ett produktions- och distributionssystem inklusive kvalitetsreglerande faktorer (mörkblåa pilar).

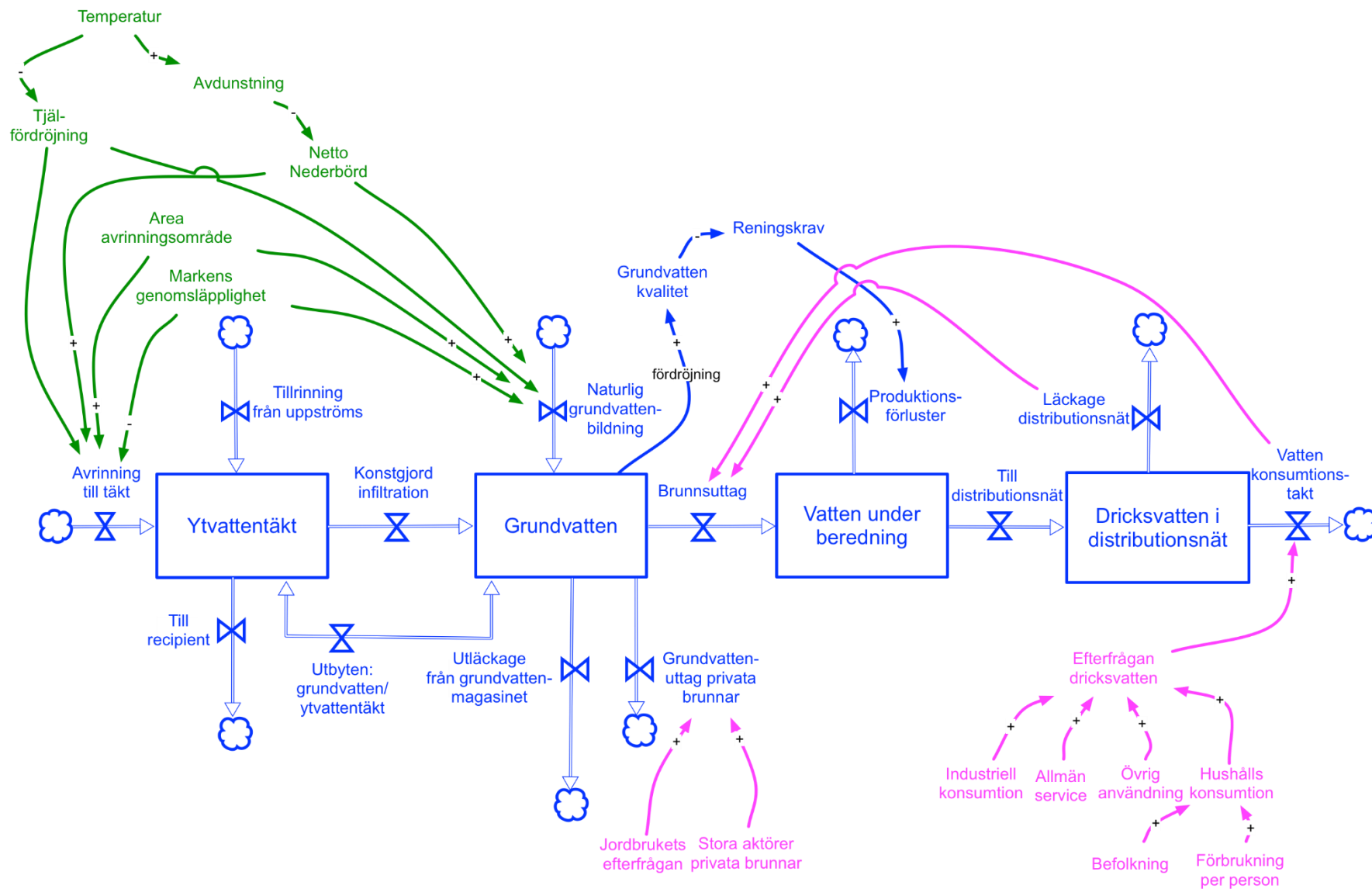


Figur b. SFD över ett produktions- och distributionssystem inklusive kapacitetsreglerande faktorer (svart).

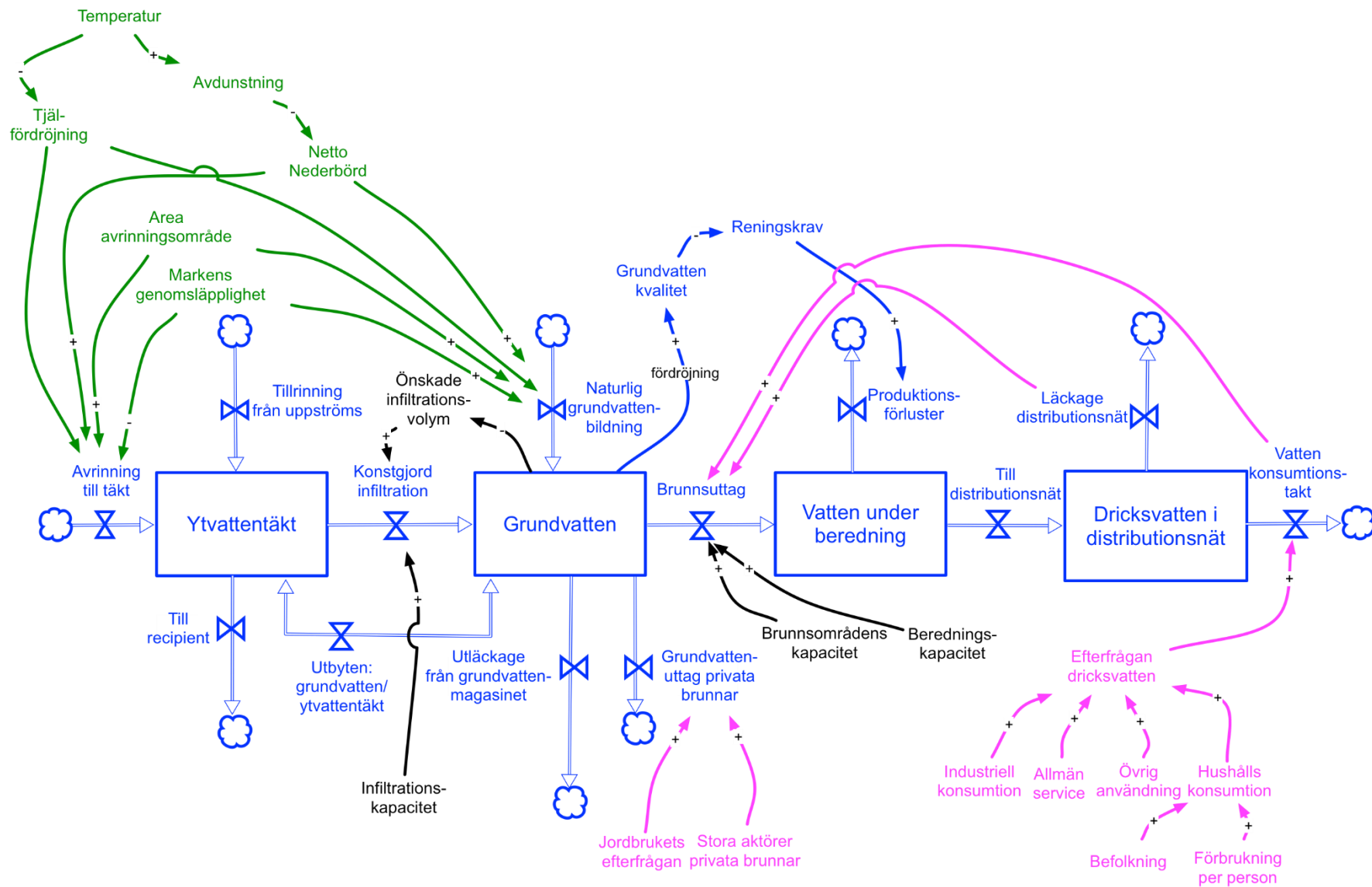


Figur c. SFD inklusive subsystem med biofysiska faktorer som genererar råvatten (grönt).

Risk- och systemanalys för en tryggad dricksvattenförsörjning - Handledning

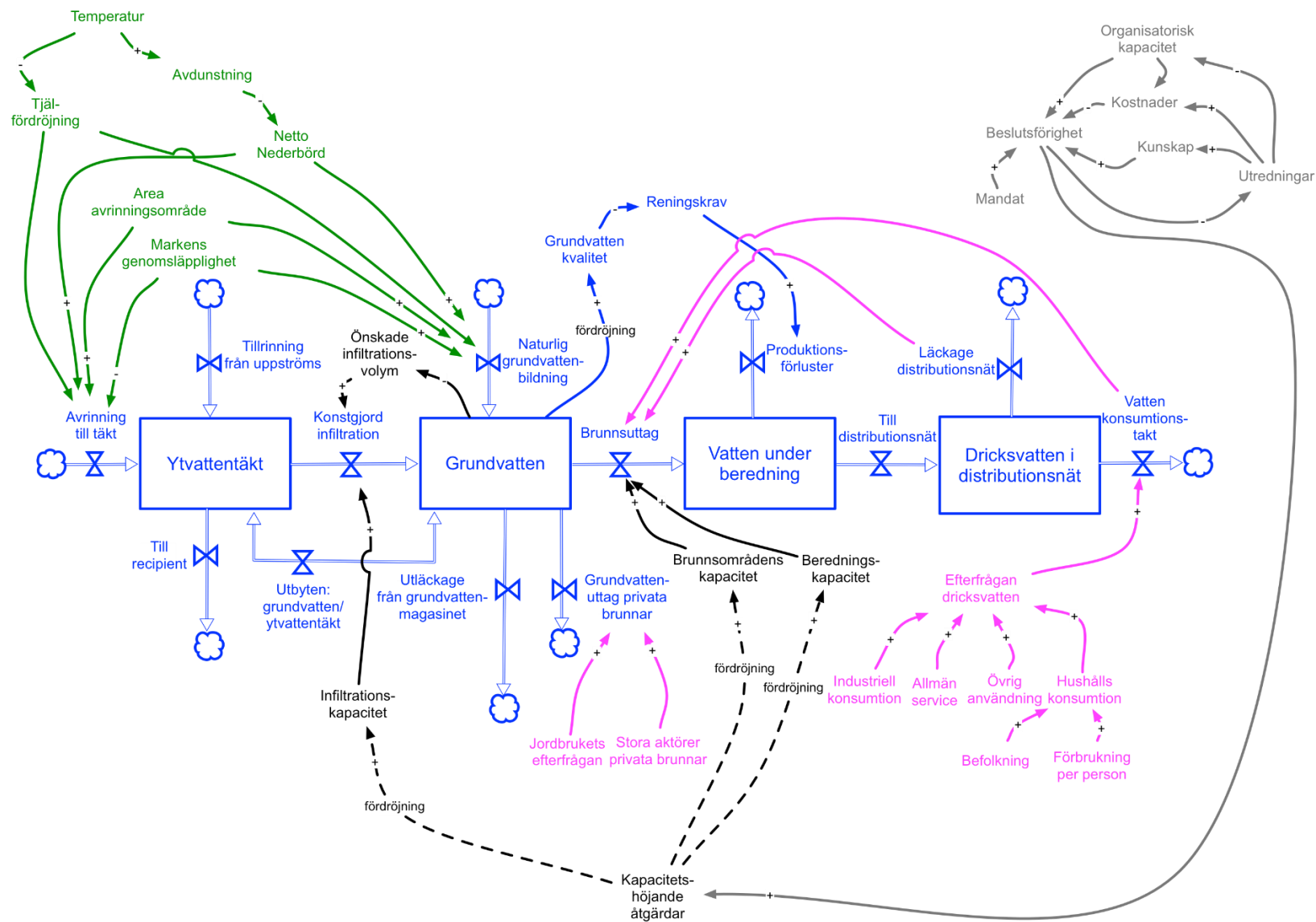


Figur d. SFD inklusive subsystem med biofysiska faktorer som genererar råvatten (grönt) och konsumtionsreglerande faktorer som driver efterfrågan (rosa).



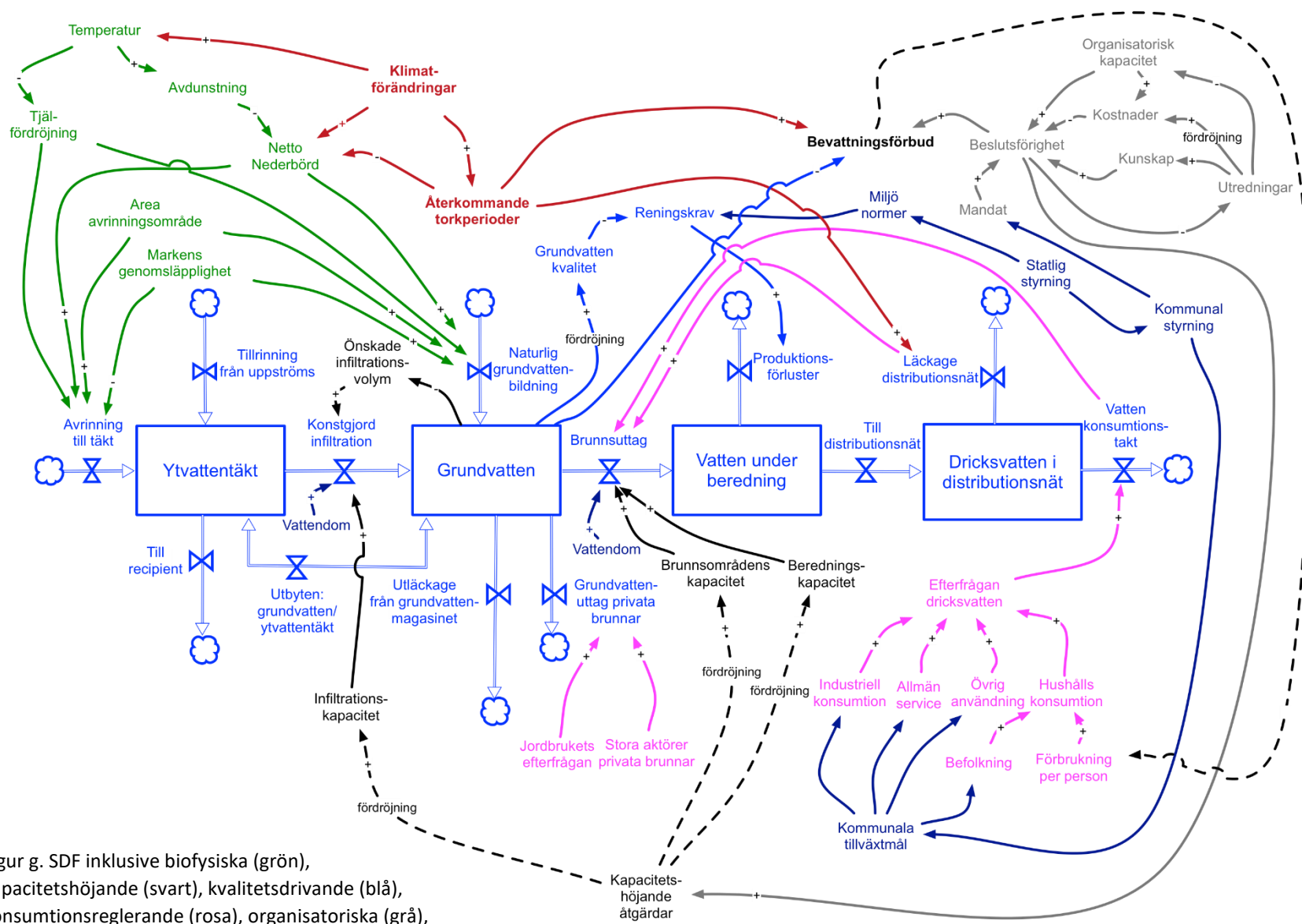
Figur e. SDF inklusive biofysiska faktorer (grönt), kapacitetshöjande faktorer (svart), kvalitetsdrivande faktorer (blå) samt konsumtionsreglerande faktorer (rosa).

Risk- och systemanalys för en tryggad dricksvattenförsörjning - Handledning



Figur f. SDF inklusive biofysiska (grön), kapacitetshöjande (svart), kvalitetsdrivande (blå), konsumtionsreglerande (rosa) samt organisatoriska faktorer (grått).

Risk- och systemanalys för en trygg dricksvattenförsörjning - Handledning



Figur g. SDF inklusive biofysiska (grön), kapacitetshöjande (svart), kvalitetsdrivande (blå), konsumtionsreglerande (rosa), organisatoriska (grå), institutionella (mörkblå) faktorer, samt risker (rött).



Uppsala Vatten och Avfall AB
Box 1444, 751 44 Uppsala
<https://www.upsalavatten.se/>



Norconsult AB
Hantverkargatan 5K, 112 21 Stockholm
<https://www.norconsult.se/>