

Resiliens inom dricksvattenområdet ur ett beredskaps- och beroendeperspektiv

Jakob Jungestad | Avdelningen för riskanalys och samhällssäkerhet
| LTH | Lunds universitet



Resiliens inom dricksvattenområdet ur ett beredskaps- och beroendeperspektiv

Jakob Jungestad

Lund 2023

Resilience within the drinking water system from a preparedness and dependency perspective

Jakob Jungestad

Number of pages: 55

Illustrations: 12

Keywords

Critical infrastructure, Resilience, Robustness, Redundancy, Drinking water, Drinking water infrastructure, Vulnerability, Preparedness, Civil defense, Preparedness, Dependencies, Risk, Network theory, Water distribution system, Sweden.

Abstract

The drinking water infrastructure is among our most critical infrastructures and hence it is important for society to secure. Today, there is a lot of critical infrastructures that are dependent on different conditions to uphold its functionality. These critical infrastructures are often interdependent as well. This Master Thesis aims to examine how the preparedness within the Swedish drinking water infrastructure is progressing, which is done by answering three questions. How is the drinking water infrastructure dependent of other critical infrastructures? How can the effects of these dependencies be quantitatively analyzed with regard to the resilience within the drinking water sector? What is done today and what needs are there in order to minimize the vulnerabilities linked to the identified dependencies?

To obtain this information, an interview study and a simulation study was performed. It appeared that the top dependencies within the drinking water sector is electricity, personnel, telecommunication and transports of purification chemicals and spare parts. In a situation where the electricity supply is lapsing, transports of fuel to the back-up generators are needed. From the simulations and modeling it appeared that electricity was affecting the system the most. Neither the telecommunication, personnel supply nor the transports affected the system to that magnitude which may prove the high redundancy that exists in the drinking water network. While it was clear to the sector how the top dependencies behaved, indications showed that synergistic effects and cascading events may need to be examined further.

© Copyright: Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering
Lund University, Lund 2023

Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet,
Lund 2023.

Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

<http://www.risk.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Risk Management and Societal Safety
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

<http://www.risk.lth.se>

Telephone: +46 46 222 73 60

Sammanfattning

Dricksvatten är det mest fundamentala för att en människa ska kunna leva. Detta gör att det är viktigt för samhället att säkra denna försörjning då ett omfattande avbrott skulle få stora följder. I dagens samhälle finns det ett antal kritiska infrastrukturer som dessutom ofta är beroende av varandra för att kunna upprätthålla sin funktion. Dricksvattenförsörjningen är en av dem.

Efter Rysslands annektering av Krim som kraftigt försämrade säkerhetsläget i Sveriges när-område, har det beslutats att det svenska civilförsvaret återigen ska rustas upp. Som en del av detta ska beredskapen inom VA-sektorn höjas för att öka dricksvattenförsörjningens robusthet. Med denna bakgrund syftar detta examensarbete till att belysa hur beroenden och beredskapen inom den svenska dricksvattenförsörjningen ser ut. Detta har gjorts genom följande frågeställningar:

- Hur är dricksvattenförsörjningen beroende av andra kritiska infrastrukturer/samhällsviktiga verksamheter?
- Hur kan effekterna av dessa beroenden analyseras kvantitativt avseende vattenförsörjningens tillförlitlighet?
- Vad görs i nuläget och vilka behov finns det för att minska sårbarheterna kopplade till de identifierade beroendena ur ett beredskapsperspektiv?

För att kunna adressera ovan frågor har tre metoder använts. Inledningsvis genomfördes en litteraturstudie av både akademiska artiklar och myndighetsrapporter. Därefter genomfördes en intervjustudie med fem olika organisationer inom VA-sektorn, nämligen VA SYD, NSVA, Sydvatten, Livsmedelsverket samt Svenskt Vatten. Även MSB intervjuades för att få ett kompletterande kris- och beredskapsperspektiv. Från intervjuerna framkom det att de tydligaste beroendena som dricksvattensektorn har är el, personal, telekommunikation samt transporter av reningskemikalier och reservdelar. I en situation där elförsörjningen är utslagen behövs även transporter med drivmedel till reservgeneratorerna. Slutligen genomfördes en beroendeanalys av de fyra förstnämnda beroendena för att möjliggöra kvantitativa uppskattningar av effekterna. Detta för att möta ett behov som VA-bolagen hade angående att kunna bedöma konsekvenser kopplade till olika typer av beroenden.

Från intervjuerna framkom det att respondenterna verkar ha en god uppfattning om vilka beroenden som finns riktade mot dricksvattenförsörjningen. Dock tenderade respondenter-

na att analysera och hantera ett beroende i taget. Detta kan indikera att det inom branschen finns ett behov av att utöka förståelsen gällande scenarier där flera beroenden faller bort samtidigt. Samma trend märktes i litteraturen där beroenden också överlag behandlades individuellt. Eventuella synergieffekter upplevdes inte som undersökta med undantag för bortfall av både telekommunikation och personal. Även vad gäller kaskadeffekter, där en utslagen infrastruktur leder till fler utslagna infrastrukturer, kan det inom branschen finnas ett behov av för vidare utforskning och analyser. Ett tydligt exempel på detta är elförsörjningen som, förutom att slå ut vattenverk och pumpar, också kan orsaka bortfall i telekommunikationen samt påverka bensinstationernas pumpar så att drivmedel inte längre kan distribueras ut. Det sistnämnda skulle i så fall påverka de transporter med kemikalier, reservdelar samt drivmedel till reservkraften som dricksvattensektorn är beroende av.

Beroendena påverkar dricksvattenförsörjningen på olika sätt. Elförsörjning kan anses vara det mest essentiella, då det förutom begränsad reservkraft inte finns någon alternativ lösning. Det går inte att köra systemet utan elektricitet. Beroendet till telekommunikationen är mindre kritiskt men det gör systemet mindre uthålligt och ökar personalberoendet betydligt. Det går även i hög grad att upprätthålla dricksvattenförsörjningen med en reducerad personalstyrka, tack vare den autonomitet och redundans som finns i systemet. Kemikalier används framförallt i reningsverken. Vissa går att klara sig utan medan andra är essentiella, varför effekterna av ett kemikaliebortfall varierar stort beroende på vilken kemikalie det handlar om. Reservdelar går ofta också att klara sig utan under en begränsad tid tack vare redundansen i exempelvis ledningsnät och kritiska pumpar.

För att minska sårbarheterna arbetar branschen kontinuerligt med att ta fram beredskapsplaner och identifiera hotbilder. I det scenario där distributionen av dricksvatten havererar och en stadsdel eller ett mindre geografiskt område blir utan vatten, har VA-bolagen ofta en nödvattenplan. Dessa nödvattenplaner, och de nödvattenresurser som finns, är dock högst begränsade till fredstida kriser i dagsläget. Detta är något som många VA-bolag är medvetna om och arbetar för att förbättra.

Beroendeanalysen möjliggjorde systematiska analyser av effekterna av beroenden för försörjningsförmågan, vilket är svårt att åstadkomma enbart genom expertbedömningar givet komplexitetsgraden. Denna ansats applicerades sedan för ett specifikt vattendistributionsystem. Från resultaten framgick det tydligt att elförsörjning påverkade systemet i störst utsträckning. För det undersöka dricksvattensystemet fanns det en tröskel för när detta beroende blir kritiskt, då det finns en stor överkapacitet i systemet. När denna tröskel dock passerats orsakade bristen på el stora störningar. Vare sig beroendet till telekommunikation, personal eller transporter påverkade systemet i den omfattningen, vilket påvisar den autonomitet och redundans som finns i dricksvattensystemet för dessa beroenden.

Trots att kunskap om beroenden samt behovet av ökad beredskap existerar inom VA-branschen, finns det fortsatt ett behov av att kunna analysera effekterna av beroenden och beredskaps-höjande åtgärder för att säkerställa en resilient dricksvattenförsörjning under olika hotbilder. Föreliggande examensarbete är ett viktigt bidrag mot detta.

Summary

Drinking water is the most fundamental resource a human need in order to survive. Hence it is important for the society to secure this supply since a lack of water would result in severe consequences. In society today, there is a lot of critical infrastructures that are dependent on each other in order to function properly. The drinking water infrastructure is one of them.

After the Russian annexation of Crimea, which badly worsened the security in Sweden's nearby geographical sphere, decisions were made to rebuild the civil defense. As a part in this, the preparedness within the drinking water sector will be improved to increase its robustness. With this background, this Master Thesis aims to examine how the preparedness within the Swedish drinking water infrastructure is progressing. This is done based on the following questions:

- How is the drinking water infrastructure dependent of other critical infrastructures?
- How can the effects of these dependencies be quantitatively analyzed with regard to the resilience within the drinking water sector?
- What is done today and what needs are there in order to minimize the vulnerabilities linked to the identified dependencies from a preparedness perspective?

To be able to address these questions, three different methods was used. Firstly, a literature study was carried out by studying both academic literature and authority reports. Secondly, an interview study with five different actors within the drinking water sector was made, namely VA SYD, NSVA, Sydsvatten, Livsmedelsverket and Svenskt Vatten. Furthermore, the Swedish Civil Contingencies Agency, MSB was interviewed in order to gain a wider crisis and preparedness perspective. From the interviews it was brought to attention that the top dependencies within the drinking water sector is electricity, personnel, telecommunication and transports of purification chemicals and spare parts. In a situation where the electricity supply is eliminated, transports of fuel to the back-up generators are needed. Finally, the first four dependencies were modelled and simulated to enable quantitative estimates about the dependencies. This aimed to address the needs of being able to assess the consequences linked to lapses of dependencies.

From the interview, it was experienced that the respondents had a good idea which resources the sector is dependent upon. However, most of the time the respondents would rather

focus on one dependency at a time. This might indicate that there is a need within the sector to expand the understanding regarding scenarios where more than one dependency has failed to deliver. The same trend could be seen in the literature since the dependencies were handled individually. Any synergistic effects were experienced as not examined with a few exceptions such as the lapse of both the telecommunication and personnel. Also, the effects of cascading events, where the lapse of one infrastructure leads to the lapse of several, could be required to analyze further within the sector. A clear example of this is the lapse of the electricity supply, which not only forces the water plants and pumps to go offline, but also causes the lapse of the telecommunication and the pumps at the gas station. In this scenario, no fuel can be distributed to the back-up generators since the trucks would lack gasoline.

The dependencies affect the drinking water supply in different ways. Electricity is the most essential dependency since there are no alternative way to run the system. The telecommunication can lapse without the system falling apart but will require an increased amount of personnel. The endurance would also decrease. A reduced staff is also manageable, but only during a shorter period of time. This has to do with the high redundancy that exists in the pump units. Chemicals is mainly used in the water plants, some of them is not essential for the water to be drinkable while others are highly important. This causes a lapse in chemical transportation to be highly dependent on which chemical that is lacking. The system can often cope with a lapse of spare parts under a limited time due to its redundancy within the pipe network and the pump units.

The sector is continuously working on preparedness plans and on identifying threats in order to reduce its vulnerabilities. In a scenario where the distribution of water is offline and a district or smaller geographical area are lacking this essential resource, the drinking water companies often has an emergency plan to ensure that everyone has access to drinking water. These emergency water plans, and the equipment linked to these, are limited to just handling a crisis situation in times of peace though. This is something the drinking water companies are well aware of and currently is working to improve.

The modelling and simulation study enables systematic analysis of the effects of dependencies on the ability to supply, which is hard to accomplish by only expert assessments given the level of complexity. This approach was applied on a specific distribution system. From the results it clearly showed that electricity was affecting the system the most. For the examined drinking water system, there was a threshold since there is an overcapacity in the network. When this threshold was passed however, the lack of water supply caused big interferences. Neither the telecommunication, personnel nor transports affected the system to that magnitude which may prove the high autonomy and redundancy that exists in the drinking water system for these dependencies.

Despite knowledge about the dependencies within the sector and the need of an enlarged preparedness, there is further needs of being able to analyze the effects of dependencies and preparedness raising measures to ensure a resilient drinking water supply under various threat scenarios. The presented thesis is an important contribution towards this.

Förord

Jag skulle vilja rikta ett stort tack till min handledare Jonas Johansson som väglett mig genom arbetet och gett mig värdefulla insikter längs vägen. Inte minst vill jag tacka för all hjälp som jag fick i början med att strukturera upp frågeställningar och måldokument samt den hjälp som jag fått med MATLAB.

Jag vill även tacka de företrädare för VA SYD, NSVA, Sydvatten, Livsmedelsverket, MSB samt Svenskt Vatten som velat ställa upp på intervjuer och möjliggjort detta arbete. Jag vill dessutom rikta ett extra stort tack till VA SYD för att ni varit extra dragande i processen och kunnat agera bollplank för de idéer som sedan mynnande ut i detta arbete.

Slutligen vill jag tacka mina klasskompisar som alltid funnits där och som jag spenderat oräkneliga timmar med i ett av Kemicentrums grupprum. Många tunga tentaperioder har vi kunnat skratta oss igenom.

Innehåll

Sammanfattning	IV
Summary	VII
Förord	X
Innehåll	XII
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Samspelet mellan VA SYD, NSVA och Sydvatten	3
1.3 Syfte och frågeställningar	3
1.4 Avgränsningar	4
2 Teoretiska utgångspunkter	5
2.1 Risk och sårbarhet	5
2.1.1 Definitionen av risk	5
2.1.2 Definitionen av sårbarhet	6
2.2 Resiliens, robusthet, redundans och tillförlitlighet	6
2.3 Kritiska infrastrukturer och beroenden	7
2.3.1 Dricksvatten som kritisk infrastruktur	8
2.3.2 Beroenden	8
2.4 Infrastrukturer som nätverk	9
3 Dricksvattenförsörjningens beroenden	10
3.1 Beroenden och sårbarheter	10
3.2 Behovet av tvärspektoriell samverkan	12
3.3 Beroendet av kemikalier	12
3.4 Hotet från klimatförändringen	13
4 Metod	14
4.1 Metod för intervjustudien	14
4.2 Metod för beroendeanalysen	14
4.3 Beroendeanalysens giltighet	16

5	Intervjustudien	18
5.1	VA-organisationernas beredskapsarbete	18
5.2	Incitament	19
5.2.1	Ekonomi	19
5.2.2	Resurser	20
5.3	Beredskap i omvärlden	20
5.4	Nödvatten	21
5.5	Dricksvattensektorns beroenden	22
5.5.1	Elförsörjning	23
5.5.2	Kemikalier	23
5.5.3	Transport och reservdelar	24
5.5.4	Personal	25
5.5.5	Telekommunikation	25
5.6	Nära ögat-händelser och större beroendekedjor inom dricksvattenförsörjningen	26
5.7	VA-sektorns aktualitet	27
6	Resultat beroendeanalys	28
6.1	Normalscenario	30
6.2	Utslagen vattentillförsel	31
6.3	Förlängd reparationstid	33
6.4	Utslagen vattentillförsel och förlängd reparationstid	37
7	Diskussion	40
7.1	Beroenden och kaskadeffekter	40
7.2	VA-organisationens beredskapsarbete	41
7.2.1	VA-sektorns aktualitet	41
7.3	Slutsatser från beroendeanalysen	42
7.4	Styrkor och svagheter med intervjustudien	43
7.5	Styrkor och svagheter beroendeanalysen	44
7.6	Fortsatta undersökningar	44
8	Slutsatser	46
	Litteratur	49
A	Frågeformulär	A1
B	Matlabkod	B1

1 Inledning

Den brittiske poeten W.H. Auden uttryckte vid ett tillfälle att ”Tusentals har levt utan kärlek, men inte en enda har levt utan vatten” (Auden, 1957). Detta sammanfattar väldigt tydligt hur beroende vi människor är av att ha en säker och tillförlitlig dricksvattenförsörjning. Då dricksvatten är så fundamentalt för vår överlevnad är det inte särskilt konstigt att människor i alla tider kämpat för att tillse att försörjningen av dricksvatten är tryggad (Gleick, 1993). Sett ur ett omvänt perspektiv har det alltid funnits skäl till att störa rivaliserande nationers dricksvattentillgång eftersom detta snabbt kan skapa stora problem i samhället (ibid). Även om det historiskt sett förekommit exempel där vattentäkter, ofta brunnar, förgiftats eller där vatten letts om för att strypa tillgången för andra, har detta för det mesta haft en väldigt lokal påverkan (Kreamer, u. å). I dagens samhälle skulle en potentiell attack mot en dricksvattendistributör eller förgiftning av en vattentäkt istället drabba långt fler. Dessutom är dricksvattenförsörjningen som kritisk infrastruktur beroende av en mängd andra samhällsviktiga verksamheter och infrastrukturer, däribland el, transporter och telekommunikation. I en tid där individen möjligen inte har de bästa förutsättningarna att klara sig på egen hand i naturen skulle konsekvenserna av omfattande avbrott kunna bli ödesdigra. Följaktligen är det av yttersta vikt att kunna skydda försörjningen av dricksvatten i samhället, vilket i Sverige aktualiserats på senare tid i och med det försämrade omvärldsläget i både Europa och världen.

Detta examensarbete kartlägger och analyserar de beroenden som kan kopplas till den svenska dricksvattenförsörjningen, samt de svårigheter som finns med att bygga upp ett solitt civilt försvar inom området. Tre dricksvattenaktörer i södra Sverige har intervjuats: VA SYD, NSVA och Sydvatten. Även Livsmedelsverket och MSB, som är beredskapsmyndigheter, samt Svenskt Vatten som är branschorganisation inom området, intervjuades. Vidare applicerades en beroendeanalys på ett specifikt vattendistributionsnät. Detta för att exemplifiera hur systematiska och fördjupade analyser av effekterna av olika typer av beroenden för försörjningsförmågan av dricksvatten kan genomföras.

1.1 Bakgrund

För att få en förståelse för hur synen på dricksvattenorganisationens beredskap har förändrats de senaste 15 åren följer här en kortare tillbakablick. År 2008 gav Riksrevisionen ut en rapport som fastslog att det fanns en ökande sårbarhet i personalsituationen inom VA-området

samt i vissa fall en riskabel situation vad gäller reservvatten. Riksrevisionen menade att förutsättningarna för stora kommuner att klara en allvarlig kris kopplat till dricksvattenförsörjning var begränsade (Riksrevisionen, 2008).

Bakgrunden till Riksrevisionens undersökning var att staden Nokia i Finland år 2007 fått otjänligt dricksvatten sedan avloppsvatten trängt in i ledningarna. Förutom att tusentals insjuknade, varav hundratals fick läggas in på sjukhus, övergav en stor del av befolkningen staden. Flertalet veckor efter upptäckten av det förorenade dricksvattnet arbetade myndigheterna fortfarande med att säkra trygga vattenleveranser (Riksrevisionen, 2008). Staden som drabbades hade endast omkring 35 000 invånare vid tidpunkten, men det som uppmärksammades i Riksrevisionens rapport var att en liknande händelse i en kommun av Stockholms eller Göteborgs storlek skulle få avsevärt större konsekvenser (ibid).

Rysslands annektering av Krim 2014 markerade en dramatisk försämring av säkerhetsläget i Europa. I den försvarsproposition som fastslogs av Sveriges riksdag året därpå, framgick det att planeringen av totalförsvaret skulle återupptas (Försvarshögskolan, 2022; Sveriges riksdag, 2015). Av denna proposition framkom det också att aktörer nu bör planera för händelser över hela hotskalan, från fredstida kriser till gråzonsproblematik och krig (Proposition 2014/15:109, 2015). Även utredningar gjorda av MSB redogör att förmågan för att möta och hantera dessa scenarion behöver öka, inte minst inom dricksvattenförsörjningen (MSB, 2019). I den nästkommande försvarspropositionen från 2020, utökades tydligheten med det civila försvaret och ett avsnitt direkt riktat mot livsmedel och dricksvatten fanns med (Proposition 2020/21:30, 2020). Det mest konkreta som försvarsberedningen tryckte på genom propositionen var att försörjningsberedskapen skulle utökas till minst tre månader för samhällsviktiga verksamheter, detta gäller inte minst för dricksvattensektorn (ibid).

Delvis till följd av det återupptagna arbetet med totalförsvaret har Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap ändrat definitionen för samhällsviktig verksamhet i syfte att skapa en ökad tydlighet och samsyn mellan aktörer så att dessa lättare ska kunna interagera i frågor som berör krisberedskap och civilt försvar. Dessutom anpassades begreppet för att i högre grad kunna relateras till internationella arbeten inom området kritisk infrastruktur (critical infrastructure) (MSB, 2020). Speciellt EU-direktivet European Critical Infrastructure Protection (EPCIP) från 2008 (EU-direktiv 2008/114/EG, 2008), som nyligen har ersatts av EU-direktivet Critical Entities Resilience (Europarådet, 2022; Europeiska kommissionen 2020/0365, 2020), är den nya definitionen tänkt att vara samstämmig med.

1.2 Samspelet mellan VA SYD, NSVA och Sydvatten

Intervjuerna genomfördes med VA-aktörer som är verksamma i västra Skåne. Vilka ansvar och krav en VA-aktör har, samt samspelet mellan VA SYD, NSVA och Sydvatten, beskrivs nedan.

Dricksvattenförsörjning är ett kommunalt ansvar som är reglerat i vattentjänstlagen (Svenskt Vatten, 2023). Alltså blir utgångsläget att varje kommun ser till sin egen dricksvattenförsörjning, där både produktion och distribution ingår, och så ser det ut på de flesta platserna i Sverige (Livsmedelsverket, 2021b). I västra Skåne är situationen däremot något annorlunda överlag. Här insågs det nämligen tidigt att det inte fanns tillräcklig stora vattentäkter inom de olika kommunerna för att försörja den växande befolkningen och konsekvensen blev att flera kommuner gick ihop och bildade Sydvatten för att på så sätt skapa en starkare aktör som kunde få igenom byggandet av Bolmentunneln (Sydvatten, 2015). Detta säkrade dricksvattenförsörjningen till regionen och idag har antalet delägande kommuner ökat från fem till sju. Antalet personer som Sydvatten producerar dricksvatten till uppgår till ungefär en miljon människor. Detta gör organisationen till en av de största i Sverige inom området. Sydvatten svarar dock bara för produktionen av dricksvattnet, och distribuerar inte något sådant. Istället finns organisationer som VA SYD och NSVA, men även andra kommuners egna VA-verksamheter som köper in dricksvattnet och ser till så att det distribueras ut till samtliga abonnenter (ibid). VA SYD, som ägs av kommunerna Burlöv, Eslöv, Lomma, Lund och Malmö, distribuerar vatten till ungefär 500 000 människor. NSVA, som ägs av kommunerna Bjuv, Båstad, Helsingborg, Landskrona, Perstorp, Svalöv, Åstorp och Örskällunga, distribuerar till ungefär 250 000 människor (VA SYD, 2022; NSVA, u. å). Både VA SYD och NSVA är stora aktörer med svenska mått mätt, där VA SYD till och med är en av de största VA-aktörerna i Sverige (VA SYD, 2023).

1.3 Syfte och frågeställningar

I detta examensarbete kommer en bred syn på dricksvattenförsörjningen att tas med fokus på att kartlägga de kritiska beroenden som är kopplade till upprätthållandet av funktionen samt beredskapsfrågor kopplat till detta. Målet med arbetet är att belysa hur, och i vilken grad, beroenden för samhällets dricksvattenförsörjning yttrar sig samt att bidra med ett mer holistiskt synsätt på hur dessa beroenden kan påverka dricksvattenförsörjningen. Frågeställningarna som ämnas besvaras i detta arbete är:

- Hur är dricksvattenförsörjningen beroende av andra kritiska infrastrukturer/samhällsviktiga verksamheter?
- Hur kan effekterna av dessa beroenden analyseras kvantitativt avseende vattenförsörjningens tillförlitlighet?
- Vad görs i nuläget och vilka behov finns det för att minska sårbarheterna kopplade till de identifierade beroendena ur ett beredskapsperspektiv?

1.4 Avgränsningar

Detta arbete riktar sitt fokus mot beroenden kopplade till dricksvattenförsörjningen och det beredskapsarbete som bedrivs inom VA-sektorn. Vidden av ämnet, i kombination med den begränsade omfattningen, i tid och djup, som är rimligt för ett examensarbete, har gjort att avgränsningar behövt göras. Arbetet har riktat sig mot dricksvattensektorns beroenden, vilket gjort att samhällsfunktioner som är beroende av dricksvatten, däribland avloppssystem och fjärrvärme (MSB, 2009), ej har studerats. Arbetet har fokuserat på de beroenden som angetts av VA-bolagen, såsom elförsörjning, personalförsörjning, telekommunikation och transporter av kemikalier, reservdelar samt drivmedel till reservkraften. Vattentäkter, där råvatten utvinns till vattenverken, har även till stor del lämnats utanför denna studie. Det har även de laboratorier där vattenkvaliteten kan testas för att säkerställa att det inkommande råvattnet inte är förorenat eller att det utgående dricksvattnet håller tillräckligt bra kvalitet. För en rimlig omfattning av intervjustudien var det inte möjligt att intervjua alla VA-bolag i hela Sverige (över 100 stycken), utan istället valdes tre stycken ut i västra Skåne. I beroendeanalysen har hänsyn endast tagits till själva distributionssystemet som finns i en medelstor svensk stad, anslutningen till vattenverket är inte medtagen i modellen. De kritiska infrastrukturer som dricksvattenförsörjningen är beroende av, såsom transportsystem, elnät och telekommunikation, har inte heller modellerats som egna system. Istället representeras dessa genom att ingångsparametrar i beroendeanalysen för vattendistributionsnätet ändrades. De resultat som erhöles i beroendeanalysen ska endast ses som trender och innehåller inte den exakthet att de går att översätta rakt av till verkligheten. Dock visar beroendeanalysen hur beroende kan tas hänsyn till i mer kvantitativa studier av dricksvattenssystems försörjningsförmåga under olika hotbilder.

2 Teoretiska utgångspunkter

I detta avsnitt kommer viktiga teoretiska aspekter att presenteras. Först definieras hur de centrala begreppen risk och sårbarhet används i rapporten. Sedan beskrivs begrepp som resiliens, robusthet, redundans och tillförlitlighet och hur de relaterar till risk- och sårbarhetsbegreppen. Vidare diskuteras kritiska infrastrukturer och vad ett beroende är inom detta arbetes kontext. Slutligen presenteras grunderna för den beroendeanalys, i form av nätverksteori, som tillämpades.

2.1 Risk och sårbarhet

2.1.1 Definitionen av risk

Risk kan beskrivas som en oönskad händelse där skada uppstår på något som av människan uppfattas som skyddsvärt. Därmed är risk starkt kopplade till människans värderingar (Tehler, 2015).

En vanlig definition av risk, som även används inom detta arbete, är risktripledden. Definitionen är uppbyggd av tre frågeställningar, där ett enskilt riskscenario behandlas åt gången. För ett givet system kan en riskbild fås för det specifika scenariot om samtliga tre frågor kan besvaras. De tre frågeställningarna lyder som följer (Kaplan och Garrick, 1981):

- Vad kan hända?
- Hur sannolikt är det?
- Vad blir konsekvensen om det händer?

När en riskbedömning ska göras krävs det att systemet avgränsas. Systemet bör utgöra de delar som bedöms vara relevanta och som ska skyddas, och detta måste ske innan frågorna ovan kan besvaras (Kaplan och Garrick, 1981).

Dessa frågor, kan besvaras med olika metoder (Aven och Renn, 2010). Inom detta arbete utfördes en litteraturstudie samt intervjuer med experter från branschen, för att bland annat kunna fastslå vilka hot och beroenden som ansågs vara relevanta och deras konsekvenser.

För riskanalyser är det viktigt att ha avgränsat arbetet då det annars finns oändligt många möjliga scenarier att ta ställning till (Kaplan och Garrick, 1981).

2.1.2 Definitionen av sårbarhet

Risk tenderar att fokusera på själva hotet eller faran, utan att ta hänsyn till systemets förmåga att anpassa sig eller svara på denna fara. Sårbarhet uppmärksammar istället systemet för att sedan sätta detta i en kontext mot den eventuella faran eller händelsen (McEntire, 2003). Begreppet kan definieras som känsligheten för avvikelser, som finns inom systemet (Aven och Renn, 2010). Sårbarhetsanalyser fokuserar därför på att identifiera svagheter i systemet, oberoende av hotbilden, vilket kan ses i kontrast till riskanalyser, som analyserar ett hot och den konsekvens som hotet kan orsaka (Johansson m. fl., 2013).

Att analysera sårbarheter kan göras på olika sätt, dels kan en övergripande analys göras där slumpmässiga utfallsrum analyseras för att belysa de sårbarheter som finns. Dels kan kritiska komponenter analyseras inom systemet, detta är en systematisk ansats som undersöker ett begränsat utfallsrum (Johansson m. fl., 2013). Inom detta arbete har den andra analysmetoden använts i störst utsträckning kopplat till studerande av effekterna av beroenden.

Den beredskap som byggs upp inom sektorn för dricksvatten har som syfte att försöka eliminera sårbarheter och dessa begrepp är därför tätt sammankopplade. Att ha en reducerad sårbarhet och att ha en ökad grundberedskap kan således till del sägas vara synonyma inom ramen för denna rapport.

2.2 Resiliens, robusthet, redundans och tillförlitlighet

Fyra begrepp som används i bredare bemärkelse i rapporten är resiliens, robusthet, redundans och tillförlitlighet. Dessa är i grunden separata begrepp men som kan kopplas till risk och sårbarhet. Resiliens brukar definieras av en motståndskraft som finns inom ett system och dess förmåga att stå emot yttre störningar. Det amerikanska departementet för inrikes säkerhet (Department of Homeland Security) definierar resiliens som ett systems förmåga att svara på, absorbera, anpassa sig till eller återhämta sig efter en störning (Petit m. fl., 2013). EU delar i stort sett samma definition, men inom ramen för kritisk infrastruktur, och lägger till att det också berör förmågan att förebygga, mildra och att skydda sig mot en störning (Europeiska kommissionen 2020/0365, 2020).

Robusthet är en egenskap som gör att ett system inte kan slås ut helt på grund av enskilda störningar, och kan därför till del sägas vara motsatsen till sårbarhet (Starossek och Haber-

land, 2011). Ett exempel på en robust komponent skulle kunna vara att ha en förstärkt pump installerad som klarar att arbeta med högre tryck än vad som behövs i normalfallet, och som bättre kan klara av oförutsedda förutsättningar.

Redundans kan definieras av att en struktur eller ett system tolererar att till del brytas ner utan att det påverkar dess funktion (Kanno och Ben-Haim, 2011). Ett redundant system är därmed ofta robust på systemnivå. För att knyta an till exemplet om robusthet kan en redundant lösning vara att placera flera pumpar istället, där varje pump är designad att enskild klara utmatningen av vatten. Skulle en pump sättas ur funktion finns det andra som kan täcka upp för den. För infrastrukturer handlar redundans oftast om att det finns alternativa vägar för flöden att gå om en väg slutar att fungera. Det kan exempelvis handla om olika matningsvägar för vatten som är dimensionerad att ta över vattendistributionen om ett rör brister.

Tillförlitligheten av en kritisk infrastruktur definieras som dess förmåga att upprätthålla sin funktion över tid, samtidigt som den utsätts för olika hot. På många sätt är tillförlitligheten synonym med definitionen av risk, eftersom den baseras på sannolikheter för olika händelser och identifierade negativa konsekvenser av dessa händelser (Johansson m. fl., 2013).

2.3 Kritiska infrastrukturer och beroenden

En kritisk infrastruktur (eng: Critical Infrastructure) är detsamma som en samhällsviktig verksamhet, vilket betyder att denna är nödvändig för att samhället ska fungera (MSB, 2020). Den definition som EU lagt fram menar att en kritisk infrastruktur refererar till en tillgång, en anläggning eller ett nätverk som är nödvändig för att tillhandahålla en essentiell produkt (Europeiska kommissionen 2020/0365, 2020). Alla verksamheter, oavsett om de är kritiska eller inte, kräver ett antal resurser för att kunna hållas igång. Skillnaden mellan en kritisk och en icke-kritisk verksamhet är att den kritiska behöver fungera över tid och ger upphov till omfattande samhällskonsekvenser om den slås ut. Således är det av yttersta vikt att de resurser som den kritiska infrastrukturen är beroende av kan tillhandahållas för att säkerställa dess funktion (Johansson och Hassel, 2010).

Problematiken med att hålla kritiska infrastrukturer i drift även under svårare förhållanden grundar sig i att de resurser som verksamheten är beroende av för att fungera, som ofta produceras eller genereras av andra kritiska infrastrukturer. Speciellt elförsörjningen är många andra kritiska infrastrukturer beroende av (Laugé m. fl., 2015; Fransson, 2023). Således tenderar kritiska infrastrukturer att vara tätt sammankopplade vilket ökar sårbarheten för kaskadeffekter (Laugé m. fl., 2015; Johansson m. fl., 2015).

2.3.1 Dricksvatten som kritisk infrastruktur

Dricksvattenförsörjning är föga överraskande definierad som en kritisk infrastruktur då vatten är något som ingen människa kan klara sig utan (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, u. å; MSB, 2021a). Följaktligen är det fundamentalt att denna kritiska infrastruktur fungerar i alla lägen. I kombination med ett försämrat omvärldsläge och en förändrad hotbild uppmanar därför Livsmedelsverket alla verksamhetsutövare att se över sina kritiska beroenden (Försvarshögskolan, 2022). Liksom övriga infrastrukturer har dricksvattenförsörjningen ett antal behov som måste tillgodoses för att leveransen av drickbart vatten, sett till både kvalitet och kvantitet, ska kunna ske. Till exempel är produktionen av rent dricksvatten bland annat beroende av leveranser av kemikalier samt att elförsörjningen upprätthålls (Försvarshögskolan, 2022; MSB, 2009). Systemet kommer således ha svårt att upprätthålla sin funktion om det sker bortfall av elförsörjningen (Guidotti m. fl., 2016; Öberg, 2011).

En fördel med dricksvattenförsörjningen är att den är lokal, därför tenderar störningar att endast påverka ett begränsat område och inte leda till nationell påverkan (Havs- och Vattenmyndigheten, 2018). För lokala distributionssystem har ledningsnäten ofta relativt stor redundans inbyggd (Öberg, 2011). Skulle ett rör brista någonstans kan dricksvattnet relativt enkelt ledas om. Utöver detta är vattenmängderna som distribueras ofta otroligt stora vilket gör att små doser av gifter eller bakterier, som av misstag tar sig in i systemet, snabbt späds ut. Dock är distributionssystemen sårbara mot riktade attacker som slår mot de mest känsliga noderna i nätverket (Öberg, 2011; Baecher, 2006).

2.3.2 Beroenden

En infrastruktur är sällan på egen hand att beaktas som komplex, istället kan det argumenteras att denna endast är komplicerad. Däremot om flera kritiska infrastrukturer undersöks tillsammans, och de har beroenden mellan sig, kan komplexiteten öka markant eftersom dessa då kan påverka varandra i flera olika dimensioner och över organisationsgränser. Något som kan skapa extra stora problem är de synergieffekter som riskerar att framkomma när flera komponenter, som enskilt normalt sett inte påverkar systemet, tillsammans får stora konsekvenser när de blir utslagna (Rinaldi m. fl., 2001; Johansson m. fl., 2015).

Beroenden (eng: dependencies) kan vara både direkta och indirekta, dessutom kan de vara ömsesidiga (eng: interdependencies) (Johansson och Hassel, 2010). Med ett direkt beroende menas att infrastruktur a är beroende av infrastruktur b för att fungera. Infrastruktur a kan dock vara indirekt beroende av infrastruktur c , om infrastruktur b är direkt beroende av c . Skulle infrastruktur c slås ut, kommer detta påverka infrastruktur b vilket i sin tur påverkar infrastruktur a . På detta sätt kan det lätt uppstå kaskadeffekter där infrastrukturer faller

en efter en vid en störning i en infrastruktur (MSB, 2009; Johansson och Hassel, 2010). Om infrastrukturerna a och b är ömsesidigt beroende av varandra, påverkas den ena av att den andra utsätts för störningar, oavsett vilken infrastruktur som störningen drabbar först (Johansson och Hassel, 2010).

2.4 Infrastrukturer som nätverk

I detta projekt har en modell inspirerad av nätverksteori använts som ett verktyg för att kunna dra slutsatser av hur olika beroenden påverkar dricksvattensystemet. Den kanske främsta fördelen med nätverksteori är att komplicerade system går att överblicka och analysera på ett enklare sätt. Nätverksteori lämpar sig särskilt bra vid modellering av kritiska infrastrukturer eftersom dessa nätverk tenderar att bli stora (Johansson och Hassel, 2010). Nätverksmodellen är uppbyggd av noder, som kan sägas vara lokala centrum som utför en viss funktion, och länkar, som representerar vägarna mellan noderna (ibid). I modellen förbinds oftast noderna med den snabbaste vägen, fågelvägen, trots att transportvägen mellan noderna i realiteten sällan är så rak. Hur många länkar en nod kan ha finns det i teorin ingen gräns för, men minst en länk bör finnas - annars kan noden inte kommunicera med systemet (Amaral och Ottino, 2004). Största antalet länkar som är möjliga styrs oftast av fysiska betingelser (till exempel hur många vägar som det är fysiskt möjligt att en rondell har). Det kan också tilläggas att antalet länkar en nod har till sig ofta avgör dess betydelse för nätverket. Är en nod sammankopplad med många andra noder kan den påverka samtliga vid en störning, detta kan jämföras med en knutpunkt i tågtrafiken.

I detta arbete lades även en funktionell modell för distributionssystemet av dricksvatten till den nätverksteoretiska modellen. Detta för att bättre kunna fånga systemets funktion vid olika former av störningar. Den funktionella modellen som användes inom detta arbete var en modell av typen supply-demand. Det innebar att det finns vissa noder där enheter med dricksvatten skapades (*supplynoder*), vilket kan symbolisera vattenverk eller för systemet viktiga pumpstationer. Sedan finns det andra noder dit enheterna med dricksvatten distribuerades och används (*demandnoder*), detta kan liknas vid abonnenter (Johansson, 2010). Den förenklade modellen som användes tog inte hänsyn till ledningskapacitet, och så länge det fanns en väg genom nätverket mellan behov av användning (*demandnod*) och kvarvarande försörjningsmöjligheter (*supplynod*) ansågs abonnenterna försörjda.

3 Dricksvattenförsörjningens beroenden

Initialt genomfördes en informationsinsamling genom litteratur för att skapa en förståelse för studieområdet samt vilken betydelse som dricksvattenförsörjning har för samhället i stort. Initiala hypoteser om vilka beroenden dricksvattensektorn har till andra sektorer utformades också. Informationen som samlades in användes till att skapa intervjufrågor till den intervjustudie som följde.

Inhämtandet av litteratur skedde utifrån en förenklad variant av scoping-study metodologi (Arksey och O'Malley, 2005). Vetenskapliga artiklar hittades genom en process där sökningar med nyckelord gjordes på Google Scholar. Nyckelorden följde teman som water, dependencies, critical infrastructure samt resilience och dessutom lades Sweden till i separata sökningar för att om möjligt kunna ta del av studier gjorda i Sverige eller som riktar sig mot svensk infrastruktur. En liknande sökning gjordes även med Google för att identifiera relevant policy och praktisk litteratur (t.ex. myndighetsrapporter) inom området. Strategin för att hitta denna litteratur var dock inte lika systematisk, utan skedde med riktade sökord i Google, genom tips från intervjupersoner eller genom omnämningar i redan granskad litteratur. Sökningarna genomfördes i huvudsak under november och december 2022 men kompletterades under januari. Det bör nämnas att sökningarna som är beskrivna ovan var semi-systematiska då mängden resultat på Google och Google Scholar gjorde att det inte fanns möjlighet att behandla allt material. Det gjordes en kvalitativ analys av rubrik, nyckelord och abstract av de första 20 listade träffarna i varje sökning för att försöka säkerställa att de absolut mest relevanta artiklarna togs med.

3.1 Beroenden och sårbarheter

Dricksvatten är inte bara essentiellt för människors liv och välmående, det utgör även en viktig resurs för många typer av verksamheter. Avbrott i vattenproduktionen riskerar alltså inte bara människors liv utan kan även få långtgående konsekvenser på ekonomin. Inte minst produktionen av livsmedel är beroende på att det finns tillgång till rent dricksvatten (Sjöstrand m. fl., 2021). De beroenden som främst brukar tillskrivas dricksvattensektorn är elektricitet, telekommunikation, personal och kemikalier (MSB, 2009). Utredningar som gjorts i närtid av Livsmedelsverket har slagit fast att det utöver MSB:s övergripande beskrivning av beroenden också krävs diesel till reservgeneratorer, laboratorieresurser för att kunna fastslå dricksvattnets kvalitet samt transporter i allmänhet (och inte bara för kemikalietrans-

port) (Livsmedelsverket, 2023). Vidare är distributionsnäten i en åldrande fas där de kan vara extra sårbara för både naturkatastrofer och antagonistiska hot (Assad m. fl., 2019). Dricksvattensektorn som infrastruktur är alltså beroende av andra infrastrukturer och skyddandet av dessa är fundamentalt för samhällets funktionalitet (Große, 2020). Att länder idag är tätt sammankopplade och att leveranskedjor för olika verksamheter sträcker sig jorden runt gör det inte lättare att upprätta robusta försörjningskedjor (Krisberedskapsmyndigheten, 2007; Lindström och Johansson, 2021). Dessutom gör bristen av förståelse för infrastrukturens beroenden att dess sårbarhet ökar, vilket i värsta fall kan leda till kaskadeffekter vid en störning (Birkett, 2017; Johansson m. fl., 2015).

Försörjningsberedskapen innebär att civilbefolkningen ska kunna förses med de nödvändigaste varorna även i krig, och ställer krav på att även privata företag deltar i planeringsarbetet (MSB, 2021b). Samtidigt kan samarbeten mellan länder, inte minst mellan de nordiska, också stärka beredskapen (MSB, 2020). Det är även viktigt att värna de som faktiskt sköter driften på anläggningarna, nämligen personalen. Att säkerställa tillgången av nyckelpersonal är fundamentalt för att öka robusthet och beredskap. Inom en snar framtid kan varje VA-aktör behöva överväga ifall personal ska krigsplaceras eller inte (MSB och SKR, 2021).

En trend som har noterats globalt är att attacker mot vattenverk och närliggande anläggningar har ökat på senare år (Birkett, 2017). Från EU:s sida har det skett ett skifte där tanken om totalt skydd, som redogjordes genom EU-direktivet Critical Infrastructure Protection (EU-direktiv 2008/114/EG, 2008), har ersatts med en tanke om resilienta enheter, Critical Entities Resilience (Europeiska kommissionen 2020/0365, 2020). Detta kan ses som ett medgivande om att ett totalt skydd aldrig kan garanteras i praktiken och att de summor som behöver läggas för att komma i närheten av detta skydd gör modellen kostnadsineffektiv (Pursiainen, 2018). Det resilienta tankesättet inom VA-branschen har också lett till insikten att mer holistiska synsätt krävs, det är inte effektivt att fokusera på enstaka punkter i systemet. Det krävs en utökad redundans och robusthet, samt en förbättrad återhämtningsförmåga för att minska sårbarheten för både naturkatastrofer och antagonistiska hot (Assad m. fl., 2019).

Även om hoten mot dricksvattensektorn har ökat, har det alltid funnits en hotbild mot denna kritiska infrastruktur. Traditionellt sett har kontaminering varit det enklaste och effektivaste sättet för en antagonist att störa ett samhälles vattenförsörjning (Clark och Hakim, 2014). Även idag kan detta utgöra ett hot mot dricksvattenförsörjningen, och det kan dessutom vara svårt att upptäcka i tid eftersom vattnet måste analyseras i laboratorium och kontrolleras för flertalet ämnen (Hall m. fl., 2007). Här finns också en inneboende sårbarhet då många dricksvattenproducenter förlitar sig på kommersiella företag för analyser och det finns i dagsläget ingen beredskap eller kontinuitetsgaranti för denna laboratorieresurs (Livsmedelsverket, 2022c). Trots att oron finns, har det dock aldrig förekommit någon terrorattack riktad mot dricksvattenproduktionen på detta sett (Clark och Hakim, 2014). Något som är ett vanligare

hot av intresse än kontaminering i dagens samhälle är cyberhot mot dricksvattenanläggningar. Detta pekars ofta ut som en sårbarhet och ett område där riskmedvetenheten måste öka (Clark och Hakim, 2014; MSB, 2019). För att vägleda detta arbete på EU-nivå finns EU-direktivet NIS2 (Livsmedelsverket, 2022c). Detta direktiv skapar ett juridiskt incitament för samhällsviktiga verksamheter att arbeta mot en högre nivå av cybersäkerhet. Dessutom är det ett sätt att samordna hela unionens arbete för cybersäkerhet (Energimyndigheten, 2023).

3.2 Behovet av tvärsektoriell samverkan

I dagsläget upplevs det som att myndigheter och organisationer ofta har en god uppfattning om hur deras egen förmåga ser ut. Störningar anses oftast kunna hanteras med antagandet att det som verksamheten är beroende av är intakt och tillgängligt (Sonesson m. fl., 2021). Brister verkar oftare vara kopplade till de områden som faller mellan olika sektorer och samarbeten över sektorsgränser tenderar att bli sparsamt. Drivkraften bakom kartläggningar av beroenden ligger för en viss organisation i ett egenintresse för självbevarelse medan det saknas incitament att bedriva denna typ av process i samarbete med andra organisationer (Sonesson m. fl., 2021). Det finns därför ett behov av styrning och samverkan som MSB idag har som uppgift att organisera (MSB, 2022). Detta är till del gjort genom att det finns ett antal utsedda beredskapsmyndigheter, där bland annat Livsmedelsverket ingår (Livsmedelsverket, 2022b), som samordnar inom sin egen sektor (MSB, 2022). Utöver problematiken kring egenintresse är också en stor del av informationen rörande kritisk infrastruktur hemlig eller svåråtkomlig vilket gör samarbeten över sektorsgränserna avsevärt mycket svårare (Laugé m. fl., 2015).

3.3 Beroendet av kemikalier

För att det producerade dricksvattnet ska uppnå de kvalitetskrav som Livsmedelsverkets föreskrifter ställer (LIV 2022:12, 2022), krävs både flertalet olika kemikalier samt stora volymer av varje kemikalie (Livsmedelsverket, 2022a). Fällningskemikalier är en sådan kemikalie och används för att avskilja organiska och oorganiska ämnen. Hållbarheten är ca 6–12 eller 12–24 månader beroende om det är kloridbaserade eller sulfatbaserade fällningskemikalier. En annan kemikalie är aktivt kol, vars funktion framförallt är att ta bort hälsofarliga ämnen som PFAS och bekämpningsmedel. Användningen av aktivt kol förväntas att öka framöver på grund av högre ställda krav vad gäller nivån av tillåten mängd PFAS i det renade vattnet. Trots att livsmedelsverkets bedömningen är att det finns en tillräckligt stor lagrad mängd av aktivt kol inom Sveriges gränser för att klara en kris, måste kolet reaktiveras efter användning. Det finns en mindre anläggning för reaktivering i Sverige, men denna har inte kapacitet

för att reaktivera hela Sveriges aktiva kol. Istället skeppas detta i dagsläget utomlands. Slutligen används klor för att desinficera dricksvatten som blivit kontaminerat. Detta sker både i vattenverken där dricksvatten framställs samt i distributionsnäten där vatten skickas ut till abonnenterna. Det finns möjlighet att producera eget klor ute på vattenverken eller att i vissa fall samverka med närliggande industrier, trots detta importerar många VA-aktörer klor från utlandet (Livsmedelsverket, 2021a).

Trots den teoretiska möjligheten att skapa en någorlunda självförsörjning för kemikalierna som nämndes ovan, visar kartläggningar som utförts av Livsmedelsverket att leveranskedjorna i dagsläget är otroligt importberoende. Dessa körs dessutom i stor utsträckning utefter just-in-time (JIT) (Livsmedelsverket, 2021b). Samma problematik har noterats i försvarspropositionen där det framhålls att Sverige lär vara importberoende även vid höjd beredskap (Proposition 2020/21:30, 2020).

För att öka robustheten inom branschen har Livsmedelsverket föreslagit att det bör inrättas statliga lager av fällningskemikalier. Dessutom menar Livsmedelsverket att det bör utredas huruvida en anläggning för reaktivering av aktivt kol inom Sveriges gränser är möjlig att etablera (Livsmedelsverket, 2021b). Detta kan komma att bli extra viktigt framöver då skärpta regler för mängden PFAS i dricksvattnet är annalkande (Livsmedelsverket, 2022c). Vidare föreslås en utvecklad förmåga för att omfördela de kemikalier som redan finns i Sverige (Livsmedelsverket, 2021a). Dessa används nämligen till allra största grad inom dricksvattenproduktion och avloppsrening även om en mindre andel återfinns ute i industrin. Således går det att prioritera befintliga kemikalieresurser för dricksvattenproduktion under kortare perioder, och tillfälligt låta framförallt avloppsreningen stå utan (Livsmedelsverket, 2022d).

3.4 Hotet från klimatförändringen

Även om denna rapport behandlar beroenden och beredskapen inom dricksvattensektorn går det inte att bortse från de hot som klimatförändringen för med sig. Samtidigt som det civila försvaret rustas upp, krävs även en ökad robusthet för att anpassa sektorn, liksom samhället, till klimatförändringar (MSB, 2019). Trots att ett väpnat angrepp mot Sverige inte längre kan uteslutas (Proposition 2014/15:109, 2015), förblir ett stort, vardagligt hot mot dricksvattenförsörjningen de naturkatastrofer som ett förändrat klimat innebär (Osei-Kyei m. fl., 2021).

4 Metod

För att kunna få svar på de uppställda frågeställningarna, utöver information från litteraturen, har två metoder använts, en intervjustudie och en beroendeanalys. Intervjustudien syftade till att ge specifik information som användes för att besvara den första och till delar den tredje frågeställningen samt ge ingångsvärden för beroendeanalysen. Beroendeanalysen syftade i huvudsak till att besvara den andra frågeställningen och ge ingångsvärden till den tredje frågeställningen.

4.1 Metod för intervjustudien

Intervjuerna genomfördes som semistrukturerade (Rabionet, 2011), vid månadsskiftet januari-februari 2023. Uppstrukturerade frågor användes som en röd tråd genom intervjun med målet att bli öppet besvarade, se Bilaga A (Astedt-Kurki och Heikkinen, 1994). Vidare var intervjufrågorna anpassade för olika aktörer. För varje fråga gavs det ett stort utrymme för respondenten att diskutera kring och svara fritt på frågan. Frågorna var utarbetade utifrån den information som litteraturen gav, och som bedömdes relevant för arbetet, samt för att kunna få viss kvantitativ data till den efterföljande modelleringen. Frågorna kopplade till mer kvantitativa data var, som förväntat, svåra att få besvarade med exakta siffror eftersom denna information är känslig och inte bör hamna hos en eventuell antagonist. Mycket information är således belagt med sekretess. Istället fick vissa antaganden och förenklingar göras när ingångsparametrarna till modelleringen sattes, vilket beskrivs tydligare i nästa avsnitt. Intervjuerna transkriberades och skickades tillbaka till respondenterna så att dessa fick möjlighet att läsa igenom och rätta till feltolkningar, lägga till förtydliganden samt ta bort felaktig eller känslig information. Intervjudatan analyserades genom att transkriberingarna för de respektive frågorna sammanställdes för samtliga respondenter. Därefter vävdes allt ihop till en sammanhängande text.

4.2 Metod för beroendeanalysen

Modelleringen genomfördes i datorprogrammet MATLAB där koden till stor del arbetats fram med hjälp av handledaren. Denna finns att tillgå i Bilaga B. Det som undersöktes var främst tillförlitligheten inom systemet samt antalet kunder som riskerade att stå utan

försörjning då beroenden slås ut. Modellen är byggd som ett supply-demand-nätverk där ett fåtal noder, supplynoder, representerar de platser där vatten flödar in i systemet medan resten av noderna är så kallade demandnoder, noder som behöver vatten och som representerar alla anslutningar där dricksvatten förbrukas. Nätverket är framtaget i ett äldre examensarbete och tillhandahölls av handledaren (Öberg, 2011). Det kommer ursprungligen från ett VA-bolag för en medelstor svensk stad och kan anses vara en realistisk representation av ett vattendistributionssystemets form och funktion.

Noderna i nätverket antas motsvara servisedningar (ledningen från huvudledning till fastighet). De kunder som fanns inlagda i modellen är därför kopplade till dessa noder. Anslutningarna mellan noderna i modellen är vidare huvudledningar, som exempelvis ofta är nedgrävda i gator. Dessa förenklingar har betydelse när felfrekvenserna sattes för de olika komponenterna i systemet.

I beroendeanalysen togs ingen hänsyn till nödvattenförsörjning. Vidare modellerades inte heller andra kritiska infrastrukturer explicit. Genom att ändra ingångsparametrar kunde däremot effekterna av bortfall av en eller flera beroenden simuleras, och därmed exempelvis användbart för dimensionering av nödvattenförsörjning. De parametrar som ändrades var vattentillförseln (supplyn) som fanns tillgängligt för systemet samt reparationstiden som finns för att laga och återställa noder och länkar i nätet.

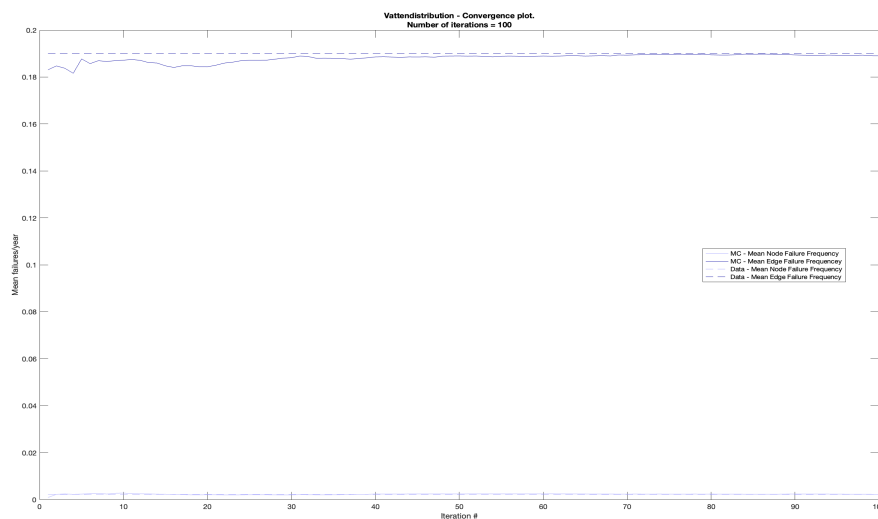
Varje beroendescenario som undersöktes utvärderades genom en tillförlitlighetsanalys. Tillförlitlighetsanalysen är baserad på en så kallad Monte Carlo-simulering, där systemets funktion över tid utvärderades givet de normalfel som uppstår i systemet (utifrån satta felfrekvenser för olika komponenter). Koden för detta var implementerad i MATLAB och tillhandhölls av handledaren. Varje beroendescenario beräknades 100 gånger för tidsperioden 3 månader (dvs. 100 realisationer av systemets tillförlitlighet). Det slutgiltiga resultatet för ett specifikt beroendescenario beräknades sedan som ett medelvärde av de 100 olika resultaten som kommit fram. För att analysera och visualisera resultaten som återfinns i avsnitt 6 användes skriptet i Bilaga B.

För att bedöma systemets funktion i normalfallet, genomfördes en tillförlitlighetsanalys över tidsperioden tre månader. Denna tidsperiod användes för att anknyta till den senaste försvarspropositionen som framhållit att civilförsvaret ska planeras för just tre månader (Proposition 2020/21:30, 2020). Därefter genomfördes en sårbarhetsanalys avseende beroendena för att se hur detta påverkar ett normalt fungerande system som inte utsätts för attacker.

4.3 Beroendeanalysens giltighet

För analyserna genomfördes simuleringar med endast 100 iterationer. Initialt planerades det för åtminstone 1000 iterationer då fler iterationer innebär en större täckning och ökade chanser att hitta extremscenarierna. Antalet iterationer fick dock reduceras på grund av begränsningar i ramminnet i simuleringsdatorn. När graferna skulle sättas ihop och många resultat skulle vägas samman, räckte ramminnet inte till vilket resulterade i att MATLAB kraschade. Tester gjordes för att dra ner antalet iterationer till 500 respektive 200, men även detta resulterade i programkrascher och övergavs likaså.

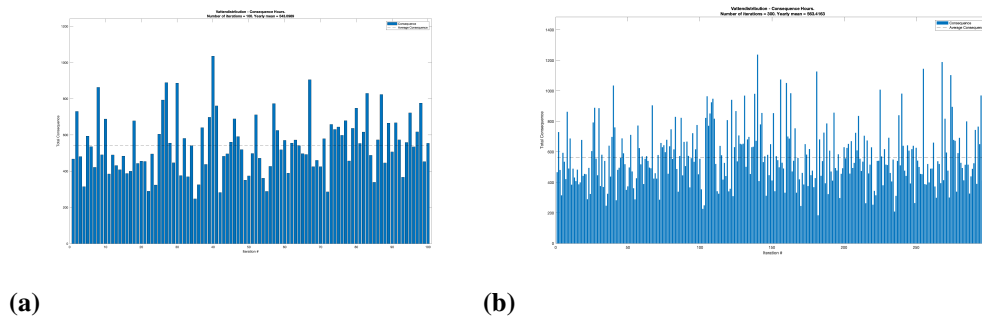
För att säkerställa att 100 iterationer kan anses tillräckligt gjordes ett test för att se hur medelvärdet för antal fel som uppstår i de olika iterationerna konvergerade mot väntevärdet, tillika de felfrekvenser som användes för noderna och länkarna, se Figur 4.1. I figuren ses att antalet fel som uppstår för de två olika komponenttyperna i iterationerna konvergerar mot den felfrekvens som finns inlagd i beroendeanalysen ju fler iterationer som genomförs. Vid 100 iterationer har en godkänd medelvärdskonvergens uppnåtts, även om det i sin tur inte säkerställer god täckning av extremvärden.



Figur 4.1: Medelvärdet av antalet felande komponenter konvergerar mot den förväntade felfrekvens som används för beroendeanalysen. Nodernas felfrekvens konvergerar mot de faktiska värdena 0,0022 avbrott per år medan länkarnas felfrekvens konvergerar mot 0,19 avbrott per år.

Rimligheten hos extrempunkterna undersöktes genom att analysera hur många timmar det fanns utslagna ledningar i varje iteration för det normala nätverket. Dessa försök gjordes med 100 och 300 iterationer, då körning av fler iterationer stötte på simuleringsproblem. Av de resultat som erhöles, kan slutsatsen dras att fler iterationer ger en något större spridning,

se Figur 4.2.



Figur 4.2: Antal timmar med utslagna ledningar för varje iteration.(a) 100 iterationer. (b) 300 iterationer.

För 100 iterationer ligger maximum och minimum för antalet timmar med utslagna ledningar på ca 1000 respektive 250 timmar. För 300 iterationer ligger maximum och minimum på ca 1250 respektive 200 timmar. Detta visar att mer extrema max- och minpunkter kan vara svåra att fånga då endast 100 iterationer körs.

Det finns exempel på svårigheten med att täcka in extremfallen bland resultaten. Bland annat i telekom-scenarierna där det förefaller att tre gångers reparationstid ger en större maximal konsekvens än fyra gångers reparationstid. Detta bedöms dock inte påverka resultatens giltighet som helhet, då resultaten inte motsvarar exakta värden utan endast indikerar effekternas riktning och ungefärliga magnitud.

5 Intervjustudien

Intervjustudien genomfördes med sex experter från sex olika företag och myndigheter. De olika företagen och myndigheterna är alla aktörer inom dricksvattensektorn och samtliga arbetar med beredskapen inom området. Deras koppling till dricksvatten skiljer sig dock åt. Två av aktörerna, VA SYD och NSVA, arbetar med att distribuera dricksvatten, medan Syd-vatten är den aktör som producerar dricksvattnet som kommunerna förses med. Livsmedelsverket var med i egenskap av sektorsansvarig myndighet och MSB eftersom denna myndighet styr och samverkar det generella beredskapsarbetet på nationell nivå och därför innehar ett tvärsektoriellt perspektiv. Utöver dessa intervjuades även Svenskt Vatten, branschorganisation inom området. Intervjuerna genomfördes vid månadsskiftet januari-februari 2023. Svaren har här sammanställts utifrån det tema som fanns i intervjuguiden (se Bilaga A) samt anonymiserats.

5.1 VA-organisationernas beredskapsarbete

Enligt samtliga respondenter har det länge varit ett grunduppdrag för VA-aktörer i Sverige att arbeta för en resilient dricksvattenförsörjning. Traditionellt sett har extremväder och klimatförändringar varit i fokus, eftersom dessa tenderar att påverka driften till vardags. Enligt respondenterna har dock scenarier där det råder höjd beredskap eller då en antagonist har för avsikt att störa verksamheten, på senare tid hamnat i strålkastarljuset. Samtliga menade även att de uppgifter, krav och det ansvar som en VA-huvudman har i fred, även gäller i krig. Ansvaret att förse invånare i en kommun med dricksvatten kommer aldrig övertas av någon annan aktör.

Samtliga VA-respondenter menade att ett sätt att identifiera hot och risker mot organisationerna är att utföra risk- och sårbarhetsanalyser, vilket utförs vart fjärde år. Även långsiktig och strategisk planering med riktlinjer som sträcker sig över flera år arbetas det mycket med enligt en av VA-respondenterna. Exempel på vad dessa riktlinjer kan innefatta är bland annat att säkra tillgången på råvatten eller att utöka redundansen, för ledningsnäten, för organisationen och för reservvatten. Samarbetet mellan VA-organisationerna och myndigheterna är brett och djupgående och Livsmedelsverket är i synnerhet en nära och uppskattad samarbetspartner enligt VA-respondenterna. Konferenser, utbildningar och material som publicerats av både aktörer och myndigheter är ytterligare plattformar som finns för att stärka beredskapen inom VA-sektorn. Dels kan VA-organisationerna dela information och lära av

varandra, dels kan beredskapsarbetet mellan myndigheter och VA-organisationer samordnas på ett bättre sätt.

Utöver risk- och sårbarhetsanalyser och den strategiska planeringen, påpekade samtliga respondenter att det även sker krisberedskapsövningar ibland. Hur ofta dessa sker varierar stort beroende på VA-bolag, men trenden inom branschen är att intensiteten av övningar har ökat. Övningarna kan genomföras både i egen regi, och tillsammans med Livsmedelsverket, Länsstyrelsen, kommunen samt andra samhällsviktiga aktörer.

5.2 Incitament

Enligt samtliga respondenter är lagar och förordningar bland de viktigaste incitamenten för att bedriva verksamhetens beredskapsarbete. Speciellt Livsmedelsverkets föreskrifter LIVSFS 2022:12 ses som centrala eftersom dessa reglerar vilken kvalitet som det producerade dricksvattnet ska ha. Även kontinuitetsplanering som regleras av det kommande CER-direktivet från EU lyftes fram av två respondenter som något det arbetas aktivt med att tillgodose. Vidare studeras det hur tre månader av uthållighet som den senaste försvarspropositionens rekommenderar att det civila försvaret ska planeras för ska se ut. Två respondenter menade även att ett framtida medlemskap i NATO innebär nya krav på kritisk infrastruktur i landet.

5.2.1 Ekonomi

Utöver lagkrav nämnde samtliga respondenter ekonomin som ett viktigt incitament. Eftersom VA-bolag ska vara självfinansierade måste alla investeringar i stort sett rymmas inom VA-taxan. Här menar respondenterna att det finns indikationer på att dricksvatten kostar för lite och att de intäkter som finns har svårt att räcka till för att finansiera alla områden ordentligt. Detta gör enligt respondenterna att underhållsfrågor och beredskapsfrågor konkurrerar med varandra vilket ofta resulterar i att vissa beredskapsfrågor hamnar i skymundan. Dessutom menade fem av respondenterna att det idag varnas för en underhållsskuld inom VA-sektorn som måste lyftas. Enligt dessa respondenter finns det även tecken på att det ofta är svårt att få gehör från den politiska ledningen eftersom vissa beredskapsåtgärder kanske aldrig ens kommer att behövas.

Ifall beredskapsinvesteringar ska bekostas med VA-taxan eller inte råder det delade meningar om inom branschen ansåg fyra av respondenterna. Ett resonemang som en respondent förde fram var att åtgärder för att säkerställa en trygg och resilient vattenförsörjning görs för att kunna tillgodose behovet hos abonnenter även i kris eller krig. Därför menade respon-

denten att det inte skulle vara orimligt att dessa investeringar, helt eller delvis, bekostas av VA-taxan. En annan respondent menade dock att det finns fundamentala skillnader mellan kommunerna och att vattenförsörjningen i vissa kommuner är väsentligt mycket billigare än i andra.

Enligt tre av respondenterna blir det vanligare att VA-organisationer söker ekonomiskt stöd via exempelvis 2:4-medel, för att på så sätt kunna förbättra sin beredskap. Detta är dock ett stöd, och bekostar därför aldrig dessa investeringar till fullo. Ett problem som enligt två respondenter dessutom varit kopplat till de finansiella stöden är att de ofta hamnar hos kommunen och sedan inte överförs vidare till VA-bolagen.

5.2.2 Resurser

Det är inte endast de finansiella incitamenten som är den begränsande faktorn. En respondent menade att det i mindre kommuner kan det vara en person som ansvarar för all krisberedskap inom just den kommunen. Trots att det tillsätts mycket pengar har kommunen ingen möjlighet att få igenom ett djupt beredskapsarbete då arbetskraften inte räcker till. Med bakgrund till detta har det inom branschen förespråkats att flera kommuner bör gå samman till ett kommunalförbund eller liknande. En respondent framhävde att det enligt uträkningar bör finnas åtminstone 50 000 abonnenter för att organisationen ska bli tillräckligt stor och kunna bedriva ett mer djupgående beredskapsarbete. Trenden i dagsläget är enligt tre respondenter också att det blir fler och fler kommunalförbund och aktiebolag.

5.3 Beredskap i omvärlden

Enligt myndigheterna som intervjuades är Norge och Finland de länder som Sverige samarbetar med i störst utsträckning när det gäller vattenfrågor. De påpekade att Finland generellt ligger långt fram med sin krisberedskap. De lyfte också fram att det i Norge finns, till skillnad från Sverige, lagstadgat att alla VA-bolag ska ha en alternativ vattentäkt. Detta har många norska kommuner löst genom att koppla samman sina ledningsnät.

Ett land som också lyftes fram som en förebild var Nederländerna. Den nederländska lagstiftningen är enligt de två respondenterna tydligare än i andra länder med specifika tidsgränser för hur länge vattenförsörjningen ska kunna upprätthållas utan leveranser från omvärlden. Dessutom finns direktiv för nödvattenövningar reglerat i lagstiftningen samt hur ofta dessa ska utföras.

Även Tyskland beskrevs som ett föregångsland av respondenterna då de förberett lagstift-

ning för krissituationer, där bland annat gränsvärden går att ändra i händelse av kris. Detta är enligt respondenterna något som utreds i Sverige. I dagsläget är gränsvärdena i Sverige utformade för att en person ska kunna dricka vattnet under en hel livstid utan att ta skada enligt samtliga respondenter. Argumentet för att i kristider kunna tumma på gränsvärdena för exempelvis uran, arsenik och PFAS är att alternativet är värre, dvs. att inte leverera något vatten alls. Respondenterna var överens om att det kan anses rimligt att under en begränsad tid få i sig något förhöjda halter av dessa ämnen eftersom det vore sämre att inte kunna dricka alls. Tyskland har, utöver denna lagstiftning, också behållit vissa beredskapsbrunnar inne i städerna som alternativa vattentäkter.

Slutligen menade tre respondenter att det finns mycket erfarenheter att hämta hem till den svenska totalförvarsplaneringen från krigets Ukraina. Bland annat har det framgått tydligt att civila mål, däribland vattenledningar och vattenverk attackeras i samma utsträckning som militära mål. Detta är en viktig lärdom eftersom detta kommer ske även i ett krigsdrabbat Sverige. Ordinarie vattenförsörjning kommer inte att fungera för de kommuner som befinner sig nära fronten och de kommer vara tvungna att nödvattenförsörja städerna. I slutänden är det mängden vatten som kan levereras som till stor del avgör hur stor del av befolkningen som kan vara kvar i staden.

5.4 Nödvatten

Om dricksvattendistributionen skulle slås ut, står de flesta VA-organisationerna redo att nödvattenförsörja det område som drabbas. Detta kan exempelvis göras genom utplacering av tankar för hämtning av dricksvatten för privatpersoner och företag och där vatten för sanitet och hygien främst levereras till prioriterade kunder inom vård och omsorg. Även om det inte är ett direkt lagkrav för en kommun att ha en nödvattenplan så menade tre respondenter att de flesta kommuner i Sverige har en sådan. Detta eftersom det enligt vattentjänstlagen alltid är kommunens ansvar att tillse så att invånarna har tillgång till rent dricksvatten, oavsett situation. Utöver kommunernas egen nödvattenutrustning så har Livsmedelsverkets VAKA-grupp ett antal depåer i Sverige där kommuner kan få stöd, vilket samtliga respondenter påpekade.

Enligt samtliga respondenter klarar nödvattenplanerna endast mindre kriser i fredstid, där endast ett mindre område av en stad eller kommun är drabbat och där det inte finns några yttre omständigheter som skapar friktioner i logistikapparaten. Därmed ansåg respondenterna att dagens nödvattenskapacitet inte tillräcklig för att möta en situation då Sverige befinner sig i höjd beredskap och försörjningslinjerna från omvärlden är begränsade.

Den stora mängd dricksvatten som behöver transporteras ut till uthämtningsstationerna stäl-

ler stora krav på logistikkedjan samt kräver en stor personalbesättning. För att få vattentankarna på plats krävs lastbilar, vilka hyrs in efter behov, och antalet som behövs uppgavs av en respondent vara ca 30–50 för en medelstor svensk stad. Respondenterna var överens om att transportkapaciteten kan vara svår att få tag på i den omfattning som behövs och att detta knappast blir lättare vid höjd beredskap. Skulle en hel stad bli helt utan vatten är det således svårt att nödvattenförsörja denna under en längre tid.

5.5 Dricksvattensektorns beroenden

Även om respondenterna nästan uteslutande är överens om vilka övergripande beroenden som finns inom sektorn, är samtliga sex eniga om att fördjupande beroendeanalyser inte gjorts för att analysera effekterna av dessa beroenden. Kartläggningar och analyser kan visserligen ske i det dagliga arbetsutförandet, och detta upplever organisationerna oftast sig duktiga på, men det är inget som görs så systematiskt och konkret som detta examensarbete försöker sig på.

Samtliga respondenter var överens om att de viktigaste beroendena för att verksamheten ska fungera är el, kemikalier, personal och telekom, precis som litteraturen indikerade. Även transporter sågs som essentiella då dessa levererar kemikalier, reservdelar och personal. Dessutom levererar de drivmedel till reservkraften i ett läge där elnätet ligger nere. Enligt de tre VA-huvudmännen går det oftast, åtminstone på pappret, att klara sig utan ett specifikt beroende under en kortare tid. Med anledning av att de kritiska infrastrukturerna i hög grad är samberoende är det dock inte troligt att en enskild kritisk infrastruktur drabbas isolerat vid större störningar. Således kan en kombination av störningar inom olika infrastrukturer som dricksvattenförsörjningen är beroende av få stora konsekvenser.

Råvattentäcker och laboratorier med tillhörande personal och material, är enligt samtliga respondenter också viktigt då det annars inte går att producera dricksvatten eller fastslå kvaliteten. Just tillgången till råvatten är något som ibland tas för givet enligt en respondent. Vidare menar respondenten att det vore fördelaktigt om samtliga kommuner hade en reservvattentäkt, dessvärre har alla kommuner inte förutsättningar för detta. Skulle råvattentäkten förorenas betyder det att kommunen direkt måste nödvattenförsörja sina invånare. Råvattentäcker och laboratorier är dock något som inte beaktas vidare inom ramen för detta examensarbete.

5.5.1 Elförsörjning

I ett scenario där elförsörjningen skulle vara utslagen finns det enligt respondenterna reservkraft hos de flesta VA-bolagen i Sverige. Denna reservkraft ska kunna tillse att alla kunder har tillgång till dricksvatten. Enligt respondenterna var det tidigare främst de större VA-bolagen som hade reservkraft men detta har förändrats och är idag nästintill branschstandard.

VA-huvudmännen lyfte fram två svårigheter med att inneha en beredskap för organisationens reservkraft, nämligen hållbarheten på diesel samt leveranser av detta drivmedel. Lager av drivmedel finns ofta hos VA-bolagen lokalt och denna mängd kan i regel försörja verksamheten i några dagar. Då det civila försvaret planeras för tre månader långa störningar anser många inom branschen att ett större lager vore önskvärt. Problematiken ligger i att hållbarheten för drivmedlet ofta inte är längre än ett år vilket gör att större lager än en årsförbrukning enligt respondenterna är svårt att motivera. Oftast är det alltså mängden diesel som en organisation förbrukar på ett år (i sin fordonsflotta exempelvis), som avgör hur mycket som kan lagras. Denna lagrade mängd bränsle räcker endast några dagar om den används till reservkraft.

Det andra hindret när reservkraft ska upprätthållas är transportererna som ska leverera drivmedlet. Samtliga VA-huvudmän som intervjuats kunde framhålla att avtal för detta scenario finns. Skulle Sverige däremot befinna sig i höjd beredskap eller krig, så var det dock ingen av dem som kunde svara på hur detta verkligen kommer fungera i praktiken.

Ifall elförsörjningen är utslagen och reservkraften står utan drivmedel riskerar ledningsnätet enligt respondenterna att bli trycklöst. I detta fall kan systemet kontamineras av infiltrerande grundvatten. För att utöka sin robusthet mot detta problem berättade VA-huvudmännen att det ofta finns reservoarer både före och efter vattenverk där vatten kan försvaras i händelse av att en störning skulle uppstå.

5.5.2 Kemikalier

Kemikalier är som bekant från litteraturen viktiga för att kunna nå upp till den höga standard kring vattenkvaliteten som det svenska dricksvattnet normalt håller. Respondenterna menade att detta beroende främst påverkar kvaliteten av dricksvattnet och att själva distributionen av vatten kan fortgå oavsett.

Då försörjningen av kemikalier till vattenverken är starkt transportberoende, finns det enligt respondenterna viss lagerhållning här. Dessa lager är dock inte dimensionerade för att stå utan påfyllning i tre månader utan räcker oftast inte längre än upp till någon vecka. En

stor anledning till detta är den begränsade hållbarheten för vissa kemikalier. Enligt två respondenter finns ett förslag från Livsmedelsverket inlämnat till regeringen där en utredning om nationella eller regionala lager av kemikalier, inte helt olikt VAKA, ska tillsättas. Flera respondenter menade dock att det finns praktiska svårigheter med att upprätta lager då dessa borde finnas lokalt ute hos aktören. Lokala lager skulle öka råddigheten för VA-aktören eftersom denna slipper transportera kemikalierna från ett centrallager, dessutom skulle det vara svårare för en antagonist att slå ut flera distribuerade lager än ett centralt.

Eftersom dricksvattenproduktionen är en kemikalieintensiv verksamhet menar respondenterna att det arbetats mycket med kontinuitetsplaner. Även redundans och robusthet kopplade till kemikalieberoendet arbetas det aktivt med. Ett tydligt exempel är när en dricksvattenproducent kan förfoga över både ett ytvattenverk och ett grundvattenverk. Alla respondenter pekade också på att det har arbetats fram handlingsplaner för hur vattenverken ska prioriteras över avloppsreningsverken vid ett kemikaliebortfall.

5.5.3 Transport och reservdelar

Lagerhållning framhölls av samtliga respondenter som en viktig del inom beredskapsarbetet. Dock rådde det delade meningar om hur stora lager VA-bolagen ska sitta på med tanke på den ändliga hållbarheten hos lagervarorna. Även om samtliga respondenter konstaterar att transporter inte kör renodlat efter JIT är det inget lager som räcker i tre månader. Möjligheten att lagerhålla skiljer sig också mellan olika aktörer, där större organisationer i regel har bättre förutsättningar för att hålla stora lager.

Utöver drivmedel till reservkraften och kemikalier krävs transporter för att leverera reservdelar och förbrukningsvaror, samt för att avtransportera restprodukter från olika produktionsavdelningar. Ur distributionsperspektiv menade en respondent att reservdelar kan vara ett känsligare beroende än kemikalier eftersom inget vatten kan nå en abonnent om en viktigare ledning är utslagen. Skulle vattnet vara odrickbart på grund av en kemikaliebrist kan det ofta kokas och sedan drickas, eller åtminstone användas sanitärt. Däremot går det inte att förse stadsdelar med vatten om ledningsnätet är trasigt, annat än med nödvatten.

Enligt respondenterna lagerhålls vissa reservdelar sällan. Anledningen är att det utbredda redundanstänk för enstaka fel som råder inom vattensektorn ofta tillsett att de driftdelar som till exempel kräver en pump, alltid har en eller två extra pumpar installerade sida vid sida. Skulle en pump falla kan nästa täcka upp och fortsätta hålla igång processen. Det kan dock ofta ta långt tid från det att reservdelen beställs tills det att den är levererad eftersom leverantörerna inte heller sitter på lager.

5.5.4 Personal

Flera respondenter påpekade att VA-bolag i dagsläget arbetar med slimmade organisationer vilket ställer krav på att personalen används så effektivt som möjligt. Dock är det främst tillsammans med utslagningar av andra beroenden, såsom telekommunikationen, som personalberoendet tydligt märks av. VA-huvudmännen framhöll att en viss nivå av personalbrist relativt enkelt går att råda sig i då systemet i hög grad är självkörande. Problemet blir om bristen varar under en längre period. En pump som fallerar kan ignoreras tack vare redundansen, däremot blir det problem när även pump nummer två går sönder. Är det stor personalbrist under en lång tid kan risken vara att pumparna inte hinner lagas eller ersättas.

Generellt säger sig VA-företagen kommit långt inom försörjningssäkerhet, men personalförsörjning hamnar här i skymundan menar de. Det arbetas mycket med att skapa redundans inom personalstyrkan, detta görs exempelvis genom att rotera personal. Tre respondenter påpekade även att kontorspersonal ibland utbildas i vissa grundläggande arbetsuppgifter inom driften för att kunna täcka upp i en kris. Det har indikerats att det förr var mer utbrett med nyckelkompetenser men att organisationerna idag försöker utbilda bort denna svaghet.

En fråga som blir alltmer aktuell är ifall personal ska krigsplaceras. I nuläget är krigsplacerad personal dock inte särskilt vanligt menade samtliga respondenter. En respondent påpekade dock att en del VA-bolag kartlagt ifall deras anställda har en krigsplacering någon annanstans. Eftersom krigsplaceringar i samhället inte varit särskilt utbrett tidigare har det enligt VA-bolagen inte funnits något behov av att personalen öronmärks på det sättet. Dessutom råder allmän tjänsteplikt inom VA-branschen eftersom dricksvattensektorn är en samhällsviktig verksamhet. Alltså måste personer inställa sig på jobbet oavsett läge.

5.5.5 Telekommunikation

Det telekomberoende styrsystemet är viktigt för de absolut flesta VA-bolagen eftersom det tillser att organisationens produktion och distribution sker på ett mer effektivt sätt. Rent konkret kan det liknas vid att vara organisationens ögon enligt respondenterna. Med det sagt anser VA-huvudmännen att det fortfarande går att upprätthålla dricksvattenförsörjningen om styrsystemen skulle ligga nere, däremot tenderar arbetsutförandet att bli betydligt mer personalkrävande. En positiv aspekt som lyftes fram av VA-bolagen är att all personal i detta scenario inte behöver vara särskilt kvalificerad, då en arbetsuppgift skulle kunna vara att åka längre sträckor för att hämta ett vattenprov eller liknande. Samtliga respondenter menade dock att organisationen blir mer sårbar för andra störningar. I framtiden gissade en respondent att detta kan bli en av de största frågorna som kan hota dricksvattenförsörjningen då det är både billigt, enkelt och effektivt för en antagonist att slå mot telekommunikationen.

För att erhålla ett bättre skydd mot hackerattacker menade VA-huvudmännen att de arbetar mycket med NIS-direktivet som gäller för samhällsviktiga verksamheter. Denna lagstiftning gäller dock för kommuner med fler än 20 000 invånare, eller som försörjer ett akutsjukhus, och omfattar således inte alla VA-bolag. Generellt sett har dock både Livsmedelsverket och VA-bolagen förbättrat sin kompetens inom detta område på senare tid, vilket höjt säkerheten menade samtliga respondenter.

5.6 Nära ögat-händelser och större beroendekedjor inom dricksvattenförsörjningen

En händelse som gjort att den svenska dricksvattenförsörjningen inte kunnat förse Sveriges invånare med dricksvatten på bred front har aldrig inträffat enligt respondenterna. De menar att en fördel med vattenförsörjningen är att den är lokal, alltså kan det i vissa avseenden vara svårt att slå ut vattenförsörjningen i en mängd kommuner på en gång. Däremot har det skett händelser där mer omfattande påverkan på dricksvattenförsörjningen inte kunnat uteslutas.

En sådan problematik har enligt respondenterna kretsat kring en råvara till en fällningskemikalie som nästan uteslutande producerats i Ryssland och Belarus. I och med att Sverige, tillsammans med resten av EU, började rikta sanktioner mot primärt Belarus, upphörde importen av råvaran i princip över en dag. I detta skede upprättades snabbt nya leveranskedjor från Ryssland som sedan bröts tvärt i februari 2022 när Ukraina invaderades. I dagsläget har nya leveranskedjor med bland annat Kanada upprättats.

Trots att kemikalier som används ofta framställs av företag i Sverige, sker det med råvaror som kommer från andra länder. Därför menade respondenterna att denna industri blir känslig för omvärldsläget. Vissa råvaror är starkt konjunkturberoende då de är biprodukter vid annan produktion. Eftersom energipriset varit högt under vintern 2022–2023 har detta påverkat tillgången av vissa råvaror. Sannolikheten för att en brist uppstår är närvarande, men många gånger är det priset som ökar.

Det finns andra scenarier som respondenterna tagit upp, som också kan störa dricksvattenförsörjningen. Ett exempel är att det har inträffat ras i Bolmentunneln, vilket hade kunnat leda till stora problem för västra Skåne. Tack vare att det finns en stor redundans i reservvattentäkterna kunde tunnelrasen repareras utan att det orsakade några reella problem för den mängd vatten som behövde produceras. För att ytterligare öka robustheten har övervakningen av tunneln blivit bättre. Därmed kan platsen för fel fastslås på en mer detaljerad nivå vilket gör att ett eventuellt framtida ras kan åtgärdas på kortare tid.

5.7 VA-sektorns aktualitet

I media uppmärksammas det ofta problem kopplat till Sveriges elförsörjning och det finns en medvetenhet hos allmänheten angående samhällets beroende av el. Denna medvetenhet finns i regel inte när det gäller samhällets beroende av VA-sektorn menade fem av respondenterna. Det rådde dock delade meningar om detta är en fördel eller nackdel. Två respondenter menade att eftersom vattenförsörjningen inte har ett särskilt stort fokus i media, betyder det att denna fungerar. Tre av respondenterna menade istället att det upplevs som att VA-sektorn ibland tas för given. Den underhållsskuld som finns i Sveriges ledningsnät kommer bli värre med tiden och kommer att behöva åtgärdas. Dessa pengar menade tre respondenter att kommunerna inte har. Detta utgör ett hot mot beredskapsarbetet som riskerar att åsidosättas för att ledningsnäten behöver förnyas.

6 Resultat beroendeanalys

Beroendeanalysen användes främst för att besvara den andra frågeställningen och ämnade undersöka hur beroendenas effekter på vattenförsörjningen kan analyseras kvantitativt. Förreliggande analys ska ses som ett första steg i att kunna genomföra mer systematiska och detaljerade beroendeanalyser, något som efterfrågats i branschen. För att kunna genomföra dessa analyser har en ansats för beroendens påverkan utvecklats inom ramen för examensarbetet.

En utslagen elförsörjning (och under antagandet att det inte finns någon reservkraft) bedömdes, efter information som framkommit från intervjuerna, främst påverka pumpstationer och dricksvattenproduktionen. Reningsverk utan någon som helst elförsörjning tvingas förlita sig på vattnets naturliga fall där detta endast strömmar fritt ut i ledningsnätet. Därför kan en brist på el modelleras genom att reducera den vattentillförsel som finns i systemet.

Utslagen telekommunikation, personalförsörjning eller transportberoende påverkade istället systemet genom att reparationstiden för utslagna ledningar förlängdes. Som bekant från intervjuerna kan telekommunikation liknas vid organisationens ögon, därför antogs det att reparationstiden skulle öka om detta system låg nere, eftersom bland annat inrapportering av en läcka skulle ta längre tid. Vidare skulle en underbemannad personalstyrka behöva längre tid på sig för att laga en specifik läcka. Vidare antogs det att en avsaknad av transporter skulle göra så att nödvändiga reservdelar tog längre tid att få tag på.

Beroendeanalysen som genomfördes studerade därför konsekvensen av att påverka de två ovan nämnda ingångsvärdena, nämligen att reducera tillförseln av dricksvatten till modellen och att öka reparationstiden för utslagna komponenter. Först analyseras ett scenario där ingen förändring gjorts bland ingångsparametrarna, kallat normalscenariot. Sedan analyseras ett antal scenarier där tillförselsparametern var reducerad. Detta följdes av ett antal scenarier med förändrad reparationstid. Slutligen analyserades konsekvensen då både tillförseln var reducerad och reparationstiden förlängd. Flertal delscenarier togs även fram för att skapa en skala från minimalt beroende till maximalt beroende. På detta sätt kunde osäkerheter kopplade till att specifika värden, som inte gick att ta del av på grund av sekretesskäl, täckas in. Utifrån analyserna kan en specifik VA-aktör istället bedöma var på dessa skalor deras organisation befinner sig och dra vidare slutsatser.

Grundvärdena i beroendeanalysen för olika storheter finns presenterade i Tabell 6.1. Noderna representera servisleddningar medan länkarna representerade det huvudsakliga lednings-

nätet.

Tabell 6.1: Ingångsparametrar till beroendeanalysen.

Antal kunder	47 108 st
Total försörjning (supply)	$2540 \frac{m^3}{s}$
Total användning (demand)	$312,5 \frac{m^3}{s}$
Reparationstid för lagad ledning (grund)	48 h
Felfrekvens (nod)	$0,0022 \frac{\text{avbrott}}{\text{år}}$
Felfrekvens (länk)	$0,19 \frac{\text{avbrott}}{\text{år}}$

En kund ska i sammanhanget inte ses som en fysisk person, utan snarare som ett hushåll eller en industri. Därtill kan en kund vara en essentiell samhällsverksamhet, som exempelvis ett sjukhus eller ett elnätsbolag. Alltså kan en kund i realiteten bestå av flertalet personer.

Normal felfrekvens för komponenterna i systemet räknades ut med hjälp av ekvation 6.1.

$$\lambda = \frac{N_f}{t} \frac{1}{N_0} \quad (6.1)$$

där λ är felfrekvensen, N_f är empiriska fall av rörbrott, t är tiden och N_0 är antalet noder eller länkar i systemet. Tidsenheten är år.

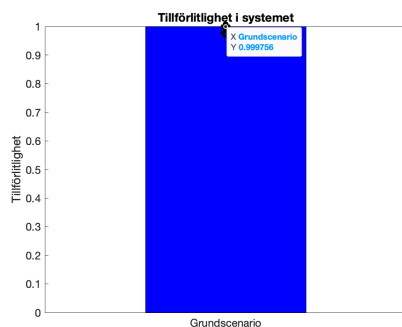
Genom litteraturen identifierades att VA SYD år 2010 hade 9 rörbrott per 100 km ledning och 2.2 brott per 1000 serviser och år (Stockholm Vatten m. fl., 2013). Dessa användes som representativa värden. På samma sätt fick Lunds kommuns ledningsnät fungera som en representativ siffra för hur många kilometer ledning som finns i en godtycklig svensk stad, denna siffra låg på 320 kilometer (VA SYD, 2018). Slutligen antogs det att ledningsnätet till stor del består av gjutjärn och att serviserna i stor utsträckning består av PVC-plast. Dessa har livslängder på 60 respektive 40 år (Mårtensson m. fl., 2018). Följaktligen blev de olika felfrekvenserna:

$$\lambda_{edge} = \frac{\frac{9 \text{ avbrott} \cdot 60 \text{ år} \cdot 320 \text{ km ledning}}{100 \text{ km ledning} \cdot \text{år}}}{60 \text{ år}} \frac{1}{1512} = 0,19 \text{ avbrott/år} \quad (6.2)$$

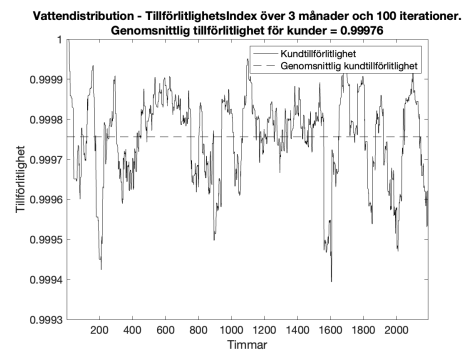
$$\lambda_{nod} = \frac{\frac{2.2 \text{ avbrott} \cdot 40 \text{ år} \cdot 1117 \text{ serviser}}{1000 \text{ serviser} \cdot \text{år}}}{40 \text{ år}} \frac{1}{1117} = 0,0022 \text{ avbrott/år} \quad (6.3)$$

6.1 Normalscenario

I figur 6.1 visas resultaten kopplade till tillförlitlighet för normalscenariot (dvs. att samtliga beroenden är intakta) som används som ingångsvärden för samtliga scenarier. I Figur 6.1a anges tillförlitligheten för systemet. Stapeln motsvarar den genomsnittliga tillförlitligheten för de 100 iterationer som kördes. Extremvärdena motsvarar de iterationer med högsta och lägsta tillförlitlighet. För normalscenariot kan det ses i Figur 6.1a att den minsta konsekvensen inte resulterar i något reduktion av tillförlitligheten då denna är 1. I värstascenariot sjunker tillförlitligheten till ca 0,98. I Figur 6.1b visas hur tillförlitligheten varierar över tiden 2 190 timmar (tre månader). Då det sker ett rörbrott reduceras tillförlitligheten, men denna ökar igen då ledningen lagas och fluktuerar således över tiden. I denna resultatpresentation finns inte extremfallen representerade utan grafen visar endast den genomsnittliga tillförlitligheten för samtliga iterationer.



(a)



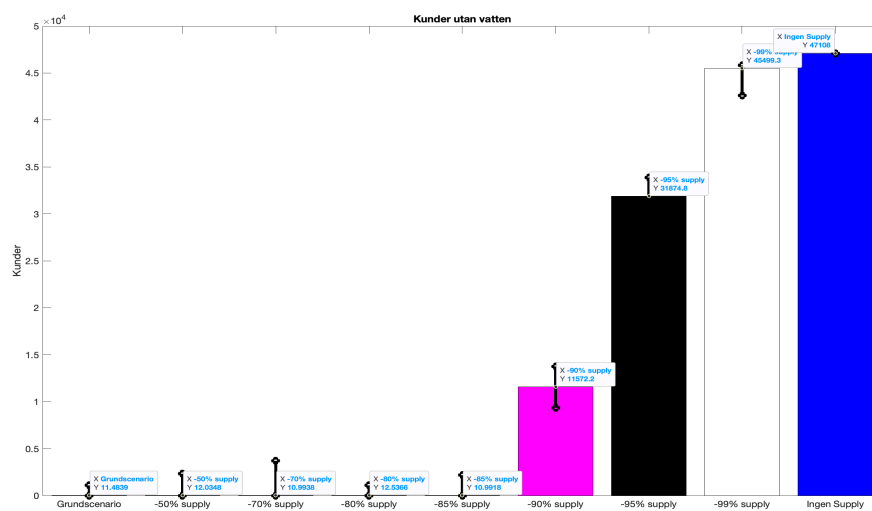
(b)

Figur 6.1: Tillförlitligheten i normalscenariot som stapel och hur den varierar över tiden. (a) Normalscenariots tillförlitlighet som stapel, med max- och minvärden. (b) Normalscenariots tillförlitlighet över tiden. Felfungerande komponenter reducerar tillförlitligheten, när dessa sedan är lagade ökar tillförlitligheten igen.

Det kan noteras att tillförlitligheten i detta normalscenario är 0,999756. Denna siffra är inte orimlig för ett dricksvattensystem utan ligger nära faktiska siffror för Stockholm Vatten (Axelsdottir och Bjärenstam, 2018) som var i medeltal 0,99998 under perioden 2009–2018. Att tillförlitligheten i grunden är hög ska också finnas i åtanke när tillförlitligheten för de olika beroendescenarierna analyseras. Anledningen är att tillförlitligheten kan uppfattas som hög när denna i själva verket avviker markant från normalscenariot. Exempelvis kan en tillförlitlighet på 90% verka bra, men det motsvarar exempelvis att 4 710 kunder (utav totalt 47 100) drabbas av ett 3-månader långt avbrott i vattenförsörjningen, 14 130 kunder av ett 1-månader långt avbrott eller samtliga kunder under ca 9 dygn (219 timmar). Som nämnt ovan motsvarar dessa kunder betydligt fler fysiska personer och skulle leda till ramaskri i ett verkligt scenario.

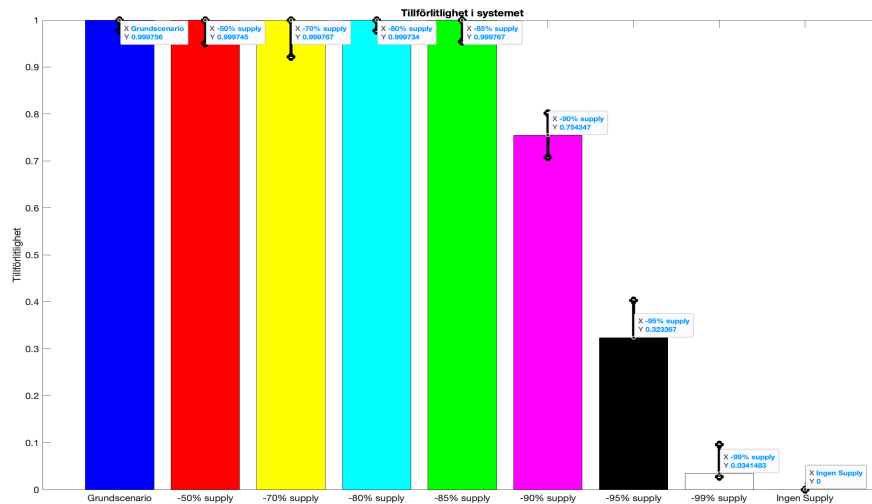
6.2 Utslagen vattentillförsel

Vid undersökning av utslagen vattentillförsel analyserades åtta olika delscenarier där reduktionen av vattentillförseln, exempelvis till följd av en elutslagning, skedde med 50% (1.1), 70% (1.2), 80% (1.3), 85% (1.4), 90% (1.5), 95% (1.6), 99% (1.7) samt 100% (1.8) respektive. Dessa jämförs sedan med normalscenarioet. Grundmodellen för vattendistributionssystemet, som bygger på ett verkligt nät och faktisk data, innehar stor skillnad mellan tillgänglig vattentillförsel och förbrukning, se tabell 6.1. Den totala efterfrågan är endast 12,3% av total möjligt vattentillförsel av dricksvatten. Därmed finns det en avsevärd överkapacitet i dricksvattensystemet avseende denna aspekt. Det gjorde att de första fyra scenarierna inte påverkade systemet i särskilt stor utsträckning jämfört med normalscenarioet, då en reduktion på upp till 87,7% ($1 - \frac{312,5}{2540}$) av vattenförsörjningen teoretiskt ändå skulle kunna tillgodose behovet av vatten för hela systemet. I Figur 6.2 nedan presenteras antalet kunder som inte får dricksvatten givet de olika scenarierna.



Figur 6.2: Antalet kunder som påverkas vid en reduktion av tillförseln på dricksvatten i beroendeanalysen för scenario (1.1) - (1.8). Dessutom finns normalscenarioet med som jämförelse.

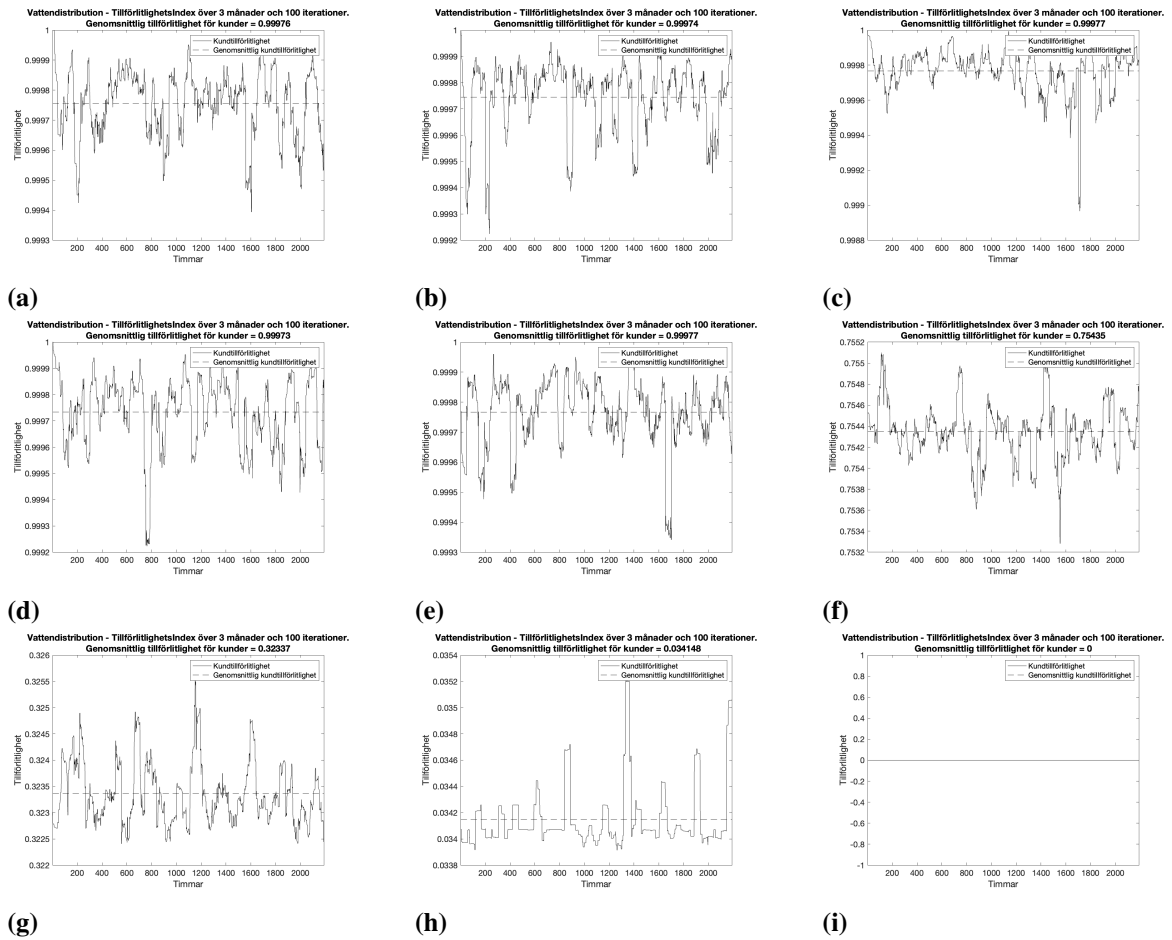
Som nämnts ovan är det inte förrän tillgången på vatten har minskat med 90% eller mer som kunder drabbas i stor omfattning. Tillförlitligheten i systemet följer samma mönster för de olika scenarierna och förblir hög fram tills att tröskelvärdet har passerats, se Figur 6.3.



Figur 6.3: Tillförlitligheten för scenario (1.1) - (1.8) samt även normalscenariot för jämförelse.

Fram till scenario (1.4) är tillförlitligheten hög på 0,9997, därefter sjunker den kraftigt. För scenario (1.5) har tillförlitligheten sjunkit till 0,7543, för scenario (1.6) är den 0,3234 och för scenario (1.7) är den 0,0341. Vid fullständigt utslagen elförsörjningen (1.8) blir tillförlitligheten 0. Max- och min-värdena kan också ses variera mellan de olika scenarierna. För scenario (1.5) går det exempelvis att se att tillförlitligheten kan variera mellan ca 0,7 och 0,8. Trots att medelvärdet är ca 0,75 kan scenariot både mildras och bli allvarigare beroende på vilka komponenter som blir utslagna i iterationerna och därmed vilka kunder som blir utan vattenförsörjning.

Hur tillförlitligheten varierar över tiden i de olika delscenarierna kan ses i Figur 6.4. För scenarierna upp till (1.4) går det att se att tillförlitligheten generellt ligger över genomsnittet större delen av tiden, men att felfungerande komponenter tillfälligt mer drastiskt reducerar denna under kortare perioder. Scenario (1.5) fluktuerar i större utsträckning runt medelvärdet medan scenarierna (1.6) och (1.7) generellt ligger under medelvärdet med kortare perioder av tydligt ökad tillförlitlighet.

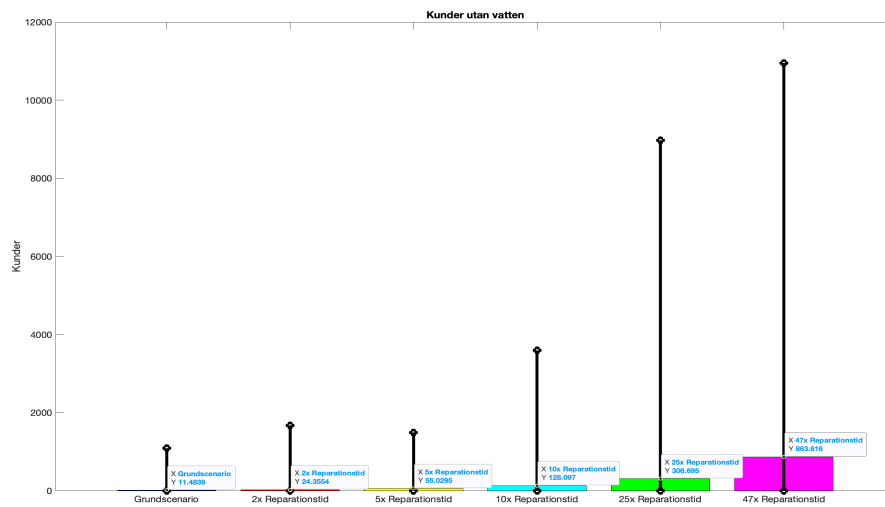


Figur 6.4: Tillförlitlighetsgrafer över scenario (1.1) - (1.8) samt normalscenariot. (a) Normalscenariot (0). (b) -50% försörjningsreduktion (1.1). (c) -70% försörjningsreduktion (1.2). (d) -80% försörjningsreduktion (1.3). (e) -85% försörjningsreduktion (1.4) (f) -90% försörjningsreduktion (1.5). (g) -95% försörjningsreduktion (1.6). (h) -99% försörjningsreduktion (1.7). (i) -100% försörjningsreduktion (1.8).

6.3 Förlängd reparationstid

Ifall en total eller delvis utslagning av beroendena telekommunikation, personal eller transporter sker ger det i samtliga fall en förlängd reparationstid. Enligt respondenterna ska vattentillförseln kunna upprätthållas under en viss tid även om något av dessa beroenden slås ut. Här antogs det att felfungerande komponenter tar längre tid att upptäcka eller åtgärda. Vid undersökning av förlängd reparationstid kördes fem olika delscenarier där reparationstiden för ledningar förlängdes med en faktor 2 (2.1), 5 (2.2), 10 (2.3), 25 (2.4), 47 (2.5) respektive. Att just dessa reparationstider valdes var för att skapa en skala för VA-bolagen att själv kunna jämföra sin förmåga med analysresultaten. Dessutom användes stora spann för att täcka in osäkerheter och synergieffekter i resultaten. Anledningen till att reparationstiden förlängdes 47 gånger i scenario (2.5) var för att detta motsvarar att en ledning som blir utslagen

aldrig hinner repareras under den analyserade tremånadersperioden. Delscenarierna jämförs med normalscenariot. I Figur 6.5 presenteras antalet kunder som inte får dricksvatten givet de olika scenarierna.



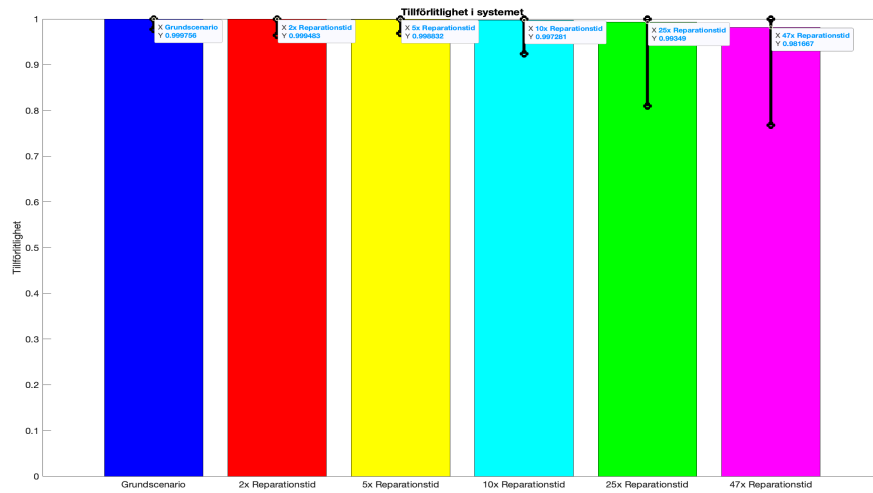
Figur 6.5: Antalet kunder som påverkas vid förlängda reparationstider på ledningar för scenario (2.1) – (2.5), samt för jämförelse även normalscenariot.

Sett till medelvärdet av tillförlitligheten för systemet i de olika dels scenarierna ökar antalet kunder som är utan vatten nästan linjärt med den ändrade reparationstiden. Detta gäller för samtliga scenarier utom det absolut värsta, där konsekvensen blir större än förväntat. Från att elva kunder i genomsnitt drabbas i normalscenariot är det i snitt 24, 55, 128 och 308 kunder som drabbas i scenario (2.1) – (2.4). I scenario (2.5) drabbas 863 kunder. Det värsta utfallet för varje enskilt scenario ökar inte med samma linjäritet som medelvärdet, men ökningen är ändå signifikant. Från att ca 1700 kunder drabbas maximalt i normalscenariot, och närmare 2000 kunder maximalt då reparationstiden dubblas och femdubblas, ökar denna siffra upp mot 11 000 (23%) kunder maximalt om inga reparationer alls går att genomföra. Detta skulle kräva en massiv nödvatteninsats vilket vore svårt ifall det finns en avsaknad av exempelvis personal.

Rörbrott i genomsnitt påverkar ett mindre antal kunder, jämfört med bortfall av vattentillförseln. Däremot är det tydligt att det finns en ökad risk för betydligt allvarigare konsekvenser än de genomsnittliga, speciellt när reparationstiderna ökar.

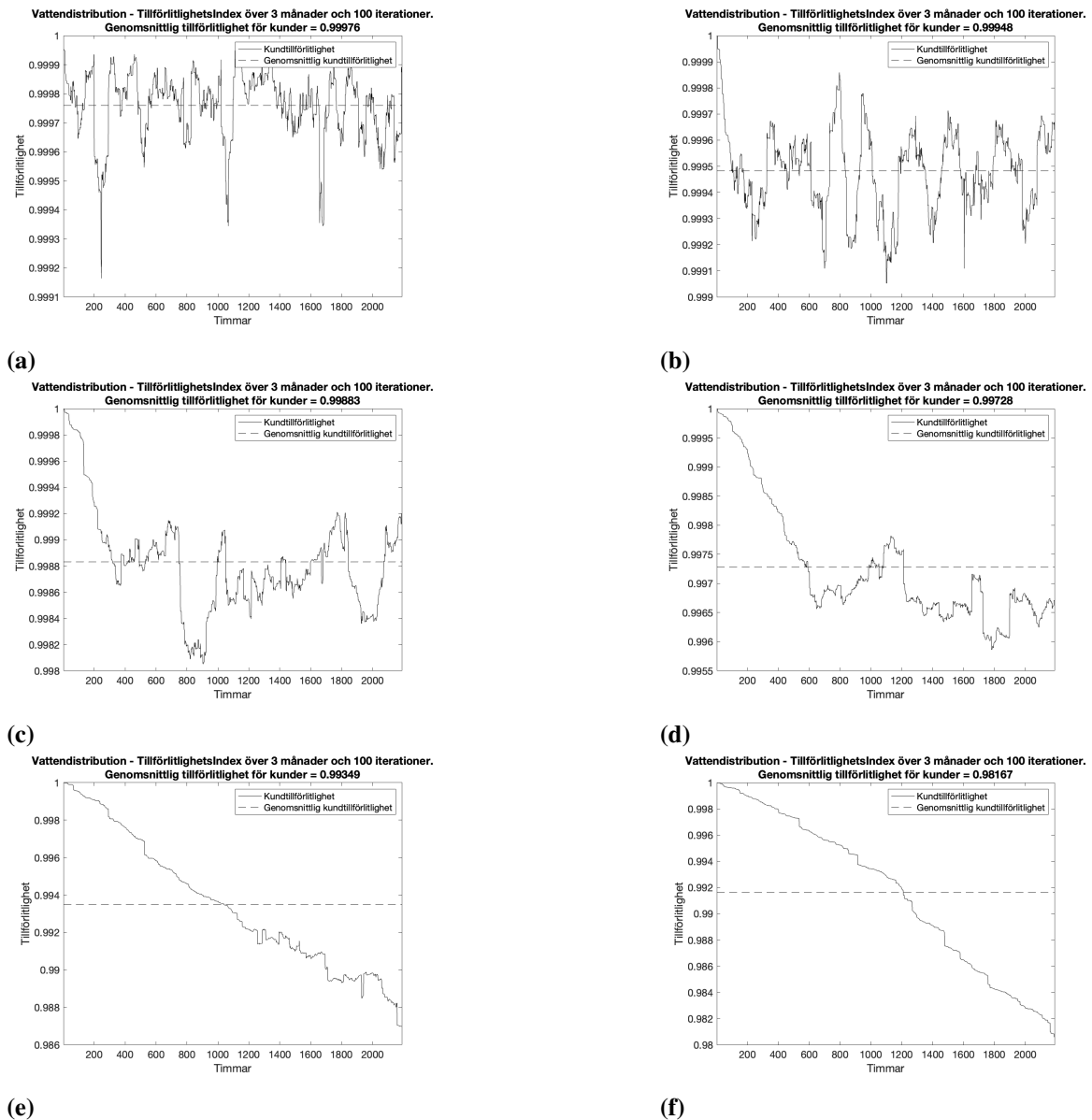
Sett till tillförlitligheten för systemet är denna i genomsnitt fortsatt hög för samtliga scenarier, se i Figur 6.6. Det bör dock konstateras att denna reducerats från 0,99976 i normalscenariot, ner till 0,98167 ifall inga reparationer går att genomföra. Tillförlitligheten för scenario (2.5) riskerar dock vid extremfall att reduceras till ca 75%. Anledningen till den begränsade påverkan av förlängd reparationstid är det redundanta ledningsnätet, god vatten-

tillförel, samt att felfrekvensen för rörbrott är låg (dvs. under den aktuella perioden hinner inte särskilt många rörbrott ske).



Figur 6.6: Tillförlitligheten för scenario (2.1) - (2.5) samt även normalscenariot för jämförelse.

Graferna för de olika scenariernas respektive tillförlitlighet, som genomsnitt av de 100 genomförda iterationerna, ses i Figur 6.7.



Figur 6.7: Figur 6.7: Tillförlitlighetsgrafer för scenario (2.1) - (2.5) samt normalscenariot. (a) Normalscenariot (0). (b) 2x reparationstid (2.1). (c) 5x reparationstid (2.2). (d) 10x reparationstid (2.3). (e) 25x reparationstid (2.4). (f) 47x reparationstid (2.5).

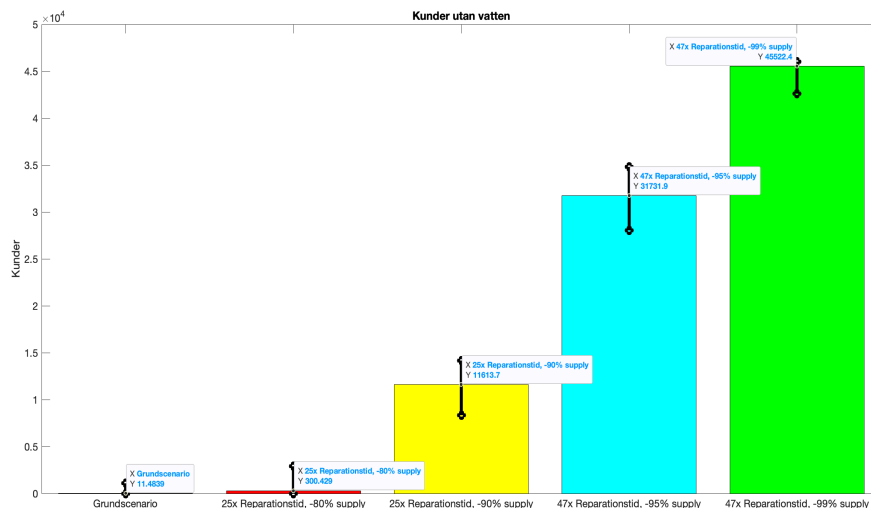
Från Figur 6.7 går det att se att ju högre reparationstiden är, desto mindre fluktuerar tillförlitlighetskurvan. Anledningen till detta är att en kort reparationstid medför att rörbrott hinner lagas inom rimliga tider vilket höjer tillförlitligheten igen. För längre reparationstider dröjer det innan tillförlitligheten ökar igen. Det går också att se att tillförlitligheten avtar snabbt i början av den undersökta tidsperioden för samtliga scenario (utom möjligen scenario 2.1). Grovt går det att se att det i scenario (2.3) tar över 480 timmar ($48h \cdot 10$) innan någon reparation kan slutföras och att tillförlitligheten först kan öka efter att denna tid förflutit. Samma sak går att se i scenario (2.4) där kurvan först börjar fluktuera efter 1 200 timmar ($48h \cdot 25$). I scenario (2.5) blir det aldrig några fluktuationer utan här avtar tillförlitligheten istället stadigt

eftersom inga ledningar hinner repareras inom 3-månadersperioden.

6.4 Utslagen vattentillförsel och förlängd reparationstid

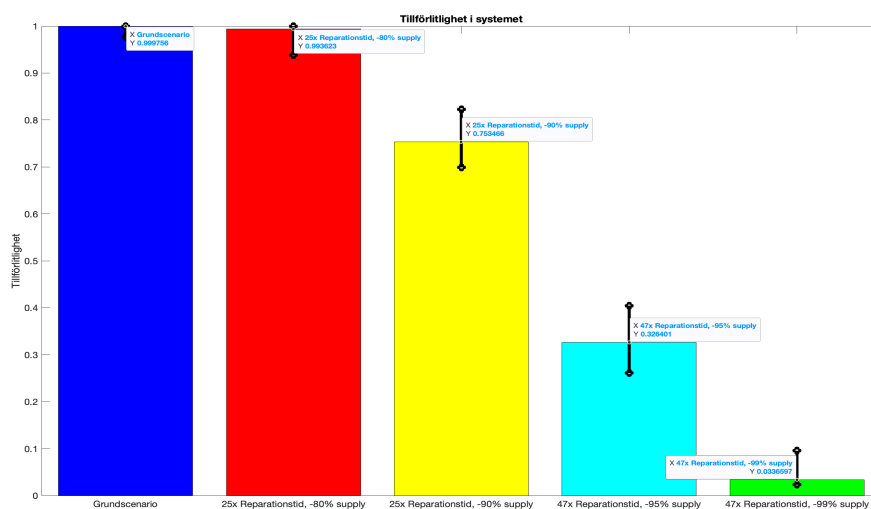
I det sista scenariot simulerades en samtidig utslagning av vattentillförsel och förlängd reparationstid. Detta för att studera synergien mellan de två faktorerna. Totalt genomfördes fyra delscenarier och dessa utformades efter att vattentillförseln var reducerad med 80%, 90%, 95% och 99%. Mindre än 80% utslagen vattentillförsel ansågs inte nödvändigt att studera eftersom den inneboende tröskeln med överdimensionerad vattenproduktion gör att det inte uppstår några större konsekvenser. Inte heller scenariot med 100% utslagen vattentillförsel ansågs intressant eftersom konsekvensen här redan var total av förklarliga skäl. Utslagningarna på 80% och 90% parades ihop med en reparationstid på 25 gånger (scenario (3.1) och (3.2)) medan utslagningarna på 95% och 99% parades ihop med 47 gångers reparationstid (scenario (3.3) och (3.4)). Anledningen till att de två mest extrema reparationstiderna användes var för att belysa mer extrema situationer där både vattentillförseln var kraftigt begränsad och att starka begränsningar i möjligheten att återställa ett felfungerande system. Enligt de tidigare analyserna ger utslagen vattentillförsel större konsekvenser än förlängd reparationstid, varför extrema reparationstider möjligen kan påvisa synergien mellan dessa två parametrar.

I Figur 6.8 kan det noteras att kundpåverkan i stort följer elförsörjningens påverkan. Konsekvensen blir större när flera beroenden är sammanslagna, men det skiljer inte särskilt mycket från endast utslagen vattentillförsel. Det kan alltså konstateras att för att upprätthålla systemets funktionalitet under en 3-månadersperiod är det viktigare för systemet att ha en god vattentillförsel än låga reparationstider, då låga felfrekvenser och redundans gör systemet mer tillförlitligt gentemot felfungerande komponenter.



Figur 6.8: Antalet kunder som påverkas vid ett samtidigt bortfall av utslagen vattentillförsel och förlängd reparationstid. Normalscenariot finns med som jämförelse.

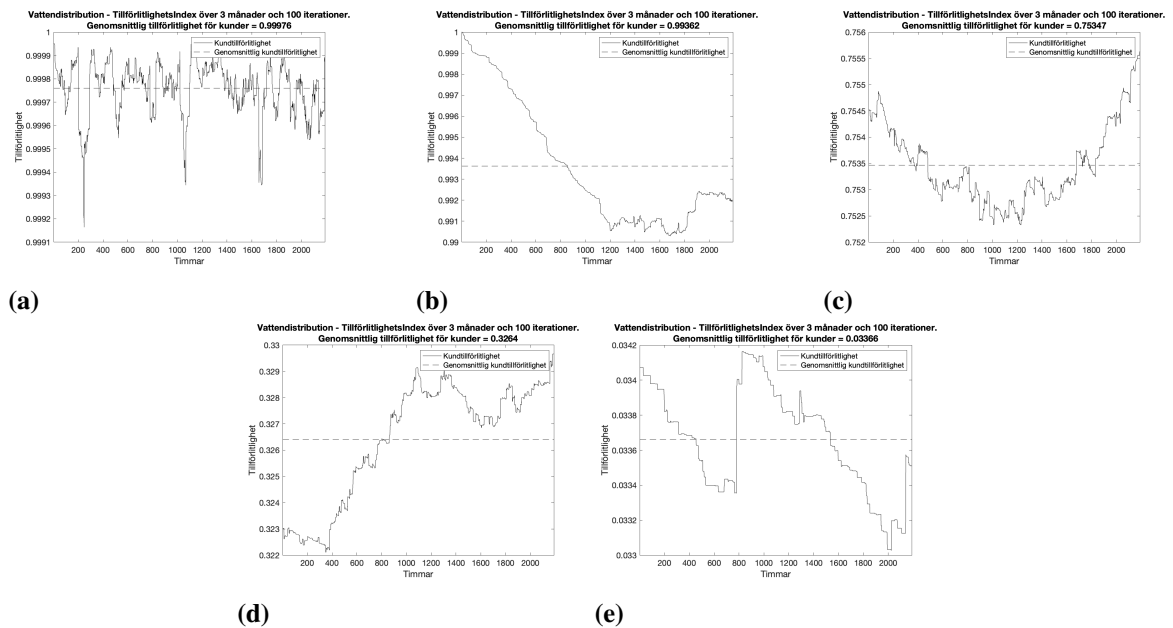
Tillförlitligheten i systemet för de olika scenarierna undersöktes i Figur 6.9:



Figur 6.9: Förändring av tillförlitlighet i de olika scenarierna där det både är utslagen vattentillförsel och förlängd reparationstid. Normalscenariot finns med som jämförelse.

När vattentillförseln reducerats mer än 87,7% är konsekvenserna påtagliga. Dock märks de förlängda reparationstiderna av innan denna utslagning eftersom dessa inte påverkas av tröskelvärdet för vattentillförseln. Jämförs tillförlitligheten för de olika scenarierna här med de respektive resultaten för endast utslagen vattentillförsel, går det att se att samtidigt utslagna beroenden påverkar systemet mer än ett utslaget beroende i taget, även om denna förändring är liten.

Tillförlitligheten för scenarierna kan ses i Figur 6.10.



Figur 6.10: Tillförlitlighetsgrafer över scenario (3.1) - (3.4) samt normalscenario för jämförelse. (a) Normalscenario (0). (b) 25x reparationstid och 80% reducerad tillförsel (3.1). (c) 25x reparationstid och 90% reducerad tillförsel (3.2). (d) 47x reparationstid och 95% reducerad tillförsel (3.3). (e) 47x reparationstid och 99% reducerad tillförsel (3.4).

De genomsnittliga tillförlitlighetskurvorna från scenario (3) i Figur 6.10 ser annorlunda ut än de i scenario (1) i Figur 6.4. Det genomsnittliga värdet följer överlag samma som för utslagen vattentillförsel, men fluktuationerna påverkas istället av de förlängda reparationstiderna. Dock följer graferna inte heller samma mönster som i scenario (2) vilket beror på att det råder brist på vatten och att alla kunder inte kan tillgodoseas. När ledningar felfungerar går vissa kunder inte att försörja vilket kan öka tillförlitligheten då förhållandet mellan tillfört vatten och behovet av vatten förändras.

7 Diskussion

Detta examensarbete har kartlagt de beroenden som finns för dricksvattenförsörjningen samt undersökt hur branschen arbetar för att minska sårbarheterna mot dessa beroenden. Fokus var även den beredskap som finns inom sektorn samt det civila försvar som Sverige i dagsläget håller på att bygga upp. För att kunna kartlägga och få information om sektorns arbete kring beroenden och beredskap genomfördes både en litteraturgenomgång och en intervjustudie. För att kunna analysera effekterna av dessa beroenden, som branschen är i behov av, genomfördes även mer detaljerade beroendeanalyser utifrån en modellerings- och simuleringsansats. I detta avsnitt diskuteras de viktigaste slutsatserna. Dessutom behandlas styrkor och svagheter för både intervjustudie och beroendeanalysen samt en avslutande del om vad som kunde gjorts bättre eller vad som kan undersökas i en liknande kompletterande framtida studie.

7.1 Beroenden och kaskadeffekter

Från intervjuerna framgick det att respondenterna övergripande hade en god uppfattning om vilka beroenden dricksvattensektorn har, däremot upplevdes det finnas mindre kunskap kopplat till vilka specifika effekter som ett bortfall av ett visst beroende kan få. Dessutom tenderade respondenterna att för det mesta vilja hantera ett beroende i taget. Med anledning av att de kritiska infrastrukturerna i hög grad är samberoende är det dock inte troligt att en enskild kritisk infrastruktur drabbas isolerat vid större störningar. Således kan en kombination av störningar inom olika infrastrukturer som dricksvattenförsörjningen är beroende av få stora konsekvenser. Detta kan indikera att det inom branschen finns ett behov av att utöka förståelsen gällande scenarier där flera beroenden faller bort samtidigt. Samma trend märktes i litteraturen där beroenden överlag adresserades individuellt (MSB, 2009). Det framtagna angreppssättet möjliggör att analysera effekterna av beroenden, både enskilda och samtidigt, avseende förmågan att upprätthålla dricksvattenförsörjningen. Beroendeanalysen som genomfördes var ett första steg att visa på hur sådana mer detaljerade analyser kan genomföras. Även vad gäller kaskadeffekter, där störningar i en infrastruktur leder till utslagningen av andra infrastrukturer på grund av beroenden, finns ett behov av att utforska och vidare analysera inom branschen.

Genom intervjuerna framgick det att kemikalier är en viktig beroende för dricksvattenförsörjningen (Livsmedelsverket, 2022a). Detta kemikalieberoende berör främst kvaliteten på

dricksvattnet som distribueras. Även om kemikalierna är essentiella för reningen av vatten, kan orent vatten i nödsituationer ofta distribueras ut följt av exempelvis kokrekommendationer. Som ett exempel togs kriget i Ukraina upp där till och med bräckt vatten har pumpats ut i ledningen för att befolkningen åtminstone ska kunna utföra sanitära behov.

7.2 VA-organisationens beredskapsarbete

VA-bolagen är väl medvetna om sitt ansvar att förse den egna kommunens invånare med dricksvatten oavsett läge. Trots att klimatförändringar varit det största fokuset inom branschen under en längre tid så har det på senare tid arbetats mycket mot att även stärka beredskapen. Hot och risker identifieras främst genom risk- och sårbarhetsanalyser men från intervjuerna framkom att det saknas kvantitativa analyser likt beroendeanalysen som presenteras i denna rapport. Vidare indikeras det att samarbetet i branschen och med myndigheterna överlag är gott och att arbetet med beredskap hela tiden utvecklas.

Enligt respondenterna är de huvudsakliga incitamenten inom branschen lagkrav och ekonomi. Gällande lagkrav studeras det av Livsmedelsverket i dagsläget vilka lagar andra länder har kopplade till sin dricksvattenberedskap och ifall dessa kan användas i den svenska modellen. På vissa håll upplevs nämligen den svenska lagstiftningen idag som för strikt och hämmande. Bland annat upplevs det inte finnas något svängrum i krislägen. Det ekonomiska incitamentet är känsligare för VA-bolagen. En problematik som lyfts är att dessa inte själva kan reglera den VA-taxa som är tänkt att finansiera hela organisationen. Detta görs idag av kommunpolitikerna och upplevs ibland som för lågt satt jämfört med allt som ska rymmas inom de intäkter som genereras. Resultatet blir att underhållsarbeten och beredskapsåtgärder riskerar att konkurrera med varandra där den sistnämnda tenderar att åsidosättas eftersom underhåll är mer brådskande. Trots att det finns ekonomiska stöd att söka för VA-bolagen, framkom det exempel på när dessa pengar hamnat hos kommunen istället och sedan inte överförts vidare till VA-bolaget.

7.2.1 VA-sektorns aktualitet

Huruvida VA-sektorn får den uppmärksamhet den förtjänar av media och av allmänheten råder det delvis delade meningar om bland respondenterna. Några menade att eftersom frågan inte lyfts betyder det att sektorn fungerar, medan andra hävdade att det finns en stor underhållsskuld inom distributionsnätet som inom en snar framtid kommer att behöva åtgärdas. Vidare menade dessa respondenter att detta är pengar som kommunerna inte sitter på. En orsak till att sektorn får så lite uppmärksamhet kan vara för att det aldrig uppstått någon större kris inom den svenska dricksvattenförsörjningen och att denna därför tas för given.

7.3 Slutsatser från beroendeanalysen

Beroendena i beroendeanalyserna översattes till att påverka två parametrar i modellen, nämligen tillgången på dricksvatten och reparationstiden. Resultaten visade att en reduktion av vattentillförseln på grund av beroenden (över 87,7% reduktion) gav enorma konsekvenser. Analysen visade också att reparationstiden kan öka till extrema 47 gånger (maxtiden i modellen) och ändå inte påverka tillförlitligheten för systemet i särskilt stor utsträckning för en tremånadersperiod. Den reducerade vattentillförseln var här på grund av utslagen elförsörjningen, och det förefaller rimligt att just elförsörjning är bland de mest essentiella beroendena då denna inte har något substitut. Även respondenterna uttryckte att en utslagen elförsörjning vore förödande för vattenförsörjningen då reningsverk och pumpar inte fungerar utan denna. Det kan därför konstateras att reservkraft är en viktig faktor för att inte stå utan elförsörjning till viktiga komponenter i systemet om den normala elförsörjningen slås ut.

Förlängd reparationstid var i sin tur här kopplad till beroendet av utslagen telekommunikation, personalförsörjning eller uteblivna transporter. Respondenterna nämnde att telekommunikation går att klara sig utan, men påverkar organisationens uthållighet. Därför är det rimligt att ett bortfall av endast telekommunikationen har begränsad påverkad. Gällande personalförsörjning så är dricksvattenförsörjningen, tack vare användandet av telekommunikation, gjord för att fungera med en begränsad personalstyrka. Således antas det att en mindre personalstyrka klarar att upprätthålla dricksvattenförsörjningen. De fel som uppstår i systemet tar möjligen lång tid att reparera, men tack vare den inbyggda redundansen i systemet kan försörjningen av vatten till de flesta kunder ändå upprätthållas vid normala felfrekvenser (dvs. att systemet inte störs mer än normalt). Beroendet till transporter är svårare att avgöra effekten av. Är det brist på fordon eller leveranser, exempelvis på grund av drivmedelsbrist, måste stora reservdelslager finnas om reparationer ska kunna göras under tiden. Utöver detta kan det vara svårt att ta sig ut till platsen där reparationer behöver göras.

De reparationstider som användes för normalscenariot samt skalorna för ökande reparations-tider är satta utifrån kvalitativa svar från respondenterna och visar genom simuleringar att kan ge långvariga avbrott i dricksvattenförsörjningen. Från verklig historisk data från vattendistributionssystem kan avbrott upp mot 350 timmar förekomma (Axelsdottir och Bjärestam, 2018). Syftet med detta arbete var att undersöka hur normalsystemet påverkas av mer moderata till extrema beroendescenarier och hur detta påverkar dricksvattenförsörjningen. Detta gjordes genom att dela upp varje scenario på en skala från minimalt till maximalt beroende, i ett försök att fånga osäkerheter i ingående parametrar och antaganden samt då specifika värden ej gick att använda på grund av sekretesskäl. Utifrån analyserna kan en specifik VA-aktör sedan bedöma var på dessa skalor deras organisation befinner sig och därmed

dra vidare slutsatser.

Den naturliga felfrekvensen för komponenter i systemet är väldigt låg vilket leder till att det oftast endast är ett fåtal komponenter som, trots långa reparationstider, slogs ut samtidigt. Vidare har det undersökta systemet en hög nivå av redundans, dvs. klarar oftast bortfall av flertal komponenter utan att det leder till allvarligare försörjningsproblem. Detta styrks även av intervjuerna där flera respondenter nämnde att distributionssystem generellt har en hög redundans. En förenkling i modellen kopplad till reparationstiden av individuella komponenter antogs vara oberoende av andra samtidigt fel. I ett verkligt scenario är det rimligt att anta att VA-bolagens kapacitet och resurser är begränsade och inte klarar att genomföra reparationer på många platser samtidigt. Speciellt inte om det finns en brist på exempelvis personal. Detta kompenseras i viss mån genom att sätta väldigt höga reparationstider i de beroendescenario som var kopplade till reparationskapacitet. Resultaten visade dock att tillförlitligheten och redundansen i dricksvattennätet är mycket god. Reparationstider som överskred tre månader, dvs. komponenter inte hann repareras under undersökta perioden, ledde ändå inte till försörjningsproblem av samma magnitud som reducerad vattentillförsel.

7.4 Styrkor och svagheter med intervjustudien

En styrka med intervjustudien var att denna innehöll en relativt bred täckning av dricksvattensektorn i form av typ av aktörer. Utöver VA-bolag som VA SYD, NSVA och Sydvatten, intervjuades även både MSB och Livsmedelsverket, som har en mer generaliserad bild av området. Dessutom intervjuades branschföretaget Svenskt Vatten, som bland annat fungerar som en bro mellan VA-bolagen och politiken.

En svaghet var att täckningen av VA-bolag geografiskt sett inte var stor. Inom ramen för ett examensarbete är det inte möjligt att intervjua alla VA-bolag i hela Sverige. Av praktiska skäl intervjuades tre VA-bolag som är lokaliserade i västra Skåne. Då Skånes VA-struktur skiljer sig en del från andra delar av Sverige, med produktion och distribution uppdelad, kan detta göra att resultaten inte alltid är helt representativa för landet som helhet. VA-bolagen som intervjuades var också förhållandevis stora organisationer jämfört med den genomsnittliga storleken på VA-bolag i landet. Detta skulle kunna medföra att dessa VA-bolag har bättre förutsättningar för att identifiera beroenden, hantera kriser och bedriva sitt beredskapsarbete än många andra VA-bolag.

Under själva intervjun tenderade antalet frågor att vara något för många för de ca 90 minuter som var tillgängligt för genomförande. Bredden i frågorna varierade också beroende på respondent, men detta upplevdes som en fördel då intervjuer genomfördes med olika typer av aktörer, både VA-bolagen med detaljkunskap om sin verksamhet och myndigheter och

branschorganisationen som hade en mer generaliserade bild. Alltså upplevdes denna struktur fungera bra.

7.5 Styrkor och svagheter beroendeanalysen

En svårighet för beroendeanalysen var att specifik information om dricksvattensystemet var svår att erhålla, med anledning av den sekretess som råder. Följaktligen fick beroendeanalysen anpassas till dessa begränsningar, vilket resulterade att det främst fanns två storheter, vattentillförsel och reparationstid, att manipulera för att beskriva beroendenas påverkan på det undersökta vattendistributionssystemet.

En osäkerhetskälla för resultaten från simuleringen var att antalet iterationer i Monte Carlo-simuleringen av praktiska skäl var begränsade. Tanken från början var att genomföra minst 1000 iterationer för att säkerställa att en större utfallsrymd undersöktes för mer valida resultat, men då ramminnet inte räckte till i den dator som användes för simuleringarna, fick antalet iterationer dras ner till 100. Det testades med både 500 och 200 iterationer men även då uppstod problem. Efter att ha simulerat grundscenariot ett antal gånger med 100 iterationer kunde det dock konstateras att medelvärdet för tillförlitligheten genomgående hamnade på ungefär samma nivå, även om extremvärdena varierade mer. Vidare genomfördes en konvergensanalys (se Figur 4.1), som visade att 100 iterationer åtminstone ger en god konvergens av samplade felfrekvenser för komponenterna och därmed acceptabla resultat för den genomsnittliga tillförlitligheten för systemet. Dock, eftersom få antal iterationer genomfördes, är det stor osäkerhet kopplade till identifiering av mer sällsynta felfall som kan leda till höga konsekvenser. Analys av identifiering av max- och minvärdena visar att de är mer extrema för 300 iterationer än för 100 iterationer, se Figur 4.2. Detta betyder att endast fåtal scenarier av mer allvarlig karaktär identifieras vid lägre antal iterationer. Uppfattningen är dock att detta inte påverkar de allmänna trenderna och jämförelse av resultaten från de olika beroendeanalyserna i någon högre grad då syftet främst är att jämföra de olika beroendena och graden av påverkan med varandra.

7.6 Fortsatta undersökningar

Ifall detta arbete skulle startats om från början utifrån min nuvarande kunskap skulle en förbättringspotential kunna vara att ha en större bredd bland de undersökta VA-bolagen. Detta gäller dels att få en större geografisk spridning så att respondenterna inte enbart kommer från västra Skåne. Dels vore det bra att intervjua olika stora VA-bolag då större bolag tenderar att ha bättre förutsättningar för att bedriva ett beredskapsarbete enligt respondenterna.

Beroendeanalysen som genomfördes inom ramen för examensarbetet var ett första försök att mer fördjupat kunna studera effekterna av beroenden på förmågan att upprätthålla vattenförsörjningen, något som efterfrågas i branschen. Modellen som användes för vattendistributionssystemet var något förenklad avseende dess funktion, som främst tog hänsyn till struktur för ledningsnät (men inte kapacitet för ledningsnätet), produktionskapacitet och efterfrågan. Här finns potential att göra en mer detaljerad modell i framtida studier. Vidare analyserades systemet utifrån sin normala funktion (ett tillförlitlighetsperspektiv) och hur beroenden kunde påverka förmågan att upprätthålla denna normala funktion. Därmed kunde inte mer extrema fall och sårbarheter identifieras kopplat till beroenden. Här skulle det vara intressant att både möjliggöra mer omfattande simuleringar (dvs. lösa de praktiska problemen kopplat till antal iterationer som kunde genomföras) samt vidare undersöka analyser som tar ett mer sårbarhetsperspektiv (t.ex. att fel i distributionssystemet inte endast sker utifrån naturliga/fredstida förutsättningar utan även av mer antagonistisk karaktär eller mer extrema typer av händelser). Slutligen finns det en utvecklingspotential att förbättra omställningen av beroendenas påverkan för upprätthållandet av systemets försörjningsförmåga. Inte minst kopplat till att kunna förändra fler ingångsvärden för modellen för att bättre fånga påverkan av de olika beroendena och förbättra träffsäkerheten i resultaten.

8 Slutsatser

Här presenteras de slutsatser som framkommit under arbetets gång och som ämnar besvara examensarbetets frågeställningar. Den övergripande slutsatsen är att den allmänna känneteckningen om vilka beroenden som finns inom dricksvattenförsörjningen är relativt god inom branschen. Däremot finns det en avsaknad av sätt att analysera beroendena på ett större djup och vilka konsekvenser de faktiskt kan få. Därför har det inom detta examensarbete gjorts ett första försök att analysera beroendenas konsekvenser närmare.

Hur är dricksvattenförsörjningen beroende av andra kritiska infrastrukturer/samhällsviktiga verksamheter?

Från intervjuerna framkom det att de primära beroendena som finns kopplade till dricksvattenförsörjningen är elförsörjningen, telekommunikation, personalförsörjning samt transporter som levererar reningskemikalier och reservdelar samt drivmedel till reservkraften i nödsituationer. Även råvatten och laboratorier är något som flera respondenter tryckte på som viktiga för att upprätthålla dricksvattenförsörjningen.

Vidare är påverkan av dessa beroenden olika. Beroendet av elförsörjning framkom under intervjuerna som det mest fundamentala och utan denna kan VA-företagen inte fullfölja sina uppdrag. Telekommunikationen går i normalfall att klara sig utan, men minskar organisationernas uthållighet markant då mängden personal som krävs för att upprätthålla försörjningen av dricksvatten ökar. Råder inget annat beroendebortfall och systemet i övrigt fungerar som normalt anses organisationerna ofta klara sig med reducerade personalstyrkor under längre tidsperioder, tack vare den redundans som finns i dricksvattensystemet. Det indikeras dock att uthålligheten inte är oändlig och att personalstyrkan behöver återgå till full styrka igen efter ett tag.

Kemikalier krävs framförallt i produktionsfasen av dricksvatten, det förekommer dock att klor används i distributionsfasen också. Mängden som behövs beror mycket på kvaliteten av råvattnet. Dricksvattenförsörjningen kan, precis som med beroendet till personal, ofta upprätthållas en tid trots att transporter med nya reservdelar uteblir tack vare den redundans som finns i distributionssystemet. Detta beror dock på vilken komponent som fallerar, då det finns en del högst kritiska komponenter. I händelse av utslagen yttre elförsörjning krävs även transporter för att både köra ut reservkraft samt att försörja dessa med drivmedel. Dessa är essentiella då upprätthållande av dricksvattenförsörjningen inte kan upprätthållas utan

elektricitet.

Det finns ett uppenbart beroende av tillgång till råvatten, den mängd vatten som förbrukas av ett samhälle går inte att transportera med lastbil. Dessutom behövs laboratorier för att kunna utvärdera om vattnet, både innan men framförallt efter rening, är tjänligt.

Hur kan effekterna av dessa beroenden analyseras kvantitativt avseende vattenförsörjningens tillförlitlighet?

I rapporten genomfördes beroendeanalyser utifrån ett första försök att möjliggöra mer detaljerade analyser av beroendens effekter för upprätthållandet av vattenförsörjningen i en normalstor stad. Distributionsnätet för dricksvatten modellerades utifrån en nätverksteoretisk ansats samt med tillägg av en förenklad funktionell modell. Effekterna analyserades genom att ändra två olika parametrar i modellen, nämligen vattentillförseln och reparationstiden för utslagna komponenter.

Reducerad vattentillförseln hade en stor inverkan på antalet drabbade kunder i beroendeanalysen, och vilket är direkt kopplat till att elförsörjningen slås ut. Det fanns dock en tröskelleffekt då det råder stor överkapacitet i förhållandet mellan tillgänglig produktion och efterfrågan. I stort sett påverkades ingen kund av minskad vattentillförsel tills dess att 87,7% överskreds. Därefter blev det snabbt en stor påverkan. Med ökande reparationstider följde en mer linjär påverkan på antalet drabbade kunder utifrån ett tillförlitlighetsperspektiv och utifrån antagandet att systemet i övrigt fungerade som normalt. Om inga mer omfattande störningar än de som normalt sker i systemet visar analysen att dessa beroenden var relativt svaga, dvs. att förmågan att försörja merparten av kunderna under ett tremånadersperspektiv i stort kunde upprätthållas trots extremt förlängda reparationstider. Tillförlitligheten för ett dricksvattennät är i grunden hög, vilket påvisades både empiriskt och i simuleringarna. Dessutom sker fel i systemet relativt sällan i normalfallet.

Beroendeanalysen visade tydligt att reducerad vattentillförsel i systemet riskerar att påverka betydande andel av kunderna. Om detta är orsakat av ett elbortfall visar resultaten att tillgång till, och upprätthållande av, reservkraft under ansträngda situationer är en viktig komponent för att säkerställa leveranssäkerheten under olika hotbilder.

Vad görs i nuläget och vilka behov finns det för att minska sårbarheterna kopplade till de identifierade beroendena ur ett beredskapsperspektiv?

För att minska sårbarheterna arbetar branschen kontinuerligt med att ta fram beredskapsplaner och identifiera hotbilder. Den svenska beredskapen håller på att byggas ut i allmän-

het, vilket även märks inom dricksvattensektorn. Det har indikerats genom intervjuerna att Livsmedelsverket är en uppskattad samarbetspartner som stödjer VA-bolagen i deras beredskapsarbete samt för deras talan högre upp i makthierarkin.

Uppfattningen är att VA-branschen ofta har en tillfredsställande övergripande kunskap om vilka beroenden de har, men att det finns behov av att kunna genomföra mer detaljerade beroendeanalyser. Speciellt avseende att kunna utforska beroendenas synergieffekter, då de beroenden som identifierats i branschen tenderar att studeras och hanteras individuellt. Här skulle även högre ordningens beroende behöva kartläggas på en mer samhällsnivå, då kaskadeffekter lätt kan uppstå och sprida sig mellan olika kritiska infrastrukturer.

I det scenario där distributionen av dricksvatten havererar och en stadsdel eller ett mindre geografiskt område blir utan vatten, har VA-bolagen ofta en nödvattenplan. Dessa nödvattenplaner, och de nödvattenresurser som finns, är dock högst begränsade för något annat än en mindre fredstida kris i dagsläget. Detta är något som många VA-bolag är medvetna om och arbetar för att förbättra. Försörjning av nödvatten har i högsta grad även beroenden, t.ex. kopplat till transporter och drivmedelsförsörjning, som kan vara i behov att belysa ur ett beredskapsperspektiv.

En problematik som finns är att VA-bolag i en del fall har svårt att få gehör för sina investeringsförslag hos styrande lokalpolitiker. Dessutom är ekonomin en begränsande faktor. VA-taxan är det som ska finansiera VA-bolagen, men denna kan i många fall anses vara för låg. Detta bidrar till att underhållsarbete och beredskapsarbete konkurrerar med varandra vilket oftast resulterar i att beredskapsinvesteringar åsidosätts. Trots att det finns finansiella stöd hos bland annat MSB, är uppfattningen att dessa pengar ibland stannar hos kommunen utan att slussas vidare till VA-bolagen. Därmed kan finansieringen av beredskapsarbetet behöva ses över och bli effektivare framöver.

I dagsläget finns inga större lager av vare sig reservdelar eller kemikalier. VA-bolagen är mer eller mindre beroende av JIT. Då det nya civilförsvaret ska planeras för minst tre månader, kan större lager av både kemikalier och reservdelar behövas. Detta är dock kopplat till stora svårigheter eftersom hållbarheten för en del kemikalier inte är så lång, de måste oftast omsättas i normal drift under i storleksordningen 6–12 månader. Dessutom tar lager stor plats vilket också är ett problem att lösa praktiskt. Denna fråga är högst aktuell och något som för närvarande utreds inom branschen.

Litteratur

- Amaral, L., & Ottino, J. (2004). Complex networks. *The European Physical Journal B*, 38, 147–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1140/epjb/e2004-00110-5>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Assad, A., Moselhi, O., & Zayed, T. (2019). A New Metric for Assessing Resilience of Water Distribution Networks. *Water*, 11(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w11081701>
- Astedt-Kurki, P., & Heikkinen, R. (1994). Two approaches to the study of experiences of health and old age: the thematic interview and the narrative method. *Journal of advanced nursing*, (20(3)), 418–421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1994.tb02375.x>
- Auden, W. (1957). First things first. <https://genius.com/W-h-auden-first-things-first-annotated>
- Aven, T., & Renn, O. (2010). *Risk management and governance: Concepts, guidelines and applications* (Vol. 16). Springer Science & Business Media.
- Axelsdottir, E., & Bjärenstam, R. J. (2018). *Critical Infrastructure Resilience - Comparing Swedish critical infrastructures based on interruption data* (examensuppsats). Lunds Universitet. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8954871&fileId=8954872>
- Baecher, G. (2006). Mitigating water supply system vulnerabilities. *NATO Security through Science Series*, 149–157. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/1-4020-4924-2_11
- Birkett, D. M. (2017). Water Critical Infrastructure Security and Its Dependencies. *Journal of Terrorism Research*, (8(2)), 1–21. <https://doi.org/http://doi.org/10.15664/jtr.1289>
- Clark, R. M., & Hakim, S. (2014). *Securing water and wastewater systems: global perspectives*. Springer.
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (u. å). Critical Infrastructure Sectors. <https://www.cisa.gov/topics/critical-infrastructure-security-and-resilience/critical-infrastructure-sectors>
- Energimyndigheten. (2023). Ett uppdaterat NIS-direktiv - vad innebär NIS 2? <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/informationssakerhet/nis-2/>
- EU-direktiv 2008/114/EG. (2008). Om identifiering av, och klassificering som, europeisk kritisk infrastruktur och bedömning av behovet att stärka skyddet av denna. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0114>

//eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:345:0075:0082:EN:PDF

- Europarådet. (2022). EU resilience: Council presidency and European Parliament reach political agreement to strengthen the resilience of critical entities. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/28/eu-resilience-council-presidency-and-european-parliament-reach-political-agreement-to-strengthen-the-resilience-of-critical-entities/>
- Europeiska kommissionen 2020/0365. (2020). Proposal for a Directive of the European Parliament and the of the Council on the resilience of critical entities. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-12414-2022-INIT/en/pdf>
- Försvarshögskolan. (2022). Hotbilden mot dricksvatten- och livsmedelsområdet. <https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/publikationer/sok-publikationer/broschyr/hotbilden-mot-dricksvatten-och-livsmedelsområdet-2022>
- Fransson, E. (2023). *Kartläggning och analys av Skånes elförsörjning* (examensuppsats). Lunds Universitet. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9111550>
- Gleick, P. H. (1993). Water and Conflict: Fresh Water Resources and International Security. *International Security*, 18(1), 79–112. <https://doi.org/10.1162/isec.18.1.79>
- Große, C. (2020). *Towards Systemic Governance of Critical Infrastructure Protection : State and Relevance of a Swedish Case* (doktorsavhandling). Mid Sweden University, Department of Information Systems och Technology. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%5C%3A1439568&dswid=-6681>
- Guidotti, R., Chmielewski, H., Unnikrishnan, V., Gardoni, P., McAllister, T., & van der Lindt, J. (2016). Modeling the resilience of critical infrastructure: the role of network dependencies. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, (1(3-4)), 153–168. <https://doi.org/10.1080/23789689.2016.1254999>
- Hall, J., Zaffiro, A., Marx, R., Kefauver, P., Krishnan, R., Hought, R., & Herrmann, J. (2007). On-Line water quality parameters as indicators of distribution system contamination. *Journal AWWA*, 99(1), 66–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2007.tb07847.x>
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2018). Ansvar för vatten – vem gör vad? <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/vattenbrist/ansvar-for-vatten---vem-gor-vad.html>
- Johansson, J. (2010). Risk and Vulnerability Analysis of Interdependent Technical Infrastructures: Addressing Socio-Technical Systems. <https://lup.lub.lu.se/search/files/5859340/1585667.pdf>
- Johansson, J., & Hassel, H. (2010). An approach for modelling interdependent infrastructures in the context of vulnerability analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 95(12), 1335–1344. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ress.2010.06.010>

- Johansson, J., Hassel, H., Cedergren, A., Svegrup, L., & Arvidsson, B. (2015). Method for describing and analysing cascading effects in past events: Initial conclusions and findings. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b19094-581>
- Johansson, J., Hassel, H., & Zio, E. (2013). Reliability and vulnerability analyses of critical infrastructures: Comparing two approaches in the context of power systems. *Reliability Engineering & System Safety*, *120*, 27–38.
- Kanno, Y., & Ben-Haim, Y. (2011). Redundancy and Robustness, or When Is Redundancy Redundant? *Journal of Structural Engineering*, *137*(9), 935–945. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000416](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000416)
- Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, *1*(1), 11–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x>
- Kreamer, D. K. (u. å). The Past, Present, and Future of Water Conflict and International Security. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, *149*(1), 87–95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2012.03130.x>
- Krisberedskapsmyndigheten. (2007). Gränsöverskridande beroenden. <https://www.msb.se/siteassets/dokument/amnesomraden/krisberedskap-och-civilt-forsvar/stod-i-att-analysera-beroenden/gransoverskridande-beroenden.pdf>
- Laugé, A., Hernantes, J., & Sarriegi, J. (2015). Critical infrastructure dependencies: A holistic, dynamic and quantitative approach. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, *8*, 16–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2014.12.004>
- Lindström, J., & Johansson, J. (2021). How Corona Crisis Affects Critical Flows – a Swedish Perspective. *Proceedings of the 31th European Safety and Reliability Conference*, 2986–2993. https://doi.org/10.3850/978-981-18-2016-8_385-cd
- LIV 2022:12. (2022). Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/dricksvatten---naturl-mineralv---kallv/livsfs-2022-12_web_t.pdf
- Livsmedelsverket. (2021a). Förslag till arbetsplan. Stärkt dricksvattenförsörjningen under höjd beredskap. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/redovisade-reguppdrag/2021/forslag-till-arbetsplan-starkt-dricksvattenforsorjning-under-hojd-beredskap.pdf>
- Livsmedelsverket. (2021b). Försörjning av kemikalier inom den svenska dricksvattenproduktionen.
- Livsmedelsverket. (2022a). Kemikalier för dricksvattenrening. <https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/krisberedskap-och-civiltforsvar/krisberedskap-for-dricksvatten/arbete-for-att-sakra-tillgang-till-kemikalier>
- Livsmedelsverket. (2022b). Krisberedskap och civilt försvar. <https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/krisberedskap-civiltforsvar>
- Livsmedelsverket. (2022c). Nationell samordning av dricksvattenfrågor.

- Livsmedelsverket. (2022d). Vägledning för prioritering av fällningskemikalier inom dricksvattenproduktion och avloppsrening. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/handbocker-verktyg/vagledning-for-prioritering-av-fallningskemikalier-inom-dricksvattenproduktion-och-avloppsrening-2022-03-14.pdf>
- Livsmedelsverket. (2023). Livsmedelsverkets arbete med livsmedelsberedskap. <https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/krisberedskap-och-civiltforsvar/livsmedelsberedskap-mat-och-vatten-vid-kris-och-krig/livsmedelsverkets-arbete-med-livsmedelsberedskap>
- Mårtensson, H., Malm, A., Sederholm, B., Sällström, J.-H., & Trägårdh, J. (2018). Framtidens hållbara VA-ledningssystem. https://www.svensktvatten.se/contentassets/0dfc8061928d4757a8f816f66486b31e/svur_18-10a.pdf
- McEntire, D. A. (2003). Searching for a holistic paradigm and policy guide: a proposal for the future of emergency management. *International Journal of Emergency Management*, 1(3), 298–308. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2003.003295>
- MSB. (2009). Faller en – faller då alla? <https://www.msb.se/siteassets/dokument/amnesomraden/krisberedskap-och-civilt-forsvar/stod-i-att-analysera-beroenden/faller-en---faller-da-alla.pdf>
- MSB. (2019). Nationell risk- och förmågebedömning 2019. <https://www.msb.se/sv/publikationer/nationell-risk--och-formagebedomning-2019/>
- MSB. (2020). Uppdaterad definition samhällsviktig verksamhet. <https://www.msb.se/contentassets/75e789d780c741cd9c8621eac846ec21/uppdaterad-definition-samhallsviktig-verksamhet.pdf>
- MSB. (2021a). Identifiering av samhällsviktig verksamhet : lista med viktiga samhällsfunktioner. <https://www.msb.se/sv/publikationer/identifiering-av-samhallsviktig-verksamhet--lista-med-viktiga-samhallsfunktioner/>
- MSB. (2021b). Planering för försörjning av varor och tjänster. https://www.msb.se/contentassets/6c210fd64c7f462bb485409affe1b8bd/planering-forsorjning-varor-tjanster_msb1765_reviderad.pdf
- MSB. (2022). Strukturreform av krisberedskap och civilt försvar. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/det-svenska-civila-beredskapssystemet/strukturreform-av-krisberedskap-och-civilt-forsvar/#Beredskapsmyndigheter>
- MSB och SKR. (2021). Överenskommelse om kommunernas arbete med civilt försvar. <https://www.msb.se/contentassets/7795b65965634290b10280571ac4aee6/overenskommelse-kommuner-civilt-forsvar-2022beslutad.pdf>
- NSVA. (u. å). Om NSVA. <https://www.nsva.se/om-nsva/foretaget/om-nsva/>
- Öberg, E. (2011). *Sårbarhetsanalys av samberoende infrastrukturer med användning av nätverksmodellering* (examensuppsats). Lunds Universitet.

- Osei-Kyei, R., Tam, V., Ma, M., & Mashiri, F. (2021). Critical review of the threats affecting the building of critical infrastructure resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102316>
- Petit, F., Bassett, G., Black, R., Buehring, W., Collins, M., Dickinson, D., Fisher, R., Haf-fenden, R., Huttenga, A., Klett, M., m. fl. (2013). *Resilience measurement index: An indicator of critical infrastructure resilience* (tekn. rapport). Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States).
- Proposition 2014/15:109. (2015). Försvarspolitisk inriktning – Sveriges försvar 2016–2020. <https://www.regeringen.se/contentassets/266e64ec3a254a6087ebe9e413806819/proposition-201415109-forsvarspolitisk-inriktning--sveriges-forsvar-2016-2020>
- Proposition 2020/21:30. (2020). Totalförsvaret 2021–2025. <https://www.regeringen.se/4a965d/globalassets/regeringen/dokument/forsvarsdepartementet/forsvarsproposition-2021-2025/totalforsvaret-2021-2025-prop.-20202130.pdf>
- Pursiainen, C. (2018). Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 632–641. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.08.006>
- Rabionet, S. E. (2011). How I Learned to Design and Conduct Semi-structured Interviews: An Ongoing and Continuous Journey. *The Qualitative Report*, (16(2)), 563–566. <https://doi.org/https://doi.org/10.46743/2160-3715/2011.1070>
- Riksrevisionen. (2008). Dricksvattenförsörjning - beredskap för stora kriser. <https://www.riksrevisionen.se/rapporter/granskningsrapporter/2008/dricksvattenforsorjning---beredskap-for-stora-kriser.html>
- Rinaldi, S., Peerenboom, J., & Kelly, T. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6), 11–25. <https://doi.org/10.1109/37.969131>
- Sjöstrand, K., Klingberg, J., Zadeh, N., Haraldsson, M., Rosén, L., & Lindhe, A. (2021). The Value of Water—Estimating Water-Disruption Impacts on Businesses. *Water*, 1565(13(11)). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13111565>
- Sonesson, T. R., Johansson, J., & Cedergren, A. (2021). Governance and interdependencies of critical infrastructures: Exploring mechanisms for cross-sector resilience. *Safety Science*, 142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105383>
- Starossek, U., & Haberland, M. (2011). Approaches to measures of structural robustness. *Structure and Infrastructure Engineering*, 7(7-8), 625–631. <https://doi.org/10.1080/15732479.2010.501562>
- Stockholm Vatten, H2Oslo, Göteborgs Stad, VA SYD, HRM & HOFOR. (2013). Nyckel-talsrapport 2013. <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1735353>
- Svenskt Vatten. (2023). Om vattentjänstlagen. <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/juridik/vattentjanster-regler-fragor-och-praxis/>

- Sveriges riksdag. (2015). Försvarspolitisk inriktning – Sveriges försvar 2016–2020. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/proposition/forsvarspolitisk-inriktning---sveriges-forsvar_H203109
- Sydvatten. (2015). Så här fungerar dricksvattenförsörjningen. <https://sydvatten.se/om-sydvatten/sa-har-fungerar-dricksvattenforsorjningen-i-vastra-skane/>
- Tehler, H. (2015). A general framework for risk assessment. *Lund: Division of Risk Management and Societal Safety*.
- VA SYD. (2018). Åtgärdsplan för Lunds avlopp 2018. https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Avlopp/Atgardsplaner-for-avlopp/tgrdsplan-Lund-2018-ver-2.pdf
- VA SYD. (2022). Dricksvatten. <https://www.vasyd.se/Artiklar/Dricksvatten>
- VA SYD. (2023). Vår Organisation. <https://www.vasyd.se/Artiklar/Om-oss>

Bilaga A

Frågeformulär

Intervjufrågor

Förväntas ta ca 1-2h Är det okej att intervjun spelas in? Inspelningarna är endast till för att kunna sammanfatta och renskriva intervjuanteckningarna i efterhand och kommer därefter att raderas.

Kan ni beskriva er verksamhet övergripande och vad din/er verksamhetsroll är?

- Vad gör företaget?
- Hur många kunder?
- Hur många anställda?
- Vad är din roll?
- Hur arbetar ni på övergripande nivå för att uppnå en resilient dricksvattenförsörjning?
- Vilka hotbilder tittar ni på (endast vardags/fredstida, extrema händelser (t.ex. väder eller sabotage) och tar ni höjd för krig)?

Är det okej att organisationen benämns med namn eller vill ni att den ska vara anonym?

Följande artikel visar på ämnets relevans:

SVENSKA KRISBEREDSKAPEN



Kommuner saknar planer för utslaget dricksvatten

Alla kommuner har inte en plan för en situation där dricksvattnet slås ut, rapporterar Ekot.

En enkät från branschorganisationen Svenskt vatten visar att 25 av de 177 kommuner som har svarat helt saknar nödvattenplan vid kris eller krig. Nästan hälften har en plan men vet inte vilket behov som finns i kommunen.

- Utan vattenförsörjning är ett land totalt rökt, och det går fort, säger Pär Dalheim, vd på Svenskt vatten.

Figur A.1: Artikel från Omni 13/12 2022 av Helena Sällström.

Hur ser det ut för er organisation? Har ni en plan för en situation där dricksvattendistributionen slås ut?

- Har ni egen utrustning för nödvattenförsörjning?
- Vad är uthålligheten för denna?
- Finns det några svaga länkar i att upprätthålla nödvattenförsörjningen?
- Vilka yttre beroenden finns kring att kunna upprätthålla nödvattenförsörjningen?
- Hur ser dricksvattenproduktionen ut i ett sådant scenario?

Har det någonsin skett en olycka eller inträffat en kris som på allvar hotat eller hade kunnat hota vattendistributionen? (*Stormen Gudrun, Fartyg på tvären i suzkanalen, krig i Ukraina (eller på andra platser), etc.*)

Beroenden

Dessa frågor avser upprätthållandet av dricksvattenförsörjningen bortsett från användande av nödvatten, dvs för att hitta ”sårbarheter” i ordinarie vattenförsörjning.

Har ni arbetat något för att kartlägga vilka beroenden från extern infrastruktur/tjänster/etc. som finns för er verksamhet?

- Har det gjorts analyser/utredningar för hur dessa påverkar?
- Vilken data och vilka metoder har då använts?
- Har de identifierade beroendenas vidare beroenden spårats (dvs. 2:a och, 3:e, etc. ordningens beroende)?
 - Ser ni det som ert ansvar eller någon annans (vem?) att göra denna typ av kartläggningar?
- Känner du till någon rapport eller aktör som arbetat med dessa frågor?

Vilka yttre beroenden ser ni när det gäller vattenförsörjning (både i fredstid och i händelse av krig)? (*Ex. Transport, el, kemikalier, personal, telekom*)

Följande frågor är inte avsedda att besvaras inte med exakta siffror, utan utifrån en skala på (0–10) där 0 = obefintlig påverkan och 10 = 100% utslagen vattenförsörjning för samtliga kunder.

Hur påverkar avsaknad av **transporter** till vattenverken distributionen av dricksvatten?

- Till vad behövs transporter? (*Kemikalier, reservdelar, drivmedel etc.*)
 - Körs transporter utefter ”Just-In-Time” eller lagerhålls utrustning (lokalt, regionalt, nationellt)?
- Hur stor andel av **transporterna** kan utebli innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)

- Kvalité
- Kvantitet
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (*Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?*)

Hur påverkar avsaknad av **kemikalier** på vattenverken distributionen av dricksvatten?

- Vilka kemikalier finns det? (*Fällningskemikalier, klor, kalk, aktivt kol, m.fl.?*)
 - Vad gör de olika kemikalierna? Vilken är viktigast?
 - o Kvalité
 - o Kvantitet
- Hur stor mängd av **kemikalierna** kan falla bort innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (*Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?*)

Hur påverkar avsaknad av **el** till vattenverken distributionen av dricksvatten?

- Finns det reservkraft på plats, hur försörjs denna?
- Hur stor andel av **elförsörjningen** kan försvinna innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (*Direkt, <12h,*

12–24, 24–48, 48–72, >72)

- Kvalité
- Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)?
(Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?)

Hur påverkar avsaknad av **personal** på vattenverken distributionen av dricksvatten?

- Hur stor andel av **personalen** kan utebli innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)?
(Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur ser organisationen ut? Slimmad eller finns det gott om personal? Nyckelkompetenser?
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?)

Hur påverkar avsaknad av **telekom** på vattenverken distributionen av dricksvatten?

- Hur stor andel av **telekommunikationen** kan falla bort innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité

- Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (*Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?*)

Finns det några **övriga beroenden** som påverkar distributionen av dricksvatten (som vi inte diskuterat)?

- Hur stor andel av det **övrigt beroende** kan falla bort innan det påverkar upprätthållandet av distributionen av dricksvatten?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur påverkas vattenförsörjningen/vad blir konsekvensen vid ett bortfall?
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid innan vattenförsörjningen påverkas om beroendet slås ut? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Hur lång tid tar det innan driften är tillbaka till 100% (vid återkomst av beroendet)? (*Direkt, <12h, 12–24, 24–48, 48–72, >72*)
 - Kvalité
 - Kvantitet
- Går det att bedöma om troligheten att detta inträffar över en 10-årsperiod? (*Normalt, vid naturkatastrof, vid krig?*)

Beredskap

Hur ser er roll ut i beredskapsplaneringen?

- Vilka uppgifter har ni?
- Vilka krav har ni på er?
- Hur ser ansvarsförhållandet ut?
- Vilka lagar finns det att förhålla sig till?

Vilken upplevd försörjningsberedskap kopplad till civilt försvar har ni?

- Genomförs krisberedskapsövningar?
 - Om ja, har intensiteten av dessa ökat under senare år?

Hur ser samarbetet med olika aktörer ut gällande beredskap?

- Vilka aktörer har ni samarbetat med?
- Har detta arbete utvecklats under senare år?

Dricksvattenförsörjning är normalt ett kommunalt ansvar – men staten har en viktig roll gällande lagstiftning, regelverk och tillsyn.

- Hur kommuniceras lagstiftning?
- Sker tillsyn? Åtgärder efter tillsyn?
- Hur är denna arbetsfördelning?
- Gör staten tillräckligt för att hålla vattenförsörjningen aktuell – ges vägledning vid behov?
- Finns det tillräckliga incitament?
- Hur har lagar och förordningar förändrats över tid?

I den senaste försvarspropositionen för perioden 2021–2025 utökades målen för totalförsvaret och därmed det civila försvaret och detta ska nu planeras för 3 månader.

- Är detta något som ni börjat arbeta med eller planera för?
- Vad ser ni för utmaningar kring detta arbete?

Hur ser beredskapen ut i Sverige jämfört med andra länder? (*Finland, Norge, övriga Europa, världen etc.*)

Bonusfråga:

Ukrainas elförsörjning är utslagen och med den delvis vattenförsörjningen – hur löser de dricksvattenförsörjningen just nu? Hur skulle en liknande situation i Sverige se ut?

Är det något som vi missat?

När formuläret är renskrivet kommer det att skickas ut till er så att det ges möjlighet till komplettering av information, förtydliganden eller dementerande av uppgifter.

Bilaga B

Matlabkod

```
% Skript dar simuleringarna gjordes:
```

```
clear all
```

```
% Read Excel-files
```

```
nw1 = CIR_ReadExcel('WaterREALv4','Water','LABM3',0);
```

```
%FOR EXJOBET: Tillforlitlighetsindex for kunder
```

```
%Reducerar supplynoder med 70%(Andrades under arbetets gang  
beroende vilket scenario som kordes).
```

```
SupplyNodes=find(nw1.Supply>0);
```

```
nw1.Supply(SupplyNodes)=nw1.Supply(SupplyNodes)*0,3;
```

```
%Oka reparationstider med faktor 10: (Andrades under  
arbetets gang beroende vilket scenario som kordes).
```

```
nw1.ComponentMatrix(:,5)=nw1.ComponentMatrix(:,5)*10;
```

```
%Kor simulering
```

```
NbrIterations = 100;
```

```
ResultsNW1 = CIR_Reliability(nw1,NbrIterations);
```

```
save('AutoSave_TestRun')
```

```

%% Skript dar graferna gjordes:
load AutoSave_TestRun1.mat
ResultsOriginalSystem=ResultsNW1;
load AutoSave_TestRun2.mat
ResultsOriginalSystem2=ResultsNW1;
load AutoSave_TestRun3.mat
ResultsOriginalSystem3=ResultsNW1;

PlotLimit = [1 2190];
PlotName = 'Reliability for the network';

%Nedan figur plottar mean/mean
CIR_ReliabilityPlots(ResultsOriginalSystem,nw1,'
    ReliabilityCustomers',PlotLimit,PlotName)
CIR_ReliabilityPlots(ResultsOriginalSystem2,nw1,'
    ReliabilityCustomers',PlotLimit,PlotName)
CIR_ReliabilityPlots(ResultsOriginalSystem3,nw1,'
    ReliabilityCustomers',PlotLimit,PlotName)

%Nedan plottar varje iteration for sig.
figure
plot([1:1:2190],ResultsOriginalSystem.ReliabilityCustomers')
plot([1:1:2190],ResultsOriginalSystem2.ReliabilityCustomers
    ')
plot([1:1:2190],ResultsOriginalSystem3.ReliabilityCustomers
    ')
axis([1 2190 min(min(ResultsOriginalSystem.
    ReliabilityCustomers))*0.99 1.001])
title('Tillforlitlighet i systemet per iteration') % Varje
    farg motsvarar en iteration.
xlabel('Timmars')
ylabel('Tillforlitlighet')
ax = gca;
ax.FontSize = 13;

```

```

%Nedan skapar stapeldiagram över tillförlitligheten
figure
hold on
title('Tillförlitlighet i systemet')
ylabel('Tillförlitlighet')
ax = gca;
ax.FontSize = 13;
bar(1,mean(mean(ResultsOriginalSystem.ReliabilityCustomers))
    , 'b')
plot([1 1],[min(min(ResultsOriginalSystem.
    ReliabilityCustomers)) max(max(ResultsOriginalSystem.
    ReliabilityCustomers))], 'ko-', 'Linewidth',4, 'Markersize'
    ,8)

bar(2,mean(mean(ResultsOriginalSystem2.ReliabilityCustomers)
    ), 'r')
plot([2 2],[min(min(ResultsOriginalSystem2.
    ReliabilityCustomers)) max(max(ResultsOriginalSystem2.
    ReliabilityCustomers))], 'ko-', 'Linewidth',4, 'Markersize'
    ,8)

bar(3,mean(mean(ResultsOriginalSystem3.ReliabilityCustomers)
    ), 'y')
plot([3 3],[min(min(ResultsOriginalSystem3.
    ReliabilityCustomers)) max(max(ResultsOriginalSystem3.
    ReliabilityCustomers))], 'ko-', 'Linewidth',4, 'Markersize'
    ,8)
box on

```

```

% Nedan skapar stapeldiagram over kunder utan vatten
figure
hold on
title('Kunder utan vatten')
ylabel('Kunder')
ax = gca;
ax.FontSize = 13;
bar(1,mean(mean(ResultsOriginalSystem.Customers)),'b')
plot([1 1],[min(min(ResultsOriginalSystem.Customers)) max(
    max(ResultsOriginalSystem.Customers))],'ko-','Linewidth'
    ,4,'Markersize',8)

bar(2,mean(mean(ResultsOriginalSystem2.Customers)),'r')
plot([2 2],[min(min(ResultsOriginalSystem2.Customers)) max(
    max(ResultsOriginalSystem2.Customers))],'ko-','Linewidth'
    ,4,'Markersize',8)

bar(3,mean(mean(ResultsOriginalSystem3.Customers)),'y')
plot([3 3],[min(min(ResultsOriginalSystem3.Customers)) max(
    max(ResultsOriginalSystem3.Customers))],'ko-','Linewidth'
    ,4,'Markersize',8)
box on

```