



# Vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt för beroendeanalys inom samhällsviktiga verksamheter

- Förbättringspotential för analys av elberoende

Kicki Rönnåker och Sofia Wennerbeck

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

Avdelningen för Energihushållning, Institutionen för Energivetenskaper

och

Avdelningen för Riskhantering och Samhällssäkerhet

Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



# Vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt för beroendeanalys inom samhällsviktiga verksamheter

- Förbättringspotential för analys av elberoende

Kicki Rönnåker och Sofia Wennerbeck

Maj 2020, Lund

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Energi-hushållning, Inst. för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH och Avdelningen för Riskhantering och Samhällssäkerhet, Lunds Universitet - LTH; handledare på LU-LTH: biträdande universitetslektor Kerstin Sernhed och universitetslektor Jonas Johansson; examinator på LU-LTH: universitetslektor Per-Olof Kallioniemi och universitetslektor Alexander Cedergren.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-20/5455-SE

© 2020 Kicki Rönnåker och Sofia Wennerbeck samt Energivetenskaper och Riskhantering och Samhällssäkerhet

Energi-hushållning

Institutionen för Energivetenskaper

Riskhantering och Samhällssäkerhet

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

[www.energy.lth.se](http://www.energy.lth.se)

[www.risk.lth.se](http://www.risk.lth.se)

## Abstract

In Sweden, risk- and vulnerability assessments, including dependency analyses, are required by law for public actors who are of vital societal functions or critical infrastructure. However, there is a lack of guidance regarding how to perform this kind of analysis. Electrical power is one of the strongest dependencies of our society today. Thus, it is interesting to examine how the dependency of electricity is analysed by the above-mentioned actors, and if it can be improved using methods published in scientific literature. The goal with this study is to contribute with a basis for a new or improved method for dependency analysis of electrical power.

To investigate the scope of scientific methods for dependency analyses, a literature study is executed. In the literature study four methods and one framework were identified as potentially useful for dependency analyses of electricity for actors considered vital societal functions or critical infrastructures. Based on these methods and framework a series of factors relevant for dependency analysis of electricity was identified. A interview based study was then performed with the intentions of gaining an understanding of what methods are used for dependency analyses. Four people participated in the interview study, all with experience of performing dependency analyses for vital societal functions within municipalities or regions.

A tool for analysis was developed using the identified factors. This tool was then used to analyse the result of the literature and interview studies, and to compare practical methods with scientific methods for dependency analysis for electricity.

A divergence was found and this divergence and the developed tool for analysis were used to identify potential improvements for analysing the dependency of electricity in vital societal functions. Based on this, five suggestions for improvements were presented: description of different types of data, support for analysis using flow chains, support for analysis using time aspects, support for semi-quantitative and quantitative evaluation, and a clear and template-based method guidance.

The study indicates that due to the lack of guidance, there currently is a certain need for a usable and accessible method for dependency analyses of electricity. Our recommendation is that if such a method is to be developed, it should include the above-mentioned suggestions.

The extent of the study means that the identified divergence cannot be determined on a higher level. However, the suggestions that were presented can be a basis for further studies.

## Sammanfattning

För samhällsviktiga verksamheter som drivs av offentliga aktörer finns lagkrav på att utföra risk- och sårbarhetsanalyser, vilka ska innehålla beroendeanalyser. Dock finns det en brist på vägledning gällande utförande av dessa analyser. Ett av de starkaste beroenden som finns i samhället idag är elberoendet. Därför finns ett intresse för att undersöka hur elberoendet analyseras i praktiken inom samhällsviktiga verksamheter och om detta kan förbättras med hjälp av metoder för beroendeanalys som publicerats i vetenskaplig litteratur. Målet med studien är att kunna bidra med ett underlag till en ny eller förbättrad metod för beroendeanalys av el.

För att få en bild av vad det finns för vetenskapliga metoder genomförs en litteraturstudie. I litteraturstudien identifierades fyra metoder och ett ramverk som skulle kunna vara användbara för beroendeanalys av el inom offentliga samhällsviktiga verksamheter. Baserat på de metoder och ramverk som studerats identifierades ett antal faktorer som är relevanta för elberoendeanalys. En intervjustudie genomfördes sedan för att ge en bild av vilka tillvägagångssätt som finns för beroendeanalys i praktiken. I intervjustudien deltog fyra personer som arbetar med beroendeanalyser för samhällsviktiga verksamheter inom kommuner och regioner.

Med hjälp av faktorerna som identifierats utvecklades ett analysverktyg som sedan användes för att analysera resultatet av de båda studierna, och för att kunna jämföra praktiska tillvägagångssätt med vetenskapliga metoder för beroendeanalys av el.

Divergens fanns och utifrån den och det analysverktyg som utvecklades identifierades förbättringspotential kring hur elberoende kan analyseras inom samhällsviktiga verksamheter. Baserat på denna potential presenteras fem förbättringsförslag: beskrivning av typer av data, stöd för analys med hjälp av flödeskedjor, stöd för analys med hjälp av tidsaspekter, stöd för semi-kvantitativ och kvantitativ värdering samt ett tydligt och mallbaserat metodstöd.

Studien visar att det finns ett visst behov av en lättanvänd och tillgänglig metod för beroendeanalys av el, då detta inte finns i dagsläget. Vi föreslår att en sådan ska innehålla ovan nämnda förslag.

Omfattningen av studien gör att den divergens som identifierats inte går att fastställa på ett större plan. Dock kan de förslag som tagits fram vara en grund för vidare studier inom området.

## Förord

Detta examensarbete har skrivits under hösten 2019 och färdigställs i januari 2020. Examensarbetet skrivs som en kombination av utbildningsinriktningarna riskhantering och energisystem och är det som avslutar vår utbildning till Civilingenjörer.

Vi vill tacka våra handledare från LTH, Kerstin Sernhed och Jonas Johansson, för ert stöd och feedback under arbetets gång.

Vi vill även tacka Lars Strömdahl på Bengt Dahlgren för att du hjälpt oss med kontakter till relevanta personer, samt tagit dig tiden att ha möten och ge oss feedback på arbetet.

Tack också till er som tog er tid att delta i studien. Era svar var en viktig del i arbetet.

Slutligen ett stort tack till alla på Bengt Dahlgrens Malmökontor för att vi fått sitta hos er och skriva vår uppsats och vara med på aktiviteter under hösten. Vi har känt oss så himla välkomna och det har varit jätteroligt.

Lund 2020-05-29

---

Kicki Rönnåker

---

Sofia Wennerbeck

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>5</b>
<b>Förord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>9</b>
1.1 Syfte och Mål .....	10
1.2 Frågeställningar .....	11
1.3 Avgränsningar .....	11
<b>2 Begrepp och definitioner</b> .....	<b>12</b>
2.1 Risk.....	12
2.2 Riskhantering.....	12
2.3 Sårbarhet.....	13
2.4 Samhällsviktig verksamhet och kritisk infrastruktur .....	14
2.5 Beroenden.....	14
2.6 Kontinuitetshantering.....	15
2.7 Risk- och sårbarhetsanalys.....	15
2.8 Beroendeanalys.....	16
<b>3 Elberoende och Sveriges elförsörjning</b> .....	<b>18</b>
3.1 Beroende av el .....	18
3.2 Energi och elanvändning i Sverige.....	18
3.3 Stamnät och zoner.....	18
3.4 Effektreserven .....	19
3.5 Styrel .....	19
3.6 Reservkraft.....	19
3.7 Ellagen .....	19
3.8 Orsaker till avbrott och sårbarheter i elsystemet.....	20
3.9 Konsekvenser vid elavbrott.....	21
<b>4 Metod för studien</b> .....	<b>22</b>
4.1 Litteraturstudie .....	23
4.2 Analysverktyg med faktorer för elberoendeanalys .....	23
4.3 Intervjuer.....	27
4.4 Analys.....	28
<b>5 Vetenskapliga ramverk och metoder för beroendeanalys</b> .....	<b>29</b>
5.1 Ramverk för beroenden inom kritiska infrastrukturer (CII).....	29
5.2 Empirisk metod för beroendeanalys av infrastrukturer .....	31

5.3	<i>Metod baserad på input-output-modell</i> .....	33
5.4	<i>Flödesmetoden</i> .....	35
5.5	<i>MSB:s metod</i> .....	40
5.6	<i>Sammanfattning av de vetenskapliga metoderna</i> .....	43
<b>6</b>	<b>Tillvägagångssätt för beroendeanalys i praktiken</b> .....	<b>45</b>
6.1	<i>Resultat av intervjustudie</i> .....	45
6.2	<i>Sammanställning och jämförelse av tillvägagångssättet för beroendeanalys i praktiken</i> .....	50
<b>7</b>	<b>Jämförelser av vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt</b> .....	<b>52</b>
7.1	<i>Förbättringsförslag som identifierats</i> .....	53
<b>8</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>54</b>
8.1	<i>Vetenskapliga metoder</i> .....	54
8.2	<i>Praktiska tillvägagångssätt</i> .....	55
8.3	<i>Förbättringsförslag baserade på studien</i> .....	56
8.4	<i>Självreflektion</i> .....	59
<b>9</b>	<b>Slutsats</b> .....	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>62</b>
<b>Bilaga 1</b> .....		<b>65</b>
	<i>Intervjufrågor</i> .....	65



## 1 Inledning

Enligt MSB har under 2000-talet intresset för, och arbetet med, att skydda samhället från kriser vuxit till följd av en ökad risk- och hotbild på grund av olika händelser. Stormen Gudrun 2005 hade stark påverkan på elsystemet och orsakade strömavbrott för mer än en halv miljon hushåll i Sverige, varav 50 000 hushåll hade strömavbrott i över en vecka (MSB, 2009). Olika internationella antagonistiska handlingar såsom terrordåden på pendeltågstationer i Madrid och i tunnelbanan i London (2004 respektive 2005) har bland annat orsakat enorma avbrott i trafiksystem. Detta i kombination med flertalet andra stora elavbrott och samhällsstörningar i Sverige och runtom i världen, har, enligt MSB, gjort att oron i samhället har ökat när det gäller olika beroenden av tjänster som tillhandahålls av kritiska infrastrukturer (MSB, 2009). Kritiska infrastrukturer är system som är viktiga för samhället, exempelvis elförsörjning, transportsystem och vattenförsörjning (Kjølle, Utne & Gjerde, 2012). Till följd av den ökade oron har kritisk infrastruktur lyfts som något som är viktigt att skydda och inom EU har dessa diskussioner lett fram till *European Programme for Critical Infrastructure Protection*, EPCIP, som är ett program för att identifiera och skydda kritisk infrastruktur. En del i programmet är identifiering och analys av beroenden hos kritiska infrastrukturer (European Commission, 2019).

I Sverige har det ökade intresset resulterat i bland annat att Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har börjat arbeta med kritiska beroenden och analyser av dessa. Ett kritiskt beroende är ett sådant som är avgörande för att en samhällsviktig verksamhet ska fungera, och där avbrott i leverans leder till en direkt och långvarig degradering av verksamhetens funktion (MSB, 2009). Arbetet görs för att kunna skapa en bild av de kritiska beroenden som finns och därigenom skapa goda förutsättningar för att upprätthålla samhällets funktionalitet vid olika avbrott och störningar (MSB, 2009). Exempelvis har MSB, på uppdrag av regeringen, tagit fram en ”samlad nationell strategi för skydd av samhällsviktig verksamhet” (MSB, 2011) med syftet att stärka funktionaliteten i samhället, och som är en del av Sveriges krisberedskap.

Som en del i arbetet med att stärka samhällets funktionalitet har MSB identifierat 11 olika sektorer där det finns samhällsviktig verksamhet. Samhällsviktiga verksamheter kan bedrivas av både privata eller offentliga aktörer och definieras av MSB som verksamheter som uppfyller minst ett av följande två villkor (MSB, 2009):

*Ett bortfall av, eller en svår störning i verksamheten som ensamt eller tillsammans med motsvarande händelser i andra verksamheter på kort tid kan leda till att en allvarlig kris inträffar i samhället.*

samt

*Verksamheten är nödvändig eller mycket väsentlig för att en redan inträffad kris i samhället ska kunna hanteras så att skadeverkningarna blir så små som möjligt.*

De sektorer som har samhällsviktiga verksamheter är: energiförsörjning; finansiella tjänster; hälso- och sjukvård samt omsorg; information och kommunikation; livsmedel; skydd och

säkerhet; transporter; handel och industri; kommunalteknisk försörjning; offentlig förvaltning; samt socialförsäkringar. Dessa sektorer har olika beroenden, både inom och mellan sektorerna. Det som är gemensamt för alla sektorer och deras samhällsviktiga verksamheter är dock att de har ett tydligt och i vissa fall kritiskt beroende av el för att fungera (MSB, 2009), vilket i sin tur innebär att Sverige är starkt beroende av el för att upprätthålla samhällets funktioner och för att undvika kriser i samhället.

Det starka elberoende som finns i Sverige medför risker och sårbarheter för de ovan nämnda sektorerna, och det är därför viktigt att kunna beskriva och förstå detta beroende. Att identifiera och analysera beroenden bidrar till att skapa en grund för diskussioner kring hur samhället ska kunna bli säkrare och underlättat även för krisplanering (KBM, 2007c). Med bakgrund av detta är det viktigt att göra beroendeanalyser av specifikt el.

Samhällsviktiga verksamheter som drivs av offentliga aktörer har enligt föreskrifter från MSB (MSBFS 2015:4, MSBFS 2015:5, MSBFS 2016:7) krav på att identifiera sina kritiska beroenden som en del av en större risk- och sårbarhetsanalys. Det finns dock inga krav på utformningen eller omfattningen av beroendeanalysen i dessa föreskrifter. Inte heller nämns den egenutgivna användarhandledningen som Krisberedskapsmyndigheten (KBM, numera MSB) tog fram 2007. *Beroendeanalys – så gör du!* är en användarhandledning för beroendeanalys i tre steg som ska vara ett stöd för alla som vill göra beroendeanalyser inom samhällsviktiga verksamheter. I den förklaras vad som ska finnas med i en beroendeanalys, utan någon djupare beskrivning av tillvägagångssättet för hur analyser ska göras. Den har inte något specifikt fokus på el och finns inte lättillgänglig på MSB:s hemsida.

Bristen på vägledning för beroendeanalyser och bristen på elfokus, trots det starka elberoende som finns i samhället, i kombination med det faktum att beroendeanalyser hos offentliga samhällsviktiga verksamheter krävs enligt lag gör det intressant att titta på hur tillvägagångssätt för beroendeanalyser generellt ser ut i praktiken och om det finns någon förbättringspotential i hur beroendeanalys av specifikt el utförs. På grund av detta kommer det i denna studie vara fokus på att jämföra vetenskapliga metoder för beroendeanalys med praktiska tillvägagångssätt för analyser av elberoende inom offentliga samhällsviktiga verksamheter. Detta görs genom att undersöka olika vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt för beroendeanalyser av el och på så sätt ta reda på om man i praktiken gör analyser i enlighet med vetenskapliga metoder, om dessa metoder är rimliga att följa i praktiken samt om vetenskapen kan bidra med förbättringar i de tillvägagångssätt som används i dagsläget. Resultatet av studien kan vara intressant för de som gör beroendeanalyser inom dessa samhällsviktiga verksamheter då deras arbete skulle kunna underlättas med hjälp av förbättrade metoder för beroendeanalys av el.

## 1.1 Syfte och Mål

Syftet med studien är att undersöka om det finns någon förbättringspotential i tillvägagångssättet för beroendeanalyser av el som idag genomförs i praktiken genom att jämföra dem med metoder för beroendeanalys som omskrivs i vetenskaplig litteratur (vetenskapliga metoder).

Målet med studien är att kunna bidra med ett underlag till en ny eller förbättrad metod för beroendeanalys av el. Detta för att på sikt kunna underlätta för samhällsviktiga verksamheter att göra väl utförda beroendeanalys av el för att de på så sätt lättare ska kunna upprätthålla sin funktionalitet vid elavbrott.

## 1.2 Frågeställningar

Följande frågeställningar ligger som grund till arbetet:

- Vad finns det för metoder för beroendeanalys som omskrivs i vetenskaplig litteratur (vetenskapliga metoder) och kan de användas specifikt för elberoende?
- Vilka tillvägagångssätt används när beroendeanalys utförs i praktiken och hur analyseras elberoende specifikt av offentliga aktörer?
- Finns det någon divergens mellan vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt när det gäller beroendeanalys och vilka faktorer är enligt teorin relevanta när elberoende ska analyseras?
- Går det att hitta förbättringspotential gällande beroendeanalys av el i praktiken med hjälp av identifierade faktorer och identifikation av eventuell divergens mellan praktik och teori?

## 1.3 Avgränsningar

I studien undersöks endast tillvägagångssättet för utförda beroendeanalys av el inom samhällsviktiga verksamheter som tillhör den offentliga sektorn. Studien omfattar därmed inte privata aktörer då de inte omfattas av samma lagstiftning gällande beroendeanalys. Dessutom är det lättare att få tillgång till offentliga aktörers beroendeanalys eftersom de är offentliga handlingar.

Endast metoder som finns med i rapporten *Översikt över metoder för komplex beroendeanalys på sektoriell och tvärsektoriell nivå* studeras inom ramen för arbetet. Denna rapport är en inventering av olika typer av metoder som finns för beroendeanalys, vilka valts ut baserat på kriterier som ansetts önskvärda för en metod för beroendeanalys (Johansson, Svegrupp & Hassel, 2013) och har därför ansetts vara en lämplig utgångspunkt i studien. Metoderna i rapporten har vidare undersökts och valts ut baserat på kriterier som MSB ansåg vara önskvärda för beroendeanalysmetoder.

Vetenskapliga metoder som anses lämpliga utifrån ramen för detta arbete är att de ska gå att använda för personer utan djup specialistkunskap av beroendeanalys. Metoder med stort behov av datainsamling samt komplicerad modellering och simuleringar tas därmed ej med i studien.

I studien studeras inte resultaten av beroendeanalys eftersom det inte är möjligt att få tillgång till detta på grund av sekretesskäl. Därför kommer inte någon studie göras på om kvaliteten på beroendeanalys varierar beroende på tillvägagångssätt.

## 2 Begrepp och definitioner

I detta kapitel presenteras kortfattade förklaringar av olika begrepp och termer som är relevanta för att få en grundläggande förståelse för riskbegreppet och den teoribildning som denna studie bygger på.

### 2.1 Risk

Det finns flera olika sätt att definiera risk, och en vanlig definition är att risk är sannolikheten att en oönskad händelse ska inträffa kombinerat med händelsens konsekvens. Enligt ISO 31000:2009 är definitionen ”osäkerhetens påverkan på målen” och det är vanligt att beskriva risk via scenarion som innefattar både osäkerhet och negativa konsekvenser (Tehler, 2015).

1981 tog Kaplan och Garrick fram en tripplett av frågor vars svar de avsåg vara definitionen av kvantitativ risk (Kaplan, S; Garrick, 1981):

1. Vad kan hända?
2. Hur troligt är det?
3. Vad blir konsekvenserna?

För att analysera risker finns en mängd olika metoder, och så länge som resultatet kan besvara de ovanstående frågorna kan metodvalet anses vara lämpligt. Dessa analyser kan utföras på olika detaljnivå och med olika syften (Tehler, 2015).

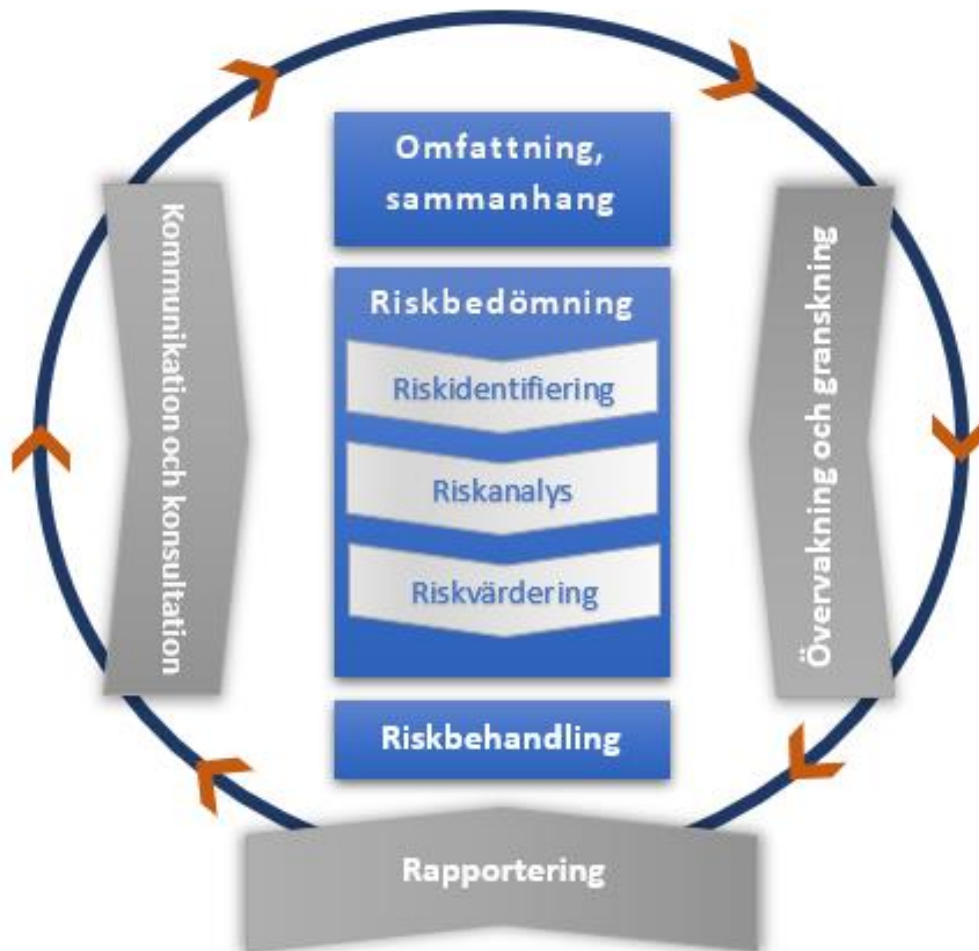
### 2.2 Riskhantering

Risker kan hanteras på olika sätt och eftersom risker kan se väldigt olika ut kan det vara användbart att börja sitt riskhanteringsarbete med att identifiera och bedöma riskerna. I Tehler (2015) presenteras ett ramverk för riskbedömning som innehåller sex steg, vilka visas i Figur 1. Det första steget är att definiera vad som är viktigt att skydda (värderingar), sedan ska sammanhanget och systemet definieras och ett normalläge bestämmas (systembeskrivning). Därefter identifieras vad som kan gå fel, så kallade riskscenarier, följt av dessa scenariers sannolikhet och konsekvenser. När denna analys är färdig kvarstår riskpresentation och en bedömning kring huruvida risken är acceptabel eller i annat fall hur den ska hanteras.



Figur 1. Ramverk för riskbedömning enligt Tehler (2015) (Omarbetad illustration av författarna)

I tillägg till ovan nämnda förklarningar av riskhantering beskriver ISO:13000 standarden hur riskhanteringsprocessen kretsar kring riskbedömning och riskbehandling, vilket i sin tur bygger på förståelse för systemet och sammanhanget. Utöver dessa punkter så inkluderas övervakning, rapportering och kommunikation av risker, och hela processen ska vara iterativ och ständigt pågående. En övergripande bild av riskhanteringsprocessen enligt ISO:31000:2018 presenteras nedan, se Figur 2 (IRM, 2018).



Figur 2 Riskhanteringsprocessen enligt ISO:13000:2018.(Omarbetad illustration av författarna)

### 2.3 Sårbarhet

Begreppet sårbarhet kan definieras som ett systems brister i dess förmåga att hantera en viss påfrestning (FOI, 2011). Sårbarhet är alltid kopplat till ett hot, en händelse eller en riskkälla, således kan ett system inte anses vara sårbart rent generellt. För att analysera en verksamhets eller ett samhälles sårbarheter behöver följande fyra frågor besvaras (FOI, 2011 s. 34):

- *Vad är skyddsvärt?*
- *Vad kan hota det skyddsvärda?*
- *Hur sårbart är det skyddsvärda?*
- *Hur är förmågan att stå emot och hantera påfrestningar på det skyddsvärda?*

En sårbarhetsanalys främsta syfte är att lyfta fram brister i en verksamhets hanteringsförmåga av en oönskad händelse, och fokus ligger på att få verksamheten att kunna hantera olika typer av oönskade händelser (FOI, 2011).

#### 2.4 Samhällsviktig verksamhet och kritisk infrastruktur

Samhällsviktiga verksamheter är sådana som, vid en störning i verksamheten, kan leda till en kris i samhället eller sådana verksamheter som är viktiga för att kunna hantera en kris som redan inträffat (MSB 2009). Dessa verksamheter är i Sverige fördelade bland elva samhällssektorer: energiförsörjning, finansiella tjänster, hälso- och sjukvård samt omsorg, information och kommunikation, livsmedel, skydd och säkerhet, transporter, handel och industri, kommunalteknisk försörjning, offentlig förvaltning samt socialförsäkringar.

Det som definieras som arbetet med skydd av samhällsviktiga verksamheter i Sverige är enligt Jonas Johansson (personlig kommunikation, 8 september 2019) tätt kopplat till benämningen kritisk infrastruktur i internationell kontext.

Kritiska infrastrukturer kan definieras system som har stor betydelse för samhället, till exempel elförsörjning, transportsystem och vattenförsörjning (Kjølle, Utne & Gjerde, 2012). Olika kritiska infrastrukturer kan ha ömsesidiga beroenden till varandra, och störningar i en infrastruktur skulle kunna orsaka stora problem för samhället (Kjølle, Utne & Gjerde, 2012). Därför är det av stor betydelse när det kommer till kritiska infrastrukturer att analysera och försöka förstå de starka beroenden som kan leda till att olyckor och negativa konsekvenser sprids och förvärras mellan olika infrastrukturer (Chiaradonna, Giandomenico & Lollini Paolo, 2011).

#### 2.5 Beroenden

I MSB:s rapport *Faller en faller då alla* (2009) beskrivs beroende som ett behov av leverans av utomstående tjänster eller varor. Beroende kan också beskrivas som en länk eller sammankoppling mellan infrastrukturer, genom vilken den ena infrastrukturens status påverkar eller hänger samman med statusen hos den andra infrastrukturen (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001).

Beroenden kan kategoriseras på olika sätt, bland annat kan de delas in i följande fyra, ganska generella och övergripande typer: fysiska, cyber, geografiska och logiska (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001). Ett *fysiskt beroende* är exempelvis att ett elkraftverk som använder gas är beroende av att gasleveransen fungerar som den ska. Ett exempel på *cyberberoende* är att elnätet blir allt smartare, vilket gör att det är beroende av kommunikationssystem för att fungera, med bland annat automatiskt styrda komponenter. *Geografiskt beroende* är när lokala händelser kan påverka tillståndet hos flertalet infrastrukturer samtidigt. Det kan vara att en vattenledning brister som ligger nära en elledning som även påverkas, och på så sätt orsakar störningar i elnätet, eller att exempelvis en explosion påverkar flertalet infrastrukturkomponenter samtidigt på grund av att de är samlokaliserade. Ett *logiskt beroende* handlar om övriga beroenden, där tillståndet hos ett system påverkar ett annat utan att det är ett fysiskt, cyber- eller geografiskt beroende. Det är istället något som kan påverkas av mänskliga beslut och handlingar. Det går även att dela in



beroenden i fler, mer specifika, typer, exempelvis enligt MSB:s beroendehjul (se kap 5.5) eller flödesmetoden (se kap 5.4).

Beroenden kan ha olika styrkor som, till exempel, kan benämnas som svagt, starkt eller till och med kritiskt. Begreppet ”kritiskt beroende” definieras av MSB (2009) som ett beroende som är avgörande för att en samhällsviktig verksamhet ska fungera, där frånfall av leverans leder till en direkt och långvarig degradering av verksamhetens funktion. Därför är det extra viktigt med identifiering och analys av just dessa kritiska beroenden.

## 2.6 Kontinuitetshantering

Med hjälp av god kontinuitetshantering ska en verksamhet kunna fungera och leverera sina viktigaste tjänster och produkter även vid ett avbrott (FOI, 2011). Syftet är också att en verksamhet ska kunna återgå till ett normalläge så fort som möjligt.

För att uppfylla dess syfte kan kontinuitetshantering innefatta genomförandet av beroendeanalyser. Kontinuitetshanteringen behöver uppdateras och verifieras kontinuerligt, vilket innebär detsamma för beroendeanalyserna som ingår (Johansson & Åhsberger, 2012).

## 2.7 Risk- och sårbarhetsanalys

MSB beskriver risk- och sårbarhetsanalyser (RSA) som det första steget för att minska samhällets risker och sårbarheter samt för att öka förmågan att motstå, förebygga och hantera extraordinära händelser och kriser (MSB, 2019).

Enligt lag 2006:544 om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap 2 kap 1 §, ska alla kommuner och landsting utföra risk- och sårbarhetsanalyser. Även statliga myndigheter har krav på detta enligt förordning 2015:1052 om krisberedskap och bevakningsansvariga myndigheters åtgärder vid höjd beredskap. Alla kommuner och landsting, samt vissa myndigheter, ska rapportera dessa RSA:er enligt föreskrifter från MSB. Syftet med detta är att kunna få fram regionala och nationella lägesbilder, vilket ligger till grund för det civila försvarets och krisberedskapens inriktning (MSB, 2019). RSA:er som utförs i enlighet med MSB:s föreskrifter ska innehålla en beroendeanalys.

MSB tillhandahåller stöd för RSA på sin hemsida, där de även presenterar tre olika metoder, varav en, totalförsvarets forskningsinstituts metod för RSA (FORSA), även innehåller inslag av hänsyn till beroenden. Detta genom att det ingår i metoden att identifiera verksamheters kritiska beroenden utifrån genomförda seminarium eller felträdsanalyser som görs i samarbete med verksamhetsexperter.

## 2.8 Beroendeanalys

Att identifiera och analysera beroenden skapar en grund för diskussioner kring hur samhället ska kunna bli säkrare och underlättar även för krisplanering (KBM, 2007c). Enligt de föreskrifter från MSB som handlar om kommuners, landstings eller myndigheters RSA:er (MSBFS 2015:4, MSBFS 2015:5, MSBFS 2016:7) finns krav på att man i en RSA ska ha med en identifiering av kritiska beroenden för de samhällsviktiga verksamheter som finns inom kommunen, landstinget eller myndigheten. För privata aktörer som bedriver samhällsviktig verksamhet gäller andra regler, till exempel gäller ellagen (se kap. 3.7) för elnätsbolag medan inga krav ställs på andra aktörer. Privata aktörers motiv att utföra RSA:er och kontinuitetshantering med tillhörande beroendeanalys trots att inga lagkrav finns, kan vara ökad lönsamhet eller minskade kostnader vid avbrott till följd av bättre kontroll på verksamheten.

Beroendeanalys kan göras utifrån olika perspektiv. Bland annat kan man se till ett verksamhets- eller systemperspektiv. Verksamhetsperspektiv innebär analyser och kartläggning av enskilda verksamheters eller funktioners beroenden. Detta görs i syfte att reducera sårbarheter i den specifika verksamheten eller funktionen, och är huvudfokus i kontinuitetshantering. Det kan exempelvis göras genom införande av olika ”stötdämpare” för kritiska beroenden. Stötdämpare är alternativa sätt att tillgodose ett behov på, vilket till exempel kan vara reservsystem, stora lager, eller att substituera en resurs med en likvärdig. Systemperspektiv har istället fokus på att aggregera den information som till exempel framkommit i redan gjorda analyser på verksamhetsnivå till en samlad analys. Genom att göra detta kan till exempel samhällsviktiga verksamheter identifieras, prioritering av verksamheter motiveras, och spridningseffekter i samhället kartläggas. (Johansson, 2013)

En beroendeanalys kan även lägga fokus på hur styrkan hos ett beroende kan variera till följd av olika tidsperspektiv. Styrkan hos beroendet kan både variera i relation till längden av ett avbrott eller så kan det variera under olika tidsperioder, exempelvis sommar och vinter eller olika tider på dygnet. Ett annat perspektiv i en beroendeanalys utgörs av vilken typ av data som används, till exempel empiriska data eller expertbedömningar. (Johansson, 2013)

Resultatet av en beroendeanalys kan presenteras på många olika sätt. Vad som anses viktigt att lyfta fram och hur detta görs tydligast kan skilja sig från analys till analys, och beror på den vägledning som eventuellt finns att tillgå eller helt enkelt på hur den som gör analysen väljer att presentera det eller vilka beslut som avses informeras. I vissa fall räcker det med en punktlista med de beroenden som identifierats och ibland önskas en mer avancerad presentation med simuleringar, diagram eller andra kvantitativa presentationer av resultatet.

Som stöd för beroendeanalys finns både ramverk och metoder. Ett ramverk kan sägas ge stöd genom att beskriva vilka aspekter hos beroenden som bör beaktas vid kartläggning, medan metoder ger en form av vägledning till hur själva analysen ska genomföras (Johansson, Svegrupp & Hassel, 2013). Olika metoder har utgångspunkt i olika perspektiv. I kapitel 5 beskrivs och analyseras ett antal av dessa vetenskapliga metoder och ramverk. Där presenteras även en metod som MSB tagit fram för beroendeanalys i vilken det inte framkommer om den är förankrad i vetenskaplig litteratur.



I praktiken är det inte säkert att en metod följs när en beroendeanalys görs, däremot finns alltid ett tillvägagångssätt då man gjort en beroendeanalys. I denna studie används benämningen tillvägagångssätt för de beroendeanalyser som utförts i praktiken, vare sig dessa har en bakomliggande metod eller inte.

### 3 Elberoende och Sveriges elförsörjning

*För att beskriva försörjningen av el och vad som kan leda till avbrott ges här en beskrivning av det svenska elsystemet. Detta för att ge en förståelse för hur systemet fungerar och var svagheter finns, vad som kan orsaka avbrott, vikten av en säker elförsörjning och därmed bakgrund och ingångsvärden till varför det är viktigt att göra beroendeanalyser av just el.*

#### 3.1 Beroende av el

Samhället är idag starkt beroende av el och de flesta verksamheter i samhället får direkta och påtagliga konsekvenser av ett elavbrott (KBM, 2007b). El är nödvändigt till allt från värme i bostäder och lokaler, vattenförsörjning, belysning, laddning av mobiltelefoner, hantering av datatrafik och annan kommunikation till medicinsk utrustning och industrin (KBM, 2007a; KBM, 2007b; Energiföretagen, 2019).

Elberoendet sträcker sig över alla samhällsviktiga sektorer och kan vara både direkt och indirekt. Indirekta elberoenden kommer av att en verksamhet är beroende av någon annan verksamhet som i sin tur är direkt beroende av el. Detta kombinerat med det starka beroendet gör att just detta beroende är extra viktigt att göra väl underbyggda och noggrant utförda analyser av. (MSB, 2009)

Det starka elberoende som finns i Sverige medför risker och sårbarheter, och det är därför viktigt att kunna beskriva och förstå detta beroende (MSB, 2009). Som tidigare beskrivits ska beroendeanalyser enligt lag genomföras inom offentliga samhällsviktiga verksamheter, men något specifikt fokus på el finns inte i föreskrifterna.

#### 3.2 Energi och elanvändning i Sverige

Sedan mitten av 1980-talet har mängden tillförd energi i det svenska energisystemet varit i stort sett oförändrad och legat mellan 550 och 600 TWh per år (Energimyndigheten, 2019e). Slut användningen av energin, efter förluster vid bland annat produktion och överföring, har också legat stadigt på omkring 400 TWh. Att inte energianvändningen förändrats är ett resultat av två motsatta trender: ökad elektrifiering som skett parallellt med energieffektivisering.

De fyra absolut största energislagen är el (130 TWh), petroleumprodukter (90 TWh), biobränslen (90 TWh) och fjärrvärme (50 TWh). Elen står således för den klart största delen av energianvändningen i Sverige. (Energimyndigheten, 2019e)

#### 3.3 Stamnät och zoner

Sveriges elnät är indelat i fyra zoner, SE1 (Luleå) till SE4 (Malmö). Mellan dessa zoner (samt till och från utlandet) sker överföring av el via det landsomspännande *stamnätet* för att sedan gå vidare ut i de mindre *regionnäten* och *lokalnäten*. Svenska Kraftnät har ansvar för stamnätet i Sverige och är den aktör som ska se till att balansen mellan producerad och förbrukad el upprätthålls. Eftersom stora mängder el inte kan lagras på ett enkelt och effektivt sätt utan måste användas direkt behöver produktionen hela tiden vara lika stor som användningen. (Svenska Kraftnät, 2019b)

Elproduktionen i norra Sverige är större än användningen inom samma region och i södra Sverige är det tvärtom. Detta innebär att det måste transporteras mycket el från norr till söder, vilket ställer höga krav på överföringsförmågan och driftsäkerheten i stamnätet. I dagsläget krävs en utökning av stamnätets överföringskapacitet mellan de olika zonerna, samtidigt som stamnätet också behöver förstärkas för att bättre kunna ta emot stora mängder av ny elproduktion från framför allt vindkraft på olika platser i landet. (Svenska Kraftnät, 2019a)

### 3.4 Effektreserven

Den överföringskapacitet som finns i form av förbindelser med andra länder möjliggör export av el vid elöverskott och import av el om en effektbrist skulle uppstå (Svenska Kraftnät, 2019d). Det finns även en så kallad effektreserv inom Sverige för att kunna hantera elbehovet under till exempel väldigt kalla vinterdagar. Effektreserven innebär att Svenska Kraftnät ingått avtal med olika aktörer på elmarknaden för att antingen få en temporärt ökad elproduktion från elproducenter eller för att stora elanvändare och elhandelsföretag temporärt minskar sin elförbrukning vid höglastscenario eller driftstörningar (Svenska Kraftnät, 2019c).

### 3.5 Styrel

När det gäller elförsörjning för samhällsviktiga verksamheter har Näringsdepartementet arbetat fram förordningen *Förordning om planering för prioritering av samhällsviktiga elanvändare* (SFS 2011:931), som innehåller bestämmelser gällande Styrel. Styrel är en del av Sveriges krisberedskap för elförsörjningen och innebär att el, vid elbrist, ska kunna ransoneras och stängas av för vissa användare och istället styras till samhällsviktiga elanvändare enligt en viss prioriteringsordning. Ordningen beror på hur stor betydelse elanvändaren har för liv och hälsa eller för samhällets funktionalitet (Krisinformation, 2019). Syftet med Styrel är således att samhällsviktiga verksamheter ska ha bättre förutsättningar vid eventuella effektbristscenarier. Det innebär dock inte att de är fria från sårbarheter eller inte behöver utföra beroendeanalyser avseende elavbrott.

### 3.6 Reservkraft

Många samhällsviktiga verksamheter har reservkraft installerat för att kunna fortsätta fungera även om det skulle uppstå ett längre elavbrott. Detta gäller till exempel verksamheter såsom större sjukhus, SOS Alarm, regeringskansliet, riksdagen och polisen (Krisinformation, 2019).

En undersökning som gjordes 2012 av Livsmedelsverket, Energimyndigheten och Elsäkerhetsverket (MSB *et al.*, 2015), visade att 72 av 99 kommuner inte hade den kunskap som krävs för att på ett säkert sätt kunna hantera reservkraft vid elavbrott. Ett initiativ togs efter undersökningen för att starta ett reservkraftprojekt med syfte att stärka förmågan för att kunna upprätthålla samhällsviktig verksamhet vid planerade och oplanerade elavbrott. Resultatet av detta arbete utmynnade i rapporten *Vägledning för hantering av Reservkraftprocessen*. I denna rapport framgår att reservkraftkapaciteten i Sverige, år 2015, inte var tillräckligt hög för att kunna skydda samhällsviktig verksamhet vid omfattande elavbrott.

### 3.7 Ellagen

Ellagen (SFS 1997:857) innehåller alla grundläggande bestämmelser gällande elhandel, elsäkerhet och elektriska anläggningar. Efter de katastrofala konsekvenser som stormen

Gudrun förde med sig år 2005, uppdaterades Ellagen med en ny lag (SFS 2005:1110) för att säkerställa nätens driftsäkerhet. Denna lag innehöll också en rad nya bestämmelser såsom exempelvis vite för elbolagen vid avbrott som pågår i mer än 12 timmar, att avbrott får vara i max 24 timmar förutom vid undantagsfall, och att elnätbolag ska utföra årliga risk- och sårbarhetsanalyser gällande elöverföringen i deras nät. Uppdateringen av lagen har resulterat i att många elnätbolag numera gräver ner sina tidigare luftledningsnät för att vara skyddade från olika risker, exempelvis väderrelaterade händelser.

### 3.8 Orsaker till avbrott och sårbarheter i elsystemet

Att elen behöver produceras i princip samtidigt som den används ställer stora krav på nätets funktionalitet och att produktion, överföring och användning av el sker problemfritt, vilket förstås inte alltid fallet. Elavbrott och störningar i elförsörjningen är vanliga och sker året om av olika anledningar. Avbrott är indelade i oaviserade och aviserade avbrott. De aviserade är planerade från elbolagen och kan bero på att de ska utföra underhåll eller reparera näten (Energimyndigheten, 2019a). De oaviserade är alla andra avbrott som sker av olika anledningar, av vilka några nämns längre fram i detta avsnitt.

Det är stora variationer i störningsnivåer för de tre systemnivåerna: transmissionsnivån (stamnät), regionnivån (regionnät) och distributionsnivån (lokalnät) (Energimyndigheten, 2019b). Ungefär tre fjärdedelar av avbrotten sker i lokalnäten och övriga sker i de överliggande näten, alltså region- och stamnät (Energimarknadsinspektionen, 2018).

Statistiskt sett får ungefär hälften av alla elkunder elavbrott minst en gång per år, och avbrott är vanligare på landsbygden. Den genomsnittliga avbrottstiden per kund varierar kraftigt från år till år, och är betydligt högre under de år då större stormar inträffat. Genomsnittlig avbrottstid under 2005 var över 900 minuter per kund, vilket berodde på stormen Gudrun. År 2017 var fortsättningen på en nedåtgående trend sedan 2007 med en genomsnittlig avbrottstid på något över 60 minuter per kund, vilket tyder på att de bestämmelser som tillkommit efter stormen Gudrun har gett effekt. (Energimarknadsinspektionen, 2018)

De risker som elnäten är utsatta för och som kan leda till elavbrott eller störningar i elförsörjningen är *effektbrist* och *elenergibrist*. (Waleij, Simonsson & Liljedahl, 2019) Vid tillfällen då elen inte räcker till på grund av temporärt bortfall av produktion eller överbelastning, exempelvis under väldigt kalla vinterdagar som kräver hög elförbrukning, kan det bli effektbrist (Energimyndigheten, 2019c). Det produceras helt enkelt inte tillräckligt mycket el för att kunna försörja alla användare i stunden. Orsaker till temporära bortfall kan vara exempelvis olika tekniska fel, väderförhållanden såsom stormar, åska och annat som kan göra att elledningar skadas av exempelvis fallande träd eller blixtnedslag (Waleij, Simonsson & Liljedahl, 2019). Det kan även vara samordningsfel, bero på den mänskliga faktorn såsom att ledningar grävs av, eller av olika typer av angrepp på elnätet. Få anläggningar är idag bemannade till följd av ökad automatisering, vilket gör att risken för sabotage ökar. Det finns även risk för datorintrång i styr- och övervakningssystem, genom vilka elförsörjningen kan saboteras (Energimyndigheten, 2019c). Till skillnad från effektbrist innebär elenergibrist att produktionen inte förväntas kunna täcka det elbehov som finns under en längde period (Energimyndigheten, 2019d). Detta kan bero på bland annat låga nivåer i vattenmagasin,

problem med importförbindelser från utlandet eller stillastående kärnkraftsreaktorer. En elenergi- och effektbrist som inte lyckas hanteras kan i sin tur leda till en effektbrist.

Enligt Waleij, Simonsson & Liljedahl (2019) har gränser för vilka störningstider som är acceptabla för samhällsviktiga verksamheter tagits fram baserat på tidigare inträffade avbrott och dess konsekvenser. Exempelvis är gränsen för hur långt ett strömavbrott får vara hos verksamheter inom vård och omsorg sex timmar. När det gäller kommunikation och information, räddningstjänst på nationell nivå, livsmedelsförsörjning på regional och nationell nivå, samt transporter och drivmedel är gränsen ett par dygn. Vid avbrott som pågår längre än den maximala acceptabla avbrottstiden är det framför allt antagonistiska orsaker, såsom vandalism eller terrorattentat, eller svåra naturrelaterade händelser som anses vara acceptabla orsaker.

### 3.9 Konsekvenser vid elavbrott

Alla sektorer med samhällsviktig verksamhet har någon typ av elberoende och stora elavbrott kan resultera i omfattande konsekvenser för dessa verksamheter. Det kan både vara ekonomiska, miljömässiga, fysiska och personliga konsekvenser, och hur allvarliga konsekvenserna blir beror på ett antal olika faktorer, såsom bland annat längden på avbrottet, tidpunkt, väder och årstid vid avbrottet, hur stor geografisk spridning det fått osv. (Waleij, Simonsson & Liljedahl, 2019).

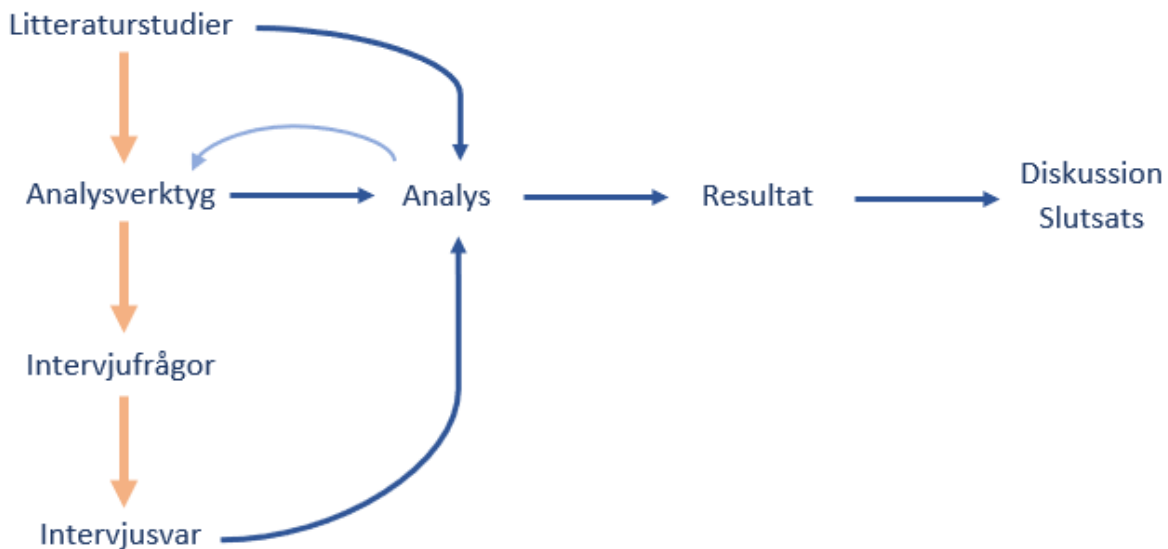
Vissa verksamheter kan få stora problem vid avbrott som är så korta som en sekund, exempelvis processindustrier och olika datasystem, där processer eller system stannar och kräver en lång tid för återstart eller att information försvinner. För intensivvård kan det räcka med avbrott på en minut för att allvarliga konsekvenser ska uppstå, såsom att operationsbelysning, respiratorer och dialys inte fungerar. Längre avbrott på flera timmar kan leda till brist på eller förorenat vatten, att livsmedel som kräver kyla blir förstörda (värre på sommaren), utkylning av bostäder och lokaler (värre på vintern) osv. (Waleij, Simonsson & Liljedahl, 2019)

Elavbrott har potential att ge stora skador på både verksamheter och personers välmående, vilket gör det extra viktigt att kunna hantera avbrotten snabbt och effektivt, både från elbolagens håll där de bör återställa leveransen så snabbt som möjligt, men även hos de drabbade verksamheterna som bör ha kunskap om deras beroende av el och hur ett avbrott ska hanteras på bästa sätt.

## 4 Metod för studien

I följande kapitel beskrivs metoden som använts för studien.

Studien följde en arbetsgång enligt Figur 3 och innefattar litteraturstudier, framtagande av analysverktyg för analys av metoder för beroendeanalyser, samt en intervjustudie med aktörer inom offentlig verksamhet som ansvarar för utförande av beroendeanalyser i sin egen eller andras verksamheter.



Figur 3. Examensarbetets arbetsgång.

Inledningsvis gjordes litteraturstudier av vetenskapliga ramverk och metoder för beroendeanalys. Vetenskapliga ramverk och metoder är i studien definierade som sådana som publicerats i vetenskaplig litteratur. Litteraturstudierna låg sedan till grund för framtagandet av ett analysverktyg med ett antal faktorer som enligt litteraturen kan användas för elberoendeanalys (se kap. 4.2). Dessa användes sedan som en grund till framtagande av intervjufrågor för både muntliga intervjuer och intervjuer via mailkontakt (se kap. 4.3). Intervjuerna användes för att undersöka vilka tillvägagångssätt som använts för att göra beroendeanalyser i praktiken. De studerade metoderna och resultatet från intervjuerna analyserades och jämfördes sedan med hjälp av det framtagna analysverktyget som har fokus på elberoende (se kap.4.4).

Analysverktygets faktorer uppdaterades iterativt under arbetets gång utifrån litteraturstudierna och resultaten från intervjuerna. Jämförelsen mellan metoderna i litteraturstudien och resultaten från intervjuerna gav en bild av hur divergensen mellan teorin och praktiken ser ut. Den låg även till grund för identifiering av förbättringspotential.

Studien har haft ett inledande fokus på el och beroende av el, för att sedan breddas till att studera beroendeanalysmetoder generellt och sedan fokusera in på elberoende igen i analysen och resultatdelen. Detta görs av anledningen att det endast hittats en analysmetod för specifikt elberoende. För att få en mer gedigen studie av olika metoder (som alla kan användas för att analysera elberoende) krävdes det en breddning.

## 4.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien har syftat till att undersöka vetenskapliga ramverk och metoder gällande beroendeanalys samt att hitta myndighetsbaserade metoder och rekommendationer. Rapporten *Översikt över metoder för komplex beroendeanalys på sektoriell och tvärsektoriell nivå* av Johansson, Svegrup och Hassel (2013) användes som en grund för att identifiera olika metoder för beroendeanalys. Denna rapport är en inventering av olika typer av metoder som finns för beroendeanalys, vilka valts ut baserat på kriterier som ansetts önskvärda för en metod för beroendeanalys och har därför ansetts vara en lämplig utgångspunkt i studien.

Sökprocessen för att hitta information om metoder för beroendeanalys har baserats både på referenser och olika sökord. Till en början var utgångspunkten i sökningen rapporten av Johansson et al. (2013) och de referenser som använts i den. Även referenser från de refererade rapporterna och artiklarna har använts för att hitta ytterligare information. Nypublicerade rapporter från författare som refererats till i använda rapporter och artiklar har eftersökts i Google Scholar och LUBSearch för att på så sätt få fram mer information om dessa metoder. Sökningar i dessa sökmotorer har även gjorts med sökord såsom *beroendeanalys* på svenska samt *dependency analysis*, *dependency analysis framework*, *dependency analysis method* på engelska, för att hitta mer information om beroendeanalys i allmänhet och hur dessa kan utföras. Sökningar gjordes även i ett försök att hitta ytterligare metoder, då den rapport som ligger till grund för sökningen är sex år gammal och därmed saknar eventuella nyare metoder som publicerats. Det som eftersöktes var tydliga metoder för beroendeanalys som skulle kunna användas för elberoende. Inga ytterligare relevanta metoder hittades genom dessa sökningar, och därför har de metoder som presenterats i rapporten av Johansson et. al (2013) ansetts ge en god bild av de metoder som är relevanta.

De identifierade metoderna har studerats för att kunna arbeta fram olika faktorer som är lämpliga att använda vid elberoendeanalys och jämförelse av vetenskapliga metoder och tillvägagångssätten hos utförda analyser (se kap. 4.2 för beskrivning av faktorer samt hur de används). Vissa av metoderna som studerats har valts bort på grund av att de inte ansetts vara lämpade för studiens syfte. Detta eftersom de metoder som ingår i studien ska gå att jämföra med de tillvägagångssätt som undersökts samt för att förbättringar som potentiellt identifieras ska vara användbara för de som utför beroendeanalys i praktiken vilka inte nödvändigtvis har någon specialistkunskap.

## 4.2 Analysverktyg med faktorer för elberoendeanalys

Ett analysverktyg med ett antal kategorier med faktorer som tagits fram för att beskriva och jämföra beroendeanalysmetoder för specifikt el har utarbetats baserat på de vetenskapliga ramverk och metoder som studerats. Jämförelsen görs för att kunna identifiera eventuella skillnader mellan teori och praktik och på så sätt eventuellt kunna hitta förbättringspotential i hur beroendeanalys utförs i praktiken med hjälp av vetenskapliga metoder.

Faktorerna har arbetats fram genom att identifiera olika aspekter som nämns i vetenskapliga ramverk och metoder, samt resonera kring vilka av dessa aspekter som är användbara när det gäller analys av elberoende. Nedan följer motiveringar till faktorer som valts och varför de används.

En metod för beroendeanalys kan innehålla stöd för vilket perspektiv analysen ska göras utifrån (kategori 1) och för vilken typ av data som ska användas (kategori 3). Stöd för presentation och visualisering av analysens resultat (kategori 7) kan också ingå i metoden. En metod kan också innehålla analysstöd som förklarar hur själva analysen ska utföras. Analysstödet kan bestå av flera olika delar (kategori 2, 4, 5) och vara antingen kvalitativt eller kvantitativt (kategori 6).

Analyser av tillvägagångssätt i praktiken som saknar tydliga metoder har gjorts genom att undersöka huruvida faktorerna har använts vid utförandet av de beroendeanalyser som gjorts.

Faktorerna som ingår i de olika kategorierna beskrivs mer noggrant nedan och sammanställs övergripande i Tabell 1.

### 1. System- eller verksamhetsperspektiv

Systemperspektiv (se kap 2.8) innebär att metoden syftar till att stödja framtagandet av en helhetsbild som innefattar beroenden mellan flera olika verksamheter, exempelvis i en kommun eller region, medan ett verksamhetsperspektiv innebär att metoden är avgränsad för att endast stödja analyser av beroenden för enskilda verksamheter. Olika perspektiv kan kräva olika metoder och vissa metoder stödjer båda perspektiven. När det gäller att analysera elberoende kan det vara bra att göra det både utifrån ett systemperspektiv och inom den egna verksamheten. Flödeskedjor kan användas som stöd för själva analysen, se kategori 4.

### 2. Klassificering av elberoende

- a. CII-ramverket (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001) (se kap 5.1), har beroendeindelningen: fysiskt, cyber, geografiskt eller logiskt (se kap 2.5 för förklaring av dessa typer). Enligt denna indelning klassificeras elberoende som ett fysiskt beroende.
- b. I MSB:s metod för beroendeanalys (kap 5.5) används ett verktyg som kallas för Beroendehjulet, där beroenden har indelningen: värderingar och regelverk, personal, infrastruktur, verksamhetsnära system, kapital och insatsvaror/insattjänster samt information (KBM, 2007c). Enligt denna indelning klassificeras elberoende som ett infrastrukturberoende.

Analys av elberoende kan stödjas av en metod även om inget stöd för klassificering finns med. Om någon av dessa två indelningar stöds i en metod kan en slutsats direkt dras att elberoendeanalys kommer att kunna ingå i metoden. Om ingen indelning stöds eller används kommer denna kategori lämnas tom i analysverktyget.

### 3. Typ av indata

I varje metod finns stöd för en eller flera av av följande fyra typer av indata. Dessa kan alla användas för att analysera elberoende.

- a. Empiriska – data från tidigare inträffade händelser, exempelvis incidentrapporteringar. Ger en verklighetsanknytning i en analys med stöd av metoden då man utgår från tidigare elavbrott eller andra händelser som gett någon typ av problem med elförsörjningen.

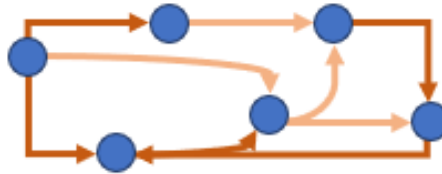


- b. Tekniska – data om fysiska system. Kan vara användbart när simulering och modellering av ovanliga eller aldrig tidigare inträffade händelser ska göras.
- c. Ekonomiska – data baserad på ekonomiska transaktioner. Eftersom pengar är det som styr, kan det vara viktigt att kunna redovisa eventuella ekonomiska förluster vid elavbrott, för att på så sätt kunna påverka beslutsfattare att vidta lämpliga åtgärder.
- d. Expertdata – data som baseras på experters kunskap. Likt tekniska data kan expertdata vara användbart vid analys av ovanliga händelser. De utgör ett bra komplement till de övriga typerna av data, och är oftast den typ av data som finns tillgänglig.

#### 4. Flödeskedjor

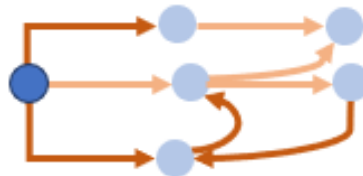
Analyser kan göras genom att använda olika flödeskedjor vilka kan bidra till en mer komplett bild över hur beroenden ser ut. Denna kategori handlar om utförande av analyser av elberoenden och inte om visualisering av resultat. Figuren nedan (Figur 4, Figur 5 och Figur 6) är exempel på hur scenarier, kaskadeffekter och indirekta beroenden kan se ut när de analyseras. Följande tre flödeskedjor har använts av MSB (KBM, 2007c):

- a. Fokusedjor – en scenariobaserad analys görs för att närmare studera beroenden ur ett systemperspektiv med fokus på beroenden mellan utvalda verksamheter angående en *specifik aspekt*. Det kan vara hur ett elavbrott påverkar utvalda viktiga verksamheter, till följd av deras beroende av varandra.



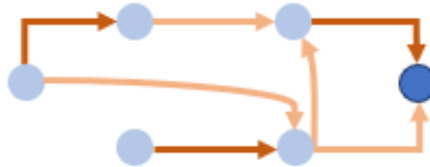
Figur 4. Fokusedja. Flera verksamheters beroende av varandra till följd av en specifik aspekt, exempelvis ett elavbrott. (Omarbetad illustration av författarna)

- b. Spridningskedjor – hjälper till att fånga upp spridningen från en störning i den egna verksamheten till följd av ett elavbrott, och de kaskadeffekter som kan uppstå hos andra verksamheter, system eller infrastrukturer. Detta görs också utifrån ett systemperspektiv, men innehåller inte verksamhetens egna beroenden.



Figur 5. Spridningskedja. Kaskadeffekter från en störning i den egna verksamheten. (Omarbetad illustration av författarna)

- c. Beroendekedjor – analyserar direkta men även indirekta beroenden som påverkar den egna verksamheten, alltså ur ett verksamhetsperspektiv. Ett exempel är att en verksamhet är beroende av en annan verksamhet eller funktion som i sin tur är beroende av el. Fokusverksamheten kan därför indirekt vara beroende av elförsörjning även om den har ett eget backsystem.



Figur 6. Beroendekedja. Direkta och indirekta beroenden som kan påverka den egna verksamheten. (Omarbetad illustration av författarna)

#### 5. Tidsaspekter som metoden stödjer

Med denna faktor undersöks om och isåfall hur tidsaspekter tas i beaktande i metodens analysstöd. Det kan vara relevant att analysera hur elavbrottets längd påverkar elberoendets styrka (scenariobaserad), eller hur lång den maximala avbrottstiden får vara innan det leder till oacceptabla konsekvenser (uthållighetsbaserad). Dessa två aspekter bidrar med en djupare förståelse för elberoendet då det kan variera kraftigt med ett elavbrotts varaktighet.

#### 6. Stöd för kvalitativ eller kvantitativ analys

En metod kan innehålla stöd för att utföra analyser kvalitativt, semi-kvantitativt eller kvantitativt. För vissa typer av beslut kan det räcka med kvalitativa eller semikvantitativa analyser, men för att få fram exempelvis en god prioriteringsordning kan det vara fördelaktigt med en kvantitativ analys. Dock kan kvantitativa analyser ofta kräva mer omfattande data av god kvalitet, fler beräkningar och mer resurser än vad en kvalitativ analys gör.

#### 7. Metodstöd för visualisering

Visualisering för resultaten kan göras med hjälp av flödeskedjor (se Figur 4, Figur 5 och Figur 6), matriser, tabeller eller andra diagram. Olika typer av presentationsvarianter kan visa resultatet mer eller mindre tydligt. Exempelvis kan en beroendekedja tydligare beskriva den övergripande beroendebilden, medan en tabell kan ge en mer detaljerad beskrivning av beroendena. På samma sätt som tidigare beskrivits är det här viktigt med tydlighet för att kunna påverka vilka åtgärder som ska prioriteras.

I Tabell 1 presenteras det analysverktyg som tagits fram med hjälp av faktorerna. Detta används genom att fyllas i med blått för de faktorer som ingår och på så sätt visualisera resultatet av studien och underlätta jämförelser mellan metoder och tillvägagångssätt.

Tabell 1. Faktorer som används i analyser

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	Annan
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

### 4.3 Intervjuer

För att få information om vilka tillvägagångssätt som finns för beroendeanalyser i praktiken har intervjuer hållits med ett antal personer som har erfarenhet av att göra beroendeanalyser.

#### 4.3.1 Syfte med intervjustudien

Syftet med intervjuerna i studien har varit att få fram information om vilka tillvägagångssätt som används för beroendeanalyser i praktiken, med ett fokus på elberoendeanalys. Därför har frågor som ställts till största delen varit baserade på de faktorer som arbetats fram. I varje intervju har den tillfrågade även fått svara på en öppen fråga om hur utförandet av analysen gått till. Därför har semi-strukturerade (även kallade halvstrukturerade) intervjuer genomförts, då dessa är utformade för att ge direkta svar på specifika frågor men även för att få ytterligare information av den tillfrågade med hjälp av både specifika och öppna frågor (Bryman, 2018; Lantz, 1993).

#### 4.3.2 Urval

Studien har haft ett fokus på hur beroendeanalyser av el utförs inom offentliga verksamheter. För att försöka få till en bredd i intervjustudieunderlaget har 16 personer inom olika regioner, länsstyrelser, kommuner, räddningstjänster och konsultföretag tillfrågats om att delta i studien. Dessa har identifierats via kontakter, kontaktuppgifter från författare av offentliga RSA:er samt mailkontakt med kommuner och konsultföretag nära Malmö. Av de tillfrågade personerna är det fyra som valt att delta i studien. De som har valt att delta har varit involverade i utförandet av beroendeanalyser för främst regioner och kommuner.

#### 4.3.3 Genomförande

Intervjuerna gjordes via telefon eller fysiska möten. Där detta inte varit möjligt har information samlats in via mailkontakt. För de intervjuer som gjordes via telefon och fysiska möten fick de tillfrågade på förhand tillgång till de frågor som skulle besvaras. Under dessa intervjuer antecknades svaren samtidigt som intervjun spelades in för att det skulle vara möjligt att gå tillbaka och lyssna vid osäkerheter på de nedskrivna svaren. Intervjuerna tog ungefär en timme var. För insamling av information via mail skickades först alla frågor, inklusive den öppna frågan. När svar på dessa mottagits skickades vissa följdfrågor ut vid otydliga svar eller om någon fråga verkade ha missuppfattats.

Upplägget på intervjuerna var halvstrukturerat, med en inledande öppen fråga där de tillfrågade fick tala fritt om deras tillvägagångssätt vid utförandet av beroendeanalyser samt huruvida någon metod har använts. Intervjuerna inleddes på detta sätt av anledningen att försöka få fram relevant information som annars inte fångats upp i den strukturerade delen av

intervjuerna. Den strukturerade delen bestod av specifika frågor som var direkt kopplade till de framtagna faktorerna, för att på så sätt få en jämförbar datainsamling i enlighet med hur semi-strukturerade intervjuer ska utföras (Lantz, 1993). Alla intervjuer avslutades med en förfrågan om förslag på ytterligare personer för oss att kontakta inom området.

#### 4.4 Analys

Analyser av de olika vetenskapliga metoderna gjordes med hjälp av analysverktyget som tagits fram, genom att undersöka vilka faktorer som använts och på så sätt se hur applicerbara metoderna är för elberoendeanalys. Samma sak gjordes för de praktiska tillvägagångssätten. Resultatet av analyserna presenteras med hjälp av ifyllda matriser som ger en överblick av vilka faktorer som finns med i metoderna och vilka som använts i praktiken.

Med hjälp av dessa analyser kunde divergensen mellan teori och praktik identifieras, och förbättringspotential kunde sedan identifieras med hjälp av denna divergens.

## 5 Vetenskapliga ramverk och metoder för beroendeanalys

*Här presenteras resultatet från den litteraturstudie som gjorts av vetenskapliga ramverk och metoder för beroendeanalys. Först presenteras ett ramverk för beroendeanalys av kritiska infrastrukturer. Denna har främst legat till grund för framtagandet av analysverktygets faktorer. Sedan presenteras tre vetenskapliga metoder för beroendeanalys: en empirisk metod, en metod baserad på en input-outputmodell samt en flödesmetod. Dessa analyseras utifrån de framtagna faktorerna.*

Som tidigare nämnts är ramverket och metoderna är tidigare presenterade i en rapport skriven av Johansson, Svegrup & Hassel (2013), åt MSB. I denna studie har några av de upptagna metoderna i rapporten dock valts bort då de inte ansetts vara tillämpliga för studiens syfte. De som valdes bort är Agentbaserade metoder, systemdynamiska metoder, Infrastrukturbaserade metoder samt hybridmetoder.

Agentbaserade metoder bedöms innehålla mer programmeringsstöd än stöd för beroendeanalys. Systemdynamiska metoder kräver djup förståelse för reglerteknik och differentialekvationer, samt omfattande datainsamling. Infrastrukturbaserade metoder kräver stora mängder indata för komplexa modelleringar och simuleringar och anses därför vara för avancerade för att vara relevanta i en metod för beroendeanalys som ska kunna användas utan specialistkunskap (se kap 1.3 Avgränsningar). Infrastrukturbaserade metoder kräver stora mängder indata för komplexa modelleringar och simuleringar och anses därför vara för avancerade för att vara relevanta i en metod för beroendeanalys som ska kunna användas utan specialistkunskap (se kap. 1.3 Avgränsningar). Hybridmetoder är kombinationer av olika metoder, och det är därför svårt att göra en generell analys av dem, därnär tas de inte heller med i studien.

MSB:s metod inte finns publicerad i vetenskaplig litteratur och räknas således inte in under begreppet *vetenskapliga metoder*. Dock är det den enda handledning för beroendeanalys som finns publicerad från myndigheter, och därför gör författarna bedömningen att det är relevant att inkludera metoden i studiens analys.

### 5.1 Ramverk för beroenden inom kritiska infrastrukturer (CII)

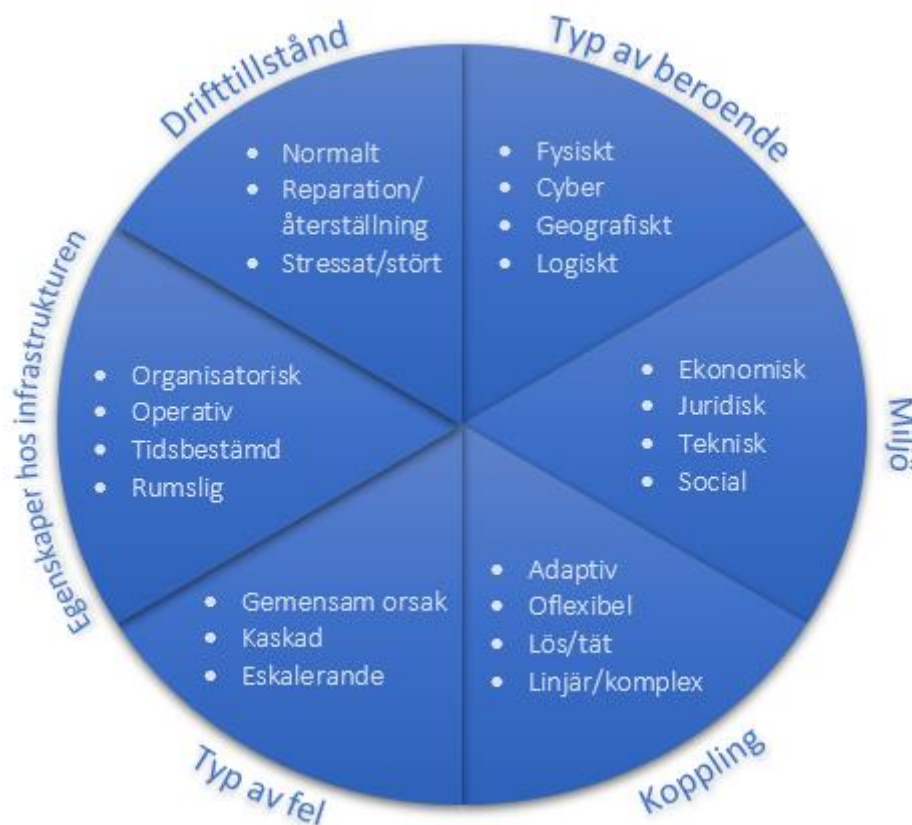
Ett ramverk som har tagit sig an vad de själva kallar *utmaningen att hantera ömsesidiga beroenden hos infrastrukturer* är framtaget av Rinaldi et al. (2001). I detta ramverk, framöver kallat CII, har en taxonomi tagits fram som är tänkt att kunna användas vid beroendeanalys av kritiska infrastrukturer. Beroendena kan enligt CII beskrivas utifrån sex dimensioner: typ av beroende, miljö, koppling, typ av fel, infrastrukturens egenskaper samt drifttillstånd (Figur 7). Dimensionerna i sin tur har ett antal indelningar vilka är tänkta att användas för att undersöka komplexiteten i de ömsesidiga beroendena samt de utmaningar som finns med dessa. De är till för att underlätta identifieringen av, förståelsen för, och analysen av beroendena.

CII utgår från de sex nämnda dimensionerna (Figur 7) och börjar med ett klagörande av vilken typ av beroende det handlar om utifrån de fyra olika typer av beroenden som tas upp i ramverket. Dessa finns beskrivna i kap 2.5 och är fysiskt, cyber, geografiskt och logiskt

beroende, och elberoende klassificeras som ett fysiskt beroende. (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001)

När typ av beroende fastställts går man vidare och undersöker beroendet utifrån de andra fem dimensionerna (Figur 7), det vill säga; vilken miljö infrastrukturerna finns inom, hur tätt kopplade de beroende infrastrukturerna är, vilken typ av fel som kan inträffa, vilka egenskaper infrastrukturerna har och infrastrukturens drifttillstånd vid fel. (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001)

I CII ligger fokus på beroenden i ett "system av system", alltså hur infrastrukturer är sammanlänkade på olika sätt. På så sätt ser man tydligare de ömsesidiga beroenden som finns och inte bara de enskilda beroenden som ett system har av andra system. Antal beroenden ökar med varje ytterligare system som är med i analysen. (Rinaldi, Peerenboom & Kelly, 2001)



Figur 7. De dimensioner som beroenden kan beskrivas utifrån enligt CII. (Omarbetad illustration av författarna)

Eftersom CII är ett ramverk och inte en metod finns inga direkta riktlinjer för hur en beroendeanalys ska göras. Däremot finns vissa aspekter i ramverket som inspirerat till framtagandet av faktorer. Förutom den indelning av typer av beroenden som presenteras i ramverket är dessa exempelvis att olika typer av data kan användas, användandet av flödeskedjor (här finns exempel på både spridningskedjor och beroendekedjor) samt systemperspektiv.

## 5.2 Empirisk metod för beroendeanalys av infrastrukturer

I en rapport från 2007 presenteras en empirisk och analytisk metod som har tagits fram för att både karakterisera och analysera störningar i ömsesidigt beroende infrastruktursystem. Denna typ av infrastrukturstörningar kallas IFI (efter engelskans Infrastructure Failure Interdependency). En IFI beskrivs som en händelse där ett infrastruktursystem fallerar till följd av att ett annat system fallerar och fokus i metoder är på infrastrukturstörningar i form av elavbrott (McDaniels *et al.*, 2007).

Syftet med metoden är att svara på tre frågor (McDaniels *et al.*, 2007):

1. Hur kan allvaret av konsekvensen hos IFI bedömas?
2. Vilka konsekvenser är mest kritiska när:
  - risken för störningar i sammankopplade infrastruktursystem utforskas?
  - beslut ska fattas kring hanteringen av dessa störningar?
3. Vilka mönster hos IFI är störst källa till oro?

Metodstödet som är framtaget är till för att analysera inträffade infrastrukturstörningars spridning och konsekvenser i olika samhällsinfrastrukturer. Störningar som analyseras är elavbrott av olika storlekar, men kan enligt författarna även användas för andra typer av infrastrukturstörningar. Genom att skapa en databas över stora elavbrott kan konsekvenser som uppstår till följd av beroenden kategoriseras, vilket innebär att kaskadeffekter mellan verksamheter kan beskrivas. I metoden samlas data in via tidningar och störningsrapporter. Denna metod ger stöd för analys genom kvantifiering av beroendens styrkor och dess konsekvenser på olika delar av samhället. (Johansson, Svegrupp & Hassel, 2013)

Tabeller med typer av karaktärsdrag används för att sammanställa information om varje systems beroende vid historiska elavbrott (McDaniels *et al.*, 2007). Karaktärsdrag som nämns är bland annat vilka system som påverkas och hur, vilken typ av beroende dessa system har till elen (indelad i logiska, fysiska, geografiska eller cyberberoenden) och huruvida störningen är direkt eller indirekt till följd av elavbrottet. Andra karaktärsdrag är beroendets komplexitet, alltså om konsekvenserna är enkla eller svåra att förutse, och ifall konsekvenserna i sin tur har konsekvenser på elförsörjningssystemet. Även vilken kapacitet hos systemen som nyttjades vid avbrottets start, vilken anpassningspotential systemet har samt hur lång tid det tar för systemet att återhämta sig från avbrottet kartläggs.

Baserad på karaktärsdragen hos elberoendena som sammanställs kan sedan en analys av dessa göras (McDaniels *et al.*, 2007). Analysen görs genom att störningens konsekvens viktas baserat på ett konsekvensindex, se Tabell 2, med fyra kategorier: varaktighet, allvarlighet (hur stor påverkan konsekvensen har på berörda människors), spatial utsträckning och hur stor andel av människorna i det berörda området som påverkas. Dessutom kan konsekvenserna delas in i fem olika kategorier: ekonomiska, miljömässiga, säkerhetsbaserade, hälsomässiga och samhällskonsekvenser. Konsekvenser inom samhällssektorer och verksamheter som får höga värden i viktningen indikerar att dessa sektorer och verksamheter har ett starkt beroende till el.

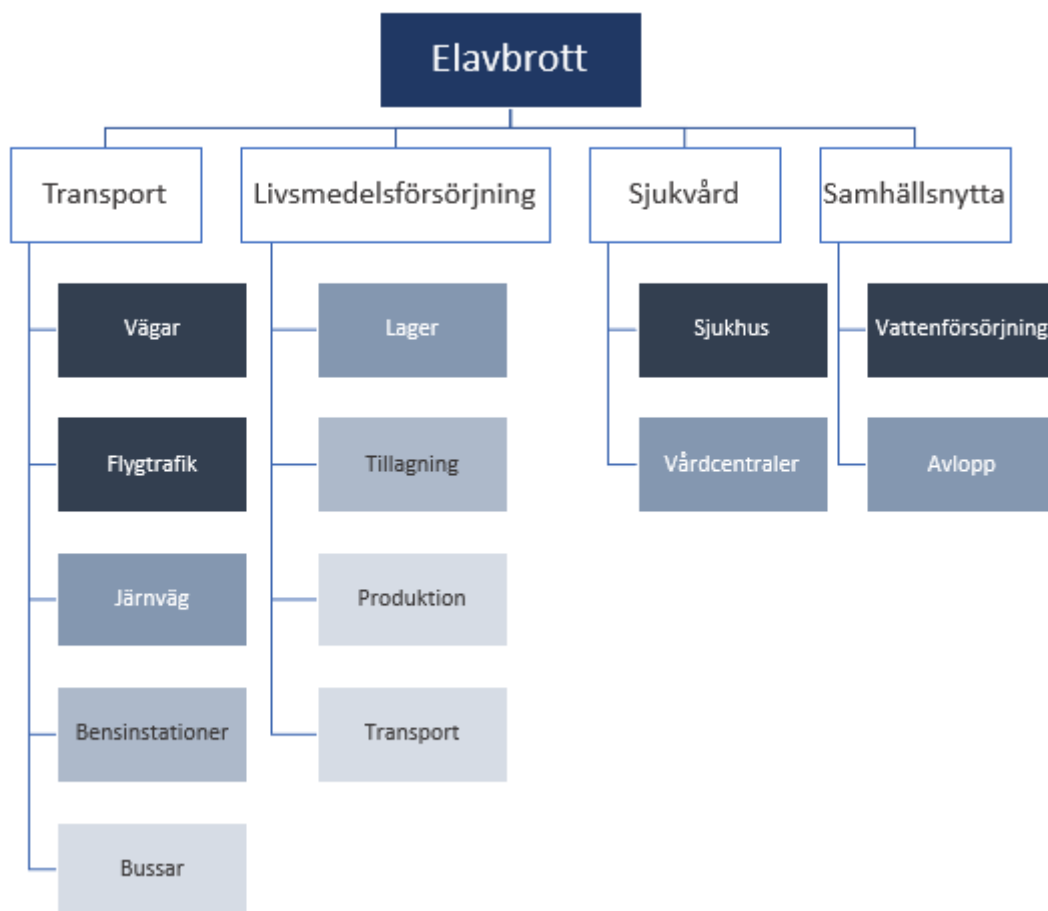
Tabell 2. Viktningsstabell för sammanställning av konsekvensindex utifrån McDaniels *et al.*, 2007

<b>Viktning</b>	<b>Varaktighet</b>	<b>Allvarlighet</b>	<b>Spatial utsträckning</b>	<b>Andel påverkade</b>
-----------------	--------------------	---------------------	-----------------------------	------------------------



<b>3</b>	Veckor	Mycket	Internationell/nationell	Majoritet (>50%)
<b>2</b>	Dagar	Måttligt	Regional	Många (<50%)
<b>1</b>	Timmar/minuter	Mindre	Lokal	Fåtal

Tanken är att vid applicering av metoden för flertalet händelser kunna ta fram en databas baserat på empiriska data, där beroenden och konsekvenser således kan jämföras och analyseras för att hitta mönster för olika IFI. Metoden innehåller stöd för sammanställning av databasen samt analysstöd för jämförande mellan konsekvenserna av olika historiska elavbrott. Resultatet är baserat på att flertalet olika system tas i beaktning per störning eller händelse, och kan presenteras som i Figur 8, där en händelses påverkan på alla system visualiseras. (McDaniels *et al.*, 2007)



Figur 8 Presentation av hur olika system påverkats vid en störning, där konsekvensen graderats med färg – ju mörkare desto allvarligare. (Omarbetad illustration av författarna)

Den här typen av metod är utformat med fokus på strömavbrott men skulle enligt McDaniels *et al.* (2007) kunna generaliseras för att passa vilken form av IFI som helst.

### 5.2.1 Analys av empirisk metod utifrån analysverktyget

Den empiriska metoden innefattar att sammanställa empiriska data för att få en bild av existerande elberoenden (inom och mellan system) och deras karaktärer ur ett infrastrukturperspektiv. Flera inslag från ramverket CII ingår i metoden, bland annat beroendeklassificeringen. Själva metoden fokuserar på insamling av data och kartläggning av



beroenden av el, samt en analys i form av viktning av elberoendenas styrkor och elavbrottets konsekvenser. Denna kan användas ur ett systemperspektiv på flera olika nivåer i samhället.

Visualiseringen av resultatet i Figur 8 kan jämföras med en spridningskedja, där styrkan hos konsekvenserna dessutom viktats i flera olika allvarlighetsgrader vilket skapar en ytterligare dimension i bilden. Det kan också jämföras med en fokusedja, då en viss aspekt (i det här fallet elavbrott) studeras i utvalda system. Indirekta beroenden tas även i beaktning, men de presenteras inte direkt i en beroendekedja, då det inte markeras vilka beroenden som finns mellan systemen och underkategorierna.

Vad gäller tidsperspektivet så inkluderas det i konsekvenstabellen, och viktas på en skala mellan ett och tre, där indelningen är minuter/timmar, dagar eller veckor. Baserat på detta, samt allvarlighet, spatial utsträckning och antal människor som påverkas presenteras resultatet på ett semikvantitativt vis, både i tabeller och genom motsvarigheten till spridningskedja som ses i Figur 8. Detta markeras i analysverktyget, se Tabell 3, som faktor ”Annan” i kategori 5, då det i metoden ingår stöd för att ta hänsyn till långvarigheten av elavbrott vid konsekvensanalys, men inte i form av scenariobaserad analys eller uthållighetsanalys.

Metoden fokuserar på att sammanställa en databas, baserad på flertalet händelser, avseende vilka beroenden som finns mellan infrastruktursystem och hur dessa påverkas vid ett allvarligare elavbrott. Ju fler elavbrott som läggs in i databasen desto bättre validitet för resultaten kan fås, vilket innebär att underlaget för analys och kartläggning kontinuerligt kan förbättras.

En nackdel med ramverket är dock att det endast är baserat på empiriska data, vilket innebär att sådant som inte redan hänt missas i analysen. Det krävs alltså att det redan skett störningar i elförsörjningen för att kunna göra en analys. Det är också möjligt att vissa typer av vanliga IFI underrapporteras vilket kan leda till att resultatet inte blir helt representativt.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 3, redovisas en sammanställning över vilka faktorer som ingår i den empiriska metoden, där de faktorer som identifierats är markerade med blått.

Tabell 3. Faktorer som ingår i den empiriska metoden.

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokusedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokusedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

### 5.3 Metod baserad på input-output-modell

The inoperability input-output model (IIM) är en modell som kan användas i metoder för beroendeanalys som ett sätt att uttrycka de effekter som kan uppstå vid negativa händelser i infrastrukturektorer med starka ömsesidiga beroenden (Oliva, Panzieri & Setola, 2011).

Modellen är baserad på Leontiefs ekonomiska input-outputmodell vilken hanterar ömsesidiga beroenden och kopplingar inom ekonomi. Effekterna som IIM uppskattar bygger därför generellt på ekonomiska data, vilket i sin tur bygger på antagandet att den påverkan som sektorer har på varandra är proportionell till det ekonomiska utbytet mellan dem (Setola, De Porcellinis & Sfora, 2009).

I en metod baserad på IIM, framtagen av Setola, De Porcellinis & Sfora (2009), görs en matematisk beskrivning av beroenden mellan olika infrastrukturer och sektorer och hur dessa kan leda till spridning av en minskad funktionalitet. Fokus ligger således på hur en nedsatt funktion sprids i ett sammanlänkat system och hur funktionaliteten i en infrastruktur beror på funktionaliteten i en annan infrastruktur. Output i grundmodellen motsvarar den försämrade funktionalitet i en komponent som kan bero på funktionsfel i en annan (input) (Haimes et al., 2005) och beräknas i denna metod med hjälp av tekniska data och expertdata från intervjuer där frågor ställts gällande effekten ett avbrott eller en brist på leverans från olika infrastrukturer har på en viss infrastruktur, samt vilken påverkan det har beroende på hur lång tid bristen eller avbrottet pågår. I metoden tas hänsyn till fem olika scenarier gällande brist- eller avbrottstid, med en maximal tid på 48 timmar, då det anses otroligt att ett avbrott eller en leveransbrist skulle pågå längre än så (Setola, De Porcellinis & Sfora, 2009).

Metoden är tänkt att användas för flertalet samberoende infrastrukturer parallellt och resultatet från dessa kan analyseras gemensamt med hjälp av så kallade fuzzy numbers, där kvalitativa expertdata översätts till kvantitativa data mellan 0 och 1. En tabell finns för att kunna översätta konsekvenser till värden, vilket gör det relativt enkelt att göra. Exempelvis får en försumbar konsekvens värdet 0,005, en signifikant minskning i funktionalitet får 0,05 och ett totalt stopp får värdet 0,5. Ett beroendeindex och ett påverkansindex för respektive infrastruktur kan sedan räknas ut med hjälp av dessa värden. Beroendeindexet räknas med hjälp av att summera värdet av de beroenden av andra infrastrukturer som den specifika infrastrukturen som undersöks har och dividera summan med antalet infrastrukturer (exkluderat den som undersöks) och påverkansindexet beräknas på samma sätt, men med den påverkan infrastrukturen har på andra istället för beroendet.

Presentation av resultatet föreslås göras med kombinerade linjediagram med beroendeindexen och påverkansindexen för de olika infrastrukturererna i de olika tidsintervallen som undersökts. Det föreslås även att det görs ett stapeldiagram över ett normaliserat beroendeindex för tidsintervallen.

### 5.3.1 Analys av IIM-metod utifrån analysverktyget

IIM-metoden utgår tydligt från ett systemperspektiv, då det är fokus på både beroenden mellan olika system och även de kaskadeffekter (spridningskedjor) som kan komma av detta beroende. Dessutom är metoden utformad att användas för flera olika system samtidigt och på så sätt kunna jämföra dessa på en systemnivå.

Det finns ingen angiven indelning av typer av beroenden utan den är tydligt riktad mot endast fysiska beroenden, vilket innebär att andra typer av beroenden inte tas med eller missas. Metoden är dock till för att kvantifiera och analysera redan identifierade beroenden och inte för att identifiera nya beroenden.

I metoden används tekniska data och expertdata som omvandlas till värden mellan 0 och 1. Gällande tidsaspekten används scenarioanalys med fem olika tidsintervall. Ingen maximal hanterbar avbrottstid undersöks, då man utgår ifrån att inget avbrott kommer vara i längre än 48 timmar.

Analysen som görs utifrån metoden är kvantitativ och presenteras i olika typer av diagram.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 4, redovisas en sammanställning över vilka faktorer som ingår i IIM-metoden.

Tabell 4. Faktorer som används i IIM-metoden.

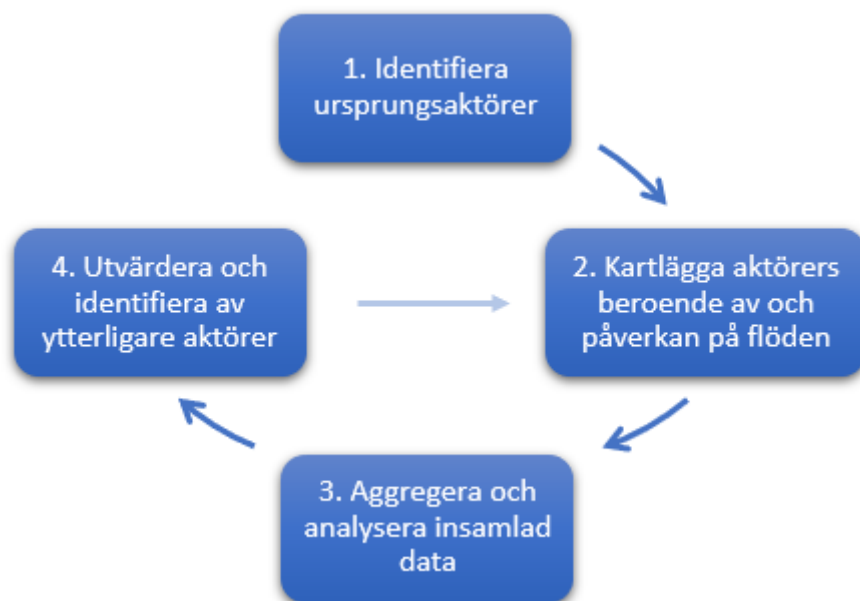
1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

#### 5.4 Flödesmetoden

Utvecklingen av en metod för beroendeanalys ur ett flödesperspektiv initierades som ett pilotprojekt vid LTH i samarbete mellan Training Regions (numera Resilient Regions Association) och dåvarande TRRC (Training Regions Research Center). TRRC utgjordes av forskare vid Lunds Universitet, varav vissa hade kopplingar till Ramforskningsprogrammet PRIVAD (Program for Risk and Vulnerability Analysis Development) och centrumbildningen LUCRAM (Lund University Centre for Risk Assessment and Management).

Det som skiljer denna flödesbaserade metod från andra beroendeanalysmetoder är att fokus ligger på funktioners och aktörers beroende av och påverkan på flöden, istället för deras beroenden direkt till andra funktioner eller aktörer (Johansson, 2013). Flödena förmedlar beroenden som finns mellan aktörer/funktioner, och tanken är att flödesbegreppet ska hjälpa till att hitta beroenden som annars riskerar att missas (Johansson, Hassel & Svegrupp, 2016).

Metoden består i huvudsak av fyra steg som utförs i en iterativ process vilken beskrivs i Figur 9 (Johansson, Hassel & Svegrupp, 2016).

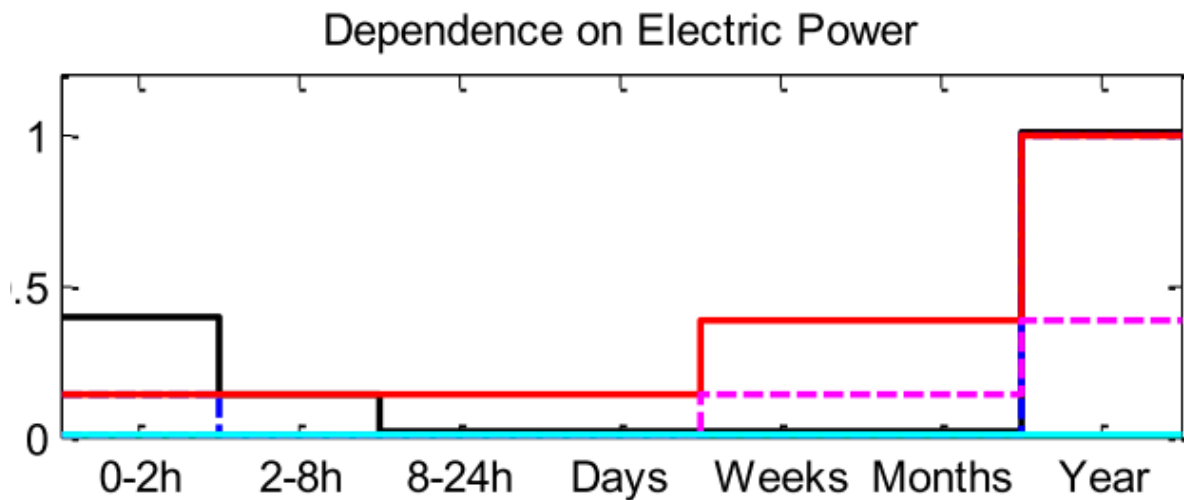


Figur 9 Processen för flödesmetoden (Omarbetad illustration av författarna)

I **steg ett** avgränsas analysen geografiskt och ursprungsaktörer som ska inkluderas identifieras. Vilka aktörer som väljs baseras på vad analysen har för mål och attribut, där ett mål skulle kunna vara *en säker elförsörjning i en viss region*.

**Steg två** innebär kartläggning av individuella aktörers påverkan på och beroenden av flöden. Varje aktör utför aktiviteter och dessa utvärderas med avseende på dess betydelse för målen som definieras i steg ett. Varje aktör delas upp i 4-5 nyckelaktiviteter för att tydliggöra vilka aktiviteter hos aktören som påverkar och beror på vilka flöden. Sedan utvärderas hur aktiviteternas påverkan och beroende av flöden varierar baserat på beroendens styrka och tidsperspektiv. Med beroendets styrka menas i vilken utsträckning en aktivitet påverkas vid ett fullständigt avbrott. Ett flödes beroende av en aktivitet kan således anges i form av hur mycket flödet påverkas om en aktivitet inte sker, medan en aktivitets beroende av ett flöde blir hur mycket aktiviteten påverkas om flödet upphör. Denna styrka estimeras på en linjär intervallskala, med steg, mellan 0 och 100%. Tidsperspektivet inkluderas genom att beroendets styrka estimeras vid olika längd på avbrottet, i sju intervall, mellan 0-2 timmar och

upp till ett år. Ett exempel på styrkan av en aktörs olika aktiviteter beroenden av flödet el under olika tidsintervall kan studeras i Figur 10.



Figur 10 Ett exempel på hur olika aktiviteter beroende av flödet el kan påverkas över tid, där y-axeln är aktiviteternas kapacitet och x-axeln är de olika tidsintervallerna för avbrott. De olika färgade linjerna motsvarar en aktörs nyckelaktiviteter. Bildkälla: Johansson, Hassel & Svegrupp, 2016

**Det tredje steget** fokuserar på aggregering och analys av insamlade data, från de olika aktörerna. Detta kan göras via matriser för beroendeförhållande och visualisering av aktörer och flödens beroendeförhållanden eller med hjälp av en matematisk modell som underlättar vidare analys av följd effekter och ”feedback-loops” med hjälp av simuleringar.

Slutligen, i **steg fyra**, genomförs en kontroll av alla aggregerade data, för att säkerställa att det inte finns några allvarliga dataluckor. En datalucka i detta avseende kan vara att ett flöde identifierats men ingen aktör beror av eller påverkar flödet. Om luckor identifieras inkluderas de aktörer som fattats i kartläggningen och steg två, tre och fyra upprepas. Som syns i Figur 9 blir det således en iterativ snöbollprocess, där modellen blir mer och mer fullständig.

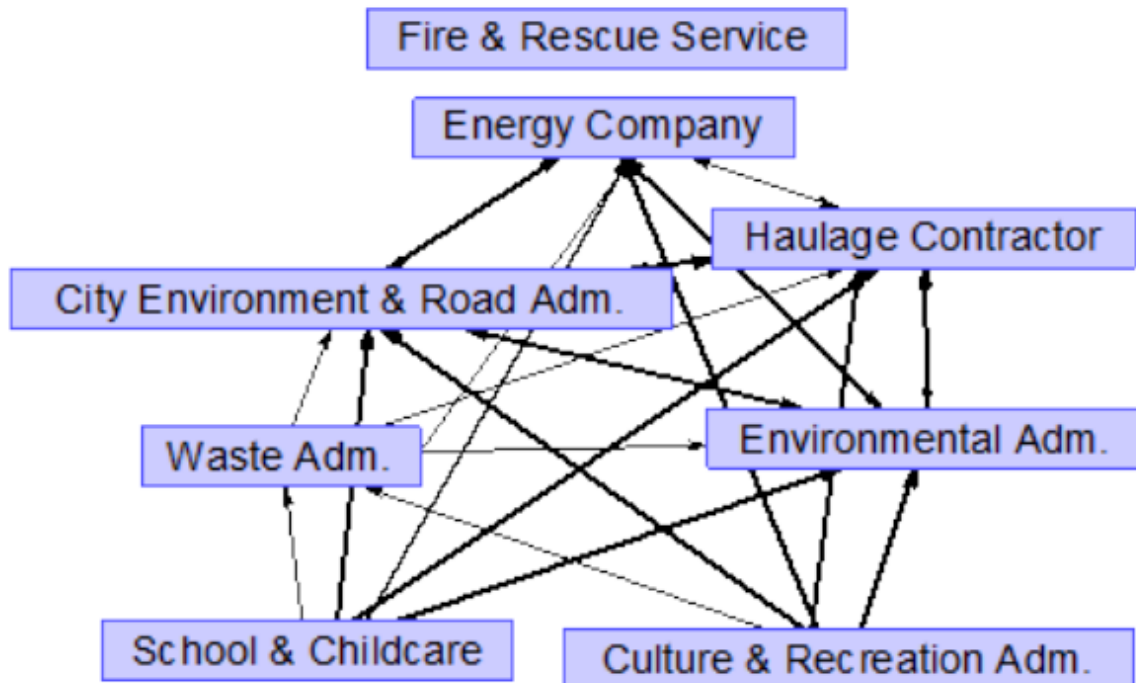
När det gäller datainsamling rekommenderas metoden *strukturerad intervju*, då det visat sig lättare för deltagarna att förstå de olika begreppen vid denna typ av intervju. Data kan även samlas in via frågeenkäter, förutsatt att deltagarna har förståelse för flödesbegreppet och vad som menas med aktiviteter. Interna beroenden för aktörer kan även upptäckas i detta steg, men de inkluderas inte i den aggregerade analysen.

Metoden kan bland annat användas för att identifiera och utvärdera kritiska flöden och aktörer i samhället, utforska relationen mellan flöden och aktörer, utföra scenarioanalyser (till exempel för strömavbrott) för aktörer och/eller flöden, studera kaskad effekter som uppstår på samhällsnivå samt analysera en enskild aktörs beroende av och påverkan på andra aktörer och därmed fånga upp förhållanden i längre flödeskedjor. (Johansson, Hassel & Svegrupp, 2016)

I metoden finns stöd för analyser med fem olika perspektiv, men det framgår även att andra typer av analyser är möjliga med den data som samlats in.

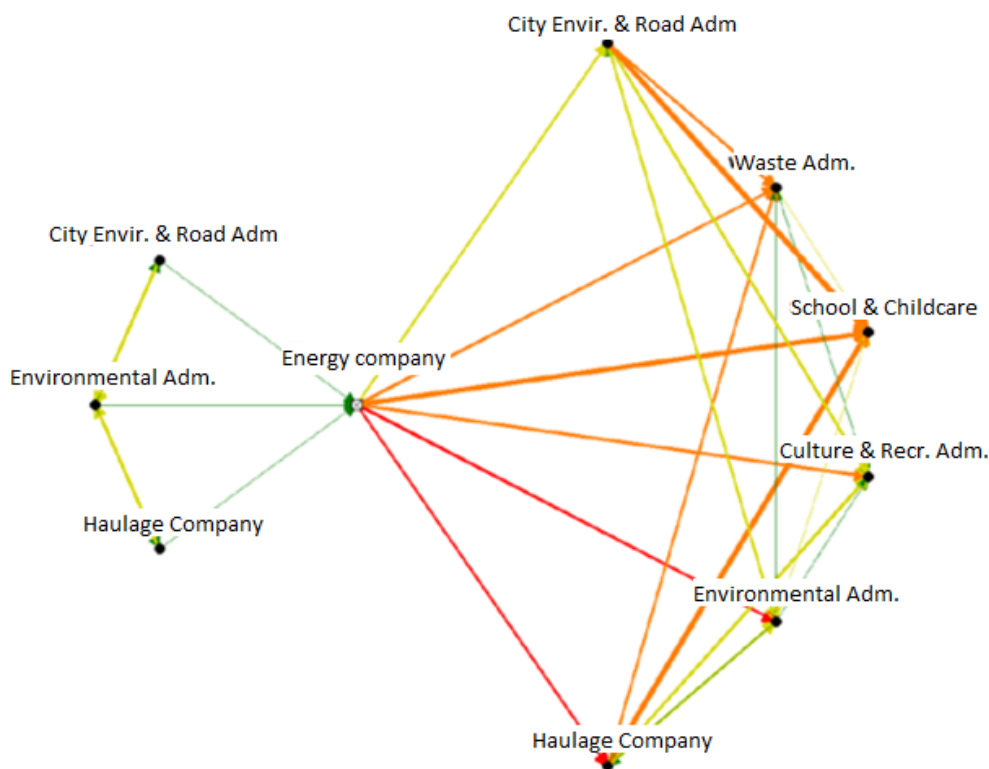
Den **första** analysmetoden fokuserar på visualisering, presentation och aggregering av de identifierade beroendena ur ett samhällsperspektiv. Syftet är att identifiera indirekta

beroenden, både aktörers indirekta beroenden av flöden och vice versa. Dessa analyser görs för alla av de nämnda tidsintervallen, och resultatet presenteras som ett nätverk av aktörer eller flöden, där aktörernas beroenden av varandra (via flöden) representeras av pilar med olika tjocklek baserat på beroendets styrka, se Figur 11.



Figur 11 Nätverk av aktörers beroenden till varandra via flöden, där pilarnas tjocklek representerar beroendenas styrka.  
Bildkälla: Svegrupp, Johansson & Hassel, 2016

Den **andra** analysmetoden fokuserar på en individuell aktör genom visualisering, presentation och utforskande av dennes beroende och påverkan på andra aktörer. Syftet är att identifiera beroenden både långt uppströms och nedströms aktören, och därmed identifiera vilken av aktörens aktiviteter som är känsligast för störningar samt vilka andra aktörer och flöden som påverkas mest av den studerade aktören. Resultaten kan presenteras enligt Figur 12, där linjernas tjocklek motsvarar medelvärdet av beroendets styrka över tidsintervallen och färgerna representerar under vilket tidsintervall de olika beroendena är som starkast.



Figur 12 Beroenden av och påverkan på olika aktörer hos en fokusaktör (i detta fall ett energiföretag). Linjernas tjocklek motsvarar medelvärdet av beroendets styrka över tidsintervallen och färgerna representerar under vilket tidsintervall de olika beroendena är som starkast. Bildkälla: Svegrupp, Johansson & Hassel, 2016.

Den **tredje** analysmetoden fokuserar på att identifiera och utvärdera samhällsviktiga funktioners kritiska beroenden till flöden och aktörer. Analysen görs sekventiellt, genom att simulera effekten av att en aktörs/ett flödes kapacitet minskas. Sedan beräknas de totala konsekvenserna av störningen, för varje aktör och för varje flöde, och den totala störningen i form av kapacitetsförlust estimeras. Dessa upprepas sedan för de olika tidsscenarioerna för varje aktör/flöde. Aktörerna och flödena tilldelas sedan ett värde för dess kritiskhet ur samhällssynpunkt (mellan 0-100%) som motsvarar förhållandet mellan kapacitetsvärdet för den enskilda aktören/flödet jämfört med de största och minsta uppmätta totalkonsekvenserna. Baserat på detta kan sedan de mest kritiska flödena och aktörerna bestämmas. Resultatet presenteras i tabeller för varje tidsscenario.

Analysmetod nummer **fyra** är en scenarioanalys som fokuserar på att utforska direkta och indirekta effekter av fullständiga avbrott av kritiska flöden och aktörer. Avbrott med olika tidslängder studeras, och dess konsekvenser på samhällets olika funktioner beräknas med hjälp av matematiska modeller och genom simuleringar.

Fokus hos den **femte** analysmetoden ligger på att identifiera en enskild aktörs kritiska beroenden av andra aktörer eller flöden. Precis som i den tredje analysmetoden simuleras ett kapacitetsfrånfall hos olika aktörer och flöden, men i denna metod studeras konsekvenserna på den enskilda aktören istället för konsekvenserna på samhället. Baserat på de totala konsekvenserna (för aktören) ges ett kritiskt värde till aktörer och flöden, precis som i den tredje analysmetoden, och därmed kan de mest kritiska aktörerna och flödena för den



studerade aktören identifieras. Dessa analyser görs för de olika tidsintervallen, och resultaten presenteras i tabeller.

#### 5.4.1 Analys av flödesmetoden utifrån analysverktyget

Den flödesbaserade metoden för beroendeanalys är utformad så att den kan appliceras med fokus på både enskilda verksamheter och för större system. Som namnet förmedlar behandlas beroenden i form av flöden. Den enda typen av indata som ingår i metoden är expertdata, och det är därför extra viktigt att experterna som intervjuas har förstått vad som menas med begreppet flöden.

Det presenteras fem olika förslag på analys av insamlade data, vilket innebär att metoden är väldigt anpassningsbar utefter vilket ändamål beroendeanalysen utförs för och vem resultatet ska presenteras för. Det första analysförslaget innebär att göra en fokuskedja, vilket kan ses i Figur 11 och jämföras med Figur 4. Där presenteras en fokuskedja per avbrottsscenario, vilket ger en tydlig bild av hur beroendena ser ut mellan aktörer vid olika långa avbrott av ett visst flöde.

Den andra analysmetoden presenterar både en spridningskedja och en beroendekedja, jämför Figur 12 med Figur 5 och Figur 6, där det blir tydligt vilka direkta och indirekta beroenden fokusaktören har, samt vilka andra aktörer som påverkas både direkt och indirekt. På så sätt kan nyckelaktörer bakåt i flödeskedjan upptäckas, samt aktörer vilka är extra beroende av fokusaktören längre fram.

Resultatet som presenteras kan anses vara av både det semikvantitativa och det kvantitativa slaget. I analysmetod tre och fyra presenteras procentuellt uträknade värden på olika flöden och aktörers kritiskhet i samhället, vilka presenteras i tabeller och/eller diagram.

I metodbeskrivningen används el och elavbrott som ett genomgående och tydligt exempel, vilket ger en tydlig känsla av att metoden är utformad så att elberoende kan studeras på flera olika vis. Däremot är den inte uttalat specifikt framtagen för att hantera elberoenden skilt från andra beroenden.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 5, redovisas en sammanställning över vilka faktorer som ingår i flödesmetoden.

Tabell 5. Faktorer som används i flödesmetoden.

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

## 5.5 MSB:s metod

Den aktuella användarhandledningen för beroendeanalys som MSB hänvisar till, *Beroendeanalys – så gör du!* (KBM, 2007c), består av tre steg;



1. Urval och beskrivning
2. Identifiering och värdering av externa beroenden
3. Aggregerad analys

Steg ett och tre riktas främst mot kommuner, län och myndigheter, medan steg två riktas mot enskilda verksamheter.

Under steget för **urval och beskrivning** skall de verksamheter som ska ingå i analysen väljas. Här väljer kommuner eller län ut sina samhällsviktiga verksamheter, medan en privat aktör fokuserar på verksamheter som är kritiska för aktören.Handledningen tillhandahåller kriterier för att bistå urvalet av vilka verksamheter som är samhällsviktiga. Därefter beskrivs vad dessa verksamheter ska leverera, till vem dessa leveranser sker och hur stora de är.

**Identifiering av externa beroenden** sker med hjälp av ett verktyg som kallas *Beroendehjulet*, se Figur 13.



Figur 13 MSB:s beroendehjul och dess kategorier (Omarbetad illustration av författarna)

I Beroendehjulet delas beroenden upp i sex olika kategorier, eller typer av beroenden.

*Värdering och regelverk* syftar på regler och lagar som styr verksamheten, samt värderingar inom både verksamheten och samhället. *Personal* kan handla om både nyckelpersoner eller ett volymbehov, där behovet anses vara hur mycket personal med rätt kompetens som krävs för att bedriva verksamheten. *Infrastruktur* berör vilka infrastrukturer verksamheten är beroende utav. Exempelvis kan det röra sig om elförsörjning, telenät eller vägnät.

Kategorin *Verksamhetsnära system* avser interna system som är anpassade för den egna verksamheten, till exempel regelsystem eller administrativa system. *Kapital, insatsvaror och insatsjänster* är tjänster, fysiska varor och kapital som förbrukas av verksamheten, alternativt som krävs för att kunna bedriva verksamheten. Det kan röra sig om både insatskapital och rörelsekapital. *Information* kan vara både intern och extern, och av olika sorter. All information som är viktig för verksamhetens driftförmåga placeras under denna kategori.

Genom att använda Beroendehjulet kan det fastställas vad verksamheten behöver för att kunna fungera.

**Värderingen av de identifierade beroendena** baseras på en bedömning av *konsekvens*, *stötdämpare* (såsom reservsystem) och *uthållighet*. På så vis fastställs effekten av ett bortfall av leverans, huruvida det finns alternativa metoder för att kompensera bortfallet och hur länge verksamheten klarar sig utan den uteblivna leveransen. Baserat på detta värderas sedan de olika beroendena som antingen kritiskt beroende, tydligt beroende eller svagt/osäkert beroende.

Det tredje steget, **aggregerad analys**, ger en bild av hur de valda verksamheterna är beroende av varandra.

Resultatet från steg ett och två sammanställs i en matris, där direkta beroenden blir tydliga. För att visualisera indirekta beroenden används kedjemodeller, så som spridningskedjor, beroendekedjor och fokusedjor. Dessa kedjor ger ett förtydligat visuellt underlag för analys, och visar antingen hur en störning sprids från en verksamhet till andra, vilka verksamheter som fokusverksamheten är beroende utav i flera steg eller beroenden för specifikt utvalda verksamheter med ett visst fokus, Figur 13.

#### 5.5.1 Analys av MSB:s metod utifrån analysverktyget

MSB:s metod innefattar både ett systemperspektiv (steg 1 och 3) och ett verksamhetsperspektiv (steg 2), och är utformad för att kunna nyttjas av både kommuner, län och myndigheter.

När det gäller identifiering av beroenden, steg 2 i metoden, ligger fokus på externa beroenden. Dessa identifieras utefter de sex kategorier som ingår i beroendehjulet, där elberoende klassificeras som ett infrastrukturberoende (se Figur 13).

Angående indata så specificeras det inte i metoden vilken typ av data som bör samlas in för beroendeanalys, eller hur den bör hanteras och tolkas. Detta kan anses vara en svaghet i metoden, då olika typer av indata och insamlingsmetoder skulle kunna generera varierande resultat. Det enda som nämns är att utförda beroendeanalys från olika verksamheter samlas in i steg 3 för att kunna ingå i en aggregerad analys.

I steg 3 presenteras beroendekedjor, spridningskedjor och fokusedjor som exempel på verktyg för att visualisera beroenden. I metoden framgår det att fokusedjor bland annat kan användas för att studera hur ett elavbrott påverkar verksamheten via dess beroenden till andra verksamheter. Det framgår dock inte i detalj hur någon av dessa kedjor ska tas fram eller hur de kan analyseras mer djupgående. Utöver dessa kedjor nämns inga metoder för att analysera

elberoende specifikt, förutom att det lyfts fram som ett exempel på inom kategorin för infrastruktur i beroendehjulet.

Som underlag för värderingsdelen i steg 2 ingår att svara på hur länge verksamheten i fråga kan klara sig utan tillgodoseendet av ett visst beroende, alltså verksamhetens *uthållighet*.

De olika beroendena som identifierats hos en verksamhet värderas enligt metoden i en skala på tre nivåer, baserat på verksamhetens stöddämpande förmåga och uthållighet, och i viss mån även konsekvensen av ett avbrott. Skalan är kvalitativ och saknar helt och hållet kvantitativa inslag och exempel.

För att presentera resultatet (i form av de insamlade beroendeanalyserna) rekommenderas användandet av flödeskedjor eller en matris. I matrisen ska de studerade verksamheterna finnas med på både x-axel och y-axel. Beroendet mellan två verksamheter markeras sedan i deras skärningspunkt, utefter den tre-skaliga bedömning som gjorts i steg 2.

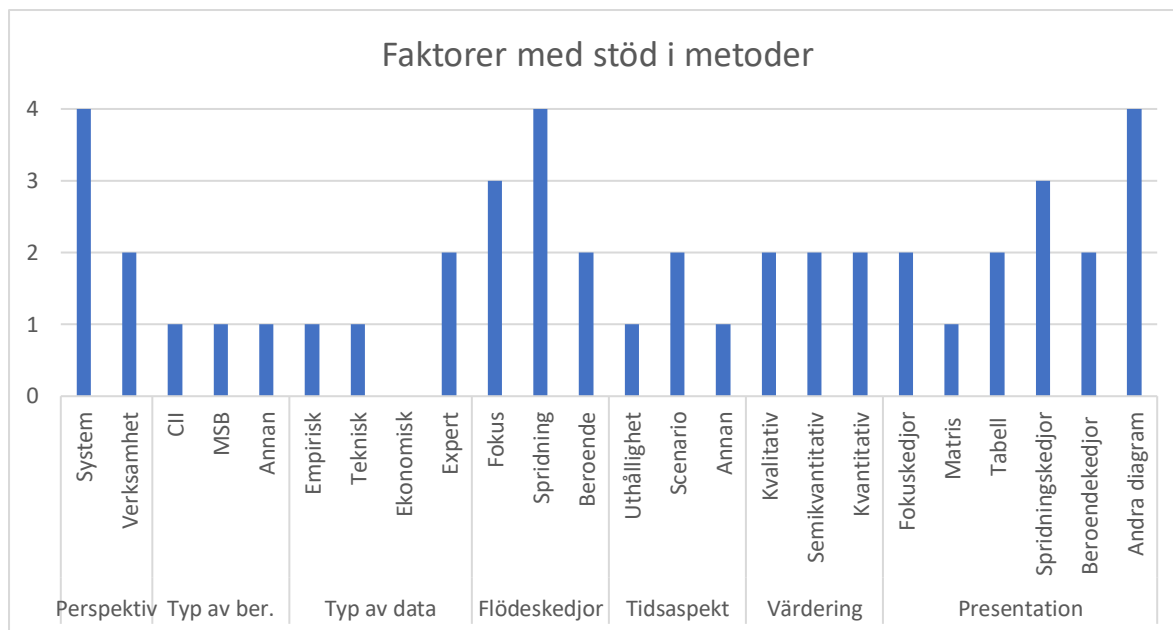
Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 6, redovisas en sammanställning av de faktorer som används i MSB:s metod.

Tabell 6. Faktorer som används i MSB:s metod.

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

## 5.6 Sammanfattning av de vetenskapliga metoderna

Bland de fyra presenterade metoderna är det en stor spridning i vilka faktorer som de stödjer, vilket visas i Figur 14. Resultatet i tabellen visar att alla metoder kan användas för analyser utifrån systemperspektiv. Alla är även användbara för att undersöka spridningskedjor. Ingen metod har stöd för att använda ekonomiska data. Presentationssättet varierar och ”andra diagram” är representerade hos alla metoder, dessa är dock olika för alla så något gemensamt presentationssätt kan det inte anses vara.



Figur 14. Faktorer som har stöd i vetenskapliga metoder för beroendeanalys

## 6 Tillvägagångssätt för beroendeanalys i praktiken

I detta kapitel analyseras och presenteras resultatet av intervjustudien, följt av en sammanställning av de faktorer som använts i respektive tillvägagångssätt samt en jämförelse mellan de vetenskapliga metoderna och de praktiska tillvägagångssätten.

### 6.1 Resultat av intervjustudie

I följande kapitel redovisas resultatet av intervjustudien. Det är det praktiska tillvägagångssättet som analyserats då det i vissa fall inte funnits något direkt metodstöd. Endast fyra personer har deltagit i studien och resultatet presenteras utifrån de tillvägagångssätt som de beskriver. Samtliga personer som valt att ställa upp på intervju har varit sådana som har utfört ett flertal analyser antingen inom den egna regionen, eller för ett flertal kommuner. Detta innebär att resultaten från intervjustudien täcker in tillvägagångssätt för betydligt fler än fyra beroendeanalyser.

Intervjufrågorna har främst berört de faktorer som presenterades i kap 4.2, samt haft ett visst ytterligare fokus på hur elberoendet hanterats i beroendeanalysen. Även mer generella frågor om beroendeanalysen har ställts (se Bilaga 1 för frågor). Resultatet från intervjuerna analyseras, i likhet med analysen av de vetenskapliga metoderna, med hjälp av analysverktyget.

Presentationen av resultatet från intervjuerna har anonymiserats, då det inte anses vara relevant för studien vem som utfört analyserna eller inom vilken kommun eller region som analyserna har gjorts.

Visualiseringar över de faktorer som använts presenteras i slutet av varje del (se Tabell 7, Tabell 8, Tabell 9 och Tabell 10).

#### 6.1.1 Person 1, region A

Utifrån intervjun framgår att beroendeanalyser utförs som del av RSA för samhällsviktiga verksamheter i regionen, vilket främst berör sjukhusverksamheter. Dessa sammanställs sedan för hela regionen. Beroendeanalyser görs på både systemnivå då verksamheterna som ingår är tätt kopplade och på verksamhetsnivå för de enheter som bedriver samhällsviktig verksamhet. Ingen indelning i typ av beroende görs.

Till följd av ett behov av att kartlägga flödeskedjornas olika nivåer och den kunskap som finns har personen utvecklat en egen metod för beroendeanalys som tillvägagångssättet bygger på. Metoden som använts bygger på två huvuddelar:

1. Kartläggning av flödeskedjorna.
2. Kartläggning av vilka åtgärder som vidtagits för att motverka förekomsten och minimera effekterna av avbrott i flödena, både av interna och externa leverantörer.

I det första steget kartläggs alltså flödeskedjorna, från stödförvaltningar till vårdförvaltningar till sjukhus och slutligen de samhällsviktiga verksamheterna. Vikten av att gå igenom hela kedjan poängteras, och det används ett tydligt flödesperspektiv.

I nästa steg studeras sedan vilka åtgärder som redan vidtagits för motverkan och konsekvensminskning av avbrott i olika flöden.

Av de identifierade flödena väljs de flöden som anses mest kritiska ut för att studeras vidare, om det finns ett behov för vidare analys. Detta är planerat att ske med hjälp av ett Excelblad samt ett nytt verktyg som är under upphandling och som del av kontinuitetshandlingen. El är ett av flödena som kommer analyseras vidare.

Data, i form av expertdata, samlas in via intervjuer och seminarier, där det egenutvecklade Excelbladet finns att tillgå som stöd. Av resursskäl kategoriseras inte beroendena efter olika typer. Person 1 berättar att de beroenden som identifieras främst är fysiska och geografiska. Indirekta beroenden studeras däremot, till viss del med hjälp av beroendekedjor, där det exempelvis identifierats att beroendet av IT-telefoni skapar ett indirekt beroende av el. Även fokusedjor används så till vida att det görs scenariostudier.

Tidsaspekten anses vara en central fråga i avgörandet kring hur kritiskt ett beroende är. Data sammanställs kring specifika beroenden och dess konsekvenser vid tidsspecifika avbrott. Dessutom sammanställs vilka åtgärder som är nödvändiga för att hantera konsekvenser vid avbrott. Dessa analyser ligger sedan till grunden för kontinuitetsarbetet, men analyserna sker på ett rent kvalitativt sätt, då kvantitativa data inte anses behövas. Resultatet presenteras i tabeller och textform.

I analysen som gjorts i regionen har man tittat på el som ett beroende och hur det ser ut inom olika samhällsviktiga verksamheter inom regionen, där ett exempel är ett större sjukhus. I analysen har man tagit med olika åtgärder för de olika verksamheterna som ska vidtas eller har vidtagits för att hantera exempelvis ett elavbrott.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 7, redovisas en sammanställning av de faktorer som använts i tillvägagångssättet för utförandet av beroendeanalyser i region A.

Tabell 7. Faktorer som använts i region A

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokusedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
8	Fokusedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

### 6.1.2 Person 2, region B

Beroendeanalyser som gjorts i region B har enligt intervju med person 2 varit en del av de RSA:er som enligt Lag (2006:544) ska göras för samhällsviktiga verksamheter. Person 2 som intervjuats har sammanställt de analyser som gjorts av samhällsviktiga verksamheter inom regionen för att få fram en regional bild, samt assisterat dessa verksamheter i deras analyser.

Beroendeanalyserna har gjorts för olika typer av samhällsviktiga verksamheter, där främst hälso- och sjukvårdssektorn med stora och små sjukhus lyfts fram som fokusverksamheter. Beroendeanalyser görs även för alla verksamheter som tillhör en region, såsom länstrafik, folktandvård, kultur i länet osv. Analyserna har gjorts först på verksamhetsnivå, och sedan har dessa använts av regionen för att göra en analys på systemnivå.

Inom regionen har beroendeanalyserna i ett fåtal fall gjorts med Beroendehjulet som underlag, men i stort har ingen uttalad metod använts. Främst har den expertis som funnits inom regionen använts för att kunna bistå olika verksamheter i deras arbete. Indelning efter typer av beroenden har inte använts som underlag vid identifiering eller analys.

I tillvägagångssättet för beroendeanalyser inom regionen har olika typer av data använts, beroende på vad som är aktuellt för den specifika verksamheten, där insamlingen av data skett från bland annat incidenthanteringssystem, övningar inom regionen (praktisk erfarenhet inom en organisation och hos dess medarbetare lyfts som minst lika viktigt som andra typer av data) och tidigare ekonomiska konsekvenser på grund av exempelvis leveransbortfall. Man har byggt upp en egen databas för insamlade data. Workshopar för identifiering av beroenden är sällsynta inom regionen på grund av sekretess.

Data som samlats in har analyserats både kvalitativt och semi-kvantitativt. Skolor för värdering används för den semi-kvantitativa analysen. Fokusedjor är en utav hörnstenarna i analyserna, då man ”försöker bli så oberoende av andra som det bara går”. Även spridningskedjor har varit med i analyserna, där man tittat på vilka effekter som kan uppstå hos andra verksamheter än den egna. Indirekta beroenden har också analyserats, men omfattningen är oklar. Tidsaspekten har undersökts i olika scenarier för 1 h, 24 h, dagar och veckor. Exempelvis strömbortfall på storsjukhus har undersökts med dessa tidsscenarier för att de ska kunna vara förberedda på att omfördela och släcka ner olika verksamheter i en viss ordning. Det har varit starkt fokus på just elberoende i analyserna, då man är extremt elberoende och inte kan vara garanterad leverans i alla lägen. Man har tittat på strömavbrottsscenarier för att analysera beroendet djupare, samt tittat vidare på hur man kan bygga upp den egna redundansen med reservkraft, olika leverantörer, interna automatiska elprioriteringar och Styrel.

Resultatet av beroendeanalyserna har presenterats på många olika sätt, men det är dock ingen underliggande metod som ligger bakom presentationssättet, utan verksamheter gör på olika sätt. Resultatet samlas dock i en rapport där man exempelvis kan ha med flödeskedjor, tabeller och bilder.

Inom regionen har ingen specifik metod använts, utan det är expertisen hos medarbetare som legat till grund för tillvägagångssättet i analyserna. Stor hänsyn har tagits till specifikt elberoendet, exempelvis med strömavbrottsscenarier samt arbete med den egna redundansen.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 8, redovisas en sammanställning av de faktorer som använts i tillvägagångssättet för utförandet av beroendeanalyser i region B.

Tabell 8. Faktorer som använts i region B

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokusedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokusedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram



### 6.1.3 Person 3, konsult för kommuner

Person 3 har arbetat med att göra RSA:er och beroendeanalyser både som anställd på en kommun, men även som inhyrd konsult hos många olika kommuner. Tillvägagångssättet har dock i stort sett varit detsamma, då konsulten tagit fram en egen metod som utvecklats vidare för varje uppdrag. Grunden i metoden är en Excelfil som fylls i med resultat från tre olika workshoppar som hålls med medarbetare inom de olika verksamheterna. I en första workshop kartläggs samhällsviktiga verksamheter inom kommunen, samt risker som förknippas med dessa. Beroendeanalys görs främst i workshop nummer två, medan workshop tre är fokuserad på förmågebedömning.

Workshop två är uppdelad i de olika förvaltningarna inom kommunerna och här arbetar man fram vilka samhällsviktiga funktioner som finns inom den specifika förvaltningen och därifrån identifieras vilka interna och externa kritiska beroenden som finns. När man hittat dessa identifieras vilka flöden som det finns ett beroende av och gemensamt kommer workshopdeltagarna fram till vilka som är mest kritiska. Denna värdering görs med hjälp av prioriterings-”pluppar”, vilka deltagarna på workshoparna får dela ut till de olika beroendena för att rangordna dem. Varje medarbetare får tre ”pluppar” att dela ut till de beroenden som de själva anser vara mest kritiska. Det görs sedan en samhällskonsekvensanalys, där beroendena värderas efter hur länge de olika funktionerna klarar sig (på minimal nivå) utan de olika beroendena. På så vis inkluderas tidsperspektivet i metoden.

Efter konsekvensanalysen hålls en tredje workshop i vilken en förmågebedömning görs, där man granskar vilka förmågor, i form av rutiner, backup planer och åtgärder som finns för de olika funktionerna. Under denna workshop tas även åtgärdsförslag fram.

Arbetet har gjorts både med ett verksamhets- och systemperspektiv då man tittat på vilka beroenden som finns inom de olika förvaltningarna hos kommunen för att sedan slå ihop detta till en stor övergripande beroendeanalys för hela kommunen.

Analysen görs med hjälp av expertdata i form den kunskap som medarbetare som är med på workshops besitter efter många års erfarenhet. Man har inte utgått ifrån beroendetyper, utan beroenden har identifierats utifrån de funktioner som ansetts vara samhällskritiska inom förvaltningarna, och vad dessa funktioner behöver för att fungera.

En värdering görs utifrån hur länge de viktiga funktionerna kan ligga nere innan skyddsvärden påverkas. Spridningskedjor är en del i analysen som görs, och kommunerna blir tilldelade redskap för att även analysera beroendekedjor, så det finns möjlighet att göra detta om man anser det nödvändigt.

Presentationen av resultatet sker med Excelarket som man arbetar med under processen, samt i en rapport där man presenterar beroenden kvalitativt i punktform tillsammans med åtgärdsförslag.

Metoden som tagits fram har en specifik del där man hanterat elberoendet, dock inte på en djupare nivå än att man uppskattat vilken längd på avbrott som går att hantera. Scenarioanalys hade kunnat vara ett bra komplement för att få en bredare och mer djupgående analys av elberoendet, exempelvis genom att hantera olika långa avbrott eller olika omfattning på



avbrotten. En kommentar gällande elberoende från konsulten är att fokus bör flyttas från elen då hen anser att det finns betydligt viktigare och mer akuta beroenden att fokusera på.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 9, redovisas en sammanställning av de faktorer som använts i tillvägagångssättet för utförandet av beroendeanalyser av konsulten.

Tabell 9. Faktorer som använts i metod framtagen av konsult för kommuner

1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

#### 6.1.4 Person 4, räddningstjänst, kommuner

Enligt svar på frågor via mail från person 4 framkommer att beroendeanalyser för kommunens förvaltningar och kommunala bolag har sammanställts av räddningstjänsten, med syftet att identifiera kommunens kritiska beroenden för att säkerställa att kommunens kritiska verksamheter kan bedrivas.

Varje förvaltning och kommunalt bolag får en matris att fylla i, utifrån sin egen verksamhet. Detta gäller främst samhällsviktig verksamhet. Innan verksamheterna får ut matrisen har de träffar med räddningstjänsten där information om syftet med analyser förmedlas. När beroendeanalyserna av verksamheterna är klara samlar räddningstjänsten in dem och sammanställer resultaten till en övergripande rapport.

I matrisen ingår att fylla i:

- Vilka funktioner som bedrivs inom den samhällsviktiga verksamheten
- Vad de har för acceptabla avbrottstider för verksamheten
- Vilka beroenden som finns (indelade efter Beroendehjulets kategorier)
- Vad verksamheten har för sårbarhet och redundans
- Vilka stötdämpare som existerar och förslag på införande av ytterligare sådana
- Konsekvensberäkningar för resursbortfall

Då varje verksamhet på fyllt i sina matriser på egen hand och utan stöd har resultatet som inkommit till räddningstjänsten varierat kraftigt. Identifierade beroenden har i många fall inte fått någon vidare beskrivning om på vilket sätt verksamheten är beroende, styrkan hos beroendet eller några andra aspekter. Detta identifieras av person 4 som ett potentiellt resultat av att det finns bristande vägledning i hur matrisen ska fyllas i.

Presentationen av beroendeanalysen har enligt person 4 gjorts i risk- och sårbarhetsanalysen i enlighet med MSB:s föreskrifter och ytterligare information gällande det har inte framkommit. Dock finns det inte någon vägledning i föreskrifterna gällande risk- och sårbarhetsanalyser om hur resultatet ska presenteras.

Elberoendet har inte tagits i särskild beaktning, och detaljeringsgraden av beroendeidentifieringen hos verksamheterna som utfört analyserna har varit varierande. Till exempel har vissa svar som inkommit varit ”beroende av el”, utan vidare förklaring eller beskrivning.

Med hjälp av det framtagna analysverktyget, se Tabell 10, redovisas en sammanställning av de faktorer som använts i tillvägagångssättet för utförandet av beroendeanalyser i kommuner med stöd från räddningstjänsten.

Tabell 10. Faktorer som använts av kommuner med stöd från Räddningstjänst

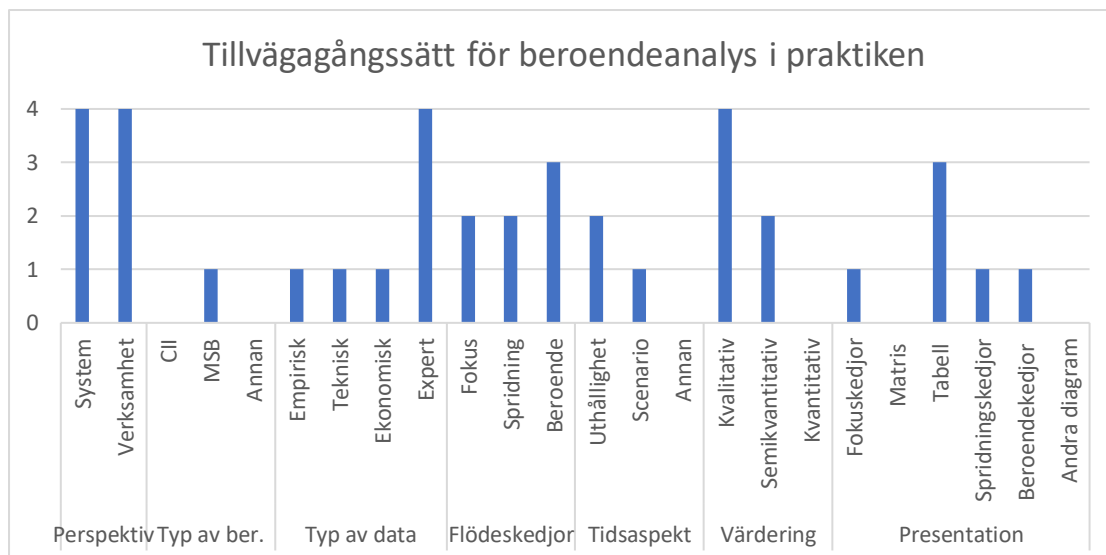
1	Systemperspektiv		Verksamhetsperspektiv			
2	CII		MSB		Annan	
3	Empiriska data	Tekniska data	Ekonomiska data		Expertdata	
4	Fokuskedjor		Spridningskedjor		Beroendekedjor	
5	Uthållighet		Scenarioanalys		Annan	
6	Kvalitativt		Semi-kvantitativt		Kvantitativt	
7	Fokuskedjor	Matris	Tabell	Spridningskedjor	Beroendekedjor	Andra diagram

## 6.2 Sammanställning och jämförelse av tillvägagångssättet för beroendeanalyser i praktiken

Tillvägagångssättet för beroendeanalyser hos de olika regionerna och kommunerna som studerats skiljer sig kraftigt åt för vissa faktorer och liknar varandra när det gäller andra faktorer. Detta visualiseras i Figur 15, där det syns att spridningen på faktorer som använts i praktiken är stor. Gemensamt för alla är att de gjort analyser både utifrån system- och verksamhetsperspektiv, använt expertdata, tittat på beroendekedjor och gjort kvalitativa analyser.

Det framkommer i intervjuerna att det ofta inte finns några stöd för att använda flödeskedjor i analyserna, även om det ingår i analyserna i flera fall. Det har även framkommit genom intervjustudien att detaljeringsnivån och omfattningen av de beroendeanalyser som gjorts varierat kraftigt beroende på vem som utfört analysen.

I en majoritet av fallen har de tillfrågade använt sig av Excelark som hjälpmedel vid beroendeanalyser.



Figur 15. Faktorer som använts i tillvägagångssätt för beroendeanalys i praktiken.

Av de intervjuer som hållits har det framkommit att el ses som ett viktigt beroende och i flera av beroendeanalyserna har man haft visst fokus på eller specifika delar för att titta på elberoende. Det framgår dock från intervjun med person 3 att elen inte nödvändigtvis är det viktigaste beroendet att fokusera på, samtidigt som det i intervjun med person 2 framgår att elen är extremt viktig ur en beroendeaspekt. Person 1 berättar i sin tur att det finns planer på att göra en djupare analys av elberoendet samtidigt som person 4 berättar att verksamheterna ibland inte går djupare än att konstatera att de är ”beroende av el”. Det skiljer sig alltså väldigt mycket i hur man ser på elberoendet och hur detta analyseras. Vad detta beror på är svårt att säga.

## 7 Jämförelser av vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt

En jämförelse av den relativa inkluderingen av faktorer i teorin och praktiken visas i Figur 16. Det finns i princip inga systematiska likheter i inkluderingen av faktorer baserat på de vetenskapliga metoder och tillvägagångssätt som undersökts i studien. Detta kan tyda på att det som används i praktiken inte nödvändigtvis är baserat på teorin, samtidigt kan det tyda på att teorin inte är anpassad efter verkliga förutsättningar för de personer som intervjuats. Dessutom är underlaget inte tillräckligt stort för att kunna dra tydliga slutsatser utifrån.

Det är tydliga skillnader i vilket perspektiv man utgått ifrån. I praktiken är utgångspunkten från både system- och verksamhetsperspektiv och i teorin är det betydligt färre som utgår från verksamhetsperspektivet. I litteraturstudien framgår det att någon form av indelning av beroendetyper görs i majoriteten av de vetenskapliga metoderna, medan det i intervjustudien framkom att de flesta av tillvägagångssätten inte innehöll någon indelning.

Flödeskedjor har en högre förekomst hos de vetenskapliga metoderna än i de praktiska tillvägagångssätten. Framför allt är det en stor skillnad mellan användandet av spridningskedjor, där alla metoder har stöd för detta men endast en av de som intervjuats uppgav att man använt sig av det. Beroendekedjor finns oftare med i de praktiska tillvägagångssätten än i de vetenskapliga metoderna. Sammantaget är det en relativt hög användning av flödeskedjor, vilket tyder på att det är ett bra verktyg att arbeta med, men det hade kunnat användas mer i praktiken.

Det är tydligt att expertdata är något som föredras att användas, både i teorin och praktiken, med den skillnaden att expertdata använts i alla praktiska tillvägagångssätt och endast hälften av de vetenskapliga metoderna förespråkar det. Av de tillfrågade personer som utför beroendeanalyser i praktiken är det fler som gör kvalitativa analyser, vilket inte är det som främst stöds i de vetenskapliga metoderna. Anledningen till detta är troligen att det är enklast och kräver minst resurser att göra en kvalitativ analys, jämfört med en kvantitativ.

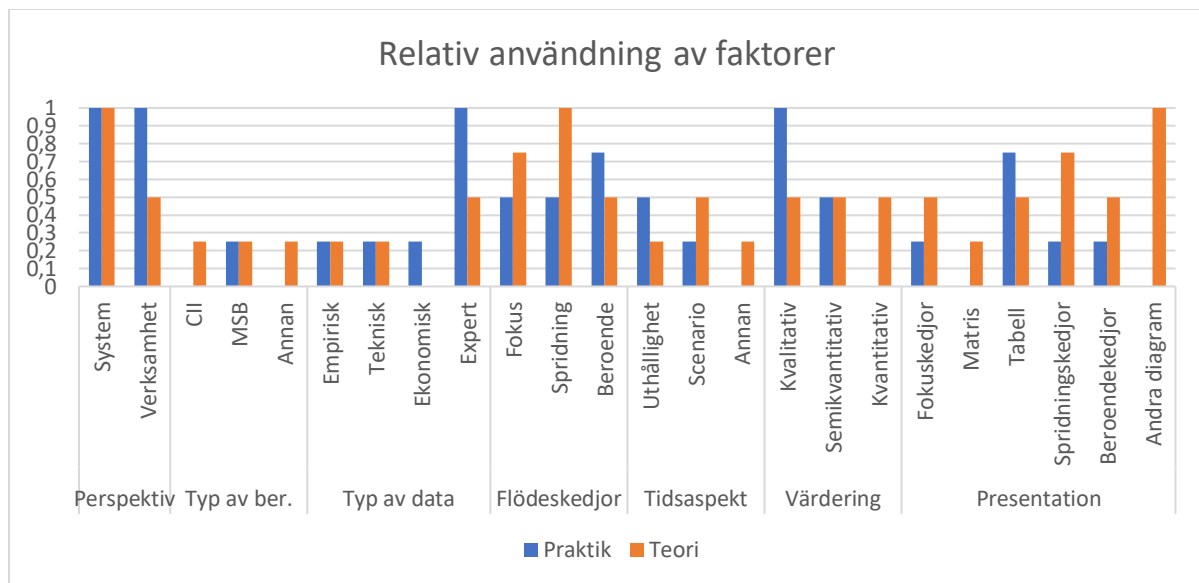
Det finns en viss skillnad i vilka tidsaspekter som stöds i analyserna i teorin och praktiken, den är dock väldigt liten. I alla vetenskapliga metoder som studerats har någon typ av tidsaspekt inkluderat, vilket inte är fallet för de praktiska tillvägagångssätten. Dock är den totala användningen relativt liten.

I praktiken görs endast kvalitativa och semi-kvantitativa analyser, men i de vetenskapliga metoderna finns det stöd även för kvantitativa analyser, vilket inte alls används i praktiken. En skillnad är att två metoder innehåller stöd för någon typ av index för konsekvenser eller beroenden, men i praktiken görs inga liknande beräkningar.

När det gäller presentation av resultatet finns det inte heller någon konvergens mellan teori och praktik. Tabeller har oftare använts i praktiken och flödeskedjor, matriser och andra diagram används ofta i teorin.

Den divergens som har kunnat upptäckas inom studien kan tyda på att det finns förbättringspotential, både i hur man praktiskt utför beroendeanalyser men även hos de

vetenskapliga metoderna. Dock kan ingen slutsats dras om divergens mellan teori och praktik i allmänhet.



Figur 16. Relativ användning av faktorer i teorin och praktiken

## 7.1 Förbättringsförslag som identifierats

Baserat på studien av beroendeanalys i teorin och praktiken, och med utgångspunkt i analysverktygets faktorer med relevans för elberoendeanalys, har ett antal förbättringsförslag identifierats. En slutsats kan dras att det finns ett behov för en uppdaterad metod för beroendeanalys för el, vilket även är sant för beroendeanalys i allmänhet. Detta eftersom det i dagsläget inte finns någon metod som kan följas generellt, och för att många därför har fått ta fram ett eget tillvägagångssätt. Trots att denna studie är fokuserad på metoder för analys av specifikt elberoende behöver det inte betyda att de förbättringsförslag som presenteras nedan inte skulle kunna vara applicerbara på beroendeanalys generellt.

En metod med ett lättanvänt, omfattande och anpassningsbart metodstöd i form av en mall i Excel skulle kunna användas för att analysera elberoende, med exempelvis följande innehåll:

- Tydlig förklaring över vilken typ av data som kan användas utöver expertdata och hur den kan samlas in.
- Vägledning för hur de olika flödeskedjorna kan analyseras samt hur de rent praktiskt kan användas i analysen.
- Inkluderande av stöd för tidsbaserade scenariorstudier, med fokus på konsekvenser av olika långa avbrott, samt bedömning av maximala avbrottstider.
- Stöd för semi-kvantitativ eller kvantitativ värdering med hjälp av exempelvis någon form av index.

## 8 Diskussion

Följande diskussion följer dispositionen i rapporten. Först diskuteras de vetenskapliga metoderna för beroendeanalys och de praktiska tillvägagångssätt som identifierats utifrån intervjuer. Efter det följer en diskussion om jämförelsen mellan teori och praktik samt de förbättringsförslag som identifierats, följt av övriga diskussioner om studien i allmänhet och arbetets gång samt självreflektioner. Diskussionen görs framför allt med fokus på metodernas stöd för analys av elberoende och hur dessa analyser görs, men även i viss mån för andra typer av beroenden. Detta då det i studien visat sig att elberoendeanalyserna ofta är en liten del i en generell analys och bristen på stöd som finns för elberoendeanalys även gäller för beroendeanalyser i allmänhet.

### 8.1 Vetenskapliga metoder

Av de vetenskapliga metoderna för beroendeanalys som identifierats är det bara den empiriska metoden som är utformad för specifikt elberoendeanalys. Att endast en av de vetenskapliga metoderna är specifikt utformad för just elberoendeanalys tyder på att det finns en viss kunskapslucka inom detta område, speciellt då den inte är inriktad på hur en specifik verksamhet är beroende av el, utan på den påverkan ett elavbrott kan ge på olika delar av samhället. För att bidra till arbetet med bättre beroendeanalyser av el hade studier som undersöker och utvärderar användandet av olika vetenskapliga metoder i praktiken kunnat vara fördelaktigt.

Huruvida stöd finns för användning av faktorer varierar mellan de olika studerade vetenskapliga metoderna. Detta tyder på att det inte nödvändigtvis är bäst att ha stöd för enbart vissa faktorer, utan de flesta kan vara användbara på något sätt. Vissa vetenskapliga metoder, exempelvis den empiriska, har ett direkt fokus på el, men har en potentiell svaghet i att den endast använder empiriska data. IIM-metoden stödjer däremot flera typer av indata men har inget direkt fokus på el, även om den går att använda för analys av elinfrastrukturen. För att få en bättre täckning av viktiga faktorer kan det därmed vara fördelaktigt att kombinera flertalet metoder i ett försök att få en mer heltäckande beroendeanalysmetod. Dock är det inte nödvändigtvis så att alla metoder behöver vara heltäckande, då metoder kan ha olika syften och användningsområden.

Metoden som är baserad på IIM bidrar med ett relativt enkelt sätt att värdera beroenden på och kan därför vara fördelaktig om detta behöver göras utan att det kräver alltför djup kunskap. Värderingen som görs genom en översättning till fuzzy numbers med hjälp av en tabell och vidare beräkning av medelvärden för olika system kan ge ganska konkreta resultat, under förutsättning att den data som samlas in är väl underbyggd och att data finns. Konsekvensvärdering, vilket kan liknas med beroendevärdering, görs även i den empiriska metoden med hjälp av konsekvensindex. Vi anser att en värdering via fuzzy numbers innebär att en kvantitativ analys av beroenden görs, medan en värdering via konsekvensindex så som i den empiriska metoden snarare innebär en semikvantitativ analys.

IIM och flödesmetoden har gemensamt att de innehåller scenariobaserade analyser över vilka konsekvenser olika långa avbrott har. I flödesmetoden värderas beroenden baserat på både

tidsintervallens påverkan individuellt och som ett medelvärde av dess påverkan på styrkan. Konsekvensen av ett elavbrott kan variera kraftigt beroende på avbrottets varaktighet, och detta kan vara bra att ta i beaktande när elberoende ska bedömas.

I rapporten *Översikt över metoder för komplex beroendeanalys på sektoriell och tvärsektoriell nivå* av Johansson, Svegrupp och Hassel (2013) gjordes en utförlig inventering av befintliga metoder för beroendeanalys, och i sökningen för denna rapport gjordes en liknande sökning för att hitta eventuella tillkomna metoder under de senaste 6 åren. Inga nya metoder hittades, men det finns en risk att andra relevanta metoder kan ha missats att inkluderas i studien, vilket kan vara bra att ha i åtanke vid fortsatta studier inom området.

## 8.2 Praktiska tillvägagångssätt

Det går inte att dra några generella slutsatser om vilka tillvägagångssätt som finns för beroendeanalys av el i allmänhet utifrån den studie som gjorts, då inte tillräckligt många deltagit i intervjuer. Det finns dock skillnader i hur de tillfrågade gått till väga i sina beroendeanalys. I majoriteten av fallen fanns uttalade metoder och i några fall studerades elberoende specifikt. En aspekt att ta i beaktande gällande allmängiltigheten i resultatet är att även om studien enbart presenterar fyra tillvägagångssätt är det betydligt fler än fyra som studerats i praktiken, då de som intervjuats gett sammanställningar för tillvägagångssätt för många beroendeanalys. Det är trots detta inte tillräckligt många analyser som studerats för att ge ett allmängiltigt resultat.

Kunskaper och resurser inom olika regioner och kommuner varierar, vilket ger en stor variation i hur djupgående analyserna blir. I en av regionerna förefaller aktörerna inte alls utgå från någon vedertagen metod för beroendeanalys. Istället verkar man förlita sig på att den expertis som finns inom regionen har tillräcklig kompetens för att utföra beroendeanalyserna på den nivå som krävs. Eftersom resultaten från analyserna inte var offentliga på grund av sekretesskäl går det dock inte att göra någon studie på om kvaliteten på analyserna varierar beroende på om en uttalad metod finns eller om det endast bygger på expertis.

Analysen av tillvägagångssätt för beroendeanalys i praktiken har resulterat i insikten om att majoriteten av de tillfrågade har någon typ av analysstöd i form av Excelark som ska fyllas i, vilket tyder på att detta kan vara lätt att använda och ett bra hjälpmedel i en metod för beroendeanalys.

Det som framkommer tydligt i intervjustudien är att användningen av expertdata, beroendekedjor och kvalitativ värdering är gemensamma faktorer för alla. Detta tyder på att dessa faktorer är sådana som är relativt enkla att använda och därför är det en god idé att ha med även dessa i en metod. Det tyder också på att om kvantitativa analyser ska göras så kan det behövas mycket stöd till verksamheten om hur data ska samlas in och hur dessa analyser ska genomföras. Alla fyra tillfrågade har även gjort analyser ur både system- och verksamhetsperspektiv. Det tyder på att en helhetsbild ofta eftersträvas, vilket troligtvis beror på att de tillfrågade gjort beroendeanalys för kommuner och regioner. Bland resterande faktorer är det ingen som används i någon större utsträckning i de praktiska tillvägagångssätten, vilket kan tyda på att det finns en brist i kunskap om hur dessa ska



användas. Ytterligare stöd för att använda fler faktorer kan därmed behövas för att öka användningen av de faktorer som är mindre förekommande.

Bland flödeskedjor är det mestadels beroendekedjor som använts i de tillvägagångssätt som studerats. Detta kan vara till följd av att de som utför analyserna på verksamhetsnivå mestadels är intresserade av vad den egna verksamheten har för beroenden. På en sammanställande nivå hade det dock varit intressant med fokusedjor och spridningskedjor. Om det finns en kunskapsbrist, resursbrist eller andra anledningar till att det inte görs i samma utsträckning framgår ej i studien.

Det är värt att nämna att resultatet av intervjustudien är baserad på vår tolkning av de tillvägagångssätt som använts, och att vår tolkning skulle kunna vara bristfällig. Att information kring ett av tillvägagångssätten erhållits via mailkontakt istället för en intervju skulle kunna påverka resultatet av tolkningen ytterligare.

### 8.3 Förbättringsförslag baserade på studien

Studien har gjorts med ett specifikt fokus på elberoende, och resultatet visar att det finns förbättringspotential i de praktiska tillvägagångssätten för både elberoendeanalys och generell beroendeanalys som framkommit i studien. Även den metod som MSB har publicerat har brister i stöd för generell beroendeanalys, och ytterst lite stöd för elberoendeanalys. Med tanke på detta utgår vi ifrån att det behövs ett förbättrat metodstöd, inte bara för specifika analyser av elberoende utan för beroendeanalyser generellt.

En metod som ges ut av exempelvis en myndighet, så som MSB, med fokus på el har möjlighet att nå ut till de som omfattas av kraven på risk- och sårbarhetsanalyser, och därmed beroendeanalyser. Behovet av en sådan metod bygger på det stora beroende som finns av el, men kan även vara aktuellt för andra infrastrukturer som samhället också har ett stort beroende av såsom exempelvis vatten och telekom. Genom att presentera en metod för elberoendeanalys som är både tydlig och tillgänglig kan chanserna öka att den faktiskt används av många samhällsviktiga verksamheter, och därmed kan tillvägagångssätten i praktiken påverkas. De förslag som presenterats i kap 7.1 är framtagna för att användas vid just elberoendeanalys, men är inte begränsade till enbart detta, utan skulle kunna användas som underlag till en metod för beroendeanalys i allmänhet.

Våra förslag på innehåll i en metod för elberoendeanalys, baserat på den förbättringspotential som framkommit i studien, diskuteras nedan.

#### 8.3.1 Beskrivning av olika typer av data

För att underlätta insamlingen av data hade metoden kunnat innehålla förslag på typ av data, såsom empiriska, tekniska, ekonomiska och expertbaserade, som skulle kunna användas i analysen beroende på vad som är användbart i just den analys som ska göras. Även exempel på hur olika typer av data kan samlas in hade kunnat öka användbarheten av metoden. Studien har visat att det i praktiken varit främst expertdata som används, vilket tyder på att det troligen främst är stöd för insamling av andra typer av data som saknas. Genom att det tydligt skulle framgå i metodstödet att möjligheten för insamling av andra typer av data bör ses över, skulle mängden tillgängliga data kunna öka. Detta i sin tur skulle kunna leda till att andra typer av analyser kan göras.



### 8.3.2 Stöd för analys med hjälp av flödeskedjor

Ett förbättringsförslag som identifierats är att inkludera vägledning för analys med hjälp av flödeskedjor (se kap 4.2). Detta eftersom det ofta saknas dokumenterat stöd i praktiken, och att det i vissa fall görs baserat på en eller ett par personers expertis. Genom att ha analysstöd nedskrivet ökar potentiellt användningen. Det innebär också att exempelvis en kommun inte blir lika beroende av att en viss person är den enda som kan utföra denna typ av analyser.

### 8.3.3 Stöd för analys med hjälp av tidsaspekter

Att ha ett stöd för att inkludera tidsaspekter i analysen av elberoende är ett av de identifierade förbättringsförslagen. Både analys av den maximalt tillåtna avbrottstiden och scenariobaserad analys är av intresse när elberoende analyseras. Scenariobaserad analys är intressant eftersom elavbrott kan inträffa av olika orsaker och därmed ta olika lång tid att återställa, vilket nämns i kap 3.8, samt för att olika verksamheter kan få varierande stora problem till följd av avbrottstiden, se kap 3.9. Anledningen att maximal tillåten avbrottstid är bra att studera är för att ta reda på om åtgärder behöver göras, exempelvis om den tillåtna tiden är väldigt kort. Det kan vara värdefullt att identifiera om den maximalt tillåtna avbrottstiden till exempel är kortare än 12 timmar, då det är gränsen för hur långt ett avbrott får vara innan det leder till några konsekvenser för elbolagen enligt ellagen, se kap 3.7.

### 8.3.4 Stöd för semi-kvantitativ och/eller kvantitativ värdering

Upplägget med att värdera konsekvenser inom olika system till följd av elavbrott med hjälp av konsekvensindex skulle kunna vara användbart. Det skulle till exempel kunna underlätta för beslutsfattare att göra rätt prioriteringar, då de kan få en förbättrad helhetsbild av elberoendet ur ett systemperspektiv. Att ha ett semikvantitativt eller kvantitativt sätt att värdera styrkan hos beroenden kan potentiellt leda till tydligare resultat än att bara ange om beroendet är obefintligt, svagt eller starkt. Det kan dock kräva mer resurser för att göra kvantitativa analyser, vilket gör att kvalitativa analyser kan vara att föredra.

### 8.3.5 Utformning av metodstöd

Vi anser att en metod för elberoendeanalys bör innehålla ett metodstöd vilket gärna får vara utformat som en Excel-mall med förifyllda fält, kommentarer med förtydligande och vägledning samt förprogrammerade beräkningar. Mallarna skulle också kunna innehålla information, rekommendationer och förklaringar för de olika fälten för att underlätta användning. Det skulle kunna finnas flera olika Excelark, anpassade efter om de görs ur verksamhetsperspektiv eller ur ett sammanställande systemperspektiv, så att det kan användas av både verksamheter, kommuner, regioner och myndigheter. Det hade också varit möjligt att skapa mallar som är omfattande och sedan kan skalas ner eller anpassas efter behov och vilken tillgång till data som finns. En fördel med att erbjuda ett mallbaserat stöd som används av kommuner och regioner i större utsträckning är att det potentiellt hade kunnat leda till att det på myndighetsnivå blir lättare att sammanställa en nationell analys av samhällets elberoende. Dessutom skulle det, om behovet uppstår, kunna leda till att verksamheter, kommuner och regioner lättare kan samarbeta kring hantering av elberoende då de använder sig av liknande analysmetod.

En nackdel med att använda ett mallbaserat stöd kan vara att det, även om det är skalbart och anpassningsbart, känns komplicerat för vissa användare. För att hantera det på bästa sätt hade ett personligt stöd varit bra för de som känner behov av det. Dock är detta något resurskrävande, vilket därför innebär att detta kan vara svårt att ha i praktiken. Därför behöver metoden och metodstödet vara så tydliga och enkla som möjligt.

#### 8.4 Beroendeanalyser inom elsystemet

Med tanke på det starka beroende som finns av el kommer beroendeanalyser av el alltid vara viktiga för att kunna upprätthålla samhällsviktiga verksamheter. Detta eftersom det inte går att garantera att det aldrig blir några elavbrott, trots de skyddsåtgärder som redan finns. Dock går det att skydda sig mer eller mindre mot de negativa effekter som avbrott kan ha.

Det som är relevant i denna studie är beroendet som verksamheter har av elsystemet, inte de beroenden som elsystemet har. Studien gjordes med utgångspunkten i att analysera verksameters beroendeanalyser av el. Eftersom det inte fanns tillräckligt med data för att analysera detta fick vi, som nämnts, bredda våra sökningar och istället titta på generella beroendeanalyser och med hjälp av dem hitta sätt att specifikt analysera el på och hur det görs i praktiken.

Det finns, som tidigare nämnts, lagstiftning som bland annat ställer krav på både reservkraft och styrel, som är till för att minska konsekvenserna vid elavbrott och på bästa sätt hantera de sårbarheter och beroenden som finns inom elsystemet. Eftersom elsystemet i sig är beroende av elförsörjning och därmed av elsystemet självt, är det viktigt att kunna utföra bra beroendeanalyser av el även inom elsystemet för att på så sätt minska risken för avbrott där – både gällande överföring mellan zoner och överföring till kund.

Beroendeanalyser inom elsystemet skulle med fördel kunna göras i enlighet med de förslag som tagits fram i denna rapporten. De parametrar som finns med i denna studie skulle kunna hjälpa till att visa på vilka verktyg och förhållningssätt som kan användas i en beroendeanalys, som till exempel vilket perspektiv man utgår ifrån, vilka typer av data man använder och hur de samlas in, vilka hjälpmedel man kan behöva och hur man visuellt och tydligt kan redovisa resultatet av analysen. Ytterligare en fördel för specifikt elsystemet är att det går att använda samma parametrar för att analysera andra beroenden, vilket innebär att samma eller en väldigt liknande metod eller metodstöd kan användas för alla beroenden som elsystemet har.

Det skulle också gå att använda statistik från beroendeanalyser som utförts på liknande sätt för stärka elsystemet, där exempelvis olika delar av elsystemet kan lära av hur analyser gjorts på andra delar och dessutom dela data för att lättare kunna identifiera hur olika parametrar kan användas för analysen eftersom de kan antas vara relativt lika varandra eftersom det gäller samma beroende inom samma system.

Gemensamt skulle dessa användningsområden kunna minska exponeringen för den risk som avbrott kan innebära genom att vara bättre förberedd och mer inriktad på de områden där de största beroenden finns. Detta i sin tur kan leda till ett mer motståndskraftigt elsystem, och därigenom ett starkare samhälle som inte är lika utsatt för de risker som elavbrott kan leda till i dagsläget.

## 8.5 Självreflektion

I början av studien eftersöktes vilka metoder för beroendeanalyser som använts i praktiken, då vi förväntade oss att de som utför beroendeanalyser i praktiken följer någon form av vedertagen metod. Vi trodde även att det i publicerade RSA:er skulle ingå en användbar metodbeskrivning för ingående beroendeanalyser. Det blev dock det snabbt tydligt att väldokumenterade metoder för beroendeanalyser inte var lätta att hitta, vilket innebar att intervjuer blev nödvändiga för att få reda på hur man faktiskt gjort – alltså vilka praktiska tillvägagångssätt som använts. Intervjuerna gjordes semi-kvantitativt och gav bra resultat baserat på vad som eftersöktes. I en större studie hade fler intervjuer kunnat hållas, för att kunna samla in mer data. Det hade även varit möjligt att hålla fler intervjuer i denna studie om vi från början hade vetat att det är nödvändigt med intervjuer för att få fram den information som eftersökts. Förbättringspotential finns i antalet personer som kontaktats, samt att vi inte skickat ut påminnelser till de flesta vi kontaktat.

Det resultat som framkommit tyder på att det praktiska tillvägagångssättet för beroendeanalyser delvis täcker andra faktorer än de vetenskapliga metoderna. Det är dock inte nödvändigtvis eftersträvansvärt att man i praktiken försöker använda samma faktorer som de vetenskapliga metoderna ger stöd för. Av resursskäl kan det till exempel vara svårt att göra en alltför komplex analys inom samhällsviktiga verksamheter. Det kan också vara så att data som insamlas inte når upp till den kvalitetsnivå som krävs för att faktiskt få ut användbara resultat från en vetenskaplig metod. Däremot kan de vetenskapliga metoderna vara en bra grund för att hitta olika modeller eller aspekter som kan komma till nytta i de praktiska analyserna som görs, även om inte hela metoden används.

De faktorer som tagits fram i studiens analysverktyg är sådana som vi anser kunna vara viktiga vid en beroendeanalys, utifrån de litteraturstudier som gjorts. Det finns en risk för att viktiga faktorer missats i studien, vilket i sådant fall kan uppmärksammas i en vidare studie, där man exempelvis intervjuar fler personer, gör en mer omfattande litteraturstudie och inkluderar mer komplicerade metoder än i denna studie. Det hade även kunnat vara bra att låta ett antal personer testa olika tillgängliga metoder för att utvärdera hur väl de kan användas av personer utan specialkunskap inom området. Vi har i efterhand också insett att vi hade kunnat fråga de personer som intervjuats vad de anser om vårt val av faktorer, samt om de haft några förslag på andra faktorer som kunnat vara användbart. Vi hade även kunnat be om motiveringar kring varför de inte haft med vissa faktorer i sina tillvägagångssätt. Detta är också något som kunnat undersökas i en vidare studie.

Vi är nöjda med det analysverktyg som vi tagit fram, utifrån de förutsättningar vi har haft. Kanske finns viss vägledning i form av litteratur för hur ett analysverktyg kan utvecklas, men detta har vi inte hittat. Grundtanken var inte att ta fram ett analysverktyg, utan det växte fram under litteraturstudiens gång. Verkytyget hade kanske kunnat bli mer omfattande om vi från början haft en plan att utveckla ett verktyg, om fler intervjuer hållits eller om ytterligare metoder tagits med i litteraturstudien. Under arbetets gång har faktorerna i analysverktyget uppdaterats kontinuerligt och ett antal faktorer har tagits bort efter hand då de ansetts inte tillföra något till studien. Exempel på dessa faktorer är geografisk nivå, möjlighet till

aggregering och jämförande, simuleringsstöd, användbarhet. Användbarhet togs bort eftersom vi inte ansåg att det gick att utvärdera hur användbar en metod är om den inte testas.

Vår studie har gjorts med fokus på elberoendeanalyser, men fortsatta studier hade kunnat lägga fokus på andra typer av beroenden eller på mer generella beroendeanalyser. Då kan det vara intressant att undersöka och använda olika indelningar efter typer av beroenden, då dessa inte är lika relevanta när man gör analyser av enbart en sorts beroende, utan är mer till för att identifiera beroenden.

## 9 Slutsats

Det finns ett antal metoder för beroendeanalys som omskrivs i vetenskaplig litteratur, och som i varierande grad kan användas för specifikt elberoendeanalys. Endast en av metoderna som studerats har utformats specifikt för elberoendeanalys (den empiriska metoden) och den är mer inriktad på elavbrotts påverkan på olika delar av samhället än på hur en specifik verksamhet är beroende av el.

Baserat på studiens omfattning går det inte att dra några slutsatser om tillvägagångssätten som används vid beroendeanalys i allmänhet. Däremot skiljer sig de tillvägagångssätten som framkommit i intervjustudien åt, beroende på vem som gjort beroendeanalysen. I vissa fall fanns uttalade metoder, och i några av fall studerades även elberoende specifikt.

Det går inte att säkerställa någon divergens mellan vetenskapliga metoder och praktiska tillvägagångssätt i allmänhet baserat på denna studie. Inom ramen för studien går det dock att identifiera en viss divergens, detta med hjälp av det analysverktyg som utvecklats och som innehåller faktorer som anses relevanta vid analysering av elberoende. Dessa faktorer presenteras i kapitel 4.2.

Förbättringspotential har kunnat identifieras baserat på det framtagna analysverktyget och den identifierade divergensen mellan teorin och den praktik som analyserats i intervjustudien. Förbättringsförslag baserade på studien är följande:

En metod med ett lättanvänt, omfattande och anpassningsbart metodstöd i form av en mall i Excel skulle kunna användas för att analysera elberoende, med exempelvis följande innehåll:

- Tydlig förklaring över vilken typ av data som kan användas utöver expertdata och hur den kan samlas in.
- Vägledning för hur de olika flödeskedjorna kan analyseras samt hur de rent praktiskt kan användas i analysen.
- Inkluderande av stöd för tidsbaserade scenariostudier, med fokus på konsekvenser av olika långa avbrott, samt bedömning av maximala avbrottstider.
- Stöd för semi-kvantitativ eller kvantitativ värdering med hjälp av exempelvis någon form av index.

## 10 Referenser

- Bryman, A. (2018) *Samhällsvetenskapliga metoder*. 3rd edition. Liber AB.
- Chiaradonna, S., Giandomenico, F. Di & Lollini Paolo, P. (2011) Definition, implementation and application of a model-based framework for analyzing interdependencies in electric power systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. [Online] 4 (1), 24–40. Available from: doi:10.1016/j.ijcip.2011.03.001.
- Energiföretagen (2019) *Ett hållbart energisystem*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.energiforetagen.se/sa-fungerar-det/> [Accessed: 16 December 2019].
- Energimarknadsinspektionen (2018) *Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2017 Statistik och analys av elavbrott*. [Online] Available from: [www.ei.se](http://www.ei.se).
- Energimyndigheten (2019a) *Elavbrott*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/el/elavbrott/> [Accessed: 16 October 2019].
- Energimyndigheten (2019b) *Elavbrott*. [Online]. 2019. Available from: <http://www.energimyndigheten.se/elavbrott/>.
- Energimyndigheten (2019c) *Eleffektbrist*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/el/eleffektbrist/> [Accessed: 19 September 2019].
- Energimyndigheten (2019d) *Elenergi-brist*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/el/elenergi-brist/> [Accessed: 19 September 2019].
- Energimyndigheten (2019e) *Energiläget 2019 – En Översikt*.
- European Commission (2019) *Critical infrastrukt.* [Online]. 2019. Available from: [https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/policies/crisis-and-terrorism/critical-infrastructure\\_en](https://ec.europa.eu/home-affairs/what-we-do/policies/crisis-and-terrorism/critical-infrastructure_en) [Accessed: 17 October 2019].
- FOI (2011) *FOI:s Modell För Risk- Och Sårbarhetsanalys (FORSA)*.
- Haines, Y.Y., Horowitz, B.M., Lambert, J.H., Santos, J., et al. (2005) Inoperability input-output model for interdependent infrastructure sectors. I: Theory and Methodology. *Journal of Infrastructure Systems*. [Online] 11 (2), 67–79. Available from: doi:10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:2(67).
- IRM (2018) A Risk Practitioners Guide to ISO 31000 : 2018. *Institute of Risk Management*. 20.
- Johansson, H. & Åhsberger, A. (2012) *Beroendeanalys ur ett flödesperspektiv - jämförelse av metoder för datainsamling*.
- Johansson, J. (2013) *Metodöversikt - beroendeanalys*. 1–6.
- Johansson, J., Hassel, H. & Svegrupp, L. (2016) Capturing societal interdependencies from a flow perspective—Part I: Method and model. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice - Proceedings of the 26th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2016*. (Oyung), 351.
- Johansson, J., Svegrupp, L. & Hassel, H. (2013) *Översikt över metoder för komplex beroendeanalys på sektoriell & tvärspektoriell nivå*.
- Kaplan, S; Garrick, J. (1981) On The Quantitative Definition of Risk Stanley Kaplan' and B. John Garrick2 Received July. *The Annals of occupational hygiene*. 24 (1), 245–248.

- KBM (2007a) *Beroende- och kommunalteknisk försörjning*.
- KBM (2007b) *Beroende- och konsekvensanalys, energi*.
- KBM (2007c) *Beroendeanalys – så gör du!*
- Kjølle, G.H., Utne, I.B. & Gjerde, O. (2012) Risk analysis of critical infrastructures emphasizing electricity supply and interdependencies. *Reliability Engineering and System Safety*. [Online]. Available from: doi:10.1016/j.ress.2012.02.006.
- Krisinformation (2019) *Reservkraft och styrel*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.krisinformation.se/detta-kan-handa/elstoringar/styrel> [Accessed: 13 September 2019].
- Lantz, A. (1993) *Intervjumetodik*. Lund, Studentlitteratur.
- McDaniels, T., Chang, S., Peterson, K., Mikawoz, J., et al. (2007) Empirical framework for characterizing infrastructure failure interdependencies. *Journal of Infrastructure Systems*. [Online] 13 (3), 175–184. Available from: doi:10.1061/(ASCE)1076-0342(2007)13:3(175).
- MSB (2011) *Ett fungerande samhälle i en föränderlig värld*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB (2009) *Faller en – faller då alla?*
- MSB (2019) *Risk- och sårbarhetsanalyser*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/risk--och-sarbarhetsanalyser/> [Accessed: 12 September 2019].
- MSB, Livsmedelsverket, Elsäkerhetsverket, Energimyndigheten, et al. (2015) *Vägledning för hantering av*. [Online]. Available from: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27503.pdf>.
- Näringsdepartementet (2011) *SFS 2011:931*.
- Oliva, G., Panzieri, S. & Setola, R. (2011) Fuzzy dynamic input-output inoperability model. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. [Online] 4 (3–4), 165–175. Available from: doi:10.1016/j.ijcip.2011.09.003.
- Rinaldi, S.M., Peerenboom, J.P. & Kelly, T.K. (2001) Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*. 11–25.
- Setola, R., De Porcellinis, S. & Sforna, M. (2009) Critical infrastructure dependency assessment using the input-output inoperability model. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. [Online] 2 (4), 170–178. Available from: doi:10.1016/j.ijcip.2009.09.002.
- Svegrupp, L., Johansson, J. & Hassel, H. (2016) Capturing societal interdependencies from a flow perspective—Part II: Application. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice - Proceedings of the 26th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2016*. 356.
- Svenska Kraftnät (2019a) *Drift och marknad*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.svk.se/drift-av-stamnätet/drift-och-marknad/> [Accessed: 12 September 2019].
- Svenska Kraftnät (2019b) *Drivkrafter bakom utvecklingen av stamnätet*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.svk.se/natutveckling/drivkrafter/?id=838> [Accessed: 12 September 2019].
- Svenska Kraftnät (2019c) *Effektreserv*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.svk.se/drift-av-stamnätet/drift-och-marknad/effektreserv/> [Accessed: 12 September 2019].
- Svenska Kraftnät (2019d) *Kontrollrummet*. [Online]. 2019. Available from: <https://www.svk.se/drift->

av-stamnatet/kontrollrummet/ [Accessed: 12 September 2019].

Tehler, H. (2015) *A general framework for risk assessment*.

Waleij, A., Simonsson, L. & Liljedahl, B. (2019) *Konsekvenser av energibortfall på samhällets funktionalitet och civilbefolkningens hälsa. FOI*.



## Bilaga 1

### Intervjufrågor

1. Hur har tillvägagångssättet för beroendeanalyserna sett ut?
2. Vilka typer av verksamheter har beroendeanalyserna gjorts för?
3. I vilket syfte görs beroendeanalyserna?
4. Har någon metod eller ramverk använts vid utförandet av beroendeanalys? (till exempel beroendehjulet)
5. Har beroendeanalyserna gjorts ur ett systemperspektiv eller ur ett verksamhetsperspektiv? (Har de gjorts specifikt för en enskild verksamhet eller har de gjorts övergripande för till exempel en kommun)
6. Är fokus i analyserna på lokal/regional/nationell nivå?
7. Har man lagt något särskilt fokus på elberoende?
8. Har man utgått ifrån att det finns olika typer av beroenden? (olika sätt man kan vara beroende av el på, ex fysiska, logiska, geografiska, cyber, flöden)
  - a. Om ja: vilken typ av beroende klassas elberoende som?
9. Vilken typ av indata har använts i analysen? (empirisk, expertdata, teknisk, ekonomisk)
10. Hur har data samlats in?
11. Har man tittat på indirekta beroenden?
12. Har man gjort en scenariobaserad analys?
13. Har indirekta konsekvenser inkluderats?
14. Har tidsaspekten tagits i beaktande på något av följande sätt och i så fall vilket/vilka?
  - i. Hur störningars längd påverkar beroendets styrka
  - ii. Hur lång den maximala avbrottstiden får/kan vara
  - iii. Annat (beskriv gärna)
15. Görs några simuleringar eller modelleringar i analysen?
16. Har beroendet kvantifierats på något sätt? Hur?
17. Hur presenteras resultatet? (till exempel i en tabell, diagram, lista, matris, flödeskedjor osv)
18. Är du nöjd med analysen? Vad hade kunnat göras bättre?
19. Känner du någon annan som jobbar med beroendeanalys som vi skulle kunna kontakta?