Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

Komplex beroendeanalys på sektoriell nivå – exemplet telekominfrastrukturer

MSB:s kontaktperson:
Tobias Rosander, 010-240 54 82

Publikationsnummer MSB905 – september 2015
ISBN 978-91-7383-594-7

Studie avseende komplexa beroenden mellan telekommunikations-infrastrukturer inom sektorn Information & Kommunikation

Jonas Johansson

Linn Svegrup

Maria Kihl

LUCRAM

Lunds universitets centrum för riskanalys och riskhantering

Lunds universitet

Rapport 3186, Lund 2014

Studie avseende komplexa beroenden mellan telekommunikationsinfrastrukturer inom sektorn Information & Kommunikation

Jonas Johansson, Linn Svegrup, Maria Kihl

Rapport 3186

ISSN: 1404-2983

Antal sidor: 37

Sökord: Samhällsviktig verksamhet, Kritisk Infrastruktur, Beroenden, Telekommunikation, Elektronisk Kommunikation, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB.

Abstract: This report describes a study carried out for the Swedish Civil Contingency Agency (MSB) in the area of interdependent electronic communication infrastructures. To get an insight into current risk- and vulnerability assessments, with special interest regarding dependencies, which actors within this sector are carrying out, semi-structured interviews were carried out with four regional and national infrastructure operators. Based on the interview results and previous work by the authors, an initial generic modelling approach that could facilitate vulnerability analysis of interdependent communication infrastructures is suggested. The main conclusions from the study are that the operator are to some degree carrying out proactive risk- and vulnerability analyses, but mainly the design of the infrastructures follows norms and regulations and a more reactive approach is used towards securing the services these infrastructures provide. The operators however emphasises the collaboration efforts carried out between the operators and the proactive work they are carrying out to minimize outage times if service disruptions do occur. Finally, opportunities and needs for further research in this area are also highlighted in the report.

LUCRAM
Lunds universitets centrum för
riskanalys och riskhantering
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

http://www.lucram.lu.se

LUCRAM
Lund University Centre for
Risk Analysis and Management
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

http://www.lucram.lu.se

Innehåll

1 Introduktion

Samhället och viktiga samhällsfunktioner blir allt mer sammankopplade och beroende av varandra. Det möjliggör att störningar i en kritisk samhällsfunktion fort kan sprida sig och ge upphov till omfattande samhällskonsekvenser. Därmed är det av vikt att säkerställa funktionen hos samhällsviktiga verksamheter och minimera konsekvenserna som uppstår vid störningar. Det kan handla om fungerande energiförsörjning, kommunikation, transporter, livsmedelsförsörjning, sjukvård och omsorg. Ansvaret för att driva och upprätthålla dessa samhällsviktiga verksamheter är spritt över ett stort antal olika aktörer, både privata och offentliga, men det finns i regel inga enskilda aktörer som har ett övergripande ansvar.

I denna rapport är fokus på ett segment inom samhällssektorn information och kommunikation som många samhällsviktiga verksamheter är beroende av, nämligen elektronisk kommunikation. Mer precist är det en inom-sektoriell studie av beroendeaspekter för tekniska elektroniska kommunikations-infrastrukturer.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till uppdraget härstammar från den handlingsplan för skydd av samhällsviktig verksamhet som Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) tog fram år 2013 (MSB, 2013). En viktig bit i detta arbete är att möjliggöra analyser av beroendeförhållanden inom och mellan samhällssektorerna för att kunna identifiera vilken infrastruktur som är kritisk för att samhällsviktig verksamhet ska kunna upprätthållas. Vidare är det av vikt att få en ökad förståelse för hur dessa infrastrukturer i sin tur är beroende av varandra, hur störningar kan sprida sig mellan systemen och hur omfattande konsekvenserna kan bli för samhället vid störningar.

I ett begränsat förarbete till studien fördes diskussioner mellan MSB, Post- och Telestyrelsen (PTS) samt forskare vid Lund University Centre for Risk Assessment and Management (LUCRAM) och från institutionen för elektro- och informationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH). Här belystes potentiella utmaningar med att erhålla och behandla faktiska data från operatörer inom elektronisk kommunikation som beskriver och platssätter fysisk infrastruktur. Ett viktigt skäl är att informationen är skyddsvärd både ur ett enskilt företagsperspektiv och ur ett samhällsperspektiv. Vidare belystes avsaknaden av övergripande system-av-system modeller som inkluderar information från ett stort antal operatörer liksom beroendet till andra försörjningssystem som elektronisk kommunikation är beroende av. Dock analyserar enskilda operatörer kontinuerligt sina nät och tar redan nu viss hänsyn till beroenden, exakt till vilken grad var däremot något osäkert. Avseende forskningsläget inom elektronisk kommunikation är nuvarande fokus på logisk snarare än fysisk uppbyggnad av kommunikationsnät, vilket inte fångar fysiska beroenden. Exempelvis kan två utvalda kommunikationsnät vart och ett ha realiserats med logisk redundans medan de i realiteten, vid den fysiska nätuppbyggnaden, kan ha samlokaliserats exempelvis genom att transmissionen förlagts i samma optofiberkabel. Detta kan innebära att det föreligger starka beroendeförhållanden som inte blir uppmärksammade i tillräcklig grad. Avslutningsvis är både praktiskt arbete såväl som forskningen i större utsträckning fokuserad på optimering av kommunikationsinfrastrukturers effektivitet snarare än analys av sårbarheter och beroenden mellan infrastrukturer.

I ett uppdrag åt MSB år 2013 genomförde LUCRAM en studie avseende forskningsmetoder för analys av beroenden mellan samhällssektorer och samhällsfunktioner (LUCRAM, 2013). Denna studie ligger delvis till grund för föreliggande förslag kring hur en modell för analys av komplexa beroenden skulle kunna utformas för användning inom elektronisk kommunikation.

I enlighet med uppdragsbeskrivningen avser studien att belysa följande frågeställningar:

- Hur genomförs risk- och sårbarhetsanalyser ur ett krisberedskapsperspektiv av regional samt nationell elektronisk kommunikationsinfrastruktur?
- Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan olika operatörers kommunikations-infrastrukturer inom sektorn elektronisk kommunikation?
- Vad är behovet rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?
- Hur kan en generisk modell som möjliggör analys av flera samberoende elektroniska kommunikationsinfrastrukturer struktureras?

1.2 Syfte

Syftet med föreliggande studie är att utveckla kunskapen om hur komplexa beroenden inom och mellan samhällets sektorer kan analyseras, här med fokus på beroenden inom segmentet elektronisk kommunikation. Vidare är syftet att översiktligt undersöka hur risk- och sårbarhetsanalyser genomförs inom sektorn och till vilken omfattning beroenden i nuläget tas i beaktning. Ytterliggare ett syfte är att föreslå en generisk modell som med vidare utvecklig skulle kunna användas för beroendeanalyser inom sektorn elektronisk kommunikation, samt även för analys av beroende till och mellan andra typer av tekniska infrastrukturer.

1.3 Avgränsningar

Studien ska ses som en initial kartläggning av nuvarande status kring hur och till vilken omfattning beroenden tas med i risk- och sårbarhetsanalyser som operatörer av elektroniska kommunikationssystem genomför. Med beaktning av studiens begränsade omfattning har endast ett fåtal operatörer inom segmentet elektronisk kommunikation valts ut för intervjuer, utav de knappt 500 operatörerna inom sektorn (PTS, 2013). Vidare har tillgänglig tid för studien endast medgivit framtagande av ett förslag för en generisk modell för modellering av beroende informationsinfrastrukturer som skulle möjliggöra systematiska sårbarhetanalyser.

1.4 Medverkande

Uppdraget har utförts av Tekn. Dr. Jonas Johansson och doktorand Linn Svegrup, verksamma vid LUCRAM, samt Professor Maria Kihl, verksam vid institutionen för Elektro- och informationsteknik, LTH. PTS har även medverkat som referensgrupp.

2 Intervjustudie av telekomoperatörer

För att få en uppfattning kring status för risk- och sårbarhetsanalyser samt hur och till vilken grad beroenden tas hänsyn till inom kommunikationsinfrastrukturer genomfördes en intervjustudie av aktörer inom området. I detta kapitel presenteras metod och material för intervjustudien, sammanställning av resultatet från intervjustudien samt avslutas med diskussion och slutsatser.

2.1 Metod och material

För att kunna jämföra och kunna dra övergripande slutsatser från de olika intervjuerna valde vi att ha en tematisk struktur med på förhand givna frågor som hade öppna svarsmöjligheter, dvs. en semistrukturerad intervjumetod. Det fullständiga intervjuformuläret som användes vid genomförande av intervjuerna ses i Bilaga 1. De tematiska områdena var (med frågornas inriktning inom parantes):

- Infrastrukturinformation (typ av kommunikationsnät, geografisk utbredning, kunder)
- Risk- och sårbarhetsanalyser (genomförs de, hur i så fall, dokumenteras de)
- Beroenden (hur och till vilken omfattning tas det hänsyn till beroenden samt ev. metod)
- Modellering/Simulering (genomförs det, vilken typ av modellering/simulering, tillgång till data)
- Forskning och utveckling (vilka behov finns inom området)

Givet den begränsade omfattningen på studien valde vi fyra stycken aktörer med en strävan efter att få en representation av olika typer och geografisk utbredning av kommunikationsinfrastrukturerna. De fyra aktörerna var: 1) Triangelbolaget som driver ett nationellt svartfibernät, 2) En nationell mobiloperatör[1], 3) Kraftringen som driver ett lokalt svarfibernät i Skåne och 4) SUNET som driver ett rikstäckande nät för lärosäten inom högre utbildning och forskning.

2.2 Resultat

I detta avsnitt redovisas en sammanfattning av resultaten från de genomförda intervjuerna utifrån de fem tematiska områdena. I Bilaga 1 återfinns de fullständiga intervjusvaren (dock ej transkriberade) strukturerade i enlighet med intervjuformuläret i Bilaga 1.

2.2.1 Infrastrukturinformation

Triangelbolaget driver ett nationellt svartfibernät som förbinder Malmö, Göteborg och Stockholm samt även med anslutningar till Köpenhamn, Oslo och Helsingfors. Nätet som tillhandahålls är ren fiber (s.k. Svartfiber) samt tillgång till teknikbodar. Operatörer som hyr in sig får själva bekosta den aktiva utrustningen (t.ex. ändutrustning, repeaters och reshapers). Triangelbolaget har ca 170 mil huvudnät och ca 300 mil då även det korsande fiberstråket tas med. Nätet är mest nationellt, lite regional men inget lokalt. Deras kunder är stora operatörer i första hand, de har inget ”business to business” (dvs, inget till slutkund utan alltid leverantör emellan). Triangelbolaget är samägt av Vattenfall, Svenska Kraftnät, Fortum och Tele2. Triangelbolaget har även ett tätt samarbete genom Easyfiber med fyra andra svarfiberleverantörer (IT Norrbotten, AC net, Skånet och Tele2) för att tillsammans kunna erbjuda ett heltäckande nationellt svarfibernät

Mobiloperatören driver mobila kommunikationsnät med nationell täckning där de vänder sig till privatpersoner, företag och offentlig verksamhet.

[1] PTS genomförde denna intervju med en nationell mobiloperatör som valde att vara anonym.

Kraftringen bygger, driver och säljer lokala svartfibernät. De samarbetar med kommunikationsoperatören Zitius som ansvarar för det logiska nätverket. Zitius i sin tur samarbetar med olika tjänsteoperatörer. Kraftringen är endast ansvarig för det fysiska nätverket (fibern). Kraftringen säljer även fiber direkt till kunder som vill skapa sitt eget nätverk, exempelvis Lunds kommun. Deras fibernät finns i Lunds, Bjärreds, Lommas, Eslövs och Höörs kommun. Deras kunder är dels privatpersoner som köper fiberanslutning (via tjänsteoperatör och kommunikationsoperatör) samt företag/organisationer som vill skapa egna nät.

SUNET driver ett rikstäckande core-nät för huvudsakligen universitet, högskolor forsknings-organisationer. Även en del kulturinstitutioner är kopplade till nätet enligt uppdrag från regeringen. SUNET sammankopplar även en del campusnät för universitet och högskolor som finns på flera orter (t.ex. Linköpings Universitet som finns i både Linköping och Norrköping).

2.2.2 Genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser

Triangelbolaget genomför ingen organiserad proaktiv risk- och sårbarhetsanalys, istället är deras risk- och sårbarhetsarbete mer reaktivt och aktivitetsstyrt. De försöker vara proaktiva när det gäller handlingsplan i syfte att minimera återställningstid och kunna undvika fel. Om något fel inträffat så kontrolleras oftast även intilliggande sträckningar för att säkerställa att inga problem uppstår. De har dock genomfört en riskanalys avseende hur länge ett fibersystem håller (med fibersystem menas inte endast själva fibern utan även skarvar, genomföringar, etc.). Om problem identifierats genomförs workshops för att diskutera problemet och komma fram till proaktiva lösningar, där även externa personer med specialistkompetens bjuds in. I det fall då externa personer bjuds in dokumenteras diskussionerna i rapporter som därefter sprids mellan kolleger i branschen. Det sker även diskussioner om dissekering och mätning av utrustning som fallerat. Triangelbolaget genomför inga systemsimuleringar då detta måste göras i nästa steg i kedjan dvs. inklusive aktiv utrusning. Tjänsteoperatörer som t.ex. Telia gör simuleringar.

Mobiloperatören genomför risk- och sårbarhetsanalyser där det bland annat ingår att identifiera hot som kan påverka företagets infrastruktur och andra resurser negativt, värdera konsekvenserna av sådana hot på nät och tjänster samt det egna företaget. Arbetet bedrivs genom workshops, diskussioner och simulering. Operatören har övervakningssystem som gör det möjligt att övervaka kommunikationsnätets funktion. I detta system tas också hänsyn till kundpåverkan. Operatören använder också detta system regelmässigt vid nätarbeten och förändringar för att analysera möjliga konsekvenser (inklusive möjlig kundpåverkan). Dessa analyser påverkar kontinuitetsplaner som utarbetas för olika nätelement. Resultaten från simuleringarna används också för att säkerställa att den erforderliga redundansen fyller sin funktion. Risk- och sårbarhetsarbetet dokumenteras i form av rapporter och mötesanteckningar och informationen delas bland annat med de leverantörer som operatören är beroende av. Även vissa kunder, med särskilt höga krav på tillgänglighet, kan begära insyn och delaktighet i genomförandet av risk- och sårbarhetsanalyser.

Kraftringen genomför inga formella eller organiserade risk- och sårbarhetsanalyser. De tar dock hänsyn till att bygga in redundans och liknande stötdämpare när det bygger upp fibernät. De har även jour och beredskap, om det inträffat ett allvarligt avbrott eller liknande. De anser generellt att eftersom fibrerna ligger nergrävda så är hoten mot dem inte överdrivet stora, det krävs i princip att någon gräver av dem för att orsaka avbrott. De använder dock avbrotts- och driftstatistik för att följa upp och förbättra tillförlitligheten för deras kunder. Detta sker dock reaktivt snarare än proaktivt.

SUNETs nät består av två delar, nätutrustning och fiber, som hanteras olika. All nätutrustning ägs av SUNET och där har de full kontroll. All nätutrustning är dubblerad och löpande felanalys och kontroll genomförs. Hårdvara går sönder ibland och byts då ut. Alla mjukvarufel, dvs. buggar, tas direkt med leverantören av mjukvaran. All fiber hyrs av olika fiberleverantörer. Därför kan SUNET inte direkt

genomföra risk- och sårbarhetsanalyser, men vid upphandling ställer de krav på fiberleverantören med avseende på geografisk redundans etc. SUNET har dubblerade fibervägar i hela nätet, med krav på minst 10 meter mellan varje fiber. De har även två anlutningar till varje campusnät som ska vara tillräckligt långt från varandra. Huvudsyftet med all SUNETs nätplanering är att se till att deras kunder alltid har nätanslutning. Därför genomför de kontinuerliga möten med IT-chefer på lärosäten och andra nyckelpersoner för att diskutera vilka krav de har på SUNETs infrastruktur. SUNET ställer också till exempel alltid krav på minst åtta timmars reservkraft och ofta funkar detta bra. Till exempel under stormen Gudrun var SUNETs nät uppe hela tiden. SUNETs risk- och sårbarhetsrelaterade arbete består därmed främst av de krav de ställer på leverantörer av nätutrustning och fiber. Kraven kommer av tidigare erfarenheter samt rimlighet i kraven, t.ex. kravet på minst 10 meter mellan två fiber anser de vara en bra kompromiss. Då kan det ligga en fiber på varsin sida om en väg. Det hade såklart varit bättre med 100 meter, men det hade ingen leverantör kunnat leverera. SUNET har månadsmöten med leverantörer där alla händelser följs upp. De har även krav på viten och ändringar om något inte följts korrekt enligt kraven. Alla kraven är dokumenterade och alla felärenden är loggade och dokumenterade, dock inte på något systematiskt sätt som skulle underlätta för en övergripande analys.

2.2.3 Hänsyn till beroenden

Triangelbolaget har i snitt en teknikbod var åttonde mil. Dessa bodar har dubbel elmatning och likströmssystem 48 VDC. Det finns även batteribackup mellan 2-8 timmar och på vissa kritiska ställen finns även reservkraft. Triangelbolaget har inget direkt beroende till andra kommunikations-infrastrukturer. De är dock beroende av elkraft till teknikbodarna och av transporter för att kunna ta sig ut till utrustningen och teknikbodarna samt för att fylla på diesel. Det finns även ett annat beroende till elkraftsystemet, då fibrerna är förlagda i kraftledningar (antingen i topplinan eller roterade runt fasledarna). Därmed kan det i vissa fall behövas att kraftledningen görs spänningslöst för att kunna utföra reparation av fibern. När det gäller Triangelbolagets kunders beroenden av infrastrukturen identifieras dessa då kunden själv anger det kritiska beroendet. Kunden kommer då med en specifikation eller en ”request for information” och därefter görs en analys internt. Internt behandlas det av kunden identifierade beroendet i form av workshop/offertarbete som utgår från att kunder ställer krav och därefter förs interna diskussioner kring hur det kan levereras.

Mobiloperatören tillämpar nätbyggnadsprinciper som är anpassade efter sannolikheten för olika hot och risken för negativa konsekvenser samt regulatoriska krav. Nätbyggnadsprinciperna innehåller ett flertal olika ”stötdämpare”, exempelvis:

a. Användningen av stationära och transportabla reservkraftsystem för att hantera avbrott i extern nätkraft, där kritiska nätfunktioner kan upprätthållas under lång tid (givet att drivmedel och transporter är tillgängliga)

b. Användningen av redundans i förbindelser mellan olika nätelement för att undvika att enskilda avbrott, exempelvis sådana som orsakas av avgrävningar, leder till regionala eller nationella störningar eller avbrott. Sådan redundans kan dels ske genom användningen av egna förbindelser men också genom att utnyttja annan operatör.

c. Användning av redundans inom och mellan kritiska nätelement för att undvika att enskilda hårdvarufel leder till regionala eller nationella störningar eller avbrott

d. Avtal med andra operatörer och leverantörer för att säkerställa att felavhjälpning kan inledas och slutföras skyndsamt vid mer allvarliga driftstörningar

Vidare har operatören i den operativa hanteringen av olika former av störningar och avbrott som berör andra operatörer eller försörjningssystem (el) som man (den egna operatören) är beroende av etablerade samarbetsformer och utbyte av lägesinformation. I hanteringen av mer allvarliga kriser sker informationsutbyte och samarbeten inom ramen för NTSG (frivilligt samarbetsforum för att effektivisera återställningsarbetet vid extraordinära händelser i samhället). Det simuleringsverktyg som används tar inte direkt hänsyn till andra försörjningssystem men väl indirekt (i det att bortfallet och förbindelser och tillgångar kan värderas). Sett ur ett samhällsperspektiv finns ett problem med att identifiera beroenden. Inom sektorn är det mycket vanligt att flera operatörer delar på viss infrastruktur (förbindelser). Det är enbart den infrastrukturägande operatören som har information om samtliga operatörer som är beroende av den. I vissa situationer kan det också påverka återställningsförmågan då det inte alltid är möjligt att tillsammans med berörda operatörer effektivisera arbetet. Vid mer omfattande avbrott sker dock sådan samordning (via NTSG). Operatören utgår i första hand från kommersiella avtal (så kallade Service Level Agreement) i hanteringen av olika typer av driftstörningar. Det innebär att kunden som genom avtal aktivt sökt en högre nivå av tillgänglighet ges företräde (vid felavhjälpning) framför en kund som inte har gjort något sådant val. I den mån som det är möjligt att också beakta samhälleliga hänsyn försöker operatören tillgodose sådana behov från fall till fall. Simuleringsverktyget används även för att anpassa olika typer av robusthetshöjande åtgärder till specifika kundbehov. Vissa kunder kräver också insyn och delaktighet i dessa dialoger. Allmänt avspeglas mer allmänna kundbehov i de nätbyggnadsprinciper som operatören tillämpar.

Kraftringen anser sig ej vara beroende av andra kommunikationsinfrastrukturer i hög grad. Det enda beroendet till andra infrastrukturer anses vara elberoendet. Eftersom Kraftringen även driver elkraftsystem anser de sig ha bra förutsättningar att ta hänsyn till detta beroende då fibrerna ofta läggs tillsammans med elledningarna. De har dessutom reservkraft till de viktigaste kärnsystemen (ex. datorövervakning). Kunders beroende av deras kommunikationsinfrastruktur tas det särskilt hänsyn till endast om kunden speciellt efterfrågar detta. Om kunden efterfrågar särskilda åtgärder som exempelvis högre redundans, ordnar Kraftringen detta, dock till en högre kostnad då kunden betalar per meter fiber de använder. Som tidigare nämnts följer de alltid upp avbrotts- och driftstatistiken och försöker förbättra tillförlitligheten för alla kunder där det behövs.

SUNET är helt beroende av fiberleverantörernas infrastruktur. De kan ställa krav på leverantörerna men är i slutändan helt beroende av dem. Ett stort problem är att det inte finns någon nationell fiberdatabas i Sverige. Så det finns ingen möjlighet att ha en översikt över olika operatörers nät och fiberleverantörers infrastruktur. Eftersom alla fibervägar är dubblerade är det lätt att tro att problemet är löst genom att hyra dessa av två olika fiberleverantörer. Men i verkligheten kan det bli sämre eftersom man inte kan veta var olika leverantörer drar sina fibrer, och olika leverantörer har inte koll på varandra. Olika leverantörer kan mycket väl ha sina fibrer i samma kabel eller dike.

2.2.4 Modellering/simulering

Triangelbolaget genomför ingen form av modellering/simulering av sina system då de enbart driver ett fysiskt fibernätverk. Deras nät har minst 99,7 % tillförlitlighet, baserat på en tillgänglighetsstudie angående driftssäkerheten som de genomfört (alla avbrott registreras). Alla tillgångars geografi, kapacitet (antal fiber) och anläggningsdata finns dokumenterat, en del finns i GIS-system och en del i enklare nätskisser. De arbetar för närvarande med att lägga in huvudnätet i Google earth. De har även en realtidsdokumentation (eller snarar back log) kring vilka fiber som är belagda (dvs. vilka som är i bruk och vilka som är lediga). De har dock ingen data kring trafikmönster och belastning då de endast hyr ut svartfiber. De försöker dock att lägga fiberpar för en och samma kund i olika kablar för redundansens skull. Som operatör vill man oftast ha redundans (extra fiber). Triangelbolaget kan med sekretessavtal

tänka sig att delge information om nätinfrastrukturen till forskningsinsatser. Sekretessen skulle gälla att inte delge informationen, resultaten från en studie skulle dock kunna vara publikt.

Mobiloperatören genomför i första hand simuleringar för att optimera nätdriften men också för sårbarhetsanalyser. Simuleringsverktyget tar inte hänsyn till MTBF- och MTTR-information[2] men ger viktig information för operatörens planering och rutiner som genomförs för varje arbete och planerad förändringar där också återställningsplaner redovisas (om något skulle gå fel). Operatören har god tillgång till information om nätinfrastruktur även om det är möjligt att genomföra vissa förbättringar. Här används olika typer av stödsystem för att lagra och komma åt informationen. Operatören har tillgång till kontinuerlig information om trafikmönster, belastning samt funktion. Informationen sammanställs dygnsvis, månadsvis och halvårsvis, och utvärderas regelbundet. Vid utvecklandet av en simuleringsmodell bör det tas hänsyn till att det finns olika nivåer för simuleringarna. Detaljerade simuleringar måste ta hänsyn både till den logiska (protokollnivå och tillhörande funktioner) och fysiska nätstrukturen samt trafiken. På en övergripande nivå är det möjligt att göra en enklare nätmodell. Operatören kan, under vissa omständigheter, delge information om trafikmönster för forskningsändamål och vara delaktiga i forskningssamarbeten.

Kraftringen genomför ingen form av modellering/simulering av sina system då de enbart driver ett fysiskt svartfibernät. Hela Kraftringens nätuppbyggnadsstruktur finns dokumenterat i datorverktyg. I verktyget finns alla koncernens ledningar (fiber, elledningar, osv.). Kraftringen kan tänka sig att delta i forskningsinsatser och bidra med information kring realistiska modeller och data.

SUNET genomför inte någon direkt modellering av infrastrukturen. De genomför modellering och simulering av routing i näten för att analysera om trafikflödena är bra (men detta är på nätnivå). Bandbreddsutnyttjande och trafikdata loggas kontinuerligt och används för kapacitetsplanering. Felanalyser görs också kontinuerligt. Tillförlitlighetsanalyser görs sedan genom uppföljning med kunder och leverantörer. All SUNETs trafikdata är publik. En översikt av infrastrukturen finns också publikt. Mer detaljerad data över infrastrukturen är det inte säkert att de kan delge, och de är inte ens säkra på att det finns alls eftersom de bara hyr fiber och inte vet exakt hur fiberleverantörerna drar sina kablar. För att genomföra modellering av infrastrukturen krävs detaljerad information om den verkliga fiberinfrastrukturen som endast fiberleverantörerna har kunskap om. Alla operatörer utom möjligtvis Telia är dessutom beroende av andras infrastruktur i Sverige. Men det finns ingen bra gemensam fiberdatabas i Sverige. Därför är riskanalys väldigt svårt att genomföra om man vill tex välja mellan två fiberleverantörer, eftersom deras kablar kan gå i samma dike och det finns ingen information om detta någonstans (inte ens leverantörerna vet det alltid själva). Ett konkret exempel är att flera operatörer har sina fibrer i samma kabel på vissa sträckor längs en Europaväg i Sverige. Om just den kabeln grävs av kommer flera nät i vissa delar av Sverige att stanna. Dessutom är det så att SUNET får vid upphandling reda på hur fibervägarna ser ut, men fiberkablar kan sedan temporärt flyttas t.ex. vid vägarbeten och denna information får ofta inte SUNET. Senare kanske fiberkabeln dessutom inte flyttas tillbaka och då har SUNET felaktig information om fibervägarna.

2.2.5 Behov kring forskning och utveckling

Triangelbolaget önskar mer studier på systemnivå, exempelvis hur systemet fungerar (här avses inte endast Triangelbolagets nät utan hela kommunikationssystemet). De anser det vara intressant att veta vad som är

[2] MTBF = Mean Time Between Failures (medeltid mellan fel) och MTTR = Mean Time To Repair, (medelreparationstid)

viktigast för vår infrastruktur, telekom/transport/el – som dessutom hänger ihop. Inom sektorn information och kommunikation i sig skulle det vara bra med en insats om bättre samverkan då det trots allt är en avreglerad marknad. Triangelbolaget efterfrågar avbrottsstatistik på nationell nivå för att mer övergripande kunna skapa sig en förståelse kring vilka områden som är mest viktiga att ta hänsyn till ur risksynpunkt. Vidare är Triangelbolagets uppfattning att inte ens stora operatörer vet vad som är viktigast avseende tillförlitlighet, exempelvis vilka tre frågor är viktigast för att säkerställa leverans? Även frågor kring samverkan anser de borde behandlas, mer då det rör sig om en fragmenterad värld med nischområden. Vad kan reglering via PTS gå in och styra är en fråga de ställer sig.

Mobiloperatören ser inte något generellt behov av forskning och utveckling avseende beroenden mellan operatörer. De är vana vid denna typ av samarbeten på olika nivåer och ser inte att den egna verksamheten skulle gynnas av denna typ av insats. Den utveckling (snarare än forskning) man ser som viktig är information om pågående strömavbrott för att bättre kunna hantera inträffade elavbrott. Förekomsten och längden av dessa elavbrott behandlas som del i utvecklingen av operatörens nätbyggnadsprinciper. Operatören ser i första hand behov av vidare insatser inom informationssäkerhetsområdet, exempelvis för att förbättra förmågan att motstå och hantera mer storskaliga DDoS-attacker.

Kraftringen gav inte uttryck för några specifika forskningsbehov men var öppna för deltagande i forskningsinsatser.

SUNET anser att det finns ett stort behov av en nationell databas över alla fibervägar. Denna databas skulle då möjliggöra mer detaljerade och omfattande risk- och sårbarhetsanalyser samt även analys av beroenden mellan nätinfrastrukturer.

2.3 Diskussion och slutsatser

Utifrån de intervjuade aktörerna, som representerade både leverantörer av fysisk infrastruktur (svartfiberoperatörer) och leverantörer av logisk infrastruktur (tjänsteoperatörer) kan vissa slutsatser dras.

Generellt är risk- och sårbarhetsarbetet för de fyra operatörerna mer av reaktiv än proaktiv karaktär. Det är endast den nationella mobiloperatören som har rutiner för mer proaktivt arbete i form av organiserade risk- och sårbarhetsanalyser. SUNET anser sig exempelvis inte kunna genomföra risk- och sårbarhetsanalyser då all fiber hyrs av fiberleverantörer och de ej har fullständig information kring geografisk placering av de fibrer som deras logiska nätverk utnyttjar. Generellt verkar byggandet av den fysiska infrastrukturen utgå från normer kring lämplig nivå av redundans samt ett tydligt kundsfokus. Om kunden ställer högre krav på tillgänglighet krävs det att kunden själv begär och betalar för högre robusthet (t.ex. genom ökad redundans).

De intervjuade aktörerna verkar främst ta hänsyn till beroenden mellan kommunikationsinfrastrukturer då logiska nätverk realiseras genom att hyra fiber av flera olika leverantörer av fysisk infrastruktur. Ett problem som förs fram av två av operatörerna (en leverantör av fysisk infrastruktur och en av logisk infrastruktur) är att det inte finns en nationell databas över den geografiska placeringen av fibrerna vilket gör det svårt för operatörer att värdera risker och sårbarheter, t.ex. är det svårt för tjänsteoperatören (leverantör av logisk infrastruktur) att välja mellan flera olika leverantörer av fysisk infrastruktur (svartfiberoperatörer), eftersom deras fibrer kan gå i samma dike och det finns ingen information om detta någonstans (inte ens leverantörerna vet det alltid själva). Det är enbart den infrastrukturägande operatören som har information om samtliga operatörer som är beroende av den.

När det gäller beroenden till andra kritiska infrastrukturer lyfts framförallt beroenden till elförsörjningen fram. Leverantörerna av fysisk struktur (svartfiberoperatörerna) anger att detta beroende framförallt

dämpas genom batteribackuper samt reservkraft. Beroenden av reservkraftverk leder även till ett beroende av transportsektorn och bränsleförsörjning, eftersom reservkraftaggregaten drivs av diesel.

Under tidigare diskussioner med PTS och från intervjun med den nationella mobiloperatören lyftes det fram att det, sett ur ett samhällsperspektiv, finns ett problem med att identifiera beroenden och då framförallt allt andra kritiska infrastrukturers och samhällsviktiga verksamheters beroenden av elektronisk kommunikation. De intervjuade operatörerna har, som tidigare nämnts, ett tydligt kundfokus i sitt risk- och sårbarhetsarbete, detta gäller även deras kunders beroende av de kommunikationsinfrastrukturer som drivs av operatörerna.

Det är främst mobiloperatören som genomför någon form av simulering/modellering och då i första hand simuleringar för att optimera nätdriften men även sårbarhetsanalys. Mobiloperatören pekar i intervjun ut att det är viktigt att ta hänsyn till både den fysiska och den logiska strukturen samt trafikmönster i en modell över kommunikationsinfrastrukturer. SUNET genomför modellering och simulering av routing i näten för att analysera om trafikflödena är bra (men detta är på nätnivå). SUNET loggar även bandbreddsutnyttjande och trafikdata kontinuerligt, dvs. tillgången till information om trafikmönster är god. Operatören har därmed god tillgång till information om både nätstrukturen samt trafikmönster, belastning och funktion. De både leverantörerna av fysisk infrastruktur anger att de har god tillgång till information om sin nätstruktur, det finns dokumenterat information om geografi, kapacitet (antal fiber) och anläggningsdata.

Slutligen anger operatörerna en del forskningsbehov. En av leverantörerna av fysisk infrastruktur angav ett behov av fler studier på systemnivå. De anser det vara intressant att veta samhällets beroende av olika infrastrukturer, t.ex. kommunikationer, transporter och el, som ju i sin tur är beroende av varandra, något som även PTS påpekat i tidigare diskussioner. En av leverantörerna av logisk infrastruktur anser som tidigare nämnts att det finns ett stort behov av en nationell databas över alla fibrers geografiska placering. En sådan databas skulle då möjliggöra mer detaljerade och omfattande risk- och sårbarhetsanalyser samt även analys av beroenden mellan olika kommunikationsinfrastrukturer. Samtliga intervjuade operatörer ställer sig positiva till att delta i forskningsinsatser inom samberoende kommunikationsinfrastrukturer. En mer långsiktig forskningsinsats inom området skulle dock kräva sekretessavtal samt förmågan till hantering av sekretesskyddad information.

3 Generisk modell för beroende kommunikations-infrastrukturer

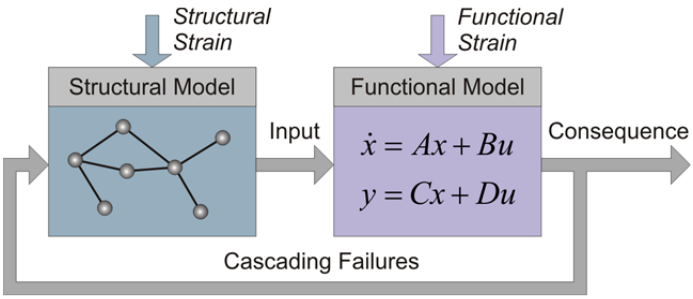
I enlighet med uppdragsbeskrivningen föreslås här en initial ansats till modellering av samberoende kommunikationsinfrastrukturer. Förslaget som presenteras i kapitlet är baserat på författarnas kunskaper om modellering av samberoende tekniska infrastrukturer, resultat från intervjusstudien samt en översiktlig litteraturstudie kring modellering av kommunikationsinfrastrukturer. Det bör noteras att förslaget ska betraktas som just en initial ansats, där vidare arbete krävs för att testa och utvärdera modelleringsansatsen.

3.1 Bakgrund

Utgångspunkten för den föreslagna modellen för samberoende kommunikationsinfrastrukturer är att i förlängningen även kunna modellera andra typer av tekniska infrastruktursystem med samma övergripande ramverk. Därmed föreslås här först en generisk modelleringsansats som möjliggör inkludering av olika tekniska infrastrukturer i en system-av-system modell. Fokus i denna rapport är dock att presentera en modelleringsansats för samberoende elektroniska kommunikationssystem. Då modelleringsansatsen bör vara generisk för flera infrastrukturer krävs det förenklingar i förhållande till mer ingenjörsmässiga modeller för kommunikationsinfrastrukturer (som oftast används för optimering snarare än sårbarhetsanalys), dock bör den kunna fånga de viktigaste aspekterna av infrastrukturernas beteende vid storskaliga störningar.

Den föreslagna generiska modelleringsansatsen har tidigare applicerats på andra tekniska infrastrukturer, exempelvis elkraftsystem, vattenförsörjningssystem och järnvägssystem (se Johansson & Hassel, 2012a). Här är målet att applicera denna ansats inom området samberoende kommunikationsinfrastrukturer. Modelleringsansatsen härstammar från tidigare arbete av en av författarna (se t.ex. Johansson, 2010; Johansson et. al., 2011, Johansson & Hassel, 2013), där även ansatsen beskrivs mer utförligt.

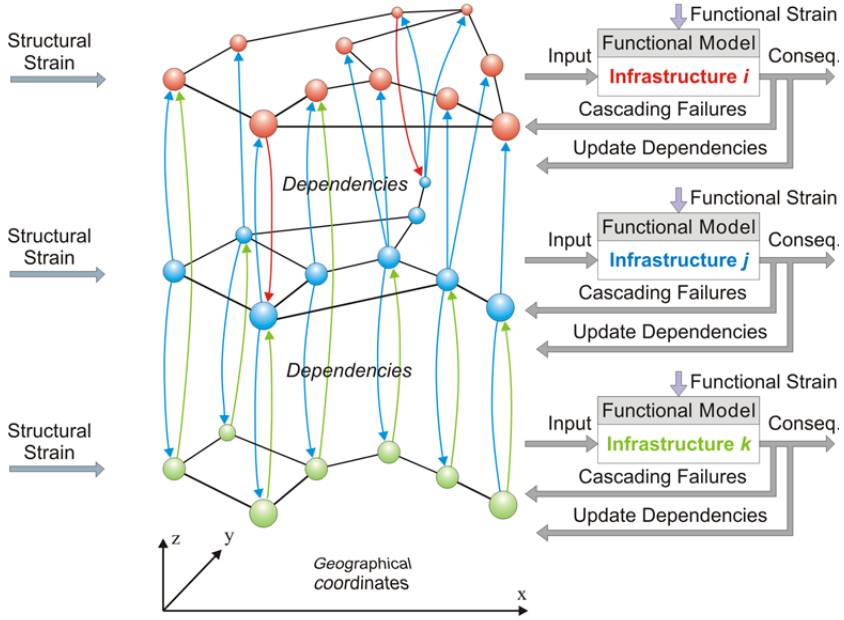
Grundtanken bakom modellen är att möjliggöra modellering av olika typer av tekniska infrastrukturer med ett ramverk. Tekniska infrastrukturer föreslås i detta ramverk att delas upp i en strukturell modell (som beskriver komponenter och hur de är sammankopplade) och en funktionell modell (som beskriver funktionen för infrastrukturen och hur påfrestningar ger upphov till konsekvenser), se Figur 3.1. För respektive modell kan påfrestningar simuleras antingen som strukturella påfrestningar (t.ex. komponenter som fallerar) och/eller som funktionella påfrestningar (t.ex. ökat trafikflöde eller minskad elgenerering).



Figur 3.1 Modellering av en infrastruktur i form av en strukturell och en funktionell modell

Modellering av flera samberoende tekniska infrastrukturer baseras på att varje infrastruktur modelleras i enlighet med ramverket i Figur 3.1, därmed möjliggörs representation av antingen fysiska beroenden (beroenden mellan fysiska komponenter) eller logiska beroenden (logisk påverkan från ett system till ett annat, t.ex. att vid omfattande järnvägsstörningar blir det ökad trafik på vägar). Vidare, om systemens

komponenter modelleras i enlighet med deras spatiala placering möjliggörs även studier av geografiska beroenden (t.ex. att både en optofiber och en elkraftkabel slås ut på grund av samlokalisering i en kulvert). I Figur 3.2 ses en schematisk översikt över modelleringsansatsen för samberoende tekniska infrastrukturer. I nästföljande avsnitt beskrivs modelleringsramverket djupare.



Figur 3.2 Modellering av flera infrastrukturer och beroenden mellan infrastrukturerna.

3.2 Modellering av teknisk infrastruktur

Inom området modellering av infrastrukturer och framförallt modellering av samberoende infrastrukturer finns det ett flertal föreslagna modeller och metoder. De flesta modelleringsansatser när det gäller prediktiva ansatser kan delas in i kategorierna: agentbaserade modeller, systemdynamikmodeller, ekonomisk-matematiska modeller (t.ex. input-output modeller), flödesbaserade modeller eller infrastrukturbaserade modeller (t.ex. ingenjörsmodeller eller nätverksmodeller) samt olika hybridmodeller. För en mer ingående beskrivning av dessa modelleringsansatser se Johansson et al. (2013). Vid modellering av tekniska infrastrukturer används ofta modelleringsansatser som utgår från nätverksmodeller då de lämpar sig väl till denna typ av infrastrukturer (i Johansson et al. (2013) ingår denna typ av modeller i kategorin infrastrukturbaserade modeller). Nätverksmodeller är baserade på nätverksteori, där det grundläggande syftet är att bygga en modell av verkliga nätverk samt beskriva form och till viss grad funktionen av nätverken. Nätverksmodeller kan användas för flera olika typer av system (se t.ex. Albert and Barabási, 2002), exempelvis sociala nätverk, tekniska nätverk och biologiska nätverk. För tekniska infrastrukturer har oftast endast den mest grundläggande delen av infrastrukturen modellerats, dvs. den fysiska strukturen (i form av noder som är sammankopplade genom länkar) som används för den fysiska transporten av den service som infrastrukturen syftar till att ge, och inga eller ett begränsat antal funktionella aspekter har tagits i beaktning.

Den föreslagna modelleringsansatsen är delvis inspirerad av nätverksmodeller baserade på nätverksteori och delvis av traditionella ingenjörsmässiga metoder som fångar det fysiska flödet som tekniska infrastrukturer tillhandahåller. Fördelen med ingenjörsmässiga metoder är att de fångar de fysiska egenskaperna på ett bra sätt. Nackdelen är dock att de modellerar infrastrukturen med hög detaljeringsgrad vilket innebär både höga krav på mängd och kvalitet på indata samt är oftast relativt beräkningstunga. Om en nationell infrastruktur (och i förlängningen även flera samberoende infrastrukturer) skall simuleras krävs en mycket stor mängd indata samt hög beräkningskapacitet vilket i sin tur oftast innebär att ansatsen är mer lämplig

för analys av fåtal scenario snarare än mer explorativa och omfattande sårbarhetsanalyser. Fördelen med nätverksteoretiska modeller är att de är mindre datakrävande och inte alltför beräkningstunga. Nackdelen med modeller helt baserat på nätverksteori är att de oftast inte alls eller till liten grad tar hänsyn till det fysiska flödet i infrastrukturerna (funktionella aspekter) utan endast strukturen av nätverket samt hur strukturella förändringar (borttagandet av en eller flera komponenter) påverkar nätverket. Den föreslagna modelleringsansatsen (Figur 3.1) kombinerar nätverksteoretiska ansatser med mer ingenjörsmässiga ansatser.

Det finns flera appliceringar av nätverksteori inom elkraftssystem, transportsystem och system för elektroniska kommunikationer (framförallt system för mobiltelefoni och internet). Inom elkraftssystem finns det appliceringar för både transmissionsnivå (se t.ex. Kinney et al., 2005) och distributionsnivå (t.ex. Johansson et al., 2007), det finns dels enklare topologiska modelleringsansatser (Dueñas-Osorio et al., 2007; Chassin & Posse, 2005), modelleringsansatser som särskiljer på olika typer av noder (Albert et al., 2004) samt modelleringsansatser som även inkluderar funktionella modeller (Lee et al., 2007; Johansson., 2010). För transportsystem finns flera exempel på modelleringsansatser baserade på nätverksteori, både rent topologiska modeller (Demšar et al., 2008; Zio et al., 2008) samt modeller som även inkluderar enklare funktionella modeller (se t.ex. Jenelius & Mattson, (2008) för vägtransportsystem och Johansson et al., (2011) för samberoende järnvägssystem). Appliceringar av nätverksteori inom system för elektroniska kommunikationer beskrivs mer ingående i kapitel 3.3.1.

3.2.1 Modelleringsansats för teknisk infrastruktur

Alla så kallade tekniska infrastrukturer kan delas in i två huvuddelar, en strukturell del som beskriver den fysiska strukturen och en funktionell del som beskriver det fysiska flödet i nätverket (se Figur 3.1). För ett transportsystem beskriver den första delen korsningar, vägar och rondeller. Den funktionella delen beskriver då t.ex. flödet av bilar, bussar och cyklar. De strukturella egenskaperna styrs oftast av geografiska begränsningar, som t.ex. hur många vägar som kan ansluta till en korsning, eller hur många kraftledningar som kan finnas på ett begränsat geografiskt område. De funktionella egenskaperna styrs av fysiska begränsningar som t.ex. antalet bilar som kan trafikera en väg eller hur mycket kommunikation som kan överföras i en optofiber. För både den strukturella och den funktionella delen av systemet kan störningar och oönskade händelser påverka antingen de strukturella eller de funktionella egenskaperna, t.ex. ett jordskred som förstör en vägsträcka (dvs. påverkar de strukturella egenskaperna) eller trafikstockningar (dvs. påverkar de funktionella egenskaperna). Det är därför viktigt att en systemmodell kan särskilja och ta hänsyn till båda typerna av egenskaper.

I den strukturella modellen är infrastrukturens fysiska komponenter representerat som noder (ex. en skena i ett elsystem och en korsning i ett vägtransportsystem) och länkar (kraftledningar eller vägar) i ett nätverk, detta är jämförbart med modelleringsansatsen inom nätverksteori enligt tidigare stycke. I den funktionella modellen beskrivs systemets funktionsnivå utifrån status/begränsningar på de strukturella egenskaperna (t.ex. alla vägar är farbara) och de funktionella (t.ex. antal bilar som ska köra från A till B samt kapaciteten, dvs. antalet bilar som kan köra på vägen samtidigt). Nivån och detaljeringsgraden av den funktionella modellen kan variera från enkla topologiska modeller till mer avancerade dynamiska ingenjörsmodeller, vilket i sin tur påverkar hur beräkningstung modellen blir i enlighet med tidigare diskussion. Det blir därmed en avvägning mellan en modell som fångar de funktionella aspekterna väl men som endast möjliggör enskilda scenarioanalyser eller en modell med lägre upplösningsgrad men som möjliggör mer explorativa och omfattande sårbarhetsanalyser. Det är därmed viktigt att utvärdera och jämföra hur olika funktionella modeller fångar de viktigaste aspekterna för en infrastrukturs funktion (något som tyvärr saknas i stor utsträckning inom forskningslitteraturen, finns dock fåtal undantag t.ex. Johansson et al., 2012c; LaRocca et al., 2013)

3.3 Generisk modell för samberoende kommunikationsinfrastrukturer

Utifrån modelleringsansatsen i föregående avsnitt avser vi här beskriva en initial modelleringsansats för samberoende kommunikationsinfrastrukturer. I nästföljande avsnitt presenteras först en övergripande litteraturstudie kring olika typer av modeller som finns för kommunikationsinfrastrukturer och sedan ett avsnitt kring vilka aspekter som är av vikt att få med i en initial modelleringsansats.

3.3.1 Befintliga modeller för enskilda kommunikationsinfrastrukturer

Utifrån en övergripande litteraturstudie beskrivs i detta avsnitt både traditionella befintliga modelleringsansatser för kommunikationsinfrastrukturer samt nätverksteoretiska modelleringsansatser, dessa är dock för enskilda infrastrukturer. De flesta modelleringsansatser är applicerade på nätverk för Internettrafik (t.ex. Çetinkaya et al., 2013), några ansatser på mobil telefoni (t.ex. Booker et al., 2010) samt någon ansats för fast telefoni (t.ex. Houck et al., 2004). Vi har i den övergripande litteraturstudien inte hittat modeller för flera samberoende kommunikationsinfrastrukturer, men dock en del som behandlar kommunikationsinfrastrukturer som en av ett antal beroende infrastrukturer. Bell labs (Houck et al., 2004) har exempelvis tagit fram en modell för att analysera kommunikationsinfrastrukturer och dess beroende till andra infrastrukturer. Modellen är en del av NISACs (National Infrastructure Simulation and Analysis Center) arbete för att skydd av USAs kritiska infrastruktur. Sandia national laboratories (Conrad et al., 2002) har tagit fram en systemdynamikmodell över flera samberoende infrastrukturer inklusive kommunikationsinfrastruktur. Liknande systemdynamikmodeller har även tagits fram vid universitet i Rom (Sapienza University of Rome) för ett flertal samberoende infrastrukturer inom ramen för projektet CrisAdmin finansierat av EU (Cavallini et al., 2014).

De flesta simuleringsmodeller för elektroniska kommunikationer är baserade på så kallad diskret händelsestyrd simulering (discrete-event simulation). I en händelsestyrd simulering betraktas tiden genom händelser (events). Tiden hoppar från en händelse till en annan och varje händelse påverkar systemets tillstånd. Det finns en klocka som håller reda på aktuell simuleringstid och en händelsekö. Händelsekön är en kö av händelser ordnad i stigande ordning efter den tidpunkt då händelserna i kön skall inträffa. För elektroniska kommunikationer är händelserna som behandlas paket som ska skickas mellan ursprungsnoder och destinationsnoder. Oftast fokuserar simuleringarna på tidsfördröjningar, vilka man vill hålla på en acceptabel nivå, i ett nätverk snarare än avbrott till användare. Cetinkaya med kolleger (Çetinkaya et al., 2013, Zhang et al., 2012) använder dock diskret händelsestyrd simulering för att analysera hur olika typer av störningar och attacker påverkar kommunikationsinfrastrukturer (applicerat på Internet) i form av hur många paket som kan levereras i förhållande till normala förhållanden. I modellen används både fysiska och logiska topologier, och modellen kan även användas för både fasta och trådlösa nätverk. Houck et al. (2004) använder diskret händelsestyrd simulering för att modellera hur nät för fast telefoni (N-SMART) påverkas av olika oönskade scenarier (påfrestningar), de tittar bland annat på störningar orsakade av överbelastning av nätet (funktionella påfrestningar) samt störningar som orsakas av borttagande av fysiska komponenter (strukturella påfrestningar). Booker et al. (2010) modellerar nät för mobil telefoni med hjälp av diskret händelsestyrd simulering (OPNET). De simulerar bland annat hur det mobila telefonnätet påverkas vid störningar orsakade av stormar. De fokuserar på hur förändringar i topologin kan förbättra systemens tillförlitlighet.

Latora och Marchiori (2005), Crucitti et al. (2003), Grubesic et al. (2008) presenterar modelleringsansatser som använder en nätverksteoretisk ansats. Grubesic et al. tittar på grundläggande nätverksteoretiska topologiska mått för Internet, exempelvis hur nätverkets sammanhållenhet (connectivity) förändras om komponenter tas bort. Latora och Marchiori (2005) simulerar borttagandet av komponenter i ett nätverk och beräknar hur kritisk varje nod i nätverket är. Crucitti et al. (2004) studerar

noders kapacitet och deras förmåga att hantera ökad trafik/information om komponenter i nätverket tas bort. Murray et al. (2008) använder även de en nätverksteoretisk modelleringsansats, där de gör en ansats till att ta hänsyn till flödet mellan ursprungs- och destinationsnoder genom en optimeringsmodell. Jereb (1998) presenterar en nätverksteoretisk modelleringsansats bestående av flera lager, där exempelvis ett lager motsvarar det fysiska nätet och ett lager beskriver efterfrågan och kapacitet för respektive komponent. Modelleringsansatsen inkluderar omdirigeringsalgoritmer för trafik då någon komponent är otillgänglig. Ansatsen appliceras på ett nationellt optiskt nätverk. Modelleringsansatser fokuserar på tillförlitlighets-analys snarare än sårbarhetsanalys, men ansatsen anses även vara applicerbar för sårbarhetsanalys.

3.3.2 Initial modelleringsansats

Från den översiktliga litteraturstudien, intervjustudierna och författarnas kunskap är det tydligt att kommunikationsinfrastrukturer skiljer sig från övriga tekniska infrastrukturer i den aspekten att det är viktigt att skilja på och modellera både den logiska och den fysiska topologin. (se t.ex. Zhang et al., 2012; Jereb, 1998), i jämförelse med exempelvis elsystem där den logiska strukturen är densamma som den funktionella. Ett logiskt nätverk är det nätverk som en operatör använder för att tillhandahålla tjänster, detta logiska nätverk kan sedan vara realiserat genom flertalet fysiska nätverk som kan ägas av operatören själv eller av andra operatörer (t.ex. om operatören använder sig av olika svartfiberleverantörer). Vidare, för exempelvis elsystem finns det relativt tydlig inmatning och uttag av el. Detta gäller dock inte för kommunikationsinfrastrukturer där trafik uppstår mellan olika noder i nätverket, mer liknande trafikflöden för trafiksystem och vägtransporter. Dock går det oftast att få fram aggregerade trafikmönster som går mellan olika noder i nätverket för verkliga system. Här är vår ansats att inte modellera hur trafiken faktiskt ser ut i realtid utan snarare utgå från normala (eller mer extrema) medelvärdesbildade trafikmönster för att möjliggöra att mer generella slutsatser kan dras samt även användandet av mindre beräkningstunga funktionella modeller.

Enligt den översiktliga litteraturstudien är de flesta befintliga modelleringsansatser baserade på diskret händelsestyrd simulering som kräver en hög detaljeringsgrad. De modelleringsansatser som baseras på nätverksteori befinner sig fortfarande på ett tidigt utvecklingsstadium där det framförallt fokuserats på enklare topologiska modeller och där få modelleringsansatser även inkluderar någon typ av funktionell modell. Genom att inspireras av de mer detaljerade men ofta beräkningstunga ingenjörsmodellerna kan enklare funktionella modeller för att komplettera de topologiska modellerna utvecklas. Dessa förenklade, men representativa funktionella modeller måste dock fånga de viktigaste aspekterna i respektive infrastruktur. Dessa aspekter bör tas fram i samråd med personer med stor kännedom om kommunikationsinfrastrukturer. Några aspekter har bland annat lyfts fram i intervjuerna med aktörerna/ operatörerna inom elektroniska kommunikationer. För att få en uppfattning kring lämplig nivå av detaljeringsnivå för de förenklade modellerna kan det vara lämpligt att genomföra en jämförelse mellan modeller med olika detaljeringsgrad, liknande studier har bland annat gjorts för funktionella modeller av elkraftsystem (se LaRocca et al., 2013). Vidare består kommunikationssektorn av många olika operatörer och aktörer (runt 500st i Sverige) samt olika typer av kommunikationsinfrastrukturer. För en given informationsinfrastruktur som skulle ingå en i studie behövs det logiska nätverket, de fysiska nätverken som bygger upp det logiska nätverket samt information om trafikmönster och kapacitet. Därmed skulle en fallstudie med beroende kommunikationsinfrastrukturer bli något mer komplex i jämförelse med andra typer av beroende tekniska infrastrukturer.

Till vilken detaljeringsgrad och omfattning som en modelleringsansats inom området bör ha är helt beroende av syftet för en analys med modellen. Sett ur ett risk- och sårbarhetsperspektiv samt kopplat till genomförande av konsekvensanalys på samhällsnivå är det främst följande typer av analyser som vi ser en modell ska kunna möjliggöra. Modellen bör kunna hantera olika typer av påfrestningar, dels strukturella

påfrestningar i form av felfungerande komponenter (avgrävning, hårdvarufel, kortvariga elavbrott, dvs. realiseras som att en komponent slutar fungera) och dels funktionella påfrestningar i form av överbelastning (har med kapacitet och nätutnyttjande att göra). Vidare bör modellen även kunna beskriva konsekvenserna som uppstår vid olika typer och omfattning av påfrestningar, t.ex. antal och vilka kunder som drabbas. Vidare anser vi att en analys med modellen snarare bör vara inriktad mot att identifiera sårbarheter (t.ex. kritiska komponenter, geografiska beroenden, systemets robusthet, etc.) än att stödja i analys av orsakssamband mellan en initierande händelse och påverkan på infrastrukturen eller för optimering av nätutnyttjandet.

4 Övergripande slutsatser

De övergripande slutsatserna som dras utifrån studien är strukturerade utifrån de frågeställningar som avsågs besvaras i enlighet med uppdragsbeskrivningen. Det ska dock noteras att för en del av frågeställningarna bygger svaren på en begränsad intervjustudie utgörandes av fyra aktörer som driver regionala eller nationella kommunikationsinfrastrukturer. Vidare är sektorn för information och kommunikation en relativt komplex sektor med en stor mängd aktörer, med olika typer av infrastrukturer och tjänster, en utmaning i sig, som vi försökt att ge vissa inblickar i utifrån inriktningen för den genomförda studien.

Hur genomförs risk- och sårbarhetsanalyser ur ett krisberedskapsperspektiv av regional samt nationell elektronisk kommunikationsinfrastruktur? Utav de intervjuade aktörerna kan det främst sägas vara en som genomför mer proaktiva risk- och sårbarhetsanalyser, nämligen den nationella mobiloperatören. Övriga aktörer har ett mer reaktivt risk- och sårbarhetsarbete som utgår från hantering av fel som uppstår och utredningar om lämpliga åtgärder för att minska sårbarheterna. Generellt designas infrastrukturen utifrån aktörens normer kring lämplig nivå av redundans. Vid högre krav på tillgänglighet och robusthet krävs det att kunden själv begär och betalar för investeringen som i sådana fall krävs, men med tanke på till exempel samförläggningsproblematiken kan denna redundans vara chimär. Samtliga aktörer säger sig dock lägga stor vikt på samarbete aktörer emellan och arbetar aktivt med att försöka minimera återställningstider.

Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan olika operatörers kommunikationsinfrastrukturer inom sektorn elektronisk kommunikation? De beroenden som de intervjuade aktörerna nämner mellan olika operatörers kommunikationsinfrastrukturer är främst det tydliga beroendet mellan den fysiska infrastrukturen (svartfiberoperatörer) och den logiska infrastrukturen (tjänsteoperatörer). Det är enbart operatören av den fysiska infrastrukturen som har information om samtliga operatörer som är beroende av den. Det finns ingen sammanställd nationell databas över var fibrerna går, vilket gör det svårt för tjänsteoperatörer att kunna värdera risker och sårbarhet. De intervjuade aktörerna beskriver även att de är beroende av elkraft till anläggningar och av transporter för att kunna ta sig ut till utrustningen och anläggningar samt för att fylla på diesel till reservkraften.

Vad är behovet rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation? Samtliga aktörer ställer sig positiva kring att stödja och lämna ut infrastruktur-information för forskningsinsatser inom området. En mer långsiktig forskningsinsats inom området skulle dock kräva sekretessavtal samt förmåga till hantering av sekretesskyddad information. Aktörerna önskade bland annat: mer studier på systemnivå (dvs. hur de beroende infrastrukturerna fungerar sammantaget), insatser kring hur samverkan kan förbättras, avbrottstatistik på nationell nivå för att få en förståelse kring vilka områden som är mest viktiga ur ett riskhänseende, insatser inom informationssäkerhetsområdet, frågor kring reglering och avslutningsvis efterfrågades en nationell databas över fibervägar för att möjliggöra mer detaljerade och omfattande risk- och sårbarhetsanalyser och analys av beroenden mellan nätinfrastrukturer.

Hur kan en generisk modell som möjliggör analys av flera samberoende elektroniska kommunikations-infrastrukturer struktureras? Utifrån den föreslagna generiska modelleringsansatsen anser vi det möjligt att modellera och simulera samberoende kommunikationsinfrastrukturer. Dock kommer detta att kräva utvecklingsarbete i form av funktionella modeller som möjliggör mer explorativa sårbarhetsanalyser samt hur på bästa sätt modellera och strukturera de logiska och fysiska infrastrukturerna så att en helhet uppnås. Vidare är en viktig bit i ett sådant arbete att få tillgång till faktiska kommunikationsinfrastrukturer för att testa och utvärdera modelleringsansatsen. Flera av de intervjuade aktörerna har ställt sig positiva till att

delta i vidare forskningsarbete inom området, men att det i så fall skulle krävas sekretessavtal samt förmåga till hantering av sekretesskyddad information.

En möjlig väg framåt skulle kunna vara att genomföra en fallstudie i samarbete med SUNET, då deras infrastruktur är öppen, är ett nationellt nätverk och all universitetstrafik går via SUNET. Vidare har de realtids-övervakning och har data för trafikflöden i deras nätverk. SUNET är byggt med redundans i form av två fysiska ringar och varje lärosäte har dubbla anslutningar. Vidare befinner sig inte SUNET i samma konkurrenssituation som de kommersiella operatörerna. Dock skulle det även behövas fås tillgång till data för den fysiska infrastrukturen (fibernäten) från de aktörer som SUNET har avtal med.

5 Referenser

Albert, R., Barabási, A-L., (2002). Statistical mechanics of complex networks, *Review of Modern Physics*, Vol. 74, No. 1, pp. 47-97.

Booker, G., Torres, J., Guikema, S., Sprintson, A., Brumbelow, K., (2010). Estimating cellular network performance during hurricanes, *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 95, pp. 337-344.

Cavallini, S., d'Alessandro, C., Volpe, M., Armenia, S., Carlini, C., Brein, E., Assogna, P., (2014). A system dynamics framework for modeling critical infrastructure resilience, *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol. 441, pp. 141-154.

Çetinkaya, E.K., Broyles, D., Dandekar, A., Srinivasan, S., Sterbenz, J.P.G., (2013). Modelling communication network challenges for Future Internet resilience, survivability, and disruption tolerance: a simulation-based approach, *Telecommunication System,* Vol. 52, No. 2, pp. 751-766.

Chassin, D.P., Posse, C., (2005). Evaluating North American electric grid reliability using the Barabasi-Albert network model, *Physica A*, Vol. 355, No. 2-4, pp. 667-677.

Conrad S.H., Brown, T.J., Beyeler W.E., (2002). A dynamic simulationmodel of the effects of interdependent infrastructures on emergency service response, *The Twentieth International Conference of the System Dynamics Society*, July 28 – August 1, 2002, Palermo, Italy.

Crucitti, P., Latora, V., Marchiori, M., Rapisarda, A., (2003). Efficiency of scalefree networks: error and attack tolerance, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 320, pp. 622-642.

Demšar, U., Špatenková, O., Virrantaus, K., (2008). Identifying Critical Locations in a Spatial Network with Graph Theory, *Transactions in GIS*, Vol. 12, No. 2, pp. 91-82.

Dueñas-Osorio L., Craig J.I., Goodno B.J., Bostrom A. (2007). Interdependent response of networked systems, *Journal of Infrastructure Systems,* Vol. 13, pp. 185.

Grubesic, T.H., Matisziw, T.C., Murray, A.T., Snediker, D., (2008). Comparative Approaches for Assessing Network Vulnerability, *International Regional Science Review*, Vol. 31, No. 1, pp. 88-123.

Houck, D.J., Kim, E., O'Reilly, G.P., Picklesimer, D.D., Uzunalioglu, H., (2004). A network survivability model for critical national infrastructures. *Bell Labs Technical Journal*, Vol. 8, No. 4, pp. 153–172.

Jenelius E, Mattsson, L-G., (2008). The vulnerability of road networks under area-covering disruptions, *Proceedings of INFORMS Annual Meeting,* Washington D.C.

Jereb, L., (1998) Efficient Reliability Modeling and Analysis of Telecommunication Networks, *6th International Conference on Telecommunication Systems*, Nashville, 1998, pp. 236-241.

Johansson, J., Jönsson, H., Johansson, H., (2007). Analysing the Vulnerability of Electric Distribution Systems: A Step Towards Incorporating the Societal Consequences of Disruptions, *Int. J. Emergency Management*, Vol. 4, No. 1, pp.4–17.

Johansson, J., (2010). *Risk and Vulnerability Analysis of Interdependent Technical Infrastructures: Adressing Socio-Technical Systems*, Doctoral Thesis, Department of Measurement Technology and Industrial Electrical Engineering, Lund University, Lund.

Johansson, J., Hassel, H., Cedergren, A., (2011). Vulnerability analysis of interdependent critical infrastructures: case study of the Swedish railway system, *International Journal of Critical Infrastructures*, Vol. 7, No. 4, pp. 289-315.

Johansson, J., Hassel, H., (2012a). Vulnerability Analyses of Interdependent Technical Infrastructures. In Hokstad, P., Utne, IB., Vatn, J., (Eds), (2012). *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures – A Guideline for Analysis* (pp. 67-94). London, Springer-Verlag.

Johansson, J., Hassel, H., (2012b). *Modelling, Simulation and Vulnerability Analysis of Interdependent Technical Infrastructures*. In Hokstad, P., Utne, IB., Vatn, J., (Eds), (2012). Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures – A Guideline for Analysis (pp. 49-66). London, Springer-Verlag.

Johansson, J., LaRocca, S., Hassel, H., Guikema, S., (2012c). Comparing Topological Performance Measures and Physical Flow Models for Vulnerability Analysis of Power Systems. *PSAM11 & ESREL2012*, Helsinki, Finland, June 25-29, 2012.

Johansson, J., Svegrup, L., Hassel, H. (LUCRAM), (2013). *Studie och översiktlig utvärdering kring applicerbara metoder för komplex beroendeanalys på såväl sektoriell som tvärsektoriell nivå*, LUCRAM rapport 3317, ISSN 1404-2983, (MSB diarienr 2013-4815).

Kinney, R., Crucitti, P., Albert, R., Latora, V., (2005). Modeling cascading failures in the North American power grid, *The European Physical Journal B (EPJ B)*, Vol 46, No. 1, pp. 101-107.

LaRocca, S., Johansson, J., Hassel, H., Guikema, S., (2013). Topological Performance Measures as Surrogates for Physical Flow Models for Risk and Vulnerability Analysis for Electric Power Systems, *Risk Analysis (In press)*, http://arxiv.org/abs/1306.6696.

Latora, V., Marchiori, M., (2005). Vulnerability and protection of infrastructure networks, *Physical Review E*, Lett. 71, art. No. 015103.

Lee E.E., Mitchell J.E., Wallace W.A. (2007). Restoration of services in interdependent infrastructure systems: a network flow approach, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews,* Vol. 37, No. 6, pp.1303–1317.

MSB, (2009). *Faller en – faller då alla?*, ISBN: 91-85053-20-1.

MSB, (2013). *Handlingsplan för skydd av samhällsviktig verksamhet* (MSB957), ISBN: 978-91-7383-373-8.

MSB, (2014). *Vägledning för samhällsviktig verksamhet: att identifiera samhällsviktig verksamhet och kritiska beroenden samt bedöma acceptabel avbrottstid* (MSB620), ISBN: 978-91-7383-392-9

Murray, A.T., Matisziw, T.C., Grubesic, T.H., (2008). A Methodological Overview of Network Vulnerability Analysis, *Growth and Change*, Vol. 39, No. 4, pp. 573-592.

PTS, (2013). *Risk- och sårbarhetsanalys för sektorn elektronisk kommunikation - Myndighetens redovisning för 2013*. Diarienummer 12-10536-11, ISSN 1650-9862.

Zhang, D., Gogi, S.A., Broyles, D.S., Çetinkaya, E.K., Sterbenz, J.P.G., (2012). Modelling Attacks and Challanges to Wireless Networks, *RNDM - 4th International Workshop on Reliable Networks Design and Modeling, co-located with ICUMT 2012 Conference*. October 3-5, 2012, St. Petersburg, Russia.

Zio E, Sansavini G., Maja, R., Marchionni, G., (2008). An analytical approach to the safety of road networks. *International Journal of Reliability, Quality & Safety Engineering*, Vol. 15, No. 1, pp. 67–77.

Bilaga 1 Intervjuformulär

Infrastrukturinformation

1. Vilken typ av kommunikationsnät driver ni?
2. Geografisk utbredning av ert/era system?
3. Vilka är era kunder?

Genomförande av risk- och sårbarhetanalyser

4. Genomför ni risk- och sårbarhetsanalyser? (t.ex. analyserar ni hot mot er infrastruktur och vilken påverkan det har för infrastrukturen)
5. Hur (dvs. metod) analyseras eventuella risker- och sårbarheter (t.ex. workshops, diskussioner, simulering, etc.)
6. Dokumenteras detta arbete i någon form? (t.ex. i rapporter, arbetsdokument, etc.)

Hänsyn till beroenden

7. Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan era och andra operatörers kommunikationsinfrastrukturer (system-av-systemnivå)
   (t.ex. att reservkraft/UPS används för beroendet till elförsörjningen, finns det andra liknande ”stötdämpare” mellan kommunikationsinfrastrukturer, etc.)?
8. Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till er infrastrukturs beroende till andra infrastrukturer? (t.ex. elförsörjning, transport, etc)?
9. Vilken metod används för att identifiera och analysera dessa beroenden?
   (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)
10. Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till hur era kunder är beroende av er infrastruktur?
    (t.ex. vilka konsekvenser som skulle uppstå för era kunder, etc.)
11. Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden?
    (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)

Modellering/simulering

12. Om ni genomför någon form av modellering/simulering av ert system, vad för typ av simuleringar är detta (t.ex. optimering av nätdrift, tillförlitlighetsanalyser, sårbarhetsanalyser, etc.)
13. Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende nätstruktur?
14. Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende trafikmönster/belastning/funktion?
15. Vilken data, och till vilken omfattning, skulle vara möjlig att delge till forskningsinsatser?
    (t.ex. hjälp med realistiska, men ej verkliga, modeller över infrastrukturen, verklig data under sekretessavtal, etc.)
16. Vilka nyckelaspekter måste vara med i en simuleringsmodell av systemet för fånga det mest grundläggande beteendet (t.ex. för fysisk nätstruktur, logisk struktur och trafikflöde)?

Behov kring forskning och utveckling

17. Vad ser ni för behov rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?
18. Är det några andra riskhanteringsområden ni skulle vilja lyfta fram ett behov inom?
    (t.ex. hur kunder är beroende av er infrastruktur, tillgång till avbrottsstatistik på nationell nivå, metoder för genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser, metoder för beroendeanalyser, simuleringsmodeller, etc.)

Bilaga 2 Intervjusvar

Operatör: Triangelbolaget

Infrastrukturinformation

1. *Vilken typ av kommunikationsnät driver ni?*
   Nationellt svartfibernät som förbinder Malmö, Göteborg och Stockholm samt även med anslutningar till Köpenhamn, Oslo och Helsingfors. Triangelbolaget är samägt av Vattenfall, Svenska Kraftnät, Fortum och Tele2. Triangelbolaget har även ett tätt samarbete genom Easyfiber med fyra andra svarfiberleverantörer (IT Norrbotten, AC net, Skånet och Tele2) för att tillsammans kunna erbjuda ett heltäckande nationellt svarfibernät. Nätet som tillhandahålls är ren fiber (s.k. Svartfiber) samt tillgång till teknikbodar och operatörer som hyr in sig får själv bekosta den aktiva utrustningen (t.ex. ändutrustning, repeaters och reshapers).

2. *Geografisk utbredning av ert/era system?*
   Triangelbolaget finns på nationell nivå, har ca 170 mil huvudnät och ca 300 mil då även det korsande fiberstråket tas med (över 2000 mil om respektive delägares egna nät inkluderas). Med Easyfiber finns det ca 3000 mil svartfiber (mot även Danmark och ner till Hamburg – har även en ny partner i Norge som är under uppbyggnad)
   Nätet är mest nationell, lite regional men inget lokalt (Easyfiber har dock en del lokalt, ca 200 mil svartfiber): Göteborg, Malmö, Stockholm + lite i korsande fiberstråk i mellansverige korsande fiberstråk.

3. *Vilka är era kunder?*
   Stora operatörer i första hand. Har inget ”business to business” (dvs, inget till slutkund utan alltid leverantör emellan).

Genomförande av risk- och sårbarhetanalyser

4. *Genomför ni risk- och sårbarhetsanalyser?*
   (t.ex. analyserar ni hot mot er infrastruktur och vilken påverkan det har för infrastrukturen)
   Genomför ingen organiserad RSA, t.ex. en gång om året. Mycket är reaktivt och aktivitetsstyrt. Har dock genomfört sina första riskanalys avseende hur länge ett fibersystem håller. (Med fibersystem menas inte endast själva fibern utan även skarvar, genomföringar, etc.) (Bertil Arvidsson – fiberguru. Sitter med i SvK osv som gjorde studien). Inget problem med fibern i sig, dock med skarvar, genomförningar, installationen osv. Förutsatt att fiber är rätt installerat håller den runt 50-60 år. Problem med genomföringar i opto i kraftledningar.
   Har en teknik och driftgrupp som samlas par gånger om året för att diskutera problem och status för nätet.
   Försöker vara proaktiva när det gäller handlingsplan i syfte att minimera återställningstid och kunna undvika fel (t.ex. phase to ground och krypningar). Om något fel inträffat så kontrolleras oftast även intilliggande sträckningar för att säkerställa att inga problem uppstår. Väldig prispress, kan inte alltid förväntas att åtgärdat fel inom 24h. Snittreprationstid ca 15h under åren 2006-2011. Under dessa år var det mindre än 5 fel som var längre än 24h – Dessa tider gäller för avbrott för en eller flera kunder. 24h kravet inom elbranschen finns inte inom ekom-sektorn.

5. *Hur (dvs. metod) analyseras eventuella risker- och sårbarheter*
   (t.ex. workshops, diskussioner, simulering, etc.)
   Har en workshop när problem identifierats och bjuder även in externa personer (specialistkompetens) till dessa. Diskuterar om dissekering och mätning av utrustning som fallerat.

Triangelbolaget genomför inga systemsimuleringar – måste göras i nästa steg i kedjan dvs. inklusive aktiv utrusning. Telia gör simuleringar och Borderlight (i Uppsala) har byggt ett eget labb med ett verkligt nät. Har vision och bygga egen våglängdsutrustning.

6. *Dokumenteras detta arbete i någon form?*
   (t.ex. i rapporter, arbetsdokument, etc.)
   Ja skrivs rapporter när externa personer tas in. Sprids mellan kolleger i branschen.

Hänsyn till beroenden

7. *Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan era och andra operatörers kommunikationsinfrastrukturer (system-av-systemnivå)*
   (t.ex. att reservkraft/UPS används för beroendet till elförsörjningen, finns det andra liknande "stötdämpare" mellan kommunikationsinfrastrukturer, etc.)?
   TB har i snitt en teknikbod var åttonde mil – för att koppa ihop nät + ut till kunder. Har dubbel elmatning + likströmssystem 48DC till dessa bodar. Har batteribackup mellan 2-8 timmar och reservkraft på vissa kritiska ställen.
   Triangelbolaget - Har inget direkt beroende till andra telekominfrastrukturer.
   Easy fiber - När "träffas" i skarvar kan ett beroende finnas, olika leverantörer.

8. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till er infrastrukturs beroende till andra infrastrukturer?*
   (t.ex. elförsörjning, transport, etc)?
   Mer beroende till andra tekniska infrastrukturer än beroende till andra kommunikationsinfrastrukturer.
   Beroende av el till teknikbodarna. Även beroende av transport för att kunna ta sig ut till utrustningen och teknibodarna + fylla på diesel
   En större teknikbod tar i storleksordningen 30kW (50A, och motsvarar ca tre villor)
   Triangelbolaget äger inga reservkraft. Operatörer, t.ex. Tele2 har egna reservkraft.
   Intressant beroende till elkraftsystemet, ty fiberna är förlagda i kraftledningar (antingen i topplinan eller roterade runt fasledarna). Därmed kan det i vissa fall behövas att kraftledningen görs spänningslöst för att kunna utföra reparation av fibern.
   Det är kundkraven som styr vad som görs, dvs. vad som tas i beaktning. Kunderna har börjat ställa högre krav på reservkraft (som då Triangelbolaget kan tillhandahålla). Har dock aldrig haft något avbrott i teknibodar (förrutom i sett sällsynt fall där ett planerat underhåll inte gick som det skulle).

9. *Vilken metod används för att identifiera och analysera dessa beroenden?*
   (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)
   Kunder som anger det kritiska beroendet. Internt behandlas det av kunden identifierade beroendet i form av workshop/offerarbete – utgår från att kunder ställer krav och sedan interna diskussioner kring hur det kan levereras. Inte så proaktiva – utgår från kundbehov.

10. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till hur era kunder är beroende av er infrastruktur?*
    (t.ex. vilka konsekvenser som skulle uppstå för era kunder, etc.)
    Se ovan.

11. *Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden?*
    (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)
    Oftast kunden som identifierar behoven, kommer tillbaka med en specifikation eller en "request for information" – då görs en analys internt. T.ex. krav på högst 25 grader +/- 3 grader i en teknikbod fås från kund, fråga tillbaks varför då? Batterierna mår dåligt – men burkarna klarar tempen. Förslag från Triangelbolaget blir då att bytta ut batterierna till sådan med högre möjlig

temperatur och tolerans (istället för att bygga ett dyrt kylsystem för att kunna hålla angiven temperatur).

Modellering/simulering

12. *Om ni genomför någon form av modellering/simulering av ert system, vad för typ av simuleringar är detta*
    (t.ex. optimering av nätdrift, tillförlitlighetsanalyser, sårbarhetsanalyser, etc.)
    Nej.

13. *Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende nätstruktur?*
    Har 99,7 tillgänglighet, och över det, i nätet. Har gjort en tillgänglighetsstudie angående driftssäkerheten (alla avbrott registreras i nocken). Alla tillgångars geografi, kapacitet (antal fiber), anläggningsdata finns dokumenterat. Finns en del i GIS-system och en del i enklare nätskisser. Arbetar med att lägga in allt i Google earth. Har en realtidsdokumentation (eller snarar back log) kring vilka fiber som är belagda (dvs. vilka som är i bruk och vilka som är lediga).

14. H*ur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende trafikmönster/belastning/funktion?*
    Hyr endast ut svartfiber, och belastningen blir då bara i form av antal uthyrda fiberpar. Har ingen data kring trafikmönster och belastning i övrigt. Försöker att lägga fiberpar i olika kablar för redundansens skull. Som operatör vill man oftast ha redundans (extra fiber).

15. *Vilken data, och till vilken omfattning, skulle vara möjlig att delge till forskningsinsatser?*
    (t.ex. hjälp med realistiska, men ej verkliga, modeller över infrastrukturen, verklig data under sekretessavtal, etc.)
    Med sekretessavtal skulle det säkert kunna få ta del av nätinfrastrukturen. Sekretess kring att inte delge informationen – men resultat från en studie skulle kunna vara publikt.

16. *Vilka nyckelaspekter måste vara med i en simuleringsmodell av systemet för fånga det mest grundläggande beteendet (t.ex. för fysisk nätstruktur, logisk struktur och trafikflöde)?*
    Ej behandlad i intervjun.

Behov kring forskning och utveckling

17. *Vad ser ni för behov rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?*
    Önskar mer studier på systemnivå – hur fungerar systemet (här avses inte endast Triangelbolagets nät utan hela kommunikationssystemet). Intressant att veta vad som är viktigast för vår infrastruktur, telekom/transport/el – som dessutom hänger ihop. Inom telekomsektor i sig skulle det vara bra med en insats om bättre samverkan – trots allt avreglerad marknad.

18. *Är det några andra riskhanteringsområden ni skulle vilja lyfta fram ett behov inom?*
    (t.ex. hur kunder är beroende av er infrastruktur, tillgång till avbrottsstatistik på nationell nivå, metoder för genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser, metoder för beroendeanalyser, simuleringsmodeller, etc.)
    Tillgång på avbrottstatistik på nationell nivå efterfrågas. Att mer övergripande kunna skapa sig en förståelse kring vilka områden som är mest viktiga att ta hänsyn till ur risksynpunkt. Inte ens stora operatörer vet vad som är viktigast avseende tillförlitlighet – vilka tre frågor är viktigast för att säkerställa leverans? [öppen fråga från Anders]. Frågor kring samverkan borde behandlas mer – fragmenterad värld med nischområden. Vad kan reglering via PTS gå in och styra? T.ex. finns det byggt ett antal GIX-punkter (Global internet exchange), finns ett fåtal i Sverige – där man tvingats byta internetstrafik och där man hjälpar varandra. Alla bidrar i gemensam pott. Finns det fler sådan samverkan man kunde tvinga fram om man hade bättre övergripande systemförståelse?

Operatör: Nationell mobiloperatör (anonym enl. överenskommelse)

Infrastrukturinformation

1. *Vilken typ av kommunikationsnät driver ni?*
   Operatören driver mobilt kommunikationsnät. (Anmärkning: För att inte identifiera operatören anges inga vidare detaljer om operatörens verksamhet, exempelvis om man också driver andra typer av kommunikationsnät).

2. *Geografisk utbredning av ert/era system?*
   Operatören har nationell täckning enligt licensvillkor och utgående från marknadsvillkor (exempelvis kunders efterfrågan av mobila kommunikationstjänster i olika delar av landet).

3. *Vilka är era kunder?*
   Operatören vänder sig till privatpersoner, företag och offentlig verksamhet. Operatören har kunder inom samtliga dessa kundsegment och antalet kunder inom varje segment varierar över tiden.

Genomförande av risk- och sårbarhetanalyser

4. *Genomför ni risk- och sårbarhetsanalyser? (t.ex. analyserar ni hot mot er infrastruktur och vilken påverkan det har för infrastrukturen)*
   Ja, operatören genomför risk- och sårbarhetsanalyser (RSA). Det finns flera drivkrafter bakom företagets arbete. En sådan drivkraft är regulatoriska krav, en annan är marknadens förväntningar och en tredje är operatörens egna behov. I operatörens RSA-arbete ingår att identifiera hot som kan påverka företagets infrastruktur och andra resurser negativt och värdera konsekvenserna av sådana hot på nät och tjänster samt det egna företaget.

   Vissa kunder, med särskilt höga krav på tillgänglighet, kan begära insyn och delaktighet i genomförandet av risk- och sårbarhetsanalyser.

5. *Hur (dvs. metod) analyseras eventuella risker- och sårbarheter (t.ex. workshops, diskussioner, simulering, etc.)*
   Samtliga metoder används. Operatören har övervakningssystem som gör det möjligt att övervaka kommunikationsnätets funktion. I detta system tas också hänsyn till kundpåverkan. Operatören använder också detta system regelmässigt vid nätarbeten och -förändringar för att analysera möjliga konsekvenser (inklusive möjlig kundpåverkan). Dessa analyser påverkar kontinuitetsplaner som utarbetas för olika nätelement. Resultaten från simuleringarna används också för att säkerställa att den erforderliga redundansen fyller sin funktion.

6. *Dokumenteras detta arbete i någon form? (t.ex. i rapporter, arbetsdokument, etc.)*
   Ja, operatören dokumenterar resultaten från workshops, diskussioner och simuleringar i rapporter och mötesanteckningar. Särskilt utpekade personer har dokumentationsansvar för olika typer av system. Information delas (på lämplig nivå) med de leverantörer (utrustning och fältservice) som man är beroende av.

Hänsyn till beroenden

7. *Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan era och andra operatörers kommunikationsinfrastrukturer (system-av-systemnivå) (t.ex. att reservkraft/UPS används för beroendet till elförsörjningen, finns det andra liknande "stötdämpare" mellan kommunikationsinfrastrukturer, etc.)?*
   Inom den egna verksamheten tillämpas nätbyggnadsprinciper som är anpassade efter sannolikheten för olika hot och risken för negativa konsekvenser samt regulatoriska krav. Dessa

principer utgår från decennier av erfarenheter i utbyggnad och drift av elektroniska kommunikationsnät och –tjänster, nationellt och internationellt. Nätbyggnadsprinciperna innehåller ett flertal olika ”stötdämpare”, exempelvis:

a. Användningen av stationära och transportabla reservkraftsystem för att hantera avbrott i extern nätkraft, där kritiska nätfunktioner kan upprätthållas under lång tid (givet att drivmedel och transporter är tillgängliga).

b. Användningen av redundans i förbindelser mellan olika nätelement för att undvika att enskilda avbrott, exempelvis sådana som orsakas av avgrävningar, leder till regionala eller nationella störningar eller avbrott. Sådan redundans kan dels ske genom användningen av egna förbindelser men också genom att utnyttja annan operatörs.

c. Användning av redundans inom och mellan kritiska nätelement för att undvika att enskilda hårdvarufel leder till regionala eller nationella störningar eller avbrott.

d. Avtal med andra operatörer och leverantörer för att säkerställa att felavhjälpning kan inledas och slutföras skyndsamt vid mer allvarliga driftstörningar.

Operatören deltar också, tillsammans med andra större operatörer, i ett frivilligt samarbetsforum (NTSG) för att effektivisera återställningsarbetet vid extraordinära händelser i samhället.

8. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till er infrastrukturs beroende till andra infrastrukturer? (t.ex. elförsörjning, transport, etc)?*
Se svaret på föregående fråga. I den operativa hanteringen av olika former av störningar och avbrott som berör andra operatörer eller försörjningssystem (el) som man (den egna operatören) är beroende av finns etablerade samarbetsformer och utbyte av lägesinformation. I hanteringen av mer allvarliga kriser sker informationsutbyte och samarbeten inom ramen för NTSG.

   Det simuleringsverktyg som används tar inte direkt hänsyn till andra försörjningssystem men väl indirekt (i det att bortfallet och förbindelser och tillgångar kan värderas).

9. *Vilken metod används för att identifiera och analysera dessa beroenden? (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)*

   Se svaret på fråga 2 (genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser). Sett ur ett samhällsperspektiv finns ett problem med att identifiera beroenden. Inom sektorn är det mycket vanligt att flera operatörer delar på viss infrastruktur (förbindelser). Det är enbart den infrastrukturägande operatören som har information om samtliga operatörer som är beroende av den. I vissa situationer kan det också påverka återställningsförmågan då det inte alltid är möjligt att tillsammans med berörda operatörer effektivisera arbetet. Vid mer omfattande avbrott sker dock sådan samordning (via NTSG).

10. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till hur era kunder är beroende av er infrastruktur? (t.ex. vilka konsekvenser som skulle uppstå för era kunder, etc.)*
Operatören utgår i första hand från kommersiella avtal (så kallade Service Level Agreement) i hanteringen av olika typer av driftstörningar. Det innebär att kunden som genom avtal aktivt sökt en högre nivå av tillgänglighet ges företräde (vid felavhjälpning) framför en kund som inte har gjort något sådant val. I den mån som det är möjligt att också beakta samhällelig hänsyn försöker operatören tillgodose sådana behov.

11. *Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden? (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)*

Simuleringsverktyg används för att anpassa olika typer av robusthetshöjande åtgärder till specifika kundbehov. Vissa kunder kräver också insyn och delaktighet i dessa dialoger. Allmänt avspeglas mer allmänna kundbehov i de nätbyggnadsprinciper som operatören tillämpar.

Modellering/simulering

12. *Om ni genomför någon form av modellering/simulering av ert system, vad för typ av simuleringar är detta (t.ex. optimering av nätdrift, tillförlitlighetsanalyser, sårbarhetsanalyser, etc.)*
    I första hand genomförs simuleringar för att optimera nätdriften men också för sårbarhetsanalyser. Simuleringsverktyget tar inte hänsyn till MTBF- och MTTR-information men ger viktig information för operatörens planering och rutiner som genomförs för varje arbete och planerad förändringar där också återställningsplaner redovisas (om något skulle gå fel).

13. *Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende nätstruktur?*
    Operatören har god tillgång till information om nätinfrastruktur även om det är möjligt att genomföra vissa förbättringar. Här används olika typer av stödsystem för att lagra och åtkomma informationen.

14. *Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende trafikmönster/belastning/funktion?*
    Operatören har tillgång till kontinuerlig information om trafikmönster, belastning samt funktion. Informationen sammanställs dygnsvis, månadsvis och halvårsvis, och utvärderas regelbundet.

15. *Vilken data, och till vilken omfattning, skulle vara möjlig att delge till forskningsinsatser? (t.ex. hjälp med realistiska, men ej verkliga, modeller över infrastrukturen, verklig data under sekretessavtal, etc.)*
    Operatören kan, under vissa omständigheter, delge information om trafikmönster för forskningsändamål och är delaktiga i forskningssamarbeten.

16. *Vilka nyckelaspekter måste vara med i en simuleringsmodell av systemet för fånga det mest grundläggande beteendet (t.ex. för fysisk nätstruktur, logisk struktur och trafikflöde)?*
    Det finns olika nivåer för dessa simuleringar. Detaljerade simuleringar måsta ta hänsyn både till den logiska (protokollnivå och tillhörande funktioner) och fysiska nätstrukturen med trafiken. På en övergripande nivå är det möjligt att avgöra en enklare nätmodell.

Behov kring forskning och utveckling

17. *Vad ser ni för behov rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?*
    Generellt ser inte operatören något behov av forskning och utveckling avseende beroenden mellan operatörer. De är vana vid denna typ av samarbeten på olika nivåer och ser inte att den egna verksamheten skulle gynnas av denna typ av insats. Den utveckling (snarare än forskning) man ser som viktig är information om pågående strömavbrott för att bättre kunna hantera inträffade elavbrott. Förekomsten och längden av dessa elavbrott behandlas som del i utvecklingen av operatörens nätbyggnadsprinciper.

18. *Är det några andra riskhanteringsområden ni skulle vilja lyfta fram ett behov inom? (t.ex. hur kunder är beroende av er infrastruktur, tillgång till avbrottsstatistik på nationell nivå, metoder för genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser, metoder för beroendeanalyser, simuleringsmodeller, etc.)*
    Operatören ser i första hand behov av vidare insatser inom informationssäkerhetsområdet, exempelvis för att förbättra förmågan att motstå och hantera mer storskaliga DDoS-attacker.

Operatör: Kraftringen

Infrastrukturinformation

1. *Vilken typ av kommunikationsnät driver ni?*
   Säljer, ansvarar för och bygger svartfibernät (ingen operatörsroll). Samarbetar med en kommunikationsoperatör som i sin tur samarbetar med de olika tjänsteoperatörerna. Kraftringen är endast ansvarig för det fysiska nätverket (fibern). Kommunikationsoperatören Zitius ansvarar för det logiska nätverket.
   Säljer även fiber till kunder som vill skapa sitt eget nät, ex. Lunds kommun.

2. *Geografisk utbredning av ert/era system?*
   Lund, Borgeby, Bjärred, Lomma, Eslöv, Marieholm, Höör.

3. *Vilka är era kunder?*
   Dels företag/organisationer som vill skapa egna nät, ex. Lunds Kommun. Och privatpersoner som köper fiberanslutning. (via tjänsteoperatörer och kommunikationsoperatör).

Genomförande av risk- och sårbarhetanalyser

4. *Genomför ni risk- och sårbarhetsanalyser?*
   (t.ex. analyserar ni hot mot er infrastruktur och vilken påverkan det har för infrastrukturen)
   Inga formella analyser. Tar hänsyn till redundans och liknande när de bygger upp nätet. Har även jour och beredskap och liknande om något händer. Ligger fibrerna nergrävda så krävs i princip att någon gräver av dem för att avbrott ska ske. Använder avbrottsstatistik och liknande för att förhindra avbrott för kunder.

5. *Hur (dvs. metod) analyseras eventuella risker- och sårbarheter*
   (t.ex. workshops, diskussioner, simulering, etc.)
   Använder främst driftstatistik för att förbättra näten för att förbättra tillförlitligheten för sina kunder. Risk finns involverat i det dagliga arbetet. Det finns en övergripande policy hur det ska jobba, använder SWOT-analys (SWOT = Strengths, Weaknesses, Opportunities och Threats) för att kartlägga övergripande svagheter/styrkor, möjligheter och hot.

6. *Dokumenteras detta arbete i någon form? (t.ex. i rapporter, arbetsdokument, etc.)*
   Nej.

Hänsyn till beroenden

7. *Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan era och andra operatörers kommunikationsinfrastrukturer (system-av-systemnivå)*
   (t.ex. att reservkraft/UPS används för beroendet till elförsörjningen, finns det andra liknande "stötdämpare" mellan kommunikationsinfrastrukturer, etc.)?
   Anser oss ej vara beroende av andra kommunikationsinfrastrukturer.

8. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till er infrastrukturs beroende till andra infrastrukturer? (t.ex. elförsörjning, transport, etc)?*
   Eftersom de enbart har fysiska strukturen, enbart beroende av el. Och eftersom kraftringen även ansvarar för el så har de bra förutsättningar att ta hänsyn till detta. Fibern läggs tillsammans med elen. Har bland annat reservkraft till de viktigaste kärnsystemen (ex. datorövervakning).

9. *Vilken metod används för att identifiera och analysera dessa beroenden?*
   (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)
   -

10. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till hur era kunder är beroende av er infrastruktur?(t.ex. vilka konsekvenser som skulle uppstå för era kunder, etc.)*
    Om kunden särskilt frågar efter mer redundans ordnar kraftringen det, t.ill en högre kostnad. Betalar per meter fiber till användare.

11. *Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden?*
    (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)
    De följer alltid upp driftstatistiken och försöker förbättra tillförlitligheten där det behövs.

Modellering/simulering

12. *Om ni genomför någon form av modellering/simulering av ert system, vad för typ av simuleringar är detta*
    (t.ex. optimering av nätdrift, tillförlitlighetsanalyser, sårbarhetsanalyser, etc.)
    Tillhandahåller endast fysisk struktur

13. *Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende nätstruktur?*
    Hela kraftringens nätuppbyggnadsstruktur finns. Använder datorverktyg för att hålla reda på alla koncernens ledningar. Finns för alla fiber, el osv.

14. *Angående trafikmönster/belastning/funktion?*
    Enbart fysisk struktur

15. *Vilken data, och till vilken omfattning, skulle vara möjlig att delge till forskningsinsatser?*
    (t.ex. hjälp med realistiska, men ej verkliga, modeller över infrastrukturen, verklig data under sekretessavtal, etc.)
    Kan tänka sig delta i forskningsinsatser. Kontakta i så fall deras forskningsansvariga Liisa Fransson.

16. *Vilka nyckelaspekter måste vara med i en simuleringsmodell av systemet för fånga det mest grundläggande beteendet (t.ex. för fysisk nätstruktur, logisk struktur och trafikflöde)?-*
    Behandlades ej under mötet då endast fysisk infrastruktur.

Behov kring forskning och utveckling

17. *Vad ser ni för behov rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?*
    Vet ej.

18. *Är det några andra riskhanteringsområden ni skulle vilja lyfta fram ett behov inom?*
    (t.ex. hur kunder är beroende av er infrastruktur, tillgång till avbrottsstatistik på nationell nivå, metoder för genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser, metoder för beroendeanalyser, simuleringsmodeller, etc.)
    Vet ej.

Operatör: SUNET

Infrastrukturinformation

1. *Vilken typ av kommunikationsnät driver ni?*
   SUNET driver ett rikstäckande nät för högre utbildning och forskning. De sammankopplar även campusnät om universitetet/högskolan finns på flera orter.

2. *Geografisk utbredning av ert/era system?*
   Hela Sverige.

3. *Vilka är era kunder?*
   Universitet och forskningsinstitutioner, vissa delar av kultur-Sverige (statliga institutioner) på uppdrag av regeringen.

Genomförande av risk- och sårbarhetanalyser

4. *Genomför ni risk- och sårbarhetsanalyser?*
   (t.ex. analyserar ni hot mot er infrastruktur och vilken påverkan det har för infrastrukturen)

   Fiber: Detta kan vi inte direkt påverka i löpande drift, men vid upphandling ställer vi krav på leverantören på geografisk redundans etc. Vi har dubblerade fibervägar i hela nätet, med krav på minst 10 meter mellan varje fiber. Även två anlutningar till varje campusnät som ska vara tillräckligt långt från varandra. Alltid krav på 8 timmars reservkraft. Skalskydd, accesskontroll. Vi försöker ställa krav i förväg istället för analys efteråt. Vi har månadsmöten med leverantörer där alla händelser följs upp. Vi har krav på viten och ändringar om något inte följts korrekt.

   Egen utrustning: Allt dubblerat, uppföljning av händelser och felrättningar. Hårdvara går sönder ibland, buggar i mjukvara måste leverantören laga.

5. *Hur (dvs. metod) analyseras eventuella risker- och sårbarheter*
   (t.ex. workshops, diskussioner, simulering, etc.)
   Kraven i upphandlingen och sen uppföljning av alla händelser i näten. Kraven kommer av tidigare erfarenheter samt rimlighet i kraven. T.ex.10 meter är en bra kompromiss.

6. *Dokumenteras detta arbete i någon form?*
   (t.ex. i rapporter, arbetsdokument, etc.)
   Kraven är dokumenterade och alla ärenden är också dokumenterade. Alla ärenden är loggade men felen är inte registrerade på ett systematiskt sätt.

Hänsyn till beroenden

7. *Till vilken grad tas det hänsyn till beroenden mellan era och andra operatörers kommunikationsinfrastrukturer (system-av-systemnivå)*
   (t.ex. att reservkraft/UPS används för beroendet till elförsörjningen, finns det andra liknande "stötdämpare" mellan kommunikationsinfrastrukturer, etc.)?
   Vi är helt beroende av leverantörers fiberinfrastruktur. Vi kan ställa krav på leverantörer men är helt beroende av dem. Det finns ingen nationell fiberdatabas i Sverige, så det finns ingen möjlighet att ha en översikt över olika operatörers nät. Vissa anser att det är bra att hyra fiber av två olika leverantörer men SUNETs åsikt är att det blir sämre eftersom man inte kan veta var olika leverantörer drar sina fibrer, och olika leverantörer har inte koll på varandra. Olika leverantörer kan mycket väl ha sina fibrer i samma kabel eller dike.

8. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till er infrastrukturs beroende till andra infrastrukturer? (t.ex. elförsörjning, transport, etc)?*
   Vi försöker ställa krav på reservkraft. Och ofta funkar det. Under stormen Gudrun tex var SUNETs nät uppe hela tiden. Dubblerade vägar och huruvida fiber ska gå i vägen eller dras i kraftledningar, är det vi kan påverka.

9. *Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden? (t.ex. workshop, modellering och simulering, ,etc.)*
   Vi kan följa upp om det funkar men inte analysera något eftersom vi inte äger infrastrukturen.

10. *Hur och till vilken omfattning tar ni hänsyn till hur era kunder är beroende av er infrastruktur? (t.ex. vilka konsekvenser som skulle uppstå för era kunder, etc.)*
    Detta är huvudsyftet med vårt arbete. Att se till att våra kunder alltid har nätanslutning.

11. *Vilken metod) används för att identifiera och analysera dessa beroenden? (t.ex. workshop, modellering och simulering, etc.)*
    Vi genomför kontinuerliga möten med IT-chefer på lärosäten och andra nyckelpersoner för att diskutera vilka krav de har på vår infrastruktur.

Modellering/simulering

12. *Om ni genomför någon form av modellering/simulering av ert system, vad för typ av simuleringar är detta? (t.ex. optimering av nätdrift, tillförlitlighetsanalyser, sårbarhetsanalyser, etc.)*
    Vi genomför inte direkt någon modellering av infrastrukturen. Vi genomför modellering och simulering av routing i näten för att analysera om trafikflödena är bra (men detta är på nätnivå). Tillförlitlighetsanalyser görs genom uppföljning med kunder och leverantörer.

13. *Hur är tillgänglighet och kvalitet av data avseende nätstruktur?*
    Bandbreddsutnyttjande och trafikdata loggas kontinuerligt och används för kapacitetsplanering. Trafikmängdsutnyttjande anses inte spela någon roll för riskanalys. Felanalys görs kontinuerligt. SUNET tipsar om en undersökning från Kanada angående fel i nät. Resultat: 3 fiberfel/kilometer och år. Bör kollas upp. Det skulle vara intressant att jämföra med svenska nät.

14. *Angående trafikmönster/belastning/funktion?*
    Se svar på fråga 2.

15. *Vilken data, och till vilken omfattning, skulle vara möjlig att delge till forskningsinsatser? (t.ex. hjälp med realistiska, men ej verkliga, modeller över infrastrukturen, verklig data under sekretessavtal, etc.)*
    All SUNETs trafikdata är publik. En översikt av infrastrukturen finns också publikt. Mer detaljerad data över infrastrukturen är det inte säkert att de kan delge, alternativt inte säkra på att det finns alls eftersom de bara hyr fiber och inte vet exakt hur fiberleverantörerna drar sina kablar.

16. *Vilka nyckelaspekter måste vara med i en simuleringsmodell av systemet för fånga det mest grundläggande beteendet (t.ex. för fysisk nätstruktur, logisk struktur och trafikflöde)?*
    Nyckelaspekter har nog diskuterats i tidigare frågor. En viktig del av ett sådant arbete är den verkliga fiberinfrastrukturen som endast fiberleverantörerna har kunskap om. Alla operatörer utom möjligtvis Telia är beroende av andras infrastruktur i Sverige. Det finns ingen bra gemensam fiberdatabas i Sverige. Riskanalys är därför svår om man t.ex. vill välja mellan två fiberleverantörer, deras kablar kan gå i samma dike. Exempel: Flera operatörer har sina fibrer i samma kabel på vissa sträckor längs en Europaväg i Sverige. Vid upphandling får man reda på hur fibervägarna ser ut, men fiberkablar kan flyttas t.ex. vid vägarbeten och denna information får ofta

inte SUNET, och sedan kanske fiberkabeln inte flyttas tillbaka och då sitter SUNET med gammal information.

Behov kring forskning och utveckling

17. *Vad ser ni för behov rörande forskning och modellering inom området ömsesidigt beroende elektronisk kommunikation?*
    Det finns stort behov av att få en översikt över fibernäten och ett nationellt register över fiber.

18. *Är det några andra riskhanteringsområden ni skulle vilja lyfta fram ett behov inom?*
    (t.ex. hur kunder är beroende av er infrastruktur, tillgång till avbrottsstatistik på nationell nivå, metoder för genomförande av risk- och sårbarhetsanalyser, metoder för beroendeanalyser, simuleringsmodeller, etc.)
    Nej.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 www.msb.se
Publ.nr MSB905 – september 2015 ISBN 978-91-7383-594-7