



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 13 003

Examensarbete 30 hp
Januari 2013

Mobil kommunikation och högre tillgänglighet vid längre elavbrott

Exemplet stormen Dagmar och 4G-kommunikation
inom smarta elnät

Mattias Lindgren



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Mobil kommunikation och högre tillgänglighet vid längre elavbrott

Mobile communications and higher availability in power grids during extended power outages

Mattias Lindgren

To secure a safe and reliable power supply is becoming increasingly important because of that society is dependent on services and functions that needs continuous power supply. The delivery rate in Swedish power supply is 99.98 % which insists on a high availability. During the past decade several storms has passed Sweden that have resulted in large amount of tree felling that led to extended power outages. During these storms many socially critical activities, such as electric utility company Fortum, experienced disruption in mobile communication which affected the crisis management.

This paper has investigated Swedish mobile operators' crisis management at Hi3G, Tele2 and TeliaSonera with a case study of the storm Dagmar that passed Sweden during December in 2011. Furthermore this paper has investigated if 4G-communication (LTE) is appropriate to use in the next generation power grid, also known as smart grid. The study is based on literature studies and interviews with respondents from companies such as Hi3G, Tele2, TeliaSonera, Fortum and Ericsson.

The mobile operators had well developed crises management. The availability in mobile communication is dependent on power supply why it's critical to have backup power supply during extended power outages. Backup power supply varies between mobile operators. Interaction between mobile operators and electric utility companies during crisis should increase the availability in power grids and mobile communication.

The LTE technology is well developed and could be used in smart grids to collect information. To use LTE for critical processes, such as controlling breakers, is not suitable with today's performance.

Handledare: Olle Hansson
Ämnesgranskare: Mikael Bergkvist
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS13 003

Populärvetenskaplig sammanfattning

Under det senaste decenniet har Sverige drabbats av flertal stormar som resulterade i längre elavbrott som i sin tur påverkade samhällsviktiga verksamheter med stor betydelse för samhällets liv, hälsa och funktionalitet. Exempel på sådana verksamheter innefattar hälso- och sjukvård, betalsystem, vatten och avlopp och kommunikationsvägar. Mobilkommunikation anses ha stor betydelse under sådana kriser för att förmedla och för att få tillgång till information. Elnätsägarna använder i stor utsträckning mobilkommunikation inom organisationen under kriser och under stormen Dagmar som inträffade under julhelgen 2011 uppfattades omfattande störningar i mobilnäten vilket påverkade återställningsarbetet. Det finns ett ömsesidigt beroende mellan elnätsägarna och mobiloperatörerna under kriser. Elnätsägarna är beroende av mobilkommunikation medan mobiloperatörerna är beroende av kontinuerlig elförsörjning för att mobilnätet ska fungera. Trots detta ömsesidiga beroende finns inte någon samverkan mellan elnätsägarna och mobiloperatörerna.

Vidare håller nästa generations elnät, även kallat smarta elnät, på att utvecklas vilket kommer att innefatta mer övervakning och mätning i elnätets samtliga delar. Mer mätning och övervakning kräver att smart informations- och kommunikationsteknologi (IKT) integreras i elnätet. En IKT-lösning som är aktuell är att utnyttja publik mobil 4G-kommunikation, vilket skulle öka elnätsägarnas beroende till mobiloperatörerna.

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Fortum med syftet att undersöka hur de svenska mobiloperatörernas krishantering såg ut med speciell referens till fallet stormen Dagmar. Detta för att undersöka hur tillgängligheten i el- och mobilnät kan förbättras. Ytterligare undersöktes hur 4G-teknologin (LTE) kan användas inom smarta elnät.

Det teoretiska ramverk som har använts i studien har sin utgångspunkt från forskningsprojektet FRIVA som bedrevs vid Lunds universitet för att nationellt bygga kompetens för samhället och organisationer gällande krishantering. Teorin delas upp i två delar där den första delen behandlar responssystem vilket är en modell av det system som hanterar en kris. Den andra delen behandlar organisationers krishantering och lärande som sammanfattas med en mognadsmodell som användes för att bedöma mobiloperatörernas mognadsnivå gällande krishanteringsförmåga.

Det empiriska materialet har samlats in genom litteraturstudier och intervjuer. De respondenter som valdes ut skedde antingen via rekommendations- eller förståelseurval. Respondenterna som deltog arbetade på elnätsföretaget Fortum, mobiloperatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSonera, Ericsson som utvecklar 4G infrastruktur och Energimyndigheten som ansvarar för en trygg energiförsörjning i Sverige.

Gemensamt för samtliga aktörer var att i responssystemet fanns aktörerna driftledningscentral (NOC) internt eller externt, fältserviceorganisation internt eller externt samt informationsenheten. Tele2 och TeliaSonera hade kontrakterat externa aktörer som förbättrade framkomlighet till nätelement i mobilnätet vilket förenklade fältserviceorganisationens återställningsarbete. TeliaSonera behövde en ytterligare aktör för att koppla in reservverk, vilket Hi3G:s och Tele2:s fältserviceorganisationer kunde sköta på egen hand. Tele2 hade den fältserviceorganisation som bedömdes ha den bredaste kompetensen då den kunde hantera omfattande röjningsarbete samt inkoppling och underhåll av reservverk. Ingen av mobiloperatörernas driftledningscentraler hade etablerade kontaktvägar med elnätägarna vilket försvårade återställningsarbetet. Tele2, TeliaSonera fick tillgång till information från elnätsägarna via länsstyrelser som dem annars inte hade fått tillgång till.

I analysen framgår det att samtliga mobiloperatörer som deltog i studien hade en välutvecklad krishanteringsförmåga och hade en mognadsnivå som låg mellan hanterande och optimerande.

Samtliga mobiloperatörer uttryckte att de ville ha en närmare samverkan med elnätsägarna för att kunna öka tillgängligheten i mobilnäten vilket i sin tur kan öka tillgängligheten i elnäten. Den information som driftledningscentralerna kan få tillgång till under kriser är information från elnätsägarna gällande lokala lägesbilder, vilka insatser som elnätsägarna genomför samt prognoser för återanslutning av elförsörjning. Detta för att fältserviceorganisationernas insatser gör mest nytta där det tar längst tid att återansluta elförsörjningen. Det är fördelaktigt för elnätsägarna att öka samverkan med mobiloperatörerna. Det finns incitament för Fortum att inleda samverkan med TeliaSonera då Fortum använder TeliaSonera som mobiloperatör. Det krävs ytterligare utredning för att undersöka huruvida Fortum ska inleda samverkan med de övriga operatörerna eller tillhandahålla denna information som en tjänst.

Den huvudsakliga kommunikationen under stormen Dagmar skedde via mobilkommunikation hos Fortum och mobiloperatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSonera. 95 procent av alla avbrott i mobilnätet under stormen berodde på elavbrott. För att öka tillgängligheten i mobilnätet har mobiloperatörerna investerat i reservelförsörjning. Hur reservelförsörjningen dimensionerades berodde på åtaganden via avtal med företag (SLA), hur många abonnenter nätelementet hanterade, utrymmesfrågor och framkomlighet till nätelementet. Kapaciteten på reservelförsörjning varierade mellan de olika mobiloperatörerna samt beroende på vilken teknologi som används och inom olika nätdelar.

De övervakning- och styrsystem som Fortum använder för elnätet använder dedikerade kommunikationslösningar, vilket ställer höga krav på kommunikationslösningarnas kvalitetsparametrar. Det är dock inte ekonomiskt försvarbart att bygga ut dedikerade kommunikationslösningar för att täcka behovet som förknippas med smarta elnät, varför publik 4G-kommunikation är ett bra alternativ. Författaren anser att publik 4G-kommunikation kan användas för mindre kritiska processer, som informationsinhämtning, med dagens prestanda. Det krävs dock ytterligare diskussion mellan Fortum, infrastruktur utvecklarna och mobiloperatörerna för att diskutera kvalitetsparametrarna jitter, packet loss, säkerhetsfrågor och reservelförsörjning.

Innehållsförteckning

1 Inledning	6
1.1 Syfte	6
1.2 Frågeställning	7
1.3 Definitioner	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Disposition	8
2 Teoretiskt ramverk	10
2.1 Responssystem	10
2.1.1 Skiss till ramverk för analys och utvärdering av insatser	11
2.1.2 Att konstruera en modell av responssystemet och analysera scenarier	11
2.1.3 Identifiera aktörer	12
2.1.4 Identifiera uppgifter och mål	12
2.1.5 Identifiera beroenden	13
2.1.6 Konstruera systemmodell	13
2.2 Krishantering och lärande	14
2.2.1 Data, information och kunskap	14
2.2.2 Individuellt och organisatoriskt lärande	15
2.2.3 Tidigare erfarenheter, planerat och ad hoc-lärande	16
2.2.4 Ständig förbättring	17
2.2.5 Sikta på ett brett lärande	17
2.2.6 Aktiviteter och organisatoriskt lärande	18
2.2.7 Akut krisantering och lärande	18
2.2.8 Faktiska förändringar	18
2.2.9 Reaktivt och proaktivt lärande	19
2.2.10 Sammanfattande bedömning av en organisations krisanteringsförmåga	19
3 Metod	20
3.1 Ämnesval och forskningsdesign	20
3.2 Litteraturstudier	21
3.3 Intervjuserie	21
3.3.1 Urval av respondenter	21
3.3.2 Bearbetning av intervjuer	23
4 Empiriskt material	24
4.1 Mobilnät och telesektorn	24
4.1.1 Celler och täckning	25
4.1.2 Upprätta ett samtal	27
4.1.3 GSM	28
4.1.3.1 Utrustning och identifiering av användare	28
4.1.3.2 Nätarkitektur	28
4.1.4 UMTS	29
4.1.4.1 Utrustning och identifiering av användare	29
4.1.4.2 Nätarkitektur	29
4.1.5 LTE	30
4.1.5.1 Nätarkitektur	31
4.1.6 Prioritetsfunktioner	32
4.1.6.1 Alternativ för prioritetsfunktioner	32
4.1.6.2 Internationella standarder för prioritetsfunktioner	33
4.1.6.3 PTS förslag för införande av prioritetsfunktioner i Sverige samt kostnader	34
4.1.6.4 PTS rekommendationer gällande införande och finansiering	35
4.1.6.6 Erfarenheter från Finland, Norge och Danmark	37
4.1.6.6.1 Finland	37
4.1.6.6.2 Norge	38

4.1.6.6.3 Danmark	39
4.1.6.7 Kommentarer från mobiloperatörerna	39
4.1.6.7 Sammanfattning av prioritetsfunktioner i mobilnät	40
4.1.7 Samverkan inom telesektorn	41
4.1.7.1 Nationell telesamverkansgruppen	41
4.1.7.2 Gemensam lägesuppfattning (GLU)	42
4.1.7.3 Krisroaming	42
4.1.7.4 Telö	42
4.1.8 Service Level Agreement (SLA)	43
4.1.8.1 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos Hi3G	44
4.1.8.2 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos Tele2	45
4.1.8.3 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos TeliaSonera	45
4.1.9 Reservelförsörjning	45
4.1.10 Nätneutralitet	46
4.1.11 Lagar och allmänna råd	46
4.2 Elnätet och elsektorn	47
4.2.1 Stam-, region- och lokalnät	48
4.2.2 Nätstrukturer	48
4.2.3 Fortums verksamhet inom elnät	49
4.2.3.1 Övervakning och styrning av elnätet	50
4.2.3.2 Krav på SCADA/DMS	51
4.2.3.2 Kommunikation under kriser	52
4.2.3.3 Samverkan mellan Fortum och telesektorn	52
4.2.4 Elsamverkan	53
4.2.5 Styrel	53
4.2.5 Elsektorns erfarenheter från tidigare stormar	54
4.2.6 Lagar och föreskrifter	55
4.3 Smarta elnät	55
4.3.1 Krav på mobila kommunikationer inom smart elnät	56
4.3.2 Fördelar- och nackdelar med LTE inom smarta elnät	58
4.3.3 Tidigare genomförda studier med publik LTE inom smarta elnät	59
4.3.3.1 Latency-, bandbredds- och packet loss-analys av LTE inom smarta elnät i Sverige	59
4.3.3.2 Latency- och packet loss-analys av LTE inom smarta elnät i Finland	60
4.4 Stormen Dagmar	62
4.4.1 Sverige	62
4.4.1.1 Meteorologisk förklaring	62
4.4.1.2 Stormen orsakade stor trädfällning	62
4.4.1.3 Störningar i elnätet	63
4.4.1.4 Faktorer som påverkade mobiloperatörernas förmåga att motstå och hantera stormen	64
4.4.1.4.1 Driftsäkerheten påverkas av efterfrågan	64
4.4.1.4.2 Förbättrad driftsäkerhet genom privat-offentlig samverkan	64
4.4.1.4.3 Reservelförsörjning	65
4.4.1.4.3.1 Hi3G	65
4.4.1.4.3.2 Tele2	66
4.4.1.4.3.3 TeliaSonera	67
4.4.1.5 Störningar inom mobilkommunikation	67
4.4.1.5.1 Hi3G	69
4.4.1.5.2 Tele2	69
4.4.1.5.3 TeliaSonera	69
4.4.1.6 Erfarenheter och planerade åtgärder efter stormen Dagmar	69
4.4.1.6.1 PTS	69
4.4.1.6.2 Hi3G	70
4.4.1.6.3 Tele2	71
4.4.1.6.4 TeliaSonera	71
4.4.1.6.5 Fortum	71
4.4.2 Finland	71
4.4.2.1 Den allmänna situationen	72
4.4.2.2 Störningar i elnätet	72
4.4.2.3 Faktorer som påverkade mobiloperatörernas förmåga att motstå och hantera stormen	73

4.4.2.4 Störningar i mobilnätet	75
4.4.2.5 Slutsatser och rekommendationer	75
4.4.3 Norge	76
4.4.3.1 Störningar i elnätet	76
4.4.3.2 Störningar i mobilnät	76
4.4.3.3 Erfarenheter och förslag på åtgärder	77
4.4.4 Sammanfattning av stormen Dagmar	77
4.5 Mobiloperatörers responssystem under stormen Dagmar	78
4.5.1 Hi3G	78
4.5.1.1 Intern och extern driftledning (NOC)	79
4.5.1.2 Informationsenheten	79
4.5.1.3 Intern och extern fältserviceorganisation	79
4.5.2 Tele2	80
4.5.2.1 Driftledning (NOC)	80
4.5.2.2 Fältserviceorganisation	80
4.5.2.3 Informationsenhet	80
4.5.2.4 Gårdskarlar	81
4.5.2.5 Kommuner	81
4.5.2.6 Länsstyrelser	81
4.5.2.7 NTSG	81
4.5.2.8 Trafikverket	82
4.5.3 TeliaSonera	82
4.5.3.1 Driftledning (NOC)	82
4.5.3.2 Informationsenheten	82
4.5.4.3 Extern fältserviceorganisation	82
4.5.4.4 Entreprenad för driftsättning av reservverk	83
4.5.4.5 Farmartjänst	83
4.5.4.6 SMHI	83
4.5.4.7 Länsstyrelser	83
4.6 Krishantering och lärande under och efter kriser	83
4.6.1 Hi3G	84
4.6.1.1 Arbete under kris	84
4.6.1.5 Utvärdering av kris	85
4.6.1.5 Förebyggande arbete och RSA	86
4.6.1.7 Erfarenhetsåterföring	87
4.6.1.8 Samverkan mellan tele- och elsektorn	87
4.6.2 Tele2	88
4.6.2.1 Arbete under kris	88
4.6.2.5 Utvärdering av kris	89
4.6.2.6 Förebyggande arbete och RSA	89
4.6.2.8 Erfarenhetsåterföring	90
4.6.2.9 Samverkan mellan tele- och elsektorn	90
4.6.4 TeliaSonera	90
4.6.4.1 Arbete under kris	90
4.6.4.5 Utvärdering av kris	92
4.6.4.6 Förebyggande arbete och RSA	92
4.6.4.8 Erfarenhetsåterföring	93
4.6.4.9 Samverkan mellan tele- och elsektorn	93
4.7 Myndigheters arbete för ökad samverkan mellan sektorerna	94
5 Resultat och analys	96
5.1 Responssystem	96
5.1.1 Mål med insatsen och beskrivning av förutsättningar	96
5.1.2 Responssystem Hi3G	96
5.1.3 Responssystem Tele2	98
5.1.4 Responssystem TeliaSonera	100
5.1.4 Sammanfattande analys av mobiloperatörernas responssystem	101
5.2 Mobiloperatörernas krishantering och lärande	103

5.2.1 Hi3G	103
5.2.2 Tele2	105
5.2.3 TeliaSonera	106
5.3 Tillgänglighet till mobilkommunikation under stormen Dagmar och framtida kriser	108
5.4 LTE-kommunikation inom smarta elnät	111
6 Slutsatser	116
7 Källförteckning	119
Bilaga 1 Hi3G:s responssystem	126
Bilaga 2 Tele2:s responssystem	127
Bilaga 3 TeliaSoneras responssystem	128

Akronymer

AMI	- Advanced meter infrastructure
AMR	- Automated meter readings
AuC	- Authentication centre
BSC	- Base station controller
BTS	- Base transceiver station
DMS	- Distribution management system
DSB	- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
EIR	- Equipment identity register
ENISA	- Europeiska byrån för nät- och informationssäkerhet
eNodeB	- Evolved NodeB
EPC	- Evolved packet core
E-SMLC	- Evolved service mobile location centre
eUTRAN	- Evolved UTRAN
GPRS	- General packet radio services
HLR	- Home location register
HSS	- Home subscriber server
IEC	- International electrotechnical commission
IKT	- Information- och kommunikationsteknik
IMEI	- International mobile equipment identity
IMSI	- International mobile subscriber identity
GGSN	- Gateway GPRS support node
GLU	- Gemensam lägesuppfattning
GMSC	- Gateway mobile switching centre
GSM	- Global system for mobile communications
LEK	- Lagen om elektronisk kommunikation
LTE	- Long term evolution
MME	- Mobility management entity
MSB	- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
MSC	- Mobile switching centre
NOC	- Network operation centre
NSN	- Nokia Siemens network
NTSG	- Nationell telesamverkansgruppen
NVE	- Norges vassdrags- og energidirektorat
PDN-GW	- Packet data network gateway
PMU	- Phasor measure units
PSTN	- Public switched telephone network
PT	- Post- og teletilsynet
PTS	- Post- och telestyrelsen
RSA	- Risk- och sårbarhetsanalys
RNC	- Radio network controller
S-GW	- Serving gateway
SCADA	- Supervisory control and data acquisition
SGSN	- Serving GPRS support node
SIM	- Subscriber identity module
SvK	- Svenska kraftnät
UMTS	- Universal mobile telecommunications system
UPS	- Uninterruptible power supply
USIM	- Universal subscriber identity module
VLR	- Visitors location register
VPN	- Virtual private network

1 Inledning

Att kunna tillhandahålla en säker och tillförlitlig elförsörjning är något som blir allt viktigare då samhället förlitar sig allt mer på högteknologiska lösningar som baseras på elektronisk kommunikation. Införandet av nästa generations elnät, smarta elnät, kommer att ställa högre krav på tillgänglighet gällande information- och kommunikationsteknik. För att undvika elavbrott satsar elnätsägarna kontinuerligt resurser för att öka leveranssäkerheten. Det svenska elnätet har en hög leveranssäkerhet på 99.98 procent och det har lagstiftats att elkonsumenterna ska få avbrottsersättning om elavbrottet överstiger 12 timmar (Torstensson & Bollen, 2010). Ytterligare har det ställts funktionskrav att elavbrott maximalt får vara i 24 timmar, om inte avbrottet beror på hinder som ligger utanför elnätsägarens kontroll. Detta skapar incitament för att förbättra infrastruktur kopplat till elnätet, men pekar även på ett ökat elberoende och en mindre acceptans för längre elavbrott. När ett elavbrott väl inträffar är det många samhällsviktiga verksamheter som kan påverkas om elavbrotten blir långvariga. Energimyndigheten (2010) definierar samhällsviktiga verksamheter som verksamheter som har stor betydelse för befolkningens liv, hälsa och samhällets funktionalitet. Detta kan innefatta betalsystem, hälso- och sjukvård, trygghetslarm, bränsleförsörjning, vatten och avlopp, kylförvaring och kommunikationsvägar som alla kan slås ut vid längre elavbrott. Energimyndigheten (2010) understryker att samhällsviktiga organisationer har ett särskilt ansvar att analysera sin situation och vidta åtgärder och samverka över sektorsgränser vid kriser.

Krishantering i Sverige följer tre grundprinciper: (1) Ansvarsprincipen - den som har ansvar för en verksamhet under normala förhållanden har det också under kris. (2) Likhetsprincipen - verksamheters organisation och lokalisering ska så långt det är möjligt vara densamma under kris som under normala förhållanden. (3) Närhetsprincipen – en kris ska hanteras där den inträffar och av dem som är närmast berörda och ansvariga (Energimyndigheten, 2010). Mobilnät är en viktig kommunikationsväg för så väl samhällsviktiga användare som allmänheten för att kunna få tillgång till information men även för att kunna förmedla lägesbilder som kan underlätta krishanteringen. Vidare finns intresse hos elbolag, som Fortum, att säkerhetsställa tillförlitlig 4G-kommunikation mellan nätstationer i utvecklingen av smarta elnät. Det ställer ytterligare krav på mobilnäten, som förutsätter att mobilmasterna har tillgänglig elförsörjning även vid längre elavbrott, för att kunna upprätthålla den elektroniska kommunikationen. Sverige har drabbats av flertalet stormar som har orsakat långvariga elavbrott under det senaste decenniet. I utredningar efter stormarna, genomförda av bland annat Energimyndigheten (2005b) och Post- och telestyrelsen (Cristvall, 2012b), har erfarenheter sammanställts som visar på bristande tillgång till mobilkommunikation. Bland annat har utredningarna visat på att reservelförsörjning av element i mobilnäten varierar kraftigt mellan olika operatörer, nätdelar och accesspunkter. Den reservelförsörjning som fanns tillgänglig utnyttjades inte optimalt och kommunikationsproblemen upplevdes värre än självaste elavbrotten av de inblandade aktörerna (Energimyndigheten, 2005b).

1.1 Syfte

Då det inte finns någon direkt samverkan mellan elnätsägare och mobiloperatörer i Sverige vid inträffande av längre elavbrott finns det anledning att utreda mobiloperatörernas krishantering vid längre elavbrott samt vilka förändringar som kan öka tillgänglighet i både el- och mobilnät. Att undersöka de svenska mobiloperatörernas krishantering sker med speciell referens till stormen Dagmar som drabbade Sverige i december 2011 som medförde längre elavbrott. Med koppling till utvecklingen av nästa generations elnät och möjligheten att använda 4G-teknologin som kommunikationslösning skall möjligheten att använda 4G-kommunikation inom smarta elnät

utredas.

1.2 Frågeställning

1. Hur såg krishanteringen ut hos de svenska mobiloperatörernas under stormen Dagmar?
 - 1.1. Vilka likheter och skillnader fanns i krishanteringen mellan mobiloperatörerna?
 - 1.2. Hur välutvecklad är mobiloperatörernas krishanteringsförmåga?
2. Hur kan tillgängligheten i el- och mobilnät förbättras?
 - 2.1. Vad påverkar tillgängligheten i mobilnät under längre elavbrott?
 - 2.2. Hur kan samverkan mellan elnätsägarna och mobiloperatörerna öka tillgängligheten i el- och mobilnät i Sverige vid längre elavbrott?
 - 2.3. Hur påverkas tillgängligheten i el- och mobilnät i Sverige av vad som händer i de nordiska länderna?
3. Vilka krav ställer Fortum på publik 4G-kommunikation vid användande inom smarta elnät?
 - 3.1. Hur lämplig är 4G-teknologin att använda inom smarta elnät med dagens prestanda?

1.3 Definitioner

Den definition som används för *längre elavbrott* utgår från ellagens krav om att elabonnenter har rätt att få tillgång till avbrottsersättning om avbrottet varar längre än 12 timmar (Energimyndigheten, 2009). Detta leder till att elnätsägarna får betala ersättning till elabbonnenterna vilket ger upphov till ekonomiska utgifter för elnätsägarna. *Längre elavbrott* definieras därför som elavbrott som varar längre än 12 timmar.

Enligt Höst et al. (2010) ses en kris som något negativt som man vill undvika. Det är av betydelse att förstå att en naturkatastrof eller liknande uppfattas som farlig först när den påverkar mänskliga aktiviteter eller tillgångar som vi värdesätter. Alla kriser som inträffar är i någon mening unika då var och en har egna fysikaliska karaktär, scenarier etcetera (Eriksson, 2008). Den definition av kris som kommer att användas i detta arbete är när en organisation eller samhälle uppfattar ett brådskande hot mot grundläggande värden eller funktioner (Boin & t'Hart, 2006). Både mobilkommunikation och elförsörjning kan ses som grundläggande funktioner för mobiloperatörer respektive elnätsägare.

Hur krishantering definieras är inte enkelt. Krishantering innebär bland annat de insatser som hanterar pågående kriser men även de insatser som syftar till att förebygga och minska konsekvenserna mot framtida scenarier som ännu inte har inträffat. Hur samhället eller en organisation lyckas genomföra förebyggande åtgärder och hanterar pågående kriser är den definition av krishantering som används i denna studie (Höst et al., 2010).

Med lärande avses vanligen förändring av kunskaper eller handlingsförmåga till det bättre. Det kan innebära att kunskap och handlingsförmåga anpassas efter rådande eller förväntade förändrade omvärldsfaktorer. Det bygger på antaganden om att de förutsättningar som en aktör omges av ständigt förändras och det krävs kontinuerlig anpassning till förändringarna för att aktörens förmåga inte ska försämrats. Definitionen som används i denna studie är förmåga att anpassa sig efter rådande eller förväntade omvärldsfaktorer (Höst et al. 2010.).

Definitionen av en mobiloperatör som används i uppsatsen är en aktör som äger, driver och övervakar infrastruktur för mobila tjänster.

1.4 Avgränsningar

I detta examensarbete undersöks hur tillgängligheten i el- och mobilnät kan förbättras genom att studera mobiloperatörernas krishantering. Fler av mobiloperatörerna som har deltagit i studien tillhandahåller andra kommunikationstjänster, till exempel fast telefoni och bredbandstjänster, som även dem kan vara viktiga för att upprätthålla kommunikation under rådande kriser. Examensarbetet kommer dock endast att undersöka hur operatörernas krishantering såg ut kopplat till tjänsten mobil telefoni under stormen Dagmar.

Huvudsakligt fokus för examensarbetet är att undersöka hur stormen Dagmar påverkade de svenska mobiloperatörerna och elnätsägarna med speciell referens till Fortums elnätsverksamhet. Det finns flertalet samhällsviktiga användare som är direkt beroende av elförsörjning och mobilkommunikation vid inträffande av längre elavbrott, till exempel hälso- och sjukvård, som har synpunkter på hur elnätsägarnas och mobiloperatörernas krishantering bör prioriteras för att lindra konsekvenserna för samhället. Detta examensarbete kommer dock huvudsakligen att undersöka hur elnätsägarna och mobiloperatörerna påverkades samt hur tillgängligheten till elförsörjning och mobilkommunikation kan förbättras genom förändring i mobiloperatörernas krishantering, yttre påverkningar från övriga nordiska länder och/eller olika former av samverkan mellan aktörerna i el- och telesektorn.

Inom smarta elnät finns det möjlighet att använda flertalet kommunikationslösningar som antingen är trådbundna eller trådlösa. Dessa lösningar kan realiserats genom att antingen bygga dedikerad infrastruktur eller genom att använda publik infrastruktur. Olika lösningar kan förknippas med olika för- och nackdelar och olika teknologier kan därför vara mer lämpade för vissa användningsområden. Den lösning som kommer att undersökas i denna studie är publik 4G-kommunikation, vilket innebär att andra kommunikationslösningar utelämnas.

1.5 Disposition

Följande kapitel ingår i rapporten:

1 Inledning. Kapitlet orienterar läsaren i vilket sammanhang examensarbetet har utförts med en kort bakgrund samt dess syfte, frågeställning, definitioner och vad studien avgränsas från.

2 Teoretiskt ramverk. Här redovisas den teori som har använts för att utforma intervjumall samt analysera det empiriska materialet. Inledningsvis beskrivs hur krishantering kan analyseras utifrån ett systemperspektiv och därefter beskrivs hur organisationer arbetar med krishantering och lärande som används för att bedöma organisationers krishanteringsförmåga.

3 Metod. I kapitlet redovisas den metod som har använts för att genomföra studien. Först beskrivs hur ämnesvalet kom till och vilken forskningsdesign som författaren har använt. Den metod som har använts var litteraturstudier och kvalitativa intervjuer. Kapitlet redogör för de för- och nackdelar som förknippas med litteraturstudier samt hur intervjuerien genomfördes genom att beskriva hur urvalet av respondenter gick till och hur den information som samlades in bearbetades.

4 Empiriskt material. Här redovisas det empiriska materialet som samlades in genom litteraturstudier och intervjuer. Kapitlet delas in i sju delar. Den första behandlar mobilnätets grundläggande uppbyggnad och funktioner, vad som påverkar dess tillgänglighet och vilka förutsättningar som finns för mobiloperatörerna i Sverige. Den andra delen redogör för elnätets uppbyggnad i Sverige, hur Fortums övervakning- och styrning av elnät fungerar och vilka krav som finns, vilken samverkan och erfarenheter som finns sedan tidigare stormar och vilka lagar som påverkar tillgängligheten i elnäten. Den tredje delen förklarar vad smarta elnät är och hur 4G-kommunikation kan användas inom smarta elnät. Den fjärde delen beskriver hur stormen Dagmar påverkade el- och mobilnät i Sverige, Finland och Norge. Vilka aktörer som var aktiva under stormen Dagmar i mobiloperatörernas responssystem redogörs i det femte kapitlet och hur mobiloperatörerna generellt arbetar med krishantering, lärande under och efter kriser redovisas i den sjätte delen. Avslutningsvis redovisas vad olika myndigheter gör för att öka samverkan mellan el- och telesektorn.

5 Resultat och analys. Kapitlet presenterar resultat och analys utifrån det insamlade empiriska materialet som kopplas samman med det teoretiska ramverket, studiens syfte och frågeställningar. Resultatet och analysen presenteras i fyra delar: mobiloperatörernas responssystem, mobiloperatörernas krishantering och lärande, vad som påverkar tillgängligheten i mobilkommunikation under stormen Dagmar och under kommande kriser samt LTE-kommunikation inom smarta elnät.

6 Slutsatser. Rapporten avslutas med en sammanfattning av de slutsatser och rekommendationer som studien har gett upphov till.

7 Källförteckning. Här sammanfattas de tryckta källor, intervjuer, lagar, förordningar, föreskrifter och propositioner, mejlkorrespondens samt webbsidor som författaren har använt i studien.

Bilaga 1. Figur över Hi3G:s responssystem

Bilaga 2. Figur över Tele2:s responssystem

Bilaga 3. Figur över TeliaSoneras responssystem

2 Teoretiskt ramverk

I följande kapitel redovisas de teorier som har använts för att genomföra studien. Kapitlet delas upp i två delar med utgångspunkt från ramforskningsprojektet FRIVA som bedrevs vid Lunds universitet och avslutades i mars 2011. FRIVA hade till uppgift att nationellt bygga upp kompetens för samhället och organisationers krishantering. Inledningsvis beskrivs hur kartläggning av organisationers inblandade aktörer och dess mål, uppgifter och beroenden på systemnivå under en kris kan användas för att utvärdera dess krishanteringsförmåga. Denna kartläggning resulterar i en systemmodell som kallas organisationens responssystem. Den andra delen behandlar hur organisationer arbetar med krishantering och lärande för att kontinuerligt kunna förbättra organisationens krishanteringsförmåga. Avsnittet om krishantering och lärande sammanfattas med en mognadsmodell som används för att bedöma organisationers krishanteringsförmåga.

2.1 Responssystem

När en del av ett samhälle drabbas av en kris kopplas ofta ett system in som hanterar självaste krisen, vad Höst et al. (2010) kallar ett responssystem. Ett responssystem består av de aktörer och resurser som var delaktiga att hantera den uppkomna situationen och dess konsekvenser. Aktörerna som var inblandade kan vara såväl statliga myndigheter som organisationer från näringslivet. Beroende från vilken aktörs perspektiv krisen utvärderas kan responssystemet se olika ut. Att efter en kris utvärdera och analysera de insatser som genomfördes kan vara mycket värdefullt för att dra lärdomar som kan användas som underlag för framtida utveckling. Att genomföra dessa utvärderingar och analyser ur ett systemperspektiv kan förknippas med en del utmaningar då responssystemet involverar många olika aktörer. Höst et al. (2010) tar upp fyra huvudsakliga utmaningar.

För det första kommer genomförandet av en sådan analys mer eller mindre baseras på subjektiva värderingar, alltså vad som uppfattas som viktigt. Vilka slutsatser som dras och vilka rekommendationer för utveckling som ges kommer att vara färgade av de värderingar som finns vid utförandet av analysen (Ibid.).

För det andra påverkar komplexiteten av responssystemet hur insatsen kan analyseras, förstås och utvärderas (Ibid.). Enligt Simon (1996) karaktäriseras ett komplext system av flertalet komponenter som interagerar på skilda sätt. För att förstå hur de olika aktörerna agerade som de gjorde inom responssystemet under krisen är det viktigt att försöka förstå de relationer och beroenden som fanns mellan aktörerna, exempelvis vilka resurser som användes. Inom forskningsområdet har allt större fokus lagts på hur olika bakomliggande faktorer på systemnivå kan ha samverkat så att olyckan utlöstes istället för att söka efter orsaken till olyckan. Skillnaden är att istället för att klarlägga vad som orsakade olyckan undersöks krishantering givet att en olycka har inträffat (Höst et al., 2010).

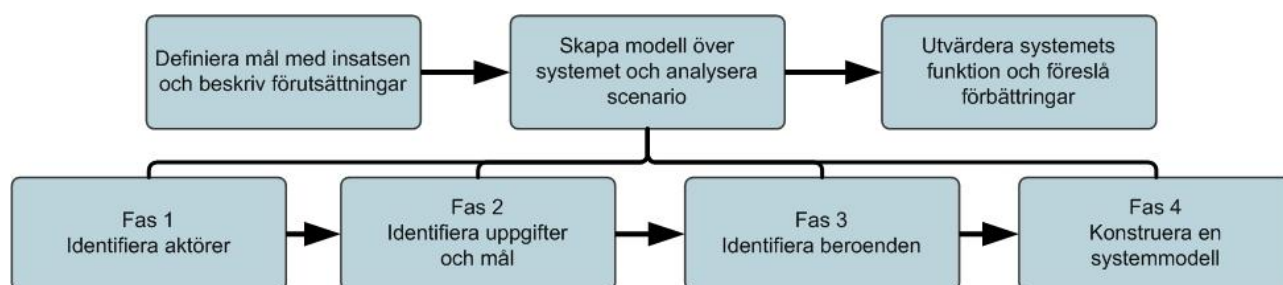
För det tredje är det viktigt att fundera över validiteten hos den information som används vid analys och utvärdering. Det informationsunderlag som oftast används för att beskriva händelseförlopp etcetera baseras ofta på intervjuer med personer som var involverade i hanteringsprocesser och förhoppningsvis med kompletterande dokument (Ibid.). Enligt Heath (1998) är det problematiskt att använda information från personer som har varit delaktiga i hanteringen av krisen av minst två aspekter. För det första är personer som är delaktiga under kriser av olika anledningar mer eller mindre tillförlitliga vittnen och för det andra har de en förmåga att inte berätta sin fulla bild av händelsen för att de kan komma att kritiseras för sina handlingar (Heath, 1998). Det är därför viktigt att tydliggöra för de inblandade respondenterna vid informationsinsamlingen att syftet med

utvärderingen och analysen är att söka förståelse för hur systemet fungerade och inte vilka syndabockarna var. För att underlätta utvärderingen och analysen är det viktigt att inblandade aktörer dokumenterar bland annat beslut, åtgärder och händelseförlopp (Höst et al., 2010).

För det fjärde är det av vikt att försöka klargöra vilka begränsade omständigheter som rådde för de inblandade aktörerna vid hantering av krisen. Det är inte utfallet i form av negativa konsekvenser, exempelvis antalet omkomna, som fokus ska läggas på utan vad som kunde ha genomförts för att mildra konsekvenserna. Exempelvis om en explosion inträffade som resulterade i oundvikliga konsekvenser, som flertalet direkta omkomna, bör inte det innefattas i evalueringen av insatsen. Inga alternativa hanteringssätt hade kunnat undvika de negativa konsekvenserna. Om explosionen gav upphov till ett antal svårt skadade som kunde ha räddats vid ett annorlunda agerande är situationen en annan och bör inkluderas i utvärderingen och analysen. Det är av vikt att skilja på att utvärderingen och analysen utreder de faktiska insatserna och de begränsningar som fanns och inte vad som kunnat genomföras utifrån andra förutsättningar (Ibid.).

2.1.1 Skiss till ramverk för analys och utvärdering av insatser

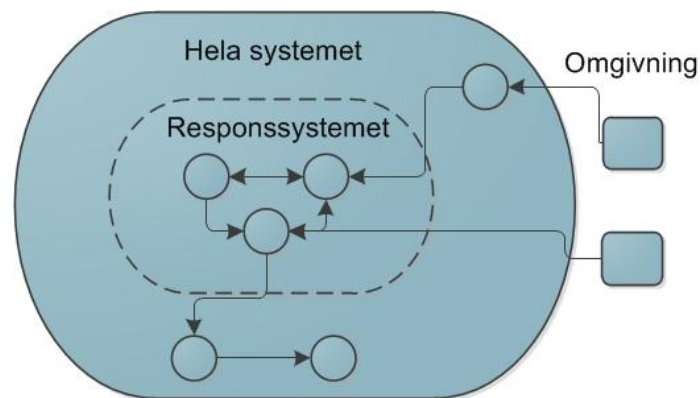
Det ramverk som Höst et al. (2010) beskriver består på den mest övergripande nivån av tre delar. Den första delen innefattar att försöka fastslå förutsättningarna för utvärderingen exempelvis i termer av övergripande målsättning för responssystemet och om möjligt de begränsade omständigheter som rådde under scenariot. Den andra delen är den del som ges störst uppmärksamhet i ramverket. Den delen innefattar att konstruera och analysera en modell av responssystemet som var aktivt under insatsen. De underliggande faserna presenteras mer ingående i kommande avsnitt. Den tredje delen baseras på den tidigare delen i termer av acceptabel insats och vad som kunde ha förbättrats, se figur 1 (Ibid.).



Figur 1. Skiss till ramverk med tre överliggande nivåer och fem underliggande faser för skapande av modell. Bearbetad version av Höst et al. (2010).

2.1.2 Att konstruera en modell av responssystemet och analysera scenarier

Den mest centrala delen i ramverket som har beskrivits ovan är att konstruera den modell av responssystemet som var aktivt under insatsen samt dess omgivning. Utifrån denna modell ges det möjlighet att analysera alternativa scenarier som inte inträffade men som kunde ha gjort det med annorlunda förutsättningar. Modellen av responssystemet kan utformas på många olika vis som representerar det faktiska systemet. Det är av vikt att förstå att det är syftet med modelleringen som påverkar hur responssystemet representeras. Viktiga faktorer för modeller är dock ofta systemelement, exempelvis i form av aktörer och resurser, relationer mellan dessa samt systemgränser (Ibid.). Se figur 2 för ett exempel hur Höst et al. (2010) presenterar en modell av responssystem med detta angreppssätt.



Figur 2. Exempel på modell (Höst et al., 2010)

De små cirkelarna representerar systemelement och de systemelement som finns inom den streckade boxen representerar responssystemet. Den totala systemmodellen som finns inom den heldragna boxen kan innehålla systemelement som inte är en del av själva responssystemet men är intressant att modellera i termer av beroenden, exempelvis teknisk infrastruktur i form av mobilkommunikation. Utanför systemmodellen finns små fyrkanter som representerar faktorer som påverkar systemet men inte är intressanta att modellera (eller inte är möjliga att modellera) i termer av ömsesidigt beroende, exempelvis väderförhållanden under insatsen. Pilarna mellan olika systemelement visar på beroenden mellan dessa (Ibid.).

Skapandet av en modell av responssystemet kan användas för minst två huvudsakliga syften. Det ena är att modellen skapar en explicit representation av vilka aktörer som var inblandade samt hur de uppfattade situationen. Det andra syftet är att modellen kan fungera som utgångspunkt för att föra en strukturerad diskussion gällande vad som kunde ha påverkat responssystemets funktion (Ibid.)

För att konstruera en modell för responssystemet finns det några faser som kan användas, som visades i den nedre delen i figur 1, som presenteras i kommande avsnitt.

2.1.3 Identifiera aktörer

Den introducerande fasen innefattar att identifiera och kartlägga vilka aktörer som var inblandade under insatsen. Exempel på tekniker för att genomföra denna sammanställning är litteraturstudier och intervjuer med representanter från inblandade aktörer. Detta resulterar i en lista över aktörer som var inblandade under insatsen. En viktig del i denna fas är att bestämma en lämplig detaljeringsnivå för att beskriva de inblandade aktörerna som svarar mot syftet med analysen. Om syftet med analysen är att analysera hela responssystemet kan det vara lämpligt att dela upp aktörer utifrån organisationer exempelvis mobiloperatör, elbolag och polis. Om fokus istället ligger på en specifik organisation kan aktörer delas upp utifrån enheter eller till och med personer inom organisationen (Ibid.).

2.1.4 Identifiera uppgifter och mål

Efter att aktörerna har identifierats kan varje aktör identifiera vilka uppgifter som de genomförde under insatsen samt vad målsättningarna var för dessa uppgifter. Även under denna fas är det av vikt att hitta en lämplig detaljeringsnivå för att beskriva uppgifterna som genomfördes. Exempelvis kan det under en storm finnas fältserviceorganisationer som ansvarade för *röjning av träd längs vägar*. Uppgiften *röjning av träd längs vägar* kan brytas ned i mindre uppgifter, till exempel *prioritering av vägar för röjningsarbete* och *säkerställa att motorsågar fungerar*. Syftet med

analysen är återigen avgörande vilken detaljeringsnivå som ska användas. För att avgöra hur väl en insats har genomförts är det av vikt att försöka beskriva målsättningen med de uppgifter som genomfördes, exempelvis vilka krav eller behov som skulle uppfyllas, och hur det relaterar till de övergripande målsättningarna (Ibid.).

2.1.5 Identifiera beroenden

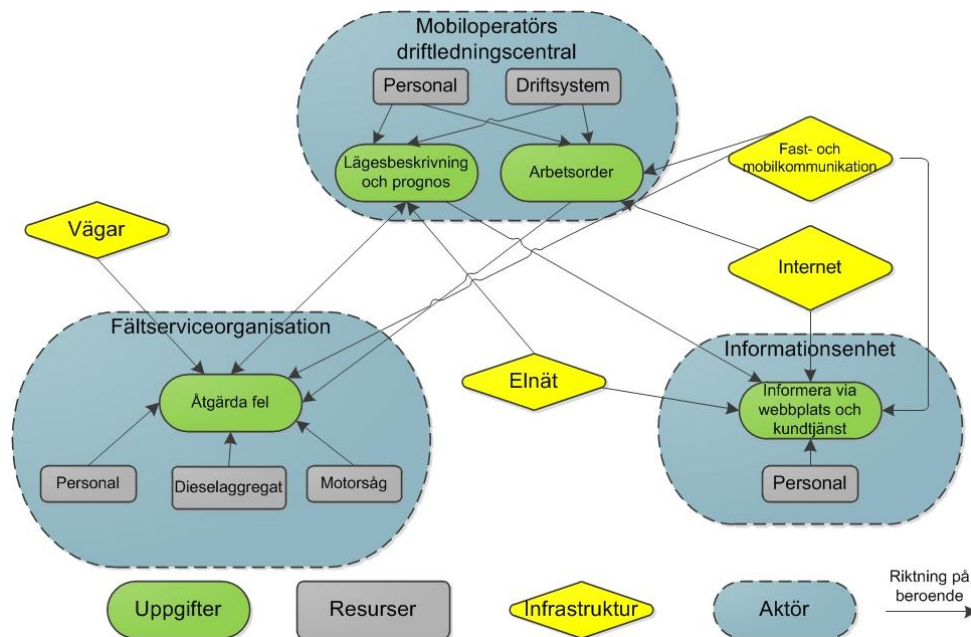
I denna fas görs ett försök att identifiera och beskriva vad de olika aktörerna var beroende av vid utförandet av deras uppgifter. Detta är ett steg för att nå en förståelse varför responssystemet fungerade som det gjorde under insatsen. I likhet med de tidigare faserna är det en utmaning att bestämma vilken detaljeringsnivå som beroenden skall beskrivas och vilka beroenden som skall finnas med. Återigen är det syftet för analysen som kommer att avgöra detta. Nedan följer några förslag till kategorier för beroenden som Höst et al. (2010) bedömer är vanligt förekommande i alla typer av insatser:

- *Egna resurser* i form av personal, materiel etcetera.
- *Teknisk infrastruktur* i form av tillgång till mobilkommunikation, elförsörjning, framkomlighet längs vägar etcetera.
- *Uppgifter* utförda av olika aktörer.
- *Omgivningsfaktorer* i form av väderförhållanden etcetera.

Beroenden som identifierats bör även beskrivas i form av riktning och styrka. Riktningen beskriver vilket systemelement som är beroende av ett annat systemelement. Om exempelvis ökad tillgång till en resurs leder till effektivare genomförande av uppgift. Styrkan i beroendet har att göra med hur allvarligt genomförandeförmågan av uppgift påverkas om exempelvis tillgång till en viss resurs minskar (Ibid.).

2.1.6 Konstruera systemmodell

Med den information som samlats in under de tidigare faserna kan en modell av responssystemet konstrueras för att öka förståelsen för hur systemet fungerade. Nedan presenteras ett exempel på ett responssystem vid längre elavbrott ur en mobiloperatörs perspektiv.



Figur 3. Exempel på modell över ett responssystem

I modellen finns inblandade aktörer, vilka uppgifter som aktörerna genomförde samt beroenden som finns mellan aktörerna i form av utförda uppgifter, resurser och infrastruktur. För att exemplifiera beroenden kan vi titta på uppgiften *informera via webbplats och kundtjänst* där aktören *informationsenhet* är beroende av resursen tillgänglig personal. För att informationsenheten ska kunna utföra sin uppgift är den beroende av att *mobiloperatörens driftledningscentral* kan utföra uppgiften *lägesbeskrivning och prognos*. I sin tur är *informationsenheten* beroende av infrastrukturen *elnät*, *Internet* och *fast och mobil kommunikation*.

Modellen kan sedan användas för diskussion gällande det givna scenariot eller för att utvärdera alternativa scenarier som inte inträffade men skulle kunna inträffa under annorlunda förhållanden och förutsättningar (Ibid.).

2.2 Krishantering och lärande

Krishantering är förmågan hos en organisation att förbereda sig inför kommande kriser och hantera pågående kriser. I följande kapitel redogörs varför krishanteringsarbete bör bedrivas med lärande i fokus (Höst et al., 2010).

2.2.1 Data, information och kunskap

Kunskap är varken data eller information även om den relaterar till båda. Det kan vara förvirrande att veta skillnaderna mellan dem, men organisatorisk framgång bygger ofta på att veta vilken av dessa tre du behöver, vilka du har tillgång till och vad man kan och inte kan göra med dessa.

Data är enligt Davenport & Prusak (2000) en uppsättning diskreta objektiva fakta om en händelse. Inom en organisation kan det beskrivas som strukturerade register av transaktioner. För att exemplifiera innebörden av data kan man föreställa sig en kund som besöker en bensinstation. Transaktionen kan delvis beskrivas som data: när köpet genomfördes, hur mycket hen tankade och hur mycket hen betalade. Men data berättar inte varför hen besökte bensinstationen. Data är viktig för alla organisationer men det gäller att veta vilken typ av data organisationen behöver. Genom att

samla in för mycket data kan det vara svårt att identifiera viktig data. Data beskriver endast delvis vad som har hänt, men data innefattar inte några värderingar, omdömen eller tolkningar. Data kan dock fungera som underlag till beslutsfattande (Ibid.)

Information beskrivs som ett meddelande, vanligtvis i form av ett dokument eller genom hörbar eller visuell kommunikation. Information har ofta en sändare och en mottagare där sändaren vill skapa en inverkan hos mottagarens uppfattning eller beteende med hjälp av informationen. För att informationen ska få genomslagskraft är det viktigt att informationen utformas för mottagaren. Självaste övergången från data till information är när värderingar, omdömen eller tolkningar adderas. I ett system där samma meddelande skickas till fler mottagare sker en nytolkning av informationen av varje individ vilket leder till att samma information kan leda till olika tolkningar av informationen (Ibid.).

Det finns flertalet definitioner av kunskap, den som Davenport & Prusak (2000) erbjuder lämpar sig i en organisatorisk miljö. Kunskap ses som en mix av erfarenheter, värderingar, kontextuell information och expertinsyn som tillhandahåller ett ramverk för att evaluera och förmedla nya erfarenheter och ny information. Inom organisationer inbäddas kunskap i dokument men även inom organisatoriska rutiner, processer, metoder, normer och individer. För att information ska övergå till kunskap krävs det att individen bearbetar informationen. Detta kan bland annat ske genom jämförelse mot annan information, vilka konsekvenser informationen får för handlande och beslutsfattande, hur kunskapen relaterar till annan kunskap eller genom konversation med andra vad de tycker om informationen. Skapandet av kunskap sker inom och mellan individer. Kunskap kan bland annat förmedlas genom böcker, dokument eller personlig kontakt som varierar från konversationer till utbildningar. En av många anledningar varför vi finner kunskap värdefull är för att den är närmare kopplad till faktiskt agerande än data och information (Ibid.).

2.2.2 Individuellt och organisatoriskt lärande

Krishanteringsförmåga kopplas sällan samman med individuellt handlande utan det är hela organisationen som är förberedd att hantera kommande kriser. För att på ett effektivt vis hantera kriser inom en organisation är det av vikt att skapa organisatoriskt lärande. Organisatoriskt lärande brukar definieras som organisationens förmåga att anpassa sina beteenden och kunskaper efter förändrade omständigheter (Ibid.). Eftersom organisationer byggs upp av individer som utför uppgifter åt organisationen kan det organisatoriska lärandet sägas vila på det individuella lärandet hos medarbetarna (Senege, 2006).

Att en individ lär sig under sin tid inom organisationen behöver inte nödvändigtvis betyda att den lär sig åt organisationen (Ibid.). Individers värderingar påverkar organisationens lärande (Davenport & Prusak, 2000). Argyris (1993) beskriver två typer av lärande: enkretslärande och dubbelkretslärande. Enkretslärande innebär att anställda ändrar sitt beteende, rutiner eller arbetssätt utan att ändra de styrande värdena värderingar, normer och mål. De anställda uppfyller de förändringar som krävs utan att förstå eller ifrågasätta varför förändringar genomförs. Dubbelkretslärande i sin tur innebär att de styrande värdena förändras vilket är nödvändigt för att förändringen ska hålla i sig och gynna att lärandet sker åt organisationen (Ibid.).

Organisationen måste även vara förberedd på att personal kan lämna organisationen. Det gäller därför att ha en förståelse för den kunskap och handlingsförmåga som kan försvinna vid en personalomsättning (Senege, 2006). För att förhindra denna kunskaps- och/eller kompetensförlust kan organisatoriskt lärande behöva hantera dessa problem, organisationens lärande ska vara mer omfattande än individernas inlärningsförmåga. Detta kan åstadkommas genom att lämna någon

form av spår inom organisationen som inte är beroende av den enskilda individen, även kallat organisatoriskt minne. Organisatoriskt minne kan till exempel vara arbetsprocedurer som är inarbetade och finns dokumenterade eller värderingar som är beteendestyrande och ”sitter i väggarna”. Med sådant minne minskar risken för att kunskaper och/eller kompetenser försvinner när enskilda individer lämnar organisationen. Att överföra all kunskap- och kompetens som individen bär på till organisatoriskt minne är omöjligt, varför det är viktigt att beakta både individuellt och organisatoriskt lärande vid krishantering (Höst et al., 2010).

När individen eller organisationen lär sig något eller samlar på sig nya erfarenheter vid en situation är det av betydelse att individen eller organisationen kan använda sig av lärdomen eller erfarenheten vid en annan situation. Då individer lär sig åt organisationen är det värdefullt om andra medarbetare kan använda sig av de lärdomar andra medarbetare samlar på sig. Detta är var Davenport & Prusak (2000) kallar *transfer* (fritt översatt till *överföring*) som kan ske på fler olika vis, exempelvis genom utbildning, kommunikation eller omplacering av personal (Eriksson, 2008).

2.2.3 Tidigare erfarenheter, planerat och ad hoc-lärande

Kriser kommer alltid att inträffa oavsett vilka förebyggande åtgärder som introduceras så länge samhället aktivt utvecklas (Perrow, 1999). Enligt Perrow (1999) är olyckor inom komplexa system oundvikliga. Det finns dock olika former av aktiviteter och processer som kan användas för att utveckla och förbättra organisationens krishanteringsförmåga. Exakt hur dessa bör utformas finns det inget enhetligt svar på då olika organisationer arbetar efter olika förutsättningar och har olika uppfattningar om vad en risk innebär. Därför måste varje organisation utforma sin egen krishanteringsförmåga (Höst et al., 2010).

Tidigare erfarenheter från kriser bygger ofta upp en medvetenhet inom organisationen som ofta bidrar till en högre beredskapsnivå. Generellt så bidrar tidigare erfarenheter av kriser till en vilja att förbereda sig inför kommande kriser (Boin et al., 2005; Nohrstedt & Hansén, 2010). Krissituationer erbjuder tillfällen att lära av som är viktiga vid utformandet av rutiner och arbetsprocesser. Om rutiner och processer inte testas finns det risk för att dokumentationen inte fungerar i praktiken. Många organisationer förbiser ofta att utnyttja den fulla potentialen att lära av kriser då beslutsfattare ofta ser till att förebygga att liknande fel inträffar igen, vilket enligt Clarke (1999) innebär att organisationen förbereder sig för det förra kriget.

Kriser inträffar dock inte så frekvent, för att förbereda sig för kommande kriser krävs överföring av information och kunskap som kan ske exempelvis via risk- och sårbarhetsanalyser (RSA), utbildningar, övningar och skriftliga planer (Höst et al, 2010).

Förmågebedömningsprocessen bör vara en fortlöpande process för att skapa en effektiv krishanteringsförmåga. Ett vanligt tillvägagångssätt för att identifiera och planera för framtida hot och för att avgöra vad som är värt att skydda är att genomföra en RSA. Nyttan med RSA är att identifiera vilka risker som finns för organisationen. Risk definieras olika i litteraturen (Kaplan, 1997), en definition som vanligen används är summan av svaren till följande frågor: vad kan inträffa? Hur stor är sannolikheten att det inträffas? Och om det inträffar, vad är konsekvenserna? En riskanalys är en metoden för att identifiera och klassificera dessa risker (Kaplan & Garrick 1981). Huruvida riskanalysen ska innefatta endast sannolika händelser eller även osannolika händelser tvistar de lärda. Dynes (1983) menar att planeringen av genomförandet av riskanalyser borde baseras på de mest sannolika händelserna. Robert och Latjtha (2002) menar i sin tur att riskanalyser inte är tillräckliga för att utvärdera nödsituationer då nödsituationer per definition inträffar med låg sannolikhet och inte innefattas i riskanalys enligt Dynes (1983) definition.

Robert och Latjtha (2002) menar att det är viktigt att metoden även innehåller scenarier som inte är sannolika. Clarke (2005) påpekar även han att det är viktigt att undersöka vad som är möjligt och inte endast vad som är sannolikt.

Utbildning och övning är två viktiga komponenter vid krisberedskap. McEntire & Myers (2004) skiljer utbildning och övning åt. Utbildning ska ses som den process rutiner och arbetsprocesser tas i beredskap inom organisationen. Övning är ett sätt att testa rutiner och arbetsprocesser för att undersöka om de behöver omvärderas. Det finns flertalet sätt som övningar kan genomföras på, till exempel genom datorsimuleringar eller fältövningar i form av seminarier eller fullskaliga övningar (Ibid.). När utbildningar och övningar genomförs är det viktigt att tänka på vilka som behöver vilken information. Olika enheter inom organisationen behöver olika förberedande insatser och kunskap absorberas bäst om informationen presenteras på ett betydelsefullt sätt (Boin & Lagdec, 2000; Borell & Eriksson, 2009).

Skriftliga rutiner är en pågående process som kan ses som en lägesbild av en process vid ett givet tillfälle. För att skapa ett mer användbart och levande dokument är det viktigt att dokumentet förändras och revideras när omgivande faktorer förändras. Skriftliga rutiner kan dock frambringa omedvetenhet istället för medvetenhet. Exempel på problem som förknippas med skriftliga rutiner är att de är utdaterade redan innan de publiceras eller att dem som berörs av förändringen i rutinen inte uppmärksammas vilket medför att organisationen tror att den är förberedd även fast den inte är det (Clark, 1999; Perry & Lindell, 2003).

Tillsammans kan dessa olika slags läranden sägas bilda en övergripande process som skapar en krishanteringsförmåga inom organisationen. Det kan vara viktigt att fundera över hur dessa processer hänger samman och vad som är input i den ena processen och output i den andra för att skapa ett stringent organisatoriskt lärande (Höst et al., 2012).

2.2.4 Ständig förbättring

En organisations krishanteringsarbete bör ständigt förbättras för att vara bättre förberedd mot möjliga scenarier som kan påverka organisationens arbete. Ständig förbättring innebär att organisationen systematiskt utvärderar och förbättrar krishanteringsförmågan. Ett sådant arbete förbättrar det organisatoriska lärandet och för att upprätthålla det bör förbättringsarbetet utföras som en cyklisk kvalitetsutvecklingsprocess. För att utvecklingsarbetet ska vara meningsfullt och möta förändrade förutsättningar är det viktigt att ifrågasätta organisationens arbetsprocesser och dess mål. Vad är viktigt att skydda? Finns det andra arbetssätt som passar bättre till befintliga eller förändrade mål? (Ibid.)

2.2.5 Sikta på ett brett lärande

Krishantering innefattar processer som ska kunna hantera för kommande kriser. För att dessa ska vara användbara så krävs det att processerna relaterar till något som kan inträffa och inte bara diskuteras allmänt. Det som är problematiskt är att arbetsprocesserna ska vara användbara för kommande kriser som är av okänd natur. Många krishanteringsprocesser kan vara effektiva för många olika kriser oavsett vilken typ av kris eller hur den påverkar organisationen. Organisationer bör därför prioritera ett brett lärande med processer som kan användas vid många olika kriser (Ibid.). Enligt Eriksson (2008) blir krishanteringsprocesserna mer användbara om generella attribut appliceras på kriserna exempelvis som variationer i krissituationens förutsägbarhet, frekvens, situationens långvarighet, hur långt innan förvarningar kan komma och omfattning av situationen.

Exempel på användbara processer är att kunna analysera krissituationer och förmåga att organisera insatser under kriser (Höst et al., 2010).

För att utöka värdet av krishanteringsaktiviteter bör mer tid ägnas åt lärande när aktiviteterna planeras, genomförs och utvärderas. De som deltar i aktiviteterna bör ges utrymme att fundera över hur det dem lär sig kan användas för kommande okända situationer. Exempelvis brukar krishanteringsövningar vara avgränsade till en specifik situation som deltagarna ska lära sig att hantera. Genom att ge utrymme för reflektion, diskussion och ge möjlighet att sätta in lärdomarna i alternativa scenarier med annorlunda förutsättningar kan individerna och organisationen dra fler lärdomar än vad självaste övningsscenariet innefattade (Ibid.).

2.2.6 Aktiviteter och organisatoriskt lärande

För att organisatoriskt lärande ska gynnas krävs det att sådant som har kommit fram under krishanteringsaktiviteter också leder till förändring. Det är dock inte ovanligt att det inte sker någon organisatorisk förändring efter dessa aktiviteter. För att kunskap och lärdomar inte ska gå förlorade är det viktigt att dem sprids inom organisationen. Detta kan uppnås bland annat genom att kunskap och lärdomar kan användas som underlag till kommande aktiviteter eller att individerna som är delaktiga också är med och uppdaterar handlingsplaner, manualer och utformar nya arbetsrutiner (Ibid.).

Utvärdering av kriser är viktig del i organisationens lärandeprocess. Vid utvärdering av prestationer har många organisationer svårt att utvärdera sina egna insatser på ett objektivt vis. Det kan vara känsligt att kritisera den egna organisationen eller kollegor varför det kan vara viktigt att låta opartiska externa aktörer vara med i utvärderingsarbetet (Nohrstedt & Hansén, 2010).

Som har nämnts tidigare är RSA ett alternativ för att utvärdera organisationens förmågebedömning, men det fungerar även som underlag till förbättring av krishanteringsförmågan. För att arbetet med RSA ska vara meningsfullt behöver resultaten spridas inom organisationen och tillämpas för att gynna organisatoriskt lärande och överföring av lärdomarna (Borell & Eriksson, 2009).

2.2.7 Akut krishantering och lärande

Pågående kriser är också en inlärningsituation, även om det inte är under optimala inlärningsförhållanden. Det finns dock behov att fokusera på lärandeaspekter under den pågående situationen men även för att förbättra framtida krishanteringsutveckling. Under pågående kris sker ett lärande där individens handlande förändras utefter den information som samlas in och förutsättningar som förändras. För att den dynamiken ska ingå i krishanteringen kan det krävas att rutiner skapas där lägesinformation cykliskt utvärderas. För att underlätta för framtida utvärderingar och analyser för att främja lärande efter krissituationen är det värdefullt om beslutsunderlag och skeenden dokumenteras (Höst et al., 2010). Organisationer under stress har dock en tendens att inte dokumentera sitt arbete (Nohrstedt & Hansén, 2010).

2.2.8 Faktiska förändringar

Vid krishanteringsarbete är det viktigt att de förändringar som genomförs beskriver hur organisationen faktiskt fungerar och inte hur den borde fungera. För att krishanteringsförmågan inom organisationen ska bevaras och utvecklas räcker det inte med att det finns en förmodad förmåga, exempelvis att de krishanteringsplaner som finns inte har testats. Om den dokumentation

som finns, bland annat genom krishanteringsplaner och organisationsbeskrivningar, motsvarar hur organisationen faktiskt agerar blir det enklare att slussa in nya medarbetare samt koordinera krisarbetet (Ibid.).

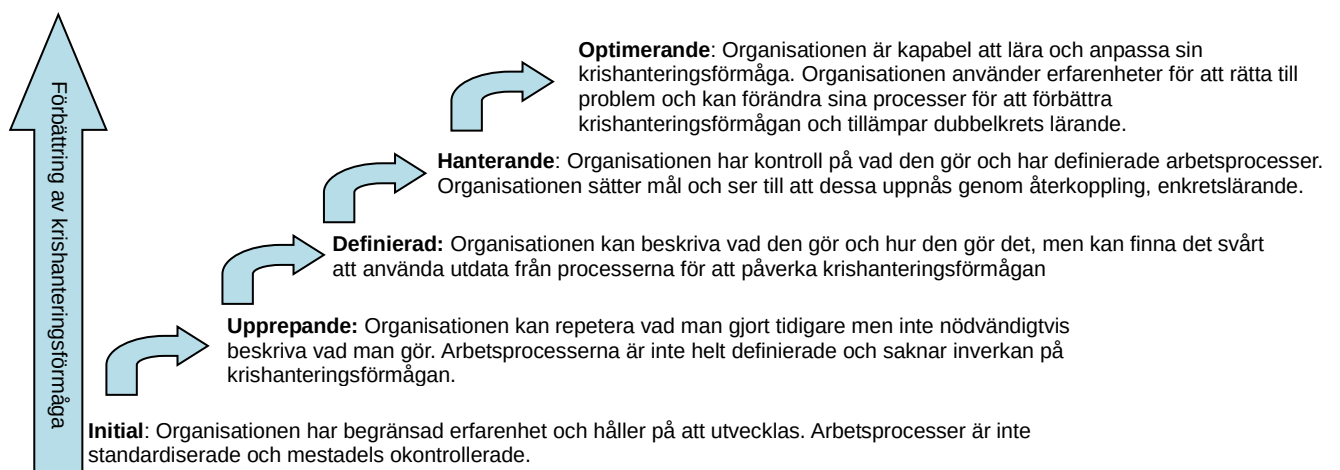
Det har observerats att kriser sällan leder till stora förändringar inom organisationer för att hantera hot och risker. För att större strukturella förändringar ska ske inom en organisation efter att en kris har inträffat har det observerats att mediala och/eller politiska påtryckningar måste vara märkbara för organisationen i fråga under en längre tid (Nohrstedt & Hansén, 2010).

2.2.9 Reaktivt och proaktivt lärande

För att förbättra organisationers krishanteringsförmåga finns det två olika typer av lärande som förekommer, reaktivt och proaktivt lärande. Reaktivt lärande innebär att man drar lärdomar av situationer som faktiskt har inträffat. Inom krishantering innebär proaktivt att organisationen försöker förbereda sig eller minimerar risker inför kommande kriser som ännu ej har inträffat. Vilka scenarier som kan vara tänkbara kan inspireras av exempelvis omvärldsanalyser. Nödvändigtvis behöver inte de olika lärandetyperna skiljas åt då dem snarare kan glida in i varandra. Att analysera och vidta åtgärder efter en kris kan vidga fokus från den inträffade krisen till vad som kan tänkas inträffa i framtiden (Höst et al., 2010).

2.2.10 Sammanfattande bedömning av en organisations krishanteringsförmåga

I FRIVA-arbetet har det utvecklats en modell för utvärdering av en organisations krishanteringsförmåga. Modellen sammanfattar viktiga delar i det teoretiska ramverket som har redovisats i detta avsnitt. Olika mognadsnivåer används i modellen för att organisationer kontinuerligt ska förbättra sin krishanteringsförmåga. Modellen innehåller fem mognadsnivåer med en stigande mognadsskala. Mognadsnivåerna beskriver organisationens förmåga att lära och anpassa sig efter nya kunskaper och erfarenheter. För att nå en högre mognadsnivå krävs det att organisationen avlägsnar svagheter och förbättrar styrkorna i krishanteringsarbetet (Ibid.).



Figur 4. Modell för bedömning av en organisations krishanteringsförmåga med olika mognadsnivåer (Höst et al., 2010).

3 Metod

I följande kapitel redovisas de metodologiska val som har varit aktuella för att genomföra studien. Inledningsvis beskrivs hur ämnesvalet utformades och val av forskningsdesign. För att besvara examensarbetets syfte har litteraturstudier och en intervjuserie genomförts som beskrivs närmare i detta kapitel.

3.1 Ämnesval och forskningsdesign

Det ämne som har undersökts i detta examensarbete har utformats genom diskussioner mellan författaren och uppdragsgivaren Fortum med Olle Hansson, project manager, som handledare och kontaktperson. Författaren tog kontakt med Fortum med ett eget förslag till ämne för examensarbete gällande vindkraft och grid codes som påverkar tillgängligheten i elnäten. Grid codes är en EU-lagstiftning som kommer att träda i kraft inom de närmaste åren som påverkar elbolagens verksamhet för att EU vill uppnå sina mål om att införa mer förnybara energikällor. Hansson uppfattade att författaren hade en vilja att undersöka tillgänglighet i elnätet och uttryckte därefter ett behov om att undersöka risker och kriser som kopplas samman med elnätet. Författaren fick ta del av två artiklar som berörde vikten av säkerhetskultur, systemtänkande och att ta tillvara på erfarenheter från olyckor och kriser för att skydda verksamheter mot framtida olyckor och kriser. Detta i motsats till att enbart kunna presentera statistik som har begränsat värde för säkerhetstänkandet. Författaren ombads även att läsa ett tidigare på Fortum utfört examensarbete som behandlade RSA kopplat till smarta elnät.

När författaren hade läst artiklarna och examensarbetet i fråga arrangerades ett möte för att diskutera möjliga ämnesval för examensarbetet. Det framgick att Fortum hade upplevt störningar och avbrott i mobilkommunikationer och i blåljusradiosystemet Rakel¹ under stormen Dagmar vilket försvårade kommunikationsmöjligheterna och således återställningsinsatserna. Med artiklarna som behandlade erfarenhetsåterföring och systemtänkande kopplat till kriser som underlag beslutades att examensarbetet skulle behandla de svenska mobiloperatörernas krishantering under längre elavbrott. Studien avgränsades med stormen Dagmar som studerat fall och hur samverkan mellan elnätsägare och mobiloperatörer skulle kunna öka tillgänglighet i både el- och mobilnät.

Fortum arbetar med utvecklingen av nästa generations elnät, även kallat smarta elnät, där det fanns ett önskat behov om att undersöka lämpligheten att använda publik mobilkommunikation i form av 4G-kommunikation (LTE) som informations- och kommunikationslösning. Att undersöka 4G-kommunikations lämplighet inom smarta elnät kopplades samman med det ökade beroende till mobilkommunikation som införandet av 4G-kommunikation skulle innebära för Fortum.

Författaren valde att undersöka mobiloperatörernas krishantering under stormen Dagmar vilket är en typ av fallstudie. En fallstudie ska beskriva aktörernas specifika förutsättningar och den komplexitet som rådde under det undersökta fallet (Stake, 1995). Fallstudier förknippas ofta med kvalitativa studier i form av litteraturstudier och intervjuer vilket redogörs närmare i kommande avsnitt (Bryman & Bell, 2007).

¹ Rakel är ett nationellt radiokommunikationsnät som används av organisationer som arbetar med ordning, säkerhet eller hälsa.

3.2 Litteraturstudier

Det finns flertalet fördelar att använda information som redan är insamlad. Bryman och Bell (2007) menar att det är enkelt att samla ihop denna typ av information, att den redan insamlade informationen oftast håller högkvalitet och att det är tidsbesparande att behandla information som tidigare har samlats in och sammanställts. Nackdelarna förknippas med att informationen kan ha samlats in och sammanställts med ett annat syfte vilket kan påverka att felaktiga slutsatser dras eller att källan saknar trovärdighet.

Den huvudsakliga litteraturen som har använts i denna studie kommer från myndigheter, vetenskaplig litteratur eller publikationer vilka ansågs hålla ett objektivt förhållningssätt till det som har studerats. Detta är fördelaktigt för att förhindra att den litteratur som har behandlats har vinklats till någon aktörs fördel eller att litteraturens författare saknar trovärdighet. Webbplatser har huvudsakligen använts för att beskriva olika aktörers verksamhet vilket kan innebära att informationen som har samlats in är subjektiv. Att använda information från webbplatser för att beskriva aktörers verksamheter ansågs enligt författaren inte påverka trovärdigheten av den huvudsakliga informationen som har sammanställts genom litteraturstudien.

3.3 Intervjuserie

Författaren valde att genomföra intervjuer vilket öppnade upp för möjligheter att få tillgång till ingående information hur olika aktörer hanterade och upplevde den givna situationen samt att samla in information gällande krav och lämplighet att använda publik 4G-kommunikation inom smarta elnät för att besvara frågeställningarna. För att säkerställa att respondenterna gav svar som var användbara för att uppfylla studiens syfte utformade författaren intervjufrågor utifrån det teoretiska ramverket samt från relevant litteratur som behandlade mobilkommunikation och dess användning vid längre elavbrott. Respondenterna fick i förväg information om studiens syfte samt några övergripande frågeställningar som var intressanta att få besvarade. Detta för att respondenterna skulle få möjlighet att förbereda sig att besvara frågor inom studiens ramar.

Den intervjumetodik som användes var av semi-strukturerad karaktär vilket innebär att författaren innan intervjutillfällena hade författat frågor som respondenterna besvarade. Om det krävdes ytterligare information eller förtydligande gällande en fråga hade författaren möjlighet att ställa följdfrågor till respondenten under intervjutillfället (Bryman & Bell, 2007).

3.3.1 Urval av respondenter

Urvalet av respondenter är kritiskt för att nå en djupare förståelse och öka informationsvärdet för behandlat problem. Studien riskerar att bli oanvändbar eller ofullständig om fel respondenter väljs ut (Holme & Solvang, 1997).

Inledningsvis tillämpades rekommendationsurval vilket innebär att man låter betydande aktörer rekommendera andra viktiga aktörer (Arbnor & Bjerke, 1994). Författarens handledare Olle Hansson (Fortum) gav ett antal rekommendationer. Inledningsvis genomförde författaren intervjuer internt på Fortum. Den första intervjun genomfördes med Johan Tezelson, nätanalytiker, gällande grundläggande förståelse för Fortums arbete med RSA. Intervjun gav en förståelse för fortsatt informationsinsamlande att personal som ansvarar för kommunikation hos Fortums driftledningscentral var av vikt för att uppfylla syftet med studien. Genom att kartlägga Fortums driftledningscentralers övervakning- och styrsystem och dess krav var av betydelse för att avgöra lämpligheten att använda 4G-kommunikation inom smarta elnät. Intervju genomfördes med Lars

Selberg, chef lokalnät Stockholm, gällande hans uppfattning om användandet och införande av 4G-kommunikation inom smarta elnät. Selberg har tidigare erfarenheter inom telekombranschen då han har arbetat på telekomföretag som Emerson och Ericsson under 25 års tid, vilket innebär att han var lämplig att intervjua för hans ingående förståelse för både el- och mobilnät. Rekommendation från Hansson ledde till intervju med Jan Olsson, chef process-IT, som var ansvarig för övervaknings- och styrsystem, telefoni- och datalösningar som driftledningen behöver. Att intervjua Olsson gav en förståelse för Fortums nuvarande lösningar och krav på kommunikationssystem som senare kom att användas för att jämföra mot dagens prestanda på 4G-kommunikation.

Genom ytterligare rekommendation av Hansson genomfördes intervju med Craig Donovan, head of applied service research, på Ericsson som ansvarar för företagets utveckling av 4G-teknologin kopplat till framtidens smarta elnät. Intervjun med Donovan var viktig för att besvara frågeställningen gällande 4G-kommunikation inom smarta elnät.

För att besvara frågeställningen gällande mobiloperatörernas krishantering krävdes förståelseurval vilket innebär att urval sker genom att aktören har en betydande del för att uppfylla syftet (Arbnor & Bjerke, 1994). Författaren identifierade de största mobiloperatörerna i Sverige (Hi3G, Tele2, Telenor och TeliaSonera) för att sedan söka efter personal som hade förståelse om företagets krishantering. Genom att ringa till mobiloperatörernas telefonväxel förklarade författaren samtalets syfte för att sedan kopplas vidare till rätt personer. Författaren fick telefonnummer eller mejladress till driftledningschefer hos respektive mobiloperatör och möten bokades in med samtliga driftledningschefer. Då driftledningscheferna är ansvariga för drift- och övervakning av mobilnätet hos respektive mobiloperatör ansåg författaren att dem var lämpliga att intervjua för att få ingående förståelse om mobiloperatörernas krishantering under stormen Dagmar. Intervjuer genomfördes med driftledningspersonal hos Hi3G, Tele2 och TeliaSonera. Tele2:s chef för den nationella säkerheten, Patrik Lidström, hade nyligen påbörjat sin tjänst varför även Per Assarson, information security manager, Carl Harju, chief physical security officer och Fredrik Holmgren, head of operations, deltog under intervjutillfället för att kunna återge Tele2:s krishantering under stormen Dagmar. Av någon outgrundlig anledning dök inte driftledningschefen på Telenor upp vid avtalat möte och författaren lyckades inte få kontakt med denne efter det avtalade mötet varken via telefon eller mejl.

Då det fanns begränsat med dokumenterad information från el- och telesektorn gällande stormen Dagmar genomfördes en telefonintervju med Mikael Toll, chef för enheten Trygg energiförsörjning, hos Energimyndigheten. Intervjun behandlade varför Energimyndigheten hade valt att inte författa någon rapport för stormen Dagmar då Energimyndigheten hade sammanställt rapporter för de tidigare stormarna Gudrun och Per. Intervjun behandlade även projektet Styrel (mer om detta i avsnitt 4.2.5) och dess koppling till mobilnät.

I tabell 1 sammanfattas vilka respondenter som deltog, vilket företag/myndighet dem arbetade för, vilken arbetstitel dem hade, vilket datum intervjuerna genomfördes, på vilken plats och under hur lång tid intervjun varade.

Tabell 1. Sammanfattning av genomförda intervjuer.

Namn	Företag	Arbetsitel	Datum	Plats	Tid
Johan Tezelson	Fortum	Nätanalytiker	2012-10-10	Fortums kontor, Stockholm	30 min
Lars Selberg	Fortum	Chef lokalnät Stockholm	2012-10-17	Fortums kontor, Stockholm	35 min
Thomas Mårtensson	TeliaSonera	Driftledningschef mobilnät	2012-10-18	TeliaSoneras driftledningscentral, Sundsvall	1 h 10 min
Per Assarson Carl Harju Fredrik Holmgren Patrik Lidström	Tele2	Information security manager Chief physical security officer Head of operation National security manager	2012-10-19	Tele2:s kontor, Stockholm	1 h 15 min
Craig Donovan	Ericsson	Head of applied services research	2012-10-24	Ericssons kontor, Stockholm	1 h 10 min
Mikael Toll	Energi-myndigheten	Chef för enheten Trygg energiförsörjning	2012-10-26	Telefonintervju	15 min
Anders Karlsson	Hi3G	Driftledningschef	2012-10-29	Hi3G:s kontor, Stockholm	2 h 20 min
Jan Olsson	Fortum	Ansvarig process-IT	2012-11-12	Fortums driftledningscentral, Karlstad	1 h

3.3.2 Bearbetning av intervjuer

De intervjuer som genomfördes spelades in med mobiltelefon. Fördelen med att spela in respondenternas svar var att kunna lyssna på svaren upprepade gånger för att kunna återge informationen korrekt och förhindra misstolkningar som kan ske om svaren endast antecknas. Nackdelen som förknippas med att spela in intervjuer är att respondenterna blir mer försiktiga i sina svar då svaren kan återupprepas (Bryman & Bell, 2007).

Samtliga intervjuer transkriberades vilket var värdefullt för att enkelt kunna lyssna på intressanta delar av intervjun igen. Utifrån transkriberingarna författades sammanställningar som var aktuella att använda i den slutgiltiga rapporten. Dessa sammanställningar skickades ut till respektive respondenten för att ge dem möjlighet att granska texten så att författarens text inte innehöll några misstolkningar. Att ge respondenterna möjlighet att granska texten ökade validiteten för den information som samlades in.

4 Empiriskt material

Det empiriska material som författaren har samlat in genom litteraturstudier och intervjuer presenteras i följande kapitel. Kapitlet delas in i sju avsnitt. Inledningsvis beskrivs grundläggande förståelse för mobilnät och dess arkitektur och teknologier samt vad som påverkar de svenska mobiloperatörernas tillgänglighet och krishantering. I det andra avsnittet beskrivs det svenska elnätets arkitektur, Fortums lösningar för övervakning och styrning av elnät med tillhörande kommunikationslösningar samt vad som påverkar elnätets tillgänglighet. Det tredje avsnittet behandlar smarta elnät och hur publik 4G-kommunikation kan användas som kommunikationslösning inom smarta elnät. I det fjärde avsnittet presenteras hur stormen Dagmar påverkade el- och mobilnät huvudsakligen i Sverige, men även i Finland och Norge som påverkades av stormen och där Fortum också bedriver verksamhet. För att förtydliga de svenska mobiloperatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSoneras responssystem under stormen Dagmar presenteras de i det femte avsnittet. Hur dessa mobiloperatörer arbetar med krishantering och lärande generellt redovisas i det sjätte avsnittet. Avslutningsvis beskrivs vad olika myndigheter gör för att främja samverkan mellan elnätsägare och mobiloperatörer.

4.1 Mobilnät och telesektorn

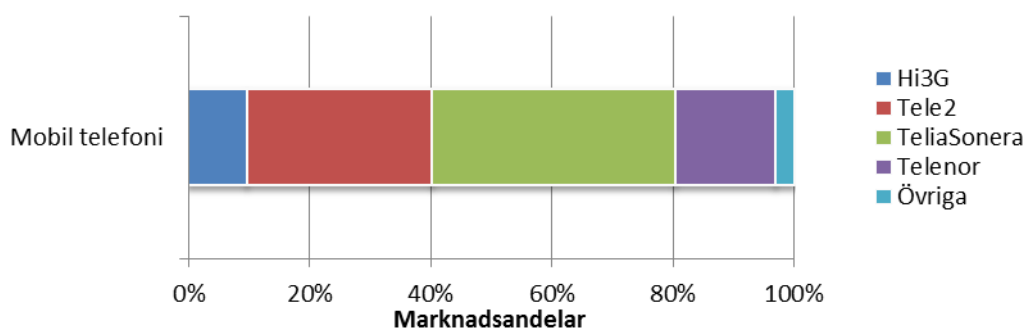
Antalet mobilanvändare har ökat radikalt över hela världen från 2000-2010. En miljard användare överstegs år 2002, andra miljarden överstegs år 2005 och ökningen har fortsatt med över fem miljarder användare år 2010. Röstkommunikation har blivit mobil och i dag täcks cirka 90 % av världens population. Tillväxten har fortskridit tack vare att priserna på mobiltelefoner har sjunkit och att näten är effektiva med avseende på täckning och kapacitet. Standardiserade lösningar har tillämpats internationellt som utformas av bland annat International Telecommunication Union (ITU) och Third Generation Partnership Project (3GPP) (Holma & Toskala, 2010; Sauter, 2010). Vanligtvis tar det mer än fem år från målsättning till kommersiell driftsättning för internationella standarder. Det är därför viktigt att starta tidigt i arbetet av standardiseringsprocessen (Holma & Toskala, 2010).

Andra generationens (2G) mobilnät, GSM, var ursprungligen utformade för att tillhandahålla röstkommunikation. De element inom mobilnätet som hanterar röstsamtal brukar kallas kretskopplade nät. Senare tillägg har medfört att även datapaket kan överföras genom Internet Protocol (IP)-lösningar. Inom 2G är det röstkommunikation som dominerar framför dataöverföring, trots dataöverföringens kraftiga ökning. Introduktionen av tredje generationens (3G) nät ökade dataanvändandet avsevärt. Under 2007 lanserades 3G-lösningarna och under kommande år så översteg datavolymen röstkommunikationen. Under 2009 var datavolymen tio gånger större än röstkommunikationen. Den explosionsartade ökningen av dataöverföring drivs framåt av nya teknologiska lösningar med bättre kapacitet och abonnemang med fast prissättning (flat-rate). Tjänster som innefattar video, data och tal (även kallat triple play) träder in på mobilmarknaden som gör att traditionella trådbundna tjänster överförs i allt högre omfattning till den mobila marknaden. En typisk användare använder cirka 300 minuter per månad till röstsamtal som approximativt motsvarar 30 megabytes data med en röst till data överföringskapacitet om 12.2 kb/s. En bredbandsanvändare kan lätt använda 1000 megabytes av data under en månad. Användandet av bredbandsöverföring av data kan uppta från tio till 100 gånger så mycket kapacitet som röstkommunikation, som i sin tur ställer höga krav på nätets kapacitet och effektivitet gällande dataöverföring (Holma & Toskala, 2010). De trådlösa nätverken måste öka sin datakapacitet för att möta användarnas förväntningar på trådlösa teknologier. Användarna är vana med trådbundna lösningar och förväntar sig att de trådlösa lösningarna ska motsvara de trådbundna. Enligt Moore's

lag förutses att datavolymerna fördubblas var 18 månad. De trådlösa teknologierna förväntas möta denna efterfrågan och har en fördel jämfört med de trådbundna lösningarna då trådlösa teknologier kan erbjuda bredbandslösningar som är oberoende av en fysisk förbindelse (Holma & Toskala, 2010).

Mobilkommunikation har blivit allt viktigare i samhället för att kunna överföra information mellan individer, organisationer och tekniska system. Beroendet av mobilkommunikation är kritiskt för samhällsviktiga användare inom bland annat finansiella tjänster, hälso- och sjukvård, skydd och säkerhet, transporter och energiförsörjning. Under kriser och längre elavbrott är beroendet till kommunikationsmöjligheter stort för att kunna prioritera felavhjälpningsinsatser på bästa vis. (Hedlund, 2012).

På den svenska mobilmarknaden är det ett fåtal aktörer som har störst marknadsandelarna. Dessa operatörer är Hi3G, Tele2, TeliaSonera och Telenor med marknadsandelar om 9.7 procent, 30.6 procent, 40.1 procent respektive 16.5 procent. Se figur 5 för en grafisk representation av marknadsandelarna. Tele2, TeliaSonera och Telenor tillhandahåller främst tjänsterna mobil telefoni, fast telefoni, bredband och mobilt bredband medan Hi3G har riktat in sig på mobila tjänster i form av mobil telefoni och mobilt bredband. Då infrastrukturen gällande mobila tjänster förknippas med höga kostnader har flertalet mobilnät byggts ut i samarbeten mellan olika operatörer men där konkurrens fortfarande råder gällande slutkunderna (PTS, 2012b). Tele2 och TeliaSonera har byggt ut ett gemensamt UMTS-nät genom bolaget Svenska UMTS-nät (Svenska UMTS-nät, 2012), Hi3G och Telenor har ett gemensamt UMTS-nät som täcker stora delar av Sverige genom bolaget 3GIS (Karlsson, 2012) och Tele2 och Telenor bygger ut LTE-nät genom bolaget Net4Mobility (Net4mobility, 2012).



Figur 5. Marknadsandelar på de svenska marknaderna mobilt bredband och mobil telefoni.

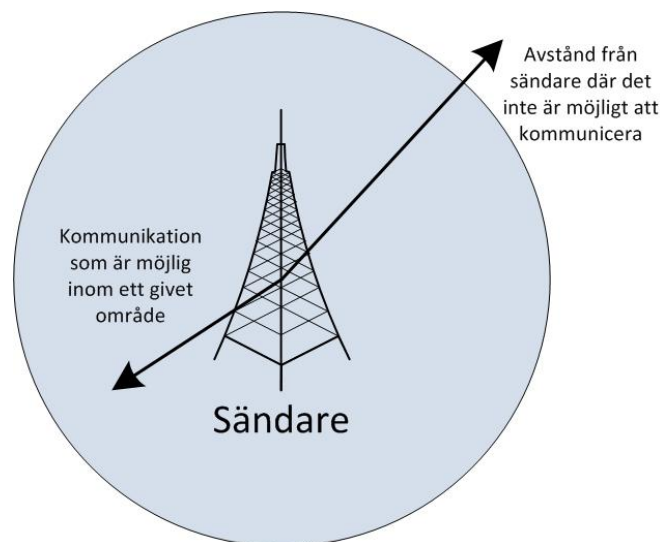
I detta kapitel redovisas grundläggande för mobilnätets funktion samt skillnaderna mellan teknologierna GSM (2G), UMTS (3G) samt LTE (4G) som har implementerats av de svenska mobiloperatörerna Hi3G (3G och 4G), Tele2 (2G, 3G och 4G) och TeliaSonera (2G, 3G och 4G). Vidare presenteras möjligheten att nå ökad tillgänglighet i mobilnätet under kris med införande av prioriteringsfunktioner, vilken samverkan som råder inom telesektorn i Sverige, hur tillgängligheten till mobiltjänster kan påverkas genom Service level agreement (SLA), reservelförsörjningens betydelse för tillgänglighet i mobilnät, Post- och telestyrelsens (PTS) ställning till prioritering av trafik i mobilnät samt vilka lagar och allmänna råd som mobiloperatörerna ska agera efter.

4.1.1 Celler och täckning

Det finns många olika mobila radio- och telekommunikationer som används runt om i världen som bygger på effektivt användande av tillgängliga radiofrekvenser. Det finns skillnader i hur dessa

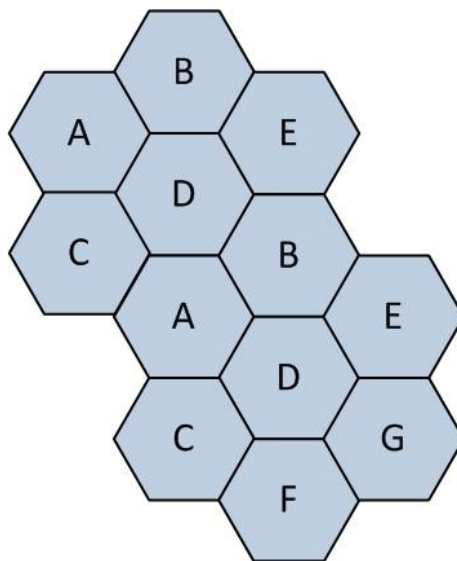
lösningar fungerar men även hur implementering av liknande teknologier sker (Poole, 2006).

Det mest centrala inom mobila telekommunikationer är att en sändares signal endast kan täcka ett begränsat område. Mottagaren måste finnas inom detta område för att kunna kommunicera med sändaren. Signalstyrkan försvagas gradvis ju längre bort från sändaren mottagaren befinner sig, se figur 6. Det område som en sändare täcker upp brukar kallas för cell och representeras av hexagoner i figurer. Mottagaren i form av en mobil enhet (även kallad User equipment, UE) i sig är även olika känslig för signalstyrka vilket medför att det är omöjligt att tydligt avgränsa det område som sändaren har täckning för. I vissa områden överlappar cellerna varandra medan det i andra områden finns täckningsbrister (Ibid.).



Figur 6. Täckningsområde för en sändare (Poole, 2006)

För att undvika täckningsbrister använder angränsande celler andra frekvensband för att kunna överlappa täckningsområdet utan att skapa störningar, se figur 7. Cellernas storlek påverkar den överliggande kapaciteten i nätet där mindre celler erbjuder högre kapacitet. Men för att öka kapaciteten krävs att fler sändare och mottagare installeras vilket medför större kostnader (Ibid.).



Figur 7. Celler med olika frekvensband som återanvänds (Poole, 2006).

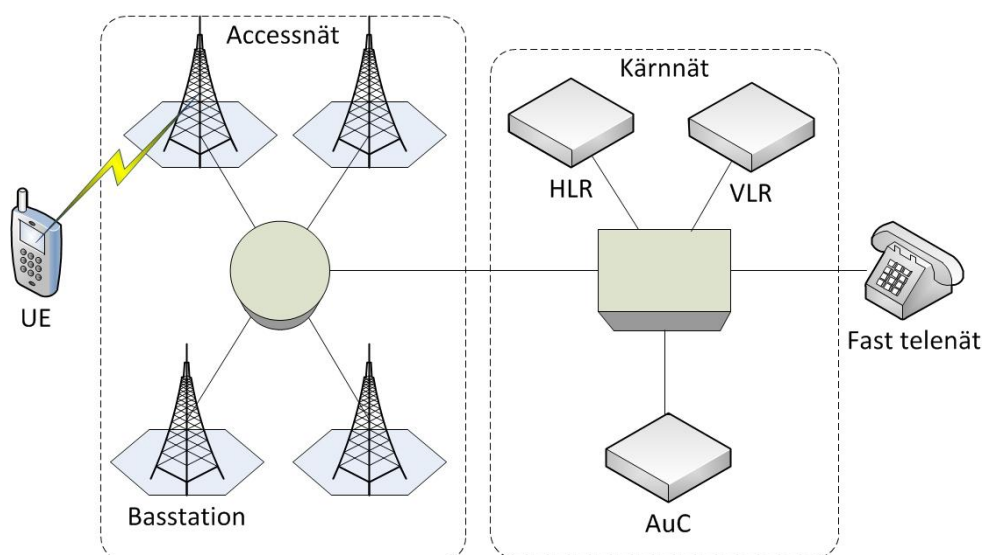
4.1.2 Upprätta ett samtal

När en mobil enhet slås på är det viktigt att den kan kommunicera med sändaren och att samtal kan upprättas åt båda håll. Användaren vill kunna ringa samt svara på inkommande samtal. För att kunna svara på ett inkommande samtal måste nätverket veta vart den mobila enheten befinner sig för att kunna leda samtalet till rätt cell och upprätta kontakt med den mobila enheten (Ibid.).

När en mobiltelefon slås på tar det några sekunder innan den kan användas. Under uppstartningsprocessen ska mobiltelefonen få kontakt med den närmaste sändaren, även kallad basstation i mobilnät, och registrera att den har tillåtelse att använda det aktuella nätet. Varje nät måste ha ett eget register eller databas för att ge tillgång till nätet åt rätt användare som även används i fakturerings syfte. För att uppnå detta används Authentication centre (AuC) som kontrollerar och autentiserar användarinformationen, och krypterar parametrar som verifierar användarens identitet för att skydda nätoperatörer och användare från bedrägeri (Ibid.).

Efter att användaren är accepterad att använda mobilnätet krävs ytterligare två register: Home location register (HLR) och Visitors' location register (VLR). Dessa register innehåller information om vart mobiltelefonen befinner sig för att kunna dirigera samtal till rätt basstation. Det ena registret är till för användare som har nätet som "hemnät" medan det andra är till för tillfälliga besökare. Varför två register behövs är för att varje gång en mobiltelefon sänder någon form av meddelande till ett främmande nätverk måste meddelandet skickas tillbaka till hemnätet, som kan kräva internationella signaler. Den lösning som används är att när användaren kommer in i det nya landet skickas en signal till HLR, som i sin tur skickar information till det aktuella landets VLR för att möjliggöra att samtal kan kopplas till mobilenheten i det nya nätet (Ibid.).

Konceptet för ett mobilt kommunikationsnät är att många basstationer som var för sig täcker en mindre cell och på så vis kan frekvenser återanvändas. Ett grundläggande krav är således när mobilenheten rör sig utanför en cell så överförs samtalet till nästa basstation utan att samtalet bryts. Överföringen kan ske på fler olika vis beroende på vilken teknologi som används. I figur 8 nedan presenteras en typisk nätarkitektur för ett mobilnät där accessnätet finns lokalt medan kärnnätet finns centralt och används för flertalet accessnät (Ibid.).



Figur 8. Exempel på nätarkitektur för ett mobilnät (Poole, 2006).

4.1.3 GSM

Det system som vi i dag kallar GSM startade som Groupe speciale mobile men allt eftersom tekniken spreds till global omfattning behölls initialerna men bytte namn till Global system for mobile communications. Målet med GSM var att utveckla digitala mobilsystem som kunde stödja internationell roaming mellan länder och förbättra kapaciteten jämfört med de tidigare analoga systemen. GSM använder frekvensområdena 800, 900, 1800 och 1900 MHz. År 2004 hade GSM-systemet mer än 1 miljard användare och framgången bygger på att teknologin är standardiserad. Tidigare hade många olika system använts och leverantörerna fick skräddarsy lösningar för respektive land. Genom uppgradering av GSM-nätet kan datapaket överföras med en överföringskapacitet mellan 30 - 100 kbit/s. Mer om detta i kommande avsnitt (Ibid.). I Sverige täcker GSM-nätet i stort sett alla bofasta abonnenter (över 99.99 procent) (PTS, 2012d).

4.1.3.1 Utrustning och identifiering av användare

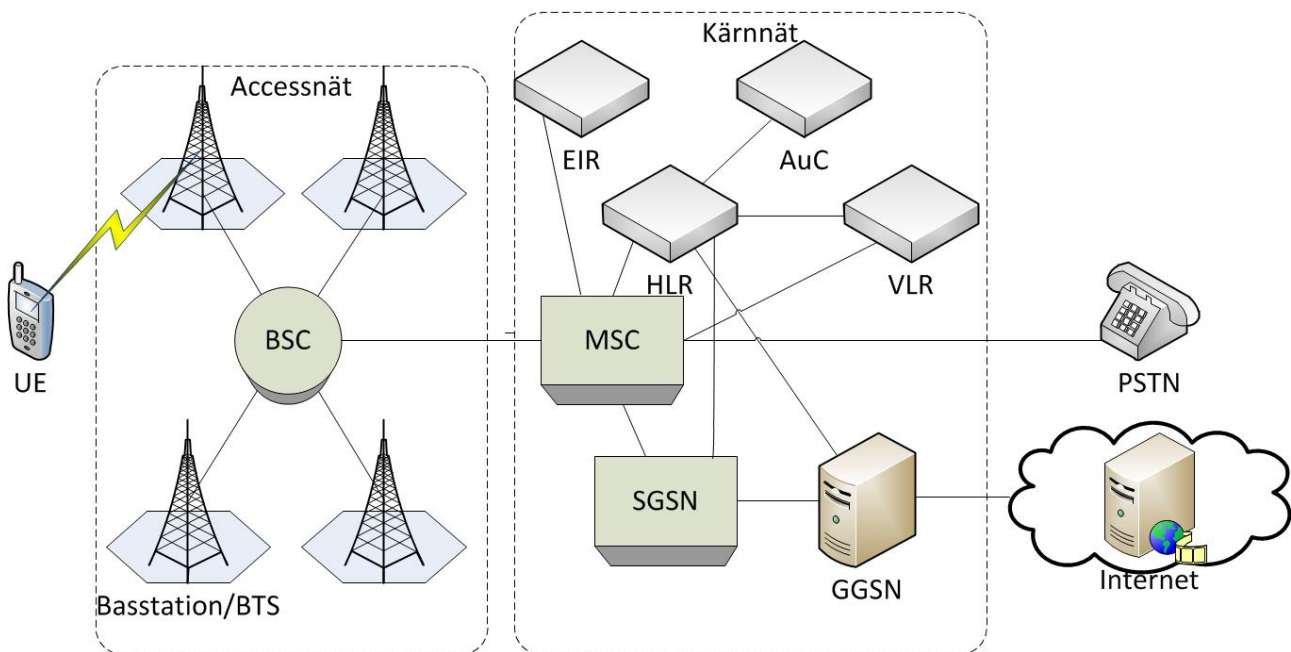
Det finns flertalet sätt att identifiera en användare i GSM-nätet. Mycket av den information som krävs för att identifiera en användare finns lagrat på ett kort i den mobila enheten, även kallad Subscriber identity module (SIM) -kort. På SIM-kortet lagras bland annat ett femtonsiffrigt nummer som innehåller en landskod så att enheten kan användas globalt men även för att möjliggöra för operatören att koppla mobilenheten till en abonnent. Detta nummer kallas International mobile subscriber identity (IMSI) (Korhonen, 2003; Poole, 2006).

Varje mobil enhet har i sin tur en femtonsiffrigt nummer som används för att identifiera mobilenheten, även kallat International mobile equipment identity (IMEI). Numret fastställs vid produktion av den mobila enheten och kan jämföras mot Equipment identity register (EIR) som är en databas som lagrar IMEI för stulna mobiler (Korhonen, 2003; Poole, 2006).

4.1.3.2 Nätarkitektur

Det element i GSM-nätet som kommunicerar med mobilenheten är Base transceiver station (BTS), på svenska kallad basstation. Basstationen innehåller antenner och inkluderar bland annat radiofrekvensförstärkare, radiosändare och – mottagare och elförsörjning med backup. En eller fler basstationer kan kopplas till en Base station controller (BSC) som dirigerar samtal till den basstation som har bäst täckning för att hantera samtalet. Basstationer tillsammans med BSC brukar kallas för accessnät. Kopplingen mellan basstationen och BSC kan ske antingen via markkabel eller mikrovågslänkar. BSC interagerar sedan med Mobile switching centre (MSC). MSC hanterar information från AuC, HLR, och VLR och vidarekoppling till det fasta telefonnätet (Public switched telephone network, PSTN) Dessa element brukar innefattas i vad som kallas för kärnnätet (Poole, 2006).

För att GSM-nätet ska kunna hantera datapaket med General packet radio services (GPRS) teknologin krävs att kärnnätet uppgraderas. Data från BSC skickas till Serving GPRS support node (SGSN) som upprätthåller en gateway inom nätverket, autentiserar användaren, spårar användarens position och ser till så att dataöverföringen har tillräcklig kvalitet. SGSN kommunicerar slutligen med Gateway GPRS support node (GGSN) som upprätthåller en gateway mot Internet. Se figur 9 för en schematisk bild av GSM-nätet (Ibid.).



Figur 9. Nätarkitektur för GSM (Poole, 2006)

4.1.4 UMTS

Universal mobile telecommunications system (UMTS), använder frekvensområdet runt 5-MHz och kan tillhandahålla datapaketöverföring av text, bilder, röst, video och multimedia med en överföringskapacitet på upp till 2 Mbit/s. UMTS är en form av tredje generationens (3G) mobilteknologi som mobiloperatörerna i Sverige använder sig av i störst utsträckning (Ibid.). I Sverige så täcker 3G-nätet 99.98 procent av befolkningen (PTS, 2012d)

4.1.4.1 Utrustning och identifiering av användare

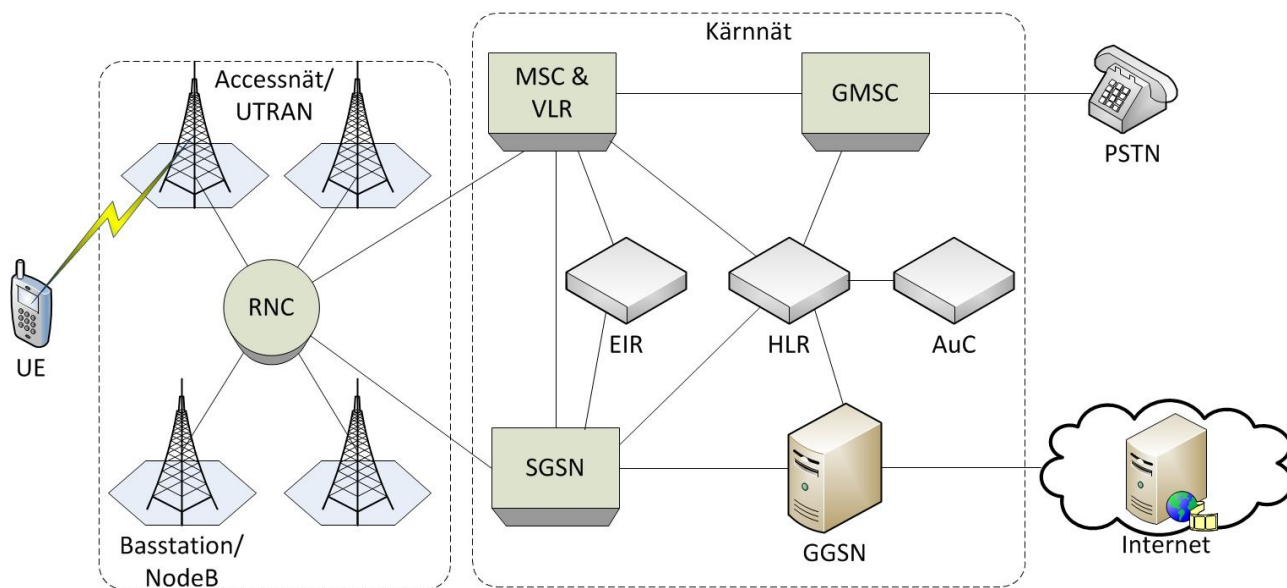
Precis som den GSM-baserade lösningen har den mobila enheten ett SIM-kort, skillnaden är dock att UMTS använder ett USIM (Universal subscriber identity module). USIM-kort är mer avancerade än SIM-kort men innehåller samma typ av information, bland annat IMSI. USIM är även programmerade med olika prioritetsklasser. Prioritetsklasserna används för att ge olika användare olika prioritet till nätet. Nivåerna 0-9 används för vanliga kunder, medan 10-14 kan användas för polis och annan säkerhetspersonal för att få tillgång nätet även då systemet närmar sig sin högsta kapacitet. Prioritetsfunktioner behandlas närmare i avsnitt 4.1.6 (Ibid.).

4.1.4.2 Nätarkitektur

Accessnätet innehåller element som grovdraget är ekvivalenta med GSM-nätets BTS och BSC. I UMTS terminologi så kallas basstationen för nodeB som kommunicerar med mobila enheter och Radio network controller (RNC) som motsvarar GSM-nätets BSC. Accessnätet kallas för UTRAN inom UMTS (se figur 8).

Kärnnätet som används för UMTS är baserat på element från GSM med GPRS-lösning. Kärnnätet är uppdelat i en kretskopplad domän och en datapaketöverföringsdomän (Ibid.). Den kretskopplade domänen innehåller elementen MSC, VLR, och Gateway MSC (GMSC). GMSC finns mellan MSC och PSTN och dess funktion är att koppla inkommande samtal till passande MSC genom att använda information från HLR. Om operatören tillåter övriga nät att få tillträde till HLR så är inte GMSC nödvändig för att koppla vidare till lämplig MSC (Korhonen, 2003). Den paketöverförande

domänen innehåller elementen SGSN och GGSN. Nätlement som EIR, HLR, VLR och AuC delas mellan domänen och fungerar på samma vis som vid GSM. Se figur 10 för en schematisk bild av UMTS-nätet (Poole, 2006).



Figur 10. Nätarkitektur för UMTS (Poole, 2006).

Samma MSC kan användas för att betjäna accessnätet i både GSM och UMTS. MSC i GSM behöver uppgraderas för att stödja UMTS-krav (Korhonen, 2003).

4.1.5 LTE

Utvecklingen av Long term evolution (LTE), en av fjärde generationens (4G) mobilteknologi, påbörjades redan år 2004 av branschorganisationen 3GPP. Faktorer som driver på utvecklingen av LTE är bland annat att den trådbundna teknologin ständigt förbättras och att trådlösa tekniker förväntas möta samma utveckling och behov som trådbundna teknologier. Målsättningen med LTE är att den under optimala förhållanden ska kunna leverera 100 Mbit/s i nedladdning och 50 Mbit/s i uppladdning (Holma & Toskala, 2010). I Sveriges LTE-nät är dagens genomsnittshastighet 30 – 50 Mbit/s (4G-patrullen, 2012). LTE ställer höga krav på mobilitet och säkerhet. LTE-systemet ska ha en frekvensflexibilitet från 1.5 MHz upp till 20 MHz (Holma & Toskala, 2010). I december 2011 hade LTE-nätet 48 procents täckning av Sveriges befolkning där utbyggnationen främst har skett i större städer. Täckningsutbyggnaden kan jämföras med 2010 då täckningen var 0.1 procent av Sveriges befolkning (PTS, 2012e).

Den största skillnaden mellan LTE och de två tidigare teknologierna är att det inte finns någon kretskopplad del i systemet utan nätet byggs upp av helt IP-baserade lösningar (Donovan, 2012; Sauter, 2010). Att nätet är helt IP-baserat medför att accessnätet och kärnnätet är enklare konstruerat vilket innebär att nätet är snabbare och används mer effektivt än tidigare teknologier. Än så länge används LTE för datakommunikation, men teknologin håller på att utvecklas att den ska kunna hantera röstöverföring via IP-paket. LTE använder olika metoder för att utnyttja olika frekvenser på ett mer optimerat vis. Teknologin har även inbyggda funktioner för att prioritera datapaket (Donovan, 2012).

4.1.5.1 Nätarkitektur

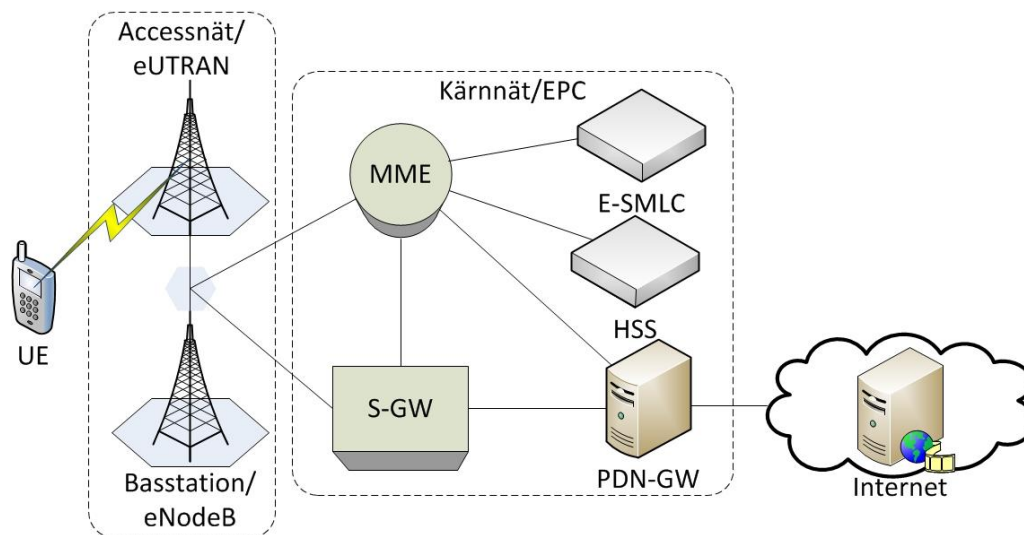
I likhet med GSM och UMTS är nätarkitekturen uppdelad i ett accessnät och ett kärnnät. Elementen i nätet har reducerats och effektiviserats som i sin tur reducerar kostnader och latency (fördröjning) i mobilnätet (Sauter, 2010).

Det mest komplexa elementet i LTE-nätet är basstationen, även kallat eNodeB, som är det enda elementet i accessnätet. Namnet härstammar från UMTS basstation (NodeB) där ”e” refererar till ”evolved”. Detta ”e” används för benämning av accessnätet som för UMTS kallas för UTRAN, och inom LTE kallas det därför för eUTRAN. Basstationens huvudsakliga element är även här antenner och radiosändare- och mottagare som hanterar alla signaler. I LTE-nätet har de funktioner som i hanterades av RNC i UMTS integrerats i basstationen (Sauter, 2010).

Kärnnätet i LTE kallas för Evolved packet core (EPC) som ansvarar för den överliggande kontrollen över mobilenheten. EPC består av de huvudsakliga elementen som presenteras nedan (Sauter, 2010; Sesia et al., 2011):

- Mobility management entity (MME): hanterar signaler mellan den mobila enheten och kärnnätet. MME autentiserar användaren genom att skicka förfrågan till Home subscriber server (HSS) (mer om detta nedan) och krypterar därefter signaler och data. MME hanterar inte den direkta överföringen av datapaket utan kommunicerar med Serving gateway (S-GW) och Packed data network Gateway (PDN-GW) för att upprätta säkra IP-tunnlar mellan Internet och mobilenheten. Överlämning mellan basstationer hanteras av detta element. MME kan sägas motsvara SGSN i GPRS- och UMTS-nät.
- Serving gateway (S-GW): alla datapaket överförs via S-GW som även hanterar datahantering när mobilenheten rör sig mellan olika basstationer. Detta element upprättar IP-tunnlar mellan den mobila enheten och Internet.
- Packed data network gateway (PDN-GW): hanterar allokering av IP-adresser för mobilenheten och upprättar en gateway mot Internet. Detta element kan jämföras med GGSN i GPRS och UMTS.
- Evolved serving mobile location centre (E-SMLC): det element som ansvarar för den övergripande koordineringen av resurser för att hitta positionen för den mobila enheten som är uppkopplad mot accessnätet.
- Home subscriber server (HSS): innehåller användarens användarinformation bland annat om prioritering och restriktioner gällande roaming. HSS tillhandahåller dynamisk information som identitet på den MME som användaren för stunden är uppkopplad mot. HSS kan också integrera AuC som genererar autensiering- och säkerhetsnycklar. Detta element kan jämföras med HLR och VLR i GSM och UMTS.

Se figur 11 för en schematisk bild av LTE-nätet.



Figur 11. Nätarkitektur för LTE (Sauter, 2010).

4.1.6 Prioritetsfunktioner

Moderna kommunikationsnät har vanligtvis en hög tillgänglighetsnivå, men det senaste decenniets stormar som har drabbat Sverige visar att robustheten i näten som ses som tillräckliga i kommersiella syften inte är tillräckliga för att täcka samhällets behov. Regeringen (prop. 2005/06:133) fastslår att informations- och kommunikationssystem är viktiga för att upprätthålla ett fungerande samhälle. Med robusthet menas den sammanfattade förmåga som systemet kan uppfylla sin funktion även vid inträffande av extraordinära händelser med förhöjd efterfrågan eller reducerad kommunikationsmöjligheter (PTS, 2008a).

Den mest tydliga sårbarheten hos mobilkommunikationer är beroendet av konstant elförsörjning, vilket erfarenheter från tidigare stormar har ringat in. Utöver robusthetsproblem som kopplas till fysiska element innehåller de mobila näten element som kan överbelastat vid händelse av exempelvis reducerad kapacitet. Överbelastning kan också inträffa då efterfrågan överstiger den utbyggda kapaciteten i näten. Kapacitetsdimensioneringen är en kompromiss mellan kapacitetskostnader och den förväntade efterfrågan i området. I mobilnätet är risken störst för överbelastning i accessnätet. I kärnnätet är överbelastning inte lika vanligt då de ofta dimensioneras med hög kapacitet och mer redundans. Även om kärnnätet har högre robusthet kan även dessa element överbelastas vid situationer då fysisk infrastruktur skadats (Ibid.).

Prioritetsfunktioner ger ökad framkomlighet för kommunikationsmöjligheter till utvalda användare. Enligt PTS (2008a) är det särskilt viktigt att samhällsviktiga användare kan få ökad framkomlighet under kriser eller då kommunikationsnätet reducerats på grund av exempelvis skador eller överbelastningar. PTS har definierat elnätsägare som en samhällsviktiga användare varför prioritetsfunktioner kan förbättra kommunikationsmöjligheterna under pågående kriser. Prioritetsfunktioner byggs upp av en rad logiska funktioner som ger användaren ökad framkomlighet. Den beskrivning av prioritetsfunktioner som presenteras nedan är framtagen av PTS (2008a) i samråd med de svenska mobiloperatörerna samt representanter från samhällsviktiga användare (Ibid.).

4.1.6.1 Alternativ för prioritetsfunktioner

Enligt PTS (2008a) kan prioritetsfunktioner byggas upp av tre delfunktioner:

- *Accessklasser* som lokalt ger utvalda abonnenter förbättrade möjligheter att inleda samtal.
- *Prioritetsfunktioner* som kompletterar accessklasser som ger företräde till övriga nätelement.
- *Nationell krisroaming* som ger möjlighet för utvalda abonnenter att använda fler operatörers mobilnät.

Dessa delfunktioner kan kombineras på olika vis för att ge samhällsviktiga användare ökad framkomlighet då nätets kapacitet har reducerats eller vid överbelastningar i nätet (Ibid.).

Accessklasser kan användas så att prioriterade användare kan ges tillträde till basstationer framför oprioriterade användare. Denna funktion kan alltid vara aktiverad eller aktiveras vid behov vid basstationen. Denna prioritering ger ingen förbättrad framkomlighet i kärnnätet. Information om accessklasserna lagras i mobilenhetens SIM-kort (Ibid.).

Prioritetsfunktioner kan ha två olika prioritetsnivåer: bryt- respektive köprioritet. Med brytprioritet kan användaren utnyttja den tillgängliga kapacitet som finns vid hög belastning eller reducerad kapacitet. Brytprioritet kan implementeras på två olika vis. I det ena fallet så frigörs resurser genom att koppla ned pågående samtal efter något krav, exempelvis det samtal som pågått längst bryts först. Det andra fallet innebär brytprioritet att samtalet kopplas fram även om mottagaren är upptagen i ett annat oprioriterat samtal. Köprioritet innebär att samtalet ställs i kö för att invänta tillgängliga resurser. Det köprioriterade samtalet ges företräde till resurser som blir lediga och får således förbättrad framkomlighet jämfört med oprioriterade samtal (Ibid.).

Prioritetsfunktioner kan nå ökad robusthet då abonnenten kan använda sig av fler operatörers nät för prioriterade samtal. Detta brukar kallas för *roaming*. Med roaming-funktionen ges möjlighet för användare att utnyttja andra operatörers nät om det har uppstått skada eller överbelastning i hemnätet, då olika operatörer ofta har täckning för samma område (Ibid.).

4.1.6.2 Internationella standarder för prioritetsfunktioner

För att införa prioritetsfunktioner i svenska mobilnät anses det fördelaktigt att använda internationella standarder istället för att använda specifika lösningar för att uppfylla nationella behov. Fördelar med att använda internationella standarder är att dessa lösningar är mer kostnadseffektiva då utvecklings- och investeringskostnader kan delas mellan fler operatörer. Standardlösningar kan även ses som fördelaktiga långsiktigt då nya teknologier brukar ta hänsyn till tidigare teknologier med möjlighet till bakåtkompatibilitet (Ibid.).

I mobila kommunikationsnät finns redan befintliga prioritetsfunktioner som operatörerna kan välja att använda för utvalda användare. Exempel på detta är att operatörerna efter aktivering kan tilldela användaren en accessklass som ger vissa användare företräde medan icke-prioriterade användare inte kan koppla upp sig mot nätet. Inom UMTS-nät kan accessklasserna 0 till 9 användas för normala användare medan klasserna 10 - 14 är reserverade för prioriterade användare. Se tabell 2 för exempel på fördelning av klasser (3GPP, 2008)

Tabell 2. Accessklasser för UMTS enligt 3GPP (2008).

Accessklass	Tilldelning
0 till 9	Normala användare med slumpmässig tilldelning
10	För användning inom mobilnätet
11	Säkerhetstjänster
12	Personal inom el- och vattenförsörjning samt andra samhällsviktiga funktioner
13	Skydds- och säkerhetsmyndigheter
14	Används av operatörers personal

Vid inträffande av överbelastningar kan operatörerna koppla bort vissa eller alla användare inom accessklasserna 0 till 9. Framkomligheten reserveras då till användarna i accessklasserna 10 - 14. (PTS, 2008a).

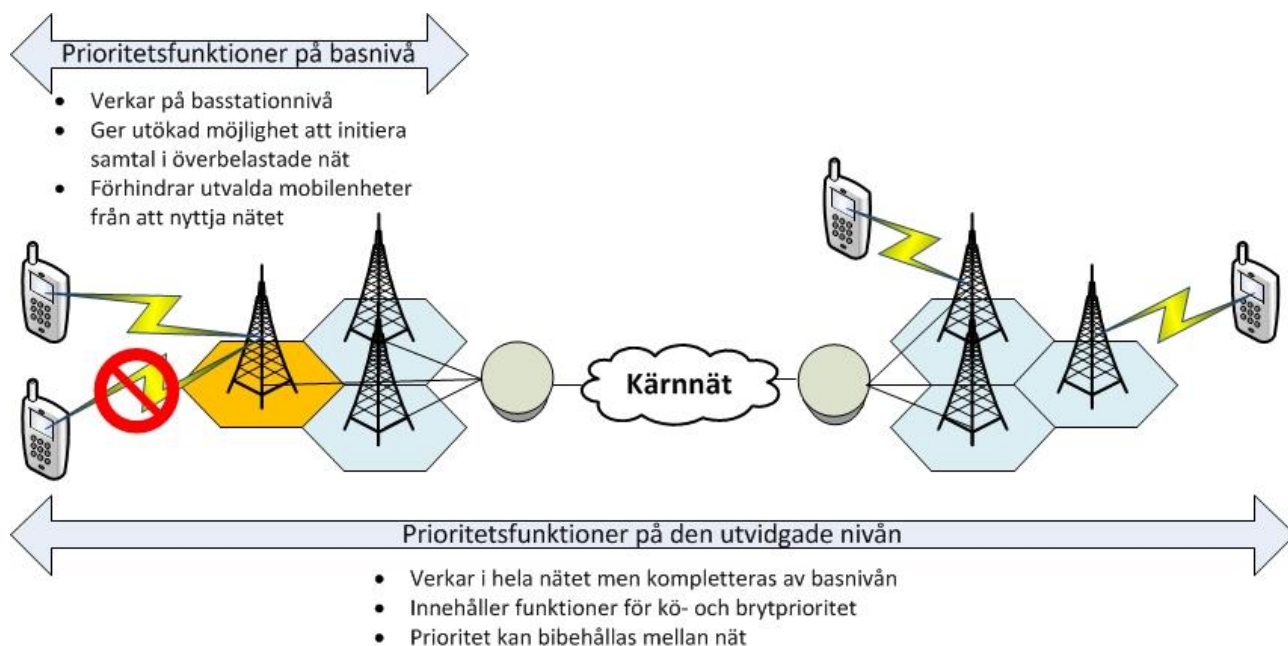
En internationell standardfamilj, eMLPP, har utvecklats som tillsammans med accessklasserna möjliggör heltäckande prioritetsfunktioner i både accessnätet och kärnnätet. eMLPP byggs upp av sex prioritetsnivåer med möjlighet att vissa användare får möjlighet till brytprioritet medan andra kan få tillgång till köprioritet och kan implementeras i samtliga nätelement förutsatt att operatören stödjer funktionerna (Ibid.).

4.1.6.3 PTS förslag för införande av prioritetsfunktioner i Sverige samt kostnader

PTS (2008) har tagit fram två alternativ för införande av prioritetsfunktioner för GSM och UMTS, där den ena är en basnivå som ger lokal prioritet och den andra är en utvidgad nivå som ger prioritet i hela nätet. Alternativen presenteras i tabell 3 och i figur 12 presenteras en schematisk figur för innebörden av prioritetsfunktionsalternativen.

Tabell 3. Prioritetsfunktioner för basnivå och utvidgad nivå (PTS, 2008a).

Prioritetsfunktioner på basnivå	
Teknisk omfattning	Accessklasser Nationell krisroaming för prioriterade användare
Verkan	Nyttjande av flera operatörers nät för att initiera samtal Förbättrad möjlighet att hantera överbelastningar i geografiskt begränsade områden
Prioritetsfunktioner på en utvidgad nivå	
Teknisk omfattning utöver basnivå	Funktioner enligt eMLPP-standard
Verkan utöver basnivå	Prioritet i övriga nätdelar och mellan nät Prioritet även för ett samtal till ett överbelastat område Kö- och brytprioritet



Figur 12. Prioritetsfunktioner på basnivå och utvidgad nivå (PTS, 2008a)

Att införa prioritetsfunktioner på den utvidgade nivån i UMTS-nät är i dagsläget begränsat som beror på de logiska funktionerna i systemet inte stöds av de svenska mobiloperatörerna. Det är tekniskt möjligt att införa utvidgade prioritetsfunktioner men det finns inte några kommersiella faktorer som motiverar införandet (PTS, 2012a). I tabell 4 redovisas vilka prioritetsfunktioner som det finns stöd för hos de svenska mobiloperatörerna i dagsläget.

Tabell 4. Tabell över olika mobilnäts stöd för accessklasser och eMLPP i olika nätdelar (PTS, 2012a)

	GSM		UMTS	
	Accessnät	Kärnnät	Accessnät	Kärnnät
Accessklasser	Ja	-	Ja	-
eMLPP	Till viss del	Till viss del	Nej	Till viss del

4.1.6.4 PTS rekommendationer gällande införande och finansiering

PTS (2012a) har utvärderat tre alternativ för utredning och införande av prioritetsfunktioner i mobilnäten.

Det första alternativet var att avstå från införande av prioritetsfunktioner gällande röstsamtal i dagens GSM- och UMTS-nät för att utreda mer långsiktiga lösningar då dessa nät förväntas ha en begränsad livslängd och då den tekniska utvecklingen kan leda till nya möjligheter att tillgodose samhällsviktiga användares behov. För detta alternativ ansåg PTS (2012a) att det var viktigt att göra bedömningar om nyttan inte väger upp för kostnaderna. Ett motiv till detta alternativ är att Rakel långsiktigt ska tillgodose samhällsviktiga användare med mobilkommunikation. Rakel är ett nationellt kommunikationsnät som används av organisationer som arbetar med ordning, säkerhet eller hälsa (PTS, 2012a). Enligt Forsvarsdepartementets rapport (2010) gällande Rakels nuläge och framtid finns det en oro att bandbredden inte räcker till för datakommunikation då dataanvändandet ökar. PTS (2012a) har gjort en bedömning att samhällsviktiga användares långsiktiga kommunikationsbehov kommer att omfatta både röst- och datakommunikation. Den nuvarande överföringshastigheten för Rakel är 4,7 kbit/s och en uppgradering av tekniken kan ge en teoretisk

överföringshastighet om 150 kbit/s vilket förknippas med höga införande kostnader. Försvarsdepartementet (2010) gjorde en bedömning att kostnaderna för införande av prioritetsfunktioner i publika mobilnät kommer att vara betydligt lägre än att uppgradera Rakel.

De två andra alternativen som togs upp ovan kan prioritetsfunktioner införas genom en basnivå eller en utvidgad nivå. För att styra vilken nivå som borde implementeras använder PTS (2012a) två principer:

- Ett kostnadsstyrt införande där de totala kostnaderna för införande och förvaltning är det mest centrala.
- Ett behovsstyrt införande där prioritetsfunktionerna ska uppfylla samhällsviktiga användares behov.

Enligt det kostnadsstyrda alternativet implementeras prioritetsfunktioner enligt basnivån i accessnätet för tre operatörers GSM-nät och fyra operatörers UMTS-nät. I det behovsstyrda införandet implementeras den utvidgade nivån i tre operatörers GSM-nät och på basnivå i fyra operatörers UMTS-nät som kopplas samman med begränsat stöd i UMTS-näten (Ibid.).

I tabell 5 nedan redovisas uppskattade kostnader för införandet av basnivå för prioritetsfunktioner i fyra operatörers mobilnät. Kostnaderna förknippas med införandekostnader och årliga löpande kostnader. Kostnaderna delas upp mellan operatörerna, en huvudman och en tillsynsmyndighet. Huvudmannen i form av en myndighet ska ansvara för privat-offentlig samverkan för införande, förvaltning och fortsatt utredningsarbete. Tillsynsmyndigheten ansvarar för arbete med regelverk gällande vilka som får använda prioritetsfunktioner och för vilka situationer dessa får användas. PTS (2008) föreslår PTS som huvudman och Myndigheten för säkerhet och beredskap (MSB) som tillsynsmyndighet.

Tabell 5. Uppskattade kostnader för införande av basnivå i tre operatörers GSM-nät och fyra operatörers UMTS-nät (PTS, 2012a).

Aktör	Införandekostnad (miljoner SEK)	Årlig kostnad (miljoner SEK)
3 GSM-operatörer och 4 UMTS-operatörer	20	5
Huvudman	4	3
Tillsynsmyndighet	3	2
Sammanlagt	27	10

I tabell 6 nedan redovisas uppskattade kostnader för införandet av utvidgade nivån i tre operatörers GSM-nät och basnivå för fyra operatörers UMTS-nät. Denna lösning ger förbättrad framkomlighet lokalt i UMTS-nätet och avsevärt förbättrad framkomlighet i GSM-nätet.

Tabell 6. Uppskattade kostnader för införandet av utvidgad nivå för tre operatörer i GSM-nätet och basnivå för fyra operatörer i UMTS-nätet (PTS, 2012a).

Aktör	Införandekostnad (miljoner SEK)	Årlig kostnad (miljoner SEK)
3 GSM-operatörer och 4 UMTS-operatörer	42	8.5
Huvudman	4	3
Tillsynsmyndighet	3	2
Sammanlagt	49	13.5

PTS rekommenderar ett behovsstyrt införande för att tillgodose samhällsviktiga användares behov (PTS, 2012a).

PTS (2008) har i en rapport analyserat fyra finansierings alternativ som täcker kostnaderna som kopplas till utredningsarbete, införande och förvaltning av prioritetsfunktioner:

- Införande genom regulatoriska krav utan ersättning till operatörer
- Införande genom marknadsmekanismer
- Införande genom kostnadsdelning mellan operatörerna och offentlig verksamhet
- Införande genom offentlig finansiering

I analysen för det första alternativet har PTS (2008) gjort en bedömning av LEK:s 5 kap. 6 §, som berör de aktörer som tillhandahåller elektronisk kommunikation ska uppfylla rimliga krav på god funktion och teknisk säkerhet vid extraordinär händelse i fredstid, att prioritetsfunktioner inte kan ses som ett nödvändigt villkor utan att operatörerna får ersättning.

Det andra alternativet, införande genom marknadsmekanismer, möter problem om prioritetsfunktioner skall införas på den utvidgade nivån. Då operatörerna i en remiss tydligt visar att de inte ser något kommersiellt värde i tjänsten, vilket innebär att kunderna inte är villiga att betala för tjänsten, och att införandet skulle kräva samordning mellan operatörernas nät ansåg PTS (2008) det inte som lämpligt att införa prioritetsfunktioner genom marknadens mekanismer.

Det tredje alternativet, införande genom kostnadsdelning, ansågs inte vara lämpligt av samma anledning att operatörerna inte såg något kommersiellt värde i tjänsten (PTS, 2008a).

PTS (2012a) rekommenderar att vidareutveckling, införande och förvaltning av prioritetsfunktioner ska ske genom offentlig finansiering som kopplas till de åtgärder som saknar kommersiellt värde för operatörerna. Den offentliga finansieringen delas upp mellan direkt offentlig finansiering och användarkostnader i form av abonnemangs- och trafikavgifter där samhällsviktiga användare betalar en inträdesavgift om 250 kronor och en årlig avgift om 100 kr. PTS (2012a) rekommenderar det behovsstyrda införandet då detta alternativ tillgodoser samhällsviktiga användares behov på bästa vis samt ger en grund för privat-offentlig samverkan för att långsiktigt kunna tillgodose samhällsviktiga användares behov genom publika kommunikationsnät med stöd för prioritetsfunktioner (Ibid.)

4.1.6.6 Erfarenheter från Finland, Norge och Danmark

Utvecklingen av prioritetsfunktioner har förts framåt internationellt då våra grannländer har aktualiserat frågan. I Danmark har prioritetsfunktioner införts i fasta- och mobila kommunikationsnät, medan Norge endast har beslutat om ett införande. I Finland har utredningar genomförts som har visat på behov av prioritetsfunktioner i mobilnätet som ska ersätta de prioritetsfunktioner som finns i det fasta telenätet i dag (PTS, 2012a).

4.1.6.6.1 Finland

Finland har redan prioritetsfunktioner i det fasta kommunikationsnätet där samhällsviktiga användare ska få ökad framkomlighet under kriser. Men då det mobila användandet har ökat drastiskt genomförde Kommunikationsministeriet en utredning under åren 2010-2011 för att utvärdera rådande prioritetsfunktioner samt möjligheter att införa prioritetsfunktioner i mobila

kommunikationsnät (Ibid.).

Utredningen bedrevs mellan myndigheter och operatörer som analyserade behovet av prioriteringsfunktioner i mobila- och IP-baserade kommunikationsnät. Behovsbilden utgick från situationer då det är önskvärt att använda prioriteringsfunktioner, exempelvis vid reducerad framkomlighet på grund av folksamlingar, omfattande olyckor eller scenarier som avviker från normala förhållanden (Ibid.).

I behovsanalysen konstaterades att det finns ett behov gällande prioriteringsfunktioner i mobilnät trots att det finns kommunikationsnät för blåljusmyndigheter via VIRVE (den finska motsvarigheten till Rakel). Några av de myndigheter som visade ett behov var sjöfarts-, räddnings-, och polismyndigheter (Ibid.).

Den tekniska lösningen som rekommenderades i behovsanalysen utgår från eMLPP-standarden. Kostnadsuppskattningar för införande, utveckling och underhåll har genomförts för införande i de tre största operatörernas 2G- och 3G-nät. I tabell 7 presenteras kostnadsuppskattningarna:

Tabell 7. Kostnader för införande, utveckling och underhåll av prioriteringsfunktioner i tre mobiloperatörers nät i Finland (PTS, 2012a).

	Kostnad i miljoner EUR ²
Investeringar i nät	4
Årliga underhållskostnader	0.5
Utvecklingskostnader för stödsystem	0.3
Årliga underhållskostnader för stödsystem	0.4

Kommunikationsministeriet föreslog att prioriteringsfunktioner bör avvecklas i det fasta kommunikationsnätet för att prioritera införande i mobila kommunikationsnät. Operatörerna bör kompenseras med statlig finansiering för de kostnader som uppstår vid införandet enligt kommunikationsmarknadslagen § 98 (Ibid.).

4.1.6.6.2 Norge

Post- og teletilsynet (PT) har under ett antal år utrett möjligheterna att införa prioriteringsfunktioner i mobilnätet. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) fick i uppdrag av Justisdepartementet att utföra en behovsanalys för prioriteringsfunktioner som redovisades i början av 2010 tillsammans med en rekommendation. Utifrån DSB:s rapport har PT utarbetat en föreskrift och fört dialoger med berörda operatörer (PTS, 2012a).

I den rapport som DSB har författat beskrivs tre användarkategorier som ska kunna använda sig av prioriteringsfunktioner. Den första kategorin innefattar användare inom nationell och regional krisledning och andra centrala stats funktioner. I den andra kategorin återfinns beredskapsaktörer från exempelvis polis, räddningstjänst, sjukvård och kommuner. I den tredje och sista kategorin återfinns användare som tillhandahåller stödfunktioner, till exempel livsmedel- och elförsörjning och vatten- och avlopp. Den bedömning som DSB gjorde var att röstkommunikation är viktigast under kris- och beredskapssituationer. DSB gjorde även den bedömning som PTS gjorde att prioriteringsfunktioner i mobilnätet snarare kompletterar Nødnett (den norska motsvarigheten till Rakel) än överlappar dess funktion (Ibid.).

² 1 EUR = 8.52 SEK (2013-01-06)

PT har utfört tekniska utredningar för att undersöka vilka tekniska alternativ som kan tillfredsställa behovsbilden i DSB rapport. PT rekommenderade att prioriteringsfunktionerna bör bygga på eMLPP-standarderna samt införande av nationell roaming. Då nationell roaming kräver anpassning av SIM-kort ansåg PT att det var naturligt att göra ytterligare utredning gällande accessklassbaserad prioritering (Ibid.)

4.1.6.6.3 Danmark

Prioriteringsfunktioner finns i Danmarks fasta- och mobila nät sedan början av 2010.

Prioriteringsfunktionerna i det fasta nätet har skett enligt regulatoriska krav medan det i mobilnätet har skett genom en marknadsöverenskommelse (PTS, 2012a).

Enligt lagen Lov- om elektroniske kommunikationsnet og- tjenester kap. 3 § 4 (tidigare Teleloven § 86) har ministern för vetenskap, teknik och utveckling möjlighet att fastställa regler som kan kräva att leverantörerna av elektroniska kommunikations att säkerställa grundläggande tillgänglighet hos slutanvändare utan kostnader för staten.

Mobiloperatörerna har tecknat en marknadsöverenskommelse mellan operatörerna Hi3G, TDC, Telenor och TeliaSonera där samhällsviktiga användare kan tilldelas lokal prioritet i både GSM- och UMTS-nät vid krissituationer. Avtalet innehåller inte vilka tekniska funktioner som skall användas för att ge användarna företräde. Operatörerna har valt att antingen införa accessklasser eller prioritering med eMLPP-standarderna (PTS, 2012a). Enligt PTS (2012a) bedömning menar de att enligt Teleloven § 86 är det inte självklart att marknadsöverenskommelsen tecknades utan påtryckningar från staten och regulatoriska krav.

De statliga kostnaderna för införandet av prioriteringsfunktioner i mobilnätet har förknippats med kostnader för IT-system, It- og Telestyrelsens (ITST, nu Erhvervsstyrelsen) arbete med operatörerna samt dialog och arbete mellan sektorsansvariga myndigheter. Avgifterna för prioriteringsfunktionerna varierar mellan operatörerna som delvis beror på vilka tekniska lösningar som har använts vid införandet. Priserna återges i tabell 8 nedan.

Tabell 8. Inträdesavgifter och årliga avgifter för prioriteringsfunktioner hos de olika operatörerna (PTS, 2012a).

Mobiloperatör	Inträdesavgift (DKK ³)	Årlig avgift (DKK)
Telenor	250	300
TeliaSonera	500	600
TDC	250	300
Hi3G	150	400

4.1.6.7 Kommentarer från mobiloperatörerna

I följande avsnitt presenteras de svenska mobiloperatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSoneras åsikter gällande införande av prioriteringsfunktioner i mobilnätet i Sverige.

Hi3G

Hi3G har erfarenhet av prioriteringsfunktioner för röstsamtal i mobilnätet inom organisationen då det

³ 1 DKK = 1.14 SEK (2013-01-06)

används i mobilnätet i Danmark. Den prioritetsfunktion som har implementerats i Danmark ger endast prioritet inom den enskilda mobiloperatörens nät. I dag har alla abonnenter i Sveriges Hi3G-nät samma accessklass. Det är möjligt att viktiga kunder kan använda en annan accessklass för att få företräde till en basstation. I Danmark slås en sådan funktion på av sig själv där det uppstår begränsad framkomlighet. För att införa en sådan lösning krävs det att abonnenten får ett nytt SIM-kort och att det genomförs en konfigurationsändring på basstationerna (Karlsson, 2012).

I Danmark gick staten ut med ett mer eller mindre krav till mobiloperatörerna att om dem skulle införa prioritetsfunktioner på kommersiella grunder skulle operatörerna ges möjlighet att sälja prioritetsjänster. Om dem inte gick med på det så skulle det införas ett lagkrav gällande prioritetsfunktioner och dem skulle stå för kostnaderna själva utan att få möjlighet att sälja prioritetsfunktioner. Att implementera prioritetsfunktioner på en utvidgad nivå kan inte genomföras på rent kommersiella grunder av mobiloperatörerna, utan det måste ske via statlig finansiering (Ibid.).

För 4G finns det möjlighet att prioritera trafik på ett helt annat vis. I dag finns det dock ingen standard inom teknologin för att konvertera röstsamtal till IP-trafik (Ibid.).

Tele2

Tele2 vet att PTS bedriver arbete gällande prioritetsfunktioner av samhällsviktiga användare. Det finns tekniska möjligheter till prioritetsfunktioner men enligt Holmgren (Assarson et al., 2012) så krävs omfattande förändringar i mobilnätet för att införa dessa lösningar (Ibid.).

TeliaSonera

Enligt Mårtensson (2012) krävs det avancerade lösningar för att få prioritetsfunktioner att fungera praktiskt under en kris. Om exempelvis en polis ska tilldelas prioritet kan inte basstationen avgöra om den mobila enheten som kopplas upp ska prioriteras eller inte. För att autentisera mobilenheten måste basstationen ta emot IMSI via radiosignal från mobilenheten som sedan verifieras mot en HLR i kärnnätet. Som standarden för mobilnätet ser ut nu får prioritetsfunktioner inte någon riktig effekt då basstationerna är för dumma för att förstå att en viss abonnent ska ges prioritet. Centralt i kärnnätet finns möjlighet för prioritetsfunktioner, men problemen vid kris är ofta vid basstationerna där mobilenheten måste få en uppkoppling för att kunna autentiseras mot centrala databaser. För att prioriteringsfunktioner ska få en genomslagskraft måste det byggas upp en logik att basstationen kan avgöra om abonnenten är en prioriterad användare eller inte. UMTS har inbyggda accessklasser, men inom ramen för den licens som har sats för UMTS har inte några riktlinjer sats hur accessklasserna ska hanteras. Nu har SIM-kort skickats ut från olika accessklasser vilket gör det svårt att återigen få kontroll över accessklasserna. 4G har andra prioriteringsmöjligheter, men i dagsläget finns inget stöd för röstsamtal via 4G som är en datapaketslösning (Mårtensson, 2012).

4.1.6.7 Sammanfattning av prioritetsfunktioner i mobilnät

Det finns flertalet olika tekniska alternativ till att införa prioritetsfunktioner i mobila kommunikationsnät. I Sverige finns det inte några regulatoriska krav gällande införande av prioritetsfunktioner. Mobiloperatörerna ser inte någon kommersiell nytta med att införa prioritetsfunktioner i mobilnätet varför PTS föreslår att införandet av prioritetsfunktioner bör ske med statlig finansiering för att tillgodose samhällsviktiga användares behov.

De skillnader som finns mellan de nordiska länderna är huvudsakligen tekniskt relaterade. Det

finska alternativet saknar accessklassbaserad prioritering och saknar brytprioritet jämfört med det svenska förslaget. Det norska alternativet innefattar nationell roaming och eMLPP-prioritering i likhet med det svenska förslaget. Utifrån den svenska behovsanalysen finns behov om lokal prioritering varför accessklasser även finns med. I Danmark har prioritetsfunktioner införts genom en branschöverenskommelse, vilket har genomförts med påtryckningar från regulatoriska krav. Eftersom att operatörerna i Danmark inte använder samma tekniska lösningar finns inte möjlighet att behålla prioritet mellan operatörernas nät. Vidare så finns det ingen kombination av eMLPP och accessklass prioritet eller nationell roaming i den danska lösningen. I tabell 9 nedan sammanfattas skillnaderna mellan övriga länders förslag eller införande av prioritetsfunktioner.

Tabell 9. Sammanfattande skillnader mellan det svenska förslaget och lösningar i Finland, Norge och Danmark.

Land	Teknisk skillnad
Sverige	Utvidgad nivå i tre operatörers GSM-nät och basnivå i fyra mobiloperatörers UMTS-nät. Accessklasser för lokal prioritet, eMLPP (en teknisk internationell standard) för utvidgad prioritet och nationell roaming utnyttjas. Möjlighet till både bryt- och köpprioritet.
Finland	Förslaget utgår från eMLPP utan brytprioritet. Post- och telestyrelsens förslag lägger till accessklasser, möjlighet till brytprioritet för att tillgodose de svenska behoven.
Norge	Den tekniska lösningen baseras på eMLPP och nationell roaming. Post- och telestyrelsens förslag innefattar även accessklasser.
Danmark	Operatörerna använder sig av olika tekniska lösningar med antingen accessklasser eller eMLPP. Post- och telestyrelsens förslag är mer omfattande och innefattar nationell roaming, accessklasser och överföring av prioritet mellan operatörers nät.

4.1.7 Samverkan inom telesektorn

För att förbättra mobiloperatörernas krishanteringsförmåga har initiativ tagits från myndigheter och mobiloperatörer med fler andra aktörer från sektorn elektronisk kommunikation för att öka samverkan. I avsnittet presenteras samverkan som har gett upphov till Nationell telesamverkansgruppen (NTSG), Gemensam lägesuppfattning (GLU), krisroaming och krisövningstillfället Telö.

4.1.7.1 Nationell telesamverkansgruppen

Nationell telesamverkansgruppen (NTSG) är ett frivilligt samarbetsforum som har till syfte att stödja återställandet av nationell infrastruktur för elektronisk kommunikation vid inträffande av extraordinär händelse i samhället. Elektronisk kommunikation innefattar bland annat infrastruktur för bredband, mobil- och fast telefoni. NTSG består av operatörer och organisationer som har egen teknisk utrustning, kunskaper eller resurser som påverkar kritisk infrastruktur i elektronisk kommunikation. För närvarande består NTSG av: PTS, Trafikverket IT, Stokab, Svenska Kraftnät (SvK), TDC, Tele2, TeliaSonera, Telenor, Teracom, Hi3G, Stadsnätsföreningen, Skanova, IP-Only, Com Hem, Netnod och Försvarsmakten (PTS, 2011a; PTS, 2011c).

Deltagarna träffas två gånger per år för att säkerställa att NTSG fungerar under en nationell kris. Vid inträffande av en kris sammankallas NTSG på begäran från någon gruppmedlem. Detta kan ske fysiskt eller virtuellt via utvecklade IT-system. För övrigt deltar medlemmarna i olika

samordningsprojekt med elsektorn och ansvariga aktörer från länsstyrelser och kommuner (PTS, 2011c).

4.1.7.2 Gemensam lägesuppfattning (GLU)

Inom NTSG har en branschnorm utvecklats för att underlätta informationsutbyte och skapa en gemensam lägesbild mellan sektorns operatörer. Denna norm är en kombination av metod, gemensamma normer och teknik som möjliggör förbättrade gemensamma lägesuppfattningar som går under namnet Gemensam lägesuppfattning (GLU). Syftet med GLU är att reducera störningar inom sektorn elektronisk kommunikation för att minska konsekvenserna för samhället och verksamheter som är beroende av kommunikationsnätet. GLU ska bidra med förbättrad samverkan mellan operatörerna då de kan utbyta information om status och prognos för pågående störningar i viktiga tjänster. Via GLU rapporterar operatörerna till SOS Alarm om störningar som kan påverka användandet av nödnumret 112 (PTS, 2011b).

4.1.7.3 Krisroaming

PTS har tillsammans med mobiloperatörerna Hi3G, Tele2, Telenor och TeliaSonera ingått en frivillig överenskommelse som möjliggör roaming vid större störningar i mobilnäten. Denna användning benämns krisroaming och det finns i dagsläget 4 000 stycken sådana SIM-kort. Det är samhällsviktiga användare eller där användandet kan minska belastningen på samhället, exempelvis av de som deltar i återställningsarbetet, som kan avropa dessa SIM-kort. Verksamheter som uppfyller dessa krav kontakter sin länsstyrelse som i sin tur kontakter PTS som beslutar om SIM-korten får utnyttjas (PTS, 2011d).

4.1.7.4 Telö

I PTS robusthetsstrategi ingår åtgärder att öka beredskap och minska konsekvenser vid kris i form av utbildningar och övningar. Utbildningarna och övningarna ska innefatta utveckling av individer, företag och hela sektorns krishanteringsförmåga. Målen för utbildningar och övningar är att öka sektorns förmåga att hantera kriser och extraordinära händelser. För sektorn genomför PTS vartannat år en omfattande krisövning, även kallad Telö, där fokus ligger på att samverka inom och utanför sektorn. Senast som Telö genomfördes var år 2011 med fokus på samordning och informationsutbyte, krishanteringsförmåga samt att identifiera brister i nuvarande regelverk kopplat till hantering av kriser. Några av de aktörer som var med i övningen var Hi3G, Tele2, Telenor, TeliaSonera, PTS, NTSG, MSB och Svenska kraftnät (SvK). Nedan presenteras några erfarenheter från Telö11 (Ibid.):

- Behov av utökad samverkan mellan myndigheter samt aktörer inom sektorn elektronisk kommunikation och elnät
- Att verksamheter med stort beroende till elektronisk kommunikation förhandlar om lämpliga Service level agreement (mer om detta i följande avsnitt) som uppfyller verksamhetens behov.
- Identifiera samhällsviktiga verksamheter för att kunna prioritera insatser för att minska konsekvenser i samhället, liknande den prioritering som finns i elsektorn genom Styrel (mer om detta i kommande kapitel).

4.1.8 Service Level Agreement (SLA)

Företag, myndigheter och organisationer är i dag mer eller mindre beroende av att kunna kommunicera via mobila kommunikationer. Störningar och avbrott kan leda till irritation eller att organisationers verksamhet påverkas kritiskt. I lagen om elektronisk kommunikation (LEK) 5 kap. 6b § som mobiloperatörerna ska följa finns bestämmelser om att operatörerna ska vidta lämpliga tekniska och organisatoriska åtgärder för att säkerställa att verksamheten uppfyller rimliga krav på driftsäkerhet. Dessa lagar innehåller inte några kvantitativa värden för exempelvis maximala avbrottstider. För många organisationer kan det därför vara relevant att teckna ytterligare avtal genom Service level agreement (SLA) som ger ökad robusthet och tillgänglighet än vad mobiloperatören erbjuder i sina standardavtal. Med robusthet menas förmågan att motstå eller minimera konsekvenserna av störning eller avbrott. Nedan presenteras olika parametrar som kan vara aktuella vid tecknande av SLA (Rafting, 2011).

Det finns kvalitetsparametrar som avgör hur väl tal, video, data etcetera fungerar och kan överföras. Nedan redovisas de med störst påverkan på röst- och internetbaserade tjänster:

- Quality of Service (QoS) – möjlighet att prioritera datatrafik, exempelvis mellan olika tjänster då bandbredden är begränsad.
- Latency (fördröjning) – den tid det tar för ett datapaket att transporteras från sändare till mottagare.
- Jitter – variationer i fördröjningen i nätet.
- Packet loss (paketförlust) – andelen datapaket som inte når mottagaren.
- Bandbredd – hur snabbt datapaket kan laddas nedströms och uppströms.

Olika tjänster ställer olika krav på dessa parametrar. Exempelvis är telefoni känsligt för latency och jitter. Interaktiva tjänster är mer känsliga för packet loss medan dataöverföring och videostreaming kräver högre bandbredder (Ibid.).

För att de tjänster som mobiloperatören förmedlar ska uppfylla säkerhetskrav som ställs för att förhindra obehörig avlyssning går det att investera i ytterligare säkerhetshöjande åtgärder. En vanlig lösning som används för data-, röst- och videokommunikation är Virtual private network (VPN). VPN är logiskt separerat från det publika Internet men använder samma fysiska infrastruktur (Ibid.).

Täckning och kapacitet utgör tillsammans med elförsörjning till basstationerna de viktigaste parametrarna för robustheten i mobilnätet. Täckningskartor presenteras ofta på operatörernas hemsidor medan kapacitet i form av antal samtidiga samtal som är möjliga inom en geografisk yta och drifttider för reservelförsörjning är något som bör diskuteras med operatörerna (Ibid.).

Verksamheten kan genom riskanalyser identifiera hur långa avbrott som är acceptabelt utan att verksamheten drabbas kritiskt. Detta kan gälla för planerade underhåll och avbrott samt vilka inställelsetider leverantören ska ha för åtgärd vid inträffande av störning eller avbrott. Nedan presenteras två avbrottsmått som vanligtvis används vid tecknande av SLA (Ibid.):

- Tillgänglighet i procent av total kalendertid: det bör uppmärksammas att 99 procent kan verka vara hög tillgänglighet, men det motsvarar cirka fyra dygns avbrott på ett år. Vid avbrott så genomför operatören ofta felavhjälpningsinsatser först åt kunder med avtal om högre tillgänglighet.

Tabell 10 Tillgänglighet och otillgänglighet i tid under ett år

Tillgänglighet	Otillgänglighet tid per år
90 %	36 dygn 12 timmar
99 %	3 dygn 15 timmar 36 minuter
99,9 %	8 timmar 45 minuter 36 sekunder
99.99 %	52 minuter 34 sekunder
99.999 %	5 minuter 15 sekunder
99.9999 %	32 sekunder

- Tillgänglighet i timmar: som kan uttrycka både tillgänglighet och otillgänglighet. Det kan exempelvis ställas krav på att avbrott ska åtgärdas inom ett visst antal timmar under vardagar från kl. 8:00–18:00 eller alla dagar dygnet runt.

SLA kan även innehålla hur information om störningar och avbrott skall rapporteras. Avtalet kan bland annat innehålla följande (Ibid.):

- Vid vilken grad av störning som organisationen ska informeras
- Vid vilken tid informationen ska förmedlas och till vem
- Vad informationen ska omfatta. Till exempel påverkan på avtalad tjänst, prognoser för färdigtidpunkt och faktisk färdigtidpunkt.

Sammantaget används ovanstående parametrar på olika vis för olika SLA-nivåer hos mobiloperatörerna. I SLA-nivåerna ska det tydligt framgå vilka nivåer som ska gälla för respektive tjänst, exempelvis vilken nivå på tillgänglighet och hur snabbt systemet ska fel avhjälpas. Högre nivåer förknippas med högre kostnader. Nedan sammanfattas dessa vanligt förekommande kvalitetsparametrar.

- Prioritetsfunktioner
- Latency
- Jitter
- Packet loss
- Bandbredd
- Säkerhetsfrågor
- Reservelförsörjning
- Tillgänglighetsbegrepp
- Störning/avbrottsinformation

4.1.8.1 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos Hi3G

Företagskunder kan påverka tillgängligheten hos tjänsten de tecknar avtal gällande genom olika servicenivåer i SLA. De tillgänglighetsbegrepp som används i SLA är tillgänglighet per kvartal i procent. Genom att teckna den högsta nivån på SLA prioriteras vissa, för företaget i fråga, viktiga basstationer vid återställningsarbetet vid inträffande av störning i mobilnätet. I den högsta SLA:en

kan företaget få tillgång till specifik information om störningen för vissa basstationer, hur störningen påverkar företagets avtalade tjänst och en statistisk rapport efter att störningen har åtgärdats (Ibid.).

4.1.8.2 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos Tele2

För att säkerställa Tele2:s kunders olika tillgänglighetskrav och behov finns det för företagskunder möjlighet att teckna ytterligare avtal genom SLA. Det vanligaste tillgänglighetsbegreppet som används är tillgänglighet till tjänst under ett kalenderår i procent. Genom att ställa högre krav på tillgänglighet kan avtalet innefatta att det ska finnas en viss drifttid på reservelförsörjning på berörd basstation eller att vissa basstationer ska prioriteras i återställningsarbetet vid inträffande av störning. Det finns även möjlighet att teckna avtal som berör störningsinformation som ska innefatta påverkan på avtalade tjänster och prognoser för färdigtidpunkt för återställande (Ibid.).

4.1.8.3 SLA kopplat till avbrott och tillgänglighet hos TeliaSonera

För att se till att TeliaSoneras kunder får den tillgänglighet som efterfrågas finns det olika möjligheter att mäta tillgänglighet. Eftersom att en abonnent i ett mobilnät inte är uppkopplad dygnet runt utan kan stänga av sin mobilenhet är det svårt att avgöra på vems initiativ som mobilenheten inte finns tillgänglig. TeliaSonera använder olika kvalitetstal för att hålla koll på exempelvis basstationer vid enstaka incidenter och på årsbasis. Dessa kvalitetstal är bland annat viktiga vid uppföljning av systemleverantörers åtaganden (Ibid.).

Det går att påverka drifttider för reservelförsörjning genom SLA hos TeliaSonera. Företag kan investera i olika servicenivåer för att TeliaSonera ska tillhandahålla en viss trygghet och säkerhet i tjänsten. Det finns även möjlighet att teckna avtal som berör störningsinformation som kan innefatta påverkan på avtalade tjänster och prognoser för färdigtidpunkt vid återställande (Ibid.).

4.1.9 Reservelförsörjning

Det främsta beroendet av annan infrastruktur som finns för aktörer inom elektronisk kommunikation är behovet av kontinuerlig elförsörjning. Relativt kortvariga avbrott i elförsörjningen kan ge oacceptabla konsekvenser för dess användare. I projektet Styrel, som har drivits i Energimyndighetens regi, har elförsörjning till vissa samhällsviktiga verksamheter prioriterats då manuell fränkoppling måste ske. Det har saknats en mer systematisk genomgång av samhällsviktiga verksamheters möjlighet att kommunicera under längre elavbrott. Enligt PTS (2011a) saknar mobila accessnät prioritet i Styrel vilket innebär att vissa samhällsviktiga verksamheters elförsörjning prioriteras vid inträffande av elbrist, mer om Styrel i avsnitt 4.2.5. Därför har stora investeringar skett för att öka tillgängligheten inom mobilnät vid inträffande av elavbrott. Reservelver har finansierats av PTS som finns fördelade hos mobiloperatörerna runt om i landet (Ibid.).

Vanligtvis används batteribackuper eller dieselaggregat som reservelver. Batterianläggningen brukar benämnas Uninterruptible power supply (UPS) och innehåller batteri, batteriladdare, likriktare och växelriktare. Eftersom ett batteri drivs av likspänning krävs en växelriktare för att batteriet ska ersätta elförsörjningen från elnätet vid elavbrott som använder växelspanning. När elförsörjningen återansluts ska den förbrukade effekten i batteriet laddas upp, vilket sker med batteriladdaren och likriktaren som omvandlar växelspanning till likspänning (Taheri, 2011).

Tillgången till reservkraft varierar mellan olika operatörers mobilnät och inom olika delar i det enskilda mobilnätet. PTS (2011a) har gjort en bedömning att GSM-basstationer (2G) i större utsträckning är utrustade med batteribackup eller reservdieselaggregat än UMTS-basstationer (3G). GSM-nätet har normalt reservförsörjning på upp till två timmar. Elavbrott i UMTS-nätet medför i princip att nätet slutar att fungera omgående. Det rör sig om minuter istället för timmar. Element inom kärnnätet har vanligtvis en högre reservdrift som överstiger 24 timmar utan påfyllning av bränsle (Cristvall, 2012b). Kapaciteten hos reservförsörjningen påverkas inte av dygnsvarierande trafikvolymerna utan beror på basstationernas effektslutsteg som tar samma effekt oavsett om det är mycket eller lite trafik (Karlsson, 2012-12-10).

4.1.10 Nätneutralitet

Nätneutralitet är en princip som innebär att all trafik inom ett nät ska behandlas lika, det vill säga att operatörer inte ska prioritera eller blockera viss trafik. Internet har sedan införandet drivits enligt principen men det är tekniskt möjligt att begränsa tillgång till vissa webbsidor (PTS, 2008b).

Många mobiloperatörer arbetar för att använda ett nät för att hantera röstsamtal, data- och videoöverföring där det finns möjlighet att prioritera och garantera kvalitet för tjänsten som operatören tillhandahåller. För vissa användare kan det vara intressant att betala för att få ökad tillgänglighet, det som står mellan denna realisation är principen om nätneutralitet (Ibid.).

Införande av prioritering av trafik kan bidra till ökad konsumentnytta om det sker på en marknad där det råder konkurrens. Då konkurrens kan minska missbruk av prioriteringstjänster genom att kunder kan byta operatör till mer attraktiva erbjudanden för kunden. Men om en operatör har stora marknadsandelar finns det dock motiv för att missbruka sin makt (Ibid.).

EU-kommissionen har gjort en bedömning att där det finns konkurrens på marknaden så behövs inte några regler för att upprätta nätneutralitet. I likhet med EU-kommissionens bedömning anser PTS att det råder god konkurrens på den svenska mobilmarknaden där kunden kan välja mellan flertalet operatörer för att få tillgång till en tjänst och ser därför ingen anledning att hindra prioritering av trafik i nuläget (Ibid.).

4.1.11 Lagar och allmänna råd

Den som tillhandahåller allmänna kommunikationsnät eller allmänt tillgängliga elektroniska kommunikationstjänster ska enligt 5 kap. 6 b § LEK vidta åtgärder ur tekniskt och organisatoriskt perspektiv för att säkerställa att rimliga krav på driftsäkerhet uppfylls. De åtgärder som vidtas ska skapa en säkerhetsnivå som är anpassade till risken för störningar och avbrott. Åtgärderna ska vidtas med beaktning av tillgänglig teknik och kostnaderna för dessa. De bestämmelser som finns om driftsäkerhet enligt 5 kap. 6 b § LEK är av grundläggande nivå. För att uppnå ytterligare driftsäkerhet tecknas ytterligare avtal genom SLA mellan operatören och kunden som har beskrivits i avsnitt 4.1.8.

I de allmänna råd (PTSFS 2007:2) som beskriver vad som är viktigt och bör beaktas i 5 kap. 6 b § LEK anges att operatörerna bör bedriva ett systematiskt och kontinuerligt säkerhetsarbete för normala och extraordinära förhållanden. I detta arbete bör riskhantering samt riskanalys ingå där sammanvägda bedömningar av hot, sannolikheter och konsekvenser genomförs (PTSFS 2007:2).

Vare sig LEK eller de allmänna råden ställer några direkta krav för att olika nätelement ska förses med reservelförsörjning. När examensarbetet skrevs hade PTS påbörjat det inledande arbetet för att ersätta de allmänna råden med föreskrifter om driftsäkerhet som bedrivs i dialog med marknadens aktörer (Cristvall, 2012-09-25).

Den 21 februari 2012 beslutade PTS om föreskrifter och allmänna råd om rapportering av störningar eller avbrott av betydande omfattning (PTSFS 2012:2). Aktörer inom elektronisk kommunikation ska tillhandahålla en inledande och en kompletterande rapport till PTS vid störningar enligt definitionen som presenteras i tabell 11.

Tabell 11. Definition av störning eller avbrott som kräver rapportering till PTS (PTSFS 2012:2).

Tid som störningen eller avbrottet pågått	Störningens eller avbrottets uppskattade omfattning
≥ 1 timme	≥ 150 000 abonnenter eller ≥ 15 000 km ² sammanhängande berört område eller ≥ 50 % kapacitetsbortfall
≥ 2 timmar	≥ 30 000 abonnenter eller ≥ 5 000 km ² sammanhängande berört område eller ≥ 30 % kapacitetsbortfall
≥ 6 timmar	≥ 5 000 abonnenter eller ≥ 2 500 km ² sammanhängande berört område eller ≥ 20 % kapacitetsbortfall
≥ 24 timmar	≥ 2 000 abonnenter eller ≥ 1 000 km ² sammanhängande berört område eller ≥ 10 % kapacitetsbortfall

Den inledande rapporten ska innehålla en beskrivning av avbrottet eller störningen när den inträffade, hur länge, vilka tjänster som berördes och omfattningen. Hur abonnenterna har påverkats ska finnas med och begränsningar i att nå nödnumret 112. Operatören skall även tillhandahålla kontaktuppgifter och referensnummer. Denna information är enligt PTS bedömning den information som operatörerna normalt lämnar till abonnenter, allmänheten och till alarmeringstjänst vid störningar (Ibid.).

Den kompletterande rapporten är mer omfattande och ska innefatta orsaker till störningen och åtgärder under och efter störningen samt vilken information som lämnades ut till allmänheten och abonnenter och hur den lämnades ut. Denna rapport ska lämnas in senast två veckor efter att störningen har avhjälpits. Rapportens syfte är att fastställa om det finns grunder att operatören ska granskas med anledning av den inträffade störningen och dels för den årliga sammanställningen gällande avbrott som PTS ska skicka till Europeiska byrån för nät- och informationssäkerhet (ENISA) (Ibid.).

PTS ansvarar för vilka spektrum som får användas av aktörer inom sektorn elektronisk kommunikation. PTS förvaltar spektrum så att nyttjandegraden och samhällsnyttan maximeras. Licenser för spektrum delas ut genom upphandlingar (PTS, 2006).

4.2 Elnätet och elsektorn

Det svenska elnätet har en hög tillgänglighet på 99.8 procent (Torstensson & Bollen, 2010). Tillgängligheten i elnäten påverkas bland annat av olika nätstrukturer men även av regulatoriska krav. I följande avsnitt presenteras hur det svenska elnätet är uppbyggt, hur Fortum bedriver sin

elnätsverksamhet, hur elsektorn samverkar under kriser och vilka tidigare erfarenheter som finns gällande krishantering.

4.2.1 Stam-, region- och lokalnät

Det är svårt att få en överblick av det svenska elnätet då ägarstrukturer och områden inte följer några kommun- eller länsgränser. Elnätet har genomgått en stor struktumvandling i samband med att marknaden avreglerades under 1996 som medförde ägarförändringar. Det råder ett reglerat monopol på elnätsmarknaden vilket innebär att varje elnätsägare har ensamrätt att tillhandahålla elnät till kunderna inom ett geografiskt avgränsat område. De största aktörerna på marknaden är idag Vattenfall, E.ON och Fortum, men totalt finns det cirka 180 elnätsföretag som äger och driver elnät (Energimyndigheten, 2005b).

Det svenska elnätet har en hierarkisk struktur och generellt brukar nätet delas in i tre nivåer som beror på den spänningsnivå som elnätet hanterar. Dessa nivåer är stam-, region- och lokalnät (Engblom & Ueda, 2008).

Stamnätet, även kallat transmissionsnätet, hanterar de största spänningsnivåerna om 220 - 400 kV och ägs och förvaltas av statliga SvK. Här överförs elektricitet från stora kraftanläggningar till regionala nät. Elektriciteten överförs långa sträckor med en hög spänning för att minska transmissionsförlusterna. På stamnätsnivån sköts även förbindelser med utländska nät (Svenska kraftnät, 2012).

Regionnätet, även kallat subtransmissionsnätet, hanterar lägre spänningsnivåer än stamnätet med spänningsnivåer från 40 - 130 kV (Svenska kraftnät, 2012). Överföringslängderna i regionnätet är oftast kortare än i stamnätet. Regionnätet överför elektricitet till lokalnät och till ett fåtal elintensiva industrier som smältverk och pappersbruk (Engblom & Ueda, 2008). Det finns totalt åtta regionala nätbolag där Vattenfall, E.ON och Fortum är de största aktörerna (Energimyndigheten, 2005b).

Sveriges hushålls- och övriga industrikunder är anslutna till lokalnäten som hanterar spänningar om 40 kV och lägre. Lokalnäten, även kallat distributionsnät, delas in i låg- och mellanspänningsnät där främst hushållskunder ansluts till lågspänningsnätet medan industrikunder främst ansluts till mellanspänningsnätet. Anläggningar som sammanbinder regionnätet och lokalnätet brukar kallas för fördelningsstationer som bland annat transformerar spänningen från regionnätet till mellanspänningsnivå. De anläggningar som transformerar spänningen från mellanspänningsnivå till lågspänningsnivå (spänningar under 1 kV) kallas vanligen för nätstationer (Engblom & Ueda, 2008).

4.2.2 Nätstrukturer

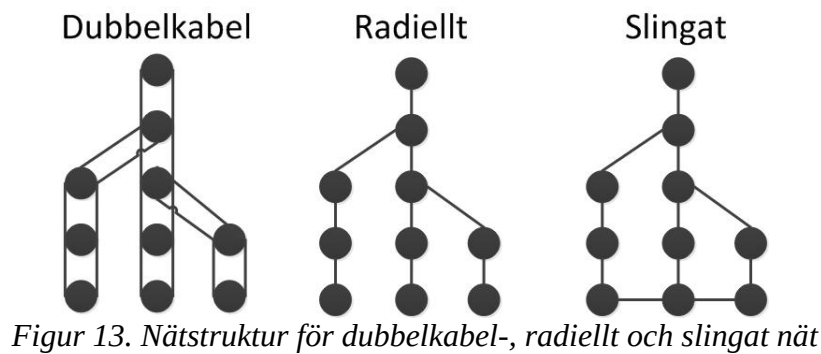
Förutom skillnader i spänningsnivåer i elnätet skiljer sig även nätstrukturen inom olika områden. De vanligaste kopplingsstrukturerna är dubbelkabelstruktur, slingstruktur och radiell struktur.

Dubbelkabelstruktur har mycket hög tillförlitlighet och används vanligen i storstäder. Varje nätstation matas med två parallella kablar medan nätet under drifts radiellt. Nätstationerna är då utrustade med två samlingsskenor och två transformatorer. Då en störning eller ett avbrott inträffar på en av de matande kablarna kopplas den kabel bort. Omkopplingen tar sällan längre tid än några sekunder (Ibid.)

Slingade nät är den vanligaste nätstrukturen i svensk tätort där alla nätstationer har tillgång till två

skilda matningsvägar. Omkoppling kan ske först efter den felande komponenten har lokaliserats och avbrottstiden brukar vanligtvis vara mellan 0.5-2.5 timmar. I tätort är mer än 90 procent av ledningarna nedgrävd jordkabel (Ibid.).

Tillskillnad från de två tidigare strukturerna har radiella nät inte någon redundant matning. I dessa nät är avbrottstiden mycket längre då den felande komponenten måste lagas eller bytas ut innan återinkoppling kan ske. Detta är den vanligaste strukturen i landsbygdsnät. Störningar eller avbrott i radiella nät brukar vanligtvis leda till avbrottstider mellan 1- 12 timmar. I figur 13 återges en grafik representation av dubbelkabel-, radiellt och slingat nät



4.2.3 Fortums verksamhet inom elnät

Fortum är en av de större elnätsägarna i Sverige och bedriver även verksamhet i länderna Finland, Norge och Estland. Sammanlagt har Fortum 1.6 miljoner kunder och driver och utvecklar regionala och lokala nät med en tillförlitlighet om 99.98 procent, vilket motsvarar en genomsnittlig avbrottstid om 105 minuter/år. Eldistribution är en reglerad verksamhet som påverkas av vad som händer på en nordisk och europeisk nivå vilket påverkar den framtida utvecklingen av Fortums elnät (Fortum, 2012d). I Sverige har Fortum cirka 872 000 kunder anslutna till sina elnät som bland annat finns i stora delar av Hälsingland, Värmland, Dalarna och i Stockholm (se figur 14) (Fortum, 2012e).



Figur 14. Fortums elnät i Sverige markeras av de mörkgröna områdena (Fortum, 2012e).

En stor majoritet av Fortums kunder i Sverige finns i Stockholms-området med cirka 507 000 kunder (Torstensson & Bollen, 2010). Nätets struktur i området har utformats med hög redundans med dubbelkabelstruktur i så hög mån som möjligt. Dubbelkabelstruktur förekommer på andra områden men generellt används slingstruktur inom tätort och radiellstruktur i landsbygd (Engblom & Ueda, 2008). Vilken struktur som används påverkar tillgängligheten där tätortskunderna i genomsnitt har avbrott om cirka 19 minuter/år och landsbygds kunderna 125 minuter/år (Torstensson & Bollen, 2010).

4.2.3.1 Övervakning och styrning av elnätet

SCADA (Supervisory control and data acquisition) är ett IT-system som används för styrning och övervakning av elnätet. SCADA är ett tekniskt system som styr fysiska komponenter genom till- och frånkopplingar samt samlar in larm och mätinformation. SCADA används främst inom regionnätet i fördelningsstationer. Inom större tätorter, som Stockholm, är även vissa större nätstationer på mellanspanningsnivå sammankopplade med SCADA-system för larminsamling. Det är cirka 600 fördelningsstationer som är sammankopplade med SCADA-systemet (Olsson, 2012).

Fortum har cirka 24 000 nätstationer i sitt nät i Sverige och dem är vanligtvis inte sammankopplade med SCADA-systemet. Men i allt större utsträckning används intelligenta elmätare som kan mäta och skicka annan teknisk information fjärrstyrt. Avbrottsinformation som skickas via elmätarna används i SCADA-systemet i allt större utsträckning för att underlätta arbetet vid felsökning/felavhjälpning i elnätet. Den information som skickas via intelligenta elmätare i Fortums svenska elnät använder huvudsakligen GSM/GPRS som kommunikationslösning. Vid ett större elavbrott är det därför svårt att med 100 procent säkerhet veta om en viss anläggning är drabbad av elavbrott eller inte. De intelligenta elmätarna är utrustade med en kondensator som ska vara tillräcklig för att kunna skicka iväg information om att den inte är strömsatt när anslutningen till elnätet bryts. Det finns således generellt en informationslucka mellan regionnätet och slutkunden, alltså det som händer i distributionsnätet (låg- och mellanspanningsnivå) (Ibid.).

DMS (Distribution management system) är i dagsläget ett separat IT-system som hanterar kund-, avbrotts- och anläggningsinformation samt arbetsorderhantering. Dagens DMS-system är en webbaserad applikation, även kallad BOSSE, där även kundtjänst och vissa entreprenörer kan få tillgång till lägesinformation om vilka insatser som genomförs samt status för dessa (Ibid.).

SCADA- och DMS-systemen är inte integrerade med varandra i dagsläget. Just nu genomför Fortum Distribution ett projekt för att implementera den framtida IT-lösningen för driftcentralerna och där kommer SCADA- och DMS-systemen vara integrerade samt användarvänligheten och IT-säkerheten förbättras ytterligare. Driftledning på Fortum är beroende av SCADA-systemet för att kunna styra elnätet, men under de senaste 5-8 åren har allt större fokus lagts på att kunna tillhandahålla avbrottsinformation till kunder, media, samhällsfunktioner och fältservicepersonal. Till exempel så har en SMS-tjänst utvecklats där Fortums elnätskunder kan få information om anläggningar som berörs av planerat/opplanerat elavbrott, prognoser för återinkoppling av elförsörjning eller när störningen åtgärdades. Prognoserna för felavhjälpning genomförs av driftledningspersonal som ansvarar för det drabbade området som samtalar och får lägesinformation från inkopplad fältservicepersonal (Ibid.).

De kommunikationslösningarna som används för SCADA-systemet har Fortum i så hög grad som möjligt valt att realisera genom att implementera egen infrastruktur för att nå ökad kontroll. I första hand används optofiber som media för kommunikationslösningarna. Optofiber används vid många

fördelningsstationer som kompletteras med egna radiokommunikationslösningar. De anläggningar där det är svårt att bygga egna lösningar via optofiber eller radiokommunikation används satellitkommunikation. Optofiber är det mest framtidssäkra alternativet enligt Olsson (2012), men även mest driftsäker, eftersom en fysisk kabel med näst intill obegränsad kapacitet dras fram till anläggningen. Radiokommunikation kan vara kostnadseffektivt och en bra lösning om en radiomast täcker många anläggningar i ett visst geografiskt område. Satellitkommunikation är ibland det mest realistiska alternativet för användning i landsbygd eftersom satellitkommunikation är geografiskt ”oberoende”, men den är inte alltid tillräckligt tillförlitlig för att använda för kritiska anläggningar. Vid kraftig nederbörd och växlande väderlek blir signalmottagningsförhållandena sämre vilket kan leda till att kommunikationen upphör. Kapaciteten i satellitkommunikationen är också relativt begränsad vilket gör den mindre framtidssäker (Ibid.).

Publika kommunikationsnät i form av bredband, mobil och fast kommunikation erbjuder sällan den tillförlitlighet gällande drifttider för reservelförsörjning som krävs för att systemen ska fungera under mer utsatta förhållanden. Publik mobilkommunikation används därför inom dessa system för mindre kritisk informationsöverföring som inte berör styrprocesser och information som driftledningen är beroende av i realtid (Ibid.).

4.2.3.2 Krav på SCADA/DMS

Det finns olika krav som ställs på det SCADA/DMS-system som används. I följande avsnitt redogörs för några av dessa krav med referens till dem kvalitetsparametrar som redovisades i avsnitt 4.1.8.

I SCADA förekommer det inte någon prioritering av datatrafik då det ofta rör sig om små datamängder och då det är ett dedikerat system. Detta kan dock bli aktuellt i framtiden då SCADA-systemet eventuellt delar kommunikationsinfrastruktur med andra applikationer/tjänster (Ibid.).

SCADA kan hantera latency på någon enstaka sekund från att man anropar att en manöver ska genomföras till att den är utförd. Det tuffaste kravet för latency är vid användning av reläskyddskommunikation (längs differential skydd) där fördröjningen maximalt får vara 5-10 millisekunder utan variationer. Under normal drift vid informationsinsamlande kan det vara acceptabelt med en fördröjning om tio-tals sekunder eller upp emot en minuts fördröjning. Vid krissituationer så höjs beredskapen hos driftledningen och då kan kraven på informationens fördröjning bli tuffare (Ibid.).

SCADA är känsligt för jitter, variationer i fördröjning. Systemen har enklare att klara av konstanta fördröjningar än variationer i fördröjningar. Den mest kritiska processen är reläskyddskommunikation som är känslig för variationer i fördröjningar (Ibid.).

De traditionella protokoll som används inom SCADA ska kunna hantera dåliga kommunikationsförhållanden och är därför robusta. Med de kommunikationslösningar som används i dag menar Olsson (2012) att Fortum inte har upplevt några direkta problem med packet loss (Ibid.).

De datamängder som skickas inom SCADA/DMS är i dag relativt små. Om satellitkommunikation används för att kommunicera med en terminal för att slå på eller av kopplingsobjekt eller vid informationsinsamling används bandbredder från cirka 9,6 kbit/s och uppåt. Men om ytterligare information från reläskydd och videoströmmar ska överföras höjs bandbredden till uppemot 1-2 Mbit/s eller mer. Det beror alltså på vilken situation som undersöks. Videoövervakning används i

dag på vissa av Fortums större fördelningsstationer och det är troligt att denna applikation kommer att användas allt mer i framtiden. Videoövervakning kan användas i dag som ett utökat ”skalskydd”, men skulle även samnyttjas med passagekontrollsystem för nå ytterligare säkerhet att rätt personer släpps in på området. Denna lösning skulle i framtiden även kunna användas för att på distans kunna guida personal på plats (Ibid.).

Det ställs höga krav på säkerhet gällande SCADA/DMS. Eftersom att dedikerade kommunikationssystem används kan Fortum kontrollera och åtgärda säkerhetsfrågor på ett tillfredsställande vis. Det är en stor utmaning ur bland annat ett IT-säkerhets perspektiv att erbjuda en högre grad av nätautomation låg- och mellanspänningsnätet speciellt om publika kommunikationslösningar kommer att användas (Ibid.).

För att öka driftsäkerheten hos SCADA/DMS finns dubblerade systemlösningar och separerade lösningar för kommunikation, elnätsmatning, fast reservelförsörjning och möjlighet att koppla in reservelförsörjning för kritiska element inom SCADA/DMS. Beroende på hur lång tid det kan ta att transportera och driftsätta dieselaggregat för olika anläggningar är batteribackupen dimensionerad efter dessa parametrar. Drifttiden varierar mellan cirka 4 – 12 timmar eller i vissa fall längre. Där det inte finns möjlighet att koppla in mobil reservelförsörjning har den fasta reservelförsörjningen längre drifttider än tidigare nämnt. Fortum har diskuterat med de svenska mobiloperatörerna om publika mobilnät ska utnyttjas i större utsträckning ställs krav om 6 – 8 timmars reservelförsörjning (Ibid.).

4.2.3.2 Kommunikation under kriser

Fortum hade ett eget mobilradionät till för ett antal år sedan, men det var väldigt föråldrat samt att det var kostsamt att underhålla. Många av de andra större elnätsbolagen hade även dem egna mobilradionät men valde att avveckla dessa vid ungefär samma tid som Fortum. Den största delen av kommunikationen med fältserviceentreprenörer sker i dag genom de publika mobilnäten. Fortum använder i dagsläget TeliaSonera som mobiloperatör då den generellt sett har bäst täckning i tätort och glesbygd. Fortum har även satsat på Rakel och har i storleksordningen 50 stycken abonnemang. De som är beredskapsledare hos Fortums fältserviceentreprenörer samt några ytterligare nyckelpersoner inom deras arbetsgrupp har tillgång till Rakel-enheter. För ytterligare redundans för kommunikationsvägarna till fältpersonal har Fortum cirka 20 stycken satellittelefoner (Ibid.).

Avtalen för mobil telefoni omförhandlas var tredje år för hela organisationen vilket kan innebära att en annan mobiloperatör kan bli aktuell i framtiden (Ibid.).

4.2.3.3 Samverkan mellan Fortum och telesektorn

Olsson (2012) är inte ansvarig för hur prioritering av insatser går till under kriser. Men vad han har förstått så får Fortum inte prioritera insatser under pågående kris hur som helst. Enligt Olsson (2012) ska Fortums driftledning ha haft en dialog med TeliaSoneras driftcentral för att få veta hur TeliaSoneras prioriterade anläggningar är placerade i elnätet. För om Fortum vid inträffande av störning i elnätet kan återinkoppla viktiga element i mobilnätet för att upprätthålla mobilkommunikation inom berört område kan felavhjälpningen effektiviseras. Inom driftledningen brukar det finnas en person som har kontakt med TeliaSonera eftersom Fortum är beroende av deras nät. Således kan Fortum styra insatser så att viktiga element i mobilnätet prioriteras under felavhjälpningen (Ibid.).

PTS och MSB har anordnat el- och telesamverkansmöten, exempelvis efter stormen Gudrun som drabbade Sverige 2005, som belyste det ömsesidiga beroende som finns mellan el- och telesektorn. Det som togs upp under dessa möten var att elnätsbolagen borde kartlägga vilka matningspunkter i elnätet som är viktiga för att upprätthålla mobilkommunikation hos olika mobiloperatörer. Att mobiloperatörerna har en prioritering av nätelement inom olika geografiska områden är en viktig grundinformation för elnätsägarna som de kan ta hänsyn till om det behövs ytterligare åtgärder till vissa kritiska nätelement. Att kartlägga drifttiderna som finns för fast reservelförsörjning i mobilnätet är även viktig information för att kunna koordinera insatser på bästa vis. I dagsläget finns det inte något strukturerat eller kontinuerligt informationsutbyte mellan Fortum och telesektorn mer än att denna typ av frågor har behandlats efter kriser i mötesforum gällande el- och telesamverkan (Ibid.)

Inom smarta elnät då man vill styra och övervaka längre ut i nätet är det många fler noder som det krävs kommunikationslösningar. Det är enligt Olsson (2012) troligen ohållbart att kunna motivera byggande av egna kommunikationslösningar på samma sätt som i dag används för fördelningsstationer och vissa nätstationer i dag. Därför är det viktigt att förmedla vilka krav som elsektorn har till telesektorn för att publika mobilnät ska vara aktuella att använda i framtiden (Ibid.).

4.2.4 Elsamverkan

För att minska konsekvenserna vid större driftstörningar i lokala och regionala nät har de svenska elnätsägarna i Svensk Energis regi utvecklat en störningsberedskap. Vid inträffande av större störningar aktiveras elsamverkansorganisationen som är indelade i sju samverkansområden som har delats in efter geologiska och metrologiska förutsättningar. Elnätsföretagen försöker i så hög mån som möjligt att hantera störningar med egna resurser. Om dessa resurser inte räcker till kan resurser avropas från elsamverkansledningen då denna överenskommelse finns reglerad mellan elnätsägarna (Svenska kraftnät, 2011). Transport av resurser över längre sträckor kan genomföras av försvarsmakten genom avtal med SvK. Genom kontinuerligt informationsinsamlande av status i det drabbade området får elsamverkansledningen den information som behövs för att prioritera insatser. Denna insamling sker via det nationella IT-systemet SUSIE där reparationsinsatser och lägesbilder registreras och uppdateras, samt att beslut och åtgärder dokumenteras. Fler organisationer har observatör-rättigheter till detta system, bland annat MSB, Försvarsmakten och Räddningsverket (Energimyndigheten, 2007a).

4.2.5 Styrel

När efterfrågan på elektricitet överstiger tillgången kan samhället drabbas av elbrist vilket riskerar att delar av elnätet kan kollapsa. För att skydda element i elnäten kan elnätsägarna bli tvungna att koppla ifrån elanvändare. Denna fränkoppling sker på regionnätetsnivå vilket inte tar hänsyn till vilka användare som påverkas och således kan samhällsviktiga verksamheter och funktioner påverkas av fränkopplingen (Gellerbring & Rinne, 2012). Då vårt samhälle är beroende av elektricitet anser bland annat Regeringen, MSB och Energimyndigheten att det inte acceptabelt att koppla ifrån samhällsviktiga användare då det påverkar övergripande mål för landets säkerhet, det vill säga att värna om liv och hälsa, samhällets funktionalitet och grundläggande värden (Gellerbring, 2010). Energimyndigheten har därför haft uppdraget att utveckla ett system där det är möjligt att prioritera viktiga användare vid kortvarig allvarlig elbrist. Det projekt som Energimyndigheten har arbetat med går under namnet Styrel där fränkoppling ska ske på lokalnätetsnivå där prioriterade elanvändare får tillgång till den tillgängliga elektricitet som finns medan oprioriterade användare kopplas bort

(Gellerbring & Rinne, 2012).

Kommuner och elnätsägare arbetar tillsammans inom Styrel för att identifiera samhällsviktiga användare som bör prioriteras vid inträffande av elbrist på lokalnätsnivå. Vilka elanvändare som prioriteras sker genom lokala bedömningar vilket innebär att olika kommuner kan ha olika prioriterade elanvändare. Länsstyrelsen ansvarar för det initierande och fortlöpande arbetet och sammanställer underlag för användare som kan kopplas bort inom länet vid en elbristsituation (Gellerbring & Rinne, 2012; Toll, 2012).

Arbete med att identifiera och lämna underlag om nationellt och internationellt samhällsviktiga verksamheter ansvarar myndigheter och Försvarmakten för. Exempel på sådana verksamheter är järnvägar, flygplatser och anläggningar inom elektronisk kommunikation. Detta underlag framförs sedan till berörda länsstyrelser (Gellerbring & Rinne, 2012; Toll, 2012).

Det är viktigt att understryka att Styrel inte ger någon garanti att samhällsviktiga elanvändare inte kopplas bort vid inträffande av elbrist. I dagsläget finns inte tillräcklig utrustning i elnäten för att selektivt kunna koppla bort elanvändare på ett tillfredställande vis enligt Styrel (Gellerbring & Rinne, 2012; Toll, 2012).

4.2.5 Elsektorns erfarenheter från tidigare stormar

Energimyndigheten har genomfört utredningar av stormarna Gudrun och Per som inträffade år 2005 respektive 2007 vilket har lett till att erfarenheter har dokumenterats och förslag till åtgärder har framförts. I detta avsnitt presenteras några av dessa erfarenheter.

Förberedelser och rutiner hade förbättrats avsevärt under stormen Per i jämförelse med Gudrun. Förberedelser skedde bland annat genom att ha hög beredskap på personal, inventering av resurser, drivmedel fylldes på i fordon och reservaggregat och elsamverkansområdena aktiverades och samverkade redan innan stormen drog in. Många aktörer kom igång med återställningsarbetet 1-2 dygn tidigare än under Gudrun vilket främst hänförs till upprättade kontaktnät mellan elnätsföretag, kommuner, länsstyrelser och övriga aktörer och att personal som var med i krishanteringsarbetet hade tidigare erfarenheter från stormen Gudrun (Energimyndigheten, 2007b).

Stormarna Gudrun och Per och de skärpta funktionskraven i ellagen som innefattar större störningar har påskyndat robusthetsåtgärder i elnäten. Till en början byttes oisolerade luftledningarna ut mot isolerade ledningar och ledningsgatorna breddades. Men vid omfattande trädfällning visade det sig att isolerade ledningar inte var tillräckligt robusta då ledningsstolparna istället knäcktes av tyngden. Detta medförde att elnätsägarna prioriterade nedgrävd jordkabel för att öka robustheten i elnätet. Ytterligare åtgärder har genomförts i form av ytterligare röjning och breddning av ledningsgator men även installation av fjärrstyrda frångiljare på strategiskt viktiga platser i elnätet (Ibid.).

Stormarna fick elnätsägarna att inse vikten av att kunna lämna korrekt störningsinformation till kunder och andra aktörer. Flertalet aktörer inom olika sektorer upplevde att initialt så är det viktigare att få tillgång till information om störningen än att felavhjälpningsarbetet inleds (Ibid.).

Telekommunikationer är utomordentligt viktiga under större störningar och bristande tillgänglighet i dessa kommunikationsvägar har stor inverkan på utförandet av felavhjälpningsinsatser. I somliga fall när det inte fanns mobiltäckning fick montörer åka flertalet mil till hemmabasen för att hämta resurser och ta emot arbetsorder vilket försenade återställningsarbetet. Om störningen kräver insatser från allmänheten är beroendet ännu större (Energimyndigheten 2005b; Energimyndigheten,

2007b). När flertalet mobilnät inte fungerade under stormen Gudrun och då det inte fanns möjlighet till roaming med svenska mobilabonnemang skaffade flertalet elnätsägare danska mobilabonnemang för att möjliggöra roaming (Energimyndigheten, 2005b)

Rakel-systemet drabbades av driftstörningar under stormarna. Elförsörjningen slogs ut till flertalet basstationer och reservelförsörjningen fungerade inte som den skulle göra. Felaktiga inställningar och avsaknad av mobila reservverk orsakade störningar i Rakel-nätet. Detta skall ha åtgärdats efter stormen Per (Energimyndigheten, 2007b).

4.2.6 Lagar och föreskrifter

Efter stormarna Gudrun och Per genomfördes utredningar som ledde till ändringar i ellagen. Elnätsägarna har numera ett funktionskrav på sig som innebär att elavbrott inte får överstiga 24 timmar och förväntas kunna hantera återkommande händelser som snöoväder, åska och stormar. Lagändringen innebär även att elnätsägarna har en skyldighet att betala avbrottsersättning till elanvändare som har varit utsatt för elavbrott som varat i minst 12 timmar. Ersättningen sker enligt en stigande skala där det lägsta beloppet börjar på 12.5 procent av elanvändarens beräknade årliga nätavgift (Energimyndigheten, 2009).

Utredningarna kom även att resultera i krav på elnätsägarna att de årligen ska lämna in RSA:er till Energimarknadsinspektionen (Ibid.). Kravet infördes under 2010 och enligt Energimarknadsinspektionens föreskrift EIFS 2010:3 ska RSA:en innefatta kartläggning av nuläget, identifiering av riskkällor, uppskattning av risker och sårbarheter samt identifiering och prioritering av åtgärder som leder till minskad risk och sårbarhet. Riskerna som identifieras i arbetet ska sedan delas in i grupperna anläggningsteknik, enstaka anläggningsobjekt, nätstruktur, organisation och arbetsprocesser och övrigt. I den dokumentation som skickas in till Energimarknadsinspektionen ska även vilka risker som ska åtgärdas framgå (EIFS 2010:3).

4.3 Smarta elnät

Nästa generations elnät, smarta elnät, är ett relativt nytt begrepp som saknar entydig definition. I litteratur inom området förekommer definitioner där ett övergripande syfte framförs medan andra beskriver vilken typ av teknologi som ska användas. Enligt Energimarknadsinspektionen (Bollen, 2010) återkommer följande funktioner och egenskaper när smarta elnät diskuteras på den internationella arenan:

- Mer mätning, kommunikation och styrning. Även på distributionsnivå
- Energilagring, både stor- och småskalig
- Avancerade nätautomations- och skyddssystem
- Styrning av mindre produktionsenheter, individuella enheter eller grupper av mindre enheter, styrning av större vind- och solkraftsanläggningar
- Möjlighet att lägga driftreserver på förbrukningssidan och hos mindre produktionsenheter.
- Deltagande av fler aktörer (även småkunder) på elmarknaden och utveckling av marknader för systemtjänster.

Den definition som Fortum (2012a) använder för smarta elnät är att elektricitet ska kunna överföras till konsumenten från större produktionsanläggningar samt att elektricitet från konsumenters distribuerade produktionsenheter kan överföras till elnätet. Smarta elnät ska vara en marknadsplats för distribuerad energiproduktion och för konsumenter. Det som händer på nätet ska ske och mätas i

realtid där nätet anpassar och korregerar sig genom automation. De smarta lösningarna kräver att informations- och kommunikationsteknologi (IKT) integreras i elnätet (Fortum, 2012a).

För Selberg (2012) innebär smarta elnät att man kan ansluta förnybara energikällor till elnätet, att det sker en övergång från toppmatad effektgenerering vid stora kraftanläggningar till mer distribuerad energigenerering där det kommer att krävas mer utrustning som kan mäta energiflöden och liknande som möjliggör fjärrmanövrering av elnätet. Detta är en långsiktig process som det förmodligen kommer att dröja ytterligare många (kanske 5-10) år innan några storskaliga lösningar implementeras (Selberg, 2012).

Fortum är en av huvudaktörerna av utveckling av smarta elnät i Norra Djurgårdsstaden som är en ny miljöstadsdel som håller på att förverkligas i Stockholm. Utvecklingen av smarta elnät i Norra Djurgårdsstaden leds av Fortum tillsammans med ABB, Ericsson och KTH med flertalet andra bidragande aktörer (Fortum, 2012b; Fortum, 2012c). För att kunna använda energi så effektivt som möjligt behövs intelligent kontroll över produktion och konsumtion vilket ställer höga krav på bra IKT-lösningar (Fortum, 2012b). Införande av IKT-lösningar ska möjliggöra mätning av bland annat elkvalitet, elanvändning, transmissionsförluster och realtids priser. Informationen bygger på en tvåvägskommunikation där information utbyts mellan elaktörer och konsumenter. Detta medför att kundanpassade lösningar kan utformas där kunden exempelvis kan anpassa sin elkonsumtion efter prisförändringar och realtidsförbrukning. Informationen kan överföras antingen med trådbundna eller trådlösa system där det finns flertalet olika teknologier och lösningar (Europeiska kommissionen, 2011).

Inom smarta elnät behövs det två grundläggande informationsinfrastrukturer. Det första är överföring av data från sensorer och apparater till smarta mätare. Det andra är ett system som överför data mellan smarta mätare och enheten för central datainsamling. I det andra systemet kan det vara aktuellt med användning av mobila kommunikationsnät. Det finns olika faktorer som man bör ha i åtanke vilket system man bestämmer sig för att använda, exempelvis tid för driftsättning, driftkostnader och om utbyggnaden sker i landsbygd/tätort. En teknologi som är lämplig för en miljö kanske inte är lämplig för en annan (Gungor et al., 2011).

4.3.1 Krav på mobila kommunikationer inom smart elnät

Det finns utformade standardkrav för automation av ställverk inom elnät som har utformats av International Electrotechnical Commission (IEC) som arbetar för att ta fram internationella standarder inom elektroteknik. Standarden IEC 61850 som används av SCADA-system håller på att utbredas för att även innefatta bland annat kommunikationssäkerhet och användning inom andra områden än ställverket. Till en början kan det enligt Selberg (2012) vara aktuellt att använda de krav som ställs på SCADA-system för att sedan kompromissa om lösningarna blir för dyra. IEC 61850 ställer krav på om exempelvis en transformator upptäcker ett fel ska ett relä öppnas inom tre millisekunder. Det är ett krav som LTE-teknologin inte måste uppfylla då det är ett krav inom anläggningen och inte utanför anläggningen. Inom IEC 61850 finns krav på att signal mellan nätstationer för att exempelvis öppna en brytare ska ske inom tio millisekunder. LTE möter inte dessa krav idag. Ett fall som undersöks är *fast automation*, som innebär automation inom elnätet som ställer krav om 20 millisekunders latency. Detta krav möter LTE idag eller är väldigt nära att uppfyllas. För användning av smarta elmätare ställs inte alls lika hårda krav om låg latency, men Ericsson jobbar med 20 millisekunders latency som ett baskrav (Donovan, 2012).

Radiokommunikation har vanligtvis jitter mellan 5-10 millisekunder som beror på schemaläggning

och tilldelning av radiokanaler. Det finns olika schemaläggningar som kan användas för att exempelvis säkerställa att kanaler finns tillgängliga utan att behöva vänta på lediga kanaler. Enligt IEC 61850 får jitter inte överstiga 1.5 millisekunder, vilket inte uppfylls med LTE-teknologin idag. Men enligt Donovan (2012) har dialoger med Fortum visat att vissa scenarier tolererar högre jitter, runt 50 millisekunder, vilket innebär att alla krav som ställs på smarta elnät inte kan hänvisas till IEC 61850 (Ibid.).

Packet loss inom LTE-teknologin kan påverkas genom olika robusta kodningar. Viss kodning kan exempelvis göra att överföringen blir mer tillförlitlig till kostnad av minskad överföringshastighet. LTE kan således hantera denna problematik med olika kodningar.

Under normal drift av smarta elnät är den datatrafik som förmedlas inte särskilt trafiktung om man jämför med den trafik som förmedlas med smartphones. Ett eventmeddelande från en nätstation är uppskattningsvis runt 100-250 byte (Donovan, 2012; Markkula et al. 2012), vilket nödvändigtvis inte kräver att LTE-teknologin behöver användas (Selberg, 2012). Men vid inträffande av krissituation kan det tänkas att det uppstår problem då många enheter skickar små datapaket samtidigt som aggregerat kan bli en stor datamängd. Här kan det därför bli aktuellt att viss data ska få prioritet att skickas framför annan datatrafik (Donovan, 2012; Selberg, 2012). Sen är det möjligt att nätstationerna kan samla in mer data där man får mer information om exempelvis belastningar och beräknade kostnader för strömbavbrott. Det blir även allt vanligare att kunna skicka videoströmmar via mobilnätet, vilket skulle kunna vara en användbar applikation att installera på nätstationer för att upptäcka inbrott, sabotage men även ge lägesbilder om omliggande terräng. Att utnyttja videoapplikationer ställer då högre krav på bandbredd. Hur ofta informations ska skickas beror på vilket fall som utreds. Om nätstationer exempelvis endast skulle skicka larm kanske det skickas ett larm/år. Om data från nätstationer ska tas in för att planera belastningar kanske det räcker med att skicka eller hämta data ett fåtal gånger per år (Selberg, 2012). Datamängderna som förknippas med smarta elnät är helt beroende på vilket fall som studeras och vilka applikationer som används (Donovan, 2012).

Inom mobilkommunikation är säkerhet en väldigt viktig del. Det finns integritetsskydd, autentisering genom SIM-kort som kopplas till kärnnätet. När ett samtal initieras skickas kontrollsignaler som godkänner abonnenten och samtalet krypteras. Krypteringen som används är stark. Det som elnätsägarna borde fundera på gällande säkerhet inom smarta elnätet är om man förlitar sig på den säkerhet som finns inom teknologin eller om man vill ha ytterligare skydd med en överliggande VPN-tunnel eller liknande. Inom LTE finns det möjlighet att addera ytterligare skyddsnivåer (Ibid.).

För att 4G-kommunikation ska användas inom smarta elnät måste det finnas reservelförsörjning. Dem flesta operatörerna har inte några längre backuptider, och det behövs många timmar för att stödja ett säkert driftsystem. Det fasta telenätet hade tidigare 24 timmars backup, under den tiden hinner man utföra mycket återställningsarbete under exempelvis en storm. Ett minimumkrav på reservelförsörjning skulle enligt Selberg (2012) kunna vara två timmar. Men om många anläggningar har drabbats så är två timmar inte mycket tid som Fortums driftledningen hinner agera på. Det gäller att planera kommunikationsnätet så att det finns reservelförsörjning inom samtliga delar som krävs för att driftledningssystemet ska fungera. Har exempelvis ett modem på en nätstation reservelförsörjning, men inte övriga komponenter i nätstationen finns det ingen nytta att enbart kommunikationen fungerar vid inträffande av elavbrott. Att använda 24 timmar som ett riktvärde för reservelförsörjning är förmodligen en bra utgångspunkt, om dessa lösningar medför för dyra kostnader kan det vara läge att kompromissa. Men om det inte finns någon reservelförsörjning för kommunikationslösningen är det inte överhuvudtaget en intressant lösning

(Ibid.). Enligt Donovan (2012) är reservelförsörjning för basstationer inte ett tekniskt problem utan av ekonomisk karaktär. För att hitta lösningar gällande högre tillgänglighet genom längre drifttider för reservelförsörjning krävs det att hitta innovativa företagslösningar där det uppstår en win-win situation mellan elnätsägare och mobiloperatörer. Om exempelvis en elnätsägare ställer krav att det ska finnas 24 timmars reservelförsörjning gäller det att fundera över hur detta ska finansieras. När elnätsägaren tecknar avtal med mobiloperatören kan SLA utformas som innefattar reservelförsörjning. Det kan tänkas att myndigheter genom PTS är villiga att finansiera tillgänglighetsförhöjande åtgärder. En ytterligare möjlighet är att elnätsägarna kan vara med och finansiera reservelförsörjning i mobilnätet i utbyte mot att datatrafik från elnätsägarna prioriteras vid inträffande av reducerad framkomlighet (Ibid.).

4.3.2 Fördelar- och nackdelar med LTE inom smarta elnät

Det som är fördelaktigt med att använda LTE inom smarta elnät är att tekniken är en global standard som är fördelaktigt att använda då unika lösningar för kommunikation förknippas med högre kostnader (Donovan, 2012). I dagsläget används SCADA som driftstödssystem för att kontrollera kraftverk, fördelningsstationer och stamnätsstationer. Med det systemet finns det stora möjligheter att samla in olika data och styra olika element i elnätet. SCADA-systemet förknippas med höga krav på säkerhet med höga kostnader där kontrollutrustningen i en fördelningsstation kan kosta lika mycket som en mindre nätstation. Den kommunikationslösning som ofta används i systemet är ofta en dedikerad lösning för driftstödssystemet vilket medför stora kostnader jämfört med en publik lösning som till exempel 4G-nätet tillhandahåller. Selberg (2012) anser att det är orealistiskt att implementera sådana dedikerade kommunikationslösningar i nätstationer för att samla in data och styra nätelement. Om smarta elnät blir aktuellt att använda för nätstationer kan inte kostnaderna för styrsystemet vara för hög utan det krävs billigare lösningar. Genom att utnyttja redan befintlig infrastruktur för kommunikationslösningar, exempelvis mobilnätet, blir det betydligt billigare och enklare att ansluta denna typ av styrsystem (Selberg, 2012). Enligt Donovan (2012) är LTE-teknologin gällande utrustning och antenner mogen för att implementeras internationellt bland mobiloperatörerna (Donovan, 2012).

Fortsatt utveckling och uppgradering av LTE handlar endast om att förbättra den mjukvara som finns kopplat till systemet och ytterligare komponenter behöver inte installeras för att förbättra dess prestanda. Det är en av anledningarna till varför LTE anses vara en framtidssäkrad teknologi. Ericsson arbetar med att förbättra mjukvaran för att uppfylla de krav som ställs på LTE genom nya releaser som släpps av branschorganisationer och inför framtida användningsområden. Donovan (2012) understryker att LTE-teknologin inte kommer att passa alla delar för kommunikation inom smarta elnät, men det är ett bra alternativ för att kunna nå ut till anläggningar längst ut i nätet där det exempelvis är svårt eller för dyrt att installera en optofiberkabel. LTE kan exempelvis vara användbart för kommunikation med distribuerad elgenerering, nätstationer och för att hantera information till och från kunder (Ibid.).

Det kan vara dyrare att bygga ut ett LTE-nät inom tätort då det finns större krav på bandbredd vilket kräver ett tätare nät. Men i landsbygden är behovet ofta inte lika stort vilket medför att kostnaderna blir mindre och man kan nå många användare med större geografisk spridning. LTE-teknologin har lägre latency och kan skicka och hantera betydligt större datamängder än GSM och UMTS. LTE har inbyggda prioriteringsfunktioner som inte finns tillgängliga i Sverige med de tidigare teknologierna GSM och UMTS. En av nackdelarna med att använda publika LTE-nät inom smarta elnät är att elnätsägarna inte äger självaste kommunikationslösningen vilket innebär att man är beroende av en extern operatör som agerar efter flertalet intressen som inte behöver överensstämma med de krav som elsektorn ställer på systemet. Det är inte helt säkert att telekombolagen kan leverera de

kvalitetsparametrar som elsektorn ställer på LTE gällande exempelvis latency, prioritering och packet loss. Det är därför viktigt att ha en aktiv dialog mellan parterna så att telekombolagen är medvetna om vilka användningsområden som elsektorn skulle kunna tänkas använda LTE och vilka krav som ställs (Ibid.).

Enligt Donovan (2012) och Selberg (2012) kommer LTE-kommunikation förmodligen att vara mer applicerbar inom smarta elnät i landsbygden jämfört med tätort då det finns fler distribuerade enheter i landsbygden som det är svårt att dra en fysisk kabel till. Enheter i tätortsmiljö har oftast bättre tillgång till optofibernät. Kostnadsmässigt är LTE en kostnadseffektiv lösning inom smarta elnät då ett publikt mobilnät används och det går snabbt att installera nya anläggningar för att teknologin bygger på en internationell standard. Det är relativt enkelt och det går snabbt att installera ett modem på exempelvis en nätstation som utnyttjar LTE (Donovan, 2012). I dagsläget är nätstationerna på landsbygden enklare än dem som finns i storstäder och samlar inte in lika mycket information. Att kunna samla in larm från nätstationer i landsbygden blir en ny funktion i sig som enklare kan realiseras genom att utnyttja publik mobilkommunikation (Selberg, 2012) Om LTE installeras som en dedikerad lösning för elnätsägarna blir kostnaderna dock betydligt större (Ibid.).

4.3.3 Tidigare genomförda studier med publik LTE inom smarta elnät

Det har i både i Sverige och Finland genomförts vetenskapliga studier hur LTE-teknologin kan användas inom smarta elnät. I detta avsnitt presenteras resultat från två genomförda studier.

4.3.3.1 Latency-, bandbredds- och packet loss-analys av LTE inom smarta elnät i Sverige

I ett experiment utfört av Yu Xu (2011) vid KTH användes ett hypotetiskt smart elnät bestående av tre delsystem i form av nätstationer/distribuerad elgenerering, Phasor measure units (PMU) och Advanced meter infrastructure (AMI) (Xu, 2011).

PMU anses vara en av de viktigaste komponenterna i nästa generations elnät. Dess uppgift är att mäta synkrona fasvinklar för spänning och ström i elnätet. Elnätets tillstånd definieras av spänningens magnitud och fasvinkeln vid varje samlingsskena. Baserat på mätningar från PMU kan tillståndsuppskattningar av elnätet utföras i realtid. Mätningarna genomförs 20-60 gånger per sekund, vilket benämns som 20-60 Hz. För de flesta fallen så är data som skickas cirka 100-200 bytes (Ibid.).

Då nästan 90 procent av alla elavbrott och störningar sker i distributionsnätet är Advanced meter readings (AMR) viktiga för att uppmärksamma dessa. AMR samlar in konsumtionsdata och alarm från kunden. AMR skickar endast information från kunden, men detta löser inte efterfrågans krav hos konsumenterna. Därför har AMI utvecklats som både skickar information från kunden och upplyser denna om sin förbrukning. Denna tvåvägskommunikation möjliggör för smarta elnät att hantera konsumtionsefterfrågan. Flertalet nya funktioner möjliggörs genom införande av AMI. Bland annat realtidsprissättning, där kunden kan påverkas sin konsumtion mot det aktuella priset, och bortkoppling av konsumtion under perioder då efterfrågan är stor. Generellt så behöver konsumtionsmeddelanden skickas 4-6 gånger under en timme, alltså var 10-15 minut (Ibid.).

Mellan dessa system kopplades transmissionsledningar, laster och transformatorer. En distribuerad elgenerering, tre transformatorer och sex samlingsskenor kopplades in. PMU samlade in eldata från samlingsskenor och AMI skickade användarinformation till och från kunderna. Informationen som skickades via AMI och PMU använde LTE-nätet som kommunikationsmedia. Mätinformation från AMI skickades var 15 minut och PMU 60 gånger per sekund. De krav som ställdes på latency var

tio millisekunder för PMU och en sekund för AMI enligt IEC 61850-5-standarden. För den givna modellen ställdes krav för bandbredd för värsta fallet då alla enheter laddar upp data samtidigt. Den bandbredd som krävdes uppströms och nedströms var 22 Mbit/s respektive 21 Mbit/s (Ibid.).

I de resultat som presenterades bedömdes operatörerna TeliaSonera och Tele2:s LTE-nät i termer av packet loss, latency och bandbredd upp- och nedströms (Ibid.).

Av den data som skickades resulterade i att packet loss var överlag mindre än 0.01 procent för LTE-näten. Tele2 hade en packet loss på 0.0025 procent och TeliaSonera 0.025 procent (Ibid.).

Enligt experimentets simuleringar var latencyn i Tele2:s nät 9.2725 millisekunder och 13.2375 millisekunder i TeliaSonera nät för datapaket om 100 bytes. Latencyn ökade ju större datapaket som förmedlades. Latency-kraven uppfylldes således i Tele2:s nät men inte TeliaSoneras (Ibid.).

Den maximala ned- och uppladdningen hos operatörerna uppmättes till 30 Mbit/s, vilket uppfyllde bandbreddskraven om 22 Mbit/s uppströms och 21 Mbit/s nedströms (Ibid.).

Enligt Xu (2011) visade experimentet att LTE är en lovande teknologi att använda som kommunikationssystem inom smarta elnät, men att ett fullskaligt system innehåller långt fler komponenter än AMI och PMU. Exempelvis så ska transformatorer, brytare och annan utrusning kunna fjärrstyras (Ibid.).

4.3.3.2 Latency- och packet loss-analys av LTE inom smarta elnät i Finland

Markkula et al. (2012) har genomfört simuleringar där intelligenta elmätare (AMR) användes inom ett geografiskt avgränsat område inom tätort med LTE som informationsbärare. Området var av storleken 2.5 kilometer x 1.5 kilometer med 750 tillhörande AMR. Alla AMR hade täckning genom en basstation som var öppen för publikt användande. Följande scenarier utvärderades: bakgrundstrafik, normal uppladdning av AMR-trafik med bakgrundstrafik, normal uppladdning av AMR-trafik och AMR-avbrottstrafik med bakgrundstrafik, samt uppladdning och nedladdning av AMR-trafik med bakgrundstrafik under normala förhållanden. För mer detaljerad information se referens (Ibid.).

Bakgrundstrafiken motsvarade normalt utnyttjande av publikt LTE-nät där medelnedladdningstrafik genom FTP motsvarar cirka 750 kB/s, stream-tjänster cirka 300 kB/s, videosamtal uppladdning/nedladdning cirka 200 kB/s, röstsamtal uppladdning/nedladdning 30 kB/s och HTTP cirka 20 kB/s. Den totala bakgrundstrafiken upptar cirka 1.3 MB/s. Detta baseras på 925 mobilanvändare som förbrukar i genomsnitt 5 MB/timme. Den approximativa uppladdningen och nedladdningen av AMR-trafik var cirka 0.2 kB/s respektive 0.06 kB/s. I tabell 6 nedan redovisas latency och i tabell 7 redovisas packet loss för olika data för de olika fallen (Ibid.).

Tabell 12. Medelvärde för latency i sekunder för olika data för de olika fallen (Markkula et al. 2012).

Fall	Bakgrundstrafik	Normal AMR- trafik	Normal AMR- trafik med avbrottstrafik	Uppladdning- och nedladdning av normal AMR-trafik
AMR uppladdning	-	0.02 - 0.05	0.02 - 0.06	0.02 – 0.04
AMR nedladdning	-	-	-	0.002 – 0.005
Röstsamtal	0.07 – 0.09	0.07 – 0.1	0.06 – 0.07	0.06 – 0.07
Videosamtal	0.02 – 0.1	0.04 – 0.1	0.04 – 0.1	0.03 – 0.1
Streaming	0.002 – 0.005	0.002 – 0.004	0.002 - 0.004	0.002 – 0.005
HTTP	0.2 – 0.8	0.2 – 1	0.1 – 1	0.2 – 1
FTP	10 – 120	15 - 180	15 – 200	10 – 180

Tabell 13. Andel packet loss uttryckt i procent för olika data för de olika fallen (Markkula et al. 2012)

Fall	Bakgrundstrafik	Normal AMR- trafik	Normal AMR- trafik med avbrottstrafik	Uppladdning- och nedladdning av normal AMR-trafik
AMR uppladdning	-	0	0	0
AMR nedladdning	-	-	-	0
Röstsamtal	1	1	0	0
Videosamtal	13	12	11	12
Streaming	0	0	0	0
http	4	6	5	5
FTP	24	20	15	21

Den vanliga trafiken som smarta elmätare medför för de fall som har studerats är väldigt små, mindre än en procent av den totala bandbredden. Packet loss är approximativt noll procent och latency är några tiondelssekunder (Ibid.).

AMR-trafiken påverkade bakgrundstrafiken med en ökad latency för FTP-trafik med cirka en minut. Detta har enligt Markkula et al. (2012) ingen signifikant effekt för den totala trafiken. Latency för HTTP-trafik ökade approximativt med 0.3 millisekunder, vilket är acceptabelt då det inte påverkar användarupplevelsen. Den slumpvisa avbrottstrafiken med AMR påverkade inte den totala trafiken med signifikant effekt. Att utöka AMR-trafiken med nedladdning (kontrollinformation, mjukvaruuppdateringar etcetera) påverkade inte latency signifikant i jämförelse med de andra scenarierna (Ibid.).

För de fall som Markkula et al. (2012) simulerade menade författarna att det inte finns någon anledning att inte vidare utreda att använda publika LTE-nät för kommunikation inom smarta elnät (Ibid.).

4.4 Stormen Dagmar

Stormen Dagmar drog in över de nordiska länderna Sverige, Finland och Norge under julhelgen år 2011 och orsakade omfattande avbrott i både el- och mobilnät. I följande avsnitt presenteras hur de olika länderna påverkades av stormen, vad som påverkade tillgängligheten i mobilnäten samt vilka erfarenheter olika aktörer har delat med sig.

4.4.1 Sverige

Den myndighet som har utrett stormen Dagmar och än så länge har publicerat en rapport gällande stormen Dagmar kopplat till el- och telesektorn är PTS. I den utredning som PTS har genomfört har underlaget hämtats in från de ledande mobiloperatörerna Tele2, Telenor, TeliaSonera och Hi3G. Information från länsstyrelserna i Gävleborgs, Västernorrlands och Jämtlands län, SOS Alarm, Energimyndigheten, SMHI, Svensk Energi samt andra nordiska regulatoriska myndigheter har också använts.

4.4.1.1 Meteorologisk förklaring

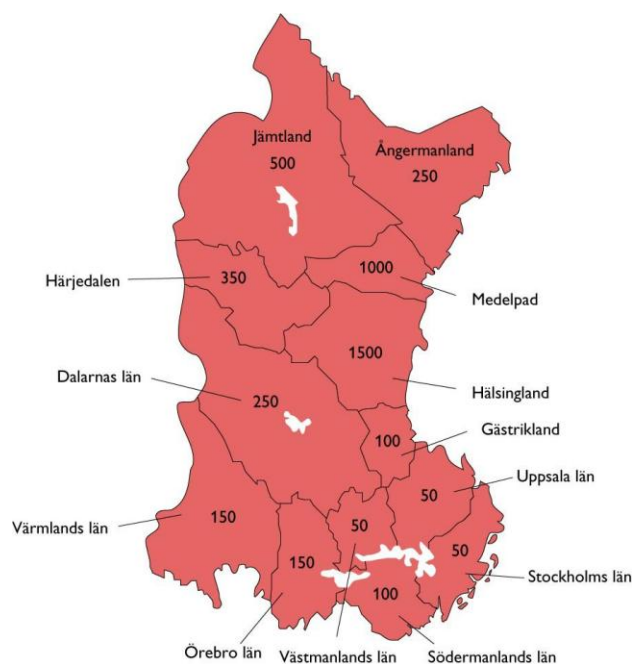
Ett intensivt oväder, som norska vädertjänster benämnde Dagmar, med sitt lågtryckscentrum passerade över mellersta Norrland natten till den 26 december 2011 vilket medförde kraftiga vindbyar (SMHI, 2012). Natten till den 27 december passerade ett nytt lågtryck med liknande bana. Söder om lågtrycket noterade SMHI de kraftigaste vindbyarna sedan SMHI införde moderna vindmätare i mitten av 1990-talet. De högsta vindbyarna noterades i Östersund med en vindhastighet om 34 m/s.

De maximala vindbyarna som noterades på fastlandet under stormen Dagmar kan jämföras med vindbyar som noterades under stormarna Gudrun (2005) och Per (2007) (Cristvall, 2012b).

Under julhelgen var det inte endast blåsig, utan flertalet värmerekord noterades för december månad. I bland annat Delsbo i Hälsingland noterades natten till den 27:e en temperatur på 10.3° C, vilket slog det tidigare rekordet på 10.0° C från 1953. I Delsbo finns det temperaturmätningar sedan 1878 (SMHI, 2012).

4.4.1.2 Stormen orsakade stor trädfällning

Ovädret orsakade stor trädfällning med cirka 4.5 miljoner skogskubikmeter stormfälld skog. Mer än hälften av den totala trädfällningen och störst volymer skedde i Hälsingland och Medelpad. De värst drabbade områdena var Gävleborgs, Västernorrlands samt Jämtlands län där trädfällningen som stormen orsakade motsvarade 20 procent av den årliga avverkningen i området. Orter som Kårböle, Ljusdal, Arbrå och Delsbo i Gävleborgs län uppgavs vara hårdast drabbade (Fries, 2012).



Figur 15. Uppskattad volym träd som föll under stormen Dagmar 25-26 december 2011. Tusental skogskubikmeter per landskap eller län (Cristvall, 2012b).

Den stormfällda skog som stormen Dagmar orsakade var uppskattningsvis mindre än sju procent och mindre än 30 procent av den stormfällda skog som stormarna Gudrun respektive Per orsakade (Cristvall, 2012b).

4.4.1.3 Störningar i elnätet

När SMHI sammanställde väderprognoser om att ovädret var på ingående höjde flera av elnätsföretagen sin beredskap både i fält och i driftledningscentraler och ökade resurstillgången i Norrland. Störstörningsorganisationer inom elnätsägarnas organisationer aktiverades samt Elsamverkansorganisationerna. Stormen orsakade omfattande skador på elnätet då stor mängd knäckta stolpar, skadade stolptransformatorer, sönderslagna isolatorer, och träd på ledningar som i vissa fall orsakade ledningsavslag. Även i dem områden där jordkabel användes drabbades av stormen då kraftiga jordfelsströmmar gav upphov till kabelfel i samband med trädpåfall på luftledning (Cristvall, 2012b).

Återställningsarbetet försenades under den första natten på grund av den hårda vinden som orsakade trädfällning. Stor del av fältpersonalen behövde därför röja vägar för att komma fram till skadade anläggningar. Under pågående storm den 26 december fick insatser avbrytas på grund av höga vindstyrkor som riskerade fältpersonalens hälsa. Uppskattningsvis bedömde elnätsbolagen att återställningsarbetet försenades med cirka 12 timmar på grund av vädret. Elnätsbolagen uppgav att ett av de större problemen var att transportera personal och material till de stormdrabbade områdena (Ibid.).

Överlag gick återställningsarbetet bra men skadorna i främst Norrland var omfattande. Som mest var 170 000 kunder utan elförsörjning, vilket kan jämföras med 730 000 och 440 000 drabbade kunder för stormarna Gudrun respektive Per. Den 9:e januari fick de sista elabbonnenterna tillbaka elförsörjningen. Det längsta elavbrottet under stormen Dagmar var kortare än vad som uppmättes under Gudrun, men längre än vad som uppmättes under stormen Per (Ibid.).

4.4.1.4 Faktorer som påverkade mobiloperatörernas förmåga att motstå och hantera stormen

Det finns flertalet faktorer som påverkade mobiloperatörernas förmåga att stödja samhällsviktiga funktioner under stormen. En av dessa faktorer var de vindbyar som orsakade trädfällning som i sin tur orsakade skador och störningar i elförsörjningen. I detta kapitel beskrivs andra faktorer som påverkade driftsäkerheten i mobilnäten.

4.4.1.4.1 Driftsäkerheten påverkas av efterfrågan

Under de senaste decennierna har den svenska marknaden för elektronisk kommunikation genomgått stora förändringar vilket har lett till att operatörerna i stor utsträckning är privata företag som konkurrerar med varandra. Den infrastruktur som krävs för mobilkommunikation förknippas med höga investeringskostnader där det är vanligt med samäganden av infrastrukturen där operatörernas tjänster utnyttjar samma infrastruktur (Cristvall, 2012).

Den konkurrens som råder på mobilkommunikationsmarknaden har påverkat förmågan att motstå och hantera olika störningar. Driftsäkerheten påverkas av marknadens efterfrågan och värdering av den samt hur operatörerna arbetar för att hantera störningar och avbrott. Detta kan påverkas vid upphandling av mobilkommunikation genom SLA som har tagits upp i avsnitt 4.1.8.

Ytterligare påverkansfaktorer är regulatoriska krav som anger grundläggande krav på driftsäkerhet (som togs upp i avsnitt 4.1.11) och statliga insatser som kan genomföras för att tillgodose samhällsbehov som inte motiveras av kommersiella eller regulatoriska grunder som tas upp i följande avsnitt.

4.4.1.4.2 Förbättrad driftsäkerhet genom privat-offentlig samverkan

Staten driver olika former av privat-offentlig samverkan med aktörer från sektorn elektronisk kommunikation. Syftet med denna samverkan är att öka tillförlitligheten i elektroniska kommunikationsnät med ekonomiska incitament för att komplettera den grundläggande driftsäkerheten som finns genom regulatoriska krav och kundavtal. Åtgärderna inriktas mot att förhindra eller minimera konsekvenser av omfattande störningar. Vilka åtgärder som genomförs beror på följande förhållanden:

- *Platser som med stor sannolikhet drabbas av störningar:* Satsningar genomförs där störningar har större sannolikhet att inträffa och har stora påfrestningar på samhället. Vissa delar i Sverige är exempelvis mer utsatta för extremväder medan andra platser kan vara intressanta som mål för sabotage och terrorism.
- *Sårbara funktioner:* De element inom näten som är kritiska för systemens funktion.
- *Samhällsviktiga funktioners behov:* Närvaro av samhällsviktiga verksamheter på lokal regional eller nationell nivå kan motivera att satsningar gällande redundans genomförs.
- *Antal drabbade abonnenter:* Att satsningar genomförs för att begränsa konsekvenserna för samhället vid störningar eller avbrott.

För att förbättra aktörer inom sektorn elektronisk kommunikations krishanteringsförmåga och samhällsviktiga verksamheters förmåga att motstå störningar och avbrott i elektronisk kommunikation har PTS under ett antal år genomfört olika åtgärder. Åtgärder som har genomförts

är bland annat att kritiska element i nätet finns skyddade i bergrum, förbättrad lednings-, samverkans- och informationsförmåga och förbättrad förmåga att upphandla bättre SLA för att skydda verksamhetens funktion. PTS har samverkat med mobiloperatörerna genom att finansiera cirka 2 000 fasta reservverk och ett 30-tal mobila basstationer som används av Hi3G, Tele2, Telenor och TeliaSonera (Cristvall, 2012b).

4.4.1.4.3 Reservelförsörjning

Som det i tidigare avsnitt har beskrivits orsakade stormen Dagmar störningar i elförsörjningen. Konsekvenserna av stormen för mobiloperatörerna kopplas samman med reservelförsörjning samt hur denna kan upprätthållas under tid.

Nedan presenteras hur operatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSonera hade dimensionerat sin reservelförsörjning under stormen.

4.4.1.4.3.1 Hi3G

Hi3G har fast installerad reservelförsörjning för olika element i mobilnätet och har tillgång till mobila reservdieselaggregat som förvaras och hanteras runt om i landet av de interna och externa fältserviceorganisationerna. En del av denna reservelförsörjning har finansierats av PTS. Där det är fysiskt möjligt har anläggningarna i mobilnätet installerat snabbanslutning för dieselaggregat vilket innebär att det finns ett installerat uttag för inkoppling av dieselaggregat vid anläggningen. Detta medför att dieselaggregaten enkelt kan kopplas in vid behov. Hur dimensioneringen av fast reservelförsörjning ser ut beror främst på hur många abonnenter som anläggningen hanterar men även hur lång tid det tar att köra ut ett reservdieselaggregat till anläggningen. De element i kärnnätet som hanterar ett större antal basstationer har fasta batteribackuper och/eller dieselaggregat som ska ha en drifttid över 24 timmar. Basstationerna i accessnätet har en batteribackup med en drifttid som varierar mellan 0,5 - 5 timmar beroende på vilket skick batteriet har. Batteriernas kapacitet reduceras under tid och kapaciteten kan försämrats snabbt om exempelvis luftkonditioneringen för batterierna slutar att fungera. Det finns rutiner för underhåll av batteribakuperna som utförs minst en gång varje år och då drifttiden understiger 30 minuter byts dem ut. Nya element som byggs ut i nätet utrustas med mer effektiva likriktare än tidigare som förlänger livslängden för batteribakuperna. Under Hi3G:s dryga tio år på den svenska marknaden har flertalet batteribakupar behövts bytas ut för att de har blivit för gamla eller för att kapaciteten har försämrats av olika anledningar. Den billigaste batteribakupen som Hi3G använder kostar runt 4 000 kr. Men det är inte en engångsinvestering utan en löpande kostnad. Uppskattningsvis investerar Hi3G årligen miljontals kronor i batteribakupar (Ibid.).

Fältserviceorganisationerna har flertalet olika modeller för reservdieselaggregat där de större är monterade på ett släp. Normalt förvaras dieselaggregaten fulltankade, men diesel kan inte förvaras för länge på grund av organisk tillväxt. De tankar som har förvarat diesel i mer än ett år tappas ut och fylls på med ny diesel. Att diesel måste tappas ut på grund av organisk tillväxt inträffar endast på ett fåtal aggregat per år då de flesta aggregaten används och tankas upp på nytt under ett år. På samma vis som en bil måste aggregaten in på service för att kontrollera att de fungerar som de ska. Service genomförs i snitt vartannat år (Ibid.).

För att förlänga batterikapaciteten vid störning finns det olika möjligheter beroende på hur basstationerna är uppbyggda. På de basstationer som stödjer både 4G och 3G så prioriteras röstsamtal före datatrafik vid en krissituation och 4G-täckningen kopplas bort. Vissa 3G-basstationer utnyttjar både 900 MHz-bandet och 2 100 MHz-bandet där 900 MHz-bandet har större

yttäckning. Cirka en tredjedel av 3G-basstationerna använder 900 MHz-bandet. Vid inträffande av kriser kan 2 100 MHz-bandet släckas ned för att ge företräde åt 900 Mhz-bandet (Ibid.).

Enligt Karlsson (2012) har Hi3G flertalet gånger beskrivit hur existerande reservelförsörjning ser ut för nätets olika element för PTS. Men Hi3G har än så länge inte blivit kontaktade gällande PTS arbete med att utforma krav på reservelförsörjning för nät inom elektronisk kommunikation (Ibid.).

4.4.1.4.3.2 Tele2

Olika basstationer inom Tele2:s mobilnät utrustas med olika typer av reservelförsörjning med varierande drifttider. Antingen så används batterilösningar och/eller dieselaggregat som reservelförsörjning där drifttiden kan variera från fåtalet timmar till mer än åtta timmar. Tele2 bygger ut sitt 4G/GSM-nät, tillsammans med Telenor, med ett riktvärde om fyra timmars reservdrift. Element i kärnnätet som är kritiska har längre drifttider om cirka 24 timmar. Vid användande av en batterilösning har dessa en begränsad livslängd om cirka 8-10 år. För att säkerställa batteriernas funktionalitet byts dessa ut efter drygt hälften av den rekommenderade livslängden (Assarson et al. 2012).

Det finns flertalet parametrar som spelar in vid implementering av reservelförsörjning. Vid planeringen är det viktigt att uppskatta hur mycket trafik basstationen kommer att hantera. En basstation som hanterar mycket trafik bör ha längre drifttid för reservelförsörjningen. En annan viktig parameter är framkomligheten till basstationen, exempelvis om den är placerad nära större vägar eller vid mindre skogsvägar. Om det är svårare att ta sig fram till basstationen så prioriteras längre drifttider för reservelförsörjningen. I statsmiljöer kan det råda utrymmesbrist vilket begränsar vilken drifttid reservelförsörjningen har då längre drifttider kopplas samman med mer utrymmeskrävande utrustning. Till sist så påverkas även drifttiden av avtal genom SLA där kunder kräver en viss tillgänglighet för en viss tjänst inom ett geografiskt område (Ibid.).

Alla basstationer inom Tele2:s nät ska vara utrustade med snabbinkoppling av mobila dieselaggregat som kan användas vid behov. Tele2 har egna dieselaggregat med varierande drifttider utspridda över landet som kan användas vid behov. Flest aggregat finns i södra Sverige då största delarna av befolkningen och antalet basstationer finns där. Aggregaten kan förflyttas från områden som inte har drabbats av störningen till de områden de anses behövas med någon dags fördröjning på grund av transport och logistik. Det finns tydliga rutiner och register för vart dieselaggregaten finns och vem som får avropa dessa. Fältserviceorganisationen har personal med den fackmannamässiga kunskap som krävs för att ansluta ett dieselaggregat (Ibid.).

Drifttiderna för reservelförsörjning kan förlängas genom att utnyttja de funktioner som finns kopplade till de olika frekvensband som används för mobilkommunikation. Exempelvis så kan en basstation som använder LTE och GSM välja att släcka ner vissa frekvenser vilket minskar belastningen på stationen. Under en större kris är röstsamtal prioriterade framför dataöverföring varför LTE-elementen kan tas ur drift (Ibid.).

Kostnaderna som förknippas med en basstation med reservelförsörjning var deltagande respondenter från Tele2 inte säkra på. Men de uppskattar att kostnaderna för en basstation är i storleksordningen 100 000 kr medan reservelförsörjning om fyra timmar uppskattas till 40 000 kr (Ibid.).

Tele2 har än så länge inte blivit kontaktade av PTS gällande de föreskrifter som PTS håller på att utforma gällande krav på drifttid för reservelförsörjning för olika element i nät för elektronisk

kommunikation. Således har Tele2 inte vidtagit några förebyggande åtgärder som de kommande kraven kan komma att ställa på mobilnätselement. Omvärldsanalys där Finland har infört krav och där Norge håller på att införa krav påverkar inte Tele2:s arbete med reservelförsörjning då de agerar efter rådande lagar och kommersiella faktorer (Ibid.).

4.4.1.4.3.3 TeliaSonera

TeliaSonera har tillgång till reservelverk som finns utspridda över hela Sverige och kan transporteras från de platser som inte har blivit drabbade till de områden som har behov av dessa. PTS har delvis finansierat dessa men TeliaSonera har investerat i större mängder på egen hand som bygger på erfarenheter och lärdomar från tidigare stormar där fler reservelverk hade minskat påverkan på TeliaSoneras tjänster. Mårtensson (2012) understryker att krisen ska vara av betydande storlek och vara under längre tid innan reservelverk transporteras från lager som är geografiskt långt borta från det berörda området. Mårtensson (2012) påpekar att elleverantörerna har det huvudsakliga ansvaret att se till att elförsörjningen återansluts, vilket de även uppfyller i de flesta fallen. Men om elavbrottet varar under längre tid så kan det vara aktuellt att börja transportera reservelverk från andra platser. Under Dagmar påverkades inte TeliaSoneras mobilnät under några längre tider och TeliaSoneras driftledningscentral gjorde en bedömning att reservelverk från andra geografiska områden inte behövdes omfördelas då de lokala lagret ansågs täcka det behov som uppstod. Mårtensson (2012) har observerat att elnätägarna tycks ha utfört större robusthetsåtgärder gällande elnäten i de områden som stormen Gudrun drabbade år 2005, exempelvis i Kronobergs län, än i övriga delar i Sverige även om robusthetsåtgärder genomförs i övriga elnät (Ibid.).

Hur reservelförsörjningen dimensioneras beror till stor del på hur mycket trafik som basstationen hanterar och vilken typ av teknologi som används. TeliaSonera prioriterar längre drifttider på reservelförsörjning i GSM-nät då den räknas som samhällskritisk. Batteritiderna inom GSM-nätet varierar mellan 2-4 timmar. Vid utbyggnad av 4G-nätet så har TeliaSonera vidtagit ytterligare åtgärder med förlängda drifttider vad det gäller reservelförsörjning där drifttiden varierar mellan 4-8 timmars installerad reservelförsörjning. I tätort kopplas reservelförsörjningsfrågan ihop med utrymmesfrågor. Exempelvis om en basstation är belägen på en vind på ett hyreshus är det inte lämpligt att koppla in dieselaggregat och det finns endast ett begränsat utrymme för batteribackuper. Där det inte råder utrymmesbrist så finns det snabbinkopplingsmöjligheter för dieselaggregat. Kritiska element i kärnnätet har längre drifttider för reservelförsörjning om cirka 24 timmar (Ibid.).

I samarbete med PTS håller TeliaSonera på att utvärdera bränsleceller som alternativ för reservelförsörjning. Tekniken är dock inte mogen för att använda storskaligt ännu (Ibid.),

TeliaSonera är medvetna om de lagkrav på drifttider gällande reservelförsörjning för olika nätelement som finns i Finland. Mårtensson (2012) ser det som en rent finansiellfråga där någon måste stå för kostnaderna vid införande av lagkrav på drifttider. De billigare batteribackuplösningarna uppskattar Mårtensson (2012) kan kosta upp emot 30-40 000 kr per anläggning och sedan finns det underhållskostnader kopplade till detta. Mårtensson (2012) är inte själv delaktig vid upphandlingen av batteribackuper och reserverar sig mot att prisuppskattningen inte behöver överensstämma mot de verkliga kostnaderna.

4.4.1.5 Störningar inom mobilkommunikation

Stormen Dagmar orsakade störningar i mobilkommunikation med teknologierna GSM, UMTS och LTE. De områden som drabbades värst var Gävleborgs, Västernorrlands och Jämtlands län. Störningar uppmärksammades under midnatt den 25:e december då konsekvenserna blev märkbara

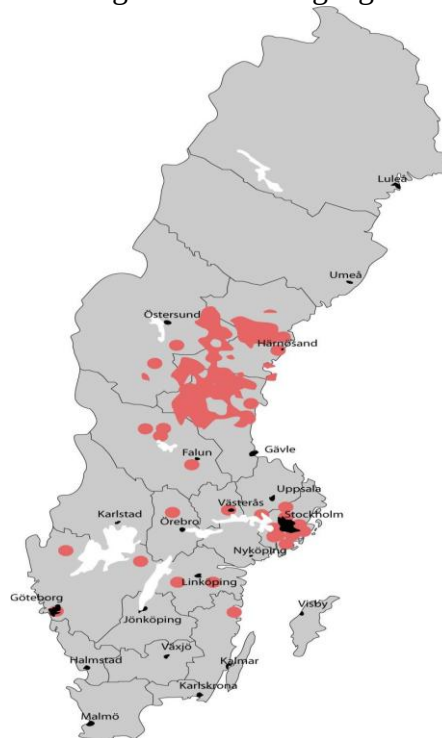
efter ett antal timmar då batteribackuperna hade tömts. Omfattningen av störningarna begränsades delvis av den överlappande täckning som operatörerna tillhandahåller av kommersiella skäl (Cristvall, 2012b).

I den rapport som PTS har sammanställt efter stormen Dagmar presenterade en uppskattning av det totala antalet drabbade abonnenter i mobila kommunikationsnät. I tabell 14 redovisas denna uppskattning:

Tabell 14. Uppskattning av antalet drabbade mobilabonnenter (Cristvall, 2012b)

Störningens längd	Antal drabbade abonnenter
1 – 2 timmar	27 200
2 – 6 timmar	40 800
6 – 24 timmar	73 800
>24 timmar	89 900
Sammanlagt	231 600

I figur 16 presenteras de geografiska områden som drabbades av avbrott i GSM- och UMTS-nät längre än 24 timmar, vilket medförde längre avbrott i tillgången till nödnumret 112.



Figur 16. Områden som drabbades av avbrott i mobilkommunikationer (GSM och UMTS) längre än 24 timmar, se de rödmarkerade områdena (Cristvall, 2012b).

Störningarna i mobilnäten orsakades huvudsakligen på grund av avbrott i elförsörjningen som varade längre än den fast installerade reservelförsörjningen. Dessa störningar uppstod främst inom accessnätet. I övriga fall påverkades transmissionsutrustningen av vind och trädfällning. Enligt bedömning av PTS berodde cirka 95 procent av avbrotten i mobilkommunikation på avbrott i elförsörjning och cirka fem procent av transmissionsfel (Cristvall, 2012b).

De olika mobiloperatörerna har på olika vis genomfört utvärderingar och uppskattningar för hur många abonnenter som påverkades av störningarna under stormen Dagmar. Nedan presenteras hur Hi3G, Tele2 och TeliaSoneras påverkades av stormen.

4.4.1.5.1 Hi3G

Hi3G har ett eget 3G/4G-nät, som kallas för hemma nät, i områdena Stockholm, Malmö, Göteborg och Blekinge. Under stormen var Hi3G:s hemma nät relativt skonade där det var östra delarna i Stockholm som drabbades värst. Det resterande 3G-nätet samägs av Hi3G och Telenor via bolaget 3GIS som drabbades av en hel del större störningar. Den vanligaste orsaken till störningarna var elavbrott på grund av trädpåfall på elledningar medan ett fåtal störningar uppstod på grund av att antenner och annan transmissionsutrustning hade vridits ur läge. Uppskattningsvis var 400 basstationer utslagna i området Gävleborgs län där en grovuppskattning visade att drygt 60 000 – 100 000 abonnenter påverkades av stormen. Uppskattningen baseras på hur många abonnenter som normalt brukar befinna sig inom det drabbade området. När den uppskattningen genomfördes hade Hi3G inte tillräckligt mycket historisk tillgänglig data för att kunna göra en jämförelse mot samma datum för tidigare år för berört område. Återställningsarbetet för att komma tillbaka till acceptabel normaldrift tog två dygn i hemma nätet och totalt fyra dygn i Gävleborgs län (Karlsson, 2012).

4.4.1.5.2 Tele2

Tele2 vet inte exakt hur många mobilabonnenter som påverkades av stormen då det är svårt att mäta hur stort bortfallet är. Tillskillnad från elnätet så är mobilabonnenter inte uppkopplad dygnet runt utan kan stänga av sin mobil. Det man kan göra att är att jämföra samtals- och datatrafik från samma datum från tidigare år för att få en uppfattning. Men eftersom Dagmar inträffade under julhelgen så är det svårt att göra en rättvis jämförelse. Detta på grund av att det ofta är många som förflyttar sig under julhelgerna och reser till orter där de vanligtvis inte är bosatta vilket kan leda till en högre trafik än under normal trafik (Assarson et al., 2012).

Påverkan på mobilnätet var lindrigt ur Tele2:s perspektiv och krävde inte någon särskild krissamordning gentemot vanlig hantering av driftövervakning. Den 5 januari var samtliga nätdelar åtgärdade och åter i normal drift (Ibid.).

4.4.1.5.3 TeliaSonera

TeliaSonera har genomfört en grovuppskattning om hur många abonnenter som påverkades av störningarna under stormen Dagmar⁴. Mårtensson (2012) påpekade att det inte är helt enkelt att avgöra hur många abonnenter som påverkades under stormen eftersom de mobila användarna inte är konstant uppkopplade utan har möjlighet att stänga av sina enheter (Ibid.). Mobilnätet var dock i stort sett tillbaka på normal drift 3 januari 2012 (Telia, 2012).

4.4.1.6 Erfarenheter och planerade åtgärder efter stormen Dagmar

I detta avsnitt redovisas de erfarenheter och åtgärder som PTS (Cristvall, 2012b) presenterade i sin rapport efter Dagmar samt erfarenheter från operatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSonera.

4.4.1.6.1 PTS

De erfarenheter som PTS presenterade var att nationella mobiloperatörer som har erfarenheter från krishantering under tidigare stormar har lett till att operatörerna har välutvecklade rutiner för att hantera stormar. Det finns etablerade kontaktnät mellan operatörerna, länsstyrelser och

⁴ Författaren fick inte ta del av denna grovuppskattning.

räddningschefer som grundar sig i tidigare erfarenheter (Cristvall, 2012b).

Områdesansvariga myndigheter hade under stormen uppmärksammat att det rådde kommunikations- och informationsbrist mellan aktörer inom elsektorn och telesektorn före, under och efter kriser. En förbättrad samverkan bör inledas för att bättre kunna prioritera sina resurser. Förslagsvis bör kontaktnät mellan sektorens driftledning och fältserviceorganisationer upprättas för att bättre kunna planera, koordinera och prioritera insatser (Ibid.).

En stor del av de störningar och avbrott som inträffade under stormen Dagmar kan hänföras till elavbrott som orsakades av trädfällning på luftledningar. Fortsatta investeringar för ökad leveranssäkerhet i elnätet kommer att förbättra förmågan att hantera framtida väderrelaterade störningar inom sektorn elektronisk kommunikation (Ibid.).

För telesektorn finns tre huvudsakliga möjligheter att förbättra förmågan att motstå störningar som orsakas av elavbrott:

- Öka den fasta reservkapaciteten för nätelement.
- Förbättrad tillgänglighet och högre servicenivåer genom avtal med elnätsägarna.
- Mer effektivt utnyttja mobila reservverk.

Tidigare i denna rapport har det presenterats att den reservförsörjning som finns i dag uppfyller kommersiella krav. Den befintliga regleringen ställer inte heller några högre krav. Mobiloperatörerna anger att teckna ytterligare avtal med elnätsägarna inte är intressant då det inte kan motiveras av ekonomiska skäl då det är mer fördelaktigt att investera i egen redundans (Ibid.).

PTS har planerat åtgärder för att förbättra samverkan mellan elsektorn och sektorn för elektronisk kommunikation. Nedan listas dessa:

- Framtagning av samverkansrutiner mellan sektorerna
- Förnyade el- och telesamverkansmöten (mer om detta i avsnitt 4.7).
- Framtagning av utbildningsmaterial och genomförande av utbildning gällande elsektorn för att öka förståelse.
- Utbyte av kontaktuppgifter med driftledningscentraler
- Påverkan av fortsatt utveckling av SUSIE för att tillgodose den information som sektorn elektronisk kommunikation är i behov av.

Dessa åtgärder kan förbättra sektorn elektronisk kommunikation att hantera framtida störningar (Ibid.).

4.4.1.6.2 Hi3G

Hi3G har efter stormen identifierat att de inte har tillräckligt bra metoder för att beräkna hur många abonnenter som påverkades av störningarna. PTS nya rapporteringskrav har pådrivit införskaffandet av bättre IT-system som kan beräkna antalet abonnenter som drabbades av tjänstebortfall inom ett geografiskt avgränsat område ända ner på basstationsnivå inom en given tid. Att få fram denna information är tidskrävande och det kan ta upp emot en dag innan programvaran är klar med körningen. Ytterligare arbete genomförs för att optimera och tidseffektivisera detta IT-system (Karlsson, 2012).

4.4.1.6.3 Tele2

Den viktigaste erfarenheten som Holmgren (Ibid.) pekar ut från utvärderingen efter stormen är att samarbetet med länsstyrelsen bör utökas. Länsstyrelsen har ett brett kontaktnät med personal från olika sektorer som kan vara väldigt användbar för att få tillgång till lägesinformation. Det har påpekats att det råder viss kommunikationsbrist och tillgång till information från andra sektorer och organisationer varför samarbete med länsstyrelsen kan överbrygga denna kommunikations- och informationsbrist. Vidare har det förtydligats att samverkan mellan mobiloperatörerna för att hjälpa varandra inte har någon större inverkan på Tele2:s krishantering. Detta grundar sig i att mobiloperatörerna har byggt upp olika nät där beroendet mellan dessa är litet (Assarson et al., 2012).

4.4.1.6.4 TeliaSonera

TeliaSonera har inte identifierat några nya risker efter stormen Dagmar. Det som har kommit upp är sedan tidigare känt. De insatser som genomfördes under stormen anser Mårtensson (2012) hanterades på ett bra sätt. Stormen visade ytterligare att mobilnäten hos olika operatörer är så pass olika att samverkan mellan operatörerna inte effektiviserar återställningsarbetet. Det är önskvärt med ökad samverkan med berörda elnätsägare för att kunna prioritera resurser på bästa vis vilket beskrivs närmare i senare kapitel (Mårtensson, 2012)

4.4.1.6.5 Fortum

Fortum har identifierat flera områden som kan förbättras som kopplas samman med erfarenheter från stormen Dagmar. Fortum genomför störstörningsövningar enhetsvis sedan tidigare, men dessa övningar visar inte på den komplexitet som finns i samverkan mellan enheter som uppstod under Dagmar. För att testa beredskap, ansvarsroller och rutiner inom organisationen har rekommendationer framförts om att störstörningsövningar borde genomföras vart annat år (Hansson, 2012).

Telekommunikation är viktig för Fortums krishanteringsförmåga under samtliga skeden. Under stormen fungerade varken Rakel eller mobilkommunikationer som förväntat. Förslagsvis så behövs det utformas en ansvarsroll med befogenheter för kommunikationer för att kunna prioritera återställningsinsatser i mobilnätet och förbättra prognoser för reparationstider (Ibid.).

4.4.2 Finland

Den 26 december 2011 drabbades områdena Egentliga Finland och Satakunta i sydvästra Finland av ett kraftigt lågtryck. Detta ledde till omfattande stormskador och elavbrott som påverkade samhällskritiska funktioner (Regionsförvaltningsverket i Sydvästra Finland, 2012). Stormen, som i Finland kallades Tapani, befarades medföra starka vindar som kunde orsaka trädfällning som i sin tur kunde orsaka strömavbrott. Den 26 december uppmättes vindbyar upp mot 30 m/s. Två personer dog till följd av stormen. Sydvästra Finlands Regionsförvaltningsverk höll gemensamt möte med kommuner, energi- och telekombolag samt representanter från myndigheter den 10 januari 2012 varefter förvaltningsmyndigheten bestämde sig för att arbeta med en rapport om effekterna efter Stormen. En webbenkät skickades ut till kommuner, energibolag, mobiloperatörer, sjukhus, vårdcentraler, larmcentraler (Horelli, 2012).

4.4.2.1 Den allmänna situationen

Tätorternas strömbavbrott varierade från ett par timmar till ett par dagar. I glesbygdsområden kunde elavbrotten vara i mer än två veckor. I många kommuner orsakade stormen svår framkomlighet i trafiken då träd hade ramlat ner. Vattenförsörjningen påverkades av strömbavbrottet. I regel är inte reningsverk eller pumpstationer utrustade med reservförsörjning. Äldreomsorgens trygghetslarm påverkades och fastigheter med elektroniska lås påverkades. Strömbavbrottet försvårade livsmedelsförsörjning och kommunerna hade brister i beredskapsplanering gällande livsmedel (Horelli, 2012; Regionsförvaltningsverket i Sydvästra Finland, 2012).

De flesta sjukhus och vårdcentraler hade egen reservelkraft. De aktörer inom hälsa- och sjukvård upplevde att det största problemet under elavbrottet var att det inte fanns tillgång till telekommunikation vilket försvårade spridning av patientinformation (Horelli, 2012).

Stormen påverkade så att basstationer i VIRVE (Finlands motsvarighet till Rakel) slutade fungera då batteribackupernas drifttider inte räckte till vilket påverkade koordineringen av räddning- och felavhjälpningsinsatser. I området Egentliga Finland slutade cirka 50 procent av VIRVE-nätets basstationer att fungera. För VIRVE-nätet saknades planer och rutiner för att transportera reservelverk varför försvarsmakten och räddningstjänst kallades in för transport av reservelverk till basstationer i VIRVE-nätet, men även till det publika mobilnätet. Under stormen användes VIRVE upp till sjugångar mer än under normala förhållanden (Horelli, 2012).

Gällande framkomlighet på vägar fungerade inte samarbetet med vägtrafikcentralen och andra myndigheter tillräckligt bra då det inte fanns några tydliga ansvarsroller för vem som ansvarade för röjning av olika vägar. Det uppstod förvirring gällande om röjning av vägar skulle genomföras av stat, kommun eller privata ägare (Regionsförvaltningsverket i Sydvästra Finland, 2012)

Informationsspridning av myndighetsmeddelanden och nödmeddelanden fungerade bra via YLE:s radiosändningar. Det som framstod som problematiskt var dock att många inte hade tillgång till batteriradioapparater (Ibid.).

Nödcentralerna överbelastades av anmälningar gällande elavbrott då energibolagens kundtjänster var överbelastade. Detta ökade de genomsnittliga kötiderna till nödcentralen med flertalet minuter vilket äventyrade tillgången till hjälp. Personal från räddningsverken behövde därför hämta arbetsorder och lägesbilder vid nödcentralerna (Ibid.).

4.4.2.2 Störningar i elnätet

I Sydvästra Finland agerar elva elnätsägare varav 9 av dem besvarade enkäten. Mer än 310 000 abonnenter påverkades av elavbrott varav 250 000 av dessa var kunder hos Fortum. Elavbrotten varade från några få timmar till uppemot två veckor. Det längsta elavbrottet i Fortums högspänningsnät varade i cirka 19 dygn och den genomsnittliga avbrottstiden för kunderna var elva timmar. Energibolagen informerade allmänheten om omfattningen av stormen via webbplatser, nyhetsbrev, pressmeddelanden samt via telefon och avbrottsservice. Förutom egna webbplatser användes Facebook och Twitter för att nå allmänheten (Horelli, 2012).

Elbolagens kundtjänster var överbelastad av inkommande samtal som rapporterade elavbrott. Detta medförde att samhällsviktiga myndigheter inte kunde få tillgång till information från elnätsägarna (Ibid.)

4.4.2.3 Faktorer som påverkade mobiloperatörernas förmåga att motstå och hantera stormen

Den finska kommunikationsmarknadslagen (25.5.2003/393) syftar i likhet med svenska LEK att främja utbudet och användning av tjänster inom elektronisk kommunikation samt att säkerställa tillgänglighet för dessa. Lagen innefattar att operatörerna ska genom beredskapsplanering och förberedelser säkerställa att verksamhetens tjänster fungerar störningsfritt under normala som extraordinära förhållanden (Cristvall, 2012b).

En av de föreskrifter som kompletterar kommunikationsmarknadslagen är 54 A/2012 M som trädde i kraft 23 maj 2012. Föreskriften är indelad i två delar. Den ena delen fastställer kriterier för viktighetsklassificering av element i kommunikationsnät och kommunikationstjänster. Den andra delen beskriver krav på säkerställande av utrustning kopplat till kylning, fysiskt skydd av element samt säkerställande av effektmatning (elförsörjning) som operatörerna är skyldiga att uppfylla enligt viktighetsklassificeringen.

Viktighetsklassificeringen baseras på antalet abonnenter som elementet hanterar och den areal som elementet hanterar. Klasserna indelas i klasser 1 – 5 där de viktigaste elementen har klass 1 med en avtagande viktighetsgrad. I tabell 15 nedan presenteras den viktighetsklassificering som gäller enligt 54 A/2012 M med avseende på mobilkommunikation.

Tabell 15. Viktighetsklassificering av element i kommunikationsnät som berör mobila kommunikationsnät (54 A/2012 M).

Viktighetsklass	Kommunikationsnätets eller -tjänstens komponent
1	Komponent som påverkar kommunikationstjänster inom ett område vars areal är över 60 000 km ² eller komponent som påverkar ≥ 200 000 användares telefonitjänst, textmeddelandetjänst eller internetförbindelsetjänst
2	Komponent som påverkar kommunikationstjänster inom ett område vars areal är över 20 000 km ² eller komponent som påverkar ≥ 50 000 användares telefonitjänst, textmeddelandetjänst eller internetförbindelsetjänst
3	Komponent som påverkar ≥ 1000 användares telefonitjänst ≥ 10 000 användares textmeddelandetjänst ≥ 50 000 användares internetförbindelsetjänst
4	Komponent som påverkar ≥ 250 användares telefonitjänst eller internettjänst.
5	Komponent som påverkar telefonitjänster i det allmänna telefonnätet

Viktighetsklassen för mobilnätets kontrollenhet för basstation är alltid minst 2. Viktighetsklassen för basstation inom mobilnätets basäckningsområde är alltid minst 5. Det är inte nödvändigt att klassificera andra basstationer än basstationer inom mobilnätets basäckningsområde.

I den andra delen i 54 A/2012 M är det främst kravet om reservelförsörjning som påverkar

kommunikationsnätets förmåga att hantera extraordinära förhållanden som stormar. Om element i nätet tappar elförsörjning från elnätet kan elementens elförsörjning säkerställas från reservelförsörjning. I tabell 16 nedan presenteras krav på reservelförsörjningen som ska säkerställas (54 A/2012 M).

Tabell 16. Krav på reservelförsörjning utifrån viktighetsklassificering (54 A/2012 M).

Viktighetsklass	Tiden reservelförsörjningen ska säkerställa	Reservkraftverk och andra krav
1	≥ 3 timmar ¹⁾	Fast reservkraftverk som säkerställs genom: -ökad batterikapacitet -redundans -tillgängligt mobilt reservkraftverk med inkopplingsmöjlighet
2	≥ 6 timmar ²⁾	Fast reservkraftverk eller tillgängligt mobilt reservkraftverk med inkopplingsmöjlighet
3	≥ 12 timmar ^{2) 3)}	Inkopplingsmöjlighet för ett mobilt reservkraftverk, om det är möjligt att använda ett reservkraftverk på platsen i fråga.
4	≥ 6 timmar ²⁾	Inkopplingsmöjlighet för ett mobilt reservkraftverk om det är möjligt att använda reservkraftverk på platsen i fråga.
5	≥ 3 timmar ^{4) 5)}	Inkopplingsmöjlighet för ett mobilt reservkraftverk, om det är möjligt att använda ett reservkraftverk på platsen i fråga.

- 1) Undantag kan tillämpas om det i närheten av transmissionssystemets komponenter inte finns utrymme som uppfyller kraven på effektmatning i viktighetsklass 1, då tillämpas istället säkerställande av effektmatning enligt viktighetsklass 2.
- 2) Minimitiden som reserveffektkällan ska säkerställas är 3 timmar om kommunikationsnätets eller -tjänstens komponent har effektmatning av ett fast reservkraftverk.
- 3) Om kommunikationsnätets eller -tjänstens komponent är belägen i tätort räcker det att minimitiden som reserveffektkällan säkerställer är 6 timmar.
- 4) Då reserveffektkällan betjänar en basstation inom mobilnätets bastäckningsområde och en komponent i ett transmissionssystem ska tiden för säkerställandet vara:
 - ≥ 4 timmar för minst 30 % av basstationerna utanför tätorten,
 - 2 timmar, om basstationen är en fastighetsbasstation i en tätort,
 - ≥ 15 minuter, om basstationen är LTE-nätets basstation.

Reservelförsörjningens funktionsduglighet ska kontrolleras minst en gång per år och mobiloperatörerna ska ha tillräckligt med personal för att kunna transportera reservelverken (54 A/2012 M).

Den tidigare upplagan (54/2008 M) av denna lag, som trädde i kraft redan 2008, som var aktuell under stormen Dagmar hade den stora skillnaden att UMTS basstationer alltid hörde till klass 5 och kontrollelement inom UMTS hörde till klass 3. Vidare så ställdes det lägre krav på reservelförsörjning inom UMTS-nätet om mobiloperatören hade GSM-täckning för motsvarande område. Minimumkravet var då 15 minuters reservdrift för UMTS-element (54/2008 M).

4.4.2.4 Störningar i mobilnätet

Informationen gällande störningar i mobilnätet baseras på svar från mobiloperatörerna TeliaSonera Finland och Elisa (Horelli, 2012).

I områden som drabbades av stormen hade TeliaSonera reducerad täckning eller i värsta fall brist på täckning. På grund av stormen var ungefär en tredjedel av basstationerna i Egentliga Finland och Satakunta utan elförsörjning. Felavhjälpning av skadade nätelement återställdes så snabbt som möjligt och reservkraft användes där det var möjligt (Ibid.).

För mobiloperatören Elisa resulterade stormen i att cirka 10 procent av de nationella basstationerna var utan ström. Den 27 december kl. 12:00 hade återställningsarbetet minskat antal bortkopplade basstationer till 6 %. Den 30 december kl 12:00 var mindre än 2 % av basstationerna utan elförsörjning. Elisa kunde inte tillhandahålla regional data över mobilnätstörningarna. I tätortsområden varade strömbavbrotten under kort tid vilket ledde till att återställningen av mobilkommunikationerna gick snabbare, men i glesbygden varade elavbrotten under längre tid vilket även påverkade mobilnätet. Basstationerna i nätet var utrustade med batteribackuper som hade en drifttid på 3 timmar. I svåråtkomliga områden, till exempel skärgården, har batteribackuperna en längre drifttid (Ibid.).

TeliaSonera och Elisa har reservverk i beredskap som finns utplacerade i operatörernas täckningsområden som snabbt ska kunna kopplas in. Vissa av reservverken är endast tillräckliga för att tillgodose elförsörjning för basstationer i GSM-nätet (Ibid.).

Elisa har påbörjat en egen utredning gällande förbättringar som kan genomföras med utgångspunkt från erfarenheter från Stormen Tapani. De åtgärder som rapporten ska utreda är hur incidenthantering och samordning kan förbättras i ett tidigt stadie av en kris samt hur informationsutbyte kan ske med elnätsägarna för att kunna prioritera insatser på bästa vis (Ibid.)

4.4.2.5 Slutsatser och rekommendationer

Samarbetet mellan myndigheter, kommuner och elnätsägare fungerade inte väl under stormen. Gemensamma rutiner och metoder vid kriser har inte funnits, därmed har sådana heller inte testats. Det krävs att det finns tydliga ansvarsroller för att resurser ska kunna koordineras och för att lägesbilder ska kunna uppdateras. Det fanns inte heller några fungerande kommunikationsförbindelser eller gemensamma lägesbildssystem vilket påverkade arbetet att kartlägga övergripande lägesbilder (Regionsförvaltningsverket i Sydvästra Finland, 2012). Elföretagen har inte tillgång till VIRVE vilket försvårade kommunikation för att koordinera återställningsarbetet (Horelli, 2012).

På myndighetsnivå behövs tydligare ansvarsroller om vem som ansvarar för nedfallna träd på olika vägar då det försenade återställningsarbetet. VIRVE-nätet behöver bättre reservelkapacitet då 50 procent av nätet bortföll i området Egentliga Finland (Ibid.).

Arbets- och näringsministeriet har efter stormen gett förslag till elnätsbolagen om långsiktiga åtgärder i elnätet för att minska risken för längre elavbrott. För att minska riskerna för elavbrott borde elnätsbolagen säkerställa röjning av ledningsgator och ha bättre beredskapsplaner för att åtgärda kabelavbrott. Långsiktigt bör nedgrävda jordkablar användas för att minska riskerna med trädfällning på luftledningar. Särskilda servicenummer mellan räddningstjänst och elnätsbolagen bör upprättas (Ibid.).

Störningar och avbrott i mobilkommunikationer förekom under stormen på grund av avbrott i elförsörjning och avbrottens längd varade längre än vad drifttiderna för batteribackuperna var dimensionerade för. Längre batteribackuper behövs då kommunikationsmöjligheten är kritisk under pågående kris. Kritiska mobila basstationer bör fastställas i förväg av myndigheter och mobiloperatörer. Detta möjliggör att insatser gällande transport av mobila reservelverk kan prioriteras på ett bättre vis för att minska konsekvenserna för myndigheternas verksamhet och samhällets funktionalitet (Horelli, 2012). Kommunikationsverket i Finland har dragit generella slutsatser från stormen där 90 procent av Finlands basstationer fungerade under stormen och att de krav som ställs på reservelförsörjning i mobilnätet förbättrade tillgängligheten under stormen i jämförelse om dessa åtgärder inte hade vidtagits (Cristvall, 2012b).

4.4.3 Norge

Stormen Dagmar drabbade Norge under den 26 december och natten till den 27 december. Det värst drabbade områdena var Sogn, Fjordane, Møre och Romsdal i västra Norge där vindhastigheter uppmättes 64 m/s uppmättes (MET, 2012; Vaggen Makvik et al., 2012).

4.4.3.1 Störningar i elnätet

Drygt 421 000 elkunder var utan elförsörjning i mer än en timme. Över 35 000 elkunder var utan elförsörjning i mer än 24 timmar, och 10 000 kunder i mer än 48 timmar. De sista elkunderna fick tillbaks elförsörjningen efter tio dygn (Vaggen Makvik et al., 2012).

Omedelbart drabbades många elkunder av strömbavbrott, mest beroende på trädfällning över luftledningar, men även på grund av kortslutningar och andra störningar. Återställningsarbetet försenades på grund av de starka vindarna, många samtidiga fel, att det var mörkt ute och att det var begränsad framkomlighet längs vägarna. Energibolagen mobiliserade över 2 700 personer som deltog i återställningsarbetet. Felavhjälpningen försenades ytterligare då mobilnätet drabbades av störningar vilket försvårade kommunikation av arbetsorder, information till kunder, kommuner och andra samarbetspartners. Samhällsviktiga funktioner prioriterades vid återställningsarbetet så som hälso- och sjukvård, vattenförsörjning och telekommunikationer. Fritidshus hade lägst prioritet (Ibid.).

Samtliga energibolag är skyldiga att genomföra risk- och sårbarhetsanalyser för att kunna åtgärda sårbarheter i nätet vid inträffande av extraordinära händelser, som en storm. Innan stormen drog in hade flertalet av energibolagen höjt beredskapen inom organisationernas driftcentraler, informationsenheter och fältservicepersonal. Förvarningar om ovädrets inlopp sändes ut under den 24 och 25 december som förmedlas via externa parter (Ibid.).

Energibolagen hade upprättade krishanteringsplaner, men dessa planer och rutiner var inte tillräckliga för att hantera denna storstörning. Dagmar sågs som ett tillfälle att utvärdera och förändra rutiner och samordning för att i framtiden kunna optimera sina insatser och hantera andra scenarier (Ibid.).

4.4.3.2 Störningar i mobilnät

Avbrotten i mobila kommunikationsnät berodde huvudsakligen på elavbrott och den begränsade reservelförsörjningen på basstationerna. Enligt mobiloperatörerna Telenor, TeliaSonera och ICE så varierar batteribackupernas drifttid mellan 30 minuter till 4 timmar beroende på batteriernas

kapacitet, ålder och den trafikmängd som basstationen hanterade, men detta var i många fall inte tillräckligt. En del av störningarna berodde på transmissionsavbrott då skred orsakade kabel- och fiberbrott. Av totalt 1138 basstationer som fanns i området Sogn, Fjordane, Møre och Romsdal bortföll 455 av dessa. I hela Norge drabbades 728 basstationer av avbrott. Den sista basstationen återanslöt den 4:e januari 2012 (PT, 2012a).

4.4.3.3 Erfarenheter och förslag på åtgärder

För att förbättra tillgängligheten till mobilkommunikation föreslår PT att alla basstationer ska ha reservelförsörjning med minst sex timmars drift, antingen med batteri eller dieselaggregat. PT rekommenderar att genom regulatoriska krav, avtal eller föreskrifter att viktiga nätelement i mobilnätet förses med minst tre dygns reservelförsörjning. Vidare rekommenderar PT införande av prioritetsfunktioner i mobilnätet då de menar att mobilkommunikation är kritiskt för samhället och under kriser så reduceras kapaciteten i mobilnätet (PT, 2012a)

PT har skickat ut ett förslag till föreskrift som gäller klassificering av viktiga nätelement i elektroniska kommunikationsnät till aktörer inom sektorn för att säkra dessa mot yttre påverkningar. Nätoperatören ska enligt förslaget klassificera alla sina anläggningar hur viktiga de är för offentliga elektroniska kommunikationstjänster (PT, 2012b).

Ett gemensamt informationssystem under kriser är önskvärt i likhet med det svenska GLU. PT kommer därför att inleda arbete med att utveckla ett sådant informationssystem för att få bättre lägesbilder och samordna insatser under kriser mellan myndigheter och organisationer (PT, 2012a).

Energibolagen har identifierat flertalet förbättringsområden efter stormen. Några av dessa är tillgång till professionella skogsröjare, förbättrad trädsäkring längs ledningsgator, överväga att införskaffa satellittelefoner, förbättra krishanteringsplaner och samordning, öka robustheten i elförsörjning för telekommunikationsnät och mer samordningsövningar med kommuner, telekommunikationsföretag och andra aktörer (Vaggen Makvik et al., 2012).

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har fastställt det beroende som energibolagen har till kommunikationer mellan driftledning och fältserviceorganisationer för att effektivt kunna utföra felavhjälpningsinsatser (Ibid.)

PT och NVE har tillsammans följt upp erfarenheter från stormen Dagmar. De har konstaterat att tillgängligheten till elförsörjning och elektroniska kommunikationer normalt är väldigt hög. Men då sektorn elektronisk kommunikation är direkt beroende av elförsörjning rekommenderar PT och NVE att sektorerna samverkar för att öka tillgängligheten i elnätet genom olika lokala lösningar exempelvis genom ökad nedgrävning av kablar, trädsäkring av ledningsgator, förbättrad beredskap etcetera. PT och NVE förespråkar att sektorerna bör inleda en aktiv dialog för att finna lämpliga lösningar på leverans kvalitet och tillförlitlighet. Om dialogen inte kan upptas inom rimlig tid så rekommenderar de aktörerna inom sektorerna att kontakta myndigheterna för att informera vad som förhindrar denna dialog (Cristvall, 2012b).

4.4.4 Sammanfattning av stormen Dagmar

Sverige, Finland och Norge drabbades av stormen Dagmar med olika konsekvenser på el- och mobilnätet. Norge drabbades hårdast då vindbyar på 64 m/s uppmättes. Stormen orsakade omfattande trädfällning i samtliga länder vilket ledde till omfattande störningar och avbrott i el- och mobilnäten. Utmärkande var att Norge uppmätte snabbaste vindbyarna som påverkade störst antal

elkunder. Återställningsarbetet av elnätet gick däremot snabbare i Norge än både i Sverige och Finland. I de rapporter som har behandlat störningar i mobilnäten för respektive länder har redovisat avbrottsstatistik på olika vis. I Sverige har en uppskattning för antal drabbade mobilabonnenter genomförts medan i rapporterna från Norge och Finland har mätningar i bortfall av antal basstationer genomförts vilket är svårt att relatera till antal drabbade abonnenter. När sista kund fick tillbaka mobilkommunikationen följer något sånär återställningen av elförsörjningen. I tabell 17 presenteras en sammanfattning av uppmätta vindhastigheter, antal drabbade elabonnenter, datum då sista kund fick tillbaka elförsörjning, antal drabbade mobilabonnenter och det datum då sista kund fick tillbaka mobilkommunikation för länderna Sverige, Finland och Norge.

Tabell 17. Sammanfattning av stormen Dagmars påverkan i el- och mobilnät i Sverige, Finland och Norge.

Land	Max. vindhastighet	Antal drabbade elabonnenter	Sista kund fick tillbaka elförsörjning	Antal drabbade mobilabonnenter	Sista kund fick tillbaka mobilkommunikation
Sverige	34 m/s	170 000	9:e januari 2012	231 600 st	5 januari
Finland	30 m/s	310 000 (250 000 av dessa var Fortums kunder)	Cirka 14:e januari 2012	Bortfall av cirka 10 % av basstationerna	Cirka 1 januari
Norge	64 m/s	421 000	Cirka 4:e januari	Bortfall av 455 st basstationer av totalt 1138 st i områdena Sogn, Fjordane, Møre och Romsdal	4 januari

4.5 Mobiloperatörers responssystem under stormen Dagmar

Mobiloperatörerna som deltog i studien har beskrivit vilka aktörer som var inblandade under stormen Dagmar, vilka uppgifter och mål dessa aktörer hade, vilka resurser som var kritiska för att återställa mobilnätets funktion i drabbade områden samt beroenden som fanns mellan dessa. Nedan presenteras mobiloperatörernas responssystem som var aktuellt under stormen Dagmar.

4.5.1 Hi3G

De aktörer som var inblandade i Hi3G:s krisarbete under stormen Dagmar kan delas in två grupper då Hi3G har ett eget 3G/4G-nät, som kallas ”hemma nät”, i Stockholm, Malmö, Göteborg och Blekinge medan i övriga delar i landet så byggs 3G-nätet ut i samarbete med Telenor genom bolaget 3GIS (Karlsson, 2012).

De aktörer som var inblandade vid krisarbetet under stormen Dagmar för hemma nätet var de interna enheterna driftledning (Network Operations Centre, NOC), fältserviceorganisationer och informationsenheten. Externt fanns kontakt med länsstyrelser. De aktörer som var aktiva i det

resterande nätet var extern NOC och extern fältserviceorganisation genom Terracom (Karlsson, 2012).

4.5.1.1 Intern och extern driftledning (NOC)

Hemma nätet i Sverige samt Hi3G:s mobilnät i Danmark övervakas centralt av NOC i Stockholm. För det gemensamma nätet är NOC outsourcad till Nokia Siemens Network (NSN) som finns placerad i Indien. NOC har till uppgift att identifiera och avhjälpa störningar i mobilnätet. Båda NOC:erna är bemannade dygnet runt. De kan bevaka nätet och styra anläggningar centralt och de avgör om fältserviceorganisationen ska skickas ut för att åtgärda störningen. Hur fältserviceorganisationerna ska prioritera sina resurser avgörs av NOC. Hur resurserna prioriteras beror på den analys som NOC gör utifrån tillgänglig information från webbplatser med väderinformation, tillgänglig information från elnätsägarna, Vägverket och annan publik information. NOC har inloggninguppgifter till SUSIE (elbolagens system för ellägesbilder). Inom organisationen används främst mobiltelefon för kommunikation. Om den egna täckningen inte skulle fungera så används en backuptelefon med en annan operatörs täckning. Mellan extern och intern NOC sker kommunikation via telefon och e-post då den interna NOC:en alltid är ansvarig för information gällande störningar och avbrott i Hi3G:s nät (Ibid.).

4.5.1.2 Informationsenheten

Informationsenheten har till uppgift att under pågående kris finnas tillgängliga och besvara kunders frågor gällande störningen via kundtjänst. Den information som kundtjänst ska kunna tillhandahålla innefattar drabbat område och beräknade återställningstider när tjänsterna beräknas fungera igen. Informationsenheten hade ett nära samarbete med den interna NOC:en som även informerar gällande störningar som behandlas av extern NOC. De kommunikationsvägar som användes skedde främst via mobiltelefon och/eller Internet (Ibid.).

4.5.1.3 Intern och extern fältserviceorganisation

Fältserviceorganisationerna har till uppgift att åtgärda de störningar som uppmärksammas av NOC. Det finns en intern fältserviceorganisation som finns tillgänglig för hemma nätet i regionerna Stockholm, Göteborg, Malmö och Blekinge. Dessa fältorganisationer åtgärdade de störningar som den interna NOC har skickat ut ett ärende gällande. Den externa fältserviceorganisation som är kontrakterade för övriga delar i Sverige är företaget Terracom som åtgärdade de störningsärenden som har skickats från NSN:s NOC i Indien. Eftersom den externa fältserviceorganisationen är utlagd på entreprenad så har inte Hi3G mer kontroll över dem mer att dem ska uppfylla de kontrakt som finns mellan parterna. Karlsson (2012) menade att Terracom säkerligen hade fler liknande åtaganden vilket medför att Terracom behövde prioritera deras åtaganden och åtgärder. Men den externa fältserviceorganisationen är kontrakterad att finnas tillgängliga året runt. Terracom har fältserviceorganisationer över hela landet som ansvarade för geografiskt avgränsade områden (Ibid.).

Fältserviceorganisationerna hade tillgång till den utrustning som krävdes för att röja upp då enstaka träd som hade fallit. Men vid mer omfattande röjningsarbete måste ytterligare entreprenad kontaktas (Ibid.).

Fältserviceorganisationerna ansvarade för transport och inkoppling av dieselaggregat som användes vid längre elavbrott. När och var dessa ska användas bestämdes av NOC.

Fältserviceorganisationerna ansvarade även för underhåll av dieselaggregaten (Ibid.).

De kommunikationsvägar som användes främst var via mobiltelefon där personal hade mobilabonnemang från fler operatörer om den primära operatören saknade täckning. Arbetsorder från NOC skickades till fältserviceorganisationens ärendehanteringssystem som i sin tur skickade ärendet till fältpersonalens mobiltelefon. Om det inte fanns täckning i det område som fältservicepersonalen befann sig i fick de ta sig till ett område som hade täckning (Ibid.).

4.5.2 Tele2

Under stormen så var det främst tre interna enheter som var aktiva under stormen. Dessa var NOC, fältserviceorganisationer och informationsenheten. Externt hade Tele2 kontakt med gårdskarlar, kommuner, länsstyrelser, NTSG och Vägverket (Assarson et al., 2012).

4.5.2.1 Driftledning (NOC)

NOC övervakar Tele2:s mobila nät. De har till huvuduppgift att övervaka nätet, felavhjälpa och sköta rapport- och incidenthantering. Vid incidenter så skickas larm från berörda delar i accessnätet där åtgärder kan genomföras från driftcentralen via fjärrstyrning eller genom att lägga ut ärendet till det drabbade områdets ansvariga fältserviceorganisation. I accessnätet var NOC beroende av trådlösa kommunikationer till största del och det är närmast bara elförsörjningen som är trådbunden. De olika basstationerna hade olika prioritet vid återställningsarbetet som bland annat berodde på avtal genom SLA och hur mycket trafik som basstationen hanterar. Under krisen så skedde en avvägning mellan prioriterade basstationer, lägesbilder från fältserviceorganisationen och övrig lägesinformation för att fördela rätt resurser till rätt plats. Övrig lägesinformation kan vara information från elbolagens hemsida och kundtjänst, information från SUSIE, väderinformation från webbplatser och framkomlighetsinformation från Trafikverket (Ibid.).

4.5.2.2 Fältserviceorganisation

Fältserviceorganisationen har till uppgift att åtgärda de fel som uppmärksammas av NOC. Deras uppgifter varierar brett från skogsröjning till att åtgärda hårdvarustörningar och koppla in reservelverk. Det finns således en bredkompetens hos dessa medarbetare då de bland annat måste uppfylla den fackmannamässiga kunskap som krävs för inkoppling av reservelverk. Tele2 har tolvstycken fältserviceorganisationer runt om i landet som ansvarar för varsitt geografiskt område. Två av dessa var inkopplade under stormen Dagmar i området Gävleborgs län. Arbetsorder skickades ut från NOC via mobiltelefon eller via incidenthanteringssystem till berörd fältserviceorganisation. Om den mobiloperatör som fältserviceorganisationen använde inte hade täckning så hade personalen med sig SIM-kort från andra operatörer för att undvika brist i mobiltäckning. Om situation skulle uppstå då inte någon operatör har täckning i det drabbade området så användes intern radiokommunikation mellan fältoperatörerna. Kurirer skickades i sådana fall ut till hemmabasen för att förmedla arbetsorder (Ibid.).

4.5.2.3 Informationsenhet

Informationsenheten har till uppgift att kontinuerligt hålla kunderna uppdaterade vilket område störningen påverkar, vilka tjänster som påverkas samt vilka beräknade återställningstider som finns för att berörda tjänster ska fungera igen. Denna information förmedlades bland annat via Tele2:s webbplats och via deras kundtjänst. Informationsenheten hölls uppdaterade av NOC (Ibid.).

4.5.2.4 Gårdskarlar

Gårdskarlar är lokalt kontrakterad arbetskraft som kan ha en basstation på sin mark och sköter framkomlighet till dessa. Då basstationer i glesbygd oftast inte ligger längs större vägar så är det fördelaktigt att låta lokala entreprenörer sköta röjning fram till och runt om basstationen. Detta för att underlätta insatser som fältoperatorerna genomför (Ibid.).

4.5.2.5 Kommuner

Kommuner har till uppgift att värna för samhällets funktionalitet och säkerhet. Kommunerna ansvarar för åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjdberedskap och ansvarar enligt lag (2006:544) bland annat för:

- Inom det geografiska området ansvara för att aktörer samverkar och uppnår samordning i planerings- och förberedelsearbetet.
- Att de krishanteringsåtgärder som vidtas av olika aktörer samordnas.
- Information till allmänheten samordnas.

Tele2 försåg kommunerna med den information som efterfrågades vid behov (Ibid.).

4.5.2.6 Länsstyrelser

Länsstyrelser har flertalet ansvarsområden där några enligt förordning (2007:825) följer nedan:

- De ska minska sårbarheten i samhället och bevaka att risk- och beredskapshänsyn tas in i samhällsplaneringen.
- De ska med avseende på krisberedskap vara sammanhållande inom sitt geografiska område före, under och efter en kris verka för samordning och gemensam inriktning av åtgärder.
- Ansvara för regional gemensam lägesbild av kris.

Tele2 försåg länsstyrelsen med den information som efterfrågades vid behov. Länsstyrelsen har en samverkande roll genom att ha kontakt med flertalet aktörer inom olika sektorer. Tele2 hade möjlighet att få tillgång till lägesinformation genom länsstyrelsen som annars hade varit svår att få tag på (Ibid.).

4.5.2.7 NTSG

NTSG (Nationell telesamverkangruppen) är ett frivilligt samarbetsforum med syfte att underlätta återställande av nationell infrastruktur gällande elektronisk kommunikation vid inträffande av extraordinär händelse. Vid kriser sammanställer NTSG skadeläget, återrappporterar till berörda organisationer och ger förslag till åtgärder (PTS, 2011c). Inom NTSG råder projektet GLU (Gemensam lägesuppfattning) som syftar till att reducera störningar inom sektorn elektronisk kommunikation så de påverkar andra sektorer minimalt. GLU är en kombination av metod, gemensamma normer och teknik. Informationshanteringen i GLU ger teleoperatorerna möjlighet att informera SOS Alarm elektroniskt på ett strukturerat och gemensamt sätt (PTS, 2011b). Tele2 lämnade information till NTSG via GLU vid behov. Men samarbetet underlättade inte Tele2:s krishanteringsförmåga under stormen Dagmar (Assarson et al., 2012).

4.5.2.8 Trafikverket

Trafikverket ansvarar för röjning av vägar för att öka framkomligheten för berörd befolkning. För Tele2:s del kan det vara bra att veta vilka vägar som de planeras att röja för att kunna prioritera fältorganisationens resurser på annat håll. Trafikverket prioriterar oftast större vägar, där basstationerna oftast inte är påverkade av stormar i så stor utsträckning (Ibid.).

4.5.3 TeliaSonera

De aktörer som var inblandade vid krisarbetet under stormen var främst två interna enheter. Dessa var driftledningen för TeliaSoneras mobilnät (NOC) och informationsenheten. De externa aktörer som var involverade i krisarbetet var fältserviceorganisationer, entreprenad för driftsättning av reservverk, Farmartjänst, SMHI och länsstyrelser (Mårtensson, 2012).

4.5.3.1 Driftledning (NOC)

Samtliga mobila nät som ägs av TeliaSonera övervakas centralt av NOC i Sundsvall. Det innefattar det svenska och ytterligare fem länders mobilnät. NOC:s huvudsakliga uppgifter är att övervaka nätet, hitta fel och åtgärda dessa samt informera. NOC kan styra berörda anläggningar centralt och hämta in information för att avgöra om det krävs att fältserviceorganisationen måste skickas ut till berört område för att åtgärda störningar. All logistik sköts från NOC, exempelvis vilka områden där tillgänglig mobil reservelförsörjning ska användas och vilka ärenden som fältserviceorganisationerna ska hantera. Under pågående stormen genomfördes analyser hur resurserna ska prioriteras utifrån information från elnätsägarna och den information som bland annat hämtades in från SMHI, fältserviceorganisationerna och Farmartjänst. Då störningarna på basstationerna till störst del beror på elavbrott så fördelas resurserna till de områden där det tar lång tid att återansluta elförsörjningen (Ibid.).

4.5.3.2 Informationsenheten

Informationsenheten har enligt Mårtensson (2012) en väldigt viktig uppgift under pågående kris som innefattar arbetsuppgifter för att hålla kunderna uppdaterade om krisens omfattning och när berörda tjänster beräknas fungera som vanligt igen. Informationsenheten uppdaterade denna lägesinformation kontinuerligt via TeliaSoneras webbplats och kundtjänst. Informationsenheten såg även till att berörda försäljningskontor inom berört område hölls uppdaterade för att kunna informera de kunder som inte har möjlighet att få tillgång till information via webbplats eller kundtjänst. Informationsenheten hölls kontinuerligt uppdaterade av NOC via Internet, mobil telefoni eller fast telefoni (Ibid.).

4.5.4.3 Extern fältserviceorganisation

Fältserviceorganisationerna är externa entreprenörer som delas upp enligt geografiska ansvarsområden och är kontrakterade att finnas tillgängliga året runt. Fältserviceorganisationerna har till uppgift att åtgärda de tekniska fel som NOC har uppmärksammat. Arbetsorder som skickades ut av NOC togs i första hand emot via mobiltelefon av entreprenörerna. Den lokala fältserviceorganisationen hade ett eget arbetsordersystem där arbetsorder registreras och kvitteras av berörd arbetsgrupp där platsinformation vart störningen ska åtgärdas kopplades till GPS-tjänster. Entreprenörerna har kontantkort från andra operatörer om den primära mobiloperatören inte hade täckning inom berört området. Vid inträffande då de alternativa mobiloperatörernas nät inte fanns

tillgängliga så förmedlades arbetsorder från NOC via fast telefoni eller e-post till det lokala fältservicekontoret. Arbetsorder hämtades således upp av kurirer på kontoret eller vid den temporära hemmabasen för insatsen (Ibid.).

4.5.4.4 Entreprenad för driftsättning av reservverk

För att koppla in reservelförsörjning i form av dieselaggregat krävdes fackmannamässig kunskap som inte fanns inom fältserviceorganisationen. Dessa entreprenörer ska kunna koppla in dieselaggregaten under mer påfrestande förhållanden, exempelvis under vinterhalvåret då dieselaggregaten måste värmas upp innan de kan användas. För att få tillgång till dieselaggregaten krävs särskild behörighet som fältserviceorganisationen innehar. Fältserviceorganisationen ansvarar för de nycklar som krävs för att hämta och ansluta aggregaten. När aggregatet väl har tagits i drift så kan driften skötas av Farmartjänst (Ibid.).

4.5.4.5 Farmartjänst

Farmartjänst är en rikstäckande organisation som kan erbjuda en variation av tjänster som utförs av självgående entreprenörer. Exempel på tjänster som den erbjuder är kvalificerad bemanning, snöröjning och grönyteskötsel och grävning med tunga maskiner (Farmartjänst, 2012). Enligt Mårtensson (2012) kontrakteras Farmartjänst av TeliaSonera inom olika geografiska områden och används för logistik och röjningsarbete till och runt basstationerna då fältserviceorganisationen har begränsad förmåga och kompetens gällande röjningsarbete. En fördel med Farmartjänst är att det går att teckna avtal som går över regiongränser och att entreprenörerna har en stor lokal kännedom. Det förekommer rätt ofta att den kontrakterade entreprenören är den som äger marken som basstationen finns placerad på. Farmartjänst används även för att upprätthålla drift av mobila reservverk med bränsletillförsel (Ibid.).

4.5.4.6 SMHI

När inkommande oväder uppmärksammades av SMHI kontaktade den TeliaSoneras NOC och informerade om vilken typ av oväder, beräknad inloppsbanan och varaktighet för ovädet (Ibid.). SMHI skickade ut varningar högst tre dygn i förväg med meteorologisk information (Energimyndigheten, 2007b)

4.5.4.7 Länsstyrelser

Länsstyrelsen har fler ansvarsområden vid inträffande av kris. TeliaSonera fanns tillgänglig för berörd länsstyrelse om de behövde information gällande berört täckningsområde och hjälper även till om länsstyrelsen behöver hjälp med prioritering av åtgärder. Länsstyrelsen har en samverkande roll för regionen och har ett etablerat kontaktnät mellan flertalet sektorer. Länsstyrelsen hade tillgång till kontakter inom elsektorn där det fanns möjlighet för TeliaSonera att via länsstyrelsen få kontakt med elsektorn (Ibid.).

4.6 Krishantering och lärande under och efter kriser

För att kontinuerligt kunna förbättra krishanteringsförmågan inom en organisation är det av vikt att ha fungerande rutiner och processer under och efter kriser. Nedan presenteras hur de olika mobiloperatörerna krishantering såg ut under och efter stormen Dagmar men även hur de olika

mobiloperatörerna generellt arbetar med krishantering.

4.6.1 Hi3G

I följande avsnitt presenteras hur mobiloperatören Hi3G arbetar med krishantering och lärande.

4.6.1.1 Arbete under kris

NOC uppfattade att stormen var på ingående via väderwebbplatser under juldagen (25 december 2011) och personal förbereddes inom enheterna intern NOC, intern fältserviceorganisation och informationsenheten att finnas tillgängliga. Fältserviceorganisationerna förberedde sig innan stormen drog in genom att kontrollera och förbereda reservdelar och dieselaggregat. Den interna NOC:en och fältserviceorganisationen hade en tät dialog innan stormen drog in. Under stormen var nämnda enheter fullt bemannade. Enligt Karlsson (2012) kan det ha varit mer tur än skicklighet att enheterna var fullt bemannade då stormen drog in mitt under julhelgen då många är ledig och kan vara bortresta. De som arbetar inom nämnda enheter känner ett ansvar inför deras arbetsuppgifter under kriser vilket är avgörande för en fungerande krishantering (Karlsson, 2012).

Under det inledande dygnet när stormen drog in var det svårt att få en övergripande bild av störningarnas omfattning då batteribackuper användes vid inträffande av elavbrott och då elförsörjningen försvann och återanslöt växlande. Arbetsorder skickades ut till berörd fältserviceorganisation redan under pågående storm. Då fältpersonal åkte ut för att åtgärda störningar under stormen när det var mörkt ute och det föll träd runt om de anläggningar personalen skickades ut till avbröts insatserna för att inte riskera personalens hälsa (Ibid.).

NOC prioriterade vilka åtgärder som fältserviceorganisationerna skulle genomföra. Olika element har olika prioritet i mobilnätet. Om ett larm registrerades att det exempelvis var ett elavbrott på ett element som hanterar flertalet basstationer och det finns elförsörjning vid basstationerna så prioriteras återställningsarbetet på det strömlösa elementet. Det sker en avvägning vilken insats som resulterar i minst påverkan för kundernas tjänster utifrån den topologi som finns i mobilnätet. Vissa basstationer kan ha högre prioritet vid återställningsarbetet på grund av SLA med företagskunder. Den mest användbara informationen den interna NOC:en kunde få tillgång till för att på bästa vis kunna prioritera tillgängliga resurser var lägesinformation från elnätsägarna. Då det inte fanns några etablerade kontakter till aktörer inom elsektorn så fick Hi3G:s interna NOC förlita sig på den information som fanns tillgänglig på elnätsägarnas webbplatser och kundtjänst. Den interna NOC:en hade inloggningsuppgifter till SUSIE. Den information som fanns tillgänglig där innefattade information om pågående störningar i elnätet. Den informationen var dock inte tillräcklig för att Hi3G:s NOC skulle kunna planera sina insatser enbart efter den informationen. (Ibid.).

Det tog drygt två dygn ytterligare att åtgärda störningen i Gävleborgs län som delvis berodde på att det området drabbades värre av stormen än i exempelvis Stockholmsområdet, men även att krissamordningen påverkades av att stormen inträffade mitt under julhelgerna och att fältserviceorganisationen för området är extern. På så vis kan inte Hi3G kontrollera att personal ska finnas tillgänglig i det området (Ibid.).

Den interna NOC:en skapade under den pågående krisen så kallad nätverksstatus som skapades via deras ärendehanteringssystem. Nätverksstatusen innefattade information om störningstyper i nätet och hur det drabbade kundernas tjänster. Denna information skickades när förändringar skedde till informationsenheten så de kunde besvara kundernas frågor gällande störningen. Från ärendehanteringssystemet publicerade den interna NOC:en även en driftstörningskarta på Hi3G:s

webbplats där det gick att utläsa vilka områden och tjänster som störningen påverkade. Denna information vidarebefordrades till SOS Alarm via GLU. Det fanns interna mejl- och SMS-listor som innehåller vilka inom organisationen som ska bli uppdaterade hur krisarbetet fortskred (Ibid.).

Under pågående kris dokumenteras skeenden inom NOC via ärendehanteringssystemet. Ärendehanteringssystemet registrerade alla störningar, vem som hanterade störningen, om arbetsorder skickades till fältserviceorganisationen och vid vilken tidpunkt (Ibid.).

Fältorganisationerna ska finnas tillgängliga året runt. Under normala driftförhållanden finns kontrakterad röjningsentreprenad för att röja sly och liknande runt basstationerna. Dessa kan kontaktas vid kriser och störningar men det finns inte någon garanti för tillgänglighet. Hi3G använder ett antal underleverantörer inom telekombranschen som används för installation under normala förhållanden. Exempel på underleverantörer är JM, Nord Access och Eltel. Vid inträffande av att det inte finns tillräckligt med tillgänglig personal via fältserviceorganisationen kontaktas dessa underleverantörer för att undersöka om dem finns tillgängliga med deras tjänster. Dessa finns ej kontrakterade utan kan användas om dem finns tillgängliga och kopplas då in i berörd fältserviceorganisation. Det som är fördelaktigt med att kontakta underleverantörerna är att dem är bekanta med Hi3G:s anläggningar. Ytterligare finns en helikopterfirma kontrakterad i Stockholmsområdet som används för att ta sig ut till skärgårdsområdena för att fältserviceorganisationen ska kunna utföra åtgärder och underhållsarbete. Under stormen Dagmar behövdes inte ytterligare entreprenad kallas in (Ibid.).

Under stormen Dagmar var det inte aktuellt med samverkan mellan övriga mobiloperatörer via NTSG. Karlsson (2012) som är medlem i NTSG har efter stormen fått reda på att ordförande i NTSG funderade på att sammankalla ett möte, men bestämde sig för att störningen inte var tillräckligt omfattande (Ibid.).

Krisroamingkort avropades inte från länsstyrelsen och PTS under stormen. Hi3G har skapat egna lösningar gällande redundans i kommunikationsvägar som används vardagligt i deras verksamhet och inte endast under kris. Karlsson (2012) menar att man behöver tillgång till alternativa mobiloperatörer långt innan situationen klassificeras som en kris (Ibid.).

4.6.1.5 Utvärdering av kris

Hi3G har genomfört en utvärdering och har författat en rapport gällande stormen Dagmar som Karlsson (2012) har varit delaktig i⁵. Det anordnas så kallade lessons-learned-möten efter varje störning, som även anordnas för betydligt mindre störningar än storm. Karlsson (2012) är alltid delaktiga vid dessa möten och vilka fler som är delaktiga är beroende av störningens typ. Alla intressenter inom organisationen som drabbades eller var inblandade i arbetet kring störningen kontaktas för att delta vid dessa möten. Att bjuda in så många aktörer som möjligt som var berörda eller delaktiga på något vis förstärker helhetsbilden om vad som hände under störningen enligt Karlsson (2012). Dessa möten ska leda fram till vad som kan genomföras för att undvika att samma problem inträffar igen. Störningsrapporter författas och rekommendationer och åtgärder föreslås. I många fall är det förändring av en process eller införande av ny process som åtgärden innebär för att minska risken att samma misstag upprepas. Rapporten för stormen Dagmar finns tillgänglig i Hi3G:s interna nätverk som har en wiki-biblioteksstruktur som innebär att användaren genom en webbdatabas enkelt kan söka efter information, ladda upp och redigera information (Ibid.).

⁵ Författaren fick inte ta del av denna rapport.

För att förändringar som har genomförts till följd av störningen ska anammas av berörda parter så sker uppföljning, av exempelvis nya processer, under ledningsgruppsmöten på chefsnivå. Dessa möten anordnas veckovis där bland annat föregående veckas störningar presenteras och eventuella åtgärder diskuteras. Under dessa möten så sätts nya processer in i ett större sammanhang som belyser varför den nya processen viktig. Genom att medvetandegöra cheferna varför vissa processer är viktiga kan cheferna på ett tydligare vis berätta för deras medarbetare varför det är viktigt att deras arbetsuppgifter utförs enligt de nya processerna och rutinerna (Ibid.).

4.6.1.5 Förebyggande arbete och RSA

Hi3G använder sig av RSA som kan använda olika metoder beroende på vad som skall undersökas. RSA används ofta då större förändringar ska ske, exempelvis när nya tjänster eller terminaler ska lanseras. Det är främst tre typer av störningar som drabbar mobilnätet, och det är två externa störningar i form av elavbrott och kabelavgrävning medan den tredje typen är arbete med mobilnätet inom organisationen. Eftersom det är det som utförs inom organisationen som Hi3G har störst möjlighet att påverka genomförs kontinuerligt arbete för att göra organisationen mer riskmedveten för att få en större förståelse för hur olika processer hänger samman. Enligt Karlsson (2012) är RSA ett bra verktyg för att främja helhetssynen genom att alla berörda enheter finns representerade i arbetet. RSA-arbetet medför att så många risker som möjligt tas upp och dokumenteras. Genom att många enheter finns representerade ökar även förståelsen för olika enheters arbete. De RSA:er som genomförs berör teknik och organisation men innefattar inte andra potentiella risker. Under RSA-arbetet behandlas ofta worst case scenarion för att belysa hur organisationen skulle hantera det värsta tänkbara konsekvenserna av en eller fler risker. Den färdiga RSA:en sammanställs och finns tillgänglig för berörda parter genom Hi3G:s interna wiki-biblioteksstruktur (Ibid.).

Hi3G har anlitat konsulter som har tagit fram de metoder och modeller som används för genomförande av RSA där det är sannolikheter och konsekvenser som avvägs. Hur dessa sannolikheter och konsekvenser definieras bygger på statistik om hur ofta vissa typer av störningar inträffar men det är främst kompetens som finns inom Hi3G:s organisation som uppskattar sannolikheter och konsekvenser. Konsekvenserna är alltid mer eller mindre mätta utifrån ett kundperspektiv. RSA som genomförs för NOC resulterar i en matris där olika system har delats upp efter hur kritiska de är. Exempelvis så är de mest kritiska systemen rödfärgade och arbete inom dessa får endast genomföras mellan klockslagen 00:00-06:00 då det är minst trafik på nätet. Det sker även en viktning exempelvis om sannolikheten att det blir fel vid en uppdatering är hög, men att konsekvenserna är små så utförs uppdateringen ändå under klockslagen 00:00-06:00 (Ibid.).

Inom krisgruppen hos Hi3G anordnas det bland annat kallelsemöten som genomförs en gång per halvår. Under övningen skickas en kallelse ut om en telefonkonferens till berörd personal där de klockas hur lång tid det tar innan de olika parterna kopplar upp sig på telekonferensen. Detta är ett sätt för att undersöka hur snabbt personalen i fråga infinner sig om det skulle inträffa en kris. Utifrån detta kan svarsrutiner förbättras (Ibid.).

Under Karlssons (2012) fyra år som anställd på Hi3G har han varit med på en omfattande krisövning. Övningen anordnades av en konsultfirma och var en skrivbordsövning där en krisgrupp samlades och övade på kommunikation och informationsspridning. För övrigt så deltar Hi3G i PTS Telö övningar som anordnas vartannat år. De erfarenheter som Hi3G tog med sig från Telö11 var att de behöver utveckla ett informations- och krishanteringssystem som är frikopplat från det system som finns på plats hos NOC. Under kris kan det vara svårt att samla berörd personal i samma rum och det är därför viktigt att alla kan ha tillgång till den krisinformation som finns och att det finns alternativa kommunikationsvägar. Krishanteringssystemet ska kunna nås vart som helst där det

finns en Internetanslutning där berörd personal kan logga in och följa ärenden i realtid. Det ska även kopplas samman med en extern meddelandeleverantör så systemet inte är beroende av Hi3G:s mobiltäckning (Ibid.).

Hi3G har en reserv-NOC för sitt hemma nät som bemannas minst en gång per kvartal för att säkerställa att alla rutiner och system fungerar. Under den temporära flytten till reserv-NOC:en noteras ofta någon rutin som kan förändras eller förbättras som sedan testas vid nästa tillfälle. Bland annat har Hi3G tidigare haft problem med att det fanns två separata nummer till den ordinarie NOC:en och reserv-NOC:en som kunde ställa till problem. Vid tillfälle då reserv-NOC:en användes behövde den person som behövde komma i kontakt med dem för det första inse att reserv-NOC:en användes och sedan även ha tillgång till telefonnumret dit. Detta problem har nu åtgärdats så samtal till den ordinarie NOC:en dirigeras om till reserv-NOC:en (Ibid.).

4.6.1.7 Erfarenhetsåterföring

Hi3G anordnar krisledningsmöten någon gång per år där alla olika enheter finns representerade. Under mötena så tas det upp vilka rutiner som finns och om dessa behöver förändras. Då vissa enheter har större personalomsättning än andra så finns det alltid två representanter med från varje enhet under dessa möten för att säkerställa att informationen finns kvar inom enheten vid personalomsättning. Under dessa möten prioriteras att alla representanter från enheterna ska vara informerade om förändringar och dessa möten dokumenteras inte (Ibid.).

Att skapa organisatoriskt minne genom dokumentation av tidigare erfarenheter och kunskap är en del som det nya information- och krishanteringssystem som Hi3G håller på att utveckla ska stödja. Wiki-biblioteket, där all dokumentation, rutiner och processer lagras, finns tillgängligt via det interna nätverket. Om det systemet drabbas av en störning under kris så har inte personal tillgång till den informationen. Det nya systemet ska ha lösningar på detta problem (Ibid.).

4.6.1.8 Samverkan mellan tele- och elsektorn

Enligt Karlsson (2012) har Hi3G fler tusentals abonnemang hos olika elleverantörer och elnätsägare, men de hänvisas ändå till webbplatser och kundtjänst för att få tillgång till störningsinformation om elnäten. Ur Hi3G:s perspektiv så behöver de inte en kundtjänstbedömning utan de behöver en teknisk bedömning för att kunna styra verksamhetens resurser på bästa vis. Hi3G vet exempelvis hur länge deras reservelförsörjning räcker och fördelningen av resurser hade troligen sett annorlunda ut om de hade fått tillgång till bättre information från elsektorn. Det har hänt vid flertalet tillfällen att de åker ut med reservaggregat till en basstation där elnätsägarna har återkopplat elförsörjningen strax efter att reservaggregatet kopplades in. Om de visste var elnätsägarna genomför sina insatser skulle Hi3G ha möjlighet att placera reservaggregatet på en basstation där det skulle ta längre tid att få tillbaka elförsörjningen. Denna typ av information är viktig under kris och under mindre störningar. Karlsson (2012) eftersöker en möjlighet att föra en interaktiv dialog med elnätsägarna gällande denna typ av information. Denna kontakt måste nödvändigtvis inte ske via röstsamtal utan skulle kunna ske exempelvis med mejlkontakt. Hi3G driver inte några egna projekt för närmare samverkan mellan tele- och elsektorn utan är med i de projekt som PTS ansvarar för. (Ibid.)

Gällande Styrel tror Karlsson (2012) att det är svårt att prioritera delar inom elnät för att upprätthålla drift av ett mobilnät. Även om vissa basstationer skulle prioriteras med Styrel så måste hela kedjan av element i mobilnätet ha elförsörjning för att fungera (Ibid.).

4.6.2 Tele2

I följande avsnitt presenteras hur mobiloperatören Tele2 arbetar med krishantering och lärande.

4.6.2.1 Arbete under kris

När prognoser om ovädret observerades på väderwebbplatser av personal inom NOC förbereddes övrig personal inom NOC, personal inom informationsenheten och fältserviceorganisation för berört geografiskt område. Förberedelserna var mest av mental karaktär då de flesta medarbetarna var införstådda med vilket arbete en storm kan komma att innebära. De tidigare stormarna Gudrun och Per har ökat inblandad personals beredskap och handlingsförmåga. Holmgren (Assarson et al., 2012) berättade bland annat att berörd personal agerar betydligt lugnare nu än under tidigare stormar och samlar in en helhetsbild först för att undvika att förhastade beslut fattas (Ibid.).

NOC uppmärksammade flertalet larm om störning på basstationer i området Gävleborgs län. Eftersom stormen inträffade under vinterhalvåret skickade inte NOC ut några arbetsorder till berörd fältorganisationen när det fortfarande var mörkt ute då arbetet var beroende av sikt. Under mörker är det svårt att få en lägesbild och helhetssyn inom berört område. För att inte utsätta fältoperatörerna för onödiga risker så inväntades morgonljuset innan arbetsorder skickades ut. Alla beslut om arbetsorder hos NOC och alla utförda arbetsorder av fältorganisationen registrerades i NOC:s databas för ärendehantering. Den information som lagras innefattar vem som har fattat beslutet, vad som var underlag till beslutet, och vad som skulle genomföras. All denna information finns tillgänglig för vidare utredning eller för att återblicka hur liknande incidenter har lösts tidigare (Ibid.).

Störningsåtgärder prioriterades med underlag om prioriterade basstationer som hanterar stora trafikmängder, åtaganden som fanns via SLA i berörda områden och avvägning av information om vilka hjälpinsatser som utfördes av andra aktörer till exempel från Trafikverket som har hand om röjning av vägar och elnätsägare om vilka insatser som genomfördes för att återansluta elförsörjningen. Eftersom fältserviceorganisationens resurser behövs där det förmodligen tar längst tid att återansluta elförsörjningen gäller det för NOC att prioritera sina resurser efter den tillgängliga informationen. Den viktigaste informationen som NOC kan få tag i är prognoser för återinkoppling av elförsörjning. NOC hade inte några kontakter hos elnätsägarna och behövde således söka information via elbolagens webbsidor och kundtjänster. Den information som inhämtades via elnätsägarnas webbsidor och kundtjänster stämde inte alltid överens med vad som egentligen genomfördes. Detta är något som NOC även har upplevt under tidigare störningar. Tele2 hade inloggningsuppgifter till IT-systemet SUSIE som ska förmedla lägesbilder, prognoser för återanslutning och hjälpinsatser i elnätet. Det finns olika användarrättigheter till detta system och den behörighet som Tele2 hade gav dem tillgång till information som de ansåg vara oanvändbar under krishanteringen. (Ibid.).

Enligt Holmgren (Assarson et al. 2012) skulle det vara möjligt att ansöka om användning av krisroamingkort för en storm som Dagmar. Men eftersom Tele2:s mobilnät inte drabbades särskilt hårt och då det är enkelt att förse fältorganisationer och NOC med kontantkort från andra operatörer ansågs det som onödig byråkrati att ansöka om krisroamingkort (Ibid.).

Fältserviceorganisationerna är kontrakterade att finnas tillgängliga året runt. Vid inträffande av extraordinär händelse finns även avtal med externa lokala fältorganisationer. Då Tele2 verkar nationellt finns det möjlighet att förflytta personal från de områden som inte har drabbats av krisen.

Några förflyttningar behövde inte genomföras under stormen. Dock förflyttades reservelverk från icke berörda områden till områden som var i behov av reservelförsörjning. Tele2 är verksamma i elva länder vilket innebär att det skulle vara praktiskt möjligt att inkalla personal från andra länder. Det gäller främst personal där det främst behövs ytterligare personal i form av mantal, exempelvis till transport eller röjningsarbete. Det är oftast inte lönt att kalla in personal med högre teknisk kompetens från andra länder då deras mobilnät inte alltid behöver vara uppbyggt på samma vis som i Sverige (Ibid.).

Att fältserviceorganisationen finns tillgänglig som en internresurs ser Holmgren (Assarson et al., 2012) som en stor tillgång för organisationen som helhet. De som arbetar inom fältserviceorganisationerna är enligt Holmgren (Ibid.) väldigt dedikerade i sitt arbete och behöver inte hjälpa konkurrerande mobiloperatörer. Holmgren (Ibid.) menar att fältoperatörerna har stor lokalkännedom om geografiska variationer och basstationer. De är stolta att sköta det nät som är inom deras ansvarsområde (Ibid.).

4.6.2.5 Utvärdering av kris

Det finns ingen tydlig definition för vad Tele2 anser vara en olycka eller incident som kräver ytterligare utredning. Det som motiverar ytterligare utvärdering av en kris är att det har identifierats åtgärder som måste vidtas, exempelvis för att minimera risker eller för att förbättra rutiner vid krisarbetet (Ibid.).

Tele2 har genomfört en utredning av stormen Dagmar⁶. Utredningen utfördes internt och författades av Fredrik Holmgren och Per Assarson. De kompetensområden som ansågs vara viktiga för utredningen kontaktades för att delge sina erfarenheter. Personal som bland annat jobbar på fältet inom fältserviceorganisationerna och ledningspersonal från NOC deltog för att delge sina erfarenheter. Det anordnades sammankomster för att ge möjlighet för de anställda att dela med sig av erfarenheter så att erfarenheterna kunde dokumenteras för att möjliggöra både reaktiva och proaktiva åtgärder. Utvärderingen av stormen Dagmar finns tillgänglig för hela organisationen genom företagets intranät. Denna rapport innefattade rekommendationer och förslag till åtgärder. Dem huvudsakliga erfarenheterna sammanfattades under avsnitt 4.4.1.6.3. Utvärderingarna resulterar ofta i åtgärdsplaner som tidsmärks för att möjliggöra uppföljning av förändringsarbetet (Ibid.).

4.6.2.6 Förebyggande arbete och RSA

Tele2 arbetar med RSA brett inom organisationen. De arbetar inte med någon speciell metod eller rutin som används genomgående vid arbete med RSA utan metoden anpassas efter vad som ska utvärderas. Exempelvis genomförs RSA vid införande av nya tekniska lösningar. Det råder inte några krav från myndigheter hur dessa RSA:er ska genomföras. Sannolikheter och konsekvenser uppskattas av medarbetare inom organisationen som anses ha den kompetens som krävs för att göra en realistisk uppskattning. Assarson (Ibid.) menar att Tele2 arbetar som en processorganisation och på så vis faller det sig naturligt vilka tänkbara risker som finns samt vilka åtgärder som måste genomföras. Utifrån sammanställning av RSA-rapport tas åtgärdsplaner fram där de mest sannolika riskerna tidsmärks och åtgärdas. Tele2 menar att de främsta nyttorna med att arbeta med RSA är att kunna dokumentera och kartlägga vilka risker och utmaningar som finns kopplat till ett projekt och möjligheten till att agera proaktivt istället för reaktivt (Ibid.).

⁶ Författaren fick inte ta del av denna rapport.

Inom organisationen genomförs årligen krisövningar. Enligt Assarson (Ibid.) råder det kontinuerliga förändringar inom mobilsektorn som ger upphov till att nya scenarier som måste hanteras och utvärderas. Det finns inte några tydliga kopplingar från exempelvis resultat och rekommendationer från utvärderingen av stormen Dagmar till framtida krisövningar. Utan vad som används som underlag till krisövningarna byggs upp av kontinuerlig omvärldsanalys. För att testa organisationens beredskap deltar Tele2 även i Telö-övningarna som PTS anordnar vartannat år (Ibid.).

4.6.2.8 Erfarenhetsåterföring

Enligt Harju (Ibid.) samlar Tele2 in nya erfarenheter som dokumenteras bland annat genom utvärderingar, RSA och kontinuerligt under arbetsprocesserna som sedan lagras i interna databaser. I dessa databaser går det att söka på nyckelord för att få tillgång till underlag och erfarenheter som medarbetaren efterfrågar. Då telesektorn snabbt förändras är det viktigt att skriftliga planer uppdateras kontinuerligt. Som tidigare har nämnts ska utvärderingar finnas tillgängliga internt inom hela Tele2:s organisation. Tele2 eftersträvar att ha en öppen kommunikation för att främja kunskapsöverföring (Ibid.).

4.6.2.9 Samverkan mellan tele- och elsektorn

Tele2 upplever att elsektorn inte är villiga att delge information som berör återställningsarbetet under pågående störningar eller kriser. Det som efterfrågas av Tele2 är att få tillgång till information som berör hur stort område som har påverkats av elavbrottet, lägesbilder inom geografiska områden, vilka insatser som pågår och prognoser för återanslutning av elförsörjning i de olika områdena. Denna information är kritisk för att fältserviceorganisationernas resurser ska kunna prioriteras där de gör mest nytta, det vill säga oftast där det är längst åtgärdstider för återanslutning av elförsörjningen. Tele2 menar även att elsektorn skulle kunna dra nytta av Tele2:s lägesrapporter från NOC och fältserviceorganisationer som är villiga att öka samverkan om elsektorn är villiga att delge denna typ av information. Tele2 framför att de har försökt att skapa kontakter med elnätsägare utan större framgång och utan förklaringar varför det inte är möjligt att bygga upp en samverkan med elnätsägarna (Ibid.).

PTS och SvK har inlett vad som kallas el- och telesamverkan för att skapa ett forum för att diskutera och möjliggöra samverkan mellan el- och telesektorn. Möten ska anordnas i bland annat Stockholm, Göteborg och Malmö under 2013. Tele2 kommer att delta i dessa möten och även de större elnätsägarna (Ibid.).

4.6.4 TeliaSonera

I följande avsnitt presenteras hur mobiloperatören TeliaSonera arbetar med krishantering och lärande.

4.6.4.1 Arbete under kris

När ovädret registrerades hos SMHI kontaktades driftledningspersonal hos TeliaSoneras NOC om ovädrets förväntade geografiska inlopp, vilka vindhastigheter som berörda områden kunde utsättas för och varaktighet. Personal inom NOC och informationsenheten informerades om stormens inlopp och förbereddes att finnas tillgängliga för att arbeta inför en kommande kris. På samma vis förbereddes de lokala fältserviceorganisationerna och Farmartjänst (Mårtensson, 2012).

NOC:s registrerade flertal störningar i nätet som kunde åtgärdas antingen centralt via

fjärrstyrningssystem eller genom att lägga ut ärenden till berörd fältserviceorganisation. Hur basstationerna prioriterades i återställningsarbetet berodde främst på antalet abonnenter som påverkades av avbrottet. TeliaSonera har en tydligare prioritering av nätelement till följd av erfarenheter från tidigare stormar. Samhällen har hög prioritet gällande störningar, men avbrott i mobilnätet beror oftast på elavbrott och elnätsbolagen är oftast duktiga på att åtgärda fel i stadsmiljö berättade Mårtensson (2012). Därför är det oftast i landsbygden som de längre avbrotten i mobilnätet uppstår och resurser prioriteras därefter. Den mest värdefulla information som NOC kan få tillgång till för att kunna prioritera sina resurser inom berörda fältserviceorganisationer och Farmartjänst på bästa vis är information från elnätsägarna. Fältserviceorganisationernas och Farmartjänsts resurser gör oftast mest nytta där det tar lång tid att återansluta elförsörjningen eller där det är möjligt att ta sig fram till drabbad utrustning inom rimlig tid. Då NOC inte hade några kontakter med elnätsägarnas driftledning fick de förlita sig på information från elnätsägarnas webbplatser och kundtjänst. Av tidigare erfarenhet fanns en uppfattning om att den information som elnätsägarna tillhandahåller via webbplatser och kundtjänst kan vara grovt tilltagna för att inte ge missvisande information till sina kunder om längre avbrottstider än vad som först uppgavs. Men i de flesta fallen är det endast den informationen som finns tillgänglig varför NOC hoppas att denna sköts (Ibid.).

NOC:ens ärendehanteringssystem registrerade tidpunkt för störningen, vad störningen krävde för åtgärd, vad som var beslutsunderlag samt tidpunkt för vidarebefordring till fältserviceorganisationen. Fältserviceorganisationerna har ett eget ärendehanteringssystem där ärendena i sin tur vidarebefordras till lämplig entreprenör. TeliaSonera ställde krav på dokumentation av fältserviceorganisationernas arbete med de ärenden som NOC skickade ut eftersom att dokumentationen ska fungera som underlag för fakturering för genomförda åtgärder. Den fältserviceorganisation som är kontrakterad är en internationell organisation där det finns möjligheter att ta in personal från andra länder. Alla rutiner och arbetsprocesser som TeliaSonera använder sig av finns beskrivna på engelska som är TeliaSoneras koncernspråk. Under stormen Dagmar behövde dock inte fältserviceorganisationen kalla in personal från andra länder (Ibid.).

Efter stormen Per har TeliaSonera kontrakterat Farmartjänst för att underlätta framkomlighet till skadade nätelement. Farmartjänst används för röjningsarbeten, logistik och för underhåll av reservverk. Det som är fördelaktigt med Farmartjänst enligt Mårtensson (2012) är att dem har stor lokal kännedom om natur och terräng vilket är till stor hjälp för den lokala fältserviceorganisationen (Ibid.).

Under pågående kris anordnas kontinuerliga besluts- och eskaleringsmöten för att stämma av vilka ärenden som borde prioriteras och varför. Dem som arbetar inom NOC har tydliga rutiner för dokumentation av beslut och har tillgång till chattforum där konversationer lagras för att medarbetarna ska kunna se vad som har skrivits tidigare. Händelseförlopp lagras på en kartbild där färgkoder används för olika typer av störningar inom geografiskt avgränsade områden. Det finns således möjlighet att grafiskt representera mobilnätets störningar och återställningsarbete under tid. TeliaSonera har som mål att vara så transparenta mot sina kunder som möjligt och informationsenhetens arbete är därför av stor vikt. Att sprida information är en av de viktigaste erfarenheterna från stormarna Gudrun och Per där TeliaSonera enligt Mårtensson (2012) har förbättrat informationsflödet till webbplats, kundtjänst och butiker. Den information som skickas till GLU är samma information som presenteras på TeliaSoneras webbplats (Ibid.).

Enligt Mårtensson (2012) har stormarna som inträffat under det senaste decenniet inte klassificerats som samhällskritiska varför det inte avropades några krisroamingkort under dessa stormar. Då stormen Dagmar var lindrigare än dessa stormar ansökte inte TeliaSonera om krisroamingkort och

några sådana delades heller inte ut. Mårtensson (2012) menade att under de krisförhållanden som krisroamingkort förmodligen skulle delas ut är så pass kritiska att förmodligen ingen mobiloperatörs nät skulle fungera under dessa förhållanden. Enligt Mårtenssons uppfattning saknar krisroamingkort någon inverkan på krishantering (Ibid.).

Gällande samverkan med mobiloperatörerna inom NTSG ska det råda en större samhällskris än det som upplevdes under Gudrun för att det ska startas någon krissamverkan inom NTSG. Än så länge har inte det svenska samhället drabbats av någon tillräckligt allvarlig situation där det anses att NTSG ska starta krissamverkan (Ibid.).

4.6.4.5 Utvärdering av kris

När TeliaSonera arbetar med utvärdering av kriser finns olika klassificeringar för olika störningar. Det finns betydligt vanligare störningar än storm som utreds. Alla större incidenter, som grundar sig i hur många abonnenter som påverkas, utvärderas och dokumenteras. Mårtensson (2012) har varit delaktig i författandet gällande utvärderingsrapport för stormen Dagmar⁷. Beroende på vilken incident som har inträffat kopplas olika enheter, internt och externt, in i arbetet. NOC har ofta en central roll i arbetet för att granska arbetsprocesser och IT-system med konfigurationer. Exempelvis så kan IT-systemleverantören kopplas in i arbetet om det krävs. Fältserviceorganisationerna delar även dem med sig av erfarenheter efter exempelvis stormen Dagmar. De avbrottsrapporter som framställs sprids inom organisationen för att främja ett proaktivt lärande enligt Mårtensson (2012). Att öppet sprida rapporter inom organisationen gör medarbetarna medvetna om att det finns brister inom organisationen och att man inte stirrar sig blind på tekniska detaljer utan fokuserar på att förbättra arbetsprocesser (Ibid.).

Olika rapporter författas för olika tillfällen. En snabbrapport författas för att kunna ge information till kunder. Sedan författas tekniska rapporter som beskriver vad som orsakade störningen och rapporter som ger rekommendationer hur man undviker att incidenten inträffar igen. PTS krav på avbrottsrapporter är ännu en rapport som genomförs efter deras krav, även om innehållet och arbetssättet för att ta fram denna information redan fanns förankrad inom TeliaSoneras organisation (Ibid.).

Vid olika situationer genomförs bedömning om det är läge att samordna telefon- eller videomöten där det ges tillfälle att reflektera över lärdomar och erfarenheter efter en kris samt vilka som bör delta. Deltagandet kan vara från ledningsnivå till fältserviceoperatörer. Vanligtvis så sköts dessa möten på lägre nivåer för att senare vidare rapportera till högre nivåer inom TeliaSoneras organisation (Ibid.).

4.6.4.6 Förebyggande arbete och RSA

TeliaSonera använder RSA som arbetsmetod för att identifiera risker. Mårtensson (2012) ansvarar inte för detta arbete utan det är personal inom TeliaSoneras säkerhetsenhet. Vilken metod som TeliaSonera arbetar med framgår därför inte. Mårtensson (2012) brukar vara delaktig i de workshops som säkerhetsenheten anordnar och han upplever att de anpassar dessa tillfällen utefter vad som ska undersökas. Till exempel om det är en organisatorisk förändring som ska genomföras eller om det gäller lansering av en ny tjänst. Det har inte genomförts någon RSA kopplad till stormen Dagmar. Enligt Mårtensson (2012) är TeliaSonera en processororienterad organisation där de kompetenser som behövs i arbetet med en RSA också är delaktiga. Alla sannolikheter och

⁷ Författaren fick inte ta del av denna rapport.

konsekvenser uppskattas vanligtvis från den interna kompetens som finns inom organisationen. Utifrån de risker som identifieras prioriteras vissa åtgärder som antingen hamnar inom berörd enhets målbeskrivning eller så sker uppföljning vid nästa mötessammankomst. Alla åtgärder som planeras genomföras tidsmärks med årtal eller med datum då åtgärden ska vara genomförd (Ibid.).

TeliaSonera deltar i Telö-övningarna som anordnas vartannat år av PTS. Det ger TeliaSonera möjlighet att testa och utvärdera de rutiner som finns inom NOC. Den främsta erfarenheten som TeliaSonera tog med sig från den senaste Telö-övningen som genomfördes år 2011 var att det inte finns så mycket som mobiloperatörerna kan samverka om gällande krishantering. Mobilnäten är fristående från varandra och näten är dimensionerade efter respektive operatörs abonnenter och inget mer. Det som belystes ytterligare under Telö var behovet om samverkan med elnätsägarna. Utöver PTS:s övningar genomför NOC bland annat desktop-övningar där dem testar och går igenom olika scenarier. Dessa genomförs utefter behov där omvärldsanalys kan driva på att ett visst scenario testas och utvärderas. Det finns många olika incitament till att öva enheten. Exempelvis så har NOC en reservanläggning som används när den ordinarie NOC:en behöver städas. Det är inte nödvändigtvis upplagd som en övning, men dessa tillfällen testar medarbetarnas mobilitet och förmåga att upprätta samma arbete på en annan plats (Ibid.).

Vid arbete under storm så har TeliaSonera tidigare erfarenheter om vilka problem som kan uppstå. Det är tydligt att det finns problem med trädfällning som förhindrar framkomlighet och skadar utrustning och ledningar. Det finns dock andra scenarier som är allvarliga som TeliaSonera inte har lika stor kunskap och erfarenheter gällande. Mårtensson (2012) nämnde bland annat scenarierna elbrist, brist av vattendamm, isstormar och kärnkraftsolyckor. Det är under sådana scenarier som samhället och TeliaSoneras krishanteringsförmåga ställs på sin spets. Vad det gäller att utvärdera alternativa krisscenarier anser Mårtensson (2012) att PTS är pådrivande i denna fråga. PTS ställer frågor till TeliaSonera hur dem skulle agera vid alternativa scenarier där internt arbete sätts igång för att utvärdera dessa situationer (Ibid.).

4.6.4.8 Erfarenhetsåterföring

Inom telekombranschen sker det ständiga förändringar enligt Mårtensson (2012). Samtidigt är TeliaSonera verksamma inom sex länder vilket ställer högre krav att på ett effektivt sätt ta in och hantera förändringar. Det sker förändringar i stort sett dagligen vilket medför att rutiner måste uppdateras så fort som möjligt för att enheten ska agera på ett korrekt vis. Det är av stor vikt att rutiner uppdateras kontinuerligt och att medarbetarna uppmärksammas om detta (Ibid.)

Varje medarbetare inom NOC har ett ansvar att utveckla verksamheten där ledare måste vara delaktiga i vissa beslut. Medarbetarna på NOC är en viktig drivkraft för enhetens förändring och förbättring enligt Mårtensson (2012). Förändringar kan bero på yttre faktorer som planerade projekt eller införande av nya tjänster. Enligt Mårtensson (2012) finns det levande dokument gällande TeliaSoneras rutiner och nätarkitektur. För att en större verksamhet ska fungera krävs det att det finns en väl dokumenterad kunskapsbank så organisationen inte är beroende av enskilda individers kompetens. Givetvis är tidigare erfarenheter från olika situationer en viktig del för personalens kompetens. Men det finns mycket dokumenterade erfarenheter som kan utnyttjas vid liknande situationer (Ibid.).

4.6.4.9 Samverkan mellan tele- och elsektorn

Vid krisarbete så betraktas information från elnätsägarna inom berört område som den mest värdefulla informationen. Denna information kan innehålla lägesbilder från elnätsägarnas

fältserviceorganisationer om det är begränsad framkomlighet, inom vilka områden insatser genomförs och vilka prognoser som finns för återinkoppling av elförsörjning. På samma vis skulle TeliaSonera kunna dela information till elnätsägarna att respektive parterers resurser kan prioriteras på bästa vis istället för att utföras utan den andres medvetande. Denna information bör enligt Mårtensson (2012) vara enkel och tydlig som inte kräver någon djupare teknisk förståelse för att tolka. I dag har inte TeliaSonera några kontaktvägar till elnätsägarna mer än via deras webbplatser och kundtjänster. TeliaSonera kan kontakta PTS som har kontaktinformation till vissa elnätsägare, men då måste PTS förmedla informationen (Ibid.)

Mårtensson (2012) berättade att PTS anser att mobil telefoni är en samhällskritisk verksamhet men att elsektorn visar en attityd att de inte vill ha något närmare samarbete. Representanter från elsektorn, i de samverkansforum som PTS anordnar, menar att dem inte kan diskutera samverkansfrågor för då bryter dem mot lagen. Vissa elleverantörer är dock mer samarbetsvilliga än andra. Under vissa kriser har det inträffat att fältservicegrupper från elnätsägarna stött på eller kontaktat fältserviceorganisationerna som TeliaSonera har kontrakterade och uttryckt ett behov om att ha tillgång till mobilkommunikation i drabbat område då dem inte vill arbeta utan kommunikationsmöjligheter. På så vis har NOC fått kontakt med elsektorn via fältserviceorganisationerna från respektive sektor för att kunna samverka och styra insatser som är av båda parterers intresse. Men Mårtensson (2012) vill uppnå ett samarbete som är värt namnet och inte att det ska ske via bakvägar. Mårtensson (2012), som är medlem i NTSG, har tagit upp det faktum att respektive sektorerers fälttekniker ser ett behov av samarbete mellan sektorerna under möten med NTSG. Mårtensson (2012) upplevde att när ämnet togs upp försökte många av medlemmarna undvika ämnet eller visade sitt misstyycke mot ett samarbete mellan sektorerna.

Enligt Mårtensson (2012) är viktigt att båda elsektorn och telesektorn förstår respektive parterers behov. En viktig del är att el- och telesektorners verksamheter är skilda vad det gäller geografisk utspridning. Elnätsbolagen agerar på avgränsade lokala monopol medan mobilbolagens nät finns över hela landet och styrs centralt. Vidare behövs det byggas upp en tillit mellan parterna då bägge parter sitter inne på känslig eller sekretessbelagd information. Enligt Mårtensson (2012) är det möjligt att denna problematik skulle kunna hanteras via avtal.

4.7 Myndigheters arbete för ökad samverkan mellan sektorerna

PTS och SvK har vid tre tillfällen under 2000-talet genomfört ett antal seminarier med syfte att öka förståelse och samverkan mellan aktörer från elnätsägare, teleoperatörer och områdesansvariga myndigheter. Dessa seminarier har genomförts på fyra platser runt om i landet för att möjliggöra deltagande från så många kommuner och länsstyrelser som möjligt. Seminarierna har lockat 70-100 deltagare med representanter från elnätsägare, teleoperatörer, kommuner, länsstyrelser, vissa myndigheter, branschorganisationer och SOS Alarm. Med anledning av att lagar och föreskrifter har förändrats och personalomsättning har skett sedan det senaste seminariet som genomfördes 2009/2010 har PTS och SvK bjudit in till nya seminarier som sker under våren 2013. Det program som satts samman inför seminarierna har skett i samarbete med representanter från PTS, SvK, Svensk Energi, E.ON, Fortum, Vattenfall, TeliaSonera, Tele2, Telenor, Hi3G, Svenska stadsnätssörening och länsstyrelser där seminarierna genomförs. Syftet för seminarierna är följande:

- Utveckla förståelse mellan elnätsägare, teleoperatörer, energi bolag och områdesansvariga myndigheter i händelse av störning eller avbrott i elnät och/eller elektronisk kommunikation.
- Utveckla krishanteringsförmågan.

- Vidareutveckla samverkansformer mellan branschföreträdare och geografiskt områdesansvariga.
- Utveckla kontaktnät för fortsatt dialog.

5 Resultat och analys

I följande kapitel presenteras resultat från den empiriska framläggningen samt analys utifrån det teoretiska ramverket som kopplas samman med mobiloperatörernas responssystem och arbete med krishantering och lärande.

5.1 Responssystem

För att analysera mobiloperatörernas responssystem har faserna *definiera mål med insatser och beskriv förutsättningarna, skapa modell över systemet och analysera scenario* samt *utvärdera systemets funktion och föreslå förbättringar* applicerats.

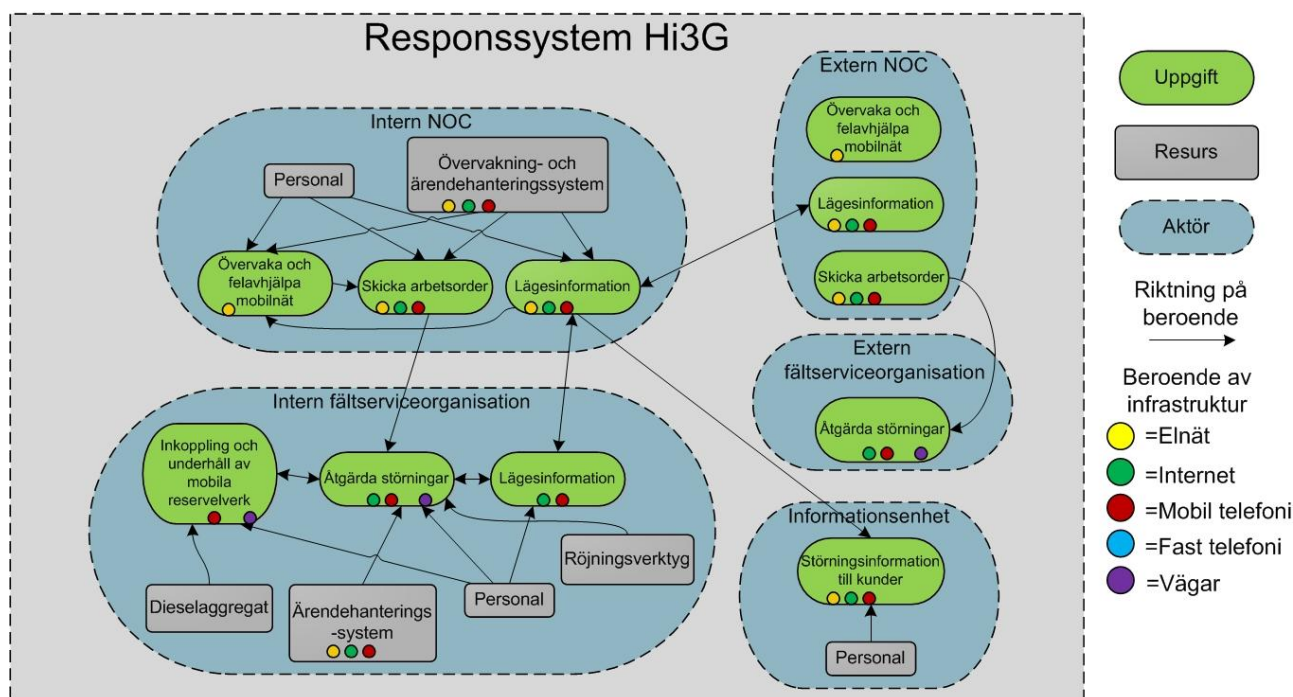
5.1.1 Mål med insatsen och beskrivning av förutsättningar

Då insamlandet av empiriskt material kopplat till responssystem har samlats in genom intervjuer med respondenter från mobiloperatörerna Hi3G, Tele2 och TeliaSonera driftledningscentraler utgår målbeskrivningen för insatserna från deras perspektiv. Då driftledningscentralerna har till uppgift att övervaka och felavhjälpa respektive operatörs mobilnät är därför deras huvudsakliga uppgift att se till att respektive mobiloperatörs mobiltjänster fungerar.

Stormen Dagmar drog in över Sverige under natten till den 26 december 2011 vilket betyder att stormen inträffade under vinterhalvåret. Under vinterhalvåret är det mörkt ute vilket begränsade sikten som försvårade förmågan att ge lägesbilder om framkomlighet och således hur felavhjälpningsinsatser kunde genomföras på bästa vis i ett inledande stadie innan dagsljuset förbättrade sikten. Trots att stormen inträffade under vintern rådde ett mildt klimat där flertalet värmer rekord noterades vilket medförde att insatser inte försenades på grund av kyla eller snöoväder. Stormen resulterade dock i stor trädfällning vilket påverkade framkomligheten negativt där Gävleborgs, Västernorrlands och Jämtlands län var värst drabbade.

5.1.2 Responssystem Hi3G

Hi3G hade huvudsakligen fem aktörer inkopplade i sitt responssystem under stormen Dagmar. Vilka aktörer som var delaktiga berodde på vilka störningar och avbrott som skulle hanteras inom olika nätdelar då det finns ett eget hemnät och ett gemensamt ägt nät med Telenor för övriga områden. I hemnätet var aktörerna *intern NOC*, *intern fältserviceorganisation* och *informationsenheten* aktiva. I det samägda nätet hanteras övervakning och felavhjälpning av *extern NOC* och *extern fältserviceorganisation*. Det är viktigt att poängtera att *intern NOC* alltid har ansvaret för samtliga störningar i Hi3G:s mobilnät, vilket innebär att *intern NOC* hade tät kontakt med *extern NOC* för att uppdatera lägesinformation då de största störningarna registrerades utanför hemnätet. Se figur 17 för schematisk bild över Hi3G:s responssystem (för större figur, se bilaga 1).



Figur 17. Modell över Hi3G:s responssystem under stormen Dagmar.

Intern NOC utförde tre huvudsakliga uppgifter under stormen. Dessa var *övervaka och felavhjälpa mobilnät*, *skicka arbetsorder* och samla in *lägesinformation*.

Övervaka och felavhjälpa mobilnät innebär att driftledningen kan via övervakningssystem bevakna nätet och styra nätelement centralt. Här genomfördes avvägning om åtgärder skulle genomföras av *intern fältserviceorganisation* vilket skedde genom avvägning av tillgänglig *lägesinformation*, åtaganden via SLA och vilka åtgärder som kunde genomföras på nätelement för att minska påverkan för kunderna. Den viktigaste informationen för *intern NOC* för att prioritera insatser via *intern fältserviceorganisation* är den information som elnätsägarna kunde tillhandahålla. Då det inte fanns några etablerade kontaktvägar med elnätsägarna fick *intern NOC* förlita sig på information på elnätsägarnas webbplatser vilket inte var tillräcklig information för att prioritera sina insatser efter endast denna information.

Uppgiften *lägesinformation* för *intern NOC* innefattade både att förmedla lägesinformation till *informationsenheten* och samla in lägesinformation som påverkade prioritering av felavhjälpningsinsatser. Att utföra uppgiften *lägesinformation* är direkt beroende av teknisk infrastruktur i form av *Internet* då publik lägesinformation hämtades in från olika webbplatser med bland annat väderinformation, information från elnätsägarna, Vägverket och SUSIE. Under stormen fördes tät kommunikation med *intern fältserviceorganisation* för att uppdatera lägesbilder. Denna information gav en uppfattning om framkomlighet i drabbade områden, prognoser för återanslutning av elförsörjning etcetera. För att samla in och sprida *lägesinformation* krävdes förutom tillgång till *Internet* även *mobilkommunikation* för att kunna kommunicera med *informationsenheten* och *extern NOC*.

Uppgiften att *övervaka och felavhjälpa mobilnät* var beroende av *lägesinformation* och för att *skicka arbetsorder* till *intern NOC* fanns ett beroende till uppgiften att *övervakning och felavhjälpa mobilnät*. Att *skicka ut arbetsorder* kunde antingen ske via *Internet* eller *mobilkommunikation*.

För att genomföra samtliga uppgifter som *intern NOC* hade krävdes att det fanns tillgång till *elnät*,

Internet och mobil kommunikation för att bland annat *övervakning- och ärendehanteringssystem* är beroende av dessa för att uppfylla sin funktion. Ytterligare krävdes resurserna tillgänglig *personal* och att *övervaknings- och ärendehanteringssystem* fungerade vilket dem även gjorde.

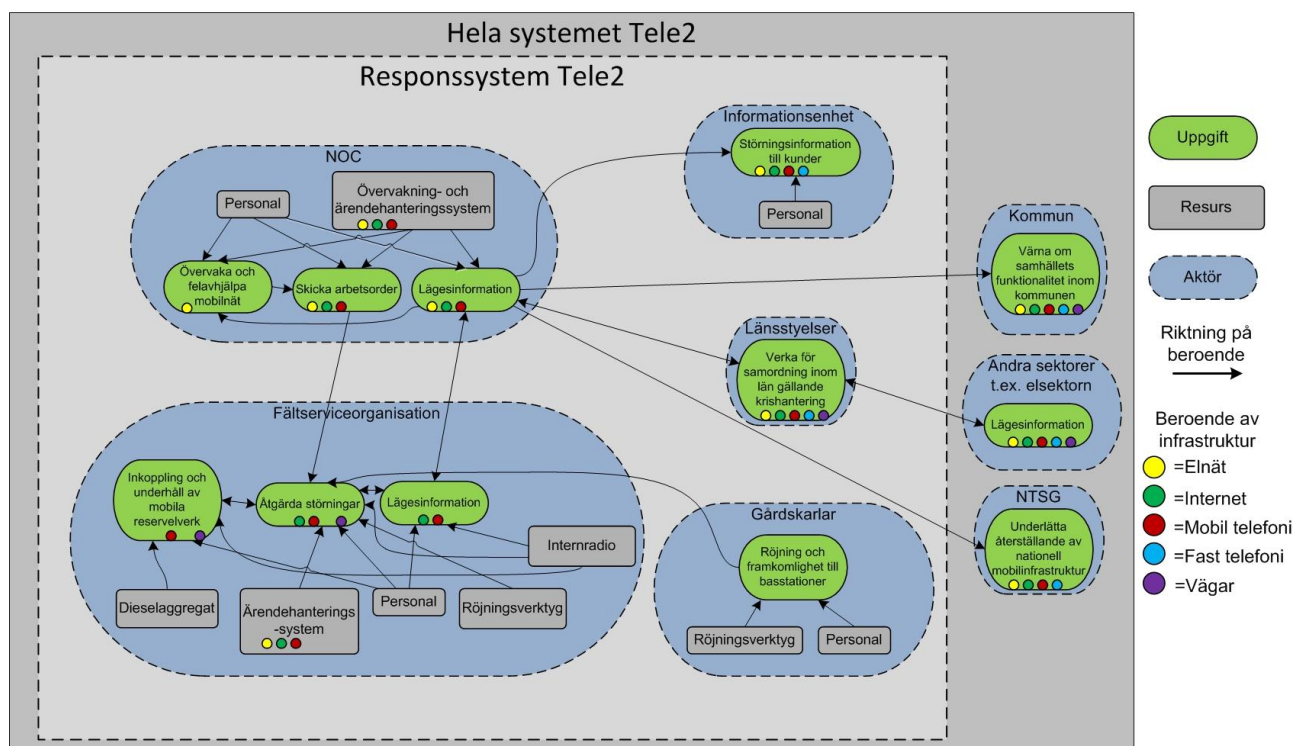
Intern fältserviceorganisation hade till uppgift att åtgärda de störningar som uppmärksammades av *intern NOC*. Vid genomförande av åtgärder krävdes tillgänglig *personal* vilka ska finnas tillgänglig året runt. *Personal* hade den kompetens som krävdes för att utföra uppgiften *inkoppling och underhålla av mobila reservelverk* vilket åtgärdade stor majoritet av störningarna. För att genomföra uppgiften krävdes att fältpersonalen hade tillgång till *mobilkommunikation* och framkomlighet längs vägar. För att den *interna fältserviceorganisationen* skulle kunna motta arbetsorder i den *interna fältserviceorganisationen* krävdes att det fanns tillgång till *Internet* och/eller *mobilkommunikation* i *ärendehanteringssystemet*. Tillgång till *elnät* anses vara en nödvändighet för att *ärendehanteringssystemet* skulle fungera. Fältserviceorganisationens förmåga att åtgärda störningar påverkades av framkomligheten till skadade nätelement. För att *åtgärda störningar* krävdes därför framkomlighet längs vägar och *röjningsverktyg*. Då det inte kallades in ytterligare personal för skogsröjning anser författaren att tillgången till *röjningsverktyg* var tillräcklig för situationen.

Informationsenhetens huvudsakliga uppgift var att ge *störningsinformation* till kunder via kundtjänst där det fanns ett direkt beroende till uppgiften *lägesinformation* från *intern NOC*. Denna information förmedlades via *Internet* och/eller *mobilkommunikation*. Även här är det kritiskt att det fanns tillgänglig *personal* för att kunna utföra enhetens uppgift och elförsörjning.

Extern NOC hade samma uppgifter som *intern NOC* och det borde således finnas ett ömsesidigt beroende mellan dessa för att förmedla *lägesinformation*. *Extern fältserviceorganisation* tog emot arbetsorder från *extern NOC* under stormen. Eftersom båda dessa organisationer är externa och kontrakterade hade inte Karlsson (2012) mer information om deras arbetssätt. Att samma uppgifter utfördes av *extern NOC* och *fältserviceorganisation* som *intern NOC* och *fältserviceorganisation* antogs ha liknande beroenden till infrastruktur. Däremot utelämnas hur dem gick tillväga för att utföra sina uppgifter och vilka resurser dem var beroende av.

5.1.3 Responssystem Tele2

Tele2:s responssystem under stormen involverade de interna aktörerna *NOC*, *fältserviceorganisation* och *informationsenhet* och de externa aktörerna *gårdskarlar*, *kommuner*, *länsstyrelser* och *NTSG*. Se figur 18 för schematisk bild över Tele2:s responssystem (för större figur, se bilaga 2).



Figur 18. Modell över Tele2:s responssystem under stormen Dagmar.

De uppgifter som genomfördes av NOC, fältserviceorganisationen och informationsenheten och beroenden mellan dessa kan likställas med beskrivningen ovan av Hi3G:s aktörer *intern NOC*, *intern fältserviceorganisation* och *informationsenhet* med några ytterligare uppgifter, resurser och beroenden.

Då det inte fanns mobiltäckning i de områden som fältserviceorganisationen genomförde insatser användes *internradio* mellan personalen ute i fält. Kurirer skickades ut för att motta arbetsorder vid hemmabasen eller inom område där det fanns mobiltäckning.

För att öka framkomligheten till nätelement har Tele2 kontrakterat lokal arbetskraft som sköter uppgiften *röjning och framkomlighet till basstationer*, denna aktör kallas *gårdskarlar*. Denna uppgift påverkade *åtgärda störningar* för fältserviceorganisationen då dem inte behövde lägga ned lika mycket tid åt röjning av nedfallna träd. Beroendet till *vägar* är således mindre för Tele2. För att *gårdskarlen* skulle kunna genomföra sin uppgift antogs att *röjningsverktyg* behövde fungera och att *gårdskarlen* fanns tillgänglig. Av det empiriska material som har samlats fanns det inte några antydningar att *gårdskarlar* saknade dessa resurser.

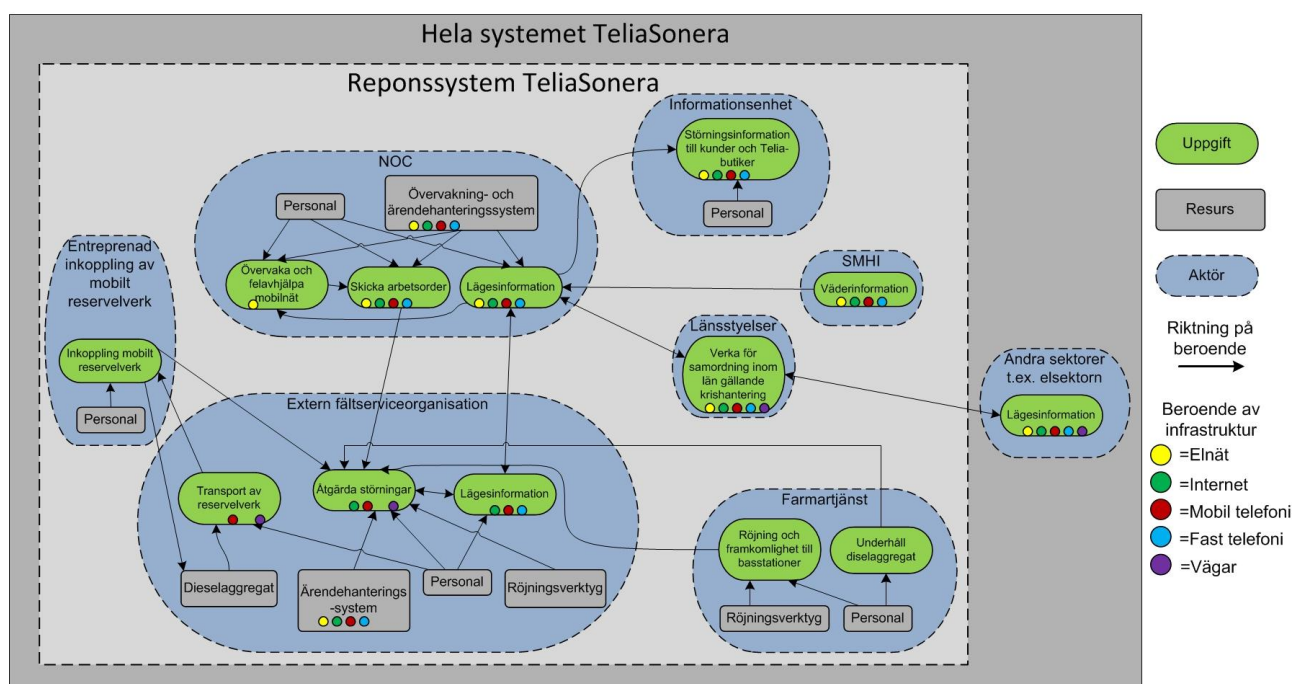
Informationsenheten var utöver tidigare beskrivna beroenden även beroende av fast telefoni för att ta in och förmedla *störningsinformation till kund*. Detta för att Tele2 utöver mobil telefoni även tillhandahåller fast telefoni.

Lagesinformation som samlades in hos NOC förmedlas även vid behov till aktörerna NTSG, Kommuner och Länsstyrelser med uppgifterna *underlätta återställande av nationell mobilinfrastruktur*, *värna om samhällets funktionalitet i kommunen* respektive *verka för samordning gällande krishantering inom berört län*. NOC hade inte något ömsesidigt beroende med NTSG och kommuner. Att det inte fanns något ömsesidigt beroende härleds till att mobiloperatörerna har separata nät där insatser prioriteras för att återställa det egna nätet och att Tele2 ansvarar för mobiltäckning på nationell omfattning vilket gör det svårt att prioritera utvalda kommuner. Detta

kan förklara varför Tele2 har ett ömsesidigt beroende med *länsstyrelser* då de verkar för samverkan på ett större geografiskt område och då *NOC* har möjlighet att få tillgång till *lägesinformation* från *andra sektorer*, exempelvis elsektorn, som de annars inte hade fått tillgång till. Denna bakgrund medförde att aktörerna *kommun* och *NTSG* placerades utanför responssystemet. Då *kommuner*, *länsstyrelser* och *NTSG* är mer eller mindre viktiga för samhällets funktionalitet ansåg författaren att det är rimligt att det fanns ett beroende till infrastrukturerna *elnät*, *Internet*, *fast och mobil telefoni* och *vägar* för *kommuner* och *länsstyrelser* medan *NTSG* inte har samma beroende till *vägar* för att genomföra sina uppgifter.

5.1.4 Responssystem TeliaSonera

TeliaSoneras responssystem innefattade de interna aktörerna *NOC* och *informationsenhet* samt de externa aktörerna *extern fältserviceorganisation*, *entreprenad för inkoppling av mobilt reservverk*, *Farmartjänst*, *SMHI* och *länsstyrelser*. Se figur 19 för schematisk bild över TeliaSoneras responssystem (för större figur, se bilaga 3).



Figur 19. Modell över TeliaSoneras responssystem under stormen Dagmar.

De uppgifter som genomfördes av *NOC*, *extern fältserviceorganisationen* och *informationsenheten* och beroenden mellan dessa kan likställas med beskrivningen ovan av Hi3G:s aktörer *intern NOC*, *intern fältserviceorganisation* och *informationsenhet* med några ytterligare uppgifter, resurser och beroenden.

När *NOC* genomförde uppgiften *skicka ut arbetsorder* användes infrastrukturen *fast telefoni* utöver *Internet* och *mobil telefoni*. *Fast telefoni* utnyttjades då *Internetuppkoppling* eller *mobiltäckning* inte fanns tillgänglig hos *fältserviceorganisationen* för att *skicka arbetsorder* vilket påverkade att resurser *ärendehanteringssystem* även var beroende av *fast telefoni*. Då personal i fält inte hade mobiltäckning skickades kurirer till hemmabasen för att hämta upp arbetsorder.

Informationsenheten hade även till uppgift att lämna störningsinformation till butiker i drabbade områden för att kunna förse kunderna som inte hade tillgång till varken mobil eller fast telefoni.

Inom den *externa fältserviceorganisationen* fanns inte den fackmannamässiga kunskap som krävdes för *inkoppling mobilt reservverk* vilket medförde att TeliaSonera hade en ytterligare aktör kontrakterad för att utföra denna uppgift, som i denna rapport kallas för *entreprenad för driftsättning av reservverk*. *Extern fältserviceorganisation* hade tillgång till de mobila reservverken men inkopplingen av dessa utfördes *entreprenad för driftsättning av mobila reservverk*, varför det fanns ett beroende mellan uppgiften *transport av reservverk* till *inkoppling mobilt reservverk*.

Röjning och framkomlighet till basstationer sköttes genom aktören *Farmartjänst* som även utnyttjades för *underhåll av mobila reservverk* som innefattar bränsletillförsel till dieselaggregat varför det finns ett beroende från uppgiften *underhåll av dieselaggregat* till uppgiften *åtgärda störningar*.

NOC hade ett ömsesidigt utbyte av information med *länsstyrelser*. Som har beskrivits i avsnittet innan har *länsstyrelser* till uppgift att *verka för samordning gällande krishantering inom berört län* där de samlar in information från flertalet *andra sektorer*, däribland elsektorn, vilket gav NOC tillgång till information som de annars inte hade fått tillgång till men även att de gav råd gällande prioritering av insatser till *länsstyrelser*.

5.1.4 Sammanfattande analys av mobiloperatörernas responssystem

För respektive mobiloperatörs *fältserviceorganisation* antogs det att dem hade tillgång till fordon för transport av resurser varför resursen fordon inte finns med i modellen för responssystemen. Fordon får anses vara en grundläggande resurs som används oavsett vilken typ av störning som inträffar under olika förhållanden. Röjningsverktyg blir en mer kritisk resurs under just storm då framkomligheten försämrades på grund av trädfällning. Att personal fanns tillgänglig var inte heller självklar eftersom stormen inträffade under julhelgen varför den resursen finns med. Att ärendehanteringssystemet fungerar så att arbetsorder kan mottas betraktas även den som viktig för att kunna återställa mobilnätet.

Samtliga mobiloperatörers responssystem utförde liknande uppgifter där aktörerna NOC, *fältserviceorganisation* internt eller externt och *informationsenhet* står för de tre huvudsakliga uppgifterna i form av att *övervaka och felavhjälpa mobilnät, åtgärda störningar och störningsinformation till kunder*. Dessa funktioner är de mest grundläggande för att se till att mobiltjänsterna fungerar igen. Enligt mobiloperatörernas representanter är det av stor vikt att hålla kunderna uppdaterade om störningssituationen. Detta kan dras paralleller till tidigare erfarenheter om att brist på information upplevs värre än att felavhjälpningsåtgärder genomförs.

Intern NOC borde ha bättre förutsättningar att bedöma information för svenska förhållanden än *extern NOC* som förmodligen inte har lika stor insikt och förståelse för klimatet, miljövariationer etcetera.

De olika operatörerna har blandade lösningar gällande *fältserviceorganisationer*. Tele2 har en intern *fältserviceorganisation*, Hi3G både en intern och extern medan TeliaSonera endast har en extern. Det kan tänkas att det förknippas med olika för- och nackdelar. En av fördelarna med att ha en intern *fältserviceorganisation* bör vara att dess personal är dedikerade att hantera störningar inom det egna nätet. Assarson et al. (2012) påpekade att personalen i *fältserviceorganisationen* har stor lokal kännedom och känner ett stort ansvar för att se till att mobilnätet inom berörd *fältserviceorganisations* fungerar. När extern *fältserviceorganisation* används har de säkerligen

flertalet åtaganden, som bland annat Karlsson (2012) berättade, vilket medför att de har flertalet intressenters intressen att tillgodose. Därför måste den externa fältserviceorganisationen genomföra prioriteringar av åtgärder för olika intressenter vilket innebär att mobiloperatörernas störningar inte alltid prioriteras högst vilket påverkar mobilnätets tillgänglighet. De externa fältserviceorganisationerna ska enligt kontrakt finnas tillgängliga året runt, men det ger fortfarande inte garanti att personal finns tillgänglig under omfattande kriser. Enligt Karlsson (2012) kan det ha varit mer tur än skicklighet att det var fullt manskap under stormen då den inträffade under julhelgerna då många brukar vara lediga. Samma problematik kan säkerligen ha upplevts hos dem externa fältserviceorganisationerna. Då externa fältserviceorganisationer har flertalet åtaganden kan det innebära att det nödvändigtvis inte är samma personal som hanterar en viss mobiloperatörs störningar varför personalen kanske inte har lika stor lokal kännedom som annars skulle kunna påskynda återställningsarbetet.

En av fördelarna med att ha extern fältserviceorganisation kopplas samman med ekonomiska frågor då det kan vara fördelaktigt att inte behöva stå för kostnaderna för de resurser som krävs för att åtgärda störningar, till exempelvis fordon, röjningsverktyg, kompetensutveckling etcetera. En annan är att en extern fältserviceorganisation bedriver sin verksamhet med speciell inriktning på just fältservice vilket innebär att det huvudsakliga intresset är att förbättra sin fältservicetjänst.

Olika fältserviceorganisationer hade olika kompetenser inom organisationen. Tele2:s fältserviceorganisation verkar vara den med bredast kompetens då den förutom åtgärda störningar kan utföra både omfattande röjningsarbete och inkoppling och underhåll av mobila reservverk. Hi3G:s interna fältserviceorganisation har samma kompetens med undantag att de måste kalla in externa aktörer för mer omfattande skogsrojning. TeliaSonera måste koppla in entreprenad för inkoppling av mobilt reservverk vilket kräver ytterligare en aktörs inblandning för att åtgärda störningar som kräver inkoppling av reservverk. Med ytterligare en ledtid att ta hänsyn till borde försena återställningsarbetet.

Tele2:s fältserviceorganisation har bättre redundans i kommunikationsvägar då personalen använder intern radiokommunikation mellan fältservicearbetarna inom ett område vid avsaknad av mobiltäckning från olika operatörer.

För att öka framkomlighet till nätelement har Tele2 och TeliaSonera kontrakterat externa aktörer som sköter röjning fram till basstationer genom *gårdskarlar* respektive *farmartjänst*. Detta anses vara fördelaktigt då fältserviceorganisationerna inte behöver lägga ned tid på röjningsarbete i lika stor utsträckning för att åtgärda inträffade störningar. Hi3G har kontakter för att kalla in ytterligare röjningspersonal men denna arbetskraft kan endast utnyttjas i mån av deras tillgänglighet.

Samtliga mobiloperatörer har uppgett att den viktigaste informationen för att prioritera insatser var information från elnätsägarna. Detta kopplas samman med att mobila reservverk gör mest nytta där det tog längst tid att få tillbaka elförsörjningen. Det fanns inte några etablerade kontaktnät mellan mobiloperatörernas driftledningscentraler och elnätägarna utan de fick förlita sig på att den information som elnätsägarna delger via webbplatser och kundtjänst var korrekt, men enligt tidigare erfarenheter är den informationen inte tillräcklig för att prioritera insatserna efter enbart den informationen. För att få tillgång till information från andra sektorer, däribland elsektorn, har både Tele2 och TeliaSonera uppgett att de hade kontakt med drabbade läns länsstyrelser. I brist på samarbete med elsektorn behöver driftledningscentralerna ta omvägar för att få tag i den typ av information som dem behöver vilket försvårar återställningsarbetet och således tillgänglighet av mobila kommunikationer.

TeliaSonera var den enda mobiloperatören som hade en avtalad vädertjänst, i det här fallet via SMHI. Vädertjänsten kopplas samman med en ekonomisk kostnad där de övriga operatörerna hämtar väderinformation från publika tjänster. Fördelen med att ha kontakt med SMHI är att TeliaSonera hade kontakt med experter inom väderrelaterade frågor vilket kan ha vara fördelaktig i förberedelser inför stormen.

Utifrån vad mobiloperatörerna har uppgett kan NTSG:s roll ifrågasättas då samverkan inom NTSG inte förbättrade mobiloperatörernas krishanteringsförmåga under stormen.

Utifrån det empiriska materialet var Hi3G snabbast med att återställa avbrotten i mobilnätet då det var åter i normal drift efter cirka fyra dygn (cirka 1 januari), TeliaSonera cirka 3 januari och Tele2 uppnådde 5 januari. Det är dock svårt att identifiera vad som var avgörande för de olika återställningstiderna. En möjlig faktor som kan ha påverkat återställningsdatumet kan ha varit att Tele2 och TeliaSoneras mobilnät var mer utbrett i dem hårdast drabbade områdena. Om författaren hade fått tagit del av mobiloperatörernas rapporter gällande stormen Dagmar hade en grundligare analys kunnat genomföras, vilket även hade höjt validiteten. Huruvida insatserna var acceptabla var svårt att avgöra då det inte fanns några kvantitativa regulatoriska krav på tillgänglighet i mobilnätet. Dock har det inte framgått att PTS har genomfört någon ytterligare utredning av mobiloperatörernas insatser, vilket kan tyda på att PTS anser att mobiloperatörerna har genomfört acceptabla insatser.

5.2 Mobiloperatörernas krishantering och lärande

I följande avsnitt analyseras mobiloperatörernas arbete med krishantering och lärande där det teoretiska ramverket kopplat till krishantering och lärande appliceras. Avslutningsvis bedömer författaren med det empiriska materialet som underlag på vilken mognadsnivå mobiloperatörens krishanteringsförmåga befinner sig på.

5.2.1 Hi3G

Under stormen dokumenteras skeenden via NOC:s ärendehanteringssystem. Driftstörningskartor sammanställdes som presenterades via företagets webbplats och vidarebefordrades till bland annat SOS Alarm. Systemet registrerade även vem i personalen som hanterade ett störningsärende och vid vilken tidpunkt. Att störningens händelseförlopp dokumenterades ger en bra grund för att genomföra senare utvärdering och analys om vad som inträffade och varför responssystemet agerade som det gjorde. NOC hade under stormen processer för att analysera och prioritera insatser utifrån tillgänglig information vilket är en förmåga som kan användas för alla typer av kriser. En lärdom som NOC borde ta med sig från stormen var att det kan vara bra att invänta dagsljus innan fältservicepersonal skickas ut för att åtgärda störningar då personalen är beroende av sikt men även då trädfällningen kan riskera fältpersonalens hälsa.

Hi3G har genomfört en utvärdering av stormen Dagmar där inblandad personal var delaktiga i så kallade lessons-learned möten. Vid dessa möten gavs medarbetarna möjlighet att diskutera och dela med sig av sina erfarenheter under krisarbetet vilket tyder på ett brett lärande inom organisationen och att medarbetarna ges möjlighet att dela med sig av kunskaper, även kallat transfer. Denna typ av möten anordnas även för mindre störningar. Att ha rutiner för att diskutera händelseförlopp och erfarenheter mer frekvent än just efter större störningar som stormen Dagmar är fördelaktigt för att kontinuerligt utveckla och förändra organisationens krishanteringsförmåga. Den rapport som sammanställdes, med underlag från bland annat lessons-learned-mötena, innehöll

rekommendationer och förslag på åtgärder. Processer utvärderades eller förslag till nya processer framfördes för att minimera risken att samma problem inträffar igen. Dessa förändringar följs upp under ledningsmöten på chefsnivå där processerna sätts in ett större sammanhang för att belysa dess innebörd. Det pekar på att organisationen strävar efter ständig förbättring genom att utvärdera de rutiner och processer som finns. Som Karlsson (2012) påpekade medför denna typ av arbete en bättre helhetsbild för att se organisationens arbete som en process och på så vis även förbättrar möjligheten för dubbelkretslärande, att medarbetarnas värderingar, normer och mål förändras i samband med förändringen av processer. Det har inte framgått att några externa aktörer har varit delaktiga i utvärderingsprocessen. Det kan innebära att rapporten inte har nått sin fulla potential då det kan vara svårt att få en objektiv bild av vad som faktiskt hände då det kan vara känsligt att kritisera den egna organisationen.

Hi3G arbetar med RSA, som enligt Karlsson (2012) är viktigt för att diskutera och dokumentera de risker som finns kopplat till teknik och organisation. Arbetet med RSA involverar medarbetare från flertalet olika enheter vilket förstärker förståelsen för hur olika processer hänger samman. Hi3G har valt en tillvägagångssätt där worst case scenarier utvärderas i RSA-arbetet vilket kan vara fördelaktigt då inte endast sannolika scenarier utvärderas. Att diskutera alternativa scenarier medför att kunskap kan användas för proaktivt lärande vilket berikar krishanteringsförmågan. Sannolikheter och konsekvenser uppskattas främst av den interna kompetens som finns inom företaget. Det är därför viktigt att de inblandade medarbetarna får möjlighet att diskutera gällande de identifierade riskerna för att få en bättre förståelse för dessa. För att förbättra RSA-arbetet kan det vara bra att fundera över om det behövs kopplas in extern kompetens som kan belysa fler risker än vad som kan identifieras inom organisationen.

Rapporten för stormen Dagmar och RSA:er sprids i det interna nätverket hos Hi3G. Det är viktigt att personal får tillgång till denna typ av dokumentation för att kunna ta del av de erfarenheter som har samlats in. Det ger en bättre förståelse för organisationens krishanteringsarbete men även för att lämna organisatoriska minnen.

Hi3G har genomfört interna krisövningar men deltar även i Telö som anordnas av PTS. Telö anordnas vart annat år medan Karlsson (2012) endast har varit med på en intern krisövning under fyra år. Att vara delaktiga och genomföra krisövningar är ett bra tillfälle att testa planer och rutiner. Då Hi3G har en reserv-NOC som bemannas minst en gång per kvartal ges ytterligare övning för att säkerställa att rutiner och system fungerar då arbetsuppgifterna inte utförs i de vanliga lokalerna. Hi3G:s krisledning anordnar även kallelseövningar en gång per halvår för att förbättra svarsrutiner. Att öva genom att bemanna reserv-NOC och kalla till kallelsemöten är bra exempel på övning som kan appliceras på alla typer av kriser vilket är bra för att utveckla den breda krishanteringsförmågan. Det kan vara bra att fundera över om större krisövningar sker tillräckligt frekvent då mobilsektorn infrastruktur förändras relativt snabbt i jämförelse med elsektorn. Det är tydligt att övning medför förändringar för Hi3G då de håller på att utveckla ett nytt informations- och krishanteringssystem för att förbättra mobilitet och tillgång till databaser till följd av erfarenheter från Telö11. Detta system ska även mer precist kunna beräkna antalet abonnenter som påverkas av störningar. Att systemet ska kunna beräkna antal abonnenter som påverkas av störningar kan delvis ha påskyndats av de lagstiftningar gällande avbrottsrapportering som trädde in under 2012. Att återkoppla resultat från övningar till faktiska förändringar resulterar i stringent organisatoriskt lärande.

Någon gång per år anordnas krisledningsmöten där organisationens samtliga enheter finns representerade. Ett tecken på att krishanteringsförmågan inte är beroende av en medarbetares kompetens är att det alltid finns två representanter från varje enhet vid dessa möten. Detta gynnar

organisatoriskt lärande. Syftet med mötena är att alla enheter ska vara informerade om förändringar som har inträffat. Dessa möten dokumenteras däremot inte, vilket skulle vara fördelaktigt att dem gjorde för att kunna genomföra uppföljningar men även för att lämna organisatoriskt minne för att sprida information som har framkommit under dessa möten.

Med ovanstående analys kan Hi3G:s krishanteringsförmåga kopplas till *mognadsmodellen*. Hi3G:s tidigare erfarenheter av kriser innebär att krishanteringsförmågan är högre än *initial*. Det finns rutiner och processer för att hantera kriser som tyder på en högre nivå än *upprepande*. Hi3G kan beskriva hur organisationen agerade under krisen vilket tolkas som att det finns definierade processer och mål för krishanteringsförmågan. Erfarenheter från stormen Dagmar visar på faktiska förändringar i krishanteringsarbetet bland annat genom det nya informations- och krishanteringssystemet som utvecklas. Förändringar av rutiner och processer följs upp på ledningsmöten för att målen ska uppfyllas. Huruvida organisationen tillämpar dubbelkretslärande är svårt att avgöra utifrån det empiriska materialet varför författaren anser att Hi3G:s krishanteringsförmåga är på mognadsnivån mitt emellan *hanterande* och *optimerande*.

5.2.2 Tele2

Assarson et al. (2012) uttryckte att inblandad personal i krishanteringen har samlat på sig erfarenheter från tidigare stormar som påverkade insatserna under stormen Dagmar. Det kan härledas till att organisationer som har tidigare erfarenheter av kriser har en högre beredskapsnivå än organisationer utan erfarenheter. Exempel på högre beredskap och förståelse för kriser var då personal förbereddes innan stormen drog in samt då de inväntade dagsljus innan personal i fältserviceorganisationerna skickades ut för att inte riskera personals hälsa då de är beroende av sikt.

Under stormen registrerade NOC:ens ärendehanteringssystem alla arbetsorder som innefattade information om vem som fattat beslut, vad som var underlag till beslutet och vad som skulle genomföras. Att denna information sparas skapar goda förutsättningar för senare utvärdering av krishantering under stormen och fungerar även som organisatoriskt minne då den lagrade informationen kan fungera som beslutsunderlag för krishantering i framtiden.

En rapport gällande stormen Dagmar har sammanställts av Tele2 vilket är fördelaktigt för att dokumentera erfarenheter som bidrar till det organisatoriska minnet. Personal från flertalet olika enheter fick möjlighet att bidra med sina erfarenheter. Det anordnades sammankomster där det gavs möjlighet att diskutera enheternas erfarenheter vilket är viktigt för att sätta in erfarenheterna i alternativa framtida scenarier som ger möjlighet för proaktivt lärande. Rapporten innefattade rekommendationer och förslag till åtgärder vilket är viktigt för att organisationen ska kunna anpassa sig efter förändrade förutsättningar. En av erfarenheterna från stormen Dagmar som har skapat förändring är att Tele2 arbetar för att ha bättre samverkan med länsstyrelser för att få tillgång till information från andra sektorer som är betydande för att kunna prioritera sina insatser på bästa vis. Externa parter har inte varit med i utvärderingen vilket skulle kunnat ha bidragit ytterligare till utvärderingen. Att låta externa parter vara med vid genomförande av utvärdering kan möjliggöra opartisk granskning vilket kan vara viktigt då medarbetare kan uppleva att de kritiserar kollegor eller organisationen varför den fulla potentialen av utvärderingen inte utnyttjas.

Tele2 arbetar med RSA och de anser att de främsta nyttorna är att kunna dokumentera risker och agera proaktivt. Förmodligen resulterar RSA-arbetet även i reaktiva åtgärder för att minimera risken för att upprepa samma misstag. Men det är inte nödvändigt att skilja på reaktiva och proaktiva åtgärder, utan det är den ständiga förbättringen som är viktig. Att de åtgärder som skall genomföras

tidsmärks är fördelaktigt för att kunna göra uppföljningar vilket sätter krav på att faktiska förändringar genomförs. Något som är viktigt för att upprätthålla den kontinuerliga processen som krishantering innebär.

Krisövningar anordnas årligen inom organisationen och Tele2 deltar även i Telö vartannat år. Övningar är bra tillfällen för att testa planer och rutiner. Det framgick dessvärre inte vilka erfarenheter som organisationen har absorberat från dessa övningar. Övningar sker på årlig basis vilket är bra för ständig förbättring av krishanteringsförmågan. Tele2 använder inte nödvändigtvis tidigare lärdomar och erfarenheter som underlag till kommande övningar utan underlaget baseras främst på omvärldsanalys. För att öka stringens i lärandeprocessen kan det vara fördelaktigt att ha erfarenheter och lärdomar från tidigare övningar och kriser som underlag till kommande övningar för att övningarna ska innefatta sådant som organisationen har identifierat att det finns brister gällande.

Då det råder ständiga förändringar inom telesektorn, mobiloperatörerna måste ständigt förbättra sin täckning och kapacitet för att tillgodose marknadens efterfrågan, sätter Tele2 vikt vid att kontinuerligt uppdatera sina rutiner och processer, så kallad levande dokumentation. Om rutinerna är uppdaterade och beskriver vad organisationen faktiskt gör blir det lättare att slussa in ny personal vid personalomsättning. Hur väl dessa rutiner är uppdaterade framgick inte mer än att Assarson et al. (2012) sade att de lägger ner mycket tid på detta.

För att göra den information som dokumenteras tillgänglig inom organisationen sprids dokumentationen i interna databaser som finns tillgängliga för medarbetare inom organisationen. Med öppen information finns det större möjligheter att erfarenheter kan delas mellan medarbetare men även för att synliggöra hur organisationen enheter hänger samman.

Krishanteringsförmågan hos Tele2 visar på goda egenskaper då de har tidigare erfarenheter av krisarbete och kan beskriva hur krishanteringsarbetet gick till under stormen Dagmar. Rutiner och processer testas och utvärderas under interna och externa övningar vilket tyder på att det finns definierade rutiner och processer. Erfarenheter och lärdomar från utvärderingsarbetet av stormen visar på huvudsakliga erfarenheter som kopplas samman med att Tele2 ska öka samverkan med länsstyrelser för att förbättra krishanteringsförmågan. I arbetet med RSA tidsmärks de åtgärder som ska genomföras vilket innebär att mål uppnås genom uppföljning av dessa åtgärder. Om Tele2 i hög utsträckning använder sig av dubbelkretslärande är svårtolkat. Att det anordnas sammankomster för diskussion och reflektion är bra förutsättningar för dubbelkretslärande, men det hade krävts mer ingående information från fler representanter som har varit involverad i krishanteringsarbetet för att göra en rättvis bedömning. Med detta underlag anser författaren att Tele2:s krishanteringsförmåga är mellan mognadsnivåerna *hanterande* och *optimerande*.

5.2.3 TeliaSonera

TeliaSonera har tidigare erfarenheter från stormar där en av åtgärderna är att de har kontrakterat Farmartjänst för att underlätta framkomlighet och ökat informationsspridning till kunder. Åtgärder som har vidtagits efter tidigare kriser visar på en förmåga att genomföra faktiska förändringar och öka beredskapen.

I likhet med Hi3G och Tele2 dokumenterades skeenden under stormen med hjälp av ärendehanteringssystemet som registrerade tidpunkt då störningen inträffade, vilken typ av åtgärd störningen krävde och vad beslutsunderlaget var. För de störningar som åtgärdades av den externa

fältserviceorganisationen ställde TeliaSonera krav på dokumentation av åtgärderna som genomfördes som även fungerade som underlag till fakturering. Detta är ett sätt att få in den dokumentation som TeliaSonera behöver för att dra lärdomar från fältserviceorganisationens arbete. TeliaSonera har engelska som koncernspråk och använder sig av en internationellt etablerad fältserviceorganisation där personal från andra länder kan flygas in vid behov. Att redan ha rutiner skrivna på engelska bör underlätta om personal från andra länder tas in under framtida kriser. Störningens händelseförlopp dokumenterades även grafiskt vilket ger en lättolkad representation av hur felavhjälpningsarbetet fortlöpte. Att skeenden dokumenteras ger goda förutsättningar för utvärdering och analys av vad som inträffade under störningen.

Under stormen Dagmar anordnades kontinuerliga besluts- och eskaleringsmöten. Att cykliskt utvärdera situationen allt eftersom ny information samlas in och förutsättningarna förändras är en rutin som hjälper till att hantera den pågående krisen på ett systematiskt vis men även hjälper till att lära under pågående krisen.

De utvärderingar av störningar som utförs av TeliaSonera beror på hur många abonnenter som påverkades av störningen. Stormen Dagmar var tillräckligt omfattande och en utvärdering genomfördes där flertalet enheter bidrog med erfarenheter. Olika typer av möten anordnades under störningen för att personal skulle kunna diskutera och reflektera över erfarenheter. Detta är av vikt för att öka lärandet gällande vad som har inträffat. Rapporten spreds inom organisationen för att medvetandegöra personal om att det finns brister inom organisationen och att TeliaSonera arbetar för att förbättra arbetsprocesser. Att sprida denna information gynnar organisatoriskt lärande och organisatoriskt minne vilket är fördelaktigt för att möta förändrade förutsättningar.

Under störningen sammanställde TeliaSonera olika rapporter där snabba rapporter beskrev störningen för kunder, tekniska rapporter beskrev vad som orsakade störningen och till sist rapporter med rekommendationer för att undvika att liknande störning inträffar igen. Att det fanns etablerade rutiner för dokumentation visar på väl fungerande krishantering under störningen, förmåga att dokumentera erfarenheter under störningen och att gynna ett reaktivt lärande genom att identifiera åtgärder som kan genomföras för att minimera risker

TeliaSonera arbetar med RSA men har inte genomfört någon sådan med koppling till stormen Dagmar. Mårtensson (2012) upplever att metoden som används i arbete med RSA anpassas efter vad som ska analyseras. Deltagarna i RSA-arbetet beror på vad som ska analyseras. Att arbeta med RSA ger bra förutsättningar för att belysa vilka risker som finns men även möjlighet till diskussion då det kan krävas förtydligande av de sannolikheter och konsekvenser som uppskattas utifrån intern kompetens. De åtgärder som skall genomföras utifrån RSA-arbetet tidsmärks vilket möjliggör uppföljning vilket sätter krav att faktiska förändringar genomförs. Huruvida det är enkretslärande eller dubbelkretslärande som gynnas framgår dock inte ur det empiriska materialet.

TeliaSonera deltar i Telö som är ett bra tillfälle för att testa rutiner och processer och utvärdera dessa. De främsta erfarenheterna från den senaste övningen kopplas dock inte till förbättring av rutiner och processer utan snarare att samverkan inom mobilsektorn under kris är överflödigt och behovet av information från elnätsägarna. Att samverkan inte är nödvändig under kris behöver dock inte betyda att man kan dra lärdomar från varandra vid utvärderingar efter kriser. TeliaSoneras NOC utför interna övningar som utgår från omvärldsanalys vilka scenarier som ska simuleras. För att höja det organisatoriska lärande och stringens från tidigare identifierade svagheter kan det vara fördelaktigt att använda dessa svagheter som underlag till kommande övningar. I likhet med Hi3G:s interna NOC så övar TeliaSonera genom att bemanna sin reserv-NOC. För att öka det organisatoriska lärandet kan det vara fördelaktigt att koppla samman tidigare erfarenheter från

övningar och kriser till kommande övningar.

TeliaSonera är den enda mobiloperatören som har uppgett att de arbetar med att utvärdera alternativa scenarier som elbrist och isstormar där PTS är pådrivande. Även om TeliaSonera inte har utfört några större krisövningar kopplat till just dessa scenarier är det viktigt att påbörja arbete för att utvärdera alternativa scenarier för att gynna proaktivt lärande och för att sikta mot ett brett lärande.

Den egna uppfattningen som TeliaSonera har gällande sitt agerande var att de skötte krishanteringen bra. TeliaSoneras huvudsakliga lärdom och erfarenhet efter stormen Dagmar var att det inte finns ökad samverkan mellan mobiloperatörerna inte effektiviserar den egna krishanteringen. Då TeliaSonera inte har identifierat några fler huvudsakliga lärdomar som kan förbättra den interna organisationens krishanteringsförmåga finns det en risk för organisationen att vagga in sig i en trygghet som hämmar utvecklingen av faktiska förändringar.

Under det senaste decenniet har det inträffat flertalet stormar vilket innebär att TeliaSonera har tidigare erfarenheter gällande krishantering. För att förbättra krishanteringsförmågan har bland annat Farmartjänst kontrakterats. TeliaSoneras representant har kunnat återge den krissamordning och – hantering som var aktuell under stormen Dagmar vilket tyder på att det finns definierade rutiner. För just stormen Dagmar har TeliaSonera något bristande förmåga att identifiera åtgärder för att utveckla krishanteringsförmågan. Dock visar tidigare åtgärder på en förmåga att kunna anpassa krishanteringen efter ändrade förutsättningar. Av det empiriska materialet är TeliaSonera den enda mobiloperatören som påvisar ett konkret proaktivt lärande. Proaktivt lärandet kan kopplas samman med dubbelkretslärande då diskussion, reflektion samt analys av alternativa scenarier visar på en förståelse varför förändringar och att erfarenheter kan användas på fler scenarier än den kris som har inträffat. Det finns förutsättningar för dubbelkretslärande, men då det inte har skett dedikerade övningar för alternativa scenarier kan inte författaren bestämt avgöra om TeliaSonera uppfyller kraven för mognadsnivån *optimerande*. Därför anser författaren, i likhet med Hi3G och Tele2, att TeliaSonera befinner sig mitt emellan mognadsnivåerna *hanterande* och *optimerande*.

5.3 Tillgänglighet till mobilkommunikation under stormen Dagmar och framtida kriser

Störningarna och avbrott i mobilnäten under stormen Dagmar kopplas huvudsakligen samman med avbrott i elförsörjningen då 95 procent av avbrotten berodde på detta. Tillgänglig reservelförsörjning var därför av vikt för att upprätthålla mobilkommunikationer. Den huvudsakliga kommunikationen mellan enheter hos Fortum och mellan aktörer i mobiloperatörernas responssystem är beroende av mobilkommunikation. I tabell 18 presenteras en sammanställning av de olika mobiloperatörernas reservelförsörjning i accessnätet och kärnnätet.

Tabell 18. Sammanställning av mobiloperatörernas reservelförsörjning.

Mobiloperatör	Accessnätet GSM & UMTS	Accessnät LTE	Kärnnätet	Snabbanslutning dieselaggregat	Livslängd batteribackup
Hi3G	0.5 – 5 timmar	-	>24 timmar	Ja, i mån av utrymme	Cirka 10 år
Tele2	1 – 8 timmar	4 timmar	Cirka 24 timmar	Ja	8 – 10 år
TeliaSonera	2 – 4timmar	4 – 8 timmar	Cirka 24 timmar	Ja, i mån av utrymme	-

Hur dimensioneringen av kapacitet för reservelförsörjning har sett ut för mobiloperatörerna beror på en avvägning mellan hur många abonnenter elementet hanterar, hur lång tid det tar att ta sig till elementet och åtaganden via SLA. I tätort kopplas reservelförsörjning ihop med utrymmes frågor då längre drifttider kopplas samman med större utrymmen. Mårtensson (2012) påpekade att elnätsägarna oftast är duktiga att åtgärda störningar inom tätort. Elförsörjningen till mobilnätselement har högre tillgänglighet inom tätort då elnätsstrukturen är mer robust genom sling- eller dubbelkabelstruktur. Kapaciteten för reservelförsörjning av mobilnätselement i landsbygden är därför mer kritisk än inom tätort. Under stormen prioriterades röstkommunikation, och på de basstationer det var möjligt förlängdes drifttid för reservelförsörjning genom att koppla bort element för datakommunikation i förmån för element som hanterar röstkommunikation.

I dagsläget finns det inte några regulatoriska krav för tillgänglighet i mobilnät eller krav på reservelförsörjning. I Finland finns det regulatoriska krav gällande att element i mobilnäten viktighetsklassificeras och att elementen ska ha en given drifttid för reservelförsörjning vilket ökade tillgängligheten i mobilkommunikation under stormen Tapani. I Norge har PT lämnat rekommendationer efter stormen Dagmar om att basstationer bör utrustas med sex timmars reservelförsörjning. PTS utreder i skrivande stund hur krav på reservelförsörjning för element inom infrastruktur för elektronisk kommunikation där mobilnät innefattas. Det verkar finnas en tendens att den utveckling som sker i Sveriges grannländer påverkas vad som sker i Sverige och vice versa. Ytterligare empiriskt material som tyder på att de nordiska länderna står inför liknande problematik gällande tillgänglighet i mobil- och elnät är att norska PT har gett rekommendationer att utveckla ett IT-system liknande det svenska GLU, att svenska PTS samt norska PT och NVE rekommenderar mer samverkan mellan el- och telesektorn och att rekommenderade åtgärder i elsektorn är att förbättra trådsäkring och gräva ned jordkablar i större utsträckning.

Kommuner har möjlighet att prioritera elförsörjning av viktiga element i mobilnäten genom Styrel. Enligt Karlsson (2012) kan det dock vara problematiskt att prioritera element i mobilnätet eftersom hela kedjan från accessnät till kärnnät måste fungera. Eftersom att mobilnätet inte är avgränsat till kommuner, som det kan vara för elnät, utan är ett nationellt nät krävs det att många kommuner väljer att prioritera element i mobilnätet för att Styrel ska ge någon verkningsgrad för mobiloperatörerna. Myndigheter i form av PTS kan dock påverka kommunerna i deras beslut genom att framföra varför mobilkommunikation är en samhällsviktig funktion.

Samtliga mobiloperatörer har uppgett att den viktigaste informationen som dem kan få tillgång till under störningar och kriser för att prioritera sina återställningsinsatser på bästa vis är information från elnätsägarna. Återställningsinsatserna gör störst nytta där det beräknas ta längst tid att återansluta elförsörjningen. Under stormen fanns det inte några kontaktvägar mellan mobiloperatörernas och elnätsägarnas driftledningscentraler varför mobiloperatörerna fick inhämta information från tillgänglig publik information som av mobiloperatörernas tidigare erfarenheter inte

behöver överensstämma med de insatser som elnätsägarna faktiskt genomför. Hi3G efterfrågar en interaktiv dialog med representanter från elnätsägarna under störningar för att på bästa vis kunna prioritera insatser för att upprätthålla mobilkommunikation. Tele2 och TeliaSonera efterfrågar ökad samverkan med elnätsägarna genom att utbyte av information gällande områden som har drabbats av avbrott, lägesinformation från geografiska områden, vilka insatser som genomförs samt återställning av elförsörjning/mobilkommunikation. Tele2 och TeliaSonera har den uppfattning att elnätsägarna inte är villiga att samarbeta. Det råder dock en uppfattningsskillnad då representant från Fortum hade uppfattningen att Fortum förde diskussion med TeliaSonera gällande prioritering av viktiga element i mobilnätet under stormen Dagmar, vilket inte bekräftades av TeliaSoneras driftledningschef Thomas Mårtensson.

Enligt Olsson (2012) har det på el- och telesamverkansmöten tagits upp att det skulle behövas tydlig prioritering av element i mobilnäten samt kartläggning av drifttider för reservelförsörjning för dessa element. Representanter från Fortum och mobiloperatörerna uttrycker att det är viktigt att prioritera nätelement under kriser, så det verkar finnas en medvetenhet hos Fortum om mobiloperatörernas behov. Det råder dock inte någon strukturerad samverkan mellan Fortum och mobiloperatörerna. Det bör dock poängteras att mobiloperatörerna och elnätsägarna är helt skilda gällande geografisk utbredning. Mobiloperatörerna har infrastruktur över hela Sverige medan Fortum elnät finns inom avgränsade områden. Den information som mobiloperatörerna efterfrågar från elnätsägarna är information på lokal nivå vilket hypotetiskt innebär att mobiloperatörerna skulle behöva ha samverkan med cirka 180 elnätsägare för att få tillgång till all den information som dem efterfrågar. Att inleda samverkan med samtliga elnätsägare är orealistiskt och skulle förmodligen leda till mer förvirring än ökad effektivisering av återställningsinsatser under en pågående kris. Men genom att inleda samverkan med de större elnätsägarna Fortum, Vattenfall och E.ON skulle mobiloperatörerna få den information gällande insatser i lokala elnät för de största områdena i Sverige. Då Fortum i dagsläget använder TeliaSonera som mobiloperatör bör det finnas incitament för att inleda en tätare samverkan för att öka tillgängligheten i mobilnäten, som i sin tur påverkar kommunikationsförmågan under kriser som Fortum är beroende av. Huruvida Fortums driftledningscentral ska upprätta kontaktvägar med samtliga mobiloperatörers driftledningscentraler är dock inte lika självklart då det inte finns några överenskommelser eller lagar som kräver detta. Det råder en ovisshet huruvida Fortum får prioritera återställningsinsatser under längre elavbrott, men det borde inte förhindra möjligheten att dela störningsinformation och ha närmare kontakt med mobiloperatörerna. Om Fortum ska tillhandahålla den utökade störningsinformation genom överenskommelser för att minska sårbarheten i samhällen eller genom att exempelvis sälja störningsinformationen som en tjänst bör utredas ytterligare. Fördelen att ha en överenskommelse är att det finns etablerade kontaktvägar om Fortum skulle välja att byta mobiloperatör i framtiden. Fördelen med att sälja informationen som en tjänst är att det kan finnas en ekonomisk vinning att tillhandahålla tjänsten. Dock ställer det frågor huruvida information som kan minska påverkan på samhället ska säljas eller finnas tillgänglig utan kostnad vid behov. En möjlighet är att representanter från mobiloperatörernas driftledningscentraler skulle kunna ha inloggningsuppgifter till det webbaserade gränssnittet BOSSE som Fortum använder för att kartlägga störningar, pågående insatser och prognoser.

Det finns möjligheter att införa prioritetsfunktioner i mobilnäten vilket innebär att utvalda användare skulle få ökad framkomlighet i mobilnätet då det är reducerad kapacitet i mobilnätet eller då efterfrågan är större än tillgänglig kapacitet. Fortums personal som är involverade i krishanteringsarbetet skulle kunna dra nytta av prioritetsfunktioner då personalen kan utnyttja den täckning som finns tillgänglig utan att byta SIM-kort och operatör. Under tidigare stormar har krisledningspersonal insköpt danska mobilabonnemang för att kunna utnyttja roamingfunktioner, vilket får anses vara en krånglig lösning. För att få tillgång till de krisroamingkort som PTS

tillhandahåller verkar kräva större kriser än den som upplevdes under stormen Dagmar, vilket kan ifrågasätta krisroamingkortens faktiska användningsområde och syfte. Försvarsdepartementet har gjort en bedömning att införa prioritetsfunktioner i publika mobilnät är mer kostnadseffektivt än att uppgradera Rakel-nätet. Då Fortum upplevde störningar i Rakel-nätet under stormen Dagmar finns det fördelar med att ha prioritetsfunktioner i tillgängliga publika mobilnät.

PTS har klassificerat elnätsägare som samhällsviktiga användare varför det skulle vara fördelaktigt att utnyttja prioritetsfunktioner under kriser för ökad framkomlighet och för att kunna utnyttja tillgänglig mobiloperatörs täckning. Enligt Hi3G går det att införa accessklasser i deras nät. Enligt Tele2 och TeliaSonera förknippas prioritetsfunktioner med svårigheter vid införandet. Mårtensson (2012) från TeliaSonera menar att basstationerna i dagens nät inte är tillräckligt intelligenta. Abonnenten måste autentiseras i kärnnätet, och det är i accessnätet som problemen finns under kriser. Prioritetsfunktioner saknar dock tillräckligt kommersiellt värde för att mobiloperatörerna skulle utveckla dessa tjänster på egen hand. PTS föreslår därför att prioritetsfunktioner ska införas genom offentlig finansiering på basnivå i UMTS-nätet och på utvidgad nivå i GSM-nätet. I Danmark har prioritetsfunktioner införts genom en marknadsöverenskommelse, dock genom statliga påtryckningar. I Norge och Finland rekommenderas införande av prioritetsfunktioner i mobilnäten, dock med olika teknologiska lösningar. Då de nordiska länderna tycks följa en gemensam utveckling inom telesektorn är det därför troligt att prioriteringsfunktioner kommer att införas i Sverige vilket skulle underlätta kommunikationsmöjligheterna för samhällsviktiga användare under kriser. Något som bör utredas ytterligare är dock vilken mobilteknologi som är mest framtidssäkrad då datatrafikanvändandet ökar och då GSM- och UMTS-nät har begränsade dataöverföringskapaciteter. Under kriser delas dock uppfattningen att röstkommunikation är viktigast vilket gör GSM och UMTS till bra kandidater av val av mobilteknologi då täckningen i Sverige täcker närmare 100 procent av befolkningen.

5.4 LTE-kommunikation inom smarta elnät

Vid införandet av smarta elnät kommer det att ske mer mätningar på olika anläggningar i elnätet för att möjliggöra bland annat inkoppling av distribuerad elproduktion, mätning av elkvalitet, elförbrukning, transmissionsförluster samt realtids prissättning på elmarknaden som bygger på en tvåvägskommunikation. I dagsläget använder Fortum SCADA-system för övervakning och styrning av elnätet vilket främst används för fördelningsstationer på regionnätetsnivå. Endast vissa av Fortums nätstationer på mellanspänningsnivå är sammankopplat med SCADA-systemet och intelligenta elmätare används allt mer för att samla in information om elförbrukning och elavbrott hos slutkunderna. Alla elabonnenter är dock inte utrustade med intelligenta elmätare och således finns det en stor informationsbrist i låg- och mellanspänningsnätet gällande mätinformation. SCADA-lösningarna förknippas med stora kostnader då installationskostnaderna i en fördelningsstation kan motsvara totala kostnaden för en mindre nätstation. Det är inte ekonomiskt försvarbart att införa dedikerade kommunikationslösningar för att nå ökad mätning och kontroll av nätelement i låg- och mellanspänningsnätet som smarta elnät förknippas med då Fortum har drygt 24 000 nätstationer i Sverige. Ett kostnadseffektivt alternativ för att förmedla information är att utnyttja befintlig publik mobilinfrastruktur. För att publik mobilinfrastruktur ska möta de krav som Fortum har gällande övervakning och styrning av elnätet menar Selberg (2012) att det kan vara bra att utgå från de krav som finns på SCADA-systemet för att avgöra om mobilkommunikation är lämplig att använda inom smarta elnät. I tabell 19 presenteras sammanfattande resultat gällande krav på SCADA och vad LTE-teknologin uppfyller i dagsläget.

Tabell 19. Sammanställning gällande krav på SCADA och LTE.

Kvalitetsparameter	SCADA/DMS (IEC 61850)	LTE inom smarta elnät	Krav uppfylls
Prioritetsfunktioner	Inte några problem med dagens dedikerade system. Kan bli aktuellt med delad kommunikationsinfrastruktur	Inbyggd i teknologin	Ja.
Latency	Hårdaste kravet: 5 – 10 ms Normalt: cirka 1 sekund	10 – 20 ms	Delvis. Lämplig för mindre kritiska processer.
Jitter	Känsligt för variationer Hårdaste kravet: 1.5 ms För andra fall: runt 50 ms	Vanligtvis 5 – 10 ms. Beror av schemaläggning och tilldelning av radiokanaler.	Vidare utredning av olika fall.
Packet loss	Inte några problem med dagens dedikerade system.	Kan påverkas med olika robusta kodningar	Vidare utredning av olika fall.
Bandbredd	Informationsinsamling: 9.6 kbit/s och uppåt Videoströmmar: 1 – 2 Mbit/s och uppåt.	Beror på vilka tjänster som kopplas in. Eventmeddelenaden: 100 – 250 byte. Kommunikation med smarta elmätare: cirka 0.2 kB/s nedladdning, 0.06 kB/s uppladdning. LTE i Sverige i dagsläget: 30 - 50 Mbit/s. Teoretisk: 100 Mbit/s nedladdning, 50 Mbit/s uppladdning	Ja.
Säkerhetsfrågor	Höga krav för styrprocesser. Lägre krav för informationsinsamling	Inbyggd säkerhet. Möjlighet att lägga till ytterligare säkerhet.	Vidare utredning av olika fall.
Reservelförsörjning	4 – 12 timmar Krav på mobiloperatörer: 6 – 8 timmar	Operatörsspecifikt. Tele2: 4 timmar TeliaSonera: 4 – 8 timmar	Delvis. Vidare utredning av olika fall.

Om publika mobila kommunikationsnät skulle användas för styrning- och övervakning av elnät inom smarta elnät kan prioritetsfunktioner vara aktuellt. Då flertalet myndigheter har klassificerat elnät som samhällsviktig funktion kan det därför vara aktuellt att trafik som kopplas samman med elnät skulle få prioritet framför vanliga användare i de publika mobilnäten. Detta för att öka framkomligheten i mobilnätet för datatrafik från elnätet vid situationer då det är reducerad kapacitet eller överbelastningar i mobilnätet. LTE-teknologin stödjer prioritetsfunktioner vilket möjliggör prioritering av datatrafik. PTS har tagit ställningen att det råder konkurrens på mobilnätsmarknaden varför PTS inte anser att det krävs någon reglering för att stödja nätneutralitet. Detta ställningstagande gör det möjligt för mobiloperatörerna att prioritera datatrafik i LTE-nätet.

Gällande latency är kraven hårdast för styrning av reläskydd där fördröjningen inte får vara mer än 5 – 10 millisekunder. Att använda LTE som kommunikationslösning för dessa kritiska anläggningar är därför inte aktuellt i dagsläget. Men för mindre kritiska processer som kopplas samman med

informationsinsamling från exempelvis nätstationer är latency-kraven betydligt lägre där det tillåts fördröjningar om fåtal sekunder till minuter. LTE-teknologin i Sverige uppfyller därför krav för informationsinsamling med en latency om 10 – 20 millisekunder.

Enligt Olsson (2012) är SCADA-systemet känsligt för jitter. Donovan (2012) menar dock att jitter är olika viktigt beroende på vilket fall som undersöks. Det som är fördelaktigt med LTE-teknologin är att jitter kan påverkas genom olika logiska schemaläggningar vilket kräver diskussion mellan elnätsägarna och systemutvecklarna för att säkerställa att kraven från elnätsägarna kan uppfyllas.

Med dagens SCADA-system som Fortum använder har dem inte upplevt några direkta problem med packet loss då dem använder ett dedikerat system. Men om SCADA-systemen delvis ska använda publika kommunikationslösningar kan det bli aktuellt med packet loss då meddelanden inte når sin mottagare. Packet loss kan påverkas i LTE-teknologin genom olika robusta kodningar. Så det finns möjlighet att påverka denna parameter vid införande i smarta elnät.

SCADA-systemet använder i så hög utsträckning som möjligt optofiber vilket innebär att bandbredden är hög. Olsson (2012) menar att bandbredden då flertalet applikationer och tjänster har kopplats in är runt 1 – 2 Mbit/s eller högre. LTE-teknologin har i Sverige en genomsnittlig bandbredd om 30 – 50 Mbit/s vilket är tillräckligt för att koppla in mer datakrävande tjänster. LTE-teknologin anses därför vara mer framtidssäkrad teknologi än tidigare teknologier som GSM och UMTS.

SCADA-systemet ställer höga krav på säkerhet varför Fortum har valt att implementera dedikerade kommunikationslösningar. Mobilnät har inbyggda säkerhetsfunktioner för autentisering och kryptering av trafik. Det finns möjlighet att lägga på ytterligare säkerhetstunnlar för att skydda trafiken. Det krävs därför ytterligare diskussion mellan elnätsägarna och LTE-utvecklarna för att undersöka vilka säkerhetskrav som behöver uppfyllas.

Reservelförsörjning är en central del för att publika kommunikationsnät ska vara aktuella att använda inom smarta elnät. SCADA-systemet har reservelförsörjning som varierar mellan 4 – 12 timmar, men Olsson (2012) menar att ett krav på mobiloperatörernas reservelförsörjning till nätelement är 6 – 8 timmar för att det ska vara aktuellt att använda publika kommunikationsnät i större utsträckning. I dagsläget har operatörerna Tele2 och TeliaSonera riktlinjer om 4 timmar respektive 4 – 8 timmars reservelförsörjning till nätelement inom LTE-nätet vilket visar på en ökning av drifttider i jämförelse med tidigare teknologier. Inom vissa områden tillhandahåller TeliaSonera den reservelförsörjning som Fortum ställer krav om, varför detta krav delvis uppfylls redan i dagsläget.

Reservelförsörjning kopplas inte samman med några tekniska problem utan hur ekonomisk finansiering ska ske för att öka kapaciteten. PTS finansierar delvis robusthetshöjande åtgärder för infrastrukturer inom elektronisk kommunikation. PTS håller även på att utreda hur krav på reservelförsörjning på nätelement inom infrastruktur för elektronisk kommunikation vilket kan leda till kapacitetshöjande krav. För Fortum kan det vara fördelaktigt att invänta dessa krav för att avgöra lämpligheten att använda publik LTE-kommunikation inom smarta elnät. Det är även möjligt att hitta andra affärlösningar för att nå högre kapacitet gällande reservelförsörjning. Då smarta elnät troligtvis kommer att införas på mindre skala till en början finns det möjlighet att påverka reservelförsörjning på viktiga basstationer för Fortum genom SLA med mobiloperatörerna. Enligt Donovan (2012) kan det även vara möjligt att elnätsägarna finansierar (eller delvis finansierar) reservelförsörjningen i utbyte mot till exempel att elnätsägarnas datatrafik prioriteras vid inträffande av reducerad framkomlighet. Författaren tror det är fördelaktigt att hitta denna typ av lösningar om

det inte kommer att ställas några kapacitetshöjande regulatoriska krav. Fortum utvärderar dock valet av mobiloperatör var tredje år för hela verksamheten, vilket skulle kunna innebära att Fortum byter mobiloperatör och således har investerat i reservelförsörjning i ett mobilnät som Fortum inte kommer fortsätta att utnyttja. Batteribackuperna har dock en livslängd om 8 – 10 år vilket innebär att Fortum inte har bundit upp sin investering längre än till den tiden. Att vara med och finansiera reservelförsörjning för Fortum viktiga basstationer är därför en möjlighet som kan utredas ytterligare om det blir aktuellt att använda LTE-nätet inom smarta elnät. Då Fortum i dagsläget har TeliaSonera som operatör bör det därför förslagsvis inledas diskussioner med dem för att hitta lösningar gällande reservelförsörjning.

Det finns flertalet fördelar som talar för ytterligare utredning gällande användning av publik LTE-kommunikation inom smarta elnät. För att utveckla och öka prestandan i LTE-nät krävs endast utveckling av mjukvara vilket innebär att det inte krävs någon ytterligare utbyggnad av fysiska element för att nå ökad prestanda. Med ökad prestanda kan bandbredden förbättras och komma närmare den teoretiska bandbredden om 100 Mbit/s nedladdning och 50 Mbit/s uppladdning. Författaren anser LTE vara det mest framtidssäkra alternativet om fler trafiktunga applikationer och funktioner (som videoöverföring) ska kopplas samman med trafik inom smarta elnät då dataanvändandet har ökat kraftigt över tid. Detta i jämförelse med GSM eller UMTS som har betydligt lägre bandbredd. Genom att utveckla mjukvaran finns det möjlighet att påverka kvalitetsparametrarna latency, jitter, packet loss och säkerhetsfrågor.

Mobilsektorn står under ständig utveckling vilket innebär att mobiloperatörerna måste tillgodose kundernas ökade förväntningar på trådlösa kommunikationer. Dagens GSM-nät når i stort sätt varje invånare i Sverige och 3G-nät täcker idag 99.8 procent av Sveriges befolkning. LTE-nätet har gått från en täckning på 0.1 procent år 2010 till 48 procent under 2011. Författaren anser att införandet av LTE sker väldigt snabbt varför det inte finns någon anledning att ifrågasätta om det kommer att ske fortsatt utbyggnation av LTE-nät i Sverige. Skalbarheten gör det möjligt att nå ut till miljoner användare varför det är möjligt att nå elnätsanläggningar och elabonnenter för stora geografiska områden. Något som förknippas med stora kostnader om dedikerade kommunikationslösningar implementeras för att täcka in behovet som finns för informationsinsamling med smarta elnät. Att hämta in information från anläggningar i landsbygden via LTE-nätet kan i framtiden vara en kostnadseffektiv lösning då det kan vara dyrt och/eller svårt att dra optofiber till avlägsna anläggningar. I dagsläget har utbyggnation av LTE-nät begränsats till tätorter, men inom de närmaste åren borde utbyggnation även ske i landsbygden.

Vidare är LTE-teknologin en internationell standard vilket medför att infrastrukturen kommer att utvecklas internationellt och kvalitetsparametrarna lika så. Internationella standarder tar även hänsyn till tidigare teknologier i större utsträckning än vad säregna lösningar gör, vilket är en fördel då det är tänkbart att olika mätare kan använda olika teknologier.

Ytterligare en fördel med LTE-teknologin är att den frekvens som används är reglerad. PTS ansvarar för användningen av spektrum vilket innebär att andra teknologier inte får använda spektrum avsedda för LTE vilket förhindrar störningar från andra teknologier.

Nackdelarna att använda publikt LTE förknippas med att elnätsägaren inte äger lösningen och har således inte full kontroll över systemet. Styrning av elnätsanläggningar kräver hög säkerhet vilket kan kontrolleras bättre genom att utveckla egna lösningar. Det bör även beaktas att mobiloperatörerna arbetar efter att tillgodose kundernas behov där elnätsägarna är ett segment. Det behöver dock inte betyda att elnätsägarnas behov genom krav på kvalitetsparametrar kommer att uppfyllas, det krävs att det finns ett kommersiellt värde i att uppfylla elnätsägarnas krav. Dock

pådrivs utvecklingen internationellt vilket innebär att mobilmarknaden på egen hand kan utveckla mjukvaran så att dessa kvalitetsparametrar uppfylls. Det är även möjligt att PTS eller andra myndigheter skulle kunna finansiera utvecklingen om det saknas kommersiellt värde hos mobiloperatörerna att uppnå kvalitetsparametrarna.

6 Slutsatser

Samtliga mobiloperatörer som har deltagit i studien har mobilnät som är utbyggda på en nationell nivå vilket innebar att dem ställdes inför samma problematik gällande väderförhållanden och framkomlighet för att återställa mobilnäten under stormen Dagmar. Mobiloperatörerna hade ett huvudsakligt mål med insatserna som genomfördes under stormen vilket var att se till att respektive mobiloperatörs mobiltjänster fungerade. För att återställa nätelement som drabbades av störningar har mobiloperatörerna valt olika lösningar gällande vilka aktörer som ingår i responssystemet som var aktuellt under stormen Dagmar. Gemensamt för samtliga operatörer var de tre aktörerna *NOC*, *fältserviceorganisation* (intern eller extern) samt *informationsenhet* som hanterade uppgifterna övervakning- och styrning av mobilnät, åtgärda störningar som *NOC* hade registrerat respektive tillhandahålla information till kunder via kundtjänst och webbplats.

Hi3G har delvis ett eget hemnät i Stockholm, Göteborg, Malmö och Blekinge samt ett gemensamt mobilnät med Telenor i resterande områden i Sverige gällande UMTS-teknologin. Således har Hi3G kontrakterat en extern *NOC* och *fältserviceorganisation*. Då den externa *fältserviceorganisationen* har fler åtaganden innebär att dess personal ställdes inför prioritering av åtgärder vilket innebar att Hi3G:s störningar inte alltid hade högsta prioritet. Detta i likhet med TeliaSonera som även de hade en extern *fältserviceorganisation*. TeliaSonera och Tele2 hade kontrakterade aktörer för röjning och framkomlighet genom Farmartjänst respektive Gårdskarlar. Detta innebar att ledtider för att åtgärda störningar kunde minimeras då *fältserviceorganisationen* inte behövde lägga ned lika mycket tid på röjningsarbete för att ta sig fram till störningsdrabbade nätelement. TeliaSoneras *fältserviceorganisation* var den enda som inte hade den kompetens som krävdes för att koppla in mobila reservelverk vilket krävde att ytterligare en aktör kopplades in i responssystemet för att driftsätta dessa, vilket leder till en ytterligare ledtid. Tele2:s *fältserviceorganisation* bedömdes ha den bredaste kompetensen då den kunde genomföra omfattande röjningsarbete och kunde koppla in mobila reservelverk och stå för underhåll av dessa. Tele2:s *fältserviceorganisation* var även den enda som använde internradio vid inträffande av att personalen saknade mobiltäckning från samtliga mobiloperatörer som var nödvändig för att kommunicera under den pågående krisen.

Samtliga mobiloperatörer uttryckte att den viktigaste informationen som *NOC* kan få tillgång till för att prioritera sina insatser på bästa vis var information från elnätsägarna. Det fanns inte några kontaktvägar till elnätsägarna under stormen Dagmar. Förutom att ta del av elnätsägarnas information via kundtjänst och webbplatser, som ofta ansågs vara otillräcklig, hade TeliaSonera och Tele2 kontakt med länsstyrelser för att få tillgång till information från elnätsägarna som de annars inte hade fått tillgång till. TeliaSonera var den enda operatören som hade beställt SMHI:s vädertjänst, Hi3G och Tele2 letade väderinformation på publika webbsidor. Det kan vara fördelaktigt att ha en direktkontakt med SMHI för att få mer ingående väderinformation som kan påverka hur återställningsinsatser ska genomföras på bästa vis.

Tele2 hade kontakt med både kommuner och NTSG under stormen Dagmar. Men då kommunerna och NTSG inte tillhandahöll någon information som effektiviserade Tele2:s krishantering placerades dessa aktörer utanför Tele2:s responssystem.

Mobiloperatörernas krishantering är välutvecklade då de kan återge processer och rutiner och beskriver hur de arbetar för att förbättra krishanteringsförmågan. På olika vis tar mobiloperatörerna tillvara på tidigare erfarenheter för att utveckla krishanteringsförmågan och följer upp att förändringar genomförs genom att formulera mål som tidsmärks. Samtliga mobiloperatörer arbetar med RSA vilket är en bra metod för att kontinuerligt utvärdera vilka risker som organisationen kan

komma att behöva bemöta. Rapporter gällande stormen Dagmar har författats av de olika mobiloperatörerna vilket innebär att lärdomar och erfarenheter dokumenteras för att lämna organisatoriska minnen som gynnar organisatorisk utveckling. Möten anordnades i samband med rapportförfattandet vilket är viktigt för att ta tillvara på olika aktörers erfarenheter men även för att diskutera och reflektera över vad som hände och varför man agerade som man gjorde. Detta är viktigt för att kunna dela med sig av erfarenheter och lärdomar till andra individer inom organisationen. Författaren har gjort bedömningen att Hi3G, Tele2 och TeliaSonera har en mognadsnivå gällande krishantering som är mellan *hanterande* och *optimerande* då författaren hade svårt att avgöra om organisationerna tillämpar dubbelkretslärande på ett tillfredsställande vis.

Den huvudsakliga kommunikationen under stormen Dagmar skedde via mobilkommunikation inom mobiloperatörernas responssystem men även inom Fortums organisation. Det fanns således ett ömsesidigt beroende mellan elnätsägarna och mobiloperatörerna då främst basstationerna i mobilnätet är beroende av kontinuerlig elförsörjning och elnätsägarna är beroende av mobilkommunikation. Under stormen Dagmar orsakades 95 procent av avbrotten i mobilnäten av elavbrott, således var reservelförsörjning kritisk för att upprätthålla mobilkommunikation. Kärnnätet har dimensionerats med hög kapacitet med reservdrift som ska vara i cirka 24 timmar. Mobiloperatörernas reservelförsörjning i accessnätet varierar mellan 0.5 – 8 timmar vilket innebär att olika nätelement har bättre förmåga att hantera längre elavbrott. Hur dimensioneringen av reservelförsörjning ser ut beror på åtaganden via SLA, hur många abonnenter nätelementet hanterar, utrymmesfrågor och framkomlighet. Det finns inte några regulatoriska krav gällande reservelförsörjning, men PTS håller i skrivande stund på att undersöka detta. Att detta utreds kan bero på den lagstiftning som finns i Finland gällande reservelförsörjning men även att PT i Norge har lämnat rekommendationer om sex timmars reservelförsörjning för samtliga basstationer.

Enligt samtliga mobiloperatörer är det önskvärt att ha mer samverkan med elnätsägarna, då elnätsägarnas information gällande lägesbilder, vilka insatser som genomförs och vilka prognoser som finns för återanslutning av elförsörjning är av största intresse för att prioritera insatser på bästa vis. Till exempel gör mobila reservverk störst nytta där det beräknas ta längst tid att återansluta elförsörjningen. Både elnätsägarna och mobiloperatörerna kan vinna på att ömsesidigt dela med sig av denna typ av information för att kunna gynna båda parter intressen. Elnätsägarnas intressen genom att ha tillgång till mobilkommunikation inom drabbade områden och för mobiloperatörernas krishantering för att prioritera insatser där de som mest behövs. Då Fortum använder TeliaSonera som mobiloperatör i dagsläget finns det incitament att öka samverkan. Det finns möjlighet att sälja denna typ av information som en tjänst till mobiloperatörerna eller att tillhandahålla den genom överenskommelser. Fördelen att tillhandahålla informationen genom överenskommelser är att kontaktvägar finns upprättade om Fortum väljer att byta mobiloperatör i framtiden. Att Fortum deltar i el- och telesamverkans möten under 2013 är ett bra tillfälle att inleda diskussioner till en ökad samverkan med mobiloperatörerna.

Att införa prioritetsfunktioner i mobilnäten är ett alternativ till att öka framkomligheten för samhällsviktiga användare då det är reducerad kapacitet eller överbelastat mobilnät. Myndigheter i Sverige, Finland och Norge har rekommenderat införande av prioritetsfunktioner i mobilnätet och i Danmark har det redan införts. Länderna har olika tekniska lösningar för införandet av prioritetsfunktioner. Då mobiloperatörerna i Sverige inte ser något kommersiellt värde med prioritetsfunktioner i dagsläget har därför PTS föreslagit att prioritetsfunktioner ska införas genom offentlig finansiering. Fortums krishanteringspersonal skulle på så vis inte vara beroende av en mobiloperatörs täckning vid längre elavbrott.

De nordiska länderna verkar bemöta samma problematik i el- och mobilnät kopplat till kriser och

längre elavbrott. I Sverige, Finland och Norge har statliga myndigheter gett rekommendationer till elnätsägarna att genomföra åtgärder som bland annat innefattar trädsäkring och nedgrävning av jordkabel. Som tidigare har nämnts har Danmark redan infört prioritetsfunktioner i mobilnäten och myndigheter i Sverige, Finland och Norge rekommenderar införande av prioritetsfunktioner. I en rapport från den norska myndigheten PT rekommenderar de att ett IT-system liknande GLU ska införas i Norge samt att utveckla en närmare samverkan mellan el- och telesektorn. Det som händer i övriga nordiska länder verkar således påverka vad som händer i el- och telesektorn i Sverige. Länderna har hanterat liknande problematik gällande stormar och krishantering. Ytterligare har länderna infört eller rekommenderar införandet av prioritetsfunktioner i mobilnät och krav på reservelförsörjning för element i mobilnäten. Norge var tillsynes mest effektiva i att hantera stormen Dagmar då Norge hade dem hårdaste vindbyarna och flest drabbade elabonnenter men var snabbast att återansluta sista kunden. Att studera Norges krishantering kan leda till insikter som i sin tur leder till förbättrad krishantering hos Fortum och mobiloperatörerna.

De övervaknings- och styrsystem som används för elnätet som Fortum använder i dag dedikerade kommunikationssystem som ställer höga krav på de kvalitetsparametrar som har tagits upp tidigare i studien. De hårdaste kraven ställs för styrningsprocesser medan informationsinsamling i elnätet har lägre krav. Med dagens publika LTE-teknologi uppfylls kraven gällande prioritetsfunktioner, latency och bandbredd för användning inom informationsinsamling. Dock bör poängteras att IEC 61580 verkar vara för snäv för att appliceras på smarta elnät. Kraven som har satts i IEC 61580 kan vara hårda eftersom man har möjlighet att ställa hårdare krav på dedikerade kommunikationslösningar. Då stora delar av smarta elnät innefattar just mätning, och inte enbart styrning, är det ett kostnadseffektivt alternativ för att samla in information i låg- och mellanspänningsnätet där det i dag råder informationsbrist. Att använda publika LTE-nät är ett bra alternativ till kommunikation för de anläggningar där det inte är fysiskt möjligt eller ekonomiskt försvarbart att dra en optofiberkabel eller använda en dedikerad radiolösning. Den snabba utbredningen av publik LTE-nät i Sverige innebär att det finns möjlighet att nå ut till anläggningar i elnätet utan att bygga ut egen kommunikationsinfrastruktur. För att uppfylla elnätsägarnas krav på LTE-teknologin krävs det endast utveckling av mjukvara, och utvecklingen sker internationellt då LTE är en internationell standard. Dessutom är frekvensanvändningen reglerad vilket innebär att andra teknologier inte får använda samma frekvens som annars kan medföra störningar. Det krävs dock mer diskussion mellan Fortum, mobiloperatörerna och utvecklare av mobilinfrastruktur för att undersöka olika fall som ställer olika krav på jitter, packet loss, säkerhetsfrågor och reservelförsörjning kopplat till informationsinsamling för att avgöra hur lämpligt det är att använda 4G-kommunikation inom smarta elnät.

7 Källförteckning

Tryckta källor

Arbnor, I. & Bjerke, B. (1994). *Företagsekonomisk metodlära*. 2a upplagan., [omarb. och utök.] uppl. Lund: Studentlitteratur

Argyris, C. (1993). *Knowledge for action: A guide to overcoming barriers to organizational change*. San Francisco: Jossey-Bass, cop.

Boin, A., & Lagadec, P. (2000). Preparing for the future: Critical challenges in crisis management. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 8(4), 185-192

Boin, A., & 't Hart, P. (2006). The crisis approach. In H. Rodriguez, E. L. Quarantelli & R. Dynes (Eds.), *Handbook of disaster research* (pp. 42-54). New York: Springer.

Boin, A., 't Hart, P., Stern, E., & Sundelius, B. (2005). *The politics of crisis management: Public leadership under pressure*. New York: Cambridge University Press.

Bollen, M. (2010). Anpassning av elnäten till ett uthålligt energisystem-smarta mätare och intelligenta nät. *Energy Markets Inspectorate, Tech. Rep. EIR2010*, 18.

Borell, J., & Eriksson, K. (2009). Analysing analyses- An approach to combining several risk and vulnerability analyses. I S. Martorell et al. (Eds) *Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*. (sid. 3061-3066). London: CRC Press.

Bryman, A. & Bell, E. (2007). *Business research methods*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press

Clarke, L. (1999). *Mission improbable: Using fantasy documents to tame disaster*. Chicago: University of Chicago Press.

Clarke, L. (2005). *Worst cases: Terror and catastrophe in the popular imagination*. Chicago: University of Chicago Press.

Cristvall, Peder. (2012b). *Stormen Dagmar och elektronisk kommunikation*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Davenport, T.H.& Prusak, L. (2000). *Working knowledge: how organisations manage what they know*. Boston: Harvard Business School Press.

Dynes, R. R. (1983). Problems in emergency planning. *Energy*, 8(8-9), 653-660.

Europeiska kommissionen (2011). *Smart grid projects in Europe - lessons learned and current developments*. JRC 65215

Energimyndigheten (2005b). Stormen Gudrun: konsekvenser för nätbolag och samhälle. Ingår i: *ER/Energimyndigheten*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten (2007a). *Utvärdering av stormen Per: Aktörsvisa sammanställningar av*

intervjuer och analyser. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten (2007b). *Utvärdering av stormen Per: Konsekvenser och lärdomar för en tryggare energiförsörjning*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Energimyndigheten (2009). *Funktionskrav inom elförsörjningen: Ut bransch- och elanvändarperspektiv*. Eskilstuna: Energimyndighet.

Energimyndigheten (2010). *Ansvar och roller för en trygg energiförsörjning: Energimyndighetens analys*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Eriksson, K. (2008). *Designing preparedness - Emergency preparedness in a community context* (Licentiat avhandling. Rapport nr. 1039). Lund, Avdelningen för brandteknik och riskhantering, Lunds Universitet.

Fries, Clas. 2012. *Stormen fällde mer än 4-5 miljoner skogskubikmeter från Mälardalen i söder till Jämtland och Västernorrland i norr*. Umeå: Skogsstyrelsen.

Försvarsdepartementet. (2010). *Raket, nuläge och framtid – Kommunikation, samordning och interoperabilitet*. Stockholm: Försvarsdepartementet.

Gellerbring, B. (2010). *Styrel: inriktning för prioritering av elanvändare*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

Gellerbring, B. & Rinne, A. (2012). *Övergripande uppföljning av Styrelplaneringen 2011*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

Gungor, V.C. Sahin, D. Kocak, T. Ergut, S. Buccella, C. Cecati, C. & Hancke, G.P. (2011). Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards, *IEEE transactions on industrial informatics [Elektronisk resurs]*. Vol.7, No.4,. Piscataway, NJ: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Hansson, O. (2012). *Krishanteringsutredning Dagmar*. Fortum: Internt dokument.

Heath, R. (1998). "Looking for answers: suggestions for improving how we evaluate crisis management", *Safety Science*, vol. 30, nr. 1-2, sid. 151-163.

Holma, Harri. & Toskala, Antti. (2010). *LTE for UMTS [Elektronisk resurs]: Evolution to LTE-Advanced..* 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd

Hedlund, Christina. (2012). *Utvärdering av Telö 11: Erfarenheter och utvecklingsmöjligheter*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Holme, I. M. & Solvang, B. K., (1997), *Forskningsmetodik – om kvalitativa och kvantitativa metoder*, 2a upplagan, Studentlitteratur

Horelli, Ilkka (2012). *Skador i Sydvästra Finland efter stormen annandag jul 26.12.2011*. Turku: Regionförvaltningsverket i Sydvästra Finland.

Höst, M. Nieminen Kristofersson, T. Petersen, K. & Tehler, H. (2010). *Friva - risk, sårbarhet och förmåga: Samverkan inom krishantering*. Lund: Lunds universitet.

Isenberg, A. (2011). *Utvärdering av viktmåttbaserad reglering av lokal- och regionnätens*

resursbehov. KTH.

Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*, 1(1), 11-27

Kaplan, S. (1997). The words of risk analysis. *Risk Analysis*, 17(4), 407-417

Kelly, C. (1999). Simplifying disasters: Developing a model for complex nonlinear events. *The Australian Journal of Emergency Management*, 14(1), 25-27.

Korhonen, Juha. (2003). *Introduction to 3G mobile communications [Elektronisk resurs]*. 2nd ed. Boston, MA: Artech House

Markkula, J. Haapola, J. Avvaru, A. & Singh. K. (2012). *D6.1.8: Traffic requirements and dimensioning for smart grids communications*. Smart Grids and Energy Markets (SGEM).

McEntire, D. A., & Myers, A. (2004). Preparing communities for disasters: Issues and processes for government readiness. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 13(2), 140-152.

Nohrstedt, D. & Hansén, D. (2010). *Slutredovisning av projektet: Erfarenhetsåterföring som förebyggande strategi*. CRISMART.

Perrow, C. (1999). *Normal accidents: Living with high risk technologies*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Perry, R. W., & Lindell, M. K. (2003). Preparedness for emergency response: Guidelines for the emergency planning process. *Disasters*, 27(4), 336-350.

Poole, Ian (2006) *Cellular communications explained: from basics to 3G*. Burlington: Newnes

Post- och telestyrelsen. (2006). *PTS spektrumpolicy*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Post- och telestyrelsen (2008a). *Samhällsviktiga användares behov av prioritetsfunktioner i elektroniska kommunikationer: Förslag om införande i mobila nät*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Post- och telestyrelsen. (2008b). *Konvergens och utveckling mot nästa generations nät*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Post- och telestyrelsen (2011a). *Risk- och sårbarhetsanalys för sektorn elektronisk kommunikation*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Post- och telestyrelsen (2011b). *GLU: Gemensam lägesuppfattning*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS)

Post- och telestyrelsen (2011c). *Nationella telesamverkansgruppen (NTSG)*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

Post- och telestyrelsen (2011d). *Krisroaming*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).

- Post- och telestyrelsen (2012a). *Prioritetsfunksjoner i elektroniske kommunikasjoner: Förnyat förslag om införande i mobila nät*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).
- Post- och telestyrelsen (2012b). *Svensk Telemarknad 2011*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).
- Post- och telestyrelsen (2012d). *Tillgång till telefoni: PTS uppföljningsrapport februari 2012*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).
- Post- och telestyrelsen (2012e). *Bredbandskartläggning 2011*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).
- Post- og teletilsynet. (2012a). *Foreløpige erfaringer og forslag til tiltak etter ekstremværet Dagmar*. Lillesand: Post- og teletilsynet (PT).
- Post- og teletilsynet (2012b). *Forslag til forskrift om klassifisering og sikring av anlegg i elektroniske kommunikasjonsnett*. Lillesand: Post- og teletilsynet (PT).
- Rafting, Anders. (2011). *Robust elektronisk kommunikation: Vägledning för användare vid anskaffning*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS).
- Regionförvaltningsverket i Sydvästra Finland. (2012). *Basservicen i Egentliga Finland och Satakunta 2011*. Åbo, Regionförvaltningsverket i Sydvästra Finland
- Robert, B., & Lajtha, C. (2002). A new approach to crisis management. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 10(4), 181-192.
- Sauter, Martin. (2010). *From GSM to LTE [Elektronisk resurs]: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband..* Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd.
- Sesia, Stefania, Toufik, Issam & Baker, Matthew (2011). *LTE - the UMTS long term evolution [Elektronisk resurs]: from theory to practice*. 2nd ed. Chichester: Wiley
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (Rev. ed.). London: Random House Business
- Simon, H. (1996). *The Sciences of the Artificial*, The MIT Press, Cambridge.
- Stake, R.E. (1995). *The art of Case Study Research* (Thousand Oaks, Calif.: Sage)
- Svenska kraftnät. (2011). *Organisation vid omfattande driftstörningar*. Sundbyberg: Svenska kraftnät.
- Torstensson, D. & Bollen. M. (2010). *Leveranssäkerhet i elnäten: Statistik och analys av elavbrotten i de svenska elnäten 1998-2008*. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen
- Taheri, A. (2011). *Underhållsindikatorer för proaktivt underhåll inom Norra Djurgårdsstaden*. KTH
- Vaggen Makvik, I. Brekke, K. Espegren N.M., Skapalen, F. & Sivertsen, S. (2012). *Førsteinntrykk etter ekstremværet Dagmar, julen 2011*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Xu, Y. (2011). *Latency and bandwidth analysis of lte for a smart grid*. KTH

Intervjuer

Assarson, Per. Harju, Carl. Holmgren, Fredrik. & Lidström, Patrik. (2012-10-19). Information security manager, Cheif Physical Security Officer/Group Security, Head of Operation respektive National Security Manager. Tele2.

Donovan, Craig. (2012-10-24). *Head of applied services research*. Ericsson.

Karlsson, Anders. (2012-10-29). *Driftledningschef*. Hi3G.

Mårtensson, Thomas. (2012-10-18). Director of incident control centre of mobile service and network. TeliaSonera.

Olsson, Jan. (2012-11-12). *Ansvarig för process-IT*. Fortum.

Selberg, Lars. (2012-10-17). *Chef för lokalnät Stockholm*. Fortum

Toll, Mikael. (2012-10-26). *Chef för enheten Trygg energiförsörjning*. Eskilstuna: Energimyndigheten.

Lagar, förordningar, föreskrifter och propositioner

54/2008 M. *Föreskrift om säkerställande av kommunikationsnät och kommunikationstjänster*. Helsingfors: Kommunikationsverket.

54 A/2012 M. *Föreskrift om säkerställande av kommunikationsnät och kommunikationstjänster*. Helsingfors: Kommunikationsverket.

EIFS 2010:3. *Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om risk- och sårbarhetsanalyser och åtgärdsplaner avseende leveranssäkerhet i elnäten*. Stockholm: Energimarknadsinspektionen

Kommunikationsmarknadslagen § 98. *Kostnader för biträdande av myndighet*. Helsingfors: Riksdagen

Lag 2006:544. *Om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extra ordinära händelser i fredstid och höjd beredskap*
Regeringens proposition (2005/06:133) *Samverkan vid kris – för ett säkrare samhälle*. Stockholm: Försvarsdepartementet.

LEK 5 kap. 6 b §. *Allmänna skyldigheter*. Stockholm: Näringsdepartementet.

Lov- om elektroniske kommunikationsnet og- tjenester kap. 3 § 4. *Grundlæggende slutbrugerrettigheder*. Köpenhamn: Folketinget

PTSFS 2007:2. *Post- och telestyrelsens allmänna råd om god funktion och teknisk säkerhet samt uthållighet och tillgänglighet vid extraordinära händelser i fredstid*. Stockholm: Post- och

telestyrelsen (PTS).

PTSFS 2012:2. *Post- och telestyrelsens föreskrifter och allmänna råd om rapportering av störningar eller avbrott av betydande omfattning*. Post- och Telestyrelsen.

SFS 2007:825. *Förordning med länsstyrelseinstruktion*. Svensk författningssamling.

Mejlkorrespondens

Cristvall, Peder. (2012-09-25). *Jurist nätsäkerhetsavdelningen*. Post- och telestyrelsen (PTS).

Karlsson, Anders. (2012-12-10). *Driftledningschef*. Hi3G.

Webbsidor

3GPP. (2008). Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
<http://www.quintillion.co.jp/3GPP/Specs/22011-841.pdf>

4G-patrullen. (2012). Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://4g-patrullen.se/vanliga-fragor/>

Fortum. (2012a). *Glossary*. Tillgänglig online 2013-01-07. url:
<http://www.fortum.com/en/sustainability/glossary/pages/default.aspx>

Fortum. (2012b). *Smarta elnät*. Tillgänglig online 2013-01-07. url:
<http://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/vara-projekt/smarta-elnat/pages/default.aspx>

Fortum. (2012c). *Norra Djurgårdsstaden*. Tillgänglig online 2013-01-07. url:
http://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/miljo-och-samhalle/koldioxidsnalt-samhalle/forskning/norra_djurgardsstaden/pages/default.aspx

Fortum. (2012d). *Electricity solutions and distribution*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
<http://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/om-koncernen/fortums-verksamhet/esd/pages/default.aspx>

Fortum. (2012e). *Verksamhet i Sverige*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
<http://www.fortum.com/countries/se/om-fortum/om-koncernen/verksamhet-i-sverige/pages/default.aspx>

Farmartjänst. (2012). Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
<http://www.farmartjanst.se/farmartjanst.asp>

MET. (2012). *Foreløpige målinger under Dagmar*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
http://met.no/Forel%C3%B8pige+m%C3%A5linger+under+Dagmar.b7C_w7DY1R.ips

Net4mobility. (2012). Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://www.net4mobility.com/>

Post- och telestyrelsen. (2012c). *PTS bjuder in till seminarier för att stärka samverkan mellan el- och telesektorn*. Stockholm: Post- och telestyrelsen (PTS). Tillgänglig online: 2013-01-07. url:
<http://www.pts.se/sv/Nyheter/Telefoni/2012/PTS-bjuder-in-till-seminarier-for-att-starka-samverkan-mellan-el--och-telesektorn/>

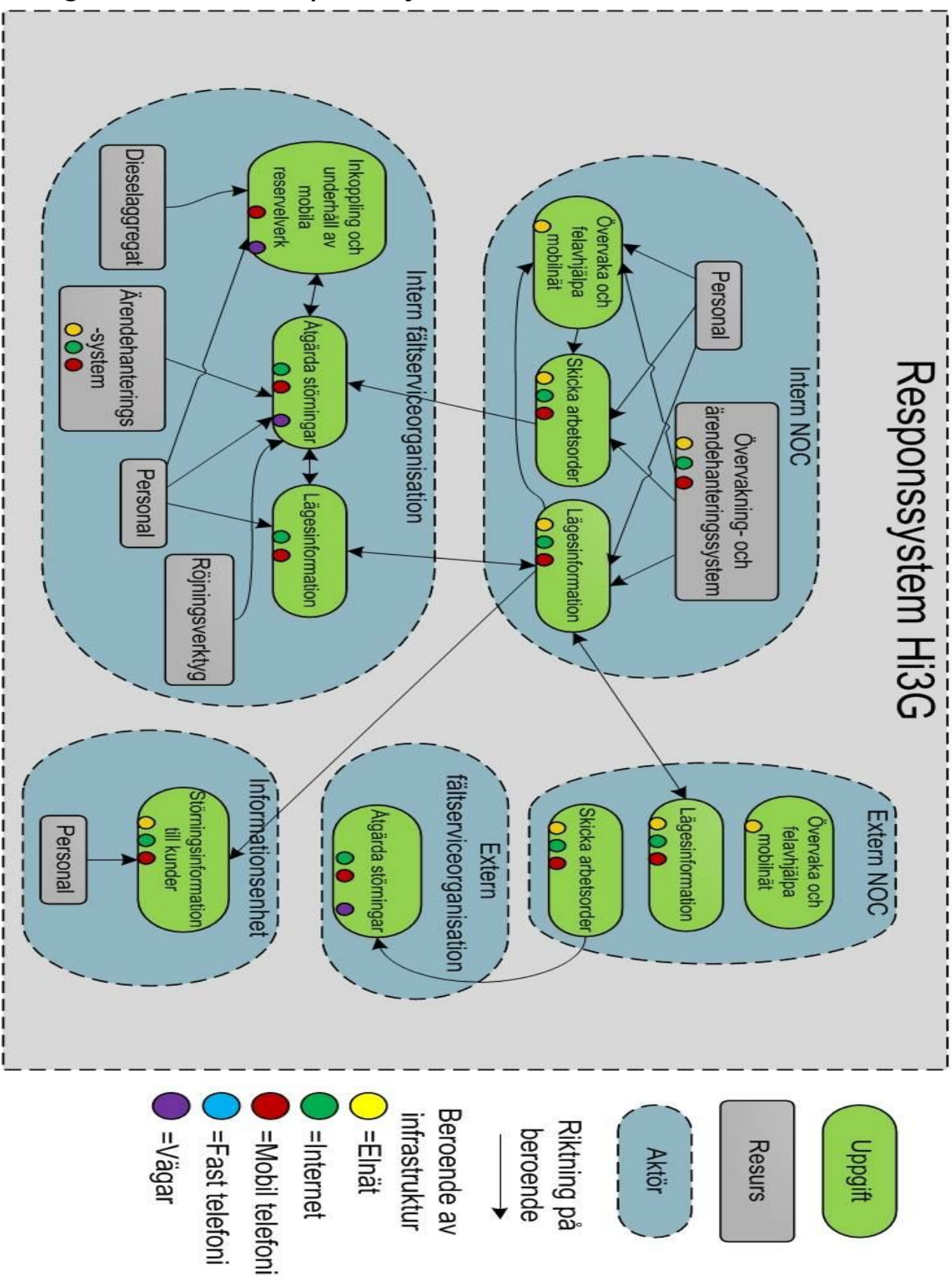
SMHI. (2012). *Julens oväder – en sammanfattning*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://www.smhi.se/cm/sv/2.262/1.19325>

Svenska Kraftnät. (2012). *Stamnätet*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://www.svk.se/Om-oss/Var-verksamhet/Stamnatet/>

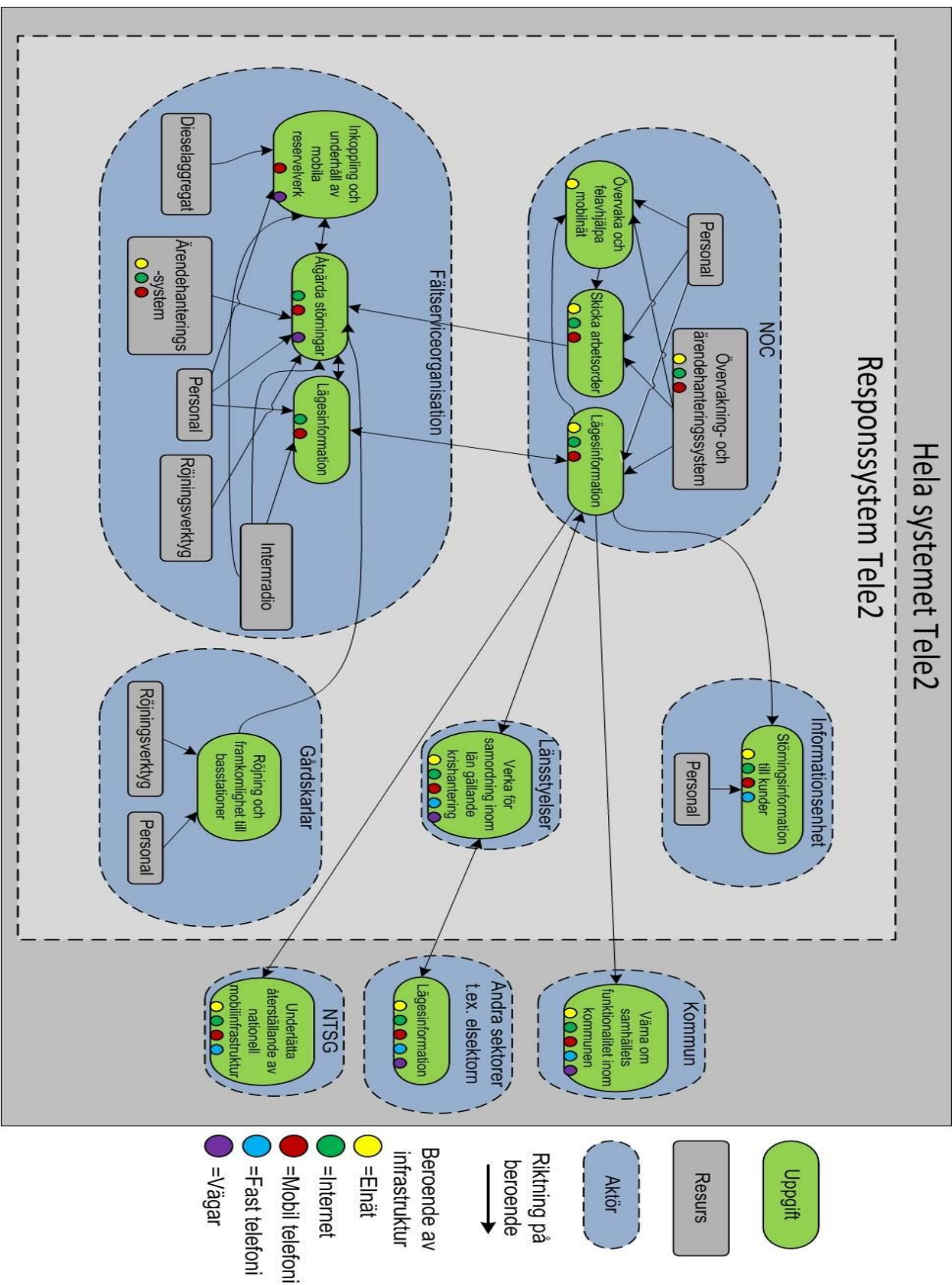
Svenska UMTS-nät. (2012). Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://www.svenskaumts.se/>

Telia. (2012). *Stormar påverkar telenätet*. Tillgänglig online: 2013-01-07. url: <http://www.telia.se/privat/aktuellt/artikel?item=8544780f-f44c-4993-b2e6-9bf9af1b9f3a>

Bilaga 1 Hi3G:s responssystem



Bilaga 2 Tele2:s responssystem



Bilaga 3 TeliaSoneras responssystem

