

Elsäkerhet och Riskhantering

- **Praktik, regleringar och vetenskapliga teorier för säkrare arbete på elanläggningar**

JACOB LARSSON | AVDELNINGEN FÖR

RISKHANTERING OCH SAMHÄLLSSÄKERHET och
INDUSTRIELL ELEKTROTEKNIK OCH AUTOMATION |

LTH | LUNDS UNIVERSITET



Elsäkerhet och Riskhantering

- **Praktik, regleringar och vetenskapliga teorier för säkrare arbete på elanläggningar**

Jacob Larsson

Lund 2020

Title: Electrical Safety and Risk management – Practice, regulations and scientific theory for safer work at electrical installations

Titel: Elsäkerhet och Riskhantering – Praktik, regleringar och vetenskapliga teorier för säkrare arbete på elanläggningar

Author: Jacob Larsson

Number of pages: 78

Illustrations: 21. If not specified, all illustrations belong to the author.

Keywords

Risk analysis, risk assessment, electrical safety, substation, switchgear, Safety I, Safety II, MTO, ESA

Sökord

Riskanalys, riskhantering, elsäkerhet, transformatorstation, ställverk, Safety I, Safety II, MTO, ESA

Abstract

When planning for electrical installation work it is suggested in *ESA*, *Elsäkerhetsanvisningarna*, to conduct some sort of risk assessment both before and during the work to maintain a certain electrical safety level. These risk assessments vary between different companies both in quality and method, but the aim is the same. One of the issues arise from the fact that risk assessment in *ESA* is not specified and the companies themselves are responsible for the methods used. Without proper education in risk management combined with the general idea that risk assessment is time consuming, the use of risk management is not used to its fullest capacity.

The purpose of this thesis is to evaluate the approach to risk management in a selection of a few companies together with the understanding of the contents of *ESA* and how it is used. By analysing the companies from a *Safety I*, *Safety II* and *Human, Technological and Organizational* perspective a conclusion can be made of where improvements are possible. One conclusion is that *ESA* is essential for future changes of the electrical safety as companies rely on *ESA* and its methods. Another conclusion is that companies also should incorporate a decentralised *Safety II* perspective where trust and support build the foundation for safer electrical work.

© Copyright: Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering Lund University, Lund 2020 Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2020.

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

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

Telefon: 046 - 222 73 60

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Denna rapport utgör ett examensarbete i utbildning till civilingenjör i Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Under rapportens gång har ett stort antal personer hjälpt till och stöttat arbetet och jag vill ta tillfället i akt att tacka följande:

Erik Sparre, Senior Partner Risk Management på Risk Pilot, som var handledare för detta arbete och startade upp hela processen samt lade fram förslag på vad arbetet skulle handla om.

Kewin Erichsen, Elkraftingenjör på dLab, före detta anställd på Krafttag AB, som var handledare för detta arbete och var till stor hjälp med elkraftsaspekten av arbetet.

Jonas Johansson, Universitetslektor vid Avdelningen för Riskhantering och Samhällsäkerhet vid Lunds Tekniska Högskola, som var handledare från universitetets håll och har försett mig med bra tips kring innehåll och struktur.

Olof Samuelsson, Professor inom Industriell elektroteknik och automation vid Lunds Tekniska Högskola, som var biträdande handledare från universitetets håll och var behjälplig med att säkerställa en bra nivå på elkraftsaspekten på arbetet.

Sven Pålsgård, Elkraftingenjör på Tranås Energi AB och **Per-Åke Gustavsson** driftingenjör på Tranås Energi AB, för att ha ställt upp på intervju och tagit sig tid att svara på mina frågor samt visat mig runt på deras transformatorstation.

Anders, Elsäkerhetsledare, för att ha ställt upp på intervju och tagit sig tid att svara på mina frågor samt visat mig runt på hans arbetsplats.

Joakim Blomberg, Underhållsingenjör med ansvar för ställverken på Ringhals Kärnkraftverk, som tog sig tiden att ställa upp på ett videosamtal och svara på mina frågor.

Anders Richert, Teknisk direktör och Avdelningschef Anläggningar på Elsäkerhetsverket, som tog sig tid att ställa upp på ett videosamtal och svara på mina frågor.

Pernilla Allwin, Partner Human Factors på Risk Pilot och **Sara Lind**, Consultant Human Factors på Risk Pilot, som var till stor hjälp med att guida mig på rätt väg i analyserna av intervjuerna.

Jacob Larsson, 2020

Summary

To ensure the electrical safety for work at electrical installations, most of the work originate from The Electrical Safety Instructions (Elsäkerhetsanvisningarna), ESA, constructed by Elnätsbranschens Riktlinjer, EBR. Included in ESA is the use of risk management both before and during an electrical work. The electricity and energy companies are largely responsible themselves for the methods used for this risk management, leading to both different methods and results.

This study has through literature studies and interviews reviewed the electrical safety, focusing on risk management, within four Swedish companies, to examine if the scientific developments in risk management can improve the electrical safety in practical work and reduce the number of accidents.

To examine the electrical safety, the technical risks within electrical installations has been identified, where an electrical installation here refers to a substation or switchgear. The Electrical Safety Office is responsible for creating the requirements of the equipment in electrical installations and are also partially responsible for the contents of ESA.

The majority of the Swedish electricity and energy companies use ESA, which provide the companies with both methods and information about electrical safety and how safe electrical work is executed. Conclusion in terms of ESA is that it is critical for future changes necessary to further improve the electrical safety, as Swedish companies base most of their work methods on ESA.

As for risk management, the companies are analyzed separately based on Safety I and Safety II with elements of the interaction between Human, Technology and Organization. The analyzes show that there is room for improvement, within the whole business, for the approach to risk management and why accidents either occur or do not occur. Today's focus is on avoiding accidents and analyzing the causes of accidents, which agrees with Safety I and works well within the interviewed companies. Safety II instead focus on the moments of successful work, which are in majority compared to the times when an accident occurred, and how companies learn from them. The analyzes show elements of Safety II within the companies but further implementation could help to improve the safety culture.

A conclusion of this thesis is that electricity and energy companies and regulating authorities also should focus on newer views on risk and safety. This include learning from successfull work and identifying details which explain why a work was successfull, instead of simply focusing on accidents that has occured and how they can be avoided in the future.

ESA plays a central role in order to introduce changes in the line of business, since all electrical work is based on ESA. Of most importance is to clarify the *MTO*-perspective because the interaction between Human (M), Technology (T) and Organisation (O) is of great significance to understand why an accident occurs and thereby improving the electrical safety

further. Generally, a more clear *MTO*-perspective in the line of business is another conclusion because the Electrical Safety Law, and thereby *ESA*, lays the foundation for which view the electricity and energy companies have on *MTO*. If it is not clear in the laws, *ESA* or in the regulations from the Electrical Safety Office then there is a risk that *MTO* is not clear in the companies either. Suggestions for future studies are thereby to examine the *MTO*-perspective in *ESA* more carefully and to conduct an interview with the Work Environment Office to compare with the Electrical Safety Office as they are responsible for *T* and the Work Environment Office are responsible for *MO* in *ESA*.

Sammanfattning

Utformning av elsäkerhet vid arbete på elanläggningar utgår till stor del från *Elsäkerhetsanvisningarna, ESA*, framarbetade av Elnätsbranschens Riktlinjer, EBR. Inkluderat i *ESA* är utförande av riskhantering både innan och under ett elarbete. Vilka metoder som används för denna riskhantering är till stor del upp till el- och energibolagen själva, vilket medför att både metod och resultat skiljer sig åt.

Examensarbetet har genom litteraturstudier och intervjuer granskat elsäkerheten, med fokus på riskhantering, inom fyra svenska bolag för att undersöka om utvecklingen inom riskhantering kan förbättra elsäkerheten och minska antalet olyckor och tillbud.

För att undersöka elsäkerheten har de tekniska riskerna på en elanläggning identifierats, där en elanläggning framförallt innebär en transformatorstation eller ett ställverk. Elsäkerhetsverket är ansvariga för att ta fram de krav som ställs på utrustningen på elanläggningar och har även delvis ansvar för innehållet i *ESA*.

ESA i övrigt används inom majoriteten av svenska el- och energibolag och förser bolagen med metoder och information om hur säkra elarbeten ska utföras. Slutsatsen vad gäller *ESA* är att dessa riktlinjer är kritiska för framtida förändringar som måste ske för att ytterligare förbättra elsäkerhetsarbetet, då svenska bolag bygger alla sina arbetsmetoder på dem.

Vad gäller riskhantering analyseras bolagen var för sig utifrån tanke-sätten *Safety I* och *Safety II* med inslag av interaktionen mellan *Människa, Teknik och Organisation*. Analyserna visar att det finns förbättringspotential, inom hela branschen, för vilket synsätt som används på riskhantering och varför det inträffar eller inte inträffar olyckor. Fokus idag ligger på att försöka undvika olyckor och sedan analysera orsakerna om en olycka inträffar, vilket stämmer överens med *Safety I*, vilket verkat fungera relativt bra inom de intervjuade bolagen. I *Safety II* hamnar fokus istället på de tillfällen då arbetet gick bra, vilka är i majoritet jämfört med de arbeten då en olycka inträffat, och hur bolagen kan lära sig av dem. Analyserna visar att det finns inslag av *Safety II* inom bolagen men vidare implementering kan förbättra säkerhetskulturen ytterligare.

En slutsats av detta examensarbete är att el- och energibolag samt reglerande myndigheter även borde fokusera på nyare synsätt inom risk och säkerhet så som att lära sig av lyckade arbeten och identifiera detaljer som förklarar varför ett arbete gick bra, istället för att endast inrikta sig på olyckor som har inträffat samt hur dessa kan undvikas i framtiden.

ESA spelar en central roll för att införa förändringar i branschen eftersom allt elarbete utgår ifrån *ESA*. Framförallt handlar det om att förtydliga *MTO*-perspektivet då interaktionen mellan Människa, Teknik och Organisation är viktig för att förstå varför en olycka inträffar och därmed kan elsäkerheten förbättras ytterligare. Ett tydligare *MTO*-perspektiv generellt för hela branschen är ännu en slutsats eftersom Elsäkerhetslagen och därmed

ESA lägger grunden för vilken syn el- och energibolagen har på *MTO*. Om det inte är tydligt i lagarna, *ESA* eller i Elsäkerhetsverkets föreskrifter finns det en risk att *MTO* inte heller är tydligt inom bolagen. Förslag på framtida studier är därmed att undersöka *MTO*-perspektivet i *ESA* mer noggrant samt att genomföra en intervju med Arbetsmiljöverket och jämföra med Elsäkerhetsverket då Elsäkerhetsverket ansvarar för *T* och Arbetsmiljöverket ansvarar för *MO* i *ESA*.

Innehåll

Förord	i
Summary	ii
Sammanfattning	iv
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och Frågeställningar	2
1.3 Metodik och Disposition	3
Del I - Teori	5
2 Elanläggning	6
2.1 Transformatorstation	6
2.2 Ställverk	7
3 Lagar och Föreskrifter	8
3.1 Elsäkerhetslagen	8
3.2 Elsäkerhetsanvisningarna - ESA	8
3.2.1 ESA Grund	9
3.2.2 ESA Arbete	10
4 Skyddsåtgärder och fysiologi	13
4.1 Elsäkerhet	13
4.1.1 Personlig skyddsutrustning	13
4.1.2 Elektriska skador	14
4.2 Fysiologiska effekter	14
5 Riskhantering	17
5.1 Safety I och Safety II	17
5.1.1 Safety I	17
5.1.2 Safety II	18
5.2 Människa, Teknik och Organisation - MTO	19
5.3 Safety I, Safety II och MTO som analysverktyg	21
Del II - Empiri och Analys	22
6 Intervjuer och Analys	23
6.1 Tranås Energi AB	23
6.1.1 Analys Tranås Energi AB	28
6.2 Elinstallatören	31
6.2.1 Analys Elinstallatören	35

6.3	Ringhals Kärnkraftverk	38
6.3.1	Analys Ringhals Kärnkraftverk	39
6.4	Elsäkerhetsverket	41
6.4.1	Analys Elsäkerhetsverket	42
Del III - Diskussion och Slutsats		45
7	Diskussion och slutsats	46
7.1	Diskussion och slutsatser av frågeställningar	46
7.2	Diskussion om arbetet	47
7.2.1	Intervjuerna	47
7.2.2	Arbetet generellt	48
8	Övergripande slutsatser och framtida studier	50
Referenser		52
Bilagor		55
.1	Intervju Tranås Energi AB	55
.2	Intervju Elinstallatören	59
.3	Intervju Ringhals	63
.4	Intervju Elsäkerhetsverket	66
.5	Elanläggningar	70

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Trots att elsäkerheten i Sverige är hög förekommer det ibland olyckor, där vissa till och med har dödlig utgång. Under 2019 omkom tre personer i samband med elolyckor (Arnäs-Nielsen 2020) och de två åren dessförinnan omkom en (Elsäkerhetsverket 2018b) respektive två personer (Elsäkerhetsverket 2018a). I snitt har fyra personer omkommit per år, i elrelaterade olyckor, under 2000-talet. Statistiken visar dock att det hela tiden minskar och de senaste 10 åren har siffran för antalet omkomna sjunkit till ungefär hälften jämfört med de 10 åren dessförinnan. Anledningen kan förklaras med hjälp av en god säkerhetskultur samt bättre utrustning med högre inneboende säkerhet, men siffrorna tyder på att det fortfarande finns mer att förbättra. Inte minst blir det tydligt genom att elsäkerhetsverket (2018b) (2018a) fick in över 900 anmälda elolyckor sammanlagt under 2018 och 2017.

Vid högre spänningar (stam- och regionnät) överförs elektrisk effekt vanligtvis genom luftburna ledningar, där de är utom fara för människor samtidigt som skador på ledningarna minimeras. Elanläggningar och transformatorstationer är de platser där ledningarna kommer in och utgör även arbetsplatser för montörer och installatörer. Anläggningarna måste därmed vara säkra både för människor att vistas nära och för elinstallatörer och montörer att arbeta vid (Practical Engineering 2019). Beskrivningen av en transformatorstations funktioner är att den “[. . .] förändrar spänningsnivån, fördelar flödet av elström och vakar över elnätets funktion.” (ABB 2019c). Vidare förklaras att den vanligaste uppgiften är att omvandla elen till en högre eller lägre spänningsnivå där det inte är ovanligt att spänningar på upp till 400 kV används.

Eftersom det inte går att identifiera eller upptäcka elektricitet med de flesta av våra sinnen riskerar arbetare på elanläggningar att utsättas för elektriska stötar eller brännskador (Ezennaya m. fl. 2017). Skadade eller på annat sätt felaktiga komponenter utgör en risk för de som ska utföra underhåll eller installationer och ett misstag kan få allvarliga konsekvenser (Csanyi 2015). Elsäkerhet har därför en stark koppling mellan mänskligt felhandlande och bristfällig teknik och kräver goda rutiner och ett noggrant förarbete för att det inte ska inträffa några olyckor.

Hur elsäkerheten utformas samt hur arbete vid en elanläggning ska gå till beskrivs i Elsäkerhetslagen och kompletteras med hjälp av följande förordningar och myndighetsföreskrifter: Elsäkerhetsförordning 2017:218, ELSÄK-FS 2017:2, ELSÄK-FS 2017:3 samt ELSÄK-FS 2017:4. Dokumentation och beskrivningar för säkert arbete vid elanläggningar finns alltså tillgängligt men trots det förekommer det olyckor.

Att det uppstår olyckor är konstaterat men endast den vetskapen är inte tillräcklig för att förbättra säkerheten på elanläggningar. Riskhantering är till för att förstå händelseförloppet som leder fram till en olycka och därefter införa åtgärder för att på så sätt mildra konsekvenserna om en olycka

inträffar. Innan varje arbete på en elanläggning ska någon form av riskhantering utföras (Svensk Energi-Swedenergy-AB 2015). Denna ligger till grund för att avgöra hur arbetet kan utföras på ett säkert sätt och vilka risker som föreligger. Detta examensarbete bygger på utvecklingen inom riskhantering och hur detta kan användas vid arbete med elanläggningar och tillhörande komponenter för att förbättra elsäkerheten ytterligare.

Nedan beskrivs tre exempel på olyckor som har inträffat i Sverige under 2018 samt kortare förklaring till orsakerna bakom. Dessa tas upp för att exemplifiera och förtydliga riskerna vid arbete med elanläggningar.

“Montör utsätts för strömgenomgång vid installation av elmätare i fasadmätarskåp, spänning 230 V” (Elsäkerhetsverket 2018b): Montören arbetade med en spänningssatt anläggning och har skruvat ut två huvudsäkringar då telefonen ringer. Montören svarar och går därefter för att hämta en skruvdragare i bilen som ska användas för att skruva fast elmätaren. Montören klipper en ledare och utsätts för strömgenomgång från hand till fot. Ytterligare konsekvensbeskrivning finns ej med i rapporten. Orsaksbeskrivningen var följande: Montören tappar fokus när telefonen ringer och glömmer bort att koppla ur den sista huvudsäkringen. Om verktyget var av rätt typ, isolerat, kan också ifrågasättas.

“Montör utsätts för ljusbåge i samband med arbete i kabelnät, spänning 20 kV” (ibid.): Nätägarens entreprenör hade hyrt in en underentreprenör, som skulle identifiera en kabel för kapning. Kabeln skulle jordas i ena änden till ett ställverk genom en jordslutare. Montören lyckades sluta en frånskiljare mot samlingsskenan, på grund av en felmanöver, och en ljusbåge uppstår i kabelns andra ände som var ansluten till en kabelsökare (Testutrustning för kabelbrott). Montören befann sig sittande framför det fack kabeln var ansluten till och utsattes för en ljusbåge med brännskador som konsekvens. Orsaksbeskrivningen var följande: Ställverket felmanövrerades i kombination med bristfällig kännedom om anläggningen samt bristande kommunikation mellan de inblandade innan ställverket skulle manövreras. Dessutom hade montören inte följt metoderna för arbetsjordning i enlighet med ESA.

“Montör utsätts för ljusbåge vid spänningsmätning i driftrum, spänning 10 kV” (ibid.): Vid en rutinkontroll av reservkraft ska anläggningen återgå till normalt driftläge efter kontrollen, vilket inte skedde. Montören bestämmer sig för att mäta spänningen vid högspänningsdelen och öppnar fackdörren. Montören utsätts då för en ljusbåge med brännskador på armar och händer som konsekvens. Orsaksbeskrivningen var följande: Montören använde en spänningsprovare avsedd för 690 V. Anledningen till val av fel spänningsprovare är dock oklar.

1.2 Syfte och Frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att undersöka och utvärdera elsäkerheten vid arbeten på elanläggningar och transformatorstationer ur ett riskhanteringsperspektiv. Intressant är därmed att behandla den diskrepans som kan

tänkas finns mellan 1) vad lagar, förordningar och föreskrifter förordnar och rekommenderar, 2) vad den vetenskapliga litteraturen rekommenderar och 3) hur elsäkerhetsarbetet genomförs i praktiken. Generellt finns det olika sätt att arbeta med säkerhet och intressant att undersöka är i vilken utsträckning det går att förlänga detta till elsäkerhet och arbete med ställverk.

Denna studie kommer att arbeta utifrån följande frågeställningar:

1. Hur fungerar säkerheten och arbetsmiljön idag på en elanläggning/transformatorstation?
2. Hur skiljer sig det praktiska arbetet från föreskriftskrav och den vetenskapliga litteraturen?
3. Hur kan säkerheten på en elanläggning/transformatorstation förbättras med hjälp av utvecklingen inom riskhantering?
 - I Vilka övergripande risker finns och kan uppstå på en elanläggning/transformatorstation?
 - II Hur påverkar den tekniska utvecklingen (automation, integrering av skyddssystem och övervakning, fjärrstyrning/-övervakning, kompaktare utrustning som frångående brytare, etc) elsäkerheten?
 - III Vad säger lagtexterna och den vetenskapliga litteraturen om elsäkerhet?

Frågeställning ett till tre återkommer och besvaras i diskussionen och är de viktigaste frågorna för att uppfylla syftet med rapporten. För att besvara dessa tre behövs en del underlag i form av teori där I och II besvaras under avsnitt 2 samt appendix .5 och III besvaras under avsnitt 3 och 4.

1.3 Metodik och Disposition

Frågeställningarna kommer att besvaras i tre olika delar. I *Del I* utförs litteraturstudier där förståelse för uppbyggnad och funktion hos både elanläggningar och transformatorstationer i sin helhet och enskilda komponenter samt hur de utgör riskkällor undersöks. Därefter presenteras teori om elsäkerhet, både ur ett lagtext- samt vetenskapligt perspektiv. Kapitlet om lagtexterna bygger framförallt på Elsäkerhetsanvisningarna, framarbetat av Elnätsbranschens Riktlinjer. Till sist presenteras olika perspektiv och tanke sätt inom riskhantering med koppling till den mänskliga faktorn och hur den kan behandlas.

Del II utgörs av empiri, i form av intervjuer och analys av dessa. Intervjuer sker antingen i form av platsbesök på elanläggningar/transformatorstationer eller genom videosamtal. Alla intervjuobjekt arbetar inte uttryckligen med elsäkerhet men har däremot erfarenhet om rutiner och krav för att utföra underhåll och installationer på elanläggningar.

Under intervjuerna används en semistrukturerad metod vilket innebär att agendan följer ett antal förberedda frågor som besvaras en och en. Beroende på svaren följer vidare öppen diskussion samt följdfrågor. Intervjuerna spelas in samt enklare anteckningar förs. Den insamlade datan bearbetas genom att den mest relevanta informationen sammanställs under passande intervjufråga. Syftet med intervjuerna är att samla in information om elsäkerhetsarbetet i branschen där mycket fokus ligger på ESA och den riskhantering om utförs. Denna information ska sedan analyseras med syfte att identifiera vad företagen gör bra samt vad de kan göra för att förbättra elsäkerheten ytterligare.

I den analyserande delen av studien ges först en kortare presentation av intervjuobjekten följt av en redogörelse av de centrala delarna av intervjuerna som kopplar till examensarbetets frågeställningar. Respektive material analyseras därefter utifrån teorin i kapitlet om riskhantering med fokus på Safety I/Safety II och MTO. Analysen innehåller även inslag av jämförelser mellan praktik och teori om elanläggningar och föreskriftskrav.

Del III innehåller diskussion och slutsatser av studien samt besvarande av frågeställningarna. Även framtida studier presenteras här. Del III bygger på analysen i Del II och är till för att mer koncist redogöra för studien till något som företag förhoppningsvis kan använda och implementera i sin dagliga verksamhet för att förbättra elsäkerheten ytterligare.

Del I

Teori

I denna del beskrivs transformatorstationer och ställverk. De lagar som reglerar elanläggningar, med kompletterande förordningar och myndighetsföreskrifter presenteras även. Vad som står skrivet om ämnet i vetenskaplig litteratur undersöks. Slutligen presenteras tankesätt kring riskhantering samt hur dessa fungerar som ett verktyg för analys.

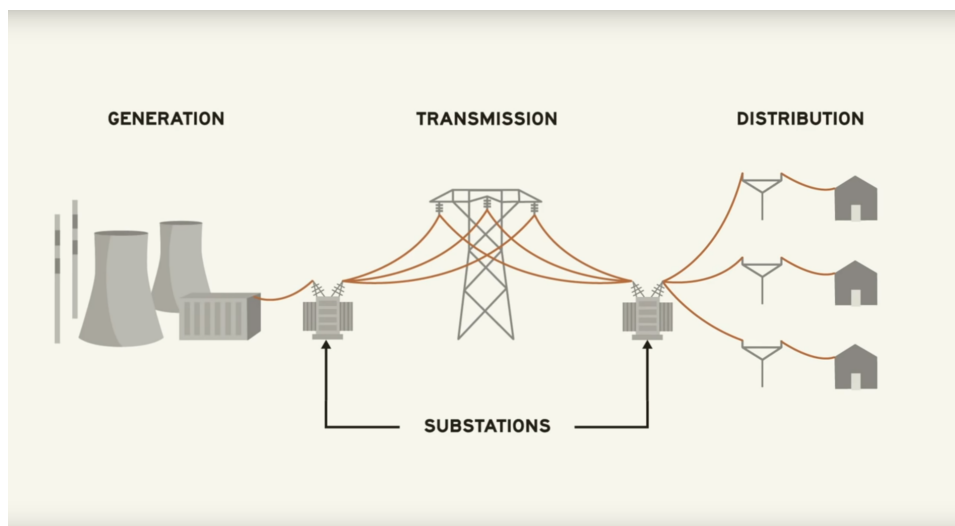
2 Elanläggning

Elsäkerhetsverket (Söderholm 2019) benämner en elanläggning som exempelvis en elcentral, en elledning eller något så enkelt som ett vägguttag. I denna rapport innebär en elanläggning till största del en transformatorstation eller ställverk. Vad skillnaden mellan de båda är samt hur de fungerar och vilka komponenter som ingår förklaras i kommande avsnitt. Fokus ligger även på att beskriva hur de olika anläggningarna kan utgöra riskkällor.

Den viktigaste informationen som återkommer senare i rapporten och är nödvändig för att göra analys och diskussion begriplig presenteras i detta kapitel. Mer fullständiga förklaringar till de olika komponenterna på en elanläggning hittas i appendix .5.

2.1 Transformatorstation

En transformatorstation har till uppgift att, i elnätet, förändra spänningsnivån, fördela flödet av elström samt att bevaka elnätets funktioner (ABB 2019c). Den vanligaste uppgiften är att omvandla spänningen till en högre eller lägre nivå och därefter fördela ut till elnätet. Practical Engineering (2019) förklarar att en transformatorstation kan ses som länken mellan de olika delarna i elnätet. Exempelvis transformeras den energi som genereras i kraftverk upp och vidare till transmissionsnätet för att därefter transformeras ner innan distributionsnätet. Ledningarna i en transformatorstation opererar vid höga spänningar på flera kV (kiloVolt) och strömmar på flera kA (kiloAmpere). Figur 1 nedan visar hur elnätet kan vara uppbyggt och var i nätet transformatorstationer vanligtvis är placerade.



Figur 1: Transformatorstationer (substans) mellan elnätets olika delar, från (Practical Engineering 2019). Elen vid större kraftverk genereras ofta vid 20 kV , överförs vid $100\text{-}400\text{ kV}$, i Sverige, och distribueras vid $10\text{-}20\text{ kV}$

2.2 Ställverk

Ställverk kan ses som ett delsystem av en transformatorstation och innehåller komponenter såsom samlingsskenor, effektbrytare, frångiljare, kondensatorbatterier, nollpunktsreaktor, UPS-system (back-up system med batterier) och kontrollskåp.

Ett ställverk kan liknas vid en elcentral i en bostad, och har till uppgift att fördela strömmen samt att skydda om det uppstår ett fel någonstans (ABB 2019b). De givare som är installerade i ställverk är kopplade till reläskydd och ström- och spänningstransformatorer samt förser även personal med information om eventuella fel som uppstår. Liknande givare kan även mäta frekvens eller obalans mellan faserna.

Ställverk fungerar även som kopplingsstationer där operatörer kan koppla till eller koppla från en ledning, exempelvis i samband med ett arbete på ledningen. Detta görs vanligtvis genom att manövrera en brytare via ett kontrollrum.

3 Lagar och Föreskrifter

3.1 Elsäkerhetslagen

Grunden för allt arbete med elanläggningar ur en säkerhetssynpunkt utgår från elsäkerhetslagen. Första paragrafen säger följande:

“Denna lag syftar till att främja hög elsäkerhet och minska risker för att el orsakar personskada eller sakskada.” (SFSR 2016:732, 1 §).

Andra paragrafen säger följande:

“Med elektrisk anläggning avses i denna lag en anläggning för produktion, överföring eller användning av el med de särskilda föremål som finns i anläggningen och som behövs för driften av den.” (ibid., 2 §).

Den 1 juli 2017 trädde en ny elsäkerhetslag i kraft som ställde nya krav på de som utför elinstallationer (Sjöberg 2018). Den nya lagen ställde krav på vilken kompetens ett företag som utför elinstallationer måste ha, hur kompetensen kan säkerställas samt att företagen är ansvariga för egenkontroller, där företagen själva har ansvar för att alla krav uppfylls. Regeringen har även beslutat om en ny elsäkerhetsförordning och elsäkerhetsverket har därför arbetat fram nya föreskrifter. Elsäkerhetsförordningen ersätter elinstallationsförordningen, starkströmsförordningen och förordningen om elektrisk materiel. Elinstallationsarbete omfattas i och med den nya lagen av följande:

- Elsäkerhetslagen
- Elsäkerhetsförordningen
- ELSÄK-FS 2017:2 (Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om elinstallationsarbete)
- ELSÄK-FS 2017:3 (Elsäkerhetsverkets föreskrifter om elinstallationsföretag och om utförande av elinstallationsarbete)
- ELSÄK-FS 2017:4 (Elsäkerhetsverkets föreskrifter om auktorisation som elinstallatör)

3.2 Elsäkerhetsanvisningarna - ESA

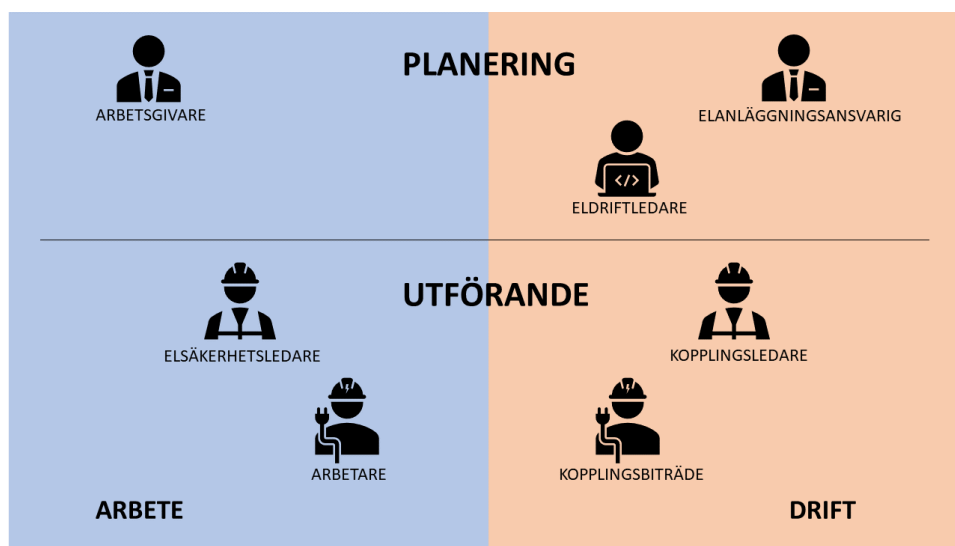
Elsäkerhetsanvisningarna är en samling anvisningar framtagen av Elnätsbranschens Riktlinjer (EBR) vars syfte är att säkerställa att både Elsäkerhetsverkets föreskrifter, Arbetsmiljölagen och Svensk standards anvisning för skötsel av elektriska anläggningar SS-EN 50110 efterlevs. ESA-Grund och ESA-Arbete är de anvisningar med högst relevans för detta arbete och beskrivs nedan.

3.2.1 ESA Grund

Elsäkerhetsanvisningarna fungerar som ett stöd till arbetsgivare för att säkerställa att tillräckliga skyddsåtgärder har vidtagits mot skada på grund av elektrisk ström, samt att arbetsmiljölagen uppfylls (Svensk Energi-Swedenergy-AB 2015, p. 3).

För att utföra säkert arbete på en elanläggning krävs personer med olika roller och ansvarsområde. ESA Grund (ibid., s. 20-24) beskriver vilka de olika rollerna är samt vilka uppgifter de är ansvariga för. Övergripande ansvar faller på *Elanläggningsansvarig* som beslutar om regler, organisation och arbetsrutiner. Vad gäller själva arbetet på en anläggning är det *Eldriftledarens* ansvar att utföra riskhantering samt att planera kopplingar. Denne har även till uppgift att upprätta driftorder och kopplingssedel. Eldriftledaren kan vid vissa tillfällen lämna över ansvaret till en *Kopplingsledare*. Arbetet utförs därefter av *Kopplingsbiträdet* som också utför riskhantering och ska ha god kännedom om apparaters funktioner på anläggningen. *Arbetsgivaren* har ansvar som Risk-P vilket innebär riskhantering vid planering. Exempelvis ska arbetsgivaren tillhandahålla personlig skyddsutrustning samt vidta förebyggande åtgärder mot ohälsa eller olycksfall. Arbetsgivaren utser en *Elsäkerhetsledare* som har ansvar som Risk-U vilket innebär riskhantering vid utförande och ansvar för att leda elsäkerheten vid arbetet. De som deltar i arbetet och arbetar under elsäkerhetsledarens ledning kallas *Arbetare*.

Risk-P och Risk-U är de två roller som har övergripande ansvar för riskhanteringen vid ett arbete. Upptäckt av eller potentiella risker ska kommuniceras till antingen Risk-P eller Risk-U, beroende på vilket stadie arbete befinner sig i, där de sedan har ansvar att förmedla informationen vidare och, i samarbete med övriga medarbetare, arbeta fram åtgärder. Den dokumentation som arbetas fram har också beteckningarna Risk-P och Risk-U.



Figur 2: Uppbyggnad av en organisation enligt ESA, baserat på (Svensk Energi-Swedenergy-AB 2015, s. 19)

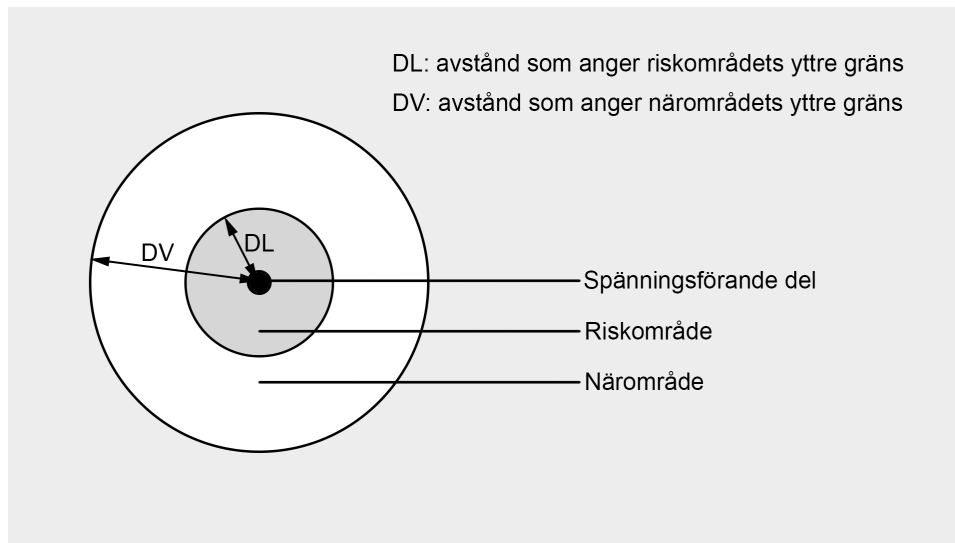
Att utföra riskhantering innebär “[...] att säkerställa att skötselåtgärder och arbeten kan bedrivas på ett säkert sätt i elektriska anläggningar.” (Svensk Energi-Swedenergy-AB 2015, s. 25). Riskhanteringsarbetet är därmed en stor del i att säkerställa elsäkerheten vid arbete på elanläggningar, eftersom det utförs i alla led. Vidare förklaras att riskhantering delas in i *riskbedömning* och *riskbehandling* där *riskbedömning* hanterar riskidentifiering, riskanalys samt riskutvärdering och *riskbehandling* hanterar alternativ för åtgärder samt implementering av dessa.

Innan ett arbete utförs ska vissa skriftliga dokument upprättas såsom *Arbetsbegäran* och *Driftorder*, eller *Kopplingsedel*, (ibid., s. 28-32). En arbetsbegäran innehåller bland annat vilka delar av anläggningen som berörs av arbetet, skiss eller schema över anläggningen, omfattning, metod och tid för arbetet, riskbedömning av relevanta spänningsförande delar samt kontaktuppgifter till elsäkerhetsledaren. En driftorder beskriver i punktform hur, och i vilken ordning, arbetet ska utföras. Precis som arbetsbegäran ska även en driftorder innehålla allmän information om kontaktuppgifter samt omfattning och arbetsmetod.

Slutligen beskriver ESA Grund hur entreprenörer skapar en säker arbetsplats samt allmänna skötselåtgärder (ibid., s. 36-47). Innan upphandling av arbete ska entreprenörer säkerställa att tillräcklig erfarenhet finns, personal har god kompetens och rätt utbildning om Elsäkerhetsverkets föreskrifter och ESA, använder sig av lämpliga arbetsmetoder och instruktioner med kännedom om risker och säkerhetsåtgärder samt är medveten om hur deras uppdrag är avgränsat. Skötselåtgärder behandlar bland annat koppling, mätning och idrifttagning. Gemensamt för de tre momenten är att samtliga ska föregås av en riskhantering där rätt kunskap samt planering är i fokus.

3.2.2 ESA Arbete

ESA Arbete komplementerar ESA Grund och behandlar arbete vid lågspännings- och högspänningsanläggningar, indelat i arbetsmetoderna *Arbete utan spänning*, *Arbete nära spänning* och *Arbete med spänning* (Energi-företagen Sverige-Swedenergy-AB 2015).



Figur 3: Avstånd i luft för de olika arbetsmetodernas gränsområden, baserat på (Elsäkerhetsverket 1999, s. 289).

Arbete utan spänning innebär att anläggningen är fränkopplad och spänningslös under arbetet. Arbete nära spänning innebär att personal, maskin eller verktyg kan hamna i närområdet till ett riskutsatt område. Slutligen beskrivs arbete med spänning som att personal, maskin eller verktyg avsiktligt används inom riskområdet.

Arbete utan spänning kräver, enligt ESA Arbete, att anläggningen är fränkopplad, vilket innebär att spänning från alla håll (inklusive reservkraft, batteri, solceller eller vindkraft) förhindras. Efter att anläggningen är fränkopplad ska den spänningsprovas med lämplig utrustning och därefter ska arbetsjordning upprättas. Innan anläggningen återigen spänningssätts måste allt arbete vara utfört och alla säkerhetsanordningar avlägsnats, vilket godkänns av elsäkerhetsledaren. Risk-P och Risk-U är viktiga moment i arbetet. Alla som planerar att utföra arbete på elanläggningen ska vara delaktiga i en genomgång av Risk-U. I Risk-P och Risk-U ska inte endast de komponenter som arbete ska utföras på tas i beaktning, utan även närliggande komponenter som kan påverka arbetsplatsen genom induktion eller influens måste tas hänsyn till. Instruktioner för hur arbetsjordning utförs ska vara dokumenterat i Risk-P (Energiföretagen Sverige-Swedenergy-AB 2015, s. 9-15). Vid arbete på ställverk ska arbetsjordning upprättas på båda sidor om facket. Vad gäller transformatorer ska samtliga lindningar arbetsjordas, oavsett var arbetet på transformatorn ska utföras (ibid., s. 20-21).

Vid arbete nära spänning är arbetarnas erfarenhet en viktig aspekt att beakta i Risk-P. Större fokus, jämfört med arbete utan spänning, får även närliggande spänningsatta komponenter, vilka kan orsaka bland annat influens eller induktion (ibid., s. 41). Utöver det skiljer sig inte processerna för Risk-P eller Risk-U från arbete utan spänning, utan risker identifieras, säkerhetsåtgärder upprättas och samtliga arbetare underrättas.

Ytterligare krav på Risk-P tillkommer när arbete med spänning ska utföras.

Åtgärder ska bedömas utifrån arbetarnas utbildningsnivå, om *säkerhetsman* krävs beror på om det finns risk för kopplingsöverspänningar och kapacitiva strömmar (Energiföretagen Sverige-Swedenergy-AB 2015, s. 48). En säkerhetsman deltar i arbetet och har den kompetens som krävs av uppdraget för att efterleva både planerad riskhantering och arbetsinstruktioner. Viktigt i Risk-U är nu även att ta hänsyn till rådande väderlek eftersom motorik kan påverkas av kyla och regn samt åska kan påverka isolation eller överslag.

Figur 4 nedan visar hur arbete med spänning kan utföras från helikopter. Montören tar kontakt med ledningen via en ledande stav för att få helikoptern på samma elektriska potential som ledningen.



Figur 4: Arbete med spänning från en helikopter, från (White 2016).

4 Skyddsåtgärder och fysiologi

4.1 Elsäkerhet

Skador på grund av elektriska stötar på en arbetsplats är ett resultat av en mängd olika faktorer, antingen var för sig eller i kombination med varandra (Proctor och Kuchibotla 2013). Osäker utrustning, osäker praxis eller en osäker miljö kan vara orsaker till att olyckor inträffar. Exempelvis kan jordningen felfungera, isolering kan gå sönder och avgränsning av farliga delar kan vara otillräcklig. Vid arbeten på elanläggningar är det personalens ansvar att göra utrustning spänningslös, vilket helt eller delvis kan misslyckas, eller att verktyg kommer i för nära kontakt med strömförande delar.

4.1.1 Personlig skyddsutrustning

Från senare 1900-tal har det funnits ett intresse att identifiera krav på personlig skyddsutrustning baserat på spänningsnivå samt vilken sorts uppgift eller arbete som ska utföras på en elanläggning (Doan m. fl. 2004). Tre huvudsakliga kategorier av skydd existerar: Överkroppsskydd (Upper-body protection), Flerskiktsskydd (Multi-Layer Personal Protection Equipment) och Detaljerad analys (Detailed Analysis). Överkroppsskydd är en tidig metod som ligger till grund för dagens skyddsutrustning och satte krav på skyddshandskar, flamsäkra kläder på överkroppen samt en värmeresistent ansiktsmask. Detta eftersom bar hud kan brännas samt kläder riskerar att antända vid kontakt med spänningsförande delar. Flerskiktsskydd bygger på att olika skydd krävs vid olika ström- och spänningsnivåer. För arbetsmoment med utrustning klassad 480 V eller högre rekommenderades två lager av aramidoveraller med luva samt stora läderhandskar. Detaljerad analys införde rekommendation på analys av ljusbågar vilket resulterade i att farlighetsgraden varierade kraftigt mellan utrustning trots att de i första anblick ser lika ut. Val av personlig skyddsutrustning varierade därmed beroende på resultatet från analysen.

En standard från *The National Fire Protection Agency*, USA, sätter istället en gräns för arbete med utrustning vid 50 V eller mer, vilket kräver gummiisolerande handskar i kombination med skyddshandskar i läder. Dessa handskar, tillsammans med annan lämplig utrustning, uppfyller ett tillfredsställande skydd mot ljusbågar (Proctor och Kuchibotla 2013). När gummihandskarna inte används ska de förvaras i en skyddsväska och hållas borta från direkt solljus eller värme. Dessutom ska de undersökas och testas innan användning samt även efter potentiell skada på handskarna. Testet innefattar kontroll av förhårdnad, svullnad, om de har mjuknat eller är klibbiga samt att handskarna inte läcker ut luft.

4.1.2 Elektriska skador

En stor utmaning med att arbeta på elanläggningar är att det inte går att identifiera eller upptäcka elektricitet med de flesta av våra sinnen. Det finns därför en risk för att sätta sig själv i fara utan att vara medveten om det, exempelvis genom att associera låg spänning med låg risk (Proctor och Kuchibotla 2013). Utbildning om elektrisk utrustning och elektricitet i sig är därför en viktig aspekt för att kunna utföra ett säkert arbete på en elanläggning. Förutom det krävs det också träning i rutiner för processbrytning (lockout) och låsning (tagout), vilket säkerställer att utrustning och maskiner är helt avstängda och inte riskerar att starta innan ett arbete är slutfört.

Elektriska risker kan delas in i tre kategorier (Ezennaya m. fl. 2017):

- I. Elektrisk stöt.
- II. Elektrisk brännskada.
- III. Konsekvens från explosioner såsom tryckpåverkan eller flygande partiklar.

På vilka sätt en människa kan drabbas av en elektrisk stöt är en viktig aspekt när det gäller åtgärder för att förhindra att potentiella olyckor inträffar. Det finns tre sätt en elektrisk stöt kan inträffa på:

- En person kan komma i kontakt med båda ledarna i en elektrisk krets.
- En person kan verka som ledare mellan en ojordad ledare och jord.
- En person kan verka som ledare mellan jord och ett ledande material som är i kontakt med en ojordad ledare. Skillnaden från punkten ovan är att det ledande materialet inte behöver vara en del av anläggningen utan kan vara exempelvis ett verktyg.

4.2 Fysiologiska effekter

Säkerhet är en mycket viktig aspekt som tas hänsyn till vid utformningen av en elanläggning. Hur allvarligt kroppen påverkas av en elektrisk stöt beror på mängden ström som färdas genom kroppen, strömmens bana genom kroppen, varaktigheten på strömmen i kroppen samt frekvens på strömmen (Ezennaya m. fl. 2017).

En ström genom kroppen uppstår på grund av att en spänning appliceras över kroppen, som i sig agerar som en impedans. Ekvationen 4.1 nedan beskriver hur magnituden på strömmens effektivvärde beror på spänningen samt kroppens impedans.

$$I_{kropp} = \frac{V_{kropp}}{Z_{kropp}} \quad (4.1)$$

Impedansen är framförallt resistiv där huden är ansvarig för majoriteten av resistansen. En torr hand kan bidra med upp emot 100 000 Ω , medan den inre resistansen kan vara omkring 300 Ω på grund av de relativt våta och salta förhållanden som råder under huden (Fish och Geddes 2009). Hudens resistans kan minska på grund av skador såsom skärsår eller brännskador eller om den är fuktig. Vid spänningar på 500 V, eller mer, bryts det yttre lagret av huden ned vilket kraftigt försämrar hudens resistiva förmåga och ökar mängden ström som kan färdas genom kroppen. Tabell 1 nedan förtydligar hur resistansen i kroppen varierar.

Typ av resistans	Resistans
Genom torr hud	100,000 till 600,000 Ω
Genom våt hud	1,000 Ω
Inre resistans från hand till fot	400 till 600 Ω
Inre resistans från öra till öra	100 Ω

Tabell 1: Resistans genom olika delar av kroppen (Ezennaya m. fl. 2017).

Konsekvenserna av att utsättas för ström beror, som nämnts tidigare, på amplitud och varaktighet och kan vara endast märkbart, förlust av kontroll av muskler, andningsbesvär, kammarflimmer (oregelbundna och ineffektiva hjärtmuskelsammandragningar) eller till och med dödligt i form av hjärtstillestånd. Vanligt vid skador på grund av högspänning där ström färdas genom kroppen är skador på muskler, nerver eller annan vävnad (Guldbrand 2009).

Konsekvenserna beror på olika tröskelvärden och varaktighet av strömmen:

- Mindre än 1 mA är märkbart utan att vara direkt farligt men kan orsaka oavsiktliga reaktioner som kan leda till exempelvis fall.
- Ström på 5 till 10 mA (skiljer sig från person till person) är den magnitud där människor inte längre kan släppa den strömförande kontakten. Personen i fråga förlorar därmed kontrollen över sina muskler vilket är smärtsamt. Förlängd varaktighet kan minska resistansen i kroppen och konsekvenserna kan bli dödliga.
- Andningsbesvär uppstår mellan 20 och 40 mA och en varaktighet på ett par sekunder kan här orsaka permanenta skador.
- Vid högre strömmar kan det leda till kammarflimmer vilket är livshotande och kräver defibrillering. För varaktighet på mindre än 0.2 sekunder hamnar tröskelvärdet omkring 500 mA och över 2 sekunder är tröskelvärdet istället runt 50 mA.

Spänning är generellt mindre intressant vad gäller konsekvenserna på kroppen, utan det är istället strömmen som uppstår genom ekvation 4.1 som är av intresse. Högspänning kan som sagt orsaka brännskador på grund av värmen som uppstår, men det är strömmen som i slutändan kan orsaka hjärtstillestånd (Bernstein 1991). Höga strömmar associerade med höga spänningar

tenderar att orsaka hjärtstillestånd istället för kammarflimmer. Dödsfall vid lägre spänningar, så som 120 eller 240 V, är oftare en konsekvens till följd av kammarflimmer. Vid dessa spänningar, och beroende på magnituden för strömmen, kan dödsfall uppstå utan synliga bränmärken på kroppen. Kammarflimmer kan uppstå om strömmen passerar bröstet exempelvis från arm till arm eller från arm till ett ben. Om det uppstår kammarflimmer slutar blodet att cirkulera, efter 10 sekunder blir personen medvetslös och bestående hjärnskador uppstår efter 4-6 minuter.

5 Riskhantering

“Riskhanteringen på ett företag är de organisatoriska aktiviteter och rutiner som är avsedda att hantera de risker och möjliga skador som företaget kan vålla eller drabbas av” (Harms-Ringdal 1995, s. 166).

Nedan beskrivs metoderna och tankesätten Safety I, Safety II och MTO (Människa, Teknik och Organisation) vilka utgör grunden för riskhanteringen i denna rapport. Safety I och Safety II används i ett försök att öka förståelsen för teorierna samt att använda dem som ett ramverk för analyserna senare i rapporten. De valdes ut för att samverka och kombineras med MTO som jag redan är familjär med och har erfarenhet av. Det finns en mängd andra perspektiv på säkerhet med de valdes bort då Safety I och Safety II introducerades av handledaren till arbetet och stöd för dessa fanns att tillgå inom Risk Pilot som handhöll med examensarbetet.

5.1 Safety I och Safety II

Genomgående teman för hela rapporten är uttrycken och tankesätten Safety I och Safety II (Hollnagel m. fl. 2015). Dessa ligger till grund för kommande analyser samt jämförelser för att tydligare kategorisera olika aspekter. Intervjusvar kommer att analyseras utifrån Safety I och Safety II och jämföras med föreskrifter och vetenskaplig litteratur inom respektive tankesätt. På så sätt blir det lättare att skapa en bild över hur säkerhetsarbetet fungerar i praktiken och var förbättringspotential är möjlig. Vilket sätt som ska användas i olika situationer har betydelse för att uppnå tillräcklig säkerhet.

Den stora skillnaden dem emellan är att Safety I siktar på att kontrollera organisationen och dess personal genom att fastställa vad som är säkert, medan Safety II vill möjliggöra för organisationen och personal att på ett säkert sätt anpassa sig efter olika situationer och förhållanden (Provan m. fl. 2019).

5.1.1 Safety I

Safety I definieras som en strategi som går ut på att minimera antalet saker som ska gå fel (Hollnagel m. fl. 2015). Något går fel på grund av felfunktioner hos exempelvis teknik, procedurer, människor eller organisationen i sig. Efter att en olycklig händelse har inträffat svarar ledningen, reaktivt, genom att införa åtgärder för att på så sätt eliminera eller reducera risken. Människor anses vara den minst tillförlitliga i sammanhanget och ses därför som en riskfaktor. Safety I kan även anses vara proaktivt i den mening att riskanalyser utförs i planeringsfasen av ett arbetet med mål att minska antalet fel som kan uppstå.

Safety I kan anses vara ett äldre och förlegat, men samtidigt vanligt, synsätt som endast tittar på det som har gått fel. Det som går fel har tidigare förklarats genom att peka på direkta orsaker för att sedan införa åtgärder som

elimineras dessa (Eurocontrol 2013). Nyare typer av olyckor pekar också på nyare typer av orsaker i form av antingen felande teknik, mänskliga fel eller på grund av organisationen. Detta tankesätt beskriver olyckor med hjälp av orsak och verkan och fungerar för att skapa kortsiktiga lösningar. Om det inte har hänt några olyckor under en lång tid anses arbetet och organisationen vara säkert.

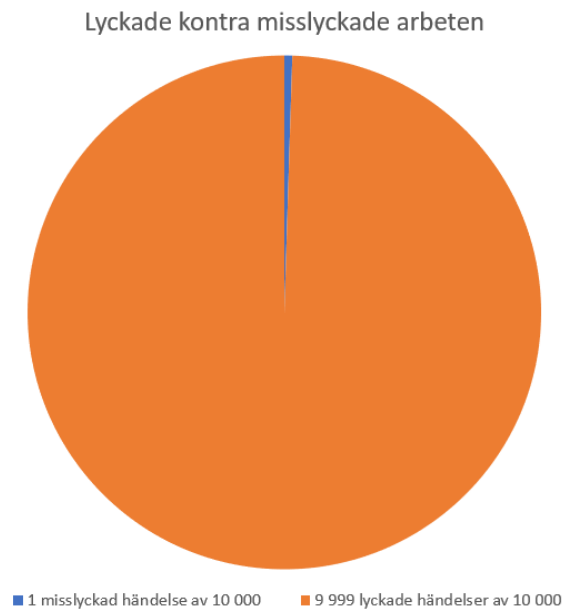
Tanken bakom Safety I är att alla olyckliga händelser kan härledas till identifierbara orsaker som kan elimineras efter att de upptäckts (Hollnagel 2018, s.6). Detta byggde upp hela idén om att säkerhet är det samma som förhindra att något går fel och uppnås genom att svara på oönskade utfall av händelser.

5.1.2 Safety II

Safety II definieras som ett stadie där så många saker som möjligt går rätt (Hollnagel m. fl. 2015). Inom Safety II ses teknik, människan, procedurer och organisationen som ett system och dess förmåga att anpassa sig efter rådande omständigheter är nyckeln till säkerhet. Människor ses som en viktig del av flexibiliteten hos systemet. Till skillnad från Safety I är Safety II proaktivt då fokus istället ligger på att förbereda sig inför potentiella olyckor och därmed kunna hantera dessa på ett effektivt och säkert sätt. Den stora skillnaden mot Safety I ligger i att se människor som lösningen snarare än att se människor som problemet. Istället för att sätta fasta regler uppifrån kan ledningen ge människor i företaget förutsättningar att själva ta fram arbetsrutiner och lita på att människor har kunskapen att utföra arbetet på bästa sätt.

Safety II är en mer utvecklad och nyanserad säkerhetsteori som fokuserar på hur man kan lära sig av det som går bra. I de flesta fall går ett arbete bra utan att en olycka inträffar (Eurocontrol 2013). Att endast fokusera på de enstaka fall där en olycka inträffar beskriver inte varför människors arbete vanligtvis lyckas. Istället borde fokus till största del hamna på lyckade arbeten och varför det blev så, i samband med synen att människan lätt anpassar sig i olika situationer. Både lyckade arbeten och inträffade olyckor grundar sig i justeringar och val i det vardagliga arbetet och incidenter och olyckor kan därmed beskrivas utifrån variationen i det vardagliga arbetet. Även om människor tar genvägar och gör avsteg i arbetet går det oftast bra, men om en olycka sedan inträffar är det viktigt att det vardagliga arbetet har behandlats för att inte riskera att dra felaktiga slutsatser till varför olyckan uppstod. Safety II innebär därmed inte att kontrollera eller begränsa variationer i det vardagliga arbetet (Provan m. fl. 2019), utan att acceptera den som något oundvikligt. Målet är därefter att främja och arbeta för en säker variation.

Figur 5 nedan beskriver skillnaden mellan lyckade och misslyckade arbeten, då en incident har inträffat. Detta illustrerar hur många situationer företag kan dra lärdomar av, men som de går miste om på grund av att de endast fokuserar på olyckor.



Figur 5: Cirkeldiagram över obalansen mellan det som går rätt och det som går fel, baserad på (Eurocontrol 2013).

Safety II grundar sig i ifrågasättande av att olyckliga utfall har olyckliga orsaker av samma grad (Hollnagel 2018, s. 7). Istället för tanken att olyckliga händelser uppkommer på grund av misslyckanden och misstag samt att lyckliga utfall uppkommer på grund av korrekta handlingar, menar Safety II att det som går rätt och det som går fel inträffar på liknande sätt och inte nödvändigtvis skiljer sig åt. På så vis uppstod grundtanken att fokusera på att göra så mycket som möjligt rätt istället för att göra så lite som möjligt fel. Detta görs genom att stödja och förstärka vardagliga aktiviteter inom alla delar av en organisation.

5.2 Människa, Teknik och Organisation - MTO

Ett MTO-perspektiv fokuserar på att se människa, teknik och organisation i ett sammanhang och hur interaktionen dem emellan samspelar för att bygga en säker miljö (Svemin.se n.d.). Principerna bakom MTO bygger på att det väldigt sällan är en enskild faktor som orsakar en olycka. En undersökning av en finsk industri och orsakerna bakom inträffade olyckor konstaterade att cirka 88% av olyckorna berodde på mänskliga eller organisatoriska faktorer (Salminen och Tallberg 2007). MTO-perspektivet är användbart för att identifiera *varför* olyckor kan inträffa och inte endast *vad* som kan hända.

Tabell 2 nedan presenterar exempel på olika faktorer inom MTO:

Människa	Teknik	Organisation
Utbildning	Datorer	Arbetstider
Personliga egenskaper	Användarbarhet	Resurser
Beteenden	Belysning	Stöd
Hälsostatus	Maskiner	Chef/ledarskap
Medicin	Utrustning	Rutiner
Sociala förhållanden	Instrument	Företagskultur

Tabell 2: Faktorer som kan analyseras ur ett MTO-perspektiv (Svemin.se n.d.).

En distinktion som går att göra är den mellan en centraliserad och decentraliserad organisation. Inom en centraliserad organisation förekommer tanke-sättet att det finns en bästa metod för varje uppgift och att detta kontrolleras från organisationen (Provan m. fl. 2019), detta för att standardisera hur arbeten ska utföras säkert. Idén är att allt arbete och säkerhet redan är förutbestämt och att lyckade arbeten uppstår genom att alla följer planer och instruktioner. En centraliserad organisation skapas genom fokus på analys av risker, införandet av åtgärder samt standardisering av säkerhet.

I en decentraliserad organisation hamnar fokus på anpassning istället för kontroll (ibid.), och att de två inte kan existera samtidigt. Människan framhävs som lösningen på säkerhet då den är anpassningsbar till en ständigt förändringsbar och komplex omvärld. Organisationen är medveten om att instruktioner, roller, krav och rutiner inte kan täcka in allt i ett komplext och omfattande arbete utan människan tillsammans med tekniken anpassar sig efterhand som nya utmaningar och problem uppstår. Organisationens uppgift består därmed inte i att ta fram färdiga planer utan att stödja personal till denna anpassningsförmåga. Decentralisering har många likheter med Safety II i den mening att fokus ligger i att utbilda personal och öka kompetensen inom organisationen till en nivå där medarbetare själva klarar av att ansvara för säkerheten på en arbetsplats.

Viktigt att påpeka är att en decentraliserad organisation inte nödvändigtvis är bättre än en centraliserad då det ofta är situationsbaserat. Det handlar inte om att välja kontroll framför förmågan till anpassning eller vice versa, utan att främja en säker variation av arbetet. Beroende på situationen kan det säkraste valet antingen vara att följa instruktioner och planer eller att lita på människans anpassningsförmåga. Dock ska organisationer inte fastna i det reaktiva arbetet att endast fokusera på risker och införandet av direkta åtgärder.

Företag som lyckas att undvika olyckor under en väldigt lång tid kan identifieras som organisationer med hög tillförlitlighet, *High Reliability Organization* (HRO), (Roberts 1990). Inom HROs har säkerhet högre prioritet jämfört med produktivitet och målet är att arbeta säkert. Ett kännetecken är därför att HROs arbetar med teknologiskt komplexa system på ett sätt som minskar sannolikheten för en olycka (Brown 2018). Detta görs bland annat genom att organisationerna redan har lyckats att undvika olyckor under en längre tid och arbetar baklänges i tid för att identifiera varför. Även här kommer en decentralisering in då beslutsfattande och ansvarstagande perso-

ner är situationsspecifikt. Allt detta skapas genom utbildning, träning och fördelning av ansvar vilket skapar en bättre säkerhetskultur och en känsla av vara hjälpsam och av betydelse.

5.3 Safety I, Safety II och MTO som analysverktyg

De tre teorierna Safety I, Safety II samt MTO utgör grunderna för kommande analyser av intervjuer och tidigare inträffade händelser. Detta görs genom att identifiera hur och när de olika företagen arbetar utifrån Safety I eller Safety II samt om de ser kopplingen mellan människa, teknik och organisation som MTO beskriver.

Vad gäller Safety I letar jag efter indikationer på att företagen ser enkla samband mellan olycka och orsak och endast jobbar för att ingenting ska gå fel. Exempel på sådana indikationer är att fokus ligger på att säkerhetsarbetet utförs reaktivt efter att en olycka har inträffat samt att lyckade arbeten är det samma som att ingenting har gått fel.

Indikationer på Safety II är att organisationer vägleder personal genom att förse dem med utbildning och rätt förutsättningar för att förstå hur komplexa system och anläggningar fungerar eller inte fungerar. Detta kan ses som en decentraliserad organisation. Exempel på indikationer är att organisationen arbetar proaktivt med att förstå hur människor anpassar sig till utmaningar och oanade situationer samt hur dessa kan lösas. Även analys av lyckade arbeten istället för endast tillbud och olyckor indikerar Safety II.

MTO används i samband med Safety I och Safety II där Safety I ofta kännetecknar en centraliserad organisation och Safety II en decentraliserad organisation. Enkla samband går också att hitta med hjälp av faktorerna i tabell 2 där företagens MTO-perspektiv kan förklaras och identifieras utifrån dem. Företag inom elnätsbranschen har potential att betecknas som HROs då risker ständigt är närvarande vid elarbeten samtidigt som det finns arbetsmetoder för att undvika dessa. I vilken grad de intervjuade företagen kan liknas vid HROs kopplas också samman med Safety II och indikationer på kopplingen mellan de båda är exempelvis en stödjande och lärande företagskultur.

Del II

Empiri och Analys

I denna del presenteras de företag och myndigheter som intervjuats. Med utgångspunkt i teorierna Safety-I/Safety-II samt MTO analyseras intervjumaterialet med hjälp av teori om elanläggningar, lagar och föreskrifter samt vad vetenskaplig litteratur om elsäkerhet säger.

6 Intervjuer och Analys

Under arbetets gång har fyra intervjuer genomförts, tre företag och en myndighet, med syfte att undersöka hur el- och energibolag arbetar i praktiken. Företagen har valts ut via det kontaktnät handledarna till arbetet har i ett försöka att representera branschen i sin helhet och för att få en bra inblick i hur branschen ser ut idag. Fokus i intervjuerna ligger på att samla information om hur elsäkerhet och riskhantering fungerar i verkligheten i ett led att kunna besvara frågeställningarna.

De intervjuade företagen är Tranås Energi AB, ett elinstallationsföretag som har valt att vara anonyma, hädanefter kallade Elinstallatören, och Ringhals Kärnkraftverk. Intervjumaterialet från dessa tre ger en bild av hur arbete vid elanläggningar faktiskt går till i praktiken. Myndigheten som har intervjuats är Elsäkerhetsverket, som istället informerar om hur arbete på elanläggningar faktiskt är tänkt att utföras. Intervjufrågorna är utformade för att kunna jämföra hur det praktiska arbetet stämmer överens med ESA där mycket fokus ligger på riskhanteringsprocesserna inom företagen. Ytterligare syfte med frågorna är att kunna koppla riskerna intervjuobjekten ser med den utrustning de arbetar på med teorin om elanläggningar. Detta för att frågeställningar I, II och III ska användas som jämförelse och stöd till att besvara de tre huvudsakliga frågeställningarna. Fullständiga intervjuer hittas i Appendix.

Nedan ges en kort presentation av företagen och myndigheten följt av de delarna av intervjuerna som var mest centrala för målet med examensarbetet. I stora drag presenteras intervjuerna utifrån fyra perspektiv: Lagar och ESA, Människa, Teknik och Organisation, Riskhantering samt information om de besökta elanläggningarna. Syftet med denna indelning är att samla informationen under tydliga kategorier som sedan kan analyseras var för sig, samt är tänkt att efterlikna teoridelarna för att lättare kunna dra paralleller mellan verklighet och teori. Detta för att det ska finnas en röd tråd genom hela arbetet där intervjuer samt analyser bygger på teorin i en naturlig följd.

6.1 Tranås Energi AB

Tranås Energi AB är ett relativt litet energibolag som producerar el med hjälp av vattenkraft tillsammans med ett kraftvärmeverk. Företaget förser cirka 14 000 elhandelskunder med 100% förnybar el, där miljötänk hela tiden står i fokus. Besöket på deras kontor i Tranås och transformatorstation, Stora Lund, handleddes av Sven Pålsgård, elkraftingenjör, och Per-Åke Gustavsson, driftingenjör.

Lagar och ESA

Under intervjun förklarades det att Elsäkerhetslagen och tillhörande föreskrifter är väldigt omfattande vilket innebär att det är problematiskt att efterleva och följa upp allt. Istället utgår arbetet efter ESA, vars material

är inarbetat hos alla medarbetare. Utifrån ESA skapas egna arbetsätt som fungerar för organisationen men om detta uppfyller precis alla lagar är svårt att kontrollera. De ansåg det vara svårt att efterleva även det som står i ESA, på grund av att Tranås Energi är ett relativt litet företag. Framförallt handlar det om rollfördelningen där flera av rollerna i ESA kan representeras av en och samma person. Vanligt är att elsäkerhetsledare och kopplingsledare är samma person, där denne även kan inneha rollen som kopplingsbiträde. Den som är montör kan således ha många roller.

Innan ett arbete tar montörer fram en avbrottsbegäran där arbetet är beskrivet. Utifrån den arbetar elsäkerhetsledaren fram en driftorder med kopplingar, kopplingbekräftelse, arbets- och driftbevis. Tranås Energi AB arbetar punkt för punkt efter sin driftorder och bockar av efterhand. Om driftordern upptäcks vara otillräcklig är det möjligt av avvika från den, dock måste de nya arbetsmomenten antecknas i en ny driftorder. I samband med framtågandet av driftordern görs en riskbedömning som utgår ifrån ESA. Frågan de ställer sig är om ESA i sig kan anses vara en riskhanteringsmetod eller om det ska utföras en separat riskanalys.

För Arbete med spänning har Tranås Energi AB inte rätt utbildning och kompetens och utför därmed inte sådana arbeten. Framförallt arbetar Tranås Energi AB med Arbete utan spänning eftersom det är den mest säkra av de tre arbetsmetoderna i ESA Arbete.

Människa, Teknik och Organisation

Pålsgård och Gustavsson förklarar att i elnätsbranschen får människan stort fokus för hur säkerheten fungerar. Genom att arbeta efter ESA har Tranås Energi AB rutiner för hur ett säkert arbete ska utföras, men det är i slutändan upp till montören att detta efterlevs. Människan får stort ansvar och vid praktiskt arbete hänger säkerheten till stor del på att montören vet vad den gör och använder standarder. Till stor del bygger rutiner och personliga skyddsåtgärder på arbete med gammal utrustning då den ofta innebär en större risk jämfört med ny. Under arbete på gamla anläggningar får tekniken mycket fokus eftersom graden av beröringsskydd generellt är sämre än på nya och bra rutiner blir därmed ännu viktigare.

Vid nya transformatorstationer finns det en inbyggd säkerhet i komponenterna som ska motverka att montörer överhuvudtaget kan komma i kontakt med spänningssatta ledningar. Trots det är rutiner, metoder och skyddsutrustning fortfarande desamma eftersom den inbyggda säkerheten i nya ställverk annars kan skapa en falsk trygghet. Ju mer modern utrustningen blir desto säkrare blir den, men risken för olyckor är fortfarande relevant, därav kommer tankesättet, inom Tranås Energi, att rutinerna alltid ser likadana ut oavsett arbete. Exempel på detta är att montörer aldrig påbörjar ett arbete utan att först spänningsprova och jorda även om utrustningen ska vara fränkopplad och säkrad sen innan.

Riskhantering

Som metod för tillbudsrapportering används handskrivna anteckningar på ett papper enligt figur 6. Montörer har med sig lappen ut under ett arbete och kan direkt anteckna tillbudet eller olyckan. Därefter hanteras händelsen i ett system för avvikelser och vidare diskuteras den på enhetsmöten. För att undvika olyckor och tillbud utför montörer en riskanalys, i form av en checklista enligt figur 7, innan ett påbörjat arbete. Riskanalysen innehåller riskidentifiering och riskutvärdering i vänstra kolumnen samt potentiella åtgärder i högra kolumnen. Denna lista är till för att montörer ska försäkra sig om att all utrustning har gjorts säker att arbeta vid och att rätt rutiner eller arbetsmetoder används. Checklistan arbetades fram av Tranås Energi själva för tio år sedan under en intern workshop.

The form is titled "Tranås Energi AB" and "Underlag för rapportering av incidenter". It includes checkboxes for "Tillbud" and "Skada, olycka". The form has several fields for text entry: "Plats:", "Datum & tid:", "Händelse:", "åtgärder:", "Ansvarig för åtgärder:", and "För ytterligare info om händelse kontakta:". A green box at the bottom contains the instruction: "Lämna denna rapport till din arbetsledare eller annan chef inom företaget."

Figur 6: Mall för tillbud- och incidentrapportering.

Tranås Energi AB		Min Riskanalys	
Datum:	Utförare:	Arbete/plats:	
Jag har innan arbetet påbörjats tänkt på:	X	Mina åtgärder:	
Förväxlingsrisk, rätt ledning kabel anläggning ?			
Rätt utrustning / verktyg ?			
Rätt arbetsmetod enligt ESA ?			
Skriftlig förebild, bevisväxling ?			
Spänningslöshetskontroll, blockering, jordning ?			
Arbete i närheten påverkar samordningsansvar ?			
Höjdarbete, fallande föremål, fallrisker ?			
Kemiska hälsorisker, Miljöpåverkan ?			
Arbete på/invid väg skyltar ?, Risker för allmänhet ?			
Väder (åskrisk, blåst mm)			
Grävmaskin, rasrik, Mekaniska laster o krafter ?			
Vattenvägar, klämrisk, slag, halka, skärskada ?			
Personlig skyddsutrustning ?			

Före arbetet påbörjas utför jag min riskanalys som syftar till att identifiera och minimera risker. Analyserna sparas för avstämning med arbetsledare.

Figur 7: Riskanalys som används av montörerna innan, under och efter ett arbete.

Transformatorstation

Tranås Energi AB:s nya transformatorstation, Stora Lund, är en helt ny och modern luftisolerad mellanspänningsstation. Luftisolerade och öppna transformatorer, figur 8, innebär att det föreligger stora risker med att arbeta vid dem och att befinna sig nära dem när de är i bruk. De båda transformatorerna är placerade i varsitt rum vilket minskar risken för att förväxla dem. Dessutom slipper montörer befinna sig i närheten av en spänningssatt transformator om arbete ska utföras på den andra. Tranås Energi AB har satt upp ett stängsel, som kräver en särskild nyckel, för att det inte ska gå att komma i närheten av transformatorerna när de är spänningssatta. Först måste de göras spänningslösa och jordas, vilket kan göras på säkert avstånd med hjälp av långa verktyg.



Figur 8: Torrisolerad transformator på transformatorstation Stora Lund i Tranås.

Samlingsskenorna på stationen är förlagda i marken vilket innebär att riskerna med överhängande luftledningarna försvinner. Ännu en fördel är att risken för att verktyg eller stegar ska komma i kontakt med ledningarna försvinner, vilket annars kan leda till olyckor med dödligt utfall.

Ställverken på stationen, figur 9, är 10 och 40 kV luftisolerade kompaktställverk inbyggda i skåp och även dessa är placerade inomhus. Dessa ställverk är utformade så att det inte går att komma åt spänningsförande delar utan att aktivt försöka. Dessutom sköts den mesta manövreringen via fjärrstyrning vilket innebär att risken för att utsättas för en elektrisk stöt på grund av det elektriska fältet, beskrivet under rubrik 2.2, är åtgärdad.



Figur 9: Luftisolerat mellanspänningsställverk på transformatorstation Stora Lund i Tranås.

6.1.1 Analys Tranås Energi AB

Tranås Energi AB verkar framförallt arbeta ur ett Safety-I perspektiv men även Safety-II förekommer och de är fullt medvetna om att det föreligger risker med deras arbete på elanläggningar. I slutändan hamnar mycket av ansvaret på montörer och arbetare. Typiskt för Safety II inom en högtillförlitlighetsorganisation (HRO) är att ansvaret är decentraliserat och att montörer får mycket ansvar tyder därför på ett Safety II-tänk inom Tranås Energi AB. Dock är det beroende på hur det implementeras inom företaget. Om mycket ansvar hamnar på montörerna om något skulle gå fel stämmer det överens med ett Safety I-tänk eftersom det indikerar en enkel orsaksförklaring till olyckan utan hänsyn till faktorer enligt tabell 2 som kan spela in. Är avsikten istället att ge montörer en flexibilitet och tillit till deras förmåga samtidigt som organisationen ger montörer rätt förutsättningar för att ta sitt ansvar utan att skylla på individen om något skulle gå fel, tyder det Safety II. Detta speglar också en decentraliserad organisation eftersom driftordrar, som instruerar arbetet, inte alltid är felfria och montörers förmåga att tänka själv och frångå instruktioner om så behövs är en viktig faktor för säkerheten.

Eftersom det inte har inträffat några allvarliga olyckor på arbetsplatsen tyder det på att Tranås Energi AB kan kännetecknas som en HRO. Ett argument som dock säger emot det här är att de inte, i enlighet med Safety II, har

arbetat baklänges i ett försök att identifiera varför det inte har inträffat några olyckor. Istället tyder detta på Safety I där företaget tror att de arbetar på rätt sätt utan att undersöka varför arbetet går så bra som det gör. Just denna aspekt talar emot att Tranås Energi AB kan klassas som en HRO. Dock tyder mycket på att de har en bra balans mellan instruktionsbaserat arbete och en tillit till montörers arbete, i enlighet med en centraliserad kontra decentraliserad organisation. Detta är baserat på riskanalysen i figur 7 som montörerna själva är ansvarig för att fylla i. Det betyder att organisationen låter montörerna anpassa sin egen arbetssituation vilket tyder på Safety II. Dock kan metoden för riskanalysen, i form av en checklista, ifrågasättas vilket kan förlängas till att organisationen inte har försett montörerna med tillräckliga förutsättningar för att det ska kunna anpassa säkerheten.

I planeringen av ett arbete används ESA som ett verktyg för riskhantering med syftet att arbeta säkert. De instruktioner och rutiner som används inom företaget är baserade och framtagna utifrån ESA. Dock är Tranås Energi AB medvetna om att ESA inte kan anpassas direkt på deras organisation eftersom de inte har manskapet till att följa upp allt som ESA rekommenderar. Även här finner Tranås Energi AB en bra punkt mellan att vara centraliserade och decentraliserade eftersom de förlitar sig på sina instruktioner och rutiner som de har anpassat efter sin egen organisation, men inser också att montörer måste kunna frångå och ifrågasätta instruktionerna om det behövs. Detta tyder både på ett Safety I-tänk genom att organisationen tar fram instruktioner som de anser vara säkra, och ett Safety II-tänk genom att montörer har utbildning och stöd att kunna anpassa sitt arbete efter rådande situation.

I planeringen av ett arbete används ESA som ett verktyg för riskhantering och i den behandlas framförallt människan och tekniken. Hur organisationen ska arbeta för att förebygga och förhindra olyckor lämnas istället till organisationen själv. Genom att strikt arbeta efter ESA riskerar Tranås Energi AB därmed att missa aspekten inom MTO om hur organisationen kan vara en delorsak till en olycka. Dock täcks detta delvis in med hjälp av tillbuds- och olycksrapporteringen där organisationen agerar reaktivt genom att införa tekniska åtgärder eller förändra rutiner eller metoder för att förbättra säkerheten. Tillbudsrapportering är en tydlig indikation på Safety I-tänk då arbetet sker reaktivt och enkla orsaker till olyckan riskerar att identifieras.

Proaktivt arbetar Tranås Energi AB mest med hjälp av riskanalysen som är i form av en checklista. Fördelar med checklisten är att den är tidseffektiv och inte kräver utbildning inom riskhantering för att användas. Detta underlättar för montörerna som använder den och säkerställer att de själva tänker på de risker som föreligger. Att den används innan varje arbete är också en stor fördel eftersom det skapar rätt rutiner och förutsättningar för att skapa en bra säkerhetskultur inom företaget. Nackdelar med en checklista är att den är lätt att fylla i utan att faktiskt tänka igenom noga varför den används. Under standardiserade och repetitiva uppgifter är det viktigt att behålla fokus och inte slarva, vilket är lätt hänt med denna checklista. Samtidigt är det svårt för övriga ansvariga såsom elsäkerhetsledaren att kontrollera om

checklistan uppfyller sitt syfte, speciellt inom företag som Tranås Energi AB där det väldigt sällan inträffar några olyckor eller tillbud.

Vad gäller transformatorstationen besöktes den då den är helt ny med modern utrustning som praktiskt visar hur utrustningen blir säkrare hela tiden. Transformatorerna och ställverken är de utformade med tanken att människor ska komma i så lite kontakt med dem som möjligt. Detta är ett bra sätt av organisationen att belysa risker med elektriskt arbete och flyttar därmed ansvar från människan till tekniken. Exempelvis staketet framför transformatorn i figur 8 framhäver att det är riskfyllt att befinna sig i närheten av dem vilket också påverkar vilka metoder som används om underhåll måste utföras. Att transformatorerna är placerade i olika rum bidrar också till att människor känner sig säkra då ett stort orosmoment försvinner. Även om människan fortfarande har ett ansvar har organisationen satt upp barriärer som begränsar konsekvenser av slarv och stress, vilka annars är två vanligt bidragande faktorer till att olyckor inträffar. Detta visar hur organisationen har jobbat med ett MTO-perspektiv eftersom de framhäver närvaron av säkerhet genom att utforma transformatorstationen på ett smart sätt.

6.2 Elinstallatören

Elinstallatören är en del av en större teknikkoncern där Elinstallatören specialiserar sig inom elteknik. Organisationen utför arbeten i hela Sverige som innefattar allt från kompletta projekt till installations- och servicetjänster. Ett besök utfördes på tågdepån i Hässleholm som handleddes av Anders, Elsäkerhetsledare. Tågdepån byggs på uppdrag av Region Skåne för att förbättra underhållsmöjligheterna för regionaltågen. Under byggnationen av depån har Elinstallatören varit ansvariga för alla elinstallationer.

Lagar och ESA

Rent elsäkerhetsmässigt arbetar Elinstallatören efter ESA. Samtliga rutiner och metoder som används under arbetet har arbetats fram av Elsäkerhetsledaren där allt utgår ifrån ESA. Då Elinstallatören är ett stort företag menar Anders att alla borde ha utbildning inom ESA men det är långt ifrån alla som har det. Det här betyder att företaget själva måste vara mer noggranna med att säkerställa kompetensen hos personalen.

Innan ett arbete påbörjas inom Elinstallatören tas en arbetsberedning fram med en riskanalys inkluderad. Arbetsberedningen innehåller information om vad som ska göras, vilket material som behövs, beräknad tid för arbetet, antal personer som krävs samt vilka verktyg som är nödvändiga. Dessutom får de som ska arbeta med hög- eller mellanspanning ett arbetsbevis som säger att de har tillåtelse att utföra arbetet på den angivna platsen.

Människa, Teknik och Organisation

En stor del av ansvaret hamnar på människan och att den handlar på ett säkert sätt. Det viktigaste är att montörer har förståelse för det de arbetar med och inte utsätter sig själva för onödig risk. För att säkerställa detta är utbildning, erfarenhet och sunt förnuft de viktigaste faktorerna. Montörer får även stöd från elsäkerhetsledaren som rutinemässigt utför spänningskontroller och slår till och från spänningen. Anders säger att allteftersom erfarenheter och kunskap byggs upp tillåts montörer istället själva utföra dessa uppgifter. Mycket av elsäkerhetsledarens uppgifter handlar om att informera montörerna om vilka risker som föreligger. Bland annat när ett arbete övergår från att vara arbete utan spänning till arbete nära spänning. Speciellt viktigt blir det när informationen ska nå ut till över 50 montörer samtidigt. Det finns rutiner för detta där lappar placeras ut med information som påminner montörerna om att de nya riskerna de måste vara medvetna om. Montörerna ska egentligen vara medvetna om dessa risker oavsett men eftersom det är lätt att bli bekväm i sitt nuvarande arbete och därmed glömma bort vilka risker som potentiellt kan vara närvarande, är det viktigt att elsäkerhetsledaren har rutiner för att påminna om dessa.

Riskhantering

Riskanalysen utgår från en mall innehållande ett antal punkter med risker. De risker som är relevanta för arbetet bockas för i mallen och varje arbete får därmed en riskanalys anpassad efter just det som ska utföras. Därefter dokumenteras var riskerna finns och vilka åtgärder som planeras att införas. Vanligtvis anses riskanalyser vara tidskrävande men eftersom den mall som används inom Elinstallatören är så pass användarvänlig blir den också mer tidseffektiv och stressfaktorn som kan vara förknippad med riskanalyser minskar. Riskanalyserna utförs av elsäkerhetsledaren inför varje påbörjat arbete. Optimalt är att utföra en riskanalys per arbete, men istället görs en riskanalys per kategori av arbete, vilket innebär att om det redan finns en riskanalys för en typ av arbete görs det ingen ny. De olika analyserna ska sedan läsas igenom och signeras av alla inblandade. Efter ett arbete har utförts är egenkontroller den viktigaste aspekten inom Elinstallatören. Detta kan ske i form av ett protokoll eller något så enkelt som en markering på en ritning. Huvudsaken är att montören tänker efter och kontrollerar att allt som ska göras verkligen är klart. För att försäkra elsäkerhetsledaren om att arbetet är korrekt utfört ska ett driftbevis lämnas in. Driftbeviset hör samman med arbetsbeviset där ett driftbevis ska lämnas in för varje utlämnat arbetsbevis.

Inrapportering av tillbud och olyckor sker via en applikation där den inblandade skickar in en bild med förklarande text, som beskriver vad som har inträffat, till närmsta chef. Anders förklarar att rutiner för tillbakarapportering inte är lika tydliga. Anledningen förklaras vara att ansvarig projektledare inte har tillräckligt med tid att utföra även denna uppgift.

Tågdepån

Eftersom det inte är Elinstallatören som ska arbeta på tågdepån när den är i drift har de arbetat med att göra anläggningen så säker som möjligt och på förhand försöka förhindra att olyckor uppstår. Den skena som ska förse tågen med spänning är 16 kV och därför har Elinstallatören ägnat stor del av arbetet åt att jorda hela byggnaden så att allt har samma potential. Därmed har alla räcken, stolpar och väggar samma potential och vid ett eventuellt fel på 16 kV ska allt som kan leda ström ha samma potentialskillnad för att undvika strömgenomgång i kroppen.

Utanför tågdepån i Hässleholm är en mottagningsstation för 22 kV från nätet förlagd. Från denna har Elinstallatören lagt en ringmatning runt sin anläggning kopplad till de olika ställverken placerade i de fyra byggnaderna som finns på anläggningen. De 22 kV som kommer in till mottagningsstationen transformeras inte om förrän i själva byggnaderna. Transformatorerna är luftisolerade och behandlas med största försiktighet. Ingen får överhuvudtaget vistas inne i båsen där transformatorerna är placerade förutom i de fall det ska utföras service på någon av dem. Det krävs dessutom en särskild nyckel för att komma in till transformatorerna, vilken lämnas ut av elsäkerhetsledaren.

Under besöket påpekades jordningsdonen i figur 10 vara livsviktiga. Innan ett arbete ska påbörjas är det rutin att alltid frånskilja och göra spänningslöst samt att jorda. Vid arbete i ställverken i figur 11 finns det risk för olyckor med katastrofala konsekvenser för de inblandade, om det inte är spänningslöst och jordat. I skåpen går skenor med 70 kA och om ett verktyg ramlar ner bland skenorna och kortsluter kan det skapa en explosion som trycks ut mot montören.



Figur 10: Jordningsdon i tågdepån i Hässleholm.



Figur 11: Luftisolerade ställverk i tågdepån i Hässleholm.

Alla ställverk går att fjärrstyra via en elcentral, figur 12, placerad i samma rum som ställverken. Genom fjärrstyrning försvinner riskerna med att manuellt manövrera brytare och frånskiljare. Dock kan det fortfarande anses vara obehagligt att slå i från en brytare på grund av det höga ljudet som produceras när det isolerande materialet ska släcka ljusbågen. Detta sker med en hög hastighet då ljusbågen ska elimineras innan den har tid att utvecklas, vilket bringar fram en hög smäll.

Arbete med spänning får inte utföras av Elinstallatören på tågdepån i Hässleholm. Någon enstaka person har rätt utbildning för arbete med spänning men enligt elsäkerhetsledaren ska utrustningen alltid göras spänningslös och jordas för att öka nivån på elsäkerheten.



Figur 12: Elcentral för fjärrstyrning av ställverk.

6.2.1 Analys Elinstallatören

Sättet som organisationen beskriver att en stor del av elsäkerhetsansvaret ligger på montörerna, till skillnad från hur Tranås Energi AB framförde samma tanke sätt, visar att de finns ett Safety II-perspektiv inom Elinstallatören. Detta då organisationen verkar se människan som en del av lösningen på hur säkert elarbete ska utföras och förser montörer med utbildningar och stöd från elsäkerhetsledare för att förbättra och säkerställa kunskapsnivån hos alla. Att montörer får mer och mer ansvar allteftersom tyder på att de lär sig av de tillfällen då elsäkerhetsledaren har utfört ett bra arbete vilket också är typiskt för Safety II. På så sätt arbetar Elinstallatören med att stärka det vardagliga arbetet genom att all personal skaffar sig förmågan att anpassa arbetet och säkerheten efter rådande situation.

Även Elinstallatören skulle kunna kännetecknas som en HRO då de framhä-

ver utbildning, träning och fördelning av ansvar som viktiga aspekter för att förbättra säkerheten, tillsammans med att det inte har inträffat några olyckor. Dock missar de, precis som Tranås Energi AB, aspekten med Safety II att identifiera varför deras arbete går så bra. Elsäkerhetsledaren menar att mycket av säkerheten är tack vare deras riskanalyser vilka utgår ifrån en mall, som är både tidseffektiv och användarvänlig. Det som talar emot att riskanalyserna kan förklara varför det inte har inträffat några olyckor är att elsäkerhetsledaren inte är helt säker på att alla installatörer och montörer faktiskt tar del av analyserna. Oavsett ger mallen en indikation på det finns ett proaktivt arbete för att minska riskerna. Om alla tar del av analyserna tyder det även på att Elinstallatören har både en centraliserad och decentraliserad organisation eftersom alla rutiner och instruktioner som tagits fram utgår ifrån ESA, samtidigt som riskanalyserna gör det möjligt att anpassa säkerheten efter specifika arbeten. Dock indikerar riskanalyserna mer på en decentraliserad metod från elsäkerhetsledarens perspektiv då det endast finns riskanalyser till typarbeten istället för unika arbeten. Därmed måste alla ha ett personligt ansvar och rätt förutsättningar att kunna anpassa arbetet beroende på de skillnader som kan finnas mellan riskanalysen och det verkliga arbetet.

Ytterligare indikation på att Elinstallatören inte kan kännetecknas som en HRO är på grund av att de inte alltid främjar säkerhet framför produktivitet. I vissa situationer ansågs det helt enkelt inte möjligt att följa Elsäkerhetsverkets krav på säkerhet då produktionsitiden skulle förlängts avsevärt. Dock går det att ifrågasätta eftersom Elinstallatören är medvetna om att de inte gör som Elsäkerhetsverket rekommenderar i vissa situationer och de har därför själva anpassat arbetet för att säkerheten trots allt ska vara tillräcklig. Detta kan innebära att Elinstallatören är decentraliserad gentemot Elsäkerhetsverket eftersom de själva har anpassat säkerheten efter deras arbetssituationer och förlitar sig inte enbart på instruktioner och rutiner från Elsäkerhetsverket.

Tillbudsrapportering är en typisk indikator på hur företag arbetar reaktivt med säkerhet vilket också stämmer överens med den delen av Safety I som handlar om att fokusera på det som har hänt. Det uppstår dock frågor i vilken grad detta utnyttjas då tillbakarapporteringen inte är tydlig och konsekvent. Detta begränsar hela företagets potential att arbeta som en HRO eftersom tillförlitlig tillbudsrapportering bidrar till att skapa en bra säkerhetskultur och skapar en känsla av att den rapporterandes arbete faktiskt har betydelse inom organisationen. Det finns också en risk att dålig återkoppling även försämrar Safety I-arbetet med analys av det som har inträffat, och en viktig del av säkerhetsarbetet går förlorad.

Precis som Tranås Energi AB arbetar Elinstallatören med att utforma anläggningen och utrustningen för att minska ansvaret på montörer och arbetare samt att påminna dem om vilka delar som är riskfyllda. Att jordningsdonen poängteras som livsviktiga framhäver betydelsen av att arbetet kan innebära en fara om det inte utförs på rätt sätt. Detta, tillsammans med att det är montörerna själva som har ansvar för att det verkligen är jordat och

spänningslöst, visar på ytterligare Safety II-tänk inom Elinstallatören. Organisationen försöker att visa hur viktigt det är med säkerhet på arbetsplatsen. Framförallt görs detta genom arbetet att jorda hela byggnaden samt att låsa in transformatorerna i ett avskilt utrymme.

6.3 Ringhals Kärnkraftverk

Ringhals Kärnkraftverk är beläget i Halland och producerar en sjättedel av den el som förbrukas i Sverige. Verket består av tre stycken reaktorer benämnda Ringhals 1, Ringhals 3 och Ringhals 4 med en sammanlagd effekt på 3050 MW. Intervjun utfördes via videosamtal och genomfördes med Joakim Blomberg, underhållsingenjör med ansvar för kapslade inomhusställverk på Ringhals 3 och 4.

Lagar och ESA

Vanligtvis utförs elarbete på Ringhals i enlighet med ESA. Unikt för Ringhals är dock att de har ett eget dokument som kallas *Säkert Arbete Ringhals* vilket beskriver både elektriska och icke-elektriska arbeten. Var ESA och *Säkert Arbete Ringhals* skiljer sig från varandra är tydligt dokumenterat. I de flesta fall är det ingen skillnad dem emellan utan *Säkert Arbete Ringhals* bygger på ESA och fungerar som komplement och tolkning av ESA.

Riskhantering

Under planering och utförande av ett arbete arbetar Ringhals med benämningarna Risk-P respektive Risk-U. Risk-P innebär riskbedömning i planeringsfasen av ett arbete och utförs av antingen arbetsledningen eller underhållsingenjörer och innehåller bland annat val av arbetsmetod. Riskbedömningen utförs med hjälp av en checklista för arbetspaket som kallas för *Gröna Lappen*. Checklistan övergår till Risk-U som innebär riskvärdering under ett arbete och kontrolleras på plats. Risk-U styr bland annat att personal är på rätt plats och arbetar, att det är spänningslöst, att det är korrekt jordat samt att personal har rätt personlig utrustning. Utöver Gröna lappen finns ett dokument som kallas *Riskbedömning av frekvent förekommande elarbeten*. Om det för ett arbete redan finns en riskbedömning i *Riskbedömning av frekvent förekommande elarbeten* hänvisar man till den i checklistan och tar hänsyn till om det finns någon skillnad mellan det aktuella arbetet och det som redan är dokumenterat.

Systemet för tillbudsrapportering innebär att inrapportering antingen sker genom att lämna in lappar, prata med sin arbetsledning, fylla i riskobservationer via en applikation eller direkt i systemet via en dator. En del olyckor har rapporterats där det vanligaste är att bli utsatt för en strömgenomgång. Bakgrunder till olyckor som inträffat utreds och analyseras alltid. Orsaken beskrivs vanligtvis vara att utrustningen inte är korrekt avställd även om den förmodas vara det, i kombination med att personal inte har mätt spänningen ordentligt. Det har även förekommit att någon har jordat på en spänningssatt skena, vilket kan orsaka en olycka.

Kärnkraftverk

Ofta finns det färdiga instruktioner för de arbeten som ska utföras. Detta är en aspekt som skiljer ett kärnkraftverk från el- och energibolag eftersom samma eller liknande arbeten ofta utförs inom Ringhals. Användning av färdiga instruktioner är ett försök att arbeta proaktivt inom Ringhals genom att uppdatera dem om nya och bättre arbetsmetoder arbetas fram. Arbetsledningen ser även till att det alltid är någon med rutin och erfarenhet delaktig i utförandet av ett arbete.

6.3.1 Analys Ringhals Kärnkraftverk

Ett kärnkraftverk är ett typexempel på en HRO och intressant att undersöka är ifall Ringhals uppfyller indikationerna enligt kapitel 5.2. Det är dock värt att nämna att kärnkraftverk ofta benämns som en HRO baserat på att det väldigt sällan inträffar olyckor som har med själva kärnkraftverket att göra och som har katastrofala konsekvenser. Vad gäller elarbeten framgick det under intervjun att det faktiskt har inträffat ett fåtal olyckor. Precis som Tranås Energi AB och Elinstallatören finns det dock inget Safety II-perspektiv där de går tillbaka i tid och analyserar lyckade arbeten.

Ringhals baserar inte endast sitt arbete på ESA utan det egna dokumentet *Säkert Arbete Ringhals* ligger också till grund för instruktionerna och rutinerna som har tagits fram. Detta är en indikation på ett proaktivt arbete då organisationen har identifierat att ESA inte är tillräckligt anpassat till Ringhals för att säkert arbete ska kunna utföras. Dock påpekades det under intervjun att en skillnad mellan Ringhals och el- och energibolag just är att Ringhals har fler fasta rutiner och instruktioner på arbeten. Detta indikerar att Ringhals elarbete utgår från en centraliserad organisation och genom att följa planen uppfylls även säkerheten. Skillnaden mot Tranås Energi AB och Elinstallatören blir därmed ännu tydligare eftersom de även verkar arbeta decentraliserat och inte har haft några olyckor medan Ringhals har det. Det går däremot att argumentera för att elanläggningen på Ringhals är mer komplex då den inte täcks in enbart utav ESA.

Det reaktiva arbetet inom Ringhals, bland annat i form av tillbudsrapportering, tyder på att de har ett fungerande Safety I-perspektiv. Detta baseras på att Blomberg öppet delar med sig av händelser som han själv har varit inblandad i vilket tyder på att det finns en bra relation mellan chefer och personal där alla vågar rapportera in olyckor och tillbud utan att vara rädda för att få skulden. Här finns också indikationer på en decentraliserad organisation eftersom en olycka annars lätt kan tolkas som en avvikelser från instruktionerna. Instruktionerna skulle kunna tolkas som vägledning för att personalen ska undvika att göra fel i så stor grad som möjligt, i enlighet med Safety I. Nu verkar det istället som att instruktionerna är till för att underlätta för personalen och låta större del av deras fokus hamna på oönskade situationer och därmed kunna lösa dem på bästa sätt, i enlighet med ett decentraliserat Safety II-tänk.

Ringhals som har erfarenhet av olyckor har också större incitament att kunna skilja på lyckade och misslyckade arbeten. Den variation som finns i arbetet kan därför analyseras utifrån Safety II för att Ringhals ska kunna uppfylla kraven som kännetecknar en HRO. Dock verker det utifrån intervjun som att Ringhals istället försöker att hitta enkla samband mellan orsak och verkan och därefter direkt införa åtgärder mot orsaken. Safety I är viktigt för att lära sig av sina misstag men det måste utföras på rätt sätt i kombination med att undersöka hur interaktionen mellan människa, teknik och organisation påverkar variationen i arbetet.

6.4 Elsäkerhetsverket

Elsäkerhetsverket är en tillsynsmyndighet som arbetar för att säkerställa hög elsäkerhet och för elektromagnetisk kompatibilitet, EMC. Det är den myndighet som tar fram föreskrifter rörande elsäkerhet på produkter och elanläggningar och deras arbete ligger till grund för hur elinstallatörer och elinstallationsföretag arbetar. Arbetet utförs bland annat genom tillsyn och marknadskontroller. Elinspektörerna på Elsäkerhetsverket kan även i samarbete med polisen och åklagare utföra utredningar vid elolycksfall. Intervjun, som utfördes via videosamtal, genomfördes med Anders Richert, Teknisk direktör och Avdelningschef Anläggningar.

Människa, Teknik och Organisation

Elsäkerhetsverket baserar stor del av sitt arbete på vad som händer ute på marknaden. Deras föreskrifter bygger på tillbud, olyckor och tillsynsbesök där de försöker se vad som inte fungerar, vilka risker teknikutvecklingen leder till och om det behöver ändras i föreskrifterna på grund av detta. Detaljerna definieras oftast inte i deras föreskrifter utan de finns i svenska, europeiska och internationella standarder. Att följa dessa standarder är ett sätt att uppfylla regelverket. Störst fokus ligger på tekniken och att den ska vara så säker som möjligt för att inte gå sönder, felfungera eller på något sätt utsätta människor för onödig risk. Inkluderat är även att se till att elinstallationsföretagen arbetar efter en säker process samt har tillgång till den kompetens som behövs för ett visst arbete. Intressant är att montörer som försäkrar sig om att spänningen är av genom att spänningsprova samt följer en speciell metod och bär rätt utrustning, i princip inte kan få en strömgenomgång. Trots det rapporteras det in tillbud och olyckor som har inträffat, vilket tyder på att någon har handlat fel.

Traditionellt har Elsäkerhetsverkets arbete mest varit reaktivt genom att se vad som har hänt och om något behöver förändras. Under senare tid har det istället blivit en kombination av det reaktiva och det proaktiva. När det dyker upp nya komponenter på marknaden måste Elsäkerhetsverket reaktivt behandla dessa och se hur de påverkar elsäkerheten. Detta arbete tar egentligen aldrig slut eftersom det hela tiden dyker upp nya komponenter som måste kontrolleras och nya aktörer som kommer in på marknaden. Ytterligare sätt som Elsäkerhetsverket arbetar reaktivt på är med hjälp av inrapportering av tillbud och olyckor. En elinspektör går igenom alla anmälningar som kommer från elnätsföretagen eller Arbetsmiljöverket och undersöker om det finns anledning att misstänka att elanläggningen kan ha varit dålig. Brister hos människa eller organisation behandlas istället av Arbetsmiljöverket där deras regelverk styr hur arbetsgivaren skapar förutsättningar för hur människan ska kunna arbeta säkert.

Proaktivt arbetar Elsäkerhetsverket med att försöka följa hur den nya tekniken som kommer ut utvecklas via en dialog med marknaden och på så sätt fånga potentiella risker innan det finns för mycket på marknaden. Fokus ligger på att fånga upp huvuddelen av den problematik som kan finnas rörande

elsäkerhetstekniska krav, liksom anläggningarnas utformning och vilka krav som ställs på elinstallationsföretagen, och därefter komplettera om nödvändigt.

Lagar och ESA

Två utmaningar för elsäkerheten är internationalisering och teknikutveckling. Ett viktigt uppdrag för Elsäkerhetsverket är därför att hantera de som är nya i branschen och få in dem på ett bra sätt i elsäkerhetstänket. Här är ESA viktigt eftersom de som rent följer ESA följer de regelverk som gäller. Om ett företag istället tar fram egna specifika elsäkerhetsanvisningar samtidigt som de använder ESA kan det uppstå tillbud på grund av missförstånd. I sådana fall gäller det att utföra en riskanalys över olikheterna mellan de egna anvisningarna och ESA för att det inte ska uppstå missförstånd som kan orsaka en olycka.

Vad gäller ESA är Elsäkerhetsverket adjungerade i branschens arbete och ser till att de delar i ESA som är relevanta i Elsäkerhetsverkets regelverk stämmer överens och inte motstrider något. Framförallt gäller detta elsäkerhet utifrån anläggningsperspektivet. ESA och utvecklingen av dem är ett pågående arbete bland el- och energibolag som försöker lyfta fram vad som har hänt och hur man säkerställer att det inte inträffar igen. Om det inträffar något kontrolleras om det var fel i anvisningarna eller om det var handhavandefel. På så sätt uppdateras och förtydligas ESA efterhand som ny teknik kommer ut på marknaden och för att stämma överens med Elsäkerhetsverkets såväl som Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Föreskrifterna i sin tur ändras utefter en regelgivningsplan där Elsäkerhetsverket varje år går igenom föreskrifterna utifrån vad som händer på marknaden. Om det behöver göras ändringar kan det bli en helt ny föreskrift, en ändringsföreskrift eller en notering att ta med i nästa års upplaga av regelgivningsplanen.

Riskhantering

Elsäkerhetsverket säger att alla elinstallationsföretag ska ha ett skriftligt egenkontrollprogram där riskhantering är en viktig del i framtagandet. Det Elsäkerhetsverket gör i denna fråga är att handhålla med handböcker kopplade till standarder där det tydligare står hur företag kan tänka och arbeta för att fånga upp olika risker. Dessutom har Elsäkerhetsverket en handbok med tips på vad ett egenkontrollprogram kan innehålla. Om Elsäkerhetsverket får en indikation på att något har gått fel kan de starta en tillsyn och begära in hela eller delar av egenkontrollprogrammet.

6.4.1 Analys Elsäkerhetsverket

MTO-perspektivet inom Elsäkerhetsverket verkar inte fullt utvecklat eftersom montörer tycks bli skyldiga till att något går fel vid ett elarbete. Elsäkerhetsverket borde kunna ge en mer nyanserad bild på det hela. Dock

kan det vara så att Elsäkerhetsverket överlämnar detta ansvaret åt Arbetsmiljöverket och istället ägnar sitt fokus åt felande teknik. Det är antagligen rätt att någon har handlat fel om det inträffar en olycka men intressant då är anledningen till felhandlingen istället för endast vetenskapen att det har skett ett misstag. Elsäkerhetsverket fokuserar mest på tekniken medan Arbetsmiljöverket fokuserar på arbetsförhållanden för människor och organisationen. Var interaktionen mellan de tre bearbetas någonstans är en intressant fråga. Utifrån intervjun blir uppfattningen att Elsäkerhetsverket endast behandlar tekniken och om den fungerar som det ska är det istället montörens fel att en olycka inträffade. Troligtvis är så inte fallet helt och hållet, men det uppkommer ändå frågor kring till vilken grad av MTO används då det sker förändringar i Elsäkerhetsverkets föreskrifter. Samma frågor kan även ställas om Arbetsmiljöverkets föreskrifter. Här borde en tätare samverkan kunna minska glappet.

Samtidigt är det problematiskt för Elsäkerhetsverket att använda sig av ett MTO-perspektiv då deras organisation är kopplad till utrustningen och tekniken. Om deras föreskrifter har till uppgift att reglera elanläggningar och dess komponenter ska människa och organisation inte inkluderas. Arbetet med ESA däremot, skiljer sig från föreskrifterna och där finns det en tydligare tanke på att decentralisera hela branschen. Mycket i ESA är endast beskrivningar av vad som ska göras innan, under och efter ett arbete. Hur detta ska utföras överlämnas åt el- och energibolagen som själva får ta fram rutiner och instruktioner på hur deras arbete ska utföras. Detta grundar sig också i att det inte är möjligt för Elsäkerhetsverket att arbeta centraliserat då alla el- och energibolag har väldigt olika förutsättningar både vad gäller arbete att utföra samt storlek.

Elsäkerhetsverket arbetar proaktivt utifrån Safety II genom att lära upp de som är nya i branschen hur det ska arbeta elsäkert. Ett bra sätt att tänka elsäkert innebär att lära sig av de organisationer som lyckas bra och utför ett bra arbete. Att bara utbilda om ESA och strikt arbeta efter de innebär att en organisation lär sig hur de ska arbeta för att undvika olyckor, men ESA innehåller ingen information om hur en organisation ger människan bäst förutsättningar för att hantera oanade situationer eller lära sig av sina framgångar, då detta överlämnas till företagen som beskrivit tidigare. Att prata om Elsäkerhetsverket som en HRO är inte rimligt det inte finns några direkt risker som kan orsaka olyckor att tala om inom en myndighet. Däremot är det bland annat Elsäkerhetsverket som kan möjliggöra för andra företag att vara HROs. Bland annat görs detta genom deras arbete med handböcker som vägleder organisationer inom elsäkerhet. Därmed lär sig andra organisationer hur de kan arbeta för främja variationen i sitt eget arbete för en säker variation.

Safety I inom Elsäkerhetsverket möjliggör att el- och energibolag kan arbeta med Safety II. Det mesta arbetet inom Elsäkerhetsverket utgår ifrån Safety I eftersom de fokuserar på tekniken och att mycket av arbetet sker reaktivt när ny teknik kommer ut på marknaden. Det arbetet hjälper el- och energibolag att skifta fokus från problem med tekniken till att ge stöd och rätt

förutsättningar till montörer att utföra sitt arbete. Safety I används även genom att Elsäkerhetsverket försöker att hitta en väldigt enkel orsak och verkan om det uppstår problem. Om en olycka inträffar är det Elsäkerhetsverkets ansvar att undersöka om det har varit något fel med utrustningen, därefter ska åtgärder införas i deras föreskrifter. Ett bättre MTO-perspektiv hade dock kunnat ge en bättre fingervisning om det var fel på utrustningen från början eller om den har använts på fel sätt och slitits ut över tid.

Del III

Diskussion och Slutsats

I denna del presenteras diskussion och slutsatser med utgångspunkt i ett antal frågeställningar. Slutligen presenteras övergripande resultat samt slutsatser av studien tillsammans med konkreta förbättringsförslag samt förslag på framtida studier.

7 Diskussion och slutsats

7.1 Diskussion och slutsatser av frågeställningar

Gemensamt för alla inblandade parter i denna studie är att arbeta med ESA. ESA kan ses som den gemensamma nämnare som binder samman de olika aktörerna i branschen, allt från Elsäkerhetslagen på Regeringsnivå till implementering av metoder från ESA i det direkta arbetet på arbetsnivå. Däremellan arbetas ESA fram av branschen i samarbete med bland annat Elsäkerhetsverket och Arbetsmiljöverket för att sedan tolkas och implementeras av ansvariga för elsäkerheten på företag.

Detta kan användas för att diskutera och besvara frågeställning 1) *Hur fungerar säkerheten och arbetsmiljön idag på en elanläggning/transformatorstation?* Vi vet att det förekommer olyckor och tillbud vid elarbeten men att i princip inga av dem har inträffat inom de två företagen Tranås Energi AB och Elinstallatören. Vad det här säger är svårt att avgöra med tanke på att de båda företagen utgår ifrån att det är tack vara deras arbete med ESA som ligger bakom deras lyckade arbete. Dock arbetar Ringhals, och troligvis alla andra el- och energibolag också, efter ESA vilket innebär att det inte direkt går att koppla ihop ESA med säkra elarbeten. Säkerheten och arbetsmiljön generellt i branschen skiljer sig därför åt från företag till företag. Istället är det mer troligt att det är just variation i det vardagliga arbetet som ligger till grund för de inträffade olyckorna. Vad just Tranås Energi A och Elinstallatören gör praktiskt som skiljer sig från företag där olyckor har inträffat vet de nog inte säkert själva. Dock tyder analysen på att de har en bra avvägning mellan en centraliserad och en decentraliserad organisation där arbetet utgår från instruktioner baserade på ESA, i samband med rätt förutsättningar för att personal själva ska kunna arbeta säkert och fatta rätt beslut i utmanande och svåra situationer. Detta leder vidare till nästa frågeställning:

Det här leder vidare till frågeställning 2) *Hur skiljer sig det praktiska arbetet från föreskriftskrav och den vetenskapliga litteraturen?* Frågan kan besvaras med att företagen förlitar sig på att arbete efter ESA även uppfyller Elsäkerhetslagen och dess förordningar, men eftersom lagen är så omfattande är det svårt att kontrollera att det faktiskt är så. Även en del av det som Elsäkerhetsverket föreslår går inte att uppfylla för alla el- och energibolag på grund av att det är för tidskrävande. Detta grundar sig framförallt i intervjun med Elinstallatören där konflikter med Elsäkerhetsverkets föreskrifter uppstår då många montörer är inblandade samtidigt. Även Tranås Energi påpekade att de har svårt att efterfölja allt då de är ett relativt litet företag. En fråga att ställa är därmed om Elsäkerhetslagen och dess föreskrifter verkligen kan anpassas på alla Sveriges el- och energibolag, oberoende deras storlek och antal anställda. Det känns inte rimligt att likställa ett litet energibolag med ett helt kärnkraftverk. Det finns alltså skillnader mellan vad lagen och Elsäkerhetsverket säger ska göras för att upprätthålla en viss elsäkerhet på en arbetsplats jämfört med vad som faktiskt är rimligt och möjligt i praktiken. Även den rollfördelning som föreslås i ESA har bevisats svår att efterleva,

speciellt för mindre företag. Denna diskrepans är något som borde beaktas inom branschen där det klargörs vad som faktiskt är lag och vad som endast är rekommendationer från Elsäkerhetsverket.

Överlag anser företag sig vara bra på att följa vad som står i ESA eftersom de flesta bygger hela sin organisation kring ESA. Trots det finns det stora skillnader mellan företag och hur de jobbar. Framförallt gäller detta vilken metod som används för Risk-P och Risk-U. Företag säger att de arbetar efter ESA och följer vad som står i dem, men begreppen Risk-P och Risk-U används inte i någon större utsträckning. Detta ger intrycket att riskhantering inte får så stort fokus i det praktiska arbetet som det får i ESA och verkar vara en del av arbetet som företag vet måste göras men inte prioriterar i den grad som det borde. En anledning till detta kan vara att det är diffust i ESA vad riskhantering faktiskt innebär och hur det borde utföras på bästa sätt. Det skapar en känsla av att branschen generellt inte vet hur riskhanteringen ska användas på bästa sätt och därför överläts allt ansvar till företagen själva.

Nu kan jag besvara frågeställning 3) *Hur kan säkerheten på en elanläggning/transformatorstation förbättras med hjälp av utvecklingen inom riskhantering?* Oavsett om personal gör avvägningar eller om organisationen förser personal med rätt förutsättningar, finns det förbättringspotential vad gäller den riskhantering som företag ska utföra i enlighet med ESA. Framförallt handlar det om hur riskbedömningen kommuniceras till de som faktiskt utför riskfyllda elarbeten. Genom intervjuerna framkommer det att organisationen troligtvis inte har försett personal med förutsättningar för att arbeta säkert, förutom i form av utbildning inom ESA. Det verkar som att riskhanteringen framförallt används av elsäkerhetsledaren samt de som planerar arbetet, och om montörer verkligen är införstådda med allt prioriteras inte.

Tidigare delar av rapporten har kretsat till stor del kring olika teorier om säkerhet för att analysera hur de intervjuade organisationerna arbetar. Detta ger en bra inblick i om det finns förbättringspotential men dessvärre är det inte tillräckligt konkret att direkt användas av organisationerna och därmed faktiskt förbättra deras arbete. Då krävs vidare utbildning inom dessa teorier från personer med mer erfarenhet. Dock bevisar analyserna att det finns förbättringspotential med hjälp av bättre riskhantering och denna handlar framförallt om att företagen tydligare ska använda sig av ett decentraliserat Safety II-tänk. Det här grundar sig bland annat i att Tranås Energi AB och Elinstallatören har inslag av detta i sin organisation och att det faktiskt har lyckats att undvika olyckor och tillbud.

7.2 Diskussion om arbetet

7.2.1 Intervjuerna

De intervjuade förategen valdes ut genom de kontakter som finns inom Risk Pilot och Krafttag AB där alla intervjuade personer ansågs vara passande för att besvara frågor kring examensarbetet. Anders Richert rekommenderades

av Olof Samuelsson då Olof har en bra överblick över branschen och vilka roller som är lämpliga att ha med i examensarbetet. Att endast intervjua fyra företag var anpassat för att djupare analysera dem utan att överstiga begränsningen på antal ord i rapporten. Ett förslag är annars att använda inrapporteringen av olyckor till Elsäkerhetsverket i ett försök att identifiera företag som är extra olycksdrabbade för att komplettera de mindre olycksdrabbade företagen som redan har intervjuats.

I och med att företagen är så pass olika anser jag att de är bra representanter för branschen. De intervjuade personerna är heller inget som borde ha skapat en felaktig bild av branschen, istället är det möjligt att frågorna inte var utformade på rätt sätt för att skapa en rättvis bild av både företagen och branschen. Även om frågorna formulerades om efter varje intervju och anpassades efter de olika företagen ser jag nu efteråt förbättringspotential i form av att ett Safety II-perspektiv skulle varit inkluderat även i intervjuerna. Dock kom teorierna Safety I och Safety II in senare i rapporten då intervjuerna redan var genomförda.

Vad gäller intervjun med Elsäkerhetsverket, baserar jag en stor del av hur arbetet med ESA ser ut från den. Här anser jag att det finns brister i form av att även Arbetsmiljöverket skulle ha intervjuats för att få med helheten av hur arbetet med ESA bedrivs. Detta är en felkälla som sannolikt har påverkat analysen av Elsäkerhetsverket och kan ha skapat en felaktig bild.

7.2.2 Arbetet generellt

Övergripande om arbetet blev det inte som planerat från början då tanken var att göra faktiska riskanalyser på olika arbetsmoment med beräkningar på sannolikhet och konsekvens. Detta hade krävt djupare kunskap om olika arbeten och analys av vad som kan hända. Istället för litteraturstudier kring elanläggningar och dess risker hade mer praktisk erfarenhet varit till större hjälp för att fånga in riskerna vid ett specifikt arbete. Istället skiftade fokus till Safety I, Safety II och MTO som kunde användas för att analysera intervjumaterialet utan djupare kunskaper om hur montörer arbetar praktiskt med specifik utrustning.

En viktig felkälla till analyserna är om jag faktiskt har tillräckliga kunskaper om Safety I, Safety II och MTO för att kunna skapa en rättvis och korrekt bild över hur elsäkerhetsarbetet kan förbättras med hjälp av dessa teorier. Om dessa teorier hade varit mer delaktiga under själva intervjuerna hade jag sannolikt klarat mig bättre med den kunskap jag har då frågorna hade varit bättre anpassade för att sedan använda teorierna som analysverktyg.

Ännu en felkälla grundar sig i min brist på kunskap om ämnet elsäkerhet och om det kopplar mest till arbetsmiljöförhållanden eller utrustningen. En stor del av arbetet gick ut på att leta information om vilka komponenter som finns på en elanläggning samt hur dessa kan anses vara riskkällor. Under intervjuerna märkte jag dock att det inte var särskilt stort fokus på hur just komponenterna utgör riskkällor utan fokus var istället på hur montörer arbetar och varför de arbetar som de gör. Detta kan ha påverkat hur jag

använder intervjumaterialet i analyserna med Safety I, Safety II och MTO eftersom arbetet från början hade ett större fokus på utrustningen.

8 Övergripande slutsatser och framtida studier

Detta examensarbete har gjorts med syftet att utvärdera elsäkerheten inom ett antal organisationer samt att undersöka huruvida det finns förbättringspotential, speciellt vad gäller den riskhantering som ska utföras.

Framförallt har teorierna och tankesätten Safety I, Safety II samt MTO legat till grund för analys av organisationerna. Detta med målsättningen att analysera hur organisationerna utför elarbeten, vilka delar som prioriteras innan, under och efter ett elarbete samt hur de förhåller sig till Elsäkerhetslagen och ESA.

Analysen visar att elarbeten generellt håller en hög säkerhetsnivå med relativt få inträffade olyckor, inom de intervjuade organisationerna. Trots att riskhantering både innan och under ett arbete skiljer sig åt mellan de intervjuade organisationerna blir slutresultatet, av få antal olyckor, desamma. Frånvaron av olyckor betyder inte bestämt att arbetet alltid utförs på ett säkert sätt. Här kan de tre teorierna vara till hjälp för att identifiera potentiella svagheter, avsteg och variation i arbetet. Dock krävs det vidare utbildning för att till fullo nyttja dessa teorier i det vardagliga arbetet. Analyserna pekar bland annat på att företag som på något sätt inkorporerar ett decentraliserat Safety II-tänk lyckas undvika olyckor, även om de inte helt är medvetna om terminologin. Dock finns det fortfarande mer att jobba på, inom alla organisationer, vad gäller själva synsättet på säkerhet eftersom riskhanteringen inte är i fokus hos alla inblandade i ett arbete.

Vad gäller Elsäkerhetslagen väljer organisationerna istället att förhålla sig till ESA och förväntar sig att de även uppfyller alla lagar. Slutsatsen är därmed att ESA är den handbok som har störst inflytande på hur elsäkerhetsarbetet utförs. Därigenom är det Elsäkerhetsverket och Arbetsmiljöverket som kan påverka vilket förhållningssätt el- och energibolagen i Sverige har på säkerhet. Dock ger ESA redan idag förutsättningar för att bolagen ska kunna arbeta säkert vilket innebär att det även krävs vidare utbildning om varför utvecklingen inom riskhantering kan leda till en bättre elsäkerhet och minskat antal olyckor.

Förslag på framtida studier

Genom examensarbetet har ett antal förslag på framtida arbeten identifierats, vilka beskrivs nedan. Dessa grundar sig både i ursprungliga tankar kring syftet med examensarbetet samt intressanta aspekter som identifierats under arbetets gång.

- **Genomföra en riskanalys på ett arbetsmoment.**

Det första förslaget på framtida studier är att välja ut ett specifikt elarbete och utföra en riskanalys, exempelvis i form av en Uppgiftsanalys eller en HAZOP. Detta är ett mer konkret sätt att studera riskerna kopplade till elsäkerhet och kan vara direkt användbart för företag. Inom ramen för examensarbetet var dock detta inte möjligt utan ligger

kvar som förslag för fortsatta studier.

- **Fokus på Safety I och Safety II under intervjuerna.**

Eftersom det inte är så vanligt med olyckor under elarbeten hade det varit intressant att skifta fokus från om det har hänt olyckor och hur dessa undviks till varför det har inträffat så få olyckor. Detta hade gett en mer klar bild över hur organisationerna arbetar i enlighet med Safety I- och Safety II-teorier.

- **Intervju med Arbetsmiljöverket.**

Arbetsmiljöverket kontrollerar en stor del av materialet i ESA. Det hade varit intressant att intervjua någon därifrån för att även täcka in arbetsmiljörelaterade aspekter i ESA.

- **Undersöka MTO-perspektivet i ESA.**

Det verkar som att MTO-perspektivet i ESA är uppdelat där Elsäkerhetsverket ansvarar för T (teknik) och Arbetsmiljöverket ansvarar för MO (människa och organisation). Intressant att undersöka är vilka potentiella problem detta kan leda till och om ESA har mer tonvikt på T och MO blir underordnat.

Referenser

- ABB (2018). *ABB AbilityTM Power Transformer - the world's first digitally integrated power transformer*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=j2DL_DVZ3-E&feature=emb_title (hämtad 2020-02-06).
- (2019a). *ABB ultra-high voltage technology boosts clean energy supply in China*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=aqmgqEpN5_Y&feature=emb_title (hämtad 2020-02-06).
- (2019b). *Ställverket - fördelar el och skyddar nätet*. Utg. av ABB.com. URL: <https://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/stallverk> (hämtad 2019-12-28).
- (2019c). *Transformatorstationen, en effektiv knutpunkt i elnätet*. Utg. av ABB.com. URL: <https://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/transformatorstationer> (hämtad 2019-12-11).
- (2020a). *Generatortransformatorer (GSU)*. URL: [https://new.abb.com/products/transformers/sv/krafttransformatorer/generatortransformatorer-\(gsu\)](https://new.abb.com/products/transformers/sv/krafttransformatorer/generatortransformatorer-(gsu)) (hämtad 2020-01-29).
- (2020b). *Luftisolerad fränskiljare GW55*. URL: <https://new.abb.com/high-voltage/sv/franskiljare/franskiljare-center-break/luftisolerad-franskiljare-gw55> (hämtad 2020-02-06).
- (2020c). *Luftisolerade ställverk för mellanspänning*. URL: <https://new.abb.com/medium-voltage/sv/mellanspanningsstallverk/luftisolerade> (hämtad 2020-02-06).
- (2020d). *Säkrare eldistribution och färre avbrott för abonnenterna? Välkommen till Boden*. URL: <https://new.abb.com/se/hallbartsamhalle/abb-boden> (hämtad 2020-02-05).
- Ahmed, H. (2020). *Deadly mistakes when working with switchgear*. URL: <http://engineering.electrical-equipment.org/safety/deadly-mistakes-working-switchgear.html> (hämtad 2020-02-03).
- Angeladas, Emmanouil (2013). *High voltage substations overview (part 1)*. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/high-voltage-substations-overview-1> (hämtad 2019-12-17).
- Arnäs-Nielsen, Camilla (2020). *Tre personer omkom i elolyckor 2019*. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/press/pressmeddelanden/2020/tre-personer-omkom-i-elolyckor-2019/> (hämtad 2020-01-22).
- Bernstein, Theodore (1991). "Electrical Shock Hazards and Safety Standards". *IEEE Transactions on Education* 34.3, s. 216–222.
- Blackburn, J. Lewis och Thomas J. Domin (2015). *Protective Relaying: Principles and Applications, Fourth Edition*.
- Brown, Hilary (2018). "Keeping the lights on". *IEEE Technology and Society Magazine* 37.2, s. 62–70. DOI: 10.1109/MTS.2018.2826059.
- Csanyi, Edvard (2015). *10 Common causes of arc-flash and other electrical accidents*. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/10-common-causes-of-arc-flash-and-other-electrical-accidents> (hämtad 2020-01-22).

- Csanyi, Edvard (2017). *Main circuit breaker types from 1000 MCB to 1000 kV dead tank breaker*. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/main-circuit-breaker-types> (hämtad 2019-12-19).
- (2018). *Why to automate power substations? What do you get?* URL: <https://electrical-engineering-portal.com/why-to-automate-power-substation> (hämtad 2020-02-03).
- (2019). *Learn HV substation elements (graphic symbols, basics & connection schemes)*. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/hv-substation-elements#busbars> (hämtad 2019-12-17).
- Doan, Daniel R., H. Landis Floyd och Thomas E. Neal (2004). "Comparison of Methods for Selecting Personal Protective Equipment for Arc Flash Hazards". *IEEE Transactions on Industry Applications* 40.4, s. 963–969.
- Elsäkerhetsverket (1999). *Starkströmsföreskrifterna*.
- (2018a). *Eloolyckor 2017 Rapport*.
- (2018b). *Eloolyckor 2018 Rapport*.
- Energiföretagen Sverige-Swedenergy-AB (2015). *EBR - ESA Arbete*. Vol. 14. 1.
- Energimyndigheten (2006). *Stormen Gudrun. Vad kan vi lära av naturkatastrofen 2005?*
- (2020). *Stormen Gudrun*. URL: <https://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/lardomar-fran-intraffade-handelser/stormen-gudrun/> (hämtad 2020-04-21).
- Eriksson, Lars (2004). *Ny brytare ska hindra elavbrott*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Disconnecter> (hämtad 2020-01-31).
- Eurocontrol (2013). "From Safety-I to Safety-II: A White Paper".
- Exam Keeda (2019). *AIR BLAST CIRCUIT BREAKER*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BbuFdfJFkEA> (hämtad 2019-12-15).
- Ezennaya, S.O., F.O. Enemuoh och V.N. Agu (2017). "An Overview Of Electrical Hazards And Safety Tips: On The Job/Office And Home Awareness Call". *International Journal of Scientific & Engineering Research* 8.5, s. 466–472.
- Fish, Raymond M. och Leslie A. Geddes (2009). *Conduction of Electrical Current to and Through the Human Body: A Review*.
- Goh, Hui Hwang, Sy yi Sim, Nur Iskandar bin Hamzah, Sulaiman bin Mazlan, Chin Wan Ling, Qing Shi Chua och Kai Chen Goh (2017). "Types of Circuit Breaker and its Application in Substation Protection". *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 8.1, s. 213–220. DOI: 10.11591/ijeecs.v8.i1.pp213-220.
- Guldbrand, Anna (2009). *Earth Fault in Extensive Cable Networks - Electric Distribution Systems*.
- Harms-Ringdal, L. (1995). *Riskhantering och ledningssystem för säkerhet, hälsa och miljö*. Utg. av Institutet för riskhantering och säkerhetsanalys. Stockholm.
- Hollnagel, Erik (2018). *Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials*.
- Hollnagel, Erik, Robert L. Wears och Jeffrey Braithwaite (2015). *From Safety-I to Safety-II: A White Paper*.

- Optimum Safety Management (n.d.). *Electrical Hazards*. URL: <https://www.optimumsafetymanagement.com/blog/electrical-hazards/> (hämtad 2020-02-03).
- Practical Engineering (2019). *How do substations work?* URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7Q-aVBv7PwM> (hämtad 2019-12-11).
- Proctor, Laura och Srin Kuchibotla (2013). "Electricity Remains a Serious Workplace Hazard". *Occupational Health & Safety* August 2013.
- Provan, David J., David D. Woods, Sidney W.A. Dekker och Andrew J. Rae (2019). "Safety II professionals: How resilience engineering can transform safety practice". *Reliability Engineering and System Safety* 195. DOI: 10.1016/j.ress.2019.106740.
- Roberts, Karlene H (1990). "Managing High Reliability Organizations". *California Management Review* 32.4, s. 101–113. DOI: 10.2307/41166631.
- Salminen, Simo och Tuija Tallberg (2007). "Human errors in fatal and serious occupational accidents in Finland". *Ergonomics* 39, 1996.7, s. 980–9880. DOI: 10.1080/00140139608964518.
- SFSR (2016:732). *Elsäkerhetslagen*.
- Siemens (2017). *Power Engineering Guide - Edition 8*. Utg. av Energy Management Division.
- Sjöberg, Karin (2018). *Den nya elsäkerhetslagen*. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/om-oss/lag-och-ratt/den-nya-elsakerhetslagen/> (hämtad 2020-01-20).
- Svemin.se (n.d.). *Sambandet mellan Människan , Tekniken och Organisationen*. URL: https://www.svemin.se/?file_download&file=2893 (hämtad 2020-01-27).
- Svensk Energi-Swedenergy-AB (2015). *EBR - ESA Grund*. Vol. 14. 1.
- Svenska Kraftnät (2003). "Rapport - Elavbrottet 23 september 2003 - händelser och åtgärder". 1:2003.
- Svensson, Thomas (2012). "Luftledning eller markkabel - Hur ska framtidens regionnät byggas?" *JURIDISKA FAKULTETEN vid Lunds universitet*.
- Söderholm, Christian (2019). *Tillsyn av elanläggningar*. Utg. av Elsäkerhetsverket.se. URL: <https://www.elsakerhetsverket.se/yrkespersoner/innehavare-av-elanlaggning/tillsyn-av-elanlaggningar/> (hämtad 2019-12-11).
- White, Anthony (2016). *Helicopter Lineman - BareHanding 345,000 volts!* URL: <https://www.youtube.com/watch?v=9mcTHQ6xPik> (hämtad 2020-04-22).
- Wikipedia (2019). *Transformator*. URL: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Transformator> (hämtad 2019-12-27).
- (2020). *Busbar*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Busbar> (hämtad 2020-01-30).

Bilagor

.1 Intervju Tranås Energi AB

- **Det står i ESA att riskhantering ska utföras. Följs alla lagar och hänger kedjan ihop från lagar till praktik?**

Man hittar sitt sätt att arbeta och kör efter det och stämmer inte av jättemycket om det uppfyller precis allt som står i lagarna. Det finns väldigt mycket standarder och föreskrifter inom el och det är svårt att veta om man följer allt. Istället utgår arbetet efter ESA och det materialet är inarbetat.

- **Hur ser era rutiner inför, under och efter ett arbete ut?**

Olika typer av arbeten: ombyggnation, nybyggnation, underhållsarbeten.

Börjar med planering som består av beredning, projektering, materialinköp och utse en montör som ska utföra ett jobb. Redan under materialinköp så görs vissa avvägningar exempelvis genom vilken typ av ställverk som man väljer att köpa in.

Skillnad mellan nya och gamla ställverk: De nya är enfasigt isolerade så man kommer inte åt farliga ledningar i konstruktionen. Om man öppnar och ska arbeta med en brytare i de nya ställverken faller det ner plåtar som skyddar mot de spänningsförande delarna. I varje fack finns en kabel som kan vara spänningssatt eller bakspänning, den är dock förreglad och man kommer inte åt den om den inte är spänningslös. De nya har en inbyggd säkerhet, detta kan skapa en falsk trygghet. Trots det är rutinerna desamma. Även om det ska vara spänningslöst förutsätter man inte det utan man spänningsprovar innan man jordar, vilket är i enlighet med ESA. På de nya stationerna är det fortfarande samma krav på skyddskläder. Arbete med spänning har högre krav på skyddskläder, sådana jobb gör dock inte Tranås. För högspänning har Tranås inte rätt utbildning. För AMS högspänning krävs en kurs för att få utföra det arbetet. Även en del i planeringen, kan jobbet utföras själva eller måste tjänsten köpas in?

De gamla är mer öppna konstruktioner, om man öppnar och tar ut en brytare är hela skensystemet lättillgängligt där.

ESA är med hela tiden, även i planeringen av arbetet. Alla som är inblandade i planering eller arbete har utbildning i ESA. Alla med nyckel att komma in på en nätstation har utbildning i ESA, även de som inte jobbar direkt med el men som har tillgång till stationerna ex de som fibermontörer, fjärrvärmepersonal (ESA-industri) eller allmän skötsel som att klippa gräs (ESA-tillträde). Detta är branschpraxis. Man behöver inte arbeta efter ESA utan man kan ta fram egna rutiner men ESA är vanligast.

Vid det praktiska arbetet förlitar man sig på att utföraren vet vad den gör och använder standarder.

Om en montör ska utföra ett arbete på en station lämnas det in en avbrottsbegäran där arbetet är beskrivet. Detta föregås av en planering. Baserat på avbrottsbegäran tas en driftorder fram med kopplingar, kopp-

lingsbekräftelse, arbets- och driftbevis. Elsäkerhetsledaren är med i detta arbete och är ansvarig för att säkerheten uppfylls. För akuta jobb görs en enklare version av driftordern, handskriven.

Under arbetet följs driftordern punkt för punkt och både montör och koppelingsledare kan bocka av punkterna efterhand som de är klara och på så sätt vet alla inblandade i vilket stadie man befinner sig. För att förstå en driftorder krävs en del erfarenhet, den innehåller bland annat en del förkortningar, samma förkortningar finns ute på ställverket också.

Arbetsbevis berättar hur mycket som är gjort och vad som är gjort. Montörer vet exempelvis att de kan börja underhålla en del, om de utför egna spänningskontroller och jordningar också.

När allt är klart kan montören lämna tillbaka ett driftbevis på att arbetet är utfört.

Driftordern behöver inte följas till punkt och pricka utan om det upptäcks att något mer måste göras uppdateras driftordern på bådas (driftledare och montör) papper. Det händer även att man tvingas upprätta en ny driftorder under arbetet om man märker att den inte håller.

Driftordern är framarbetad inom företaget men bygger på ESA.

- **Har det inträffat olyckor under ert arbete tidigare? I så fall vad och varför hände det?**

1. Omkopplingsarbete. En montör körde in ett träd som välte framför honom.

2. Montör känt av 400 V spänning som de kommit i kontakt med. Vid ett underhållsjobb på en nätstation skulle montera återföringsuttag för reservkraft. Montören kom i kontakt med baksidan av lågspänningsbrytaren som var spänningssatt från lågspänningsställverket men spänningslös från andra hållet.

Vid händelser upprättas en tillbudsrapport i ett system för avvikelser. Händelser tas upp på enhetsmöten.

Osäkert om man lyckats undvika olyckor på grund av att man jobbar på rätt sätt eller om det är tillfälligheter. Kan vara för att man jobbar enligt ESA.

- **Vad är mest utmanande med standardiserade arbeten?**

Man blir säker på sin sak. Ett vanligt arbete är spänningssättning av en kabel som har varit ur drift, kabelfel. Innan en montör kommer ut till ett jobb ska en riskanalys utföras. Den består av en checklista som montören kan ha i fickan med sig ut.

Mallen för riskanalysen togs fram av Tranås för 10 år sedan på en intern workshop. Anser att riskanalysen är en form av Risk-U.

För Risk-P finns inget särskilt dokument utan utgår från erfarenheter och arbetssätt. Under planering av arbetet görs någon form av riskbedömning som utgår från ESA. Frågan är vad kraven och förväntningarna egentligen är? Kan ESA i sig anses vara en riskhanteringsmetod? Är det acceptabelt ur ett myndighetsperspektiv?

Även om det inte uttryckligen finns en som har rollen Risk-P eller att Risk-P dokumenteras, utan av framtagandet av en driftorder ingår de bitarna som beskriver var jordning ska ske och strömmen ska brytas samt hur man ska gå tillväga för att spänningssätta på nytt.

- **Vad anser ni vara de största riskerna med att arbeta vid transformatorstationer?**

Arbete i äldre utrustning med lägre grad av beröringsskydd. Finns mest på lågspänningssidan. Även äldre högspänningsställverk har lägre säkerhet. Man arbetar med isolerade stänger för att jorda.

På utomhusställverk finns risker med lösa verktyg, exempelvis att man kommer åt med stegar eller andra verktyg som kan komma i kontakt med spänningsförande delar. Farligt att andra delar än just de man jobbar med kan vara spänningssatta, exempelvis en transformator som är i drift bredvid den man arbetar med. Förväxlingsrisker, kan ta fel fack där alla andra fack är spänningssatta. Man ska spärra av de fack som man inte ska utföra arbete på för att man inte ska kunna ta fel. Det finns även specialverktyg som minskar risken för att komma i kontakt med ledningar om man skulle förväxla kablar. Stor respekt för högre spänningar jämfört med låga. Vid lägre spänningar kan man komma närmare, riskområdet blir mindre. Vid stora transformatorer kan det uppstå starka fält och det kan vara onyttigt att vistas där för länge.

- **Hur många är inblandade när ett arbete ska utföras och vilka roller har alla?**

Vid planering av jobben arbetar man ofta ensam. Vid utförande är det driftledare/kopplingsledare och sen en montör som är elsäkerhetsledare men kan också vara kopplingsbiträde. Montörerna har ofta flera roller.

Elsäkerhetsledare och kopplingsledare är ofta samma person. ESA är skrivna för de lite större företagen, för mindre aktörer går rollerna ofta ihop. Elsäkerhetsledaren får inte lämna arbetsplatsen, står i ESA.

Tranås driftordrar är väldigt lika andra stora företags, såsom Eon. Stora och små företag kan ha lite olika system, då de stora ofta har mer krav på sig, det gäller att hitta en väg som passar för alla.

- **Hur har förberedelserna sett ut inför mitt besök, med tanke på att jag inte har utbildning inom ESA?**

Så länge någon med ESA-utbildning är med är det inga problem. Enligt ESA kan man ta med besökare om de har rätt skyddskläder.

- **Hur kontrollerar ni att er utrustning som används är i lämpligt skick för att användas?**

Först mäter man en gång, kontrollerar att instrumentet fungerar och sen mäter man en gång till.

Utrustningen testas innan den ska användas.

Årliga kalibreringar och även funktionstest när de ska användas. Mer avancerade instrument skickas iväg på kalibrering vart tredje år. Besiktnings-

firma kommer en gång om året och kontrollerar viss utrustning. Kläder - egenkontroller, byts ut när det behövs.

- **Hur vet ni att ni bär tillräcklig skyddsutrustning för varje arbete?**

Har rätt typ av kläder på när man jobbar. Arbete utan spänning vanligast. Tranås har själva tagit fram kläder som ska användas.

- **Vilka utmaningar eller fördelar ser ni på att matningen är förlagd i marken istället för i luften? (Nya anläggningen)**

Fördelar är att man kan gå fram i bebyggelsen. Nackdel är att arbeten med luftledningar utförs mer sällan och man får mindre träning på den sortens arbeten. Finns risk för att det med tiden blir jordfel i nedgrävda kablar. Fördel för att man slipper klättra i stolpar.

- **Hur ser era rutiner för riskhantering ut och på vilket sätt utförs den?**

Egenkontrollprogram för alla medarbetare som beskriver utbildningar och kompetenser de anställda har samt när de behöver förnyas. Tillbud och avvikelser rapporteras.

- **Hur kommunicerar ni den utförda riskhanteringen mellan de olika rollerna?**

Sköts genom driftorder, arbetsbevis och driftbevis. En del muntligt mellan montör och driftledare. Ex om de upptäcker något på platsen de jobbar som måste åtgärdas.

Förlitar sig på att företaget är litet och träffar varandra ofta.

- **På vilka sätt utgör de olika komponenterna på stationen riskkällor för människor på stationen, och hur hanteras dessa?**

Stora Lund: transformatorerna utgör riskkällor, pga att de är öppna och torrisolerade med mycket åtkomliga delar, därför står de i ett eget rum. Får inte gå in till dem när de är i drift. Först måste de jordas och göras spänningslösa. För att komma in finns en särskild nyckel. Ett sätt att hantera en farlig apparat. I utomhusställverk har man istället byggt på höjden för att inte komma åt.

Kompaktställverk, 10 och 40 kV, går inte att komma åt de spänningsförande delarna utan att aktivt försöka. De är rätt personsäkra från början. Man står inte vid facken och manövrerar utan det görs via fjärrkontroll om det är möjligt.

- **Hur ser förändringar inom branschen ut, med tanke på teknikutveckling?**

Självläkande nät som kopplar bort felbehäftade kablar automatiskt.

.2 Intervju Elinstallatören

- **Hur ser era rutiner inför, under och efter ett arbete ut?**

Under arbetet i Tågdepån har Elinstallatören arbetat med allt från lågspänning till högspänning. Även om högspänning inte har varit den största delen har mycket av arbetet utförts på högspänning. Utanför anläggningen har E.on en mottagningsstation från nätet. Från denna station har Elinstallatören lagt en ringmatning runt sin anläggning kopplad till de olika ställverken placerade i de fyra byggnader som finns på anläggningen. 22 kV mellanspänning kommer in till stationen men transformeras inte om förrån i själva byggnaderna. Stationerna i byggnaderna är byggda av Elinstallatören.

Innan arbete: Arbetsgivaren har krav på arbetsberedningar med riskbedömning samt hur ett arbete ska utföras samt vilka riskerna är. Riskbedömningen utgår från en mall i excelformat. I den fyller man i en arbetsberedning, vad som ska göras, vilket material som behövs, beräknad tid för arbetet samt antal personer som krävs, vilka verktyg som är nödvändiga. Mallen leder även vidare till en riskanalys.

De som ska arbeta med hög-eller mellanspänning får ett arbetsbevis som säger att de har tillåtelse att utföra arbete på den angivna platsen.

Egentligen ska en riskanalys fyllas i per arbete. Detta är dock alldeles för tidskrävande och istället görs riskanalyser för olika kategorier av arbeten, alltså för samma arbeten där det redan finns en riskanalys görs igen ny. Riskanalyser görs inför varje nytt påbörjat arbete. Om ett arbete pågår länge kan det därför dröja innan man behöver göra en riskanalys igen.

Under arbete: De som ska arbeta på anläggningen måste signera att de har läst igenom riskanalyserna innan de påbörjar ett arbete. Detta är svårt att följa upp helt och hållet men ambitionen är att alla ska läsa och sätta sig in i analyserna och arbetsberedningarna.

Efter: Egenkontroller att arbetet är utfört på rätt sätt. Detta kan vara i form av ett protokoll eller markering på en ritning. Man ska lämna in ett driftbevis efter att arbetet är gjort. För varje arbetsbevis som lämnas ut ska ett driftbevis lämnas tillbaka.

- **Vad är mest utmanande med standardiserade arbeten?**

Man blir säker på sin sak. Därför är rutiner så viktigt och att inte frångå dem.

I början av ett arbete har man mycket respekt för vad som kan hända. Efterhand som man lär sig mer minskar respekten tyvärr, samtidigt som man förstår mer hur komponenter och rutiner fungerar.

- **Vad anser ni vara de största riskerna med att arbeta vid högspänningsutrustning?**

I början av arbetet fanns inga byggnader utan de största riskerna fanns runt stora och tunga maskiner samt tung trafik i form av lastbilar. Det viktigaste i detta skede är att vara medveten om var man är för att inte bli påkörd samt att spärra av där man jobbar.

Elriskerna finns i princip inte förrän man slår till ställverken. Där kommer ESA in. Alla ska egentligen ha ESA-utbildning men det är långt ifrån alla som har det.

Vid vissa tillfällen förekommer en stressfaktor som gör att man inte hinner tänka efter. Stress och elarbete hör absolut inte ihop.

Framförallt utförs arbete utan spänning, och nära spänning ibland. Arbete med spänning får inte utföras. Det är väldigt noga med att sätta upp markeringar och lappar när ett jobb övergår från att vara arbete utan spänning till när någon del i närheten är spänningssatt och det blir arbete nära spänning. Detta för att montörerna annars har kommit in i en rutin att arbeta utan spänning och kanske inte uppmärksammar att det nu föreligger nya risker. Speciellt viktigt eftersom det vid vissa tillfällen befann sig 50 montörer på plats samtidigt. Detta kräver att elsäkerhetsledaren säkerställer att det är säkert att jobba i anläggningen.

Vissa krav som elsäkerhetsverket satt upp, exempelvis att säkra ytan under en lift, är svårt att efterfölja på grund av tidsåtgången. Elsäkerhetsverkets krav är ibland för högt ställda. Ett annat exempel är när anläggningar skall tas i drift skall lokalerna vara tomma på folk som inte har med driftsättningen att göra. Detta har ej varit möjligt i detta fall för då skulle hela projektet blivit ca 6 månader försenat.

- **Hur många är inblandade när ett arbete ska utföras och vilka roller har alla?**

Framförallt två roller är inblandade under ett arbete – Produktionsledare och montör.

Elsäkerhetsledare och driftsättare har även varit delaktiga för att hålla koll på var det är spänning och var man jobbar, vad som är igång och vad som inte är igång.

Det händer att montörer är med och tar fram riskanalyserna, det sker i så fall i mån av tid. Om det är väldigt avancerade arbeten som ska utföras är det högre prioritet på att alla borde var delaktiga.

- **Hur ser era rutiner för riskhantering ut och på vilket sätt utförs den?**

Mallen för riskanalys inför ett arbete innehåller ett antal punkter med olika risker. De risker som är aktuella för ett arbete bockas för i mallen och varje arbete får därmed en riskanalys anpassad efter just det som ska utföras.

Efter det går man tillbaka till arbetsberedningen där man fyller i var riskerna finns och vilka åtgärder som planeras att införas.

Anders säger själv att denna metod är den bästa som han har använt. Den har tagits fram av Elinstallatörens själva. Det är lätt att tänka att arbetsberedningar och riskanalyser är jobbigt och tar lång tid. Vanligtvis tar det lång tid men har man en bra mall att utgå ifrån är det inte så tidskrävande.

Efter att mallen är ifylld får arbetet inte påbörjas förrän arbetsgivaren, NCC, har godkänt den. NCC har också krav på att riskhantering ska utföras.

Rent elsäkerhetsmässigt arbetar Elinstallatören efter ESA.

Anders har själv satt rutinerna för att arbetet ska kunna utföras på ett säkert sätt. Detta innebär bland annat att se till att det är spänningslöst innan montörer börjar arbeta, genom att slå ifrån, blockera och spänningsprova. Om Anders har full tillit till en montör kan denne själv koppla ifrån utan att Anders gör det. Alla har dock eget personligt ansvar att säkerställa att det är spänningslöst genom att spänningsprova.

- **Hur kommunicerar ni den utförda riskhanteringen mellan de olika rollerna?**

Som elsäkerhetsledare ska Anders se till att folk arbetar utan spänning, exempelvis genom att vänta så länge som möjligt med att driftsätta. Där-efter blir arbetarna påmind om att spänningsprovare måste användas och att de inte får utföra något arbete om de inte har med sig en spänningspro- varen. Även lappar sätts ut som informerar om att delar av anläggningen är spänningssatt. Detta går ut till alla även om de inte ska arbeta med eller nära spänningssatta delar, eftersom alla ska vara medvetna om att det finns nya risker.

Innan man bryter eller slår till strömmen måste det gå via Anders (elsä- kerhetsledaren) först.

- **Har det inträffat olyckor under ert arbete tidigare? I så fall vad och varför hände det?**

Inga allvarliga olyckor har inträffat. Exempel på vad som har hänt är en snubbelolycka samt ett tillbud som kunde ha gått illa men personen klarade sig med endast en sträckning. Elrelaterade olyckor har dock inte inträffat.

- **Hur fungerar rapportering och uppföljning av tillbud och olyc- kor?**

Man rapporterar själv in tillbud och olyckor via en app. Det fungerar på så sätt att man tar en bild på det som har inträffat, skriver förklarande text och skickar iväg till sin närmsta chef som sedan hanterar den vidare.

Ingen uppföljning av de tillbud som rapporteras in har skett. Anders har tagit upp frågan hur personalen ska bli informerad. Detta var problema- tiskt eftersom informationen innehåller personuppgifter som inte får gå ut till alla. Först måste det tas hand om och sedan är det tänkt att infor- mationen går ut via mejl till alla. Tillbakarapporteringen ligger på pro- jektledaren som måste hinna med även detta tillsammans med alla andra uppgifter, vilket riskerar att prioriteras lågt.

- **Hur arbetar ni för att proaktivt förbättra elsäkerheten?**

De rutiner som finns har fungerat stabilt och säkert. De utgår från ESA.

Det viktigaste är att personal förstår det de arbetar med. Mycket ansvar hamnar hos montörer och att de fattar säkra beslut och inte utsätter sig

själv för onödig risk. Detta förhindras bäst genom utbildning och därmed kunnig personal. Även erfarenhet och sunt förnuft är viktigt.

- **Hur testar och kontrollerar ni era verktyg och skyddsutrustning?**
Mätinstrument kalibreras men spänningsprovare är osäkert om det testas.
- **På vilka sätt utgör komponenter och utrustning riskkällor för människor som ska arbeta vid dem, och hur hanteras dessa?**

Allting är i skåp och fack. Det farligaste är att öppna båsen och gå in till transformatorerna. Där inne ska man dock inte vistas överhuvudtaget förutom om det ska utföras service på en transformator. I så fall görs de först spänningslösa via ställverken och sedan jordas. Det krävs även en särskild nyckel för att komma in till transformatorerna.

Vid arbete i vissa ställverk finns det risk för att tappade verktyg ramlar ner bland skenorna och kortsluter 70 kA. Detta kan skapa en explosion och får nästintill katastrofala konsekvenser för de inblandade. Därför är det viktigt att alltid se till att det är spänningslöst och jordat.

Eftersom det finns en 16 Kilovolts skena som förser tågen med spänning i verkstadshallarna är Hela byggnaden är jordad så att allt har samma potential. Detta innebär att vid ett eventuellt fel på 16 Kv skall allt som kan leda ström ha samma potentialskillnad för att undvika strömgenomgång i kroppen. Därmed är alla räcken, stolpar, väggar . . . allt, jordat för att ha samma potential. Detta var en stor del i hela arbetet för att göra lokalerna säkra och för att minska risken för en olycka.

.3 Intervju Ringhals

Elarbete

- **Hur ser era rutiner inför, under och efter ett elarbete ut?**

Innan ett arbete kommer det antingen ut ett FU (Förebyggande Underhåll) av systemet som ska förberedas och utföras, eller ett påkallat behov/AU (avhjälpande underhåll). Som ansvarig underhållsingenjör är det Blomberg som tar fram vad som behöver och ska göras. För FU och även en del AU finns det färdiga instruktioner som styr arbetet.

Instruktionerna styr framförallt vad som ska göras men även hur arbetet utförs på ett personsäkert sätt är inkluderat. Dock ska riskanalyser och riskbedömningar ändå utföras. Riskbedömningen utförs antingen utav arbetsledaren/planeraren eller av underhållsingenjören. I denna fas används en checklista för arbetspaket för riskbedömningen som benämns Risk-P som bland innehåller annat vilken arbetsmetod som ska användas.

Checklistan fortsätter och går över till Risk-U, riskvärdering under ett arbete som kontrolleras på plats. Risk-U styr att personal faktiskt är på rätt plats, att det verkligen är spänningslöst innan arbetet påbörjas, att det är rätt jord och att personal har rätt personlig utrustning. Oftast sker arbetena utan spänning. Arbete med spänning kan förkomma men det är väldigt sällan. Under utförandet av ett arbete är alltid två delaktiga. Detta för att inte missa någonting och kunna ha koll på varandra. Det är även viktigt att vara två i fall det skulle hända något.

Efter ett arbete finns det rutiner, dock följs dessa inte lika bra som innan och under ett arbete. PJD (post job debriefing) ska användas där man diskuterar och delar med sig av erfarenheter. Avvikelse i systemet som upptäcks rapporteras alltid, där man beskriver vad som har gjorts. Upp-täcks fel under ett arbete eller andra metoder som är bättre än de som är beskrivna i instruktionerna uppdateras det till nästa arbete.

- **Hur många är inblandade när ett elarbete ska utföras och vilka roller har alla?**

De som utför arbetet, Risk-U, kallas för tekniker där en av dem är ansvarig som elsäkerhetsledare eller arbetsbefäl som det kallas på Ringhals. Under planeringen, Risk-P, av ett arbete är arbetsledningen eller underhållsingenjörerna ansvariga. Dock kan även tekniker vara delaktiga i att ta fram ritningar.

Ofta är det samma personer som utför jobben. Det är alltid någon med rutin som är med från början i arbetena så att två nya inte är ute samtidigt. Detta ser arbetsledningen till.

- **Vad är mest utmanande med standardiserade elarbeten?**

Eftersom det ofta är liknande arbeten som utförs gäller det att hålla fokus och vara uppmärksam så att man arbetar på rätt objekt.

Riskhantering

- **Vad anser ni vara de största riskerna med att arbeta på en elanläggning?**

Det viktigaste är att inte gå på fel objekt och att säkerställa att det är korrekt avställt. Med äldre utrustning gäller det att tänka sig för ännu mer. Exempelvis ska man inte stå framför ett öppet fack eller manövrera brytare när man står framför ställverket. De arbetsmetoder som används är samma oavsett om arbete utförs på ny eller gammal utrustning.

- **På vilka sätt utgör komponenter och utrustning riskkällor för människor som ska arbeta vid dem, och hur hanteras dessa?**

Närliggande objekt kan vara riskkälla.

- **Hur ser era rutiner för riskhantering ut och på vilket sätt utförs den?**

Gröna Lappen är en checklista för arbetspaket som bygger på ESA och är framtagen för Ringhals. I den bockas riskvärderingar i under planeringen. Utöver Gröna Lappen finns ett dokument som kallas Riskbedömning av frekvent förekommande elarbeten som innehåller en del vanligt förekommande arbeten, såsom komponentbyten i 500 V ställverk eller brytarprovningar i 6 kV ställverk etcetera. För dessa finns, i dokumentet, redan en riskbedömning där man istället hänvisar till den i checklistan. Viktigt att tänka på är om det aktuella arbetet skiljer sig på något sätt gentemot det generella fallet som står i Riskbedömning av frekvent förekommande elarbeten.

- **Hur kommunicerar ni den utförda riskhanteringen mellan de olika rollerna?**

Teknikerna som ska utföra arbetet måste vara överens med arbetsledning/underhållsingenjörerna om att arbetet går att utföra på det sätt som är planerat i Risk-P.

- **Arbetar ni mer reaktivt efter att olyckor har inträffat, eller mer proaktivt med att hitta nya riskområden?**

Det är lättare att vara efterklok och arbeta reaktivt efter att händelser har inträffat. Ambitionen är dock att arbeta proaktivt, där en ansvarig elsäkerhetsingenjör på verket arbetar med detta. Samma person är även elsäkerhetsansvarig.

Arbetet med instruktionerna är tänkt att vara proaktivt genom att uppdatera dem om nya och bättre arbetssätt kommer fram.

Tillbud och olyckor

- **Har det inträffat olyckor under ert arbete tidigare? I så fall vad och varför hände det?**

En del personer, bland annat Blomberg själv, har blivit utsatta för strömgenomgång. På avdelningen har det vid enstaka tillfälle inträffat strömge-

nomgång på grund av att det inte är avställt även om man tror att det ska vara det, i kombination med att man inte har mätt ordentligt.

Ingen har dock blivit allvarligt skadad.

- **Hur fungerar rapportering och uppföljning av tillbud och olyckor?**

Systemet som används för inrapportering är utvecklat för att även kunna följa upp tillbud. Rapporteringsgraden på Ringhals anses vara ganska bra då det finns flera olika sätt att rapportera in på. Det går att lämna in lappar, prata med sin arbetsledning, det finns en applikation där riskobservationer kan fyllas i eller så kan tillbudena fyllas i direkt i systemet via datorn. Detta för att underlätta rapportering för de som inte har tillgång till dator.

Uppföljning av rapporter har blivit bättre sen det nya systemet infördes, dock är det inte alltid det kommer tillbaka svar. Hur effektiv uppföljningen är beror på allvarlighetsgraden.

Skillnader mellan kärnkraftverk och övriga elanläggningar

- **Vilka standarder och anvisningar arbetar ni främst efter?**

Generellt är det ESA som följs. Ringhals har även ett eget dokument som kallas Säkert Arbete Ringhals vilket beskriver både elektriska och icke-elektriska arbeten. I de fall där det dokument skiljer sig ifrån ESA framgår det väldigt tydligt. Säkert Arbete Ringhals bygger också på ESA och i de flesta fall är det ingen skillnad mellan dem utan det fungerar som komplement och tolkning av ESA.

- **Hur skulle ni säga att elsäkerhetsarbetet skiljer sig mellan ett kärnkraftverk och en vanlig elanläggning?**

Instruktionerna som används har tagits fram av Ringhals och är en av de delar som skiljer sig gentemot andra el- och energibolag där färdiga instruktioner kanske inte är lika vanligt. Detta eftersom liknande jobb ofta utförs på Ringhals.

Vanligt på andra ställen är att den som utför arbetet också är kopplingsbiträde. På delar av Ringhals är det alltid Driften (processoperatörer) som är kopplingsbiträde. På andra delar kan dessa istället vara eloperatörer, vilka har mer passande utbildning och ansvarar för ställverk klassade för högre spänning. Arbetsledningen lämnar en arbetsbegäran som säger vad som ska vara spänningslöst eller frånskilt. Därefter kopplar Driften ifrån och om detta har gjorts korrekt måste kontrolleras utav teknikerna som sedan ska utföra sitt arbete.

.4 Intervju Elsäkerhetsverket

Bakgrund

Till en början när elsäkerhetsfrågorna växte fram var de väldigt detaljerade regler som gavs ut. Efter millennieskiftet började man justera så att myndigheter utger regelverk som fungerar som ramar som sedan fylls på med standarder.

Hur Elsäkerhetsverket tänkt när de tagit fram standarder osv

- **Vilka är de mest relevanta riskerna ni har analyserat vid framtagandet av era standarder?**

SEK svensk elstandard är den organisation som i Sverige ansvarar för det elektrotekniska standardiseringsarbetet. I Europa är det CENELEC och internationellt heter organisationen IEC. Från svensk sida är målsättningen att så stor del som möjligt av standarderna ska vara internationella och så få som möjligt enbart svenska.

Elsäkerhetsverket är inte själva ansvariga för standardiseringsarbetet utan det drivs av marknaden. Industri och andra intressenter bygger upp standarder eftersom de ska fungera i verkligheten. Elsäkerhetsverket är med för att säkerställa att elsäkerhetsnivån är tillräckligt hög i standarden.

Riskerna bygger på daglig analys ute i verkligheten. Elsäkerhetsverket baserar mer på tillbud, olyckor och tillsynsbesök och försöker se vad som inte fungerar, vilka risker som teknikutvecklingen leder till och behöver det ändras i forskrifterna på grund av detta. Om föreskrifterna redan täcker in detta blir frågan istället hur det påverkar standarderna. Då kommer Svensk Elstandard (SEK) in och driver frågan i standardiseringsarbetet.

- **Hur ser ni på människans roll i att hantera dessa risker?**

Människans roll kommer in med t ex ESA. Generellt ligger människans roll istället på arbetsmiljöverket där deras regelverk styr hur arbetsgivaren skapar förutsättningar för hur människan ska kunna arbeta säkert. Elsäkerhetsverkets uppdrag omfattar främst anläggningen och att den ska vara säker. Dock ingår även att elinstallationsföretaget ska ha en säker process och tillgång till den kompetens som behövs för arbetet.

- **Vid revideringar av era föreskrifter - Görs detta företrädesvis reaktivt efter att många incidenter har inträffat eller arbetar ni företrädesvis mer proaktivt med att hitta nya riskområden?**

Traditionellt har arbetet mest varit reaktivt genom att se vad som har hänt och om något behöver förändras. Under senare tid har det istället blivit en kombination av det reaktiva och det proaktiva. Genom att försöka följa hur den nya tekniken som kommer ut utvecklas så försöker Elsäkerhetsverket i dialog med marknaden fånga potentiella risker innan det finns för mycket på marknaden. Exempelvis solceller har följts länge. Proaktivt ligger fokus på att fånga upp huvuddelen av den problematik som kan finnas rörande elsäkerhetstekniska krav, liksom anläggningarnas utformning och vilka

krav som ställs på elinstallationsföretagen. Arbetet tar egentligen aldrig slut eftersom det hela tiden kommer nya små komponenter som måste kontrolleras och nya aktörer som kommer in på marknaden. – Proaktivt för att fånga de stora dragen och en blandning av pro- och reaktivt när det dyker upp nya komponenter.

– **Hur arbetar ni för att ständigt förbättra elsäkerheten i era föreskrifter?**

Elsäkerhetsarbetet är en utvecklingsprocess inom Elsäkerhetsverket där man bl.a. följer vad som händer i verkligheten genom tillsyn och stickprovskontroller. På så sätt kontrolleras säkerhetsnivån på det som ligger inom elsäkerhetsverkets ansvarsområde (anläggningar, elprodukter, elinstallationsföretag, elinstallatörer).

Även om Elsäkerhetsverket har relativt få föreskrifter så finns en regelgivningsplan. Varje år går Elsäkerhetsverkets föreskrifter igenom utifrån det som händer ute på marknaden och inom EU. Beroende på hur stora ändringar som behöver göras kan det bli en helt ny och omskriven föreskrift, en ändringsföreskrift eller en notering att ta med i nästa årsupplaga av regelgivningsplanen.

Genom en fortsatt internationalisering och teknikutveckling så är ett viktigt uppdrag för myndigheten att hantera de som är nya i branschen och hur man får in dem på ett bra sätt i elsäkerhetstänket.

Elsäkerhetsverkets synpunkter på ESA och hur det arbetas efter

• **Hur ser ni på ESA och att el- och energibolag arbetar efter dem?**

Elsäkerhetsverket är adjungerade i branschens arbete och ser till att de delar i ESA som är relevanta i Elsäkerhetsverkets regelverk stämmer överens och inte motstrider något. Detta gäller framförallt elsäkerhet utifrån anläggningsperspektivet.

I ESA är det mycket som är arbetsmiljöfrågor och arbetsmetoder utifrån arbetsmiljöverkets regelverk.

ESA är ett viktigt verktyg efter som företagen ska slippa leta i både i elsäkerhetsverkets regelverk och i arbetsmiljöverkets regelverk. Elnätsbranschen sammanställer de olika aspekterna så att arbetare har ett regelverk nämligen ESA. Följer man ESA är man på den säkra sidan utifrån regelverken runt omkring.

– **Tycker ni att företagen är bra på att följa de föreskrifter som finns?**

De som rent följer ESA följer de regelverk som gäller. Utmaningen är när olika företag tar fram egna anvisningar för hur de ska jobba. Det kan bli problem om man blandar företagsspecifika elsäkerhetsanvisningar och ESA utan att göra en riskanalys över olikheterna. Detta är en brist som kan leda till tillbud eftersom det kan bli missförstånd mellan två företag om vem som gör vad. Exempelvis på grund av nya

entreprenörer från andra branscher eller länder eller inom multinationella företag där man inom koncernen har gemensam modell som kan avvika från de olika nationella anvisningar som är praxis.

Allt görs inte via ESA utan det finns industristandarder med gemensamma elsäkerhetsanvisningar. ESA är framförallt för elnätsföretagen medan industriföretagen kan använda andra regelverk. SSG är en annan organisation som gör likartade anvisningar som är lika säkra som ESA. Så länge anvisningarna inrymmer och inte strider mot Elsäkerhetsverkets forskrifter är det inga problem. Problemet blir när man blandar olika standarder utan att göra en riskanalys av eventuella olikheter som kan finnas.

För elnätsföretagen och deras anläggningar är ESA dominerande. På industrisidan är SSG mer dominerande.

- **Anser ni att el- och energibolag arbetar på ett säkert sätt, eller finns det förbättringspotential?**

Arbetet som görs med utvecklingen av ESA är ett pågående arbete bland el- och energibolag som försöker lyfta fram vad som har hänt och hur man säkerställer det. Var det fel i anvisningarna eller var det handhavande fel? Behöver något förtydligas?

ESA knyter an till EBR och man jobbar hela tiden för att förbättra både ekonomiskt och elsäkerhetsmässigt.

Elsäkerhetslagen, elsäkerhetsförordningen och Elsäkerhetsverkets forskrifter sätter ramarna för hur elsäkerhet ska fungera och standarder förtydligas. EBR kopplar ihop allt mellan olika myndigheter och standarder på ett sätt som är lättare att förstå än det juridiska.

- **Har ni förslag på hur företag ska minska mänskligt felhandlande under ett arbete, exempelvis p.g.a. slarv eller stress?**

Elsäkerhetsverkets målsättning är att anläggningarna ska vara så säkra att det vi kan förutsäga gå fel ska anläggningen klara. Finns det risk att en människa kan göra något fel med anläggningen ska detta försöka förhindras. Genom tydliga instruktioner ska slarv och stress förebyggas. Detta försöker Elsäkerhetsverket täcka in i föreskrifterna. Däremot är missbruk eller avsiktligt felhandlande svårare att täcka in i föreskrifterna. Vissa delar är dock omhändertagna genom att utrymmen ska vara låsta eller inhägnade.

Arbetsmiljöverket ska istället skapa förutsättningar för de som ska arbeta, att inte känna sig stressade som kan leda till slarv. Det ställs krav på att arbetsgivaren kan skapa en miljö så att en person med rätt kunskap ska kunna utföra sitt arbete utan att känna sig stressad.

- **Ser ni några brister eller fördelar med den riskhantering företag ska utföra innan ett arbete påbörjas?**

Alla elinstallationsföretag ska ha ett skriftligt egenkontrollprogram där riskhantering är inkluderad. I förberedelserna inför ett jobb finns någon form av riskhantering, under utförande av jobbet finns någon form av riskhantering och innan driftsättning finns någon form av riskhantering.

Hur riskhanteringen ska utföras överlämnas åt företagen. I handböcker kopplade till standarder finns tydligare hur man kan tänka och hur man kan arbeta för att fånga upp riskerna. Elsäkerhetsverket har även en handbok som ger tips på vad ett egenkontrollprogram kan innehålla.

Om Elsäkerhetsverket får en indikation på att något har gått fel kan de starta en tillsyn och begära in hela eller delar av egenkontrollprogrammet.

Finns externa faktorer som kan påverka om arbetet kan utföras på ett säkert sätt, exempelvis tid på dygnet eller väder? Detta ska också vara med i riskanalyser.

- **Vilka är de vanligaste orsakerna till olyckor som ni ser och varför tror ni att det är så?**

Mänskliga faktorn – alltså inte följer rutiner eller processer, eller brister i rutiner som företagen har. Det är väldigt sällan fel på reglerna utan de beror oftare på att man inte har följt dem. Man kan i princip aldrig få en strömgenomgång när man jobbar eftersom man har speciell arbetsmetod och utrustning om strömmen är på, eller om man ska arbeta spänningslöst så ska man alltid försäkra sig om att så är fallet genom att spänningsprova. Trots det rapporteras det in tillbud, vilket tyder på att någon har handlat fel.

Dålig förståelse för hur farlig högspänning på kontaktledningar är, exempelvis genom att röra sig för nära en ledning och drabbas av en ljusbåge, är tyvärr också en orsak till att olyckor inträffar.

Internt arbete

- **Hur bearbetar ni tillbud och olyckor som rapporteras in till er?**

Ger ut en rapport årligen som täcker in alla olika typer av elolyckor med kortare analyser. Elsäkerhetsverket bygger den på inrapportering från elnätetsföretagen, information från arbetsmiljöverket rörande olyckor med el.

Alla anmälningar som kommer ifrån elnätetsföretagen eller Arbetsmiljöverket går igenom av en elinspektör på Elsäkerhetsverket som kollar efter om det finns anledning att misstänka att elanläggningen kan ha varit dålig, i så fall, beroende på allvarlighetsgrad, tar Elsäkerhetsverket hand om det. I övrigt tar arbetsmiljöverket hand om utredningarna. Via arbetsmiljöverket får elsäkerhetsverket in tillbud och olyckor som har med el att göra, om den som har anmält har kryssat för att el har varit inblandat.

Om många tillbud kommer in från samma företag kanske Elsäkerhetsverket kontaktar dem för att diskutera varför. Oftast brukar företagen själva ta tag i det och införa åtgärder och rutiner som hanterar orsaken till tillbudet.

De flesta utredningar som sker av elolyckor eller tillbud utförs av arbetsmiljöverket och Elsäkerhetsverket hjälper till med deras elkompetens.

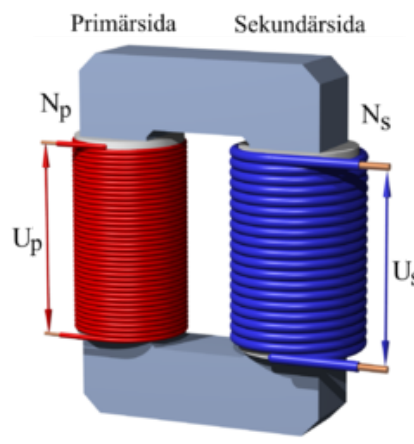
- **Hur fungerar era riskanalyser? (Om en anläggningsinnehavare har gjort avvikelser från standard)**

Kollar framför allt om man har fångat upp de viktigaste riskerna utifrån anläggningen. Om anläggningsinnehavaren har gjort avvikelser från standarder går man igenom detta för att kontrollera att nivån på elsäkerheten fortfarande är minst densamma som om man följt föreskrifterna och standarder.

.5 Elanläggningar

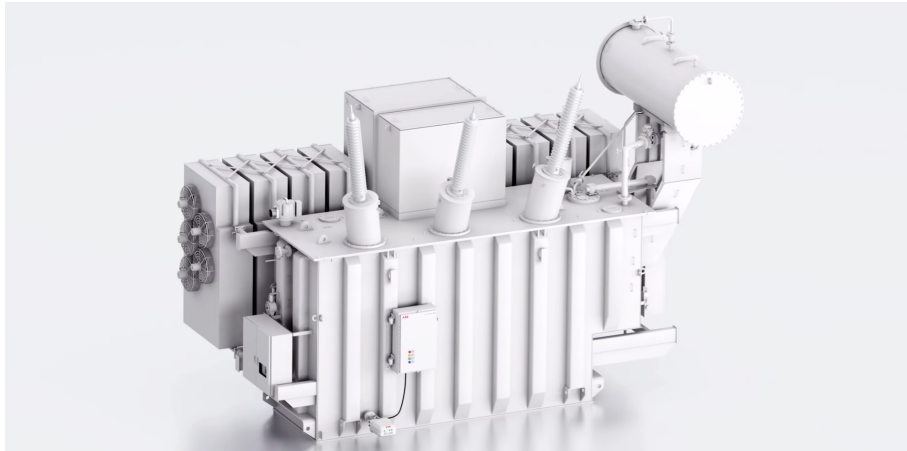
Transformator

En typisk transformator består i varje fas av två lindningar, vanligtvis i koppar eller aluminium, lindade runt en kärna av magnetiskt material, så som figur 13 nedan visar. I transformatorstationer finns det nästan uteslutande trefastransformatorer.



Figur 13: Typisk uppbyggnad av en transformator med två lindningar, från (Wikipedia 2019)

Mellan kraftverk och transmissionsnätet förekommer så kallade aggregattransformatorer (ABB 2020a). Viktig för denna sortens transformator är att de kan stå emot extrema värmelaster, utan att livslängden påverkas.



Figur 14: Krafttransformator, från (ABB 2018) med tillåtelse från ABB.

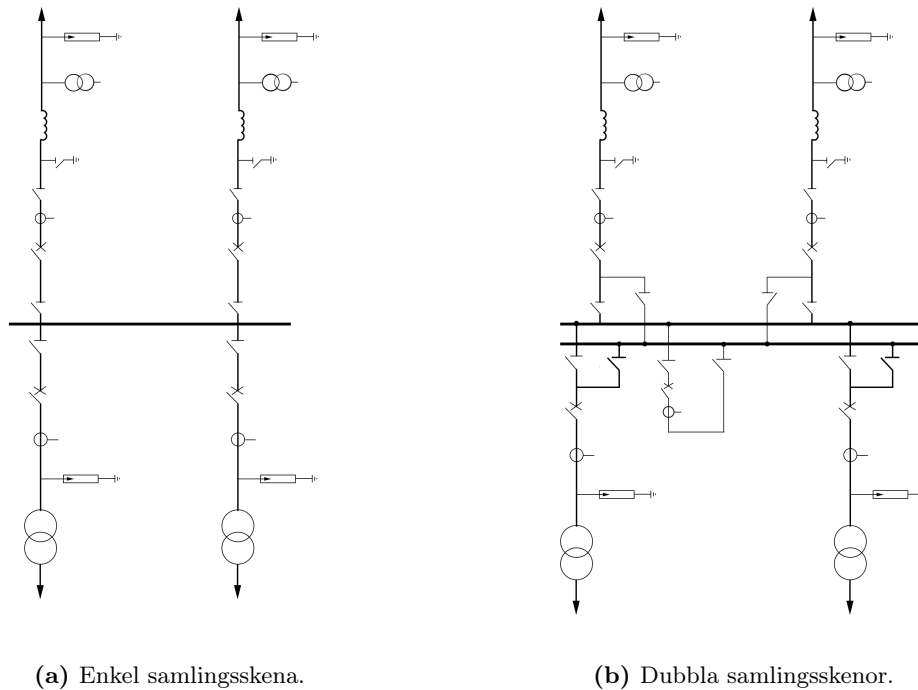
Utöver krafttransformatorer finns det även mättransformatorer för spänning och ström, eftersom nivåerna är för höga för mätinstrumenten att hantera annars. Ström- och spänningstransformatörer transformerar ner nivåerna, med ett känt förhållande, till mätbara nivåer (Csanyi 2019).

Samlingsskena

Samlingsskenor är de ledningar inom en transformatorstation där all inkommande effekt samlas och sedan fördelas och matas vidare ut (Angeladas 2013). Både inkommande och utgående linjer till en transformatorstation är kopplade till en eller flera samlingsskenor (Csanyi 2019). Antalet samlingsskenor inom en station varierar beroende på funktion, spänning samt organisationen kring stationen (Siemens 2017, s. 96). Figur 15 nedan visar en station med tre trefasiga samlingsskenor, och figur 5 visar system med olika antal salmingsskenor.



Figur 15: Trefasiga samlingsskenor i en transformatorstation, från (Wikipedia 2020).



Figur 16: Exempel på system med olika antal samlingsskenor, baserat på (Siemens 2017, s. 97-98).

Varje skena bärs normalt upp av porslinisolatorer. Dessa har elektriskt till uppgift att isolera en skenas höga potential mot fundamentet som normalt är jordpotential (Csanyi 2019). Viktigt är att dessa regelbundet kontrolleras och undersöks efter sprickor eller liknande.

Samlingsskenor, och kablar generellt, på en transformatorstation ska vara placerade på säkert avstånd för att inte riskera att skada någon. Att komma i nära kontakt med en samlingsskena som är spänningssatt och inte är avskärmd kan orsaka skador med dödligt utfall.

Ställverk

Ett ställverk kan liknas vid en elcentral i en bostad, och har till uppgift att fördela strömmen samt att skydda om det uppstår ett fel någonstans (ABB 2019b). De givare som är installerade i ställverk är kopplade till reläskydd och ström- och spänningstransformatorer samt förser även personal med information om eventuella fel som uppstår. Liknande givare kan även mäta frekvens eller obalans mellan faserna.

Ställverk fungerar även som kopplingsstationer där operatörer kan koppla till eller koppla från en ledning, exempelvis i samband med ett arbete på ledningen. Detta görs vanligtvis genom att manövrera en brytare via ett kontrollrum.

Vid spänningar över 50 kV används högspänningsställverk, vilket är stora

anläggningar placerade utomhus och används i stam- och regionnät. Mellanspänningsställverk används vid spänningar mellan 1 till 50 kV och är ofta inbyggda i skåp inomhus. Varje skåp kan kopplas till en utgående ledare via en brytare och ett ställverk för en industri eller för en del av en stad kan därför ha upp mot hundratals ställverksskåp (ABB 2019b). Ett skåp kan även uteslutande innehålla mätutrustning för exempelvis samlingskenan.

Ställverk kan bygga på olika tekniker där de vanligaste är luftisolerade (Air Insulated Switchgear, AIS) och gasisolerade (Gas Insulated Switchgear, GIS). I denna rapport beskrivs luftisolerade ställverk vilka förekommer både utomhus och inomhus och både som högspännings- och mellanspänningsställverk. AIS innebär att komponenterna är fria delar som isoleras av luft, vilket betyder att ställverket har fria spänningssatta delar som kan vara farliga för personer i närheten. Figur 17 och 18 nedan visar hur ett typiskt luftisolerat högspänningsställverk respektive luftisolerat mellanspänningsställverk kan se ut.

För luftisolerade ställverk är storlek och isoleravstånd beroende av spänningen. Typiskt är isolatorlängden cirka 1 cm per kV , vilket innebär att komponenter klassade för 1 kV har 1 cm långa isolatorer och komponenter klassade 400 kV har 4 m långa isolatorer.



Figur 17: Luftisolerat högspänningsställverk utomhus, från (ABB 2019a) med tillåtelse från ABB.



Figur 18: Luftisolerat mellanspänningsställverk inomhus, från (ABB 2020c) med tillåtelse från ABB.

Ett ställverk består av olika skyddsutrustning såsom brytare, jordningskopplare, fränkskiljare, avledare, ljusbågsvakt, av vilka några beskrivs nedan, samt diverse mätutrustning såsom ström- och spänningstransformatorer, vilka har beskrivits tidigare.

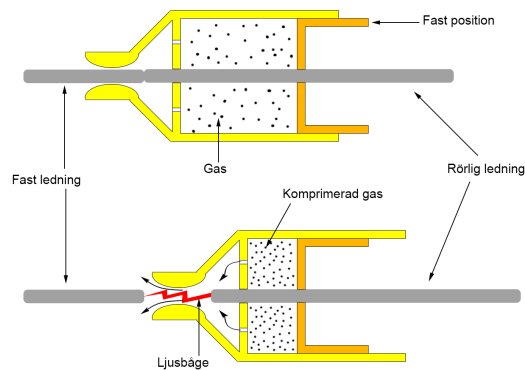
Eftersom ställverk ofta är de delar som personal utför arbete på måste de vara säkra att operera. Potentiella risker som måste beaktas är exempelvis att jordningen kan vara fränkopplad (Ahmed 2020). Ett misstag som kan förekomma efter installation av ställverk är att jordningen mellan två fack är lös och personal riskerar då att utföra arbete på ett fack som är helt fränkopplat jordningssystemet för hela ställverket, och kan därmed utsättas för en elektrisk stöt.

Vid arbete på spänningsatta ställverk är det viktigt att hålla tillräckligt avstånd på grund av starka elektriska fält. Om avståndet blir för kort riskerar personal att utsättas för en elektrisk stöt på grund av det elektriska fältet (ibid.). När ställverket istället ska vara fränkopplat är det viktigt att kontrollera om det kan vara spänningsatt från en sekundär källa.

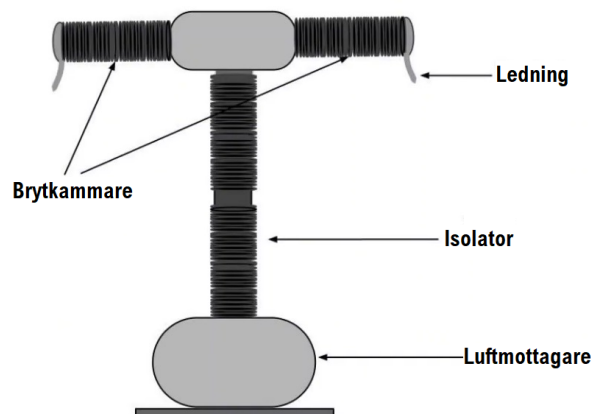
Brytare

En brytare har till uppgift att bryta strömflödet när ett fel upptäcks. Brytaren opererar snabbt genom en automatik kallad reläskydd (Csanyi 2019). De kan även opereras manuellt för att göra en anläggningsdel spänningslös vid exempelvis underhåll eller sektionering av samlingskenor. Funktionen är

sådan att två kontaktytor separeras från varandra för att bryta strömmen. Mellan ytorna bildas ofta en elektriskt ledande ljusbåge vilken ska släckas av ett isolerande material (Goh m. fl. 2017). Det finns en mängd olika sorters tekniker brytare bygger på samt olika spänningsnivåer som de kan operera på. För högspänning kan en gasbaserad eller luftstötbaserad brytare användas (Csanyi 2017). Dessa är vanliga på grund av dess bra karakteristik i förhållande till pris. För medelhög spänning är det istället vanligt med vacuumbaserade brytare.



Figur 19: En gasbaserad brytares funktion förenklad, där felströmmen går genom brytaren och ljusbågen släckts ut av en gas.



Figur 20: Utformning av en luftstötbaserad brytare med brytkammare och isolatorer, från (Exam Keeda 2019).

Brytare ska vara inkapslade i isolatorer för att inte vara farliga för personal. En brytare som inte är inkapslad eller som har skadats på något sätt innebär att personal riskerar att utsättas för både en elektrisk stöt och elektrisk brännskada till följd av en explosion. Inträffande av sådana olyckor kan orsakas av exempelvis ett elektriskt fel, såsom kortslutning, eller ett tappat

verktyg (Optimum Safety Management n.d.).

Frånskiljare

En frånskiljare har till uppgift att koppla från en del av stationen, förutsatt att den delen av systemet har gjorts spänningslös (Csanyi 2019). Vanligtvis kommer de till användning vid reparationer eller underhåll av stationen och spelar en viktig roll för att upprätthålla säkerheten. För att utföra reparationer på en del av systemet ska frånskiljare öppnas på båda sidor om den delen/delsystemet som arbete utförs på.



Figur 21: Luftisolerad frånskiljare i slutet läge med isolatorer, från (ABB 2020b) med tillåtelse från ABB.

Frånskiljare sitter ofta i anslutning till en brytare. För att skilja från en anläggningsdel öppnas först brytaren och därefter frånskiljaren. Vid spänningssättning slås först frånskiljaren till och därefter slås brytaren till.

Reläskydd

Reläskydd i en transformatorstation har till uppgift att detektera fel och med hjälp av brytare koppla bort en komponent som kortsluter eller på annat sätt felfungerar och riskerar att skada resten av systemet (ibid.). De fungerar alltid i samband med brytare som efter en signal från reläskyddet, fysiskt frångöper den felaktiga komponenten. Funktionen hos kommunikationen som används av reläskydd tenderar dock att utebli i vissa fall. Som komplement till automationen för felbortkoppling finns även annan automation för att lokalisera fel som har uppstått eller om systemet är mer belastat och även att snabbt återställa driften, så kallad återinkopplingsautomatik, ÅI.

Större störningar och teknisk utveckling

Den 23 september 2003 drabbades sydsverige av ett stort elavbrott då en fränksiljare i ett 400 kV-ställverk i Horred delade sig på mitten och föll på intilliggande skena. Elavbrottet drabbade en halv miljon människor som var utan ström i en till fem timmar (Svenska Kraftnät 2003). Med ny teknik i form av fränksiljande brytare hade olyckan sannolikt kunnat undvikas (Eriksson 2004).

Den 8 januari 2005 drabbades sydsverige av orkanvindar i stormen benämnd Gudrun (Energimyndigheten 2020). Flera tusentals kilometer ledning skadades på grund av nedfallna träd (Energimyndigheten 2006) där vissa områden var drabbade av avbrottet i upp till 45 dygn. En åtgärd efter Gudrun var att gräva ner kabel om möjligt. Fördelar med att förlägga kablar i marken är att de är skyddade från vädermässig påverkan som vind och snö (Svensson 2012) och nackdelar är att det blir svårare att lokalisera fel och utföra underhåll.

Följande rubriker presenterar den tekniska utvecklingen av elnätet och dess komponenter och hur den kan påverka elsäkerheten.

Fränksiljande brytare

Traditionellt finns det fränksiljare på båda sidor om en brytare och de ser till att brytaren säkert är spänningslös om något behöver åtgärdas på den. Fränksiljarna är dock enkla och öppna konstruktioner som påverkas av väder och vind (Eriksson 2004). ABB, tillsammans med Svenska Kraftnät, har därför utvecklat en fränksiljande brytare. Komponenten är inkapslad och är därmed mindre känslig för väder och vind. Elsäkerheten förbättras eftersom det blir färre komponenter överlag i ett ställverk och underhållskostnaderna minskar.

Automation

Automation inom transformatorstationer utvecklas för att minska mänskligt ingripande och för att förbättra systemet (Csanyi 2018). Med hjälp av fjärrstyrda fränksiljare erhålls tydlig information om var ett fel uppstår vilket minskar tiden för fellokalisering (ABB 2020d). Operatörer kan även via fjärrstyrningen koppla bort den delen av systemet som är drabbat. Detta minskar belastning på personal som annars måste operera fränksiljarna manuellt på plats vid aktuell stolpe, vilket i sin tur leder till mindre tid i kontakt med farliga komponenter.

Redundanta reläskydd

De felbortkopplingsystem som används har en hög grad av redundans eftersom reservskydd med associerade brytare bryter strömmen om primärskyddet med dess brytare inte skulle göra det. Primärskyddet, eller selektivt som det också kallas, är brytare placerade i anslutning till en anläggning

och reserveskyddet, icke selektivt, är placerade i anslutning till andra delar eller stationer i nätet. Om primärskyddet uteblir bryter istället reservskyddet efter en viss tid vilket tenderar att påverka ett större område av nätet istället för endast den berörda delen. Enkelt kan skyddssystem delas in i olika zoner (Blackburn och Domin 2015, s. 20), där skyddet i en zon fungerar som backup för andra zoner. En zon inom en anläggning kan bestå av exempelvis samlingsckenor, kablar eller transformatorer och skydd inom zonen ska snabbt lösa ut om det uppstår ett problem, medan backup-skydd är tidsfördröjda.

Ytterligare en viktig aspekt för reläskydd är hastigheten med vilken de löser ut (ibid., s. 20). I vanliga fall ska reläskyddet lösa ut snabbt för att minska skador på utrustning och människor. Dock kan det krävas en viss tidsfördröjning för att skyddet inte ska lösa ut i onödan.