



Samlingsrapport från Riskanalysprogrammet 3974

Resultat från genomförda projekt

Elforsk rapport 11:04



Sven Jansson

December 2010

ELFORSK

Samlingsrapport från Riskanalysprogrammet 3974

Resultat från genomförda projekt

Elforsk rapport 11:04

Förord

Syftet med rapporten är att göra en sammanställning över de resultat som uppnåtts i Riskanalysprogrammet under åren 2005 till 2010, samt redovisa respektive genomfört projekts sammanfattningar med hänvisning till utgiven rapport. Dessutom finns Utvärderingsrapporten med som ett eget avsnitt.

Rapporterna är projektresultat av det samlade ramprogrammet för Riskanalys som startades under 2005.

Målsättningen med ramprogrammet är att:

Programmet avser att finna harmoniserade och effektiva riskanalysmetoder för elnätsverksamheten i Sverige, som skall svara mot de krav som ställs av alla parter både från myndigheter som från nätägare.

Ett väl genomfört riskanalysarbete i elnätsföretagen kommer att medverka till att elnäten i framtiden blir mer robusta och kan motstå påfrestningar som är utöver det vanliga. Anläggningarna som i allra största del finns utomhus åldras, korroderas, utsätts för åverkan och slits av att de används, blir alltmera sårbara i och med att tiden går. Risker finns alltid för att anläggningarna brinner upp eller släpper ut miljöförstörande gaser eller vätskor mm. Detta kan inte uteslutas även om ett gediget riskanalysarbete genomförs, men riskerna för att detta kan inträffa skall minska. Risker finns också för att personskador sker vid reparationer och driftomkopplingar. Risker finns även alltid för haverier i anläggningarna, vilket kan ge avsevärda materiella förluster för nätägare och även långa leveransavbrott för elkunderna.

I programmet kommer tre doktorsprojekt att drivas parallellt med kortare utvecklingsprojekt. Syftet med detta arbetssätt är att därigenom komma ut med projektresultat från programmet löpande under perioden.

Syftet är också att skapa en kultur av "korsbefruktnings" mellan högskoleforskningen och utvecklingsprojekten. Två fokusområden för forsknings- och utvecklingsprojekten, har identifierats av referensgruppen utifrån förstudien. Dessa är:

1. Nätanalys med avseende på risker, verktyg för att testa fysiska elnät

- Effektivisera nätanalys
- Effektivisera riskanalys för eldistributionsnät
- Effektivisera med hjälp av "benchmarking"
- Beräkna tillgänglighet i delar av elnät

2. Optimering med avseende på risker i elnät

- Identifiera och rangordna åtgärdsbehov
- Välja optimala åtgärder
- Optimera genomförandet av åtgärder
- Utveckla och optimera system och tekniska lösningar

- Utveckla företagsövergripande strategi för utveckling, drift och underhåll
- Optimera intervallerna mellan åtgärderna vid förebyggande underhåll (tillståndsbaserat eller planerat)

En inbjudan till att komma med projektförslag inom ovan nämnda områden kommer att gå ut under hösten 2005, för beslut under tidig vår 2006.

Ramprogrammet syftar till att vara användarorienterat med tillämpade inriktningar. Avsikten är att resultaten i huvudsak skall kunna tillämpas direkt i verksamheten. De finansierande företagen i ramprogrammet är följande:

Programmets styrgrupp har bestått av följande ledamöter:

Arne Bergström, Vattenfall Eldistribution AB

Horst Blüchert, Elsäkerhetsverket

Mikael Bohjort, E.ON Elnät Sverige AB

Leif Boström, Fortum Distribution

Håkan Jarer, Svenska Kraftnät

Sven-Åke Polfjärd, Föreningen Industriell Elteknik, FIE

Sven Jansson, Elforsk AB

Bertil Wahlund, Elforsk AB (2009)

Susanne Olausson (2010).

Finansiärer i programmet är:

Vattenfall Eldistribution AB

E.ON Elnät Sverige AB

Fortum Distribution AB

Svenska Kraftnät

Göteborg Energi AB

Skellefteå Kraft AB

Mälarenergi Elnät AB

Tekniska Verken i Linköping AB

Öresundskraft AB

Jämtkraft AB

Umeå Energi Elnät AB

Jönköping Energi Nät AB

Eskilstuna Energi & Miljö AB

Gävle Energi AB
Energiverken i Halmstad
Sundsvall Elnät AB
Växjö Energi Elnät AB
Borlänge Energi AB
Nacka Energi AB
Föreningen Industriell Elteknik, FIE
Elsäkerhetsverket
Lunds Energi AB.

Stockholm 17 november 2010-11-17
Sven Jansson

Sammanfattning: Uppställning av levererade, pågående eller planerade projekt inom Riskanalysprogrammet, 2010-11-16

Levererade projektrapporter

Projekt 31003 (etapp 1) och 31011 (etapp 2) Riskanalysmetoder för kartläggning och reduktion av risker i elnät, Martin Kylefors, Lotta Fredholm ÖSA, Rapport 07:58

Projekt 31001 Implementering av riskanalystillämpningar i nätplaneringsprocessen. Pernilla Owe Vattenfall R&D AB, Rapport 08:02

Projekt 31002 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå för riskanalys på Eldistributionsnät, Vattenfall R&D AB, Rapport 07:59

Projekt 31005 Doktorandprojekt, Tillförlitlighetsbaserad underhållsstyrning med fokus på risker som effekt av införandet av optimala underhålls- och investeringsplaner, KTH. Licentiatavhandling levererad maj 2008, Carl Johan Wallnerström "On risk management of electric distribution systems and the impact of regulations"

Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys i eldistributionsnät, KTH, Licentiatavhandling levereras i oktober 2008, Karin Alvehag, "Impact of dependencies in risk assessment of power distribution systems"

Projekt 31028 Optimalt gränssnitt mellan regionnät och lokalnät, Jan Lundquist, STRI. Rapport 09:30.

Projekt 31029 Metodik för riskbaserad verifiering av ny teknik i elnät, Jonas Gidlund och Niclas Christoffersson, Vattenfall Power Consultant AB. Rapport 09:31.

Projekt 31010 Postdoktorsprojekt, Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödssystem, Erik Johansson och Mathias Ekstedt, KTH. Rapport 09:32.

Projekt 31030 Beslutsmetoder för elnätsinvesteringar, Martin Kylefors, Lotta Fredholm och Cecilia Sandström på Tyréns (ÖSA). Rapport 10:10.

Projekt 31032 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå, del 2, Ying He, Vattenfall R&D AB, Rapport 10:33

Projekt 31045 Risker för överbelastning i regionnäten vid vindkraftanslutning, Mikael Wämundsson, STRI, Rapport 10:89

Projekt 31049 Förstudie Vägval, Lennart Klerdal och Dag Holmberg, Rapport 10:80

Projekt 31050 Omvärldsanalys, del av förstudie Vägval, Ying He, Vattenfall R&D, Rapport 10:81

Pågående projekt

Projekt 31005 Doktorandprojekt, Tillförlitlighetsbaserad underhållsstyrning med fokus på risker som effekt av införandet av optimala underhålls- och investeringsplaner, KTH, Carl Johan Wallnerström. Licentiatavhandling avlagd och projektet forstätter.

Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys i eldistributionsnät, KTH, Karin Alvehag. Licentiatavhandling avlagd och projektet forstätter.

Projekt 31027 RISK DSAM medverkan. Norskt Riskanalysprogram på SINTEF. Avslutningsmöte i Porto, Portugal 20 – 22 oktober 2010. Programmet avslutas vid årsskiftet. Slutrapporter distribueras på CD-ROM.

Projekt 31026 Postdoktorsprojekt, Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödssystem, KTH. Mathias Ekstedt och Pontus Johnsson. Projektet pågår. Ska vara klart till årsskiftet 2010/2011.

Projekt 31043 Postdoktorsprojekt, Syntes och Synergi för effektiv riskanalys, Patrik Hilber, KTH. Pågår. Är i slutfasen.

Projekt 31044 Postdoktorsprojekt, Tillförlitlighetsrisker kopplade till åtgärder och nya komponenter i elkraftsystemet, Patrik Hilber, KTH, pågår, Projektet är i slutfasen.

Innehåll

1	Projekt 31003 (etapp 1) och 31011 (etapp 2) Riskanalysmetoder för kartläggning och reduktion av risker i elnät, Martin Kylefors, Lotta Fredholm ÖSA, Rapport 07:58	1
2	Projekt 31001 Implementering av riskanalystillämpningar i nätplaneringsprocessen. Pernilla Owe Vattenfall R&D AB, Rapport 08:02	3
3	Projekt 31002 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå för riskanalys på Eldistributionsnät, Vattenfall R&D AB, Rapport 07:59	4
4	Projekt 31005 Doktorandprojekt, Tillförlitlighetsbaserad underhållsstyrning med fokus på risker som effekt av införandet av optimala underhålls- och investeringsplaner, KTH, del 1.	6
5	Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys i eldistributionsnät, KTH, del 1	8
6	Projekt 31028 Optimalt gränssnitt mellan regionnät och lokalnät, Jan Lundquist, STRI. Rapport 09:30.	10
7	Projekt 31029 Metodik för riskbaserad verifiering av ny teknik i elnät, Jonas Gidlund och Niclas Christoffersson, Vattenfall Power Consultant AB. Rapport 09:31.	12
8	Projekt 31010 Postdoktorsprojekt, Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödssystem, Erik Johansson och Mathias Ekstedt, KTH. Rapport 09:32.	13
9	Projekt 31030 Beslutsmetoder för elnätsinvesteringar, Martin Kylefors, Lotta Fredholm och Cecilia Sandström på Tyréns (ÖSA). Rapport 10:10.	14
10	Projekt 31032 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå, del 2, Ying He, Vattenfall R&D AB, Rapport 10:33	15
11	Projekt 31045 Risker för överbelastning i regionnäten vid vindkraftanslutning, Mikael Wämundsson, STRI, Rapport 10:89	17
12	Projekt 31049 Förstudie Vägval, Lennart Klerdal och Dag Holmberg, Rapport 10:80	19
13	Projekt 31050 Omvärldsanalys, del av förstudie Vägval, Ying He, Vattenfall R&D, Rapport 10:81	20

14	Projekt 31005 Doktorandprojekt, Tillförlitlighetsbaserad underhållsstyrning med fokus på risker som effekt av införandet av optimala underhålls- och investeringsplaner, KTH, Carl Johan Wallnerström.del 2.	23
15	Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys i eldistributionsnät, KTH, Karin Alvehag. Del 2.	24
16	Projekt 31027 RISK DSAM medverkan. Norskt Riskanalysprogram på SINTEF.	25
17	Projekt 31026 Postdoktorsprojekt, Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödssystem, KTH. Mathias Ekstedt och Pontus Johnsson..	26
18	Projekt 31043 Postdoktorsprojekt, Syntes och Synergi för effektiv riskanalys, Patrik Hilber, KTH..	27
19	Projekt 31044 Postdoktorsprojekt, Tillförlitlighetsrisker kopplade till åtgärder och nya komponenter i elkraftsystemet, Patrik Hilber, KTH,	28
20	Utvärdering av Ramprogram 3974 Riskanalys som verktyg för utveckling, drift och underhåll för 0,4 kV till 145 kV, projekt 31042.	30

1 Projekt 31003 (etapp 1) och 31011 (etapp 2) Riskanalysmetoder för kartläggning och reduktion av risker i elnät, Martin Kylefors, Lotta Fredholm ÖSA, Rapport 07:58

Øresund Safety Advisers AB (ØSA) har beviljats anslag från Elforsk (Elforsk projekt 31003 och 31011) för att bedriva ett metodutvecklingsarbete "riskanalysmetoder för kartläggning och reduktion av risker i elnät". Arbetet har skett inom ramen för Elforsks riskanalysprogram (3974).

Arbetet har bedrivits av en organisation inom Øresund Safety Advisers AB (ØSA) bestående av Martin Kylefors (projektledare) och Lotta Fredholm. Under etapp 1 har Fredrik Nystedt medverkat, och under etapp 2 har Cecilia Sandström medverkat. Under etapp 2 har samarbete skett med E.ON Elnät Sverige AB (Charlotta Klintberg), Lunds Energi AB (Mikael Nilsson) och Øresundskraft AB (Anders Höglund). Projektansvarig på Elforsk har Sven Jansson varit.

Projektets syfte har varit att bidra till utveckling av riskanalystillämpningar som svarar mot de investerings- och reinvesteringsbehov inom nätbolag som följer av en ändrad reglering på området, med bl a införande av funktionskrav och avbrottsersättningar. Projektets mål har varit att utveckla en sammanhållen metod för elnät (0,4 till 145 kV) som grovt kartlägger och värderar ett elnäts risker, samt ger underlag för val mellan olika åtgärdsalternativ. Avgränsningar som gjorts i arbetet innebär att fokus ligger på avbrottsrisker (avbrott längre än 12 timmar) på mellanspänning i lokalnäten. Metoden omfattar inte stationer.

Projektet har omfattat två etapper, där etapp 1 har omfattat en översikt av metoder, selektering av lämplig metod och principiell anpassning till elnätsföretagande. Etapp 2 har omfattat en iterativ process med slutlig anpassning av metoden och test av metoden.

Metoden kartlägger risknivån på en sträcka av ett nät genom att värdera parametrarna Exponering, Belastning och Tålighet, vilket ungefär ska motsvara sannolikhet, konsekvens och robusthet. Värdena på respektive parameter varierar med en faktor tjugo (20) mellan bästa och sämsta värde. Värdena beror på vilken typ av ledning det är och hur stor andel som går genom skog (avgör Exponering), hur många kunder som är beroende av sträckan och hur stor deras förbrukning är (avgör Belastning), samt om det finns en alternativ

matningsväg (avgör Tålighet). Riskvärdet erhålls genom att multiplicera värdena och kan variera mellan 0.05 och 400. Efter ranking av de sträckor som behöver åtgärdas kan åtgärdsalternativ prioriteras. Metoden bygger på att nyttan beräknas som skillnaden mellan det initiala riskvärdet och ett nytt riskvärde (risk efter åtgärd), och att denna nytta divideras med summan av investerings-, drift- och underhållskostnaderna.

Det finns ett fortsatt utvecklingsbehov avseende en metod för att analysera stationer. Det finns även ett behov av metodutveckling för prioriteringar av åtgärder i stadsnät där hänsyn tas till kortare avbrott (som kan medföra väsentliga kostnader). Det finns slutligen även ett behov av att "översätta" funktionskravet (inga avbrott mer än 24 timmar) till en acceptabel risknivå

2 Projekt 31001 Implementering av riskanalystillämpningar i nätplaneringsprocessen. Pernilla Owe Vattenfall R&D AB, Rapport 08:02

Projektet undersöker nätplaneringsprocessen, och de risker som är kopplade till denna. Syftet är att undersöka vilka delar av processen som är bäst lämpade för implementering av olika riskanalystillämpningar. Projektet är indelat i två etapper, varav denna rapport beskriver resultatet av etapp 1.

Undersökningen har gjorts med hjälp av intervjuer med personal från Fortum, E.ON och Vattenfall, med erfarenheter från lokal- och regionnät, i såväl stad som landsbygd.

Nätplaneringsprocessen skiljer sig åt mellan bolagen, beroende på behov och organisation. I grova drag uppvisar dock processerna stora likheter med varandra. I nätplaneringsprocessen som beskrivs närmare i avsnitt 3.1 ingår såväl nätanalys som optimering, dvs planeringen från idé eller behov till projektunderlag. Finplaneringen i form av detaljprojektering ingår däremot inte.

Risikkällorna är i mångt och mycket desamma för alla nätbolag. Inom de större bolagen finns någon typ av riskpolicy eller övergripande riskkontrollfunktion, men omfattning och tillämpning varierar. Det är troligt att även detta kommer att bli mer och mer likartat framöver genom benchmarking och best practice.

Värdering och rangordning av förekommande risker har inte ingått i etapp 1 utan är istället en del av etapp 2.

3 Projekt 31002 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå för riskanalys på Eldistributionsnät, Vattenfall R&D AB, Rapport 07:59

Kvantitativ elnäts riskanalys kräver tillförlitlighets data för olika elektriska komponenter. Trovärdiga data har en fundamental betydelse för riskanalys. Men existerande felstatistik för komponenter och tillgången på data i flertalet nätbolag upplevs som bristfälliga. I dagsläget saknas tillförlitlig och heltäckande felstatistik på komponentnivå. Förbättra branschgemensamt dataunderlag på komponentnivå skulle öka kvaliteten i riskanalysen.

Denna rapport presenterar tillförlitlighets data för eldistributions anläggningar utvecklade av projektet "Tillförlitlighets data på komponentnivå för riskanalys på eldistributionsnät" inom Elforsk FoU programmet Riskanalys 06-10. Projektet studerade felhändelser rapporterade av mer än 100 nätföretag i Sverige och utvecklade anläggningars tillförlitlighetsdata på nationellnivå. Sammanställningar av dessa data presenteras i bilagor till rapporten.

Projektet studerade också störningar och felhändelser på eldistributionsnät hos ett antal nätföretag inklusive Vattenfall Eldistribution AB, Göteborg Energi Nät AB, EON Elnät Sverige AB, Fortum Distribution, och Linde Energi AB. Utarbetade felstatistik och tillförlitlighetsdata för respektive nätbolag sammanställs i bilagor till rapporten.

Tillförlitlighetsdata som presenteras i denna rapport är tänkta att användas som ett branschgemensamt datastöd för riskanalys på eldistributionsnät då man saknar egna data.

För att ge mer data underlag studerade projektet felstatistik framtagna av IEEE. En sammanställning av IEEE tillförlitlighetsdata redovisas i rapporten. Dessa IEEE data kan användas då inga bättre data tillgängliga.

En serie risk simuleringar har utförts i projektet för att undersöka hur komponentdata påverkar riskanalysen. Beräkningarna visar att osäkerheter i komponentdata kan påverka riskanalysen signifikant.

Kvantitativ inverkan på risk index på systemnivå har redovisats i rapporten.

Rapporten avslutas med en rekommendation för dataanvändning. En lista över brister och problem i befintliga avbrottsdataunderlag och störningsrapporteringar har också sammanställts i rapporten

4 Projekt 31005 Doktorandprojekt, Tillförlitlighetsbaserad underhållsstyrning med fokus på risker som effekt av införandet av optimala underhålls- och investeringsplaner, KTH, del 1.

Licentiatavhandling levererad maj 2008, Carl Johan Wallnerström "On risk management of electric distribution systems and the impact of regulations"

Abstract

The Swedish electricity market was de-regulated in 1996, followed by new laws and a new regulation applied to the natural monopolies of electrical distribution systems (EDS). These circumstances have motivated distribution systems operators (DSOs) to introduce more comprehensive analysis methods. The laws, the regulation and additional incentives have been investigated within this work and results from this study can be valuable when developing risk methods or other quantitative methods applied to EDS. This tendency is not unique for Sweden, the results from a comparative study of customer outage compensation laws between Sweden and UK is for example included.

As a part of investigating these incentives, studies of the Swedish regulation of customer network tariffs have been performed which provide valuable learning when developing regulation models in different countries. The Swedish regulatory model, referred to as the Network Performance Assessment Model (NPAM), was created for one of the first de-regulated electricity markets in the world and has a unique and novel approach. For the first time, an overall presentation of the NPAM has been performed including description of the underlying theory as a part of this work. However, the model has been met by difficulties and the future usage of the model is uncertain. Furthermore, the robustness of the NPAM has been evaluated in two studies with the main conclusion that the NPAM is sensitive toward small variations in input data. Results from these studies are explained theoretically investigating algorithms of the NPAM.

A pre-study of a project on developing international test systems is presented and this ongoing project aims to be a useful input when developing risk methods. An application study is included with the

approach to systematically describe the overall risk management process at a DSO including an evaluation and ideas of future developments. The main objective is to support DSOs in the development of risk management, and to give academic reference material to utilize industry experience.

An idea of a risk management classification has been concluded from this application study. The study provides an input to the final objective of a quantitative risk method

Key words:

Electrical Distribution System, Maintenance Management, Project Planning, Regulation, Reliability Analysis, Reliability Centred Maintenance (RCM), Reliability Centred Asset Management (RCAM), Risk Analysis, Risk Management, Risk Methods, the Network Performance Assessment Model (NPAM).

5 Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys I eldistributionsnät, KTH, del 1

Licentiatsavhandling levereras i oktober 2008, Karin Alvehag, "Impact of dependencies in risk assessment of power distribution systems"

Abstract

Society has become increasingly dependent on electricity, so power system reliability is of crucial importance. However, while underinvestment leads to an unacceptable number of power outages, overinvestment will result in costs that are too high for society. The challenge is to find a socioeconomically adequate level of risk. In this risk assessment, not only the probability of power outages, but also the severity of their consequences should be included.

A risk assessment can be performed from either the perspective of customers or the perspective of the grid owner, depending on whether the consequences faced by customers or the grid owner are considered. Consequences of power outages are usually measured through interruption costs. Examples of interruption costs for the grid owner are customer compensations and loss of goodwill. Examples of interruption costs for customers are retail losses for commercial customers and loss of heating and lighting for residential customers. The aim of this thesis is to develop methods for assessing risks in power distribution systems from the customer-oriented perspective. From this perspective realistic assessments of customer interruption costs are essential. To perform a customer-oriented risk assessment of a distribution system three different models are required: a customer interruption cost model, a load model and a reliability model. The customer interruption cost model describes the consequences, or costs, of power outages that customers face. The load model predicts the loss of load and the energy not supplied due to power outages. The reliability model describes component failures, which are the root causes of power outages, and the restoration processes that follow. The three models can be used together in a cost-benefit analysis to investigate the consequences for customers due to different investment alternatives.

In this thesis a set of new models is developed that incorporates time dependencies in customer interruption costs, load and component failures. The timing of the outage has an impact on the consequences customers face. Severe weather, which is a main contributor to component failures, is generally more common during certain seasons.

These facts imply that there may be a correlation between high customer interruption costs and an increased risk for power outages. In Sweden the frequency of storms is higher during the cold period of the year when the demanded load and customer interruption costs are also high. By taking time dependencies into account, the correlation between high interruption costs and elevated risk for power outages is captured.

Results from the risk assessments of two test distribution systems using the models developed in this thesis show that taking time dependencies into account has a considerable impact on the estimation of customer interruption costs and energy not supplied due to outages. To evaluate the risks of extreme costs, the tools Value-at-Risk and Conditional Value-at-Risk which are commonly used in the finance industry are applied. A conclusion that can be drawn from the simulation results is that taking time dependencies into account is especially important when considering extreme outage events that give rise to extreme costs.

6 Projekt 31028 Optimalt gränssnitt mellan regionnät och lokalnät, Jan Lundquist, STRI. Rapport 09:30.

Projektet som presenteras i denna rapport behandlar utformningen av gränssnittet mellan regionnät och lokalnät och dess inverkan på tillförlitligheten i elleveranserna, dvs. risken för långa elavbrott hos kunderna. Med gränssnitt avses regionnätets utformning närmast fördelningsstationerna, antalet fördelningsstationer samt deras ställverkskonfiguration.

Därtill kommer jämförelser mellan beräknade avbrottskostnader, förlustkostnader samt uppskattade investeringskostnader för de olika alternativa utformningar som studerats. Inverkan på avbrottskostnaderna genom tillgång till reservmatningskapacitet via lokalnäten eller i form av mobila reservelverk berörs också i rapporten.

De principiella undersökningarna av tillförlitligheten har utförts på de s.k. testnät som tagits fram i ett examensarbete vid KTH inom ramen för Elforskprogrammet "Market Design". Testnäten omfattar ett tätortsnät och ett landsbygdsnät, båda representativa för svenska förhållanden.

Till detta kommer mer specifika undersökningar av tillförlitligheten i tre exempelnett som tillhandahållits av Vattenfall Eldistribution och Fortum Distribution. De tre exempelnäten representerar ett tätortsnät och ett landsbygdsnät med ökande belastning samt ett landsbygdsnät med minskande belastning.

Baserat på resultaten från undersökningarna av testnäten och exempelnäten kan följande slutsatser dras:

- Matning av ett tätortsnät från regionnätet via en radiell ledning eller påsticksledning kan orsaka stora avbrottskostnader om ledningen är längre än några få kilometer, eller om tillräcklig reservmatningskapacitet saknas via underliggande nät.
- Frånskiljare i påstickspunkten kan kraftigt minska den andel av avbrottskostnaderna som orsakas av fel hos påsticksledningen eller hos den påstickna ledningen.
- Utformningen av fördelningsstationernas ställverk på regionnätetsnivå har liten inverkan på de totala avbrottskostnaderna.

- Investeringar i nya regionnätledningarna och fördelningsstationer kan knappast motiveras enbart med hänsyn till minskade avbrotts- och förlustkostnader.

Med hänsyn till de stora kostnaderna för etablering av nya fördelningsstationer och regionnätledningarna framstår mobila reservelverk som en attraktiv lösning för att begränsa avbrottens varaktighet och därmed elkundernas avbrottskostnader.

7 Projekt 31029 Metodik för riskbaserad verifiering av ny teknik i elnät, Jonas Gidlund och Niclas Christoffersson, Vattenfall Power Consultant AB. Rapport 09:31.

Utveckling av ny teknik samt att applicera beprövad teknik inom nya applikationsområden innebär alltid osäkerheter. Rapporten beskriver en metodik för hur man i ett tidigt stadium ska kunna minska dessa osäkerheter och bättre förutsäga om tekniken uppfyller funktionskrav, säkerhetskrav, tillförlitlighetskrav, ekonomiskt ställda krav och tillgänglighetskrav i den miljö systemet ska verka i.

Utgångspunkten för denna metodik är att ge framtida förutsättningar för att skapa en så robust lösning för elleverans som ur ett ekonomiskt perspektiv är accepterat.

Kostnaderna för en ny teknik föreslås analyseras i en förenklad Life cycle cost-analys (LCC). En bakomliggande modell uppbyggd som en Failure Mode Effect Analysis (FMEA) fungerar som indatamodell till LCC:n. I FMEA:n simuleras alla risker knutna till kostnadsdrivande parametrar genom Monte Carlo-simuleringar. Detta resulterar i slutänden i ett mer informativt beslutsunderlag än om enbart singulära parametrar med icke redovisade osäkerheter har använts.

8 Projekt 31010 Postdoktorsprojekt, Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödssystem, Erik Johansson och Mathias Ekstedt, KTH. Rapport 09:32.

Driftstödssystem används för att säkerställa en effektiv och säker eldistribution. Störningar i dessa digitala kontrollsystem är kritiska då de påverkar driften av kraftnätet. Med ökade krav på leverans kvaliteten kan kostnaderna för dessa störningar således även komma bli omfattande för distributionsbolagen.

Trots detta saknar idag bolagen verktygsstöd för att identifiera, analysera och prioritera sårbarheter i driftstödssystemen. Sårbarheterna i dagens driftstödssystem exponeras mot nya typer av hot genom att de i allt högre utsträckning görs tillgängliga via publika nätverk som Internet, dessutom bygger de alltmer på samma teknik som vanliga IT-system och därtill integreras de ofta med administrativa IT-system. Vidare är många av de styrsystem som idag är i drift utvecklade under en tid då IT-säkerhet inte nämnvärt beaktades. Sammanfattningsvis medför den här utvecklingen en radikalt förändrad hotbild som kraftbolag behöver uppmärksamma för att vidta relevanta åtgärder.

Det här post-doc-projektet har dels vidareutvecklat en metod (som forskats fram vid KTH i nära samarbete med Vattenfall) samt dels utvecklat ett verktyg som ger Elforsks intressenter ett stöd i arbetet med att utvärdera säkerheten i driftstödssystem gentemot IT-säkerhetsstandarderna NERC CIP.

9 Projekt 31030 Beslutsmetoder för elnätsinvesteringar, Martin Kylefors, Lotta Fredholm och Cecilia Sandström på Tyréns (ÖSA). Rapport 10:10.

Projektets syfte har varit att inspirera elnätsbolagen till att utveckla sin beslutsprocess och stärka ett rationellt förhållningssätt i beslutsfattandet. Målet med projektet har varit att ta fram ett ramverk som a) definierar en beslutsmodell/beslutsprocess och b) rekommenderar användning av en beslutsanalysmetod. Rapporten redovisar summariskt en beskrivning över teoribildning om beslutsanalytiska metoder (beslutsstöd) och beslutsprocesser. Den kortfattade beskrivningen syftar till att redovisa de viktigaste underlagen för den analys och det förhållningssätt som genomsyrat arbetet. Rapporten redovisar därefter hur elnätsföretagen arbetar med sina investeringsbeslut idag, jämte en analys med hur detta beslutsfattande förhåller sig till den presenterade teoribildningen. Utifrån denna analys dras slutsatser om hur arbetet skulle kunna utvecklas. I projektet rekommenderas en rankingmetod som utgångspunkt och med specialfallet AHP (Analytical Hierarchy Process) för vissa typer av investeringar. Rankingmetoden utvecklas till ett förslag på vilka aspekter som skulle kunna vara aktuella att värdera i investeringsförslag, och hur en sådan värdering och sammanvägning skulle kunna gå till. Grundförslaget avser en skala i sju steg (från -1 till +5) för att värdera en investerings nytta inom varje aspekt och med en viktad sammanvägning som bibehåller skalans yttre ramar då den totala nyttan bedöms. Genom att beräkna kvoten nytta genom investeringskostnad erhålls ett mått på hur bra investeringen är. Det principiellt mest intressanta alternativet är att för varje investeringsalternativ mäta/uttrycka alla aspekters värde i monetära termer (kronor) för att möjliggöra jämförelser i en linjär och oändlig skala. Beslutsstödet (rankingmetoden) placeras med fördel i en föreslagen beslutsprocess med stegen "Initiering", "Värdering", "Sammanvägning", "Beslut" och "Utvärdering". Avslutningsvis presenteras ett förslag på hur varje elnätsföretag kan börja ett arbete med att förändra sin beslutsprocess och utveckla sitt beslutsstöd genom att utvärdera sitt nuvarande arbete med beslut kring investeringar

10 Projekt 31032 Tillförlitlighetsdata på komponentnivå, del 2, Ying He, Vattenfall R&D AB, Rapport 10:33

Kvantitativ riskanalys kräver tillförlitlighetsdata för olika elektriska komponenter. Trovärdiga data har en fundamental betydelse för riskanalys. Utan trovärdiga data kommer resultaten av riskanalys att vara meningslös.

I del 1 av projektet genomfördes grundläggande arbete. Arbetet fokuserades på förbättringar av befintligt dataunderlag med datainsamling och kompletteringar från ett antal nätbolag. Det visade sig att det fanns stora variationer och spridningar i datastatistiken. Det var oklart varför och vad som orsakade sådana variationer och det saknas analys av statistiken och jämförande studier.

För att få bättre förståelse i tillförlitlighetsdata, har projektet utfört fördjupande studier och analyser kring befintlig statistik. Arbetet har fokuserats på jämförande studier, felorsak, analys och kartläggning av underliggande faktorer som påverkar statistiken.

Studierna visar att ett stort antal företag och organisationer världen över har etablerat datorsystem och databaser för felrapporteringar, störningsanalys och bearbetning av statistiken. Det finns dock inga standarder generellt accepterade för datainsamlingar och behandlingar. Undersökningen tyder på att betydande inkonsekvenser och skillnader finns i datakategorisering och insamlingar i olika länder och organisationer.

Trots svårigheter i datajämförelser på grund av skillnaderna i datainsamlingar, skillnaderna i system- och statistikklassificeringar, har projektet försökt identifiera gemensamma data och kategorier för att möjliggöra jämförelserna. Projektet studerade den befintliga statistiken på komponentnivå från olika aspekter, inklusive systemkaraktärisering, datastruktur, metod för datainsamlingar, klassificering av felstatistik, typiska parametrar och värde som beskriver tillförlitlighet hos komponenter, felorsakskategorier och anläggningsklassificeringar.

Resultatet från de jämförande studierna beskrivs i rapporten. Jämförelser av statistiken från olika dataskällor med avseende på datastruktur och komponentklassificering presenteras också i rapporten. Värden av anläggningsstatistiken från del 1 av projektet har jämförts med statistik från ett antal länder. Sammanställningar av

dess värde för olika typer av anläggningar presenteras i bilaga till rapporten.

Tillförlitlighetsdata hos elnätkomponenter reflekterar stokastiska egenskaper hos komponentfel. Resultaten av projektet visar att betydande skillnader finns i statistik i olika länder. Det är viktigt att förstå denna dynamiska karaktär hos tillförlitlighetsdata. Om möjligt bör felstatistik hos anläggningar studeras regelbundet.

Uppdelning på felorsaker till komponentfel har analyserats i projektet utgående från felrapporteringar i DARWin hos Svensk Energi. Analyserna utfördes både på nationell nivå och på enskilda företag. Analyserna visar att felorsaker kan vara olika för olika typer av elnätkomponenter. Huvudorsaker till fel på luftledningarna är väder- och omgivningsrelaterade fel, medan dominerande fel på jordkablar är material- och grävningsrelaterade. Det visar sig att åska, materialfel, och bristande underhåll är huvudorsaker till fel på distributionstransformatörer.

Tillförlitlighetsdata kan påverkas av olika faktorer. För att ge en bild på felkällor och inverkande faktorer, har projektet studerat olika påverkande faktorer. Resultatet visar att tillförlitlighetsdata kan påverkas av ett antal faktorer, t.ex. tidsperiod, geografi, underhåll, anläggningsålder, tillverkning, spänningsnivå, konstruktion och storlek. En kartläggning av påverkande faktorer bakom statistiken presenteras i rapporten. Hur dessa faktorer kan påverka tillförlitlighetsdata hos olika typer av elnätkomponenter beskrivs också i rapporten.

Extrema händelser, t.ex. stormen Gudrun, kan ha förödande effekter på elnät och drabba nätkunder mycket negativt. För att modellera och analysera risker relaterade till Gudrun-stormen krävs tillförlitlighetsdata för elektriska komponenter. Den här typen av statistik har också analyserats i projektet. Projektresultatet visar att felfrekvensen för elnätkomponenter som utsätts för väder kan dramatiskt öka med upp till 80 gånger av det genomsnittliga värdet under extremt väder. Denna dramatiska förändring av tillförlitlighetsdata för komponenter bör tas hänsyn till vid riskanalys av distributionssystem.

11 Projekt 31045 Risker för överbelastning i regionnäten vid vindkraftanslutning, Mikael Wämundsson, STRI, Rapport 10:89

Belastningsförmågan hos luftledningar i ett nät bestäms vanligen med deterministiska metoder, dvs. de väderförhållanden som kan tänkas uppstå som ger den högsta ledartemperaturen avgör hur stor ström som kan tillåtas flyta genom ledningen. Olika värden kan tas fram för olika säsonger av året.

Belastningsförmågan kan vara en begränsning för hur mycket distribuerad generering, t.ex. vindkraft, som kan tillåtas i en viss punkt (den s.k. acceptansgränsen eller "hosting capacity"). I den här rapporten presenteras en metod som baseras på att analysera risken för överbelastning som funktion av rådande vädersituation och inmatad effekt. Sannolikheten för att ett regionnät överbelastas studeras som funktion av inmatad effekt vid fem olika punkter i nätet. Vidare presenteras en utvidgad metod för att ta hänsyn till korrelationen mellan belastningsförmågan och inmatad effekt då dessa är beroende av vindhastigheten.

Ett par iakttagelser från resultaten kan göras:

- För produktion vid noder där last finns ansluten kan man från resultaten se att sannolikheten för överbelastning till en början minskar då den inmatade effekten ökar. Först efter en viss inmatad effekt ökar sedan sannolikheten för överbelastning. Vid en nod i det studerade nätet där inmatning sker finns ingen nettolast (produktionen är större än lasten). Detta är den enda inmatningspunkten där sannolikheten för överbelastning ökar från första MW inmatad effekt.
- En viss sannolikhet för överbelastning (ca 0,5–1,5 %) finns (speciellt vid sommartid) vid noll inmatad effekt. Detta kan förklaras av att ledningarna i nätet har dimensionerats efter branschpraxis (Cigrés rekommendationer) med en vindhastighet på 0,6 m/s. Eftersom vindhastigheter lägre än denna inte är ovanliga även vid högre lufttemperaturer finns en inte försumbar sannolikhet för överbelastning.
- Att inte tillåta tillfälligt högre ledartemperatur (70° C) vid bortkopplade ledningar i nätet ökar inte sannolikheten för överbelastning nämnvärt. Detta kan förklaras med att tillgängligheten för ledningarna är mycket hög.

Fortsatta studier rekommenderas, där man tillämpar metoden som beskrivs för att inkludera korrelationen mellan inmatad effekt och ledningarnas belastningsförmåga, vilka både beror av vindhastigheten.

En diskussion mellan föreskrivande myndighet (Elsäkerhetsverket) och nätägare om hur man tolkar vissa otydligheter i branschpraxis (Cigrés rekommendationer), standard (SS-EN-50341 eller SS-436 01 01) och föreskrifterna (ELSÄK-FS 2008:1) uppmuntras. Exempelvis gällande vilken vindhastighet som tillämpas i beräkningarna, tolkningen av maximalt tillåten ledartemperatur samt användningen av riskbaserade metoder.

12 Projekt 31049 Förstudie Vägval, Lennart Klerdal och Dag Holmberg, Rapport 10:80

Elforsk har under åren 2005 till 2010 bedrivit ett forsknings- och utvecklingsprogram, nr 3974, med rubriken "Riskanalys, som verktyg för utveckling, drift och underhåll av elnät för 0.4 till 145 kV". En utvärdering har genomförts. Programmet har uppnått goda resultat, speciellt har en riskanalysmetod tagits fram, som ligger till grund för den metod som nu används av elnätsföretagen vid riskredovisning till Energimarknadsinspektionen.

Den nya nätreglering som införs från 2012 kommer sannolikt att betyda ökad användning av risk- och tillförlitlighetsanalysen, så området bedöms få ökad betydelse.

Utformning av programmet, med både forskning på KTH och utvecklingsprojekt utförda av seniora konsulter och post doc. uppdrag, har varit lyckosam. Även den nya perioden bör utformas på liknande sätt.

Fokus för den nya perioden bör emellertid vara mer på "optimering med avseende på risker i elnät" än "Nätanalys med avseende på riskanalys", så som varit fallet för första perioden. Vidare föreslås det nya programmet innefatta nät med alla spänningar, det vill säga att till skillnad från det tidigare programmet ingår även stamnätspänningarna 220 och 400 kV.

Programmets storlek föreslås till 3,5 Mkr/år i 5 år, d.v.s. i samma storleksordning som första perioden(2005-2010).

13 Projekt 31050 Omvärldsanalys, del av förstudie Vägval, Ying He, Vattenfall R&D, Rapport 10:81

Denna rapport dokumenterar en internationell omvärldsanalys inom risk- och tillförlitlighetsanalys. Omvärldsanalysen utgör en del i förstudien *Vägval* inför en eventuell fortsättning av Elforsks FoU Riskanalysprogrammet. Syftet med arbetet är att ge underlag och skapa grunden för förstudien. Omvärldsanalysen görs för att kunna ge svar på frågor: hur man arbetar i andra länder med risk- och tillförlitlighetsanalys, hur nätföretag och myndigheter i andra länder använder risk- och tillförlitlighetsanalys och vad som är implementerad i vår omgivning.

Det visar sig att det förekommer ett stort antal olika tillämpningar, verktyg, metoder och teknik för risk- och tillförlitlighetsanalys runt om i världen. Elnätstillförlitlighet är en av de viktiga aspekterna i nätplanering och drift. Risk- och tillförlitlighetsanalys hjälper till att förutse framtiden och att hantera osäkerhet och risk. Det används därför flitigt av elnätbolag över hela världen.

Omvärldsanalysen bekräftar att risk- och tillförlitlighetsanalys använts i de undersökta länderna inom planering, design, drift, underhåll och asset management av elnät. Metoderna varierar och det finns olika tillämpningssätt. Sammanfattningsvis har tillämpningarna följande karaktärer:

- Användningen av risk- och tillförlitlighetsanalys varierar mellan olika länderna och mellan organisationer. Några företag använder risk- och tillförlitlighetsanalys på en avancerad nivå och använder det rutinemässigt i nätplaneringsprocessen.
- Risk- och tillförlitlighetsanalys har använts som ett viktigt beslutsstöd för nätplanerare, driftpersonal och företagsledning. Det har använts huvudsakligen i optimeringssyfte och för att överväga olika investeringsalternativ.
- Risk- och tillförlitlighetsanalys används normalt för att jämföra risknivåer och tillförlitlighetsindex hos investeringsalternativ i samband med nätförstärkning, expansion eller ombyggnad av elnäten.
- Trots att risk- och tillförlitlighetsanalys används i stor utsträckning, är nätplaneringen fortfarande

toppanvändningsområdet hos de flesta nätföretagen runt om i världen.

- I många tillämpningar har risk- och tillförlitlighetsanalys visat sig kostnadseffektivt och värdefullt i nätplaneringsprocessen och inom asset management.

I Sverige används traditionella tillförlitlighetskriterier av de flesta elnätsbolagen i nätplanering, drift och analys. Riskbaserad metod har inte använts rutinmässigt i stor utsträckning. Dock har risk- och tillförlitlighetsanalys blivit ett alltmer viktigt verktyg i landet. Särskilt under de senaste åren har risk- och tillförlitlighetsanalys varit i fokus. Det finns många aktiva FoU aktiviteter både nationellt och hos elnätsbolag. Många elnätsbolag utför risk- och tillförlitlighetsanalys för att effektivisera sina verksamheter.

Omvärldsanalysen visar att kvalitetsreglering tillämpas över världen. Generellt i de flesta länderna strävar reglermyndigheterna att öka leveranssäkerheten och har infört någon form av kvalitetsreglering baserat på inrapporterade avbrottsdata eller "performance based reliability indices". Exempel på dessa begrepp är de i Sverige använda SAIFI, SAIDI och ENS.

De flesta europeiska länder aktivt samlar in driftstörnings- och avbrottsstatistik och analyserar leveranssäkerhet baserat på inrapporterat material. Dessa länder inkluderar Österrike, Belgien, Danmark, Tjeckien, Estland, Finland, Frankrike, Storbritannien, Grekland, Ungern, Italien, Irland, Lettland, Litauen, Norge, Polen, Portugal, Sverige, Slovenien, Spanien och Nederländerna. Analysen utförs både på nationellnivå och på individuella nätföretag för att ge underlag till kvalitetsregleringen.

I och med teknikutveckling och förändringar i elnät, kommer mer förnybar energi att integreras till elnät. Mer osäkerhet och nya risker kommer att införas i nätplanering och drift. Detta faktum motiverar en vidareutveckling av risk- och tillförlitlighetsanalys metod för att säkerställa elförsörjning.

Risk- och tillförlitlighetsanalys är en aktiv forsknings- och utvecklingsområde runt om i världen. Ett stort antal länder och organisationer söker effektiva metoder och etablerar grund för risk- och tillförlitlighetsanalys. Man bygger upp en mer riskorienterad kultur i elnätföretag. Användningen av risk- och tillförlitlighetsanalys har potentiellt utsträckt sig till framtida Smarta Elnät. Avsevärda forsknings- och utvecklingsaktiviteter fortsätter med fokus på:

- Utveckling av tillförlitlighetsmodeller
- Metodutveckling för risk- och tillförlitlighetsutvärdering
- Implementering av risk- och tillförlitlighetsmetoder

Effektivisering och förbättring av risk- och tillförlitlighetsanalys i nätplanering och drift.

14 Projekt 31005 Doktorandprojekt,
Tillförlitlighetsbaserad
underhållsstyrning med fokus på
risker som effekt av införandet av
optimala underhålls- och
investeringsplaner, KTH, Carl Johan
Wallnerström.del 2.

Licentiatavhandling avlagd och projektet forstätter mot doktorsexamen
2011

15 Projekt 31006 Doktorandprojekt, Metoder för riskanalys i eldistributionsnät, KTH, Karin Alvehag. Del 2.

Licentiatavhandling avlagd och projektet forstätter mot doktorsexamen
2011.

16 Projekt 31027 RISK DSAM medverkan. Norskt Riskanalysprogram på SINTEF.

Avslutningsmöte i Porto, Portugal 20 – 22 oktober 2010. Programmet avslutas vid årsskiftet. Slutrapporter distribueras på CD-ROM.

17 Projekt 31026 Postdoktorsprojekt,
Utveckling av metod inklusive
verktygsstöd för värdering av
säkerhetsnivån i driftstödssystem,
KTH. Mathias Ekstedt och Pontus
Johnsson. Rapport 11:13.

Projektet pågår. Redovisas på mötet 2010-12-01.Ska enligt tidsplanen
vara klart till årsskiftet 2010/2011

18 Projekt 31043 Postdoktorsprojekt, Syntes och Synergi för effektiv riskanalys, Patrik Hilber, KTH. Rapport 10:101.

Att identifiera områden med behov av riskanalysforskning är en relativt svår uppgift, detta då det ligger i sakens natur att om riskerna var välkända skulle de i regel redan vara åtgärdade/begränsade. Detta har resulterat i att information har fått sökas på lite udda ställen, tex har ett antal personer intervjuats i försäkringsbranschen och artiklar från försvars och rymdindustri har studerats. I de flesta fall har denna information varit mer av det kuriosa slaget, men ändå givit inspiration. Ett par intressanta ämnen har dock hittats som presenteras i denna rapport. Stort tack riktas givetvis till riskanalysprogrammet för visat förtroende att utföra detta uppdrag. Stort tack även till Karin Alvehag, Lennart Söder och Mathias Ekstedt för deras texter i denna rapport (i rapporten är det klargjort vart respektive person lämnat bidrag).

Följande personer har skrivit specifika kapitel i rapporten:

Karin Alvehag, KTH

Lennart Söder, KTH

Mathias Ekstedt, KTH

Följande personer är medförfattare till bifogad artikel, bilaga 2:

Patrik Hilber, KTH

Johanna Rosenlind, KTH

Niclas Schönborg, SvK

Johan Setréus, KTH

Carl Johan Wallnerström, KTH

Målet med denna rapport är att ge en överskådlig bild av riskanalysforskningen på KTH samt visa på möjliga ämnen för fortsatt forskning på universitetsnivå. Rapporten inleds med en strukturering av olika riskkoncept. Utrymme ges till att klargöra skillnaden mellan "vardagliga" risker och mer katastrofartade händelser. Den första gruppen kan bearbetas med statistiska metoder, den andra gruppen bör hanteras annorlunda, tex genom bedömning av olika konsekvenser. Vidare ges en kortare omvärldsanalys. Dessa inledande kapitel ger en bakgrund till presentationen av nuvarande riskanalysforskning inom elkraft på KTH. Där det framgår att riskanalysprogrammet tydligt stärkt riskanalysforskningen inom elkraft på KTH. Rapporten avslutas med en presentation av ett antal intressanta ämnesområden med utrymme för mer forskning. Som bilaga återfinns en artikel som skrivits inom ramen för projektet (31043). Artikeln syftar till att tydliggöra nyttan av riskanalysforskning med konkreta exempel baserade på riktiga data.

19 Projekt 31044 Postdoktorsprojekt, Tillförlitlighetsrisker kopplade till åtgärder och nya komponenter i elkraftsystemet, Patrik Hilber, KTH, Rapport 10:100

Utökad sammanfattning, med unikt exempel

Denna rapport bearbetar problemet kring att hitta rätt underhållsintervall för komponenter i elkraftsystem. Utgångspunkten är att det finns kunskap om medel felfrekvens, medel reparationstid, nuvarande underhållsintervall samt hur lång tid det förebyggande underhållet tar. Med denna information kan en kvalificerad bedömning göras av om det nuvarande underhållsintervallet är rimligt. I rapporten presenteras teori för hur denna bedömning görs.

Ett program har tagits fram för att underlätta bedömningsarbetet. Utifrån den information som anges ovan räknar programmet fram tröskelvärden som kan användas för att avgöra olika underhållsaktiviteters effektivitet. Programmet kan vidare användas till att bestämma en tillhörande Weibull-fördelning som indikerar om de underliggande antaganden om komponentens felutvecklingstrend är realistiska.

En avgränsning i arbetet utöver de som kommer ur antagandena om kunskapsläget, rör värderandet av komponentens och elnätets funktion vid olika tidpunkter. Metoden tar i dagsläget inte hänsyn till att en komponent kan ha olika viktighet under olika delar av året, främst varierande risk för frångopplad last. Denna risk kan delas upp i två kategorier:

Skalning. Lasten varierar och därmed komponentens viktighet. Denna variation i viktighet kan upphävas genom en skalning av den faktiska bortkopplingstiden vid förebyggande underhåll med aktuell last dividerad med genomsnittlig last.

Topologi. I vissa situationer ändrar nätet topologi från ett tillförlitlighetsperspektiv. Tex kan en komponent vars fel normalt inte direkt leder till bortkoppling av last under vissa omständigheter leda till bortkoppling av last. I dessa fall rekommenderas mer detaljerade systemstudier.

Exempel på resultat från projektet:

Fall:

En komponent underhålls förebyggande vart 6:e år i 30h (två arbetsdagar). Genomsnittlig felintensitet för komponenttypen är 0.05

f/år (ett fel vart 20:e år) och åtgärdstiden vid fel på komponenten är 4h. Underhållsorganisationen undrar nu hur mycket mer fel som kan tillåtas inträffa vid ett underhållsintervall på 8 år med bibehållen komponentprestanda från ett systemperspektiv?

Svaret:

Analysen ger att den genomsnittliga felintensiteten kan tillåtas öka med mer än 600% över hela tidsperioden (8år) med bibehållen prestanda (dvs 0.36 f/år). Vidare indikerar analysen med Weibull fördelning att felutvecklingen måste vara väldigt extrem för att inte 8 års intervallet skall vara det rationella valet.

Kommentar till exempel:

Ingångsdata är typiska för komponenter i elkraftsystem och kan i många fall vara mer extrema, tex med längre tider med förebyggande underhåll.

20 Utvärdering av Ramprogram 3974 Riskanalys som verktyg för utveckling, drift och underhåll för 0,4 kV till 145 kV, projekt 31042.

1. Inledning och bakgrund

Elforsk har sedan 2005 bedrivit ett utvecklingsprojekt 3933 Ramprogram för Underhåll, Diagnostik och Reinvesteringsstrategi och sedan 2006 ett ramprogram 3974 för Riskanalys. Enligt programbeskrivningarna ska man genomföra en utvärdering av programmen gentemot respektive programmål. Utvärderingen skall diskutera i vilken grad målen i respektive program har uppnåtts samt ge synpunkter inför programmens eventuella fortsättning. Möjligheten att slå samman bägge programmen till ett gemensamt program bör kommenteras. Denna rapport sammanfattar utvärderingarna av programmen. Utvärderingen har genomförts av Dag Holmberg och Lennart Klerdal med följande metodik:

- Inläsning av samtliga vid utvärderingstillfället tillgängliga rapporter
 - Intervjuer med styrgruppernas medlemmar tillika finansiärer
 - Intervjuer med ett antal av Elforsk utvalda genomförare av projekten
 - Diskussioner med programledarna inom Elforsk
- Intervjuade personer framgår av bilaga 1.

Riskanalysprogrammets vision är att inom ett femårigt perspektiv, genom nya riskanalysmodeller och beslutsprocesser nå fram till ny teknik och ny kunskap som kan användas för att göra det möjligt att minska riskerna för person-, miljö- och anläggningsskador i elnätsverksamheten. Detta skall ses i samband med de ökande kraven på leveranssäkerhet som ställs av elkunder och myndigheter. Syftet med programmet är att skapa modeller för riskanalys och beslutsprocesser för eldistributionsföretagen och skall hjälpa till att stärka förmågan för distributionsnätet att motstå större påfrestningar i fredstid. Programmet ska identifiera, starta och följa upp forsknings- och utvecklingsprojekt som leder till nya metoder och verktyg. Befintliga metoder ska kunna förbättras i kortsiktiga utvecklingsprojekt

Underhållsprogrammets mål är att:

- Identifiera utvecklingsinsatser för det strategiska reinvesterings- och underhållsarbetet som kan leda till förbättrad nätekonomi, samt att medverka till att dessa genomförs

- Öka kunskapen om nya möjligheter med diagnostiska metoder för underhåll av elnät
- Skapa möjligheter till att förbättra underhålllets styrning och planering
- Sprida kunskap med syfte att höja kompetensnivån inom området
- Vara en brygga mellan högskoleforskningens resultat och branschens möjliga applikationer

I Underhållsprogrammet är endast nätföretag finansiärer, medan i Riskanalysprogrammet har såväl nätföretag som myndigheter finansierat programmet. Detta innebär att projektens resultat får olika spridning. Underhållsprogrammets rapporter sprids endast till finansiärerna, medan Riskanalysprogrammets resultat blir allmänt tillgängligt på grund av offentlighetsprincipen.

2. Generella iakttagelser

Resultatspridning inom elnätföretagen är svårt. Detta är ett generellt problem för hela Elforsk. Hur förbättra? En databas för informationssökning (för att "googla") borde provas av Elforsk. Spridning av rapporter sker idag endast till finansiärer i underhållsprogrammet, medan riskanalysprogrammets resultat är öppna. Hur kan resultatspridning utanför finansiärernas krets utökas?

3. Riskanalysprogrammet

3.1 Programmets måluppfyllelse

Ur programskriften framgår programmets syfte och mål:

*Syftet med programmet är att skapa modeller för riskanalys och beslutsprocesser för eldistributionsföretagen och skall hjälpa till att stärka förmågan att motstå större påfrestningar i fredstid. Samhällets ökande krav på leveranssäkerhet och elnätsbolagens behov av att effektivisera sin verksamhet har lett till ett ökande behov av att utveckla nya metoder och arbetsrutiner. Målet för detta program är att ur inkomna projektansökningar identifiera, starta och följa upp forsknings- och utvecklingsprojekt som leder till nya metoder och verktyg som ger möjlighet att genomföra bl. a. arbetsrutiner, som leder till ett bättre riskanalysarbete inom eldistributionsföretagen. Befintliga metoder kan förbättras i kortsiktiga utvecklingsprojekt vilka presenteras i skrift men även i seminarieform för att få bättre genomslag i branschen. Genom att genomföra både forsknings- och utvecklingsprojekt inom samma program förväntas en "korsbefruktnings" av idéer och resultat mellan projekten, vilket förhoppningsvis ger högre kvalitet på resultaten från programmet. Programmet har levererat i enlighet med finansiärernas förväntningar. En viss spretighet har upplevts, men det beror sannolikt på att ämnesområdet är nytt. Effektivisering genom benchmarking har inte hanterats i projekten. I projektet finns två fokusområden, *Nätanalys med avseende på risker*, verktyg för att testa fysiska elnät samt*

Optimering med avseende på risker i elnät. Det förstnämnda området har hanterats i så gott som samtliga projekt, medan fokus på det senare området har varit betydligt svagare. Detta är naturligt eftersom riskanalysmetodiken måste genomarbetas och finna sin plats i organisationerna innan optimeringsarbetet kan påbörjas.

3.2 Programinnehåll och relevans

Programmet har fokuserat på riskanalyser, till en del beroende på att ny lagstiftning ställer krav på att årliga riskanalyser genomförs och rapporteras. Programmet har utvecklat metoder för riskanalys som idag används av nätföretagen. Tillförlitlighetsdata har fått en väl genomarbetad uppdatering, vilket ger möjlighet att i framtiden mer systematiskt genomföra tillförlitlighetsanalyser i planeringsarbetet för distributionsnät.

Vi anser att programinnehållet har varit relevant och i linje med programmets mål.

3.3 Projektens genomförande

Projektledningen inom Elforsk har varit kostnadseffektiv och har uppskattats av finansiärerna. Byte av projektledare har skett under programmets gång, vilket hanterades på ett effektivt och smidigt sätt. Uppföljningen av programmets kostnader har fungerat väl.

Kostnaderna har hållits inom ramen för programmet. Styrgruppen har fungerat på ett bra sätt, både inspirerande och resultatinriktat. Man har haft mod att både avbryta och säga nej till projekt.

Informationsutbytet mellan högskoleforskarna och seniorkonsulterna har fungerat bra inom ramen för styrgruppsarbetet.

Referensgruppernas engagemang har varit svagare. Inför en ny etapp bör tydligare krav ställas på eventuella referensgrupper, samtidigt som det ska tydliggöras för utförarna att referensgrupperna både kan och ska utnyttjas mer aktivt än vad som hittills skett. Årliga seminarier för resultatredovisning upplevs mycket positivt. Vi saknar de årliga rapporterna som omnämns i projektbeskrivningen. Vi rekommenderar att i den årliga uppföljningen av programmet ska man gå igenom programmets mål och måloppfyllelse.

3.4 Resultat och genomslag

Kompetens har byggts upp inom riskområdet såväl inom KTH som inom branschen. En enkel riskanalysmetod för elnätföretag har tagits fram som även blivit vägledande inom framtagning av Elmarknadsinspektionens föreskrifter. Mer komplexa och förhoppningsvis mer exakta modeller är under framtagning och kommer att kunna användas av branschen. Programmet har påvisat problematiken med risker inom drift- och övervakningssystem. Den föreslagna metoden känns komplicerad och ytterligare arbete behövs för att föra ut förståelsen och vikten av it-säkerhet inom drift- och övervakningssystem. Forskarprojektet om *Metoder för riskanalys i eldistributionsnät* har tagit på sig rollen som samlande inom programmet. Detta har lett till ett antal kontakter som på kort och lång

sikt förväntas ge nytta för branschen. Ett par examensarbeten har genomförts som förutom de konkreta resultaten också gett entusiastiska personer anställning inom branschen. De presenterade resultaten i rapporterna upplevs ibland som svårtillgängliga för finansiärerna. Kan man tänka sig att Elforsk har ett samarbete med ett utbildningsföretag eller seniora konsulter som tar på sig rollen att föra ut resultaten och utbilda personer inom branschen? Ett samarbetsavtal mellan Elforsk och Svensk Energi angående gemensamma seminarier inom området finns redan. Är detta en möjlighet?

3.5 Programmets fortsättning

Den nuvarande målbeskrivningen är väl bred och gör att programmet inte kunnat arbeta inom alla områden. Till exempel nämns såväl person- som miljörisker, något som programmet ej hanterat. Vi anser att målbeskrivningen behöver snävas in inför en eventuell fortsättning, men att nuvarande målbeskrivning är naturlig med hänsyn till att programmet, när det startade, var en ny disciplin inom branschen. I en eventuell ny etapp av programmet bör ökad vikt läggas på fokusområdet *Optimering medavseende på risker*.

Några av frågeställningarna som finansiärerna pekat på är:

- Optimering ur risksynpunkt. (Denna rubrik ingår i nuvarande program, men har ännu ej behandlats.)
 - Analys av metoden "Run to failure" (Konsekvenser om man kör delar av nätet till haveri.)
 - Benchmarking (Vad kan elnätbolagen lära av varandra?)
 - Vilka kriterier gäller för 24-timmars avbrott? (Sök kriterier för när force majeure -klausulen kan tillämpas.)
- Innan en eventuell fortsättning av programmet beslutas bör man under hösten 2010 göra en förstudie som dels summerar programmets uppnådda resultat, dels pekar ut färdriktningen och anger prioriterade områden att undersöka. Vi anser att riskanalysområdet har fått en bra start och att det idag finns en enkel metod som används av företagen. Mer komplexa metoder är under framtagning (doktorandprojekten) och dessa kommer successivt att kunna införas av företagen. Kanske ska därför en fortsättning mer fokusera på tillförlitlighetsanalys än riskanalys. Utvecklingen av grunddatabaser bör fortsätta och speciellt gäller detta data för regionnät. Såväl tillförlitlighets- som riskanalys är bra verktyg vid förnyelse av elnät. Det är viktigt för företagen är att bygga upp kompetens inom dessa områden. Riskanalys av it- och kontrollsystem behöver utvecklas. En studie av hur risk- och tillförlitlighetsanalyser används i andra länder i samband med nätplanering kan kanske ge goda tips till oss i Sverige. Som framtida finansiärer ser vi det som viktigt att Elmarknadsinspektionen och Elsäkerhetsverket medverkar. Industrin (FIE) har uttryckt intresse att delta även i fortsättningen.

3.6 Övrigt

Under intervjuerna har vi upplevt en tveksamhet över att Darwin-modellen är praktiskt användbar för risk- och

tillförlitlighetsanalyser. Darwin är framtaget för RCM-metodik och för att använda indata i risk- och tillförlitlighetsanalyser krävs en högre detaljeringsgrad. Vi noterar att Riskanalysprogrammet har gränssytor mot såväl Underhållsprogrammet som mot Market Design-programmet och ett framtida Smart Grids-program. Powerpoint-presentation tillsammans med varje rapport är bra och bör ingå som ett krav i beställningen till utförarna.

4. Underhållsprogrammet

4.1 Programmets måluppfyllelse

Målsättning med ramprogrammet är att:

- *identifiera utvecklingsinsatser för det strategiska reinvesterings- och underhållsarbetet som kan leda till förbättrad nätekonomi, samt att medverka till att dessa genomförs öka kunskapen om nya möjligheter med diagnostiska metoder för underhåll av elnät*
- *skapa möjligheter till att förbättra underhållets styrning och planering*
- *sprida kunskap med syfte att höja kompetensnivån inom området*
- *vara en brygga mellan högskoleforskningens resultat och branschens möjliga applikationer*

Prioriteringar inom programmet har gjort att måluppfyllelsen är mycket god vad beträffar kortsiktiga och handgripliga projekt, men svagare vad beträffar långsiktiga frågor och managementfrågor. Reinvesteringsstrategier liksom reservdelshållning saknas i projektportföljen.

4.2 Programinnehåll och relevans

Programmet har fokuserat på projekt som är direkt användbara i verksamheten. Projektrapporterna är ofta av handbokstyp. Uppenbart finns ett stort behov av detta hos elnätföretagen för att säkra såväl kompetens som dokumentation. Programmets innehåll har fått mycket goda vitsord av samtliga intervjuade personer. "Otroligt bra program" har nämnts flera gånger.

Programinnehållet är till sin karaktär handfast och i många fall nära handboks-karaktär. Det är beställarledet i underhållsbranschen som driver och finansierar programmet, medan utförarledet inte finns med som finansiärer och endast i någon mån som rapportförfattare. Vi menar att rapporterna skall användas för att skriva anvisningar och förbättra de som redan finns.

4.3 Projektens genomförande

Projektledningen av Elforsk har varit kostnadseffektiv och uppskattats mycket av finansiärerna. Uppföljningen av programmets kostnader har fungerat väl. Kostnaderna har hållits inom ramen för programmet. Arbetet i styrgruppen har uppskattats av ledamöterna och upplevs som dynamiskt och målinriktat. Utförarna har endast gott att säga om referensgruppsarbetet. Överskott av projektidéer har lett till att de mest relevanta har genomförts. Det var bra att det fanns projektidéer

redan vid programstarten. Det gjorde att programmet kom igång snabbt. Vi rekommenderar att i den årliga uppföljningen av programmet ska man gå igenom programmets mål och måloppfyllelse.

4.4 Resultat och genomslag

Genomslaget har varit gott på grund av rapporternas tydlighet och upplägg nästan som handböcker. Många av projekten har blivit implementerade i verksamheterna.

4.5 Programmet fortsättning

Samtliga intervjuade finansiärer är mycket nöjda med programmet och vill ha en fortsättning med i stort sett samma inriktning som nu. Managementfrågor och upphandlingsfrågor kan eventuellt flyttas till ett annat program. Vi ser ett värde i att samarbetet mellan branschen, representerat av Elforsk, och bolag med seniora konsulter (exempelvis STRI och Gothia Power) utvecklas inom ramen för temaprogram. I vissa projekt kan seniora konsulter användas för att implementera resultaten inom elnätsbolagen. Det nuvarande programmet har inte behandlat frågan om underhållsavtal eller upphandling av underhåll. Borde inte en fortsättning av programmet klargöra vilka relationer man önskar till underhållsutförarna? Vilken typ av underhållsbransch är optimal för elnätsföretagen? En "händer och fötter"-bransch eller en bransch med vilken man kan sluta partnerskapsavtal? Vi rekommenderar att programmet fortsätts i en femårsperiod och att det nya programmet fortsätter direkt efter nuvarande programs avslutning.

4.6 Övrigt

Under intervjuerna har vi upplevt en tveksamhet att informationen i Darwin är praktiskt användbar för underhållsplaneringen. Seminarier är bra för resultat- och rapportspridning. Powerpoint-presentation tillsammans med varje rapport är bra och bör ingå som ett krav i beställningen till utförarna.

5. Programmens eventuella fortsättning i ett tänkt gemensamt Asset

Management program

Med hänvisning till genomgången under såväl kapitlen 3 som 4 framgår det tydligt att finansiärerna till underhållsprogrammet föredrar en fortsättning av programmet i stort sett i oförändrad form. När det gäller riskanalysprogrammet behövs enligt vår uppfattning en förstudie för att utröna vad en eventuell fortsättning skall innehålla. Vi ser svårigheter att bemanna en bra styrgrupp i ett program som täcker så olika ämnesområden som risk- och tillförlitlighet och rutinmässigt underhåll, även om det förvisso finns kopplingar mellan programmen. Vi ser också att användarna av projektresultaten dels har olika bakgrund, dels är mycket olika till antal. Slutsatsen är att vi i dagsläget inte rekommenderar ett gemensamt asset management-program.

Däremot tycker vi att en utökad kontakt mellan riskanalys- och underhållsprogrammet vore värdefull. Vi rekommenderar också att projektledaren från det "andra" programmet är med på styrgruppsmöten och även fungerar som ställföreträdande projektledare.

8

Bilaga 1

Intervjuade personer

Sven Jansson Elforsk

Bertil Wahlund Elforsk

Per Kvarnefalk Svenska Kraftnät

Kjell Anderén Vattenfall Eldistribution AB

Hans-Eric Carlsson E.ON Elnät Sverige

Andreas Dernfalk STRI AB

Märit Fossander Terra Corrosion AB

Ulf Grape Vattenfall R&D AB

Mats Linde SLU

Lena Sjögren Swerea-KIMAB

Mikael Bohjort E.ON Elnät Sverige

Leif Boström Fortum Distribution AB

Kjell Oberger Fortum Distribution AB

Horst Blucher Elsäkerhetsverket

Arne Bergström Vattenfall Eldistribution AB

Sven-Åke Polfjärd FIE

Håkan Jarer Svenska Kraftnät

Carl Johan Wallnerström KTH

Patrik Hilber KTH

Karin Alvåg KTH

Lennart Söder KTH

Martin Kylefors Thyrens

Ying He Vattenfall Research and Development

Jan Lundquist STRI

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se