



Introduktion

Hösten 2003 drabbades Nordamerika och Europa av tre spektakulära elavbrott.

Det som gjorde avbrotten så uppmärksammade var deras omfattning. I USA och Kanada drabbades merparten av ett område med 50 miljoner invånare. När hela Italien blev strömlöst berördes landets 55 miljoner invånare. I Sydsverige och östra Danmark mörklades ett område med cirka 5 miljoner invånare.

Gemensamt för avbrotten är deras stora geografiska utbredning. Tekniska fel eller misstag på en eller flera platser startade en dominoreaktion som forplantades genom stora delar av elnäten i de berörda områdena.

Vid störningar i komplexa system är det i allmänhet flera händelser eller omständigheter som samverkar och leder till störningen. För varje enskild händelse finns normalt en beredskap att vidta åtgärder som eliminerar, eller åtminstone kraftigt reducerar konsekvenserna. Problemen uppstår när händelserna inträffar tätt inpå varandra eller när åtgärder uteblir på grund av bristande information eller kunskap.

Varje elavbrott påverkar verksamheten i samhället, i mindre eller större grad. Inom sektorer som transporter, telekommunikationer och industri kan konsekvenserna ibland bli avsevärda. Särskilt i de fall när reservkraftsystem saknas eller inte kan utnyttjas.

Avbrott inträffar ibland, även om de sällan blir så omfattande som i de här beskrivna fallen. Elleveranser avser inte avbrottsfri el, utan elenergi i form av kilowattimmar. Därför måste alla verksamheter som är beroende av el planera för vilka åtgärder som kan bli nödvändiga vid ett avbrott. För den som har tillgång till reservkraft, är det viktigt att regelbundet se över och funktionsprova utrustningen.

Introduktion

Avbrotten i USA och Italien hade sannolikt kunnat hindras i tid om varningssystem och samverkan mellan berörda nätbolag hade fungerat bättre. I Sverige var det två tekniska missöden som inträffade så nära i tiden att de säkerhetsmarginaler som ligger till grund för nätdriften överskreds.

Det finns lärdomar att dra av alla elavbrott. Med kunskap om vad som kan gå fel ökar möjligheten att bygga bort brister, förbättra utbildningen av berörd personal och hitta effektiva rutiner för felavhjälpning. Att så många människor och verksamheter berördes av de tre elavbrotten fäster också uppmärksamheten på vad elkonsumenterna själva kan göra för att lindra konsekvenserna av en störning.



Andres Muld
Avdelningschef

Innehållet i denna skrift bygger på ett antal rapporter som dokumenterar elavbrotten i USA/Kanada, Italien och Sverige/Danmark. Sammanställningen är utförd av Lars Westling på uppdrag av Energimyndigheten. Utgivningen av skriften är ett led i Energimyndighetens arbete med att publicera aktuell information om energifrågorna.





Innehåll

Elavbrottet i östra USA och Kanada	9
USA: Orsaker, konsekvenser och åtgärder.....	19
Elavbrottet i Italien.....	27
Orsakerna bakom elavbrottet i Italien	31
Elavbrottet i Sydsverige och östra Danmark.....	35
Konsekvenser av störningen i Sydsverige.....	45
Slutsatser	51
Källor.....	55



Elavbrottet i östra USA och Kanada

Klockan 16.10 den 14 augusti 2003 startade en händelsekedja som kom att resultera i den största störning som hittills drabbat kraftnätet i USA och Kanada. I det drabbade området bor cirka 50 miljoner människor. I praktiken blev inte alla dessa utan el, då vissa områden lyckades etablera så kallad ö-drift med hjälp av fungerande lokal kraftproduktion från exempelvis kraftvärmeanläggningar.

Tidiga misstankar om terroristdåd kunde snabbt avfärdas. Omedelbart efter elavbrottet startade återuppkopplingen och huvuddelen av abonnenterna hade tillgång till el tidigt på morgonen den 15 augusti.

Avbrottet drabbade i huvudsak åtta delstater i nordöstra USA samt provinsen Ontario i Kanada.

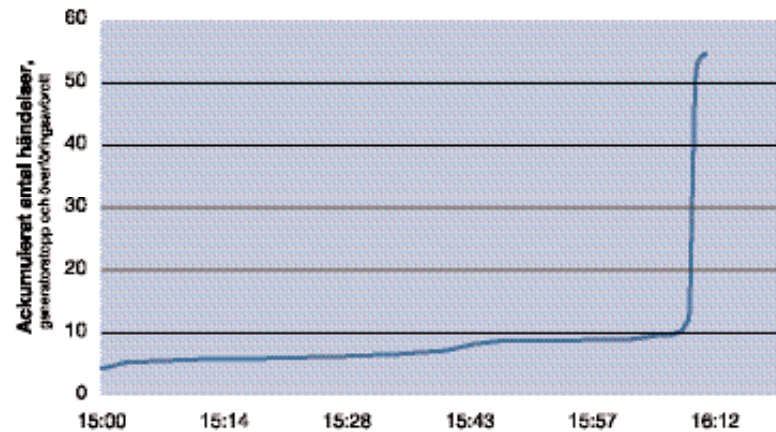
KONTROLLERBARA HÄNDELSER STARTADE EN LAVIN

Det finns ett sextiotal identifierade enskilda händelser registrerade i det händelseförlopp som den 14 augusti resulterade i det stora elavbrottet. Totalt drabbades 55 000 km av det nordamerikanska nätet. Mer än 290 kraftgeneratorer stängdes av. Till en början inträffade händelserna i en takt som borde ha kunnat hanteras, men så småningom skenade förloppet och den kedjereaktion som följde kunde aldrig stoppas med manuella ingrepp.

Problemen startade inom eldistributören Firstenergys nätsystem och angränsande områden i norra Ohio för att sedan fortplantas öster- och norrut.

Den 14 augusti var till att börja med en normal dag i norra Ohio med relativt högt kraftbehov från regionens luftkonditioneringsaggregat. Två av Cleveland's viktigaste kraftstationer, Davis-Besse och Eastlake 4, var avstängda. Kl. 13.31 tvingades även kraftverket Eastlake 5 att stänga.

De avstängda kraftverken skapade en ansträngd nätsituation, men de var inte den avgörande orsaken till det följande elavbrottet. I efterhand har undersökningskommissionen konstaterat att de enskilt viktigaste orsakerna var ett datorfel som gjorde att personalen i First Energys kontrollrum saknade aktuell driftinformation, samt avbrott i några viktiga nätförbindelser som berodde på kortslutning efter trädkontakt.



Tidsf rloppet redovisat genom sammanst lning av ackumulerat antal generatorstopp och avbrott p verf ringsledningar.



Omr det som ber rdes av avbrottet den 14 augusti 2003.

HÄNDELSENA DEN 14 AUGUSTI

Under större delen av eftermiddagen, från 12.15 till 16.04, gör ett programvarufel i övervakningssystemen att personalen på Midwest Independence Service Operator (MISO) inte får tillgång till korrekt information om statusen i överföringsnäten.

Kl. 13:31 upphör kraftproduktionen av 597 MW vid FirstEnergy Eastlake 5. Tillsammans med övriga avstängda kraftverk i området, innebar avbrottet att FirstEnergy fick importera 21 % av sitt kraftbehov. FirstEnergy utförde ingen riskanalys för att kunna vidta åtgärder om fler avbrott skulle inträffa.

Kl. 14:02 bryter Stuart-Atlanta, en 345 kV-ledning som utgör en del av överföringen från sydvästra till norra Ohio. Anledningen är en brand i buskvegetationen under ledningen. Förlusten av ledningen påverkade inte tillförlitligheten i First Energys system, men bidrog till att MISOs felande programvara inte kunde peka ut krisen i First Energys system förrän 16:04.

Kl. 14:14 uppstår fel i First Energys programvara för alarm och registrering. First Energys personal förblev omedvetna om detta fel. Strax därefter uppstår fel på flera av First Energys övervakningsterminaler.

Kl. 14:27 bryter ledningen Star-South Canton, men kopplas upp igen.

Kl. 15:05 bryter ledningen Harding-Chamberlain efter trädkontakt. Detta medför en extra belastning på ledningen Hanna-Juniper. Värmeutvecklingen i den överbelastade ledningen får den att hänga ner i träden, vilket medför kortslutning och strömmen stängs av automatiskt kl. 15:32.

Kl. 15:41 överbelastas ledningen Star-South Canton och en brytare i Star-ställverket slås ifrån. Därmed är förbindelsen mellan First Energys nät och ett nät som tillhör American Electric Power Co (AEP) brutet. AEPs Star-ställverk ligger också i nordöstra Ohio.

STRÖMMEN VÄLJER ANDRA VÄGAR

Med dessa ledningar bortkopplade reduceras överföringen mellan östra och norra Ohio kraftigt. Strömmen väljer omedelbart andra linjer, inklusive underliggande 138 kV-system som förbinder norra Ohio med det övriga nätet. Nu börjar även dessa linjer bli överbelastade. När spänningen sjunker, kopplas

förbrukning på cirka 600 MW bort i norra Ohio från industrikunder och eldistributörer.

Mellan 15.39 och 16.08 bryter strömmen automatiskt i flera 138 kV-kraftledningar över norra Ohio. Detta leder till att Akron och områdena västerut och söderut blir strömlösa.

Kedjereaktionen fortsätter, med fler ledningar som bryts och fler kraftblock som därför måste stoppas. Elkraften tar nya vägar, med överbelastade och brutna ledningar som följd.

Eastern Interconnection, kraftledningsnätet som omfattar 36 delstater i östra och mellersta USA och Kanada, splittras i två delar. I den norra delen finns New York City, norra New Jersey, New York, New England, kustprovinserna, östra Michigan, större delen av Ontario samt Quebecsystemet. Den södra delen av Eastern Interconnection påverkas inte av elavbrottet.

Kraftnätet i och omkring New York splittras. New England bildar en ö. Sydvästra Connecticut är avskuret från New England och förbindelsen med New Yorkområdet bryter inom en minut. Nätet i New York delas utefter en östvästlig linje, med norra New Jersey och sydvästra Connecticut anslutna till den östra delen av New York-nätet. Ontario och östra Michigan är anslutna till den västra delen av New York. Under nästa sekund separeras Ontario och New York, med resultatet att 15 % av staten New Yorks elkraftbehov automatiskt kopplas bort. Omkring 2 500 MW av Ontarios effektbehov kopplas automatiskt bort när Ontario försöker balansera sitt system.

ONTARIO SEPARERAR FRÅN NEW YORK

Ontario separerar från New York väster om Niagarafallen och väster om St. Lawrence. Sydvästra Connecticut separerar från New York och blir mörklagt.

Separeringen av Ontario och New York 16:10:50 får till resultat att New Yorks och Ontarios stora vattenkraftstationer och värmekraftverk vid Niagara och St. Lawrence, såväl som 765 kV-ledningarna och de högspända likströmsförbindelserna med Quebec, förblir anslutna till New York-nätet. På det sättet möts behovet i norra delen av staten New York och i området söder om Lake Ontario. Tre av överföringskretsarna nära Niagara återansluter automatiskt

Ontario till New York kl. 16:10:56. Ytterligare 4 500 MW av Ontarios belastning kopplas bort automatiskt.

Kl. 16:11:10 bryter Niagaraförbindelserna igen. New York och Ontario är åter separerade. De befolkningstäta delarna av Ontario mörkläggs efter denna separering, och 22 500 MW last av totalt 24 000 MW förblir bortkopplade.

Den östra delen av New York City ligger i mörker med endast fickor med strömförsörjning, medan 50 procent av behovet i den västra delen av New York kan tillfredsställas.

16:13 – Dominosekvensen huvudsakligen färdig



Området som påverkades av avbrottet kl. 16:13.

Kl. 16:13 har den större delen av norra sektionen av Eastern Interconnection (området inom den prickade linjen på figuren ovan) mörklägts.

Några isolerade områden med generering och förbrukning kvarstår på nätet i åtskilliga minuter. Inom vissa områden lyckas man hålla en nära balans mellan efterfrågan och kraftgenerering, vilket medför att dessa områden för-

blir i drift. Andra generatorer löser ut till slut och områdena som de betjänar mörkläggs.

En relativt stor ö med generering och last på omkring 5 700 MW, huvudsakligen i västra New York, blir kvar i drift. Tillförseln kommer från kraftverk söder om Lake Ontario vid Niagara och från överföringarna från Quebec. Den ön utgjorde bas för återställningen i både New York och Ontario.

Kl. 16:16 automatstoppas kärnkraftverket Oyster Creek i Forked River, New Jersey, beroende på svängningar i nätet.

Kl. 16:17 automatstoppas kärnkraftverket Enrico Fermi nära Detroit, då nätet faller bort. Kl. 16:25 händer samma sak med kärnkraftverket Indian Point block 2 och 3 i Buchanan, New York.

KEDJEREAKTIONEN AVSTANNAR

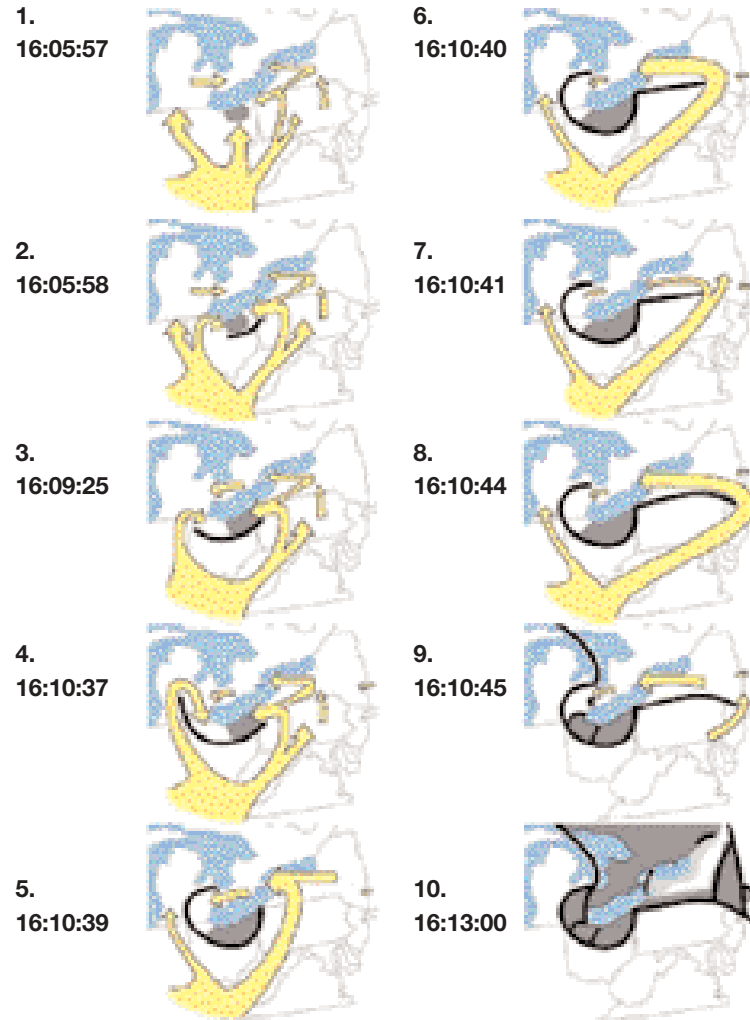
Elavbrott rapporteras nu från alla fem stadsdelarna i New York City och delar av Long Island, Westchester County, New Jersey, Vermont och Connecticut samt det mesta av Ontario inkl. Toronto, Kingston, Sudbury och London. Mest påverkades området runt de stora sjöarna: Michigan, Ohio, New York, Ontario, men även Quebec, norra New Jersey, Massachusetts och Connecticut.

När elavbrottet utvecklats fullt ut vid 16.30-tiden, uppskattas den bortkopplade förbrukningen från nätet till totalt 61 800 MW.

Att avbrottets verkningar bromsade upp, beror på att störningarna i elnätet dämpas ju längre ifrån startpunkten de når ut, ungefär som ringarna på vattnet när man kastar en sten. Ju mindre spänningsvariationerna blir, desto mindre är risken för att reläer i nätet slår ifrån. Störningarna bromsas även upp när de når nät med högre kapacitet, eller när fränkopplade ledningar isolerar angränsande nät från det påverkade området.



New York-bor promenerar över Brooklyn Bridge efter att elavbrottet stoppat tunnelbanan.



Utvecklingen av elavbrottet. De gula pilarna visar kraftflöden vid olika tidpunkter. Svarta linjer visar hur elnätet separeras från angränsande områden. Områden som drabbades av störningen är gråmarkerade.

TILLBAKA TILL NORMALLÄGE

Försöken att starta upp nätdelarna påbörjades omedelbart. Arbetet startade med att kraftledningar från Niagara kl 16:42 spänningssattes så att kärnkraftverket Bruce kunde starta. Verkets tre block var inne på nätet igen kl. 21:13. Med kraftmatning ut från Bruce, kunde sedan fler kraftverk successivt köras igång.

Viktiga linjer som knyter ihop området med Ohio och New York fungerade igen strax efter midnatt natten mot fredagen i Erieområdet.

Cirka två tredjedelar av den bortkopplade effekten var tillbaka kl. 05.00 den 15 augusti. Klockan 20:00 samma dag hade praktiskt taget alla abonnenter i New York City fått tillbaka strömmen.

Måndagen den 18 augusti var läget åter normalt i USA och samtliga amerikaner kunde återgå till arbetet.

I Kanada valde myndigheterna att gå ut med restriktioner för elanvändningen i offentliga byggnader i Ontario även under veckan som följde (18-22 augusti). Statligt anställda i Ontario uppmanades att om möjligt stanna hemma från arbetet den 18-19 augusti. De offentliga byggnaderna öppnades etappvis och elanvändningen i dessa byggnader begränsades ända fram till den 22 augusti. Först den 25 augusti bedömdes elanvändningen i samtliga byggnader kunna återgå till normalläge igen.



USA: Orsaker, konsekvenser och åtgärder

Händelser inträffar ständigt i ett så komplext system som det nordamerikanska kraftnätet. I normalfallet är nätet så robust att även akuta och därmed oplanerade händelser kan inträffa utan att kunderna upplever något speciellt. Vid varje händelse minskar dock marginalerna för att klara ytterligare en betydande incident. Om flera incidenter inträffar i snabb takt kan det utlösa en överbelastning av kvarvarande resurser med omedelbart eller fördröjt elavbrott som resultat.

De enskilda händelserna i början av händelseförloppet den 14 augusti förefaller alla vara av den art att de borde ha kunnat hanteras. Enligt de regler för tillförlitlighet som elkraftleverantörerna har att följa ska det finnas en åtgärdsplan att följa i händelse att något inträffar. Planen anger vilka åtgärder som ska vidtas och hur planeringen för en möjlig ny händelse ska gå till.

FYRA HUVUDORSAKER

Den amerikansk-kanadensiska undersökningskommissionen redovisar i sin slutrapport ett antal grundläggande problem och svagheter i den nordamerikanska elbranschen. Dessa brister hade avgörande betydelse för varför de initiala problemen i Ohio utvecklades till ett storskaligt elavbrott.

Kommissionen pekar ut fyra huvudsakliga orsaker till att incidenterna i Ohio tilläts eskalera till en okontrollerbar situation:

- Eldistributören FirstEnergy hade brister i den interna organisationen och otillräckligt utformade operatörsinstruktioner, speciellt vad gäller situationer med instabil spänning.
- FirstEnergy upptäckte eller förstod inte hur snabbt situationen i nätet försämrades.
- FirstEnergy hade inte röjt sina ledningsgator i tillräcklig omfattning.
- Omkringliggande nätorganisationer kunde på grund av datorfel inte bidra med information i realtid.

Det verkar som om viss kontrollrumspersonal missat att se helheten när fel uppstod som sedermera ledde till det rekordstora elavbrottet. Ett enstaka iden-

tifierat fel kan ha tagit större delen av personalens intresse. En bidragande orsak tycks ha varit att MISO drabbats av ett datorproblem.

Flera timmar före elavbrottet noterade FirstEnergy att spänningen på deras nät var låg, vilket kan vara ett tecken på otillräcklig reaktiv effekt. Detta trots att FirstEnergy importerade tusentals megawatt från södra Ohio. Samtidigt exporterade man dock reaktiv effekt till Michigan. Reaktiv effekt är den del av den totala effekten på kraftnätet som medverkar till att hålla spänningen i nätet på önskad nivå. Reaktiv effekt är ett mått på färförskjutningen mellan spänning och ström. När en kraftledning belastas kraftigt, ökar färförskjutningen och brist på reaktiv effekt kan uppstå. Vid stor brist på reaktiv effekt börjar apparater och nätsystem bete sig onormalt. Resultatet kan bli spänningsfall och ytterst en total spänningskollaps.

När brist på reaktiv effekt uppstår försöker kraftbolagen att snabbt kompensera för detta med hjälp av kondensatorbatterier eller genom att magnetisera generatorer i kraftstationerna.

DÅLIG SAMVERKAN MELLAN REGIONERNA

Cambridge Energy Research Associates, CERA, påpekade redan den 16 augusti att orsaken till elavbrottet sannolikt stod att finna i en kombination av orsaker. När terroristteorin var utesluten riktades intresset mot hur den operativa verksamheten bedrivits och hur olika aktörer samverkat. CERA pekade också på att årtal av eftersatta investeringar har börjat kräva sin tribut. Detta skulle kunna förklara varför kraftnätet var utsatt för sådana påfrestningar, varför överkapacitet och reserver inte förmådde förhindra en kollaps och varför avbrottet drabbade ett så stort område.

För CERA kom inte nätkollapsen som en överraskning. Elavbrottet kastar nytt ljus över frågor som har diskuterats inom kraftindustrin i flera år. CERAs experter påpekar att det framför allt är gränserna mellan olika regioner som är kritiska. Antalet förbindelser är för få och överföringskapaciteten är för låg. Bristerna inkluderar även dålig koordinering inom och mellan regionerna, vilket CERA bedömer vara den mest troliga orsaken till det storskaliga elavbrottet. I dag är nätets funktion att knyta samman köpare och säljare som söker bästa affär oberoende av gränser.

ETT KOMPLEXT SYSTEM

USAs partiella avreglering har resulterat i en hybrid mellan reglerad och oreglerad marknad. De regionala nätbolagens verksamhet är inte anpassad för att stödja funktionen i ett större regionalt nätverk.

Avregleringen har krånglat till ett redan komplext sammanfogat elkraftnät. Kommunikationer sker mellan 61 000 kraftverk, drivna av 3 000 företag och körda genom 142 kontrollrum, ett för varje Control Area. Dessa drivs i sin tur under 10 Reliability Councils. Operatörerna ska balansera elström från kraftverken in till nätet mot el som konsumeras av hushåll och företag. Komplexiteten är ett stort problem och misstag är vanligt förekommande. MISO har cirka 20 kontrollrum men håller nu på att etablera ett nätkontrollcentrum, som ger betydligt bättre överblick. Den verkliga ”knapptryckningen” för att styra laster och kraftgenerering utförs av individuella operatörer inom regionens 23 elföretag.

Många av systemoperatörerna menar också att den ökning av långdistansöverföringen av el som avregleringen har medfört, har lett till ökad stress hos operatörerna.

FÖRVIRRING I KONTROLLRUM

Under timmen före elavbrottet försökte personal i kontrollrummet till ett kraftverk i Ohio ta reda på varför överföringsledningarna felade och klagade över att ett datorhaveri gjorde detta svårt. Vid ett tillfälle bad en ingenjör vid MISO ingenjörer vid FirstEnergy att förklara varför de inte hade reagerat på ett elavbrott som rapporterats något tidigare. Svaret blev att de inte hade en aning och inte var informerade om en del av kraftfluktuationerna omkring dem. MISO-tekniker har i andra sammanhang klagat över FirstEnergy oförmåga att ställa diagnos på problemen i deras kraftsystem. FirstEnergy skyllde på datorproblem. Telefonutskrifter från kontrollrum visade på förvirring inte bara bland FirstEnergy nätoperatörer, utan att även andra företag hade problem med att inse vad som pågick denna eftermiddag. Under år 2002 hade branschen noterat 444 operatörsfel, varav en del hade potential att orsaka systemfel av dominokaraktär.

VIRUS- ELLER MASKANGREPP?

Den 5 september framkom det att FirstEnergy hade problem med att få in realtidsdata. Utskrifterna från telefonsamtal visar att MISO led av svåra funktionsfel i sin nätövervakningsutrustning och i den programvara de använder för att kommunicera med kraftföretagen. Telefonutskrifterna visar också på problem för International Transmission Company (ITC) i Michigan. Dessutom hade PJM Interconnection datorproblem den 14 augusti. Dessa sammanträffanden pekar på möjligheten av virus- eller maskangripna datorer. Datorproblemen kan ha hindrat personalen från att hantera elavbrotten och förhindra spridning. Elavbrottet inträffade i samma vecka som den viruslika masken Blaster drabbade cirka 700 000 datorer i världen.

KRAFTIGT ÖKAD TRANSMISSION

Avregleringen på elmarknaden har möjliggjort för aktörer att handla el över längre avstånd. Problemet är att kraftnätet inte konstruerades för detta, utan för att på ett pålitligt sätt flytta elektricitet över förhållandevis korta avstånd. Få större ledningar har byggts det senaste årtiondet. Stater där elektriciteten är billig är till och med försiktiga med att öka kapaciteten i befintliga ledningar, eftersom det möjliggör för deras kraftverk att sälja kraft utanför delstatsgränser. En energikonsultfirma som uttalat sig i frågan menar att bara en nationell myndighet kan tvinga delstater att acceptera överföringsledningar som inte direkt ligger i deras eget intresse. För närvarande saknar FERC (Federal Energy Regulatory Commission) den makten. Ett annat hinder är kostnaderna. Enligt en uppskattning krävs det mellan 30 och 50 miljarder dollar över de närmaste fem åren för att modernisera nätet.

DÖDSFALL OCH INFRASTRUKTURPROBLEM

Det finns inga exakta uppgifter om hur många som egentligen drabbades av avbrottet. Tidigt förekom uppgifter om att 50 miljoner människor – hela befolkningen inom de sex eldistributionsregioner som påverkades av elavbrottet – blev utan ström. Åtskilliga av dessa hade dock kontinuerlig tillgång till elektricitet. I New York-området, med sina 18 miljoner invånare, hade exempelvis nära 20 % av befolkningen tillgång till el.

Minst två personer dog i New York i samband med bränder som uppstod efter att levande ljus använts för att skapa ersättningsbelysning. Totalt omkom minst åtta personer på grund av elavbrottet.

I New York mobiliserades 40 000 poliser och stora delar av brandkåren för att upprätthålla ordningen första natten. Någon ökning av brottsligheten märktes dock inte.

I några regioner sjönk trycket i vattenledningar då pumparna stannade. Detta ledde exempelvis till att fyra miljoner vattenkunder i Detroit och Cleveland förlorade dricksvattenförsörjningen och senare fick rådet att koka sitt dricksvatten på grund av risk för förorenat vatten.

Endast minuter efter att New York City förlorade sin elförsörjning, började avloppsvatten läcka ut i omgivande vattendrag. Totalt läckte knappt 2 miljoner kubikmeter ut, vilket ledde till att stränder fick stänga på grund av risken för negativa hälsoeffekter.

TÅG OCH HISSAR STANNADE

Alla tåg in och ut ur New York City stoppades. I New York stannade dessutom över 600 tunnelbane- och pendeltåg mellan stationer. Hissar stannade mellan våningar och trafiksignaler slutade fungera. Bilister uppmanades att hålla sig borta från vägarna. Under många timmar var gator, broar och tunnlar belamrade av fordon och gående som försökte lämna Manhattan.

Några regionala flygplatser stängdes tillfälligt. En del flygplatser kunde drivas på reservkraft. I New York fick flygningar ställas in även efter att strömmen kommit tillbaka på grund av problem med att komma åt information i elektroniska biljettsystem. Air Canadas flygningar på morgonen den 15 augusti påverkades då tillförlitlig tillgång till elektricitet ännu saknades vid ett flygkontrollcenter i Ontario.

INFORMATION VIA BILRADION

Mobiltelefontrafiken stördes medan de fasta telefonsystemen fungerade relativt intakt i de flesta områden. Dock stördes denna kapacitet av att många försökte ringa. Mobiltelefonernas teckenfönster fick en oplanerad användning som belysning i mörka trappor.

De flesta teve- och radiostationer kunde fortsätta sända tack vare reservkraftaggregat. Nätanslutna teve- och radioapparater fungerar inte som informationskanal när elektriciteten slås ut. Den del av befolkningen som hade tillgång till bilradioapparater kunde dock få tillgång till information.

ÖKAD EFTERFRÅGAN PÅ KONTANTER

Många bensinstationer slutade fungera, då pumparna behöver elektricitet för att fungera. Endast fem av 54 bensinstationer i Detroitområdet var öppna. I Michigan utropade guvernör Jennifer Granholm på fredagen den 15 augusti undantagstillstånd i Detroit och beordrade nödsändningar med bensin från västra Michigan. Granholm sade att svarthandel förekommit inklusive ockerpriser på is. Öppna bensinstationer tog endast emot kontanter. Affärer tvingades i allmänhet hålla stängt på grund av risk för personskador, stöld och kassaapparater som inte fungerade.

Den vanligaste frågan till poliser under avbrottet var: "Var finns närmaste fungerande bankomat?". En annan vanlig fråga var just "Var kan jag köpa bensin?".

FABRIKER STÄNGDE

I den drabbade regionen finns en betydande andel av den amerikanska bilindustrin. Den påtvingade stängningen av ett femtiotal bilfabriker och komponenttillverkare berörde tiotusentals anställda. Många andra industrier drabbades hårt då produktionen stoppades. Petroleumindustrin påverkades omedelbart. Omkring 700 000 fat/dag i raffineringsskapacitet i amerikanska Mellanvästern och Kanada slogs ut. Som ett resultat av dessa produktionsstopp steg råolje- och bensinpriserna tillfälligt.

Ett raffinaderi i närheten av Detroit råkade ut för en mindre gasexplosion, vilket ledde till evakuering av närliggande områden och att Interstate 75 stängdes av. I Ontario orsakade elavbrottet ett oplanerat utsläpp till luft från ett raffinaderi, vilket resulterade i att närboende blev uppmanade att stänga fönster och dörrar.

ÅTGÄRDER

I de åtgärdsförslag som undersökningskommissionen rekommenderar ingår bland annat att ge FERC utökade befogenheter. Bland annat ska det gå att vitesförelägga de aktörer som inte följer föreskrivna eller överenskomna regler. Ett förslag innebär att FERC skall kunna föreskriva att NERC (North American Energy Reliability Council) utvecklar operativa krav för ökad tillförlitlighet, samt att aktörerna blir tvungna att både vara medlemmar av NERC och en RTO (Regional Transmission Organization). FERCs ökade befogenheter skulle således innebära starkare krav på regional samverkan. Reglerna skulle kräva att varje publikt energiföretag som äger, driver eller styr anordningar för överföring av elektrisk energi i mellanstatlig handel ingår i en RTO.

Det finns även skärpta krav på samverkan över regiongränserna. Detta kommer att kräva investeringar i övervaknings- och kommunikationssystem, men framför allt klarare ansvar och befogenheter.

Ytterligare investeringar i stamnätet är sannolikt att vänta. NERC vill se att alla investeringar i kraftnätet knyts till en regional planeringsprocess. NERC vill även öka kraven på skydd av det lokala nätet mot överbelastning, även om det inte får ske på bekostnad av tillförlitligheten i närliggande områden.

Ett ytterligare önskemål är att kongressen gör tillförlitlighetsstandarder obligatoriska.



Elavbrottet i Italien

Natten till den 28 september 2003 drabbades Italien av ett omfattande elavbrott som mörklade hela landet, med undantag av Sardinien. Cirka 55 miljoner människor berördes.

Det som utlöste avbrottet var överbelastningen av en 380 kV-ledning i Schweiz. Eftersom ledningsgatan var dåligt röjd inträffade ett överslag, vilket i sin tur ledde till att andra kraftledningar kopplades ifrån automatiskt.

Italien är starkt beroende av import av kraft från sina grannländer. Importbehovet utgör cirka 17% av elförbrukningen. EU-genomsnittet är 2 procent.

Det stora importberoendet har två huvudsakliga orsaker. Vid en folkomröstning för 20 år sedan beslöt italienarna att kärnkraften skulle avvecklas. Kärnkraften utgjorde då endast 4% av landets elproduktion, att jämföras med genomsnittet inom EU som är 35%. Miljöhänsyn och lokala protester har under tiden efter folkomröstningen bromsat tillkomsten av nya kraftverk. Den ökade efterfrågan på el har därför inte kunnat tillgodoses med inhemsk kraftproduktion. Italiens avveckling av den egna kärnkraften har paradoxalt nog därför skapat ett beroende av import från kärnkraftverk i Frankrike.

Elimporten sker över 15 kraftledningar från grannländerna i norr. Den mesta effekten importerar från Schweiz och Frankrike, medan Slovenien och Österrike står för mindre andelar.

Vid avbrottsfallet täcktes nära en fjärdedel av Italiens effektbehov med import.

ÖVERSLAG I HÅRT BELASTAD LEDNING

Klockan 03.00 natten till den 28 september var effektbehovet i Italien 27,7 GW, varav 24% eller 6,7 GW täcktes med import. Av förbrukningen gick 3,6 GW till pumpkraftverk. Det innebär i kombination med långa överföringsavstånd en stor förbrukning av reaktiv effekt, vilket kan ha påverkat händelseförloppet.

Under natten var importen via Schweiz 23% större än planerat, samtidigt som Frankrikes leveranser i motsvarande grad var mindre.

Händelsekedjan börjar med att den schweiziska 380 kV-kraftledningen Mettlen-Lavorgo ("Lukmanier-ledningen") råkade ut för ett överslag mellan



Elavbrottet i Italien

en fas och ett träd. Det gjordes flera automatiska samt ett manuellt försök att koppla in ledningen igen, men försöken misslyckades. Avbrottet medförde kraftigt ökad belastning på närliggande ledningar. Det gällde i särskilt hög grad för 380 kV-ledningen Sils-Soazza ("San Bernardino-ledningen"). Överbelastningen bedömdes under de rådande omständigheterna som acceptabel.

Kl. 03:11 tar den centrala kontrollen för högspänningsöverföring, ETRANS i Laufenburg i Schweiz, kontakt med den italienska nätoperatören GRTN och begär att effektbehovet på den italienska sidan ska minskas med 0,3 GW. Inom 10 minuter är minskningen genomförd. Vissa åtgärder vidtogs även i Schweiz. Avsikten var att genom effektbegränsningen återföra systemet till ett säkert drifttillstånd. Det visade sig snart att åtgärderna var otillräckliga.

Kl. 03:25 drabbas kraftledningen Sils-Soazza i Schweiz av ett överslag mellan en fas och jord. Den sannolika anledningen var att ledningen på grund av uppvärmning töjdes och kom i kontakt med ett träd. Som en omedelbar konsekvens överbelastas 220 kV-ledningen Airolo-Mettlen kraftigt. Det automatiska skyddet bryter förbindelsen efter 4 sekunder.

ITALIEN ISOLERAS

Överbelastningen är nu inte längre acceptabel och inom några få sekunder bryts ledningarna till Italien automatiskt. Italien är nu separerat från det europeiska nätet och helt beroende av den egna, otillräckliga kraftproduktionen. Under perioden med kraftig överbelastning drabbas norra Italien av allvarliga instabilitetsproblem. Kraftiga spänningsfall leder till att flera kraftstationer kopplas bort.

Åtgärder som bland annat bortkoppling av pumpkraftverk visar sig vara otillräckliga, då flera italienska kraftstationer redan kopplats ifrån. De kraftiga avvikelserna i spänning och frekvens räckte för att automatiska skydd skulle träda i funktion och koppla ifrån de enheter de är avsedda att skydda.

Mörkläggningen av Italien var ett faktum.





Orsakerna bakom elavbrottet i Italien

Kraftnäten i centrala Europa utformades till stora delar under 1950-talet. De utformades för den tidens behov och inte för den omfattande export och import av kraft som näten används för idag. Liksom i USA har ett kraftnät som i huvudsak dimensionerats för regional kraftöverföring kommit att utnyttjas för kraftöverföring över längre avstånd. Eftersom belastningen på näten har ökat snabbare än kapaciteten, arbetar näten allt närmare den fysiska gränsen för vad de förmår. Sannolikheten för ett haveri har därför ökat med åren.

PROBLEMET UNDERSKATTADES

Enligt den gällande strategin för säkerhetsplanering ska de ansvariga nätope-
ratörerna i alla lägen ha en plan för vilken åtgärd som ska vidtas i det fall ett
fel inträffar. Genom att vidta den planerade motåtgärden ska nätet återföras
till den stabilitet som rådde före den inträffade händelsen. Man har cirka 15
minuter till sitt förfogande för att vidta rätt åtgärd.

Innan det totala elavbrottet var ett faktum försökte operatörerna i Schweiz
vid flera tillfällen koppla in den förlorade fasen utan framgång. Att det inte
lyckades berodde sannolikt på brist på reaktiv effekt. Det ledde till att
säkerhetsutrustningen omedelbart bröt förbindelsen när inkopplingsförsöken
gjordes.

Mycket talar för att den personal som övervakade näten både i Schweiz
och i Italien inte insåg situationens allvar i tid. De åtgärder, bland annat effekt-
begränsningen i Italien, som vidtogs var för begränsade och skedde för sent
för att återföra nätet till stabila driftförhållanden. De schweiziska operatörer-
na förefaller att ha saknat insikt om hur allvarlig situationen var för San Ber-
nardino-ledningen och därför begärde otillräckliga motåtgärder vid kontakt
med sina italienska kollegor. De italienska operatörerna blev därför inte upp-
märksammade på hur brådskande motåtgärderna var.

OTILLRÄCKLIG RÖJNING AV LEDNINGSGATOR

Dåligt röjda ledningsgator kan ha varit en bidragande faktor till de överslag
som blev resultatet av att ledningarna överbelastades. Den schweiziska stark-



Orsakerna bakom elavbrottet i Italien

strömsinspektionen IFICF bekräftar att kraftledningsgatan Lukmanier skulle röjas under hösten.

OENIGHET I ANSVARSFRÅGAN

I efterdyningarna till det italienska elavbrottet har schweiziska myndigheter och operatörer å ena sidan och italienska och franska myndigheter å andra sidan försökt skjuta skulden för det inträffade på varandra.

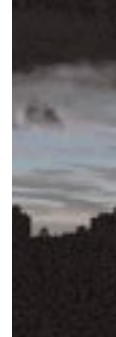
Schweizarna anser att de blivit dåligt informerade och att det schweiziska nätet regelmässigt har belastats hårdare än avtalat. De anser att den italienska operatören GRTN gjorde för litet och handlade för sent. Italien borde ha stängt av ett eller flera pumpkraftverk och på så sätt minskat belastningen på de kvarvarande förbindelserna.

I franska och italienska kommentarer hävdas att de schweiziska operatörerna inte vidtog åtgärder inom det egna landet utan istället tog kontakt med Italien. Det anses att schweizarna formellt sett inte uppfyllde kravet på att återställa stabil drift och inte vidarebefordrade erforderlig information om situationen.

Krav har framförts på en oberoende analys av samordningsrutinerna mellan de tre berörda nätoperatörerna.

Färre aktörer i Schweiz med ett mer samordnat agerande och ett bättre samarbete över gränserna krävs för att liknande händelser ska kunna undvikas i framtiden. Det faktum att Schweiz står utanför EU kan ha haft en viss betydelse. Den schweiziska myndigheten instämmer i behovet av samordning i enlighet med EUs förordningar rörande kraftöverföring.





Elavbrottet i Sydsverige och östra Danmark

Klockan 12.36 den 23 september 2003 drabbades det svenska stamnätet av en omfattande störning. Sydsverige blev strömlöst söder om en linje mellan Varberg och Norrköping. Eftersom stamnätet i östra Danmark är sammankopplat med det svenska, fortplantades störningen även till Själland och Bornholm. Inom en timme efter avbrottet kunde elleveranserna återupptas. Efter ytterligare cirka fem timmar kunde alla elleveranser i Sverige tillgodoses.

I Sverige förlorade cirka 857 000 kunder sin elförsörjning. De uteblivna elleveranserna uppgick till cirka 10 miljoner kWh. Den samhällsekonomiska kostnaden kan schablonmässigt uppskattas ligga inom intervallet 500-780 miljoner kronor. Till detta kommer medborgarnas merkostnader samt cirka 400 miljoner kronor i intäktsbortfall för uteblivna elleveranser från Oskarshamn 3.

Upphovet till störningen var två större, från varandra oberoende, tekniska fel som inträffade inom loppet av fem minuter. De konsekvenser som uppstod i kraftdistributionen blev alltför svåra för stamnätet. Resultatet blev att det svenska nätet delades och att sydöstra Sverige och östra Danmark blev utan ström.

OSKARSHAMN 3 STÄNGS

Innan störningen inträffade var driftsituationen normal i det nordiska kraftsystemet. Elförbrukningen i Sverige var cirka 15 000 MW, vilket motsvarar drygt hälften av den maximala konsumtionen.

Flera av de svenska kärnkraftverken var avstängda för servicearbeten, vilket planmässigt sker under perioder med låg elförbrukning. Två stamnätsledningar i Mellan- och Västsverige var tagna ur drift för underhållsarbeten. Det fanns ändå goda marginaler i nätet.

Kl. 12.30 inträffade ett fel på en ventil i kraftblock 3 vid kärnkraftverket i Oskarshamn. Felet ledde till manuell nedstyrning av blocket. Inom loppet av 10 sekunder sjönk generatorns effekt från 1 176 MW till 800 MW. Nedstyrningen följdes direkt av ett snabbstopp, som innebar att effekten gick ned till 0 MW efter ytterligare 10 sekunder. Ett par sekunder senare slogs generatorbrytaren ifrån.

Produktionsbortfallet gav en obalans i systemet och därmed en frekvenssänkning ned till 49,66 Hz. I det svenska och nordiska elsystemet finns ständig beredskap för sådana händelser. Frekvensfallet hävdades med hjälp av momentan störningsreserv från vattenkraften i Sverige, Norge och Finland samt nödeffekt via Konti-Skan 1 (ledning mellan Jylland och Västsverige). Överföringen från grannländerna och från norra Sverige ökade och frekvensen stabiliserades inom intervallet 49,8 - 49,9 Hz. Totalt ökade importen från 2 395 MW till 3 079 MW.

Stängningen av reaktorn ledde därför inte till att någon elanvändare drabbades av avbrott.

EN FRÅNSKILJARE HAVERERAR I HORRED

Fem minuter efter stoppet i Oskarshamnsverket havererade en frånskiljare i ställverket i Horred, nära Varberg. När frånskiljaren kollapsade uppstod en ljusbåge mellan två skilda faser i de intill varandra liggande samlingsskenorna som kärnkraftsblocken Ringhals 3 och 4 är anslutna till. Samlingsskeneskydden för A och B-skenorna kopplade bort alla anslutna objekt inom cirka 0,1 sekunder. Den enda ledningen som förblev ansluten var ledningen mellan Horred och Söderåsen. På grund av felet i Horred stoppades Ringhals block 3 och block 4, eftersom blockens anslutningsledningar fränkopplats. Block 4 lyckades gå över i husturbindrift, vilket innebär att generator och reaktor behålls i drift utan anslutning mot yttre nät. Produktionen anpassas till att försörja blockets egenförbrukning. Tack vare husturbindriften kan blocket på kort tid åter ansluta sig till nätet och leverera effekt.

I samband med felet stoppades en av likströmsförbindelserna till Jylland, vilket innebär ett bortfall av import om 250 MW.

Importen till Sverige ökade efter detta till 3 767 MW.

Systemet är dimensionerat för att kunna återställas inom 15 minuter till ett sådant tillstånd att det klarar ett nytt dimensionerande fel. I detta fall inträffade den andra störningen efter endast 5 minuter och i en underfrekvenssituation, varför en normal uppreglring och stöd från grannländer inte kunde

förväntas. Trots detta lyckades Finland och Norge leverera ytterligare cirka 870 MW, vilket motsvarade nära 50 % av bortfallet.

Felet i Horred innebar att 400 kV-nätet blev uppbrutet på västra kanten. Skåne var fortfarande anslutet mot norr.

INLEDANDE PENDLINGAR OCH SJUNKANDE SPÄNNINGAR

Sekunderna efter felet i Horred uppstod kraftiga pendlingar som gav djupa spänningsfall i söder. Efter cirka 10 sekunder var dessa initiala pendlingar på väg att dämpas ut. Då inträffade fränkopplingar i 220 kV- och 130 kV-näten som startade nya pendlingar. Även dessa pendlingar dämpades ut varefter spänningarna temporärt stabiliserades kring 360-370 kV i ett område från Söderåsen i Skåne via Sege till Hall och Åker i Södermanland.

Som en konsekvens av bortkopplingen av samlingsskenorna i Horred klipptes 400 kV-systemet upp helt på den sydvästra sidan. Detta medförde att södra Sverige endast matades via två 400 kV-ledningar på östsidan samt från Själland.

Efter felet i Horred sjönk spänningarna på stamnätet successivt.

Eftersom södra Sverige saknade produktion som kunde stötta spänningen i stamnätet, sjönk spänningen i sydöstra Sverige mycket snabbt. När spänningarna hade nått dessa låga nivåer, kunde stamnätet inte längre föra över önskad effekt mot södra Sverige. Resultatet blev att spänningarna under några sekunder sjönk ytterligare mot extremt låga nivåer samtidigt som spänningvinklarna ökade mellan norr och söder. Hela detta fenomen med fallande spänningar brukar benämnas ”spänningskollaps”.

SAMMANBROTET

Spänningssänkningen i kombination med den höga överföringen på de två kvarvarande 400 kV-ledningarna gjorde att ledningsskydden uppfattade förhållandet mellan spänningar och strömmar som en kortslutning. Effektbrytare kopplade bort ledningarna mellan Mellansverige och Sydsverige ungefär samtidigt.



Den tjocka svarta linjen markerar det område som blev strömlöst efter att ledningarna frånkopplats. (Sv Kraftnät)

DANMARK DRABBAS

Strax innan felet i Horred inträffade importerades knappt 500 MW från Danmark till Sverige. Felet gav upphov till effektpendlingar, som klingade av efter cirka 20 sekunder.

När det svenska systemet delades upp matades initialt hela förbrukningen i Sydsverige och på Själland av det danska produktionssystemet. Detta innebar en kraftigt ökad pålastning som generatorerna svarade på genom att öka sin utmatning. Den drivande kraften för att klara pålastningen bestod endast av rörelseenergin i den roterande maskinmassan av generatorer och turbiner. Den var dock liten i förhållande till pålastningen och maskinerna bromsades ner mycket snabbt. Varvtalet och därmed frekvensen sjönk därför till nivåer som generatorernas skyddsutrustningar reagerade på och generatorerna kopplades bort från nätet inom några sekunder. Även andra skydd kan ha reagerat på de mycket höga effekter som kortvarigt matades ut från generatorerna.

Nätet i Sydsverige och Själland hade inga förutsättningar att klara situationen på egen hand utan bröt samman, varvid alla spänningar föll till noll.

Mindre än 10 sekunder efter uppdelningen av nätet i Sverige, slogs samtliga brytare från i Söderåsen. Därmed separerades Själland från det nu isolerade sydsvenska nätet. All lokal produktion i Sydsverige samt all produktion på Själland upphörde i och med sammanbrottet.

OMFATTNINGEN AV STÖRNINGEN

Delningen av stamnätet innebar att den södra delen av Sverige och Själland till en början hängde samman i ett delsystem som mycket snabbt kollapsade. Den kvarvarande svenska delen bestående av Norrland, merparten av Svealand samt norra Västsverige stabiliserades snabbt. Till detta bidrog att utlandsförbindelserna till Norge och Finland var intakta. Likströmsförbindelsen till Jylland kunde snart återställas. Det norra delsystemet utgjorde därmed en stark grund för återuppbyggnaden.

Under störningen uppstod kraftiga pendlingar i effekt och spänning i förbindelsen mellan Sydsverige och Själland. Pendlingarna påverkade även de danska värmekraftverken. Inget av dessa klarade av att övergå till husturbin-

drift. Störningen orsakade en transformatorskada på Asnäsverkets block 5, som är det största värmekraftblocket på Själland. Skadan medförde att blocket inte kunde användas vid återuppbyggnaden av elförsörjningen.

Momentant kopplades cirka 4 700 MW förbrukning bort i Sydsverige.

Ungefär klockan 18:30 rapporterades att alla kunder åter var anslutna till nätet. Den totala elleverans som uteblev under störningen beräknades till cirka 10 miljoner kWh på den svenska sidan.

ÅTERUPPBYGGNADEN

Återuppbyggnaden av stamnätet kunde snabbt påbörjas från den intakta norra delen av stamnätet. Ledningar tillkopplades efterhand genom Östergötland och Småland ner till Blekinge och Skåne, dit spänningen nådde efter ungefär en timme.

På Västkusten blev uppbyggnaden fördröjd på grund av obalanser i nätet. Dessa berodde på att den skadade frånskiljaren kunde leda ström i två faser men inte i den tredje fasen. Skyddsutrustningar reagerade på obalanserna vid olika tillkopplingsförsök, som därmed misslyckades. När skadan på frånskiljaren hade åtgärdats kunde uppbyggnaden av nätet fullföljas även här.

Så länge nätet på Sydsveriges västra sida inte kunde återställas, var den uppbyggda östra delen inte tillräckligt stark för att all bortkopplad elförbrukning skulle kunna återanslutas. Spänningen var instabil, främst beroende på att en utrustning för fjärrkontroll inte fungerade som den skulle. I takt med att elproduktion från bland annat gasturbiner kunde anslutas, blev det efterhand möjligt att tillgodose all efterfrågan på el.

Återuppbyggnaden av elförsörjningen på Själland kunde starta när kabelförbindelserna över Öresund blivit spänningssatta från Sverige. Detta skedde en dryg timme efter störningen.

Kl. 13.00 försvann möjligheten att fjärrmanövrera stamnätsstationen Alvesta, på grund av avbrott i fjärrkommunikationen. Personal skickades ut till Alvesta-stationen för lokal manövrering av brytarna.

UNDERHÅLLSARBETEN AVBRÖTS

Två ledningar i Sydsverige, Strömna-Breared och Hallsberg-Kimstad, var ur drift på grund av underhållsarbeten. Beslut togs att avbryta pågående underhållsarbeten på ledningarna och vidta åtgärder för att åter ta berörda ledningar i drift.

Även ledningen Hemsjö-Karlshamn var ur drift för byte av isolatorporcelain. Här togs ett tidigt beslut att påskynda arbetet för att så snabbt som möjligt kunna få in Karlshamn 3. Ledningen skulle ha tagits i drift kl. 17.00 men tack vare forceringen blev den klar redan kl. 14.32.

ÅTERSTART MED STÖD AV VÄRMEKRAFT OCH GASTURBINER

Balansen i det nordiska elsystemet efter felet såg god ut, trots att flera kärnkraftsblock hade stoppats och att all produktion på Själland var borta. Tillgången på vattenkraft för reglering var god, både i Sverige och i Norge. Svårigheten var att kunna överföra kraften till södra Sverige.

Svenska Kraftnät begärde start av värmekraftblocket Karlshamn 3 samt gasturbinerna. Gasturbinerna kunde startas först när stationerna spänningssatts och nätet runt omkring var tillräckligt stabilt. De körde vidare tills annan produktion och minskad förbrukning under kvällen medgav att de kunde stoppas.

Av kärnkraftsblocken var det bara Ringhals 4 som klarade övergång till husturbindrift. Blocket kopplades tillbaka in på nätet kl. 13.59 för att sedan kopplas från igen kl. 17.56 då blocket ännu en gång klarade husturbindrift. Denna gång återkom blocket kl. 18.14. Ringhals 3 kom tillbaka dagen därpå kl. 13.20. Oskarshamn 3 som fränkopplades i den inledande störningen fick återstarten uppskjuten under lång tid. Den bortkopplade vattenkraften var i storleksordningen 100 MW. Denna återkom allteftersom regionnätet återuppgjordes.

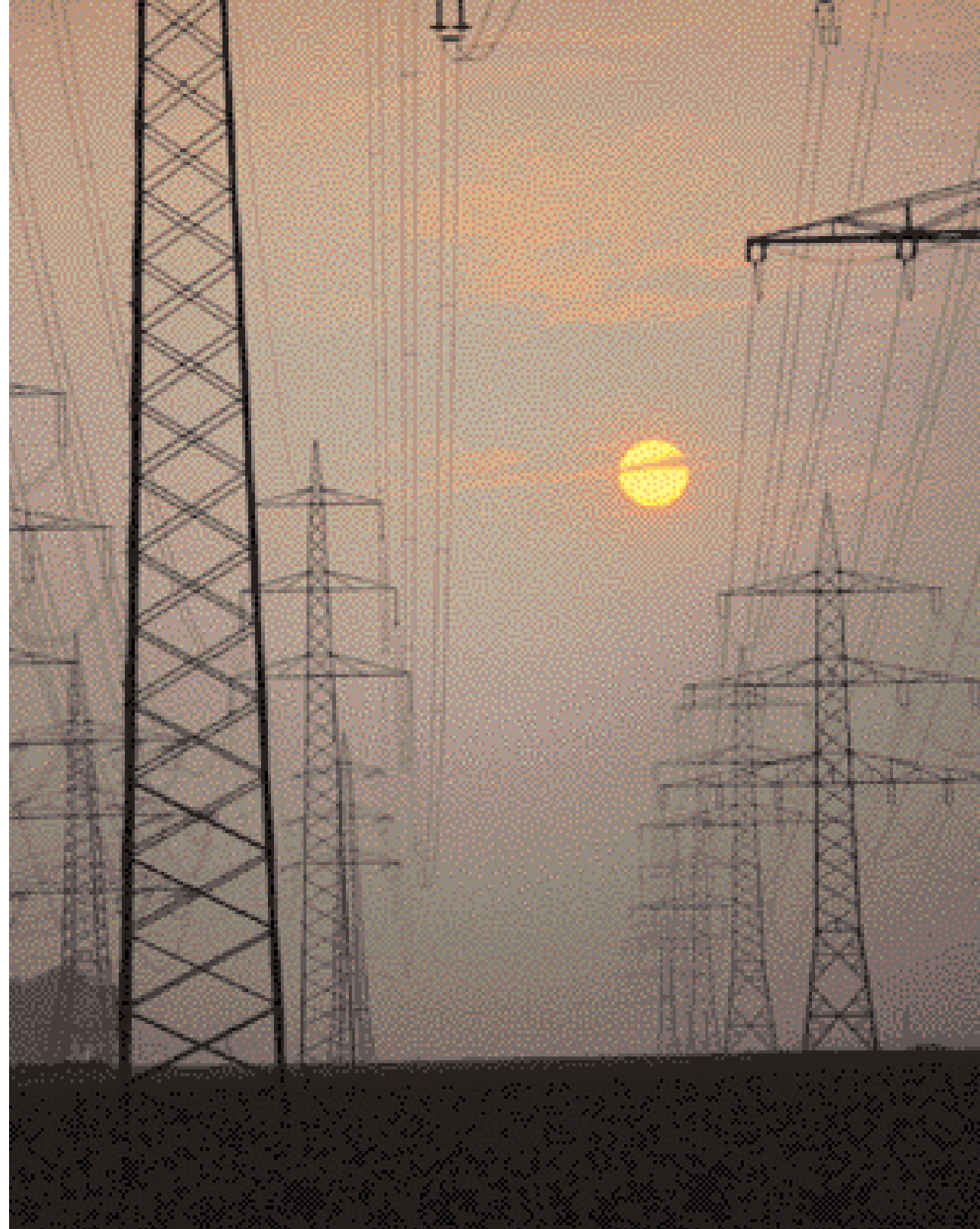
SJÄLLAND FICK VÄNTA PÅ SPÄNNING FRÅN SVERIGE

På Själland lyckades nätoperatören inte genomföra en så kallad dödnätstart, utan tvingades att vänta på spänning i Söderåsen innan återuppbyggnaden av



Elavbrottet i Sydsverige och östra Danmark

nätet kunde påbörjas. Kl. 13.46 kopplades 400 kV förbindelserna mellan Själland och Sverige in. Spänningarna pendlade innan någon spänningsreglerande anläggning blev inkopplad. Kl. 14.15 kopplades Kyndbyverket in på nätet. Övriga större värmekraftverk startades allteftersom de fick spänning. När spänningen blivit stabil kunde de mindre värmekraftverken och vindkraftverken åter tillkopplas. Efter kl. 19 fick underliggande nätbolag på Själland tillåtelse att koppla in återstående förbrukning.





Konsekvenser av störningen i Sydsverige

I Sverige mörklades ett område med cirka 2,6 miljoner människor. 96 kommuner med 857 000 elkunder och närmare 90 företag och andra verksamheter berördes. Den icke levererade energin under avbrottet uppgick till ca 10 miljoner kWh. En schablonmässig avbrottsvärdering som kan härledas ur Svenska Elverksföreningens rapport från år 1994 är 50 kr/kWh. Om denna försiktiga värdering tillämpas blir en uppskattning av kostnaderna i Sverige för elavbrottet omkring 500 miljoner kronor.

Kortast var elavbrottet i delar av Nyköping och Linköping, där det endast varade någon minut. Längst avbrott hade Uppvidinge kommun i Småland, där de sista elkunderna kopplades på 18.30, efter cirka sex timmars avbrott.

Även om avbrottet var mycket omfattande, lindrades följdverkningarna av att det inträffade under lunchtid och vid relativt varmt väder. Det inträffade också under en period av lågkonjunktur, vilket gjorde det lättare för en icke fullbelagd industri att ta igen förlorad produktion.

Ingen behövde således frysa. Däremot orsakade elavbrottet en rad mer eller mindre förutsägbara hinder i människors vardagsliv.

Hissar stannade mellan våningar, elektriska dörröppningar och lås slutade fungera, tåg stannade.

Inom industrin uppstod störningar i tillverkningsprocesser och leveranser. Handeln och bankerna fick svårigheter med att säkra varor och ekonomiska transaktioner.

KONSEKVENSER FÖR DET DANSKA SAMHÄLLET

Att Danmark drabbades av det svenska avbrottet beror på att Själland och Bornholm står i förbindelse med det svenska ledningsnätet. Sammanlagt drabbades 2,4 miljoner danskar i upp till 7 timmar. Totalt uppskattas mängden icke-levererad energi till cirka 8 miljoner kWh.

Asnäsverkets största enhet, block 5, skadades av de stora svängningarna i nätet och kunde efter reparationer tas i drift igen först den 19 november. Ett block skadades även i Avdöreverket. De sammanlagda kostnaderna för reparationer och inkomstbortfall beräknades till 135 miljoner danska kronor.

Det fasta och mobila telefoninätet klarade driften med hjälp av reservkraft. Efter några timmar blev dock flera av mobilnätets basstationer strömlösa.

Inkommande flyg till Köpenhamns flygplats stoppades. Totalt drabbades 166 flyg av sammanlagt 71 timmars försening.

Tågtrafiken på Själland stod helt stilla fram till kl. 16.42. Vid 21-tiden fungerade tågtrafiken i nästan normal omfattning.

ERFARENHETER OCH ÅTGÄRDER

De regler för driftsäkerheten som tillämpas i det nordiska kraftsystemet innebär i korthet att en bortkoppling av en enskild komponent – kraftstationsblock, kraftledning eller samlingskrena – ska kunna ske när som helst utan att det leder till avbrott i elleveranserna.

Störningen den 23 september ledde till att en drygt tre gånger så svår påfrestning uppstod, vilket blev mer än vad stamnätet förväntades klara. Det finns anledning att fråga sig om nuvarande driftsäkerhetsregler på rätt sätt avspeglar samhällets behov av en säker elförsörjning. En översyn av regelverket för kraftsystemets dimensionering och driftsäkerhet kommer därför att genomföras inom Nordel – de nordiska stamnätsföretagens samarbetsorganisation. Översynen kommer att göras mot bakgrund av konsekvenserna i samhället av omfattande elavbrott.

STÄLLVERK BYGGS OM

Följdefelet med ljusbågen som gav kortslutning i ställverket i Horred pekar på den risk det innebär att vissa ställverk är uppbyggda med näraliggande samlingskrenor. Svenska Kraftnät arbetar för att åtgärda de kritiska ställverken, i första hand ställverket i Horred.

STAMNÄTET FÖRSTÄRKS

Störningen har på nytt riktat strålkastarljuset på hur sårbar elförsörjningen till Sydsverige är. Det sydsvenska stamnätet är inte lika väl utbyggt som i andra delar av landet. En ytterligare förstärkning av överföringskapaciteten till Sydsverige genomförs. Svenska Kraftnät kommer att starta projektering av en ny 400 kV-ledning från Mellansverige.

UNDERHÅLLSVERKSAMHETEN UTREDS

Haveriet på frånskiljaren inträffade trots regelbunden kontroll. Det kan tyda på brister vid planering och uppföljning av underhållet. Svenska Kraftnät har inlett en översyn av metodik, åtgärder och intervall för tillsyn och revision av frånskiljare.

Underhållet av stamnätets anläggningar har hittills kunnat ske effektivt genom upphandling i konkurrens av entreprenörstjänster samt med små personalinsatser från Svenska Kraftnäts sida. Utvecklingen går dock i en riktning som kan innebära att Svenska Kraftnät på ett mer aktivt sätt måste säkerställa rätt kvalitet och säkerhet i underhållsverksamheten. En utredning genomförs för att klarlägga behovet av att förändra metodik och resursbehov för att styra och följa upp stamnätets underhållsverksamhet framöver.

HUSTURBINDRIFT GER SNABBARE ÅTERSTART

För att kraftsystemet skall kunna fungera i ansträngda situationer krävs att överföringsnäten och kraftstationerna är anpassade till varandra och uppfyller vissa tekniska specifikationer. Det är speciellt viktigt att stora värmekraftstationer klarar av att återstarta snabbt genom övergång till så kallad husturbindrift, om de kopplas bort vid störningar. Svenska Kraftnät kommer att i föreskrifter reglera de systemtekniska kraven på kraftstationer. En utredning kommer att genomföras om vilka ytterligare åtgärder som kan vidtas för att öka förmågan att klara övergång till husturbindrift.

FJÄRRKONTROLL MÅSTE FUNGERA BÄTTRE

Under störningen den 23 september inträffade några tekniska fel som gjorde att fjärrkontrollen av ett antal anläggningar inte fungerade. Detta är inte acceptabelt med tanke på att sådana fel kan fördröja återuppbyggnaden av elförsörjningen. Orsakerna till bortfallen av fjärrkontrollen ska utredas och åtgärdas. Samtidigt ska riskerna för att felen upprepas i andra anläggningar elimineras. Andra väsentliga risker för bortfall av telekommunikationerna i enstaka stationer och driftcentraler skall klarläggas genom samverkan inom elbranschen.

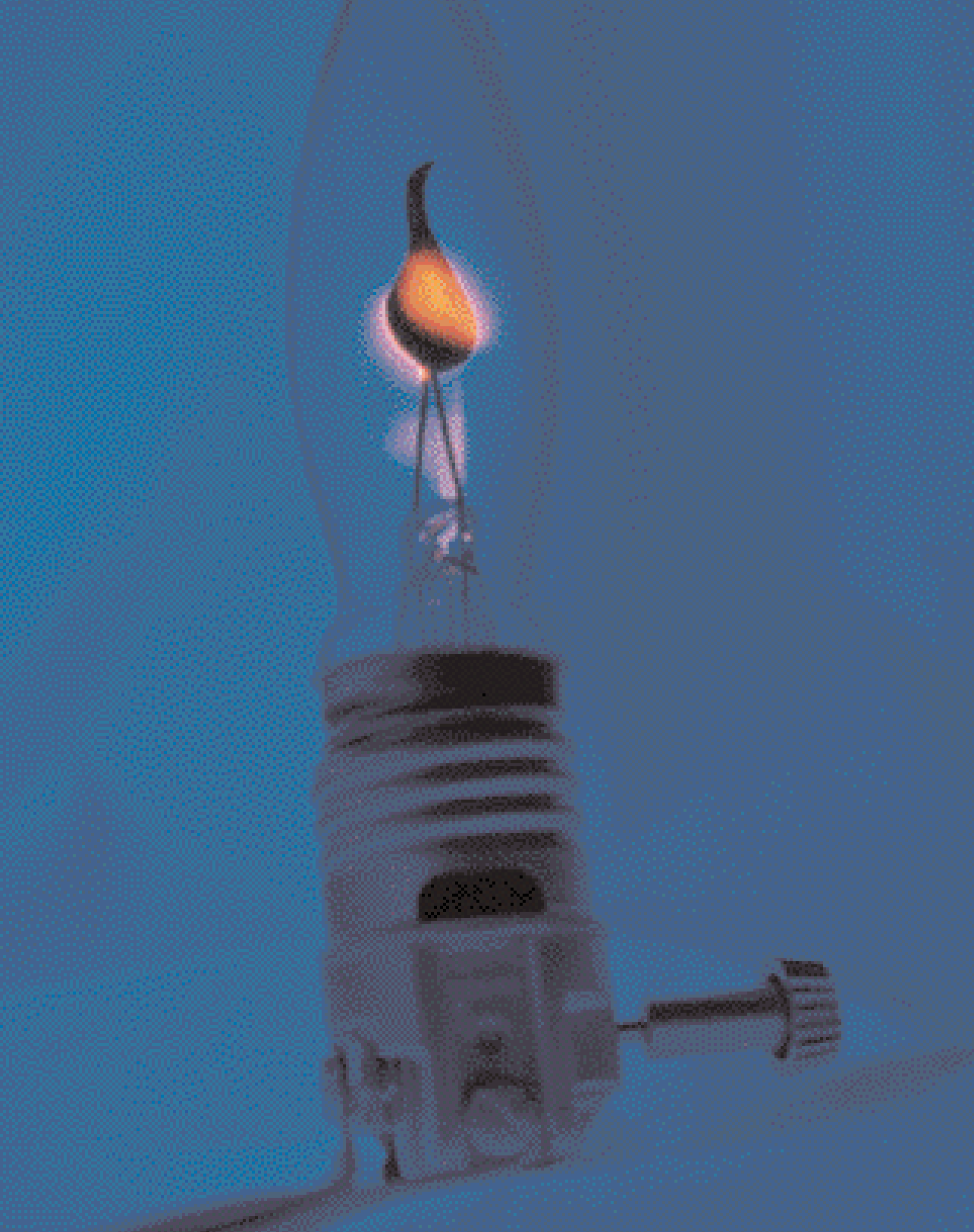


Konsekvenser av störningen i Sydsverige

INFORMATIONSHANTERINGEN SES ÖVER

En stor del av informationshanteringen under störningsskedet fungerade bra, medan andra delar kunde ha hanterats bättre. Svenska Kraftnäts förmåga att effektivt hantera informationsprocessen i krisartade situationer ska förbättras genom ökat fokus på strukturering, arbetsfördelning och hjälpmedel samt genom fler övningar.





Slutsatser

Störningen i USA och Italien visar på uppenbara brister i organisation och ansvarsfördelning hos de många aktörer som står för driften av de större transmissionsnäten.

OGENOMTÄNKT AVREGLERING FÅR SKULDEN I USA

I USA betraktas avregleringen av många som ett nyliberalt experiment och en orsak till problemen. Det krävs tydliga spelregler för att en avreglering ska resultera i eftersträvd konkurrens med bibehållen tillförlitlighet. När tidigare lokala elnät ska fungera som bärare av stora effekter över långa avstånd, ställs mycket större krav på såväl nätet som på hur det övervakas.

Kraftnätet i USA utnyttjas allt hårdare. Det beror både på allmänt ökad ekonomisk tillväxt och ökad efterfrågan på el, men också på den ökade konkurrensen mellan marknadens aktörer. De nät som ursprungligen utformades för att tjäna närliggande lokala energibolag används idag som "superhighways" för regional krafthandel.

Det amerikanska elnätet är föråldrat och i behov av investeringar i ökad kapacitet och ny teknik. Även satsningarna på underhållet behöver förstärkas.

KRAFTUNDERSKOTTET GÖR ITALIEN SÅRBART

Italiens oförmåga att bygga ut sin inhemska elproduktion har gjort landet starkt beroende av elimport. Att en störning i det schweiziska elnätet kan mörklägga hela Italien betonar hur viktigt det är att samarbetet mellan exporterande och importerande länder fungerar.

Händelseförloppet och efterkommentarerna visar tydligt att det krävs ett närmare samarbete mellan nätansvariga i de olika länderna.

OSANNOLIKA FELKOMBINATIONER INTRÄFFAR

Elavbrottet i Sydsverige och Danmark borde egentligen inte ha inträffat. Att det ändå skedde kan vara en indikation på att säkerhetsmarginalerna i stamnätet måste bli större.

Den sydsvenska elproduktionen har under en längre tid varit mindre än förbrukningen. Beroendet av eltillförsel ”utifrån” gör landsdelen extra sårbar vid störningar. Svenska Kraftnät förstärker nu överföringskapaciteten till södra Sverige. Med ny, lokal elproduktion skulle sårbarheten minska ytterligare.

ANVÄNDARE BÖR STÄRKA SIN BEREDSKAP

Avbrott i eltillförseln inträffar ibland. Därför är det viktigt att de som ansvarar för elberoende verksamheter analyserar sina risker och vidtar lämpliga beredskapsåtgärder. Erfarenheterna från en större störning ger ett gott underlag för vilka åtgärder som till rimliga kostnader kan minska sårbarheten.

Vi tar gärna elleveranserna för givna, men bör ägna tid och eftertanke åt sårbarhetsanalyser. Speciell uppmärksamhet bör till exempel ägnas elektriskt manövrerade lås, betalningsautomater, bankautomater, möjligheten att tanka bensin, kassaapparater, reservbelysning och hissar. Hissar borde alltid utformas så att de stannar på ett våningsplan och att dörrarna går att öppna. Avbrottsfri el för lås och kassaapparater innebär inga stora investeringar men kräver visst underhåll.

Periodisk genomgång och funktionsprov av reservsystem måste bli en rutin.

Det finns starka skäl att se över informationsvägar och informationssystem så att sårbarheten minskar i händelse av ett elavbrott. Reservkraft är viktig för såväl det fasta telefonnätet som för mobilnäten.

Rutiner för hur en störning ska hanteras måste övas återkommande, inte minst med tanke på personalomsättningen inom organisationerna. Tekniska system måste genomgå återkommande funktionskontroll och underhåll.

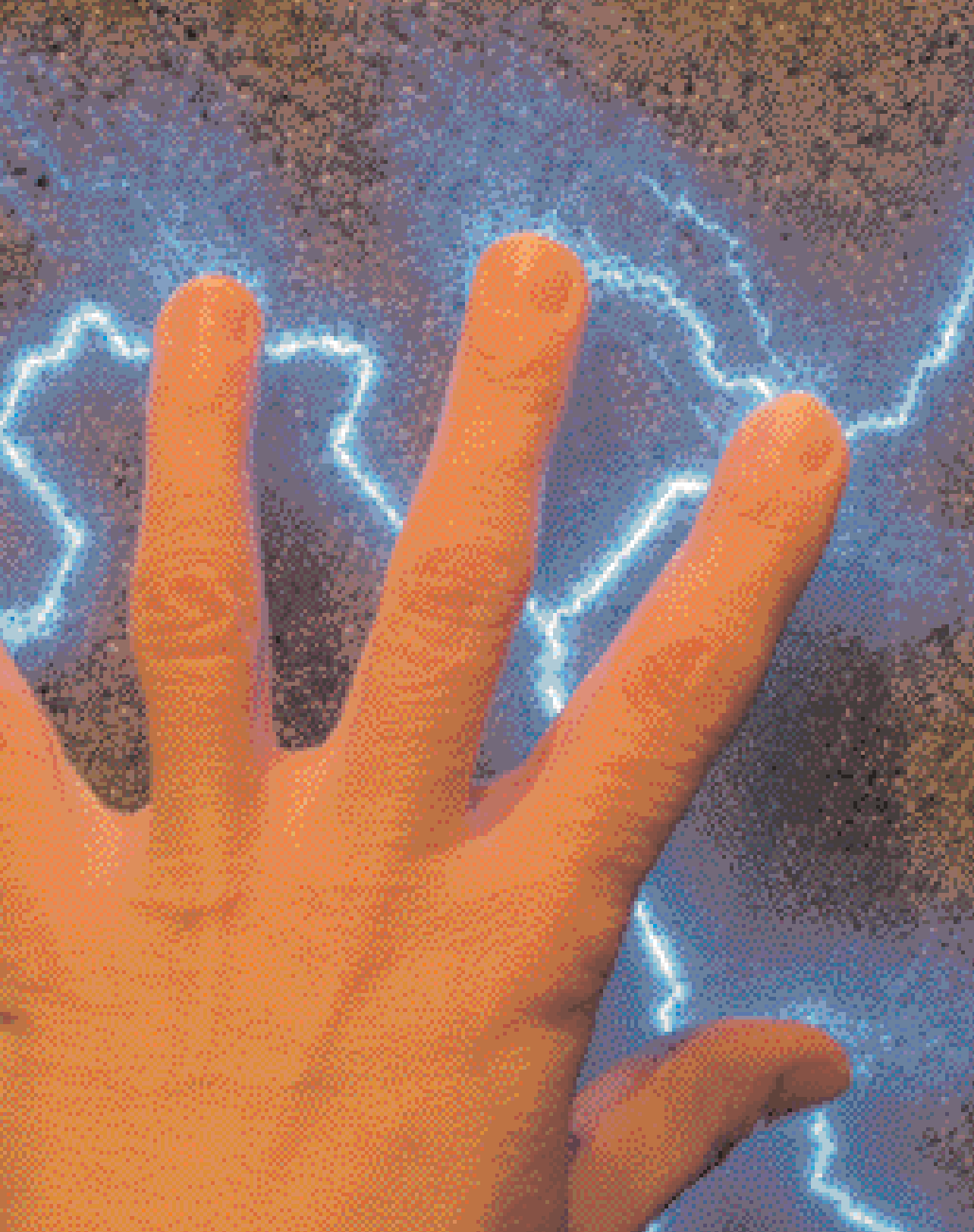
HEL-PROJEKTET SKA BIDRA TILL SÄKRARE ELFÖRSÖRJNING I SVERIGE

Energimyndigheten har regeringens uppdrag att föreslå åtgärder för att säkra elförsörjningen i Sverige. Energimyndigheten ska också lämna förslag till åtgärder och finansiering och utveckla en privat-offentlig samverkan. Arbetet

är långsiktigt och har lett fram till att ett unikt samarbete mellan privata och offentliga verksamheter har påbörjats.

Uppdraget går ut på att utveckla elförsörjningens säkerhet och beredskap genom att skapa en helhetssyn och utveckla formerna för samverkan och informationsutbyte med framförallt tele-/IT-området. Projektet benämns HEL-projektet. Arbetet sker tillsammans med elföretagen, elanvändare, andra myndigheter och offentliga organ, men också tillsammans med tele- och IT-sektorn.

I propositionen ”Samhällets säkerhet och beredskap” och riksdagens beslut, våren 2002, utvecklas tankarna bakom uppdraget. Forsvarsberedningen, regering och riksdag framhåller de tekniska infrastruktursystemens, främst elförsörjningens samt tele- och IT-systemens, fundamentala betydelse. Man menar att hot mot och störningar i de tekniska infrastruktursystemen kan få så allvarliga konsekvenser för samhälle och näringsliv att de får en säkerhetspolitisk dignitet. Arbete med den tekniska infrastrukturens säkerhet och beredskap att klara fredstida störningar och svåra påfrestningar bör därför ges högsta prioritet.



Källor

”August 14th Blackout: Causes and Recommendations”
U.S.-Canada Power System Outage Task Force

”Mörkläggningen av östra USA 14-15 augusti 2003”
Energimyndigheten

”Elavbrott i östra USA och Kanada 14 augusti 2003”
Energimyndigheten

”Elavbrottet 23 september 2003 – händelser och åtgärder”
Svenska Kraftnät

**”Konsekvenser av elavbrottet i Sydsverige den 23 september 2003
samt orsakerna till mörkläggningen av Italien 2003-09-28”**
Energimyndigheten

”Elsystemet underutbyggt”
Artikel på DN Debatt den 4 november 2003

*Energimyndigheten riktar ett speciellt tack till NERC i USA för tillåtelse
att använda illustrationer över elstörningen i Nordamerika.*