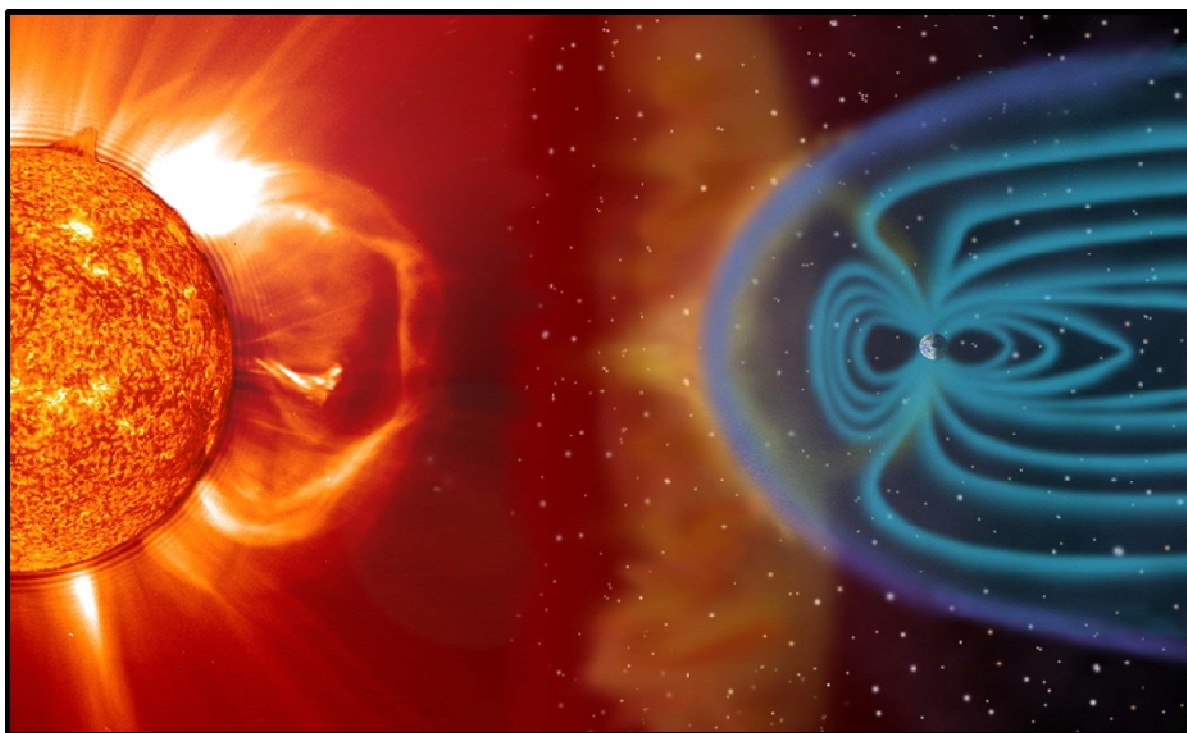


EN RISKANALYS AV GEOMAGNETISKT INDUCERAD STRÖM I KRAFTSYSTEM

Ett examensarbete av Rasmus Thornberg, IEA, LTH i samarbete med E.ON Sverige AB

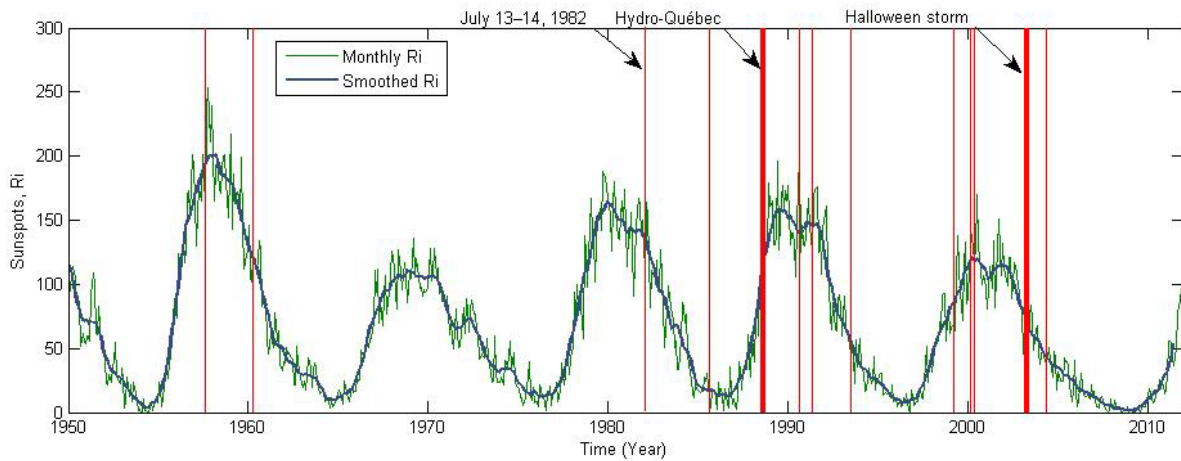
Solstormar hotar återkommande jorden och våra elnät. Miljoner kan bli strömlösa. Om vi agerar så kan hotet avvärjas.



Figur 1: Illustration av en solstorm som färdas från solen och träffar jordens skyddande magnetfält.

Solen har precis som jorden lugna perioder och stormiga perioder men till skillnad från jordens årstider så återkommer solens stormperioder ungefär vart elfte år. Vi är nu inne i början av en stormperiod och den förväntas enligt NASA nå sitt maximum någon gång under första halvan av 2013. Solen kommer sedan att långsamt lugna ned sig igen. Vi har alltså ett par år av återkommande solstormar framför oss. Men vad är då en solstorm och varför ska vi på jorden oroa oss över dessa? Solstormar orsakas av magnetiska explosioner på solens yta som är så kraftiga att en bit av solen kastas ut i rymden, en så kallad koronamassutkastning (se figur 1). Ute i rymden sprider solmaterialet sig i till ett moln av gas som färdas ut från solen. Det här molnet är fullt av både elektrisk och magnetisk energi och om det träffar jorden förs en del av denna energi över till jorden och jordens magnetfält. Jordens magnetfält skyddar i själva verket jorden från nästan all påverkan av solstormar, ungefär som en mur skyddar från en vanlig storm. Bara en liten del av solstormens kraft når oss här på jorden. Tyvärr är satelliter och rymdfarkoster inte lika bra skyddade och kan påverkas. Även nere på jorden kan vi dock se effekter av solstormar. Framför allt nära

jordens magnetiska poler. Det bildas norrsken och sydsken nära polerna; radiotrafik störs ut och det uppstår elektriska fält i jordytan. Det här kan få en mängd konsekvenser för oss. Flygplansrutter kan behöva läggas om, GPS-system kan sluta att fungera, telekommunikationer kan störas och elsystemet kan drabbas



Figur 2: Ett diagram över solens aktivitet. Den blå och den gröna linjen visar hur aktiv solen varit vid olika tidpunkter och de röda linjerna visar när solstormar som har haft negativ inverkan på olika tekniska system i Sverige.

När solstormar träffar jorden uppstår det ett elektriskt fält i jordens yta, ett så kallat geo-elektriskt fält. Det här geo-elektriska fältet är relativt svagt men i långa elektriskt ledande föremål kan det ge konsekvenser. Då elsystemet är uppbyggt av långa ledningar finns det en risk att det drabbas. Under solstormar börjar en ström flyta genom dessa långa ledningar. Denna ström är proportionell i styrka med det geo-elektriska fältet och ledningarnas längd. Denna ström kallas för en geo-magnetisk inducerad ström eller GIC efter engelskans Geomagnetically Induced Current. GIC och kommer in i kraftsystemet genom de punkter där marken och elsystemet är elektriskt ihopkopplade. Elsystemet är framför allt jordat i transformatorer och transformatorer är den del av elnätet som är känsligast för GIC. Krafttransformatorer är byggda för att hantera växelström på 50 Hz men GIC är i princip en likström. När GIC flyter genom transformatorn börjar transformatorns kärna översvämmas av det magnetiska flöde som orsakats av GIC. Detta kan dels leda till upphettning av transformatorn som kan bli så varm att den får permanenta skador, dels börjar transformatorn producera övertoner på elnätet och dra reaktiv effekt. Övertoner är växelström med en frekvens som är en multipel av grundtonen på 50Hz. Elsystemet är dimensionerat för att kunna hantera både övertoner och reaktiv effekt men under solstormar kan dessa nå så höga nivåer att elsystemet inte längre klarar av att hantera belastningen och delar av system kopplas bort av skyddssystem. Senast detta hände var i Malmö, november 2003, då blev 50000 kunder utan ström i upp till 50 minuter. Internationellt sett är det mest uppmärksammade solstormsrelaterade strömavbrottet det som drabbade Québec i Kanada i mars 1989 då 6 miljoner blev utan ström i upp till 9 timmar (se figur 2). I Sverige är elsystemet relativt väl rustat för att hantera effekterna av de flesta solstormar men det är svårt att förutse hur vad som kommer att hända om vi drabbas av en riktigt stark storm såsom en 100-årsstorm. En 100-årsstorm kallas en storm av sådan styrka att den i genomsnitt kommer en gång på hundra år. Som tur är finns det möjligheter att skydda elsystemet från även så starka stormar om man börjar planera i tid. Det pågår till exempel en hel del forskning både i Europa och i USA (t.ex. EU projektet EURISGIC och NASA projektet Solar shield) med mål att prognostisera solstormar och så att vi kan skydda oss från påverkan.

Solstormar är en så kallad *low frequency high impact risk (LF/HI)* vilket är ett samlingsnamn på risker för händelser som inträffar väldigt sällan men om de händer kan de få stora konsekvenser. Andra risker som ingår i den gruppen

är till exempel pandemier, askmoln och tsunamis. Den här typen av risker har mycket gemensamt från ett riskhanteringsperspektiv. Dels kan de vara svåra att bedöma både ur ett konsekvens- och ett sannolikhetsperspektiv. Dels så finns det inte några tydliga mekanismer i samhället som tvingar oss att hantera sådana här risker då de är både ovanliga och svårgripbara. Det är därför viktigt att man använder en systematisk riskhanteringsmetod för att kunna vara förberedd när de eventuellt inträffar.

I det här examensarbetet har jag genomfört en systematisk riskanalys av solstormars påverkan på kraftnätet. Det innebär med andra ord att jag utreder dels händelsekedjan som leder till att problem uppstår och dels sannolikheten för att solstormar ska inträffa. I min rapport har jag delat upp händelsekedjan ovan i tre huvuddelar nämligen källa, komponent- och systemkonsekvens. Detta täcker in de tre hörnena av riskanalys nämligen källa, konsekvens och sannolikhet. Jag har genomfört simuleringar som styrker de centrala delarna av avsnittet om komponentkonsekvens. Jag presenterar även metoder för att grovt beräkna sannolikheten för solstormar av olika styrka för olika tidsperioder. Med hjälp av dessa beräknar jag att sannolikheten att en 100-års storm ska drabba oss under de närmsta åren (2012-2014) är ca 5% eller en på tjugo. Sannolikheten att en 100-års storm ska inträffa under en transformators livstid (ca 50 år) beräknas till ca två på fem. Slutligen går jag igenom olika möjliga strategier för att skydda elnätet mot effekterna av solstormar.