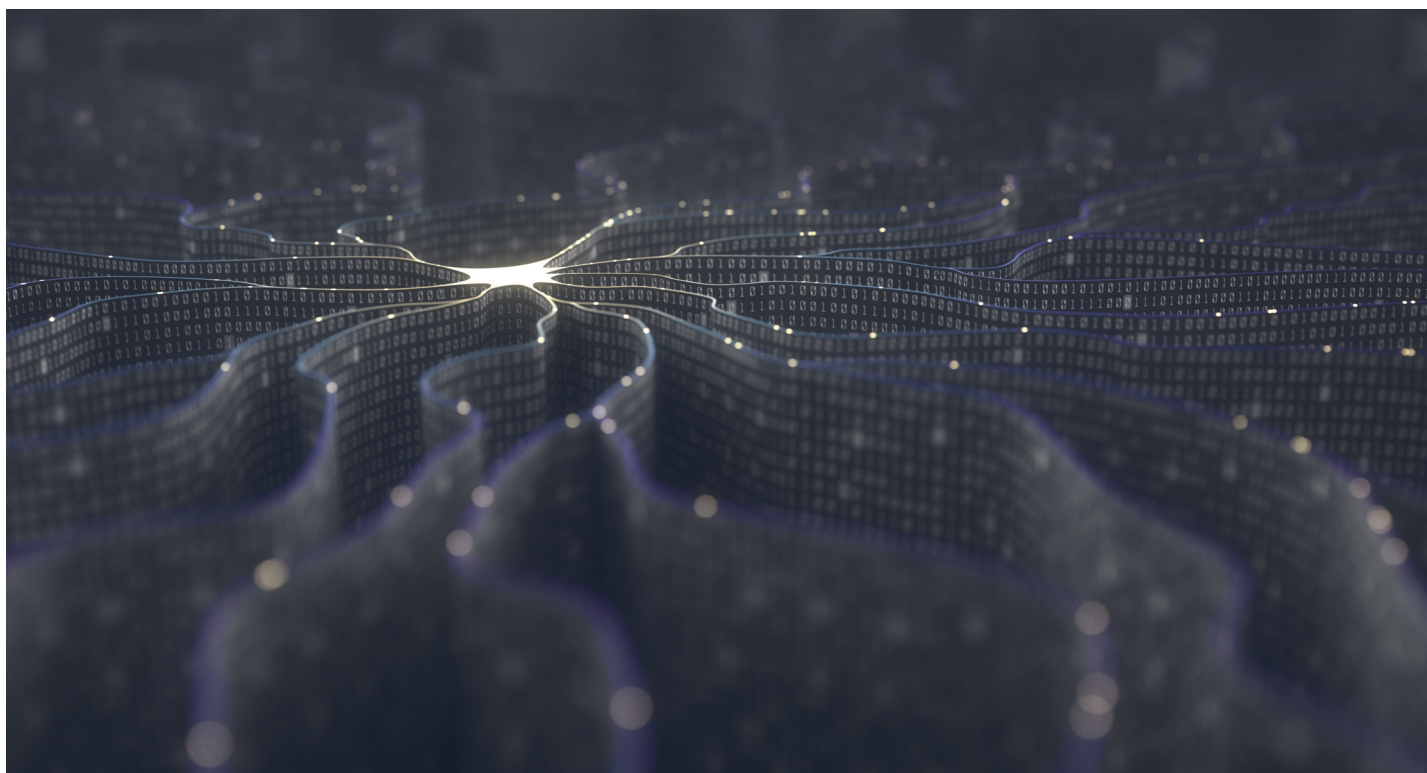


Litteraturstudie om framtidens elförsörjning och elberedskap

Översiktlig genomgång av icke-antagonistiska händelseutvecklingar som kan påverka elförsörjningen eller elberedskapen i Sverige

ESTER VEIBÄCK, CHRISTOFFER WEDEBRAND



Ester Veibäck, Christoffer Wedebrand

Litteraturstudie om framtidens elförsörjning och elberedskap

Översiktlig genomgång av icke-antagonistiska
händelseutvecklingar som kan påverka elförsörjningen eller
elberedskapen i Sverige

Titel	Litteraturstudie om framtidens elförsörjning och elberedskap
Title	Literature study on future electricity supply and preparedness
Rapportnr/Report no	FOI-R--4565--SE
Månad/Month	Januari
Utgivningsår/Year	2018
Sidor/Pages	30 p
Kund/Customer	Svenska Kraftnät
Forskningsområde	5. Krisberedskap och samhällssäkerhet
Projektnr/Project no	E13613
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Försvarsanalys

Bild/Cover: istockphoto/ktsimage

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

I denna rapport har vi sammanställt möjliga händelseutvecklingar som kan påverka robustheten i det svenska elsystemet. Händelseutvecklingarna sammanfattas inom sex områden: arbetskraft och människor, energitillgång och elproduktion, teknik och infrastruktur, energianvändning, omvärldsläge samt klimatförändringar. Utöver sammanfattningarna finns förslag på fördjupningsläsning för varje område.

Sammantaget kan vi konstatera att litteraturen förutspår relativt genomgripande förändringar den kommande tiden, till exempel med avseende på demografi och våra individuella förväntningar på arbetsliv och samhällsstandard. Utveckling inom it menar man leder till ett skifte i hur vi använder digitala verktyg och kommunikation på ett mer genomgripande sätt, vilket också påverkar elsystemet.

Vi tror att tre viktiga områden att utveckla är incitamentsstrukturer för att tillse att beredskap och säkerhet också fortsatt utgör en viktig del i utvecklingen av elsystemet, att attrahera arbetskraft med rätt kompetens till elsektorn samt att hantera den ökande komplexiteten i analys och hantering av risker och sårbarheter.

Nyckelord: elförsörjning, framtid, robust, elberedskap, energiförsörjning

Summary

In this report we have compiled possible developments that could have impact on the robustness of the Swedish electricity system. The developments and suggestions for in-depth reading are summarized in six different areas: labor and people, energy supply and electricity generation, technology and infrastructure, energy consumption, global trends and climate change.

In conclusion, we note that several organizations predict relatively far-reaching changes in the coming period, for example regarding demographics and citizens expectations of working life and social standards. Developments within IT lead to changes in how we use digital devices and communication in a more comprehensive manner, which also affects the electrical system.

We believe that three key areas to develop are incentive structures to ensure that preparedness and security still are important parts of the development of the electricity system, attracting workers with the right skills to the electricity sector, and addressing the increasing complexity of analysis and management of risks and vulnerabilities.

Keywords: electric power supply, energy supply, robust, future, preparedness

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund, syfte och avgränsning.....	7
1.2	Arbetsätt	7
2	Resultat	9
2.1	Arbetskraft och människor	9
2.1.1	Åldrande befolkning	9
2.1.2	Automatisering av arbetsuppgifter	10
2.1.3	Ökande urbanisering.....	11
2.1.4	Attitydförändringar.....	12
2.2	Energitillgång och elproduktion.....	12
2.2.1	Minskad tillgång till olja	13
2.2.2	Ökad andel förnybar energi	13
2.2.3	Ökad svensk elexport?	15
2.2.4	Minskad dominans av stora elföretag	15
2.3	Teknik och infrastruktur.....	15
2.3.1	Fler aktörer på elnätet.....	16
2.3.2	Digitalisering av kraftsystemet	16
2.3.3	Ökade investeringsbehov	17
2.3.4	Några teknikutvecklingsområden.....	18
2.4	Energianvändning	18
2.4.1	Ökad global energianvändning	18
2.4.2	Ökat elberoende	19
2.5	Omvärldsläge	20
2.5.1	Globalisering och geopolitiska förändringar.....	20
2.5.2	Fokus på försvar	21
2.6	Klimatförändringar	22
3	Avslutande reflektion	25
4	Referenslista	27

1 Inledning

1.1 Bakgrund, syfte och avgränsning

I Svenska kraftnäts arbete med risk- och sårbarhetsanalys är en viktig aspekt att kunna ta hänsyn till långsiktiga förändringar, utöver att bara dimensionera skyddsåtgärder utifrån den nära framtiden. Att utveckla elsystemet innebär långa ledtider vilket ytterligare stärker behovet av att analysera möjliga framtidsutvecklingar. Det finns flera tänkbara händelseutvecklingar som kan komma att påverka elförsörjningens robusthet negativt, med konsekvenser som exempelvis kapacitets- eller energibrist, olyckor och tekniska fel. För att kunna motverka dessa och andra negativa effekter behöver berörda aktörer vidta lämpliga förebyggande åtgärder.

Syftet med denna studie är att genom en litteraturgenomgång identifiera tänkbara händelseutvecklingar i samhället som kan antas ha betydelse för elberedskapen och en framtida trygg elförsörjning. Målet är att Svenska kraftnät ska kunna använda underlaget för att få uppslag till fördjupade studier och för att bredda perspektivet i arbetet med risk- och sårbarhetsanalys samt att i förlängningen stärka elberedskapen och trygga elförsörjningen.

Vi använder ”händelseutvecklingar” i bred bemärkelse för trender, tillstånd eller snabba förändringar som uppmärksammas i litteraturen. Tidsperspektivet är från nu och cirka 30 år framåt i tiden. Rapporten berör händelseutvecklingar av både underbyggd och mer hypotetisk karaktär. Vi har valt att inkludera händelseutvecklingar avseende energiförsörjningen i stort, i de fall vi tänker oss att de kan ha betydelse också för elberedskapen, eller när de återkommer på många håll i litteraturen.

Studien är begränsad och fokus ligger på att sammanställa litteratur för att finna händelseutvecklingar som *skulle kunna* påverka robustheten i elförsörjningen nu och i framtiden. Vi har inte haft möjlighet att fördjupa oss i händelseutvecklingarna, utan de beskrivs övergripande och med hänvisning till fördjupningsläsning. I de flesta fall rör det sig om så kallade prediktiva händelseutvecklingar, alltså att skribenten ser utvecklingen som *trolig*, inte bara en *möjlig* utveckling. Vi har dock inte haft möjlighet att värdera hur troliga händelseutvecklingarna är, eller jämfört mot varandra för att till exempel prioritera åtgärder.

En utgångspunkt i arbetet är Svenska kraftnäts senaste årliga utredning om omvärldsfaktorer som påverkar affärsverket och dess ansvarsområde¹. Utredningen bygger på deltagande från medarbetare vid verket som har bidragit med påverkansfaktorer från sin horisont, och en analys av hur dessa kan påverka verkets arbete. Föreliggande studie ska ses som ett komplement till Svenska kraftnäts omvärldsanalys. Fokus här ligger på elförsörjningen och elberedskapen, och vilka händelseutvecklingar som skulle kunna påverka dem, snarare än verket som sådant. Med elförsörjning avses i detta sammanhang produktion, transmission, handel och distribution av el.

Studien genomförs av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) på uppdrag av Svenska kraftnät. Representanter från Svenska kraftnät har varit delaktiga bland annat genom en workshop, men det är författarna själva som står bakom slutresultatet.

1.2 Arbetssätt

Litteraturen i studien utgörs av ett 80-tal publikationer av skilda slag, såsom vetenskapliga artiklar, offentliga utredningar, rapporter från myndigheter och energibranschen, samt säkerhetspolitiska analyser. Utöver en referenslista från Svenska kraftnät, är den insamlad

¹ Svenska kraftnät: Omvärldsanalys inför verksamhetsåret 2018 (2017)

genom sökningar på Googles ordinarie sökmotor samt Google Scholar.² Litteraturen berör inte bara svenska utan också internationella förhållanden, även om vi söker finna möjliga konsekvenser även för Sveriges del i de senare. En komplett lista över genomgången material finns sist i rapporten.

För att skapa en överblick över händelseutvecklingar identifierade genom litteraturstudien, samt deras tänkbara konsekvenser för elberedskapen eller elförsörjningen, använder vi ett enkelt analytiskt ramverk. Det finns flera möjliga skärningar i materialet, och en optimal kategorisering låter sig inte göras särskilt enkelt. Ett ramverk kan exempelvis utgå från

- 1) händelseutvecklingen som sådan,
- 2) det sätt på vilket händelseutvecklingen kan påverka elförsörjningen (t.ex. smygande eller plötsligt hot),
- 3) en hotkategorisering (t.ex. naturhändelser, olyckor eller antagonistiska hot),
- 4) konsekvenserna för elförsörjningen (t.ex. avbrott i försörjning, momentan knapphet på el eller försämrad energibalans), eller
- 5) utifrån användarens perspektiv och möjlighet till redundant försörjning.³

Efter en iteration av gruppering och omgruppering valde vi följande ramverk (vilket motsvarar det första av alternativen ovan):

- *Arbetskraft och människor* berör demografiska och sociala förhållanden, människors preferenser och beteendemönster, vilket bland annat berör elförsörjningen genom personalförsörjningsfrågor.
- *Energitillgång och elproduktion* berör hur tillgången på olika energislag kan komma att utvecklas, samt hur det kan påverka produktionen och tillgången på el.
- *Teknik och infrastruktur* berör produktion, handel och distribution av el, genom förändringar som kommer av teknikutveckling eller utvecklad användning av infrastrukturen.
- *Energianvändning* berör förändrade mönster i global energianvändning och användning av el, eller kraven som konsumenter har på sin elförsörjning.
- *Omvärld* berör säkerhetspolitiska utvecklingar som kan komma att påverka elförsörjningen i Sverige.
- *Klimatförändringar* grupperas för sig, då till exempel extremväder kan påverka infrastrukturen, och långsamma temperaturförändringar och förändrade nederbördsmonster kan påverka möjligheten att producera el.

De händelseutvecklingar och konsekvenser som identifierats sorterades i det valda analysramverket och diskuterades med en grupp medarbetare vid Svenska kraftnät med ansvar för beredskapsfrågor i en workshop. Framförallt handlade diskussionerna om huruvida några ytterligare händelseutvecklingar eller konsekvenser utöver dem vi funnit genom läsningen kunde läggas till, eller om det fanns någonting i resultaten som det fanns invändningar mot eller sågs som irrelevant. Efter workshopen omarbetade vi de sammanställda resultaten, liksom även resultaten av workshopen, i form av föreliggande dokument.

² Söksträngar: "Electric supply threat trend", "Electric supply threat future", "Electric supply risk trend", samt "Electric supply risk future". Sökning genomförd 2017-07-05.

³ Exempel på hur man kan se på energisystemets krishanteringsförmåga: Johansson. B., m fl 2016 *Assessing the capabilities to manage risks in energy systems* och Veibäck E. m fl 2016 *Energi och förmåga - analytiska perspektiv och empiriska erfarenheter inom drivmedelsområdet*

2 Resultat

I föreliggande kapitel redovisar vi resultatet av litteraturgenomgången under sex delkapitel, som motsvarar kategorierna i ramverket som presenterades i kapitel 1.2. Varje delkapitel inleds med att lista olika möjliga händelseutvecklingar. Avsnitten därunder innehåller en övergripande beskrivning av hur händelseutvecklingen framstår i litteraturen och därefter reflekterar vi över hur vi tänker oss att påverkan på robustheten i elförsörjningen kan ske. Avsnitten avslutas med hänvisning till relevanta rapporter och artiklar som referens och fördjupningsläsning.

Det går inte att göra skarpa gränsdragningar mellan kategorierna, vissa händelseutvecklingar skulle kunna tas upp under mer än en kategori. Beskrivningarna är korta och i vissa fall förenklingar av förhållanden som beskrivs i litteraturen. De händelseutvecklingar med konsekvenser som Svenska kraftnät anser vara särskilt relevanta kan verket gå vidare med genom fördjupade analyser.

2.1 Arbetskraft och människor

Identifierade möjliga händelseutvecklingar avseende arbetskraft och människor är:

- Åldrande befolkning
- Automatisering av arbetsuppgifter
- Ökande urbanisering
- Attitydförändringar

2.1.1 Åldrande befolkning

Flera texter återkommer till att vi både globalt och i Sverige har en åldrande befolkning till följd av en ökad livslängd och lägre fertilitet. Annorlunda uttryckt förväntas den arbetsföra andelen av befolkningen i många länder att minska. NATO Allied Command Transformation beräknar att den arbetsföra andelen av befolkningen i de utvecklade länderna kommer att minska från 49 till 43 procent mellan år 2013 och 2035, och sedan fortsätta att minska. För Sveriges del beräknar Framtidskommissionen att andelen av hela befolkningen som är 65 år och äldre kommer att öka från 20 till 25 procent mellan år 2020 och 2060. Franska Directorate General for International Relations and Strategy beräknar att andelen av mänskligheten över 60 år kommer att stiga från cirka en tiondel år 2011 till en femtedel år 2040.

Åldrandet kan medföra en förlust av upparbetad kompetens och expertis genom omfattande pensionsavgångar. Parallellt med detta ställer dessutom teknikutvecklingen krav på ny kompetens. Sammantaget medför dessa båda omständigheter ett ökat och ändrat rekryteringsbehov. Intresset för teknikutbildningar bland unga blir därför en viktig fråga, för att kunna säkerställa att det framöver kommer finnas personal att tillgå.

Reflektioner:

Tänkbara faktorer som påverkar intresset för teknikutbildning är sådant som undervisningen i skolan, lärarnas kompetens, den förväntade löneutvecklingen, arbetsmarknaden i stort och politiska beslut. Man kan i sammanhanget även behöva väga in förändringar i människors värderingar och ideal, i form av mer fokus på individen. Annorlunda uttryckt kan framtidens arbetskraft komma att ställa andra typer av krav på arbetsgivarna, varför de senare kan behöva förändra arbetssituationen på skilda sätt för att kunna attrahera och behålla kompetent personal. Detta torde även gälla myndigheter och bolag inom energiområdet.

För fördjupning:

Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission.

Directorate General for International Relations and Strategy. 2013. *Strategic Horizons*

NATO Allied Command Transformation. 2014. *PREDICT - Projections and Relevant Effects of Demographic Implications, Changes, and Trends*

Collier S., 2015. Top 10 Challenges for Electric Distribution Utilities. *Linkedin*

Strack, R., Baier, J., Fahlander, A., 2008. Managing Demographic Risk. *Harvard Business Review*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments*.

National Intelligence Council. 2012. *Global trends 2030: Alternative worlds*

Deloitte. 2015. *The future of the global power sector – Preparing for emerging opportunities and threats*

Ministry of Defence. 2014. *Global Strategic Trends out to 2045*

2.1.2 Automatisering av arbetsuppgifter

Flera texter återkommer till hur produktionen inom olika sektorer automatiseras genom avancerade industrirobotar och artificiell intelligens. Robotarna förväntas få en allt större betydelse, framförallt i högutvecklade länder. Brittiska Ministry of Defence uppskattar att obemannade robotar år 2045 kommer att vara lika vanliga som datorer är i dag. Stiftelsen för strategisk forskning uppskattar att vartannat av dagens jobb kommer att vara automatiserade inom två decennier. Automatiseringen kan medföra såväl möjligheter i form av ökad arbetsproduktivitet som utmaningar i form av problem på arbetsmarknaden då automationen och den artificiella intelligensen kan komma att förändra industrierna snabbare än vad ekonomierna hinner anpassa sig. Stora arbetsgrupper över hela den socioekonomiska stegen hotas av denna utveckling, som kan göra befintlig arbetskraft överflödig och därmed leda till omfattande uppsägningar.

I och med att en anläggning automatiseras ökar behovet av kompetens inom de digitala processer som understödjer robotiken och den artificiella intelligensen. Därför kan utvecklingen påverka rekryteringsbehovet både i kvantitativ mening och i kvalitativ mening. När driften av en anläggning sköts av robotar snarare än av människor ökar således behovet av människor med kompetens att underhålla robotarna, snarare än av människor med kompetens att driva anläggningen som sådan. Här finns även kopplingar till ovanstående reflektion om intresset för relevanta utbildningar bland unga, och kanske då inte bara inom elektroteknik utan även it och programmering.

Reflektioner:

En för hög tillit till automatiseringslösningar skulle kunna medföra en minskad redundans att hantera de skilda problem som uppkommer när de automatiska systemen inte längre fungerar. Särskilt om man i hög grad har bytt ut arbetskraften med kompetens att driva anläggningen som sådan. Å andra sidan kan säkerheten tänkas öka, särskilt hos mindre aktörer som saknar personell kompetens och därför istället kan använda sig av automatiseringslösningar. På samma sätt kan automatiseringen tänkas hålla medelgamla anläggningar lönsamma eftersom färre personer behövs på plats.

En ökad automatisering skulle kunna innebära en ökad risk för cyberincidenter av skilda slag, antagonistiska såväl som icke-antagonistiska, i och med ett ökat beroende av it. Riskerna skulle alltså flytta från den mänskliga faktorn till it-området.

Automatiseringen skulle också kunna skapa nya typer av beroenden, bland annat genom ett förändrat behov av reservdelar. Att leverantörerna av reservdelar är få skapar redan i dag ett

stort beroende till dessa, såväl nationellt som internationellt. Automatiseringen skulle kunna skapa samma typ av beroenden till ett fåtal leverantörer, men för nya typer av reservdelar. Vi kan också tänka oss att utvecklingen av 3D-skrivare kan komma att påverka tillgången på reservdelar och hur snabbt det går att få dem på plats. Underlaget till denna studie har dock bara berört denna teknik översiktligt.

För fördjupning:

Stiftelsen för strategisk forskning 2014. *Vartannat jobb automatiseras inom 20 år – utmaningar för Sverige*

Fawcett, S. E., Waller, M. A. 2014. Supply Chain Game Changer - Mega, Nano, and Virtual Trends - And Forces That Impede Supply Chain Design. *Journal of Business Logistics*

Ministry of Defence. 2014. *Global Strategic Trends out to 2045*

National Intelligence Council. 2012. *Global trends 2030: Alternative worlds*

Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

2.1.3 Ökande urbanisering

Flera texter återkommer till världens tilltagande urbanisering. Brittiska Ministry of Defence förväntar sig att över 70 procent av jordens befolkning kommer att leva i städer år 2045. Även Sverige kan möta en tilltagande urbaniseringsgrad, med växande städer och att glesbygden förlorar unga vuxna som flyttar in till storstadsregionerna eller universitets-orterna. Urbaniseringen i Sverige har nu gått in i en stabiliseringsfas med avseende på inflyttningstakten från glesbygden. Befolkningsökningen i städerna beror också på inflyttning från utlandet och ökade födelsetal.

Reflektioner:

Större befolkningscentra kan komma att ställa nya krav på hur elsystemet byggs ut för att tillgodose människors elbehov, bland annat till följd av en ökad elanvändning i städerna. Dessutom kan en avbefolkning av glesbygden innebära att färre personer får dela på de gemensamma nätkostnaderna i dessa områden med en högre kostnad per hushåll som följd, vilket också kan tänkas driva på trenden med egenproduktion. Å andra sidan behöver inte avbefolkning korrelera med höjda nätkostnader. Hög inflyttning kan framtvunga omfattande nätinvesteringar för att säkerställa tillräcklig kapacitet och redundans, vilket i sin tur skulle kunna höja kostnaden. Konsekvenserna av avbrott riskerar också att bli allvarigare i städer genom att fler människor drabbas.

Dagens elproduktion sker till stor del i glesbygden och en utflyttning därifrån skulle därför kunna medföra en brist på arbetskraft i produktionsorterna. Även möjligheten till underhåll av lokal- och regionnät skulle kunna påverkas då avstånden mellan arbetskraften och behoven växer. För att attrahera och rekrytera arbetskraft kan det krävas bättre löner och förmåner, vilket kan bli kostnadsdrivande. Rimligen krävs även en god situation för övriga familjemedlemmar i form av ett attraktivt jobb för partnern och en god skola för barnen och så vidare. Härutöver kan nämnas sådant som förväntningar på en god samhällsservice i form av exempelvis sjukvård, vilka är faktorer som ligger på politisk nivå och utanför det enskilda företags möjligheter att påverka. Möjligen kan en automatisering av produktionen mildra detta problem, men enligt 2.1.2 kan en för hög tillit till automatiseringslösningar samtidigt tänkas medföra en minskad redundans.

För fördjupning:

Ministry of Defence. 2014. *Global Strategic Trends out to 2045*

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

Europeiska kommissionen. 2012. *Global Europe 2050*

Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission

Boverket 2012 *En urbaniserad värld*, <http://sverige2025.boverket.se/en-urbaniserad-varld.html>

Nils Holgersson Gruppen. 2017 *Fastigheten Nils Holgerssons underbara resa genom Sverige – 2017*, 2017-10-26. Hyresgästföreningen och Riksbyggen

Statiska Centralbyrån: www.scb.se, ”Urbanisering - från land till stad”

2.1.4 Attitydförändringar

Flera texter återkommer till olika former av attitydförändringar hos befolkningen, bland annat i form av en ökad fokus på individuella rättigheter och valmöjligheter, större krav från allmänheten på politiskt och ekonomiskt inflytande och en minskad teknikoptimism.

Givet dessa attitydförändringar kan svårigheter att genomdriva kollektiva lösningar och gemensamma satsningar uppstå. Det kan komma att innebära en skepticism inför stor-skaliga infrastruktursatsningar, såsom en minskad acceptans för byggandet av nya ledningar och liknande. Ett ökat fokus på individuella rättigheter och valmöjligheter kan även medföra skarpare krav på hur elen produceras, vilket kan påverka möjligheterna både att producera och importera el.

Reflektioner:

Attitydförändringar kan komma att påverka viljan att hjälpa till vid kriser. Vid inträffade kriser i dag kan man se ett stort engagemang i form av bland annat frivilliginsatser, professionell personal som jobbar över och privata företag som delar med sig av resurser. En förändring i attityder som beskrivs ovan skulle kunna leda till ett minskat deltagande i frivilligorganisationer och som en följd därav ett mer oorganiserat engagemang vid inträffade kriser. Det kan i sin tur göra det svårare att förbereda sig på förhand, till exempel genom övningar och att upprätta avtal som säkrar krishanteringsresurser, om det inte finns någon organisation att öva tillsammans med eller någon motpart att upprätta avtalen med.

För fördjupning:

National Intelligence Council. 2012. *Global trends 2030: Alternative worlds*

Bennett, S. 2011. Insecurity in the Supply of Electrical Energy: An Emerging Threat? *The Electricity Journal* December

European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS). 2014. *Global trends to 2030 - Can the EU meet the challenges ahead?*

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*

Europeiska kommissionen. 2017. *Final Report Summary - SESAME (Securing the European Electricity Supply Against Malicious and accidental threats)*

2.2 Energitillgång och elproduktion

De möjliga utvecklingar som vi identifierat avseende produktion av el och energitillgångar är:

- Minskad tillgång till olja

- Ökad andel förnybar energi
- Ökad svensk export?
- Minskad dominans av stora elföretag

2.2.1 Minskad tillgång till olja

Litteraturen är relativt samstämmig om att den globala tillgången på fossila bränslen som olja och gas kommer att minska, men takten på denna minskning finns det olika uppgifter om. Takten påverkas till exempel av ny teknik för att utvinna olja ur tillgångar som tidigare varit svåråtkomliga (t.ex. oljesand, skifferolja). Trenden är global och påverkar främst tillgången till, och priset på, olja och naturgas.

Reflektioner:

Den minskande tillgången på fossila bränslen menar vi i förlängningen skulle kunna leda till högre produktionskostnader generellt i industrin och även för företag inom elproduktion och transmission. Högre kostnader för material och reservdelar är en aspekt. En annan är klimatåtgärder som syftar till minskad användning av fossila bränslen, som också kan leda till ökade omkostnader.

Olje- och gaspriser är efterfrågestyrda. Möjligen skulle prisuppgångar till följd av ökad knapphet på dessa råvaror kunna ge indirekta effekter även för el genom att europeiska elpriser pressas upp i de länder där en större andel av elproduktionen sker genom fossila elproduktionsanläggningar, till exempel kolkraftverk eller gasdrivna kraftverk. Kombinerat med en ökad sammankoppling av det nordiska och det europeiska elnätet kan elpriser i Europa även påverka elpriser i Sverige, åtminstone i de sydliga prisområdena, och vice versa. Ett högre pris på olja kan i sig också skapa ett utrymme att höja priser på el. Huruvida högre energi- och elpriser är en sårbarhet för elförsörjningen går att diskutera, men det kan leda till att företags och konsumenters möjlighet att agera (till exempel genom investeringar och teknikbyten) begränsas.

Även reparationsförmågan skulle kunna påverkas av höjda bränslekostnader, både genom att tillgången på bränsle är viktig för reservkraft och för hela transportsektorn, vilket kan märkas vid kriser om det påverkar leveranser av komponenter och reservdelar.

För fördjupning:

Asif, M., Muneer, T. 2005. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and sustainable energy reviews*

IEA. 2016. *World Energy Outlook 2016*

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*

Europeiska kommissionen. 2017. *Final Report Summary - SESAME (Securing the European Electricity Supply Against Malicious and accidental threats)*

Energimyndigheten. 2012. *Globala energifrågor och svensk säkerhetspolitik*

2.2.2 Ökad andel förnybar energi

Parallellt med att fossila bränslen minskar så ökar andelen förnybar energi i elförsörjningen. Till exempel ökar produktion genom vindkraft, vattenkraft, solenergi och elproduktion baserat på förnybara bränslen. Flera av dessa kännetecknas av variabel produktion som är väderberoende och därmed inte kan planeras, vilket kräver balansering från andra kraftkällor eller på användarsidan. Utbyggnaden sker också genom framväxt av fler lokala lösningar i form av egenproduktion.

Både elproduktion och -användning följer vissa mönster över år och dygn. Dessa mönster kan komma att förändras och förskjutas, på produktionssidan som en följd av en förändrad produktionsmix där en större andel är variabel, och på användarsidan genom en större flexibilitet genom till exempel ökad batterikapacitet. Om reglermöjligheterna genom till exempel vattenkraft inte räcker till kan den variabla elproduktionen behöva balanseras genom styrning av elanvändningen.

Den stora utmaningen enligt Svenska kraftnät ligger i att ha flexibla resurser att ta till vid situationer då hög förbrukning sammanfaller med låg vindkraftsproduktion, samt att hitta lönsamhet för dessa resurser. Att använda elanvändningen som resurs i regleringen kan vara lämpligt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Här ser Svenska kraftnät att det skulle vara fördelaktigt om de flexibla resurserna bjuds in på marknaden för att på så sätt påverka prisbildningen istället för att i efterhand reagera på ett redan fastställt pris.

Reflektioner:

Svenska kraftnät har kommit långt i att analysera och lägga fram förslag för att stärka leveranssäkerheten och utmaningen med att hantera variabel och icke planerbar kraft. En reflektion som vi gör är att tyngdpunkten i Svenska kraftnäts analyser ligger på hur man ska kunna upprätthålla både effektbalans och energibalans momentant och över tid, och inte på hanteringen av oväntade fel och vilken typ av beredskap som eventuellt skulle behövas.

Ur ett beredskapsperspektiv kan det vara intressant att fråga sig hur avbrottsshantering och elberedskap påverkas vid en annan energimix och en mer distribuerad produktion. De energikällor som uppges öka är bland annat vindkraft och solenergi. Dessa energislag skiljer sig sinsemellan och från vatten- och kärnkraft med avseende på relevanta hotbilder. Till exempel påverkar olika typer av väderhändelser vindkraftverk om de finns till havs eller i skogen. Att produktionsenheter finns utspridda på stora ytor skulle kunna medföra att det är svårare att skydda sig till exempel mot stormar. Vid en storskalig utbyggnad behöver detta beaktas från början, vilket skulle kräva en omställning i tankesätt. Detta tillsammans med en avveckling av kärnkraften ger en helt ny situation med avseende på hot. Redundansen kan dock sägas öka eftersom det finns fler producerande enheter och effektbortfallet av att en enhet inte är igång blir relativt litet jämfört med exempelvis om en reaktor stängs ned.

En intressant frågeställning är om de som har satsat på egenproduktion klarar sig under en kris med stora elavbrott. Det torde vara så, om de kan fortsätta generera el för egen användning. Frågan är hur beroenden till omvärlden (till exempel kommunikation) fungerar och påverkar situationen, till exempel om det påverkar den egna elförsörjningen, eller den apparatur elen används till.

För fördjupning:

Svenska kraftnät. 2015. *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*

Johansson, B. 2013. Security aspects of future renewable energy systems - A short review. *Energy*

Deloitte. 2015. *The future of the global power sector – Preparing for emerging opportunities and threats*

Bade, G., 2015. The top 10 trends transforming the electric power sector. *Nätidningen Utility Drive*

IEA. 2017. *Energy Technology Perspectives 2017*

European Parliamentary Research Service 2016 *Understanding electricity markets in the EU*

Nordic Power System. 2016 *Challenges and Opportunities for the Nordic Power System*

World Energy Council. 2016. *World Energy Scenarios 2016 - The Grand Transition*

2.2.3 Ökad svensk elexport?

Flera texter återkommer till Sveriges goda möjligheter att exportera el till följd av landets goda förutsättningar för förnybar elproduktion. En svensk elexport skulle kunna fungera som reglerkraft för närområdet vid en framtida europeisk energiomställning med ytterligare ökande andel variabel elproduktion.

En ökad elexport skulle innebära en högre belastning på stamnätet och därför kunna öka störningskänsligheten om inte nätet byggs ut i tid. Men omvänt skulle inkomsterna från den ökade exporten kunna leda till ökade investeringar och därmed ökad stabilitet.

För fördjupning:

MSB. 2014. *Osäkert idag - säkert imorgon?*

SOU 2017:2. *Kraftsamling för framtidens energi*. Betänkande av Energikommissionen.

Energimyndigheten. 2016. *Fyra framtider - Energisystemet efter 2020*

2.2.4 Minskad dominans av stora elföretag

En möjlig utveckling, bland annat som konsekvens av den ökade distribuerade elproduktionen, kan vara att den dominerande roll som dagens stora elproduktionsbolag har minskar på elmarknaden. En närbesläktad utveckling som omnämns i ett par internationella rapporter är att strukturen på elmarknader utvecklas mot att det sker en uppdelning mellan systemoperatör, produktionsbolag och transmissionsföretag.

Reflektioner:

En minskad betydelse för de stora produktionsbolagen skulle kunna medföra ökat behov av skarpa krav på, och uppföljning av, säkerheten även hos små företag, samt att strukturen med balansansvariga företag kan komma att behöva breddas. Redan idag ställs krav både på stora och små aktörer men i viss mån förlitar sig ofta mindre aktörer på att de mer resursstarka stora företagen ska gå före och utveckla metoder, rutiner och lösningar för att hantera bland annat säkerhetsfrågor. Om dessa förhållanden förändras kan incitamentsstrukturen för att få till stånd systematiskt säkerhetsarbete behöva utvecklas.

Samtidigt kan man notera en motsatt utveckling i dag genom att små producenter köps upp av större företag. Kanske bör man därför se den ökade förekomsten av distribuerad elproduktion och koncentrationen av bolagen som två parallella processer som inte nödvändigtvis utesluter varandra. Omdanande strukturer på den avreglerade elmarknaden kan komma att ställa ökade krav på att det är tydligt vilken aktör som ansvarar för säkerheten och för leveranstryggheten både i det korta och det långa perspektivet.

För fördjupning:

Europeiska kommissionen. 2017. *Final Report Summary - SESAME (Securing the European Electricity Supply Against Malicious and accidental threats)*

McLarty, T. F., Ridge, T. J., 2014. *Securing the U.S. electrical grid*

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*

European Parliamentary Research Service 2016 *Understanding electricity markets in the EU*

2.3 Teknik och infrastruktur

De trender som vi kopplat till teknisk utveckling och infrastrukturfrågor är följande:

- Fler aktörer på elnätet
- Digitalisering av kraftsystemet
- Ökade investeringsbehov
- Några teknikutvecklingsområden

2.3.1 Fler aktörer på elnätet

En utveckling som flera institut pekar på är att fler aktörer blir aktiva parter kopplade till elnätet. Detta bland annat som följd av trenden med fler mikroproducenter, eller så kallade ”prosumenter”, som kopplas till elnätet för att sälja el och för redundans i den egna konsumtionen. En farhåga som till exempel Svenska kraftnät lyfter i samband med detta är att om kraftsystemet tillförs stora mängder decentraliserad elproduktion som inte påverkas av elmarknadens signaler kan det påverka robustheten negativt.

Risker som kan förknippas med det stigande antalet aktörer på elnätet är exempelvis att det med många småproducenter blir svårare att överblicka och koordinera produktionen av el, som hela tiden måste överensstämma med användningen. Det finns också fler möjligheter till mänskliga misstag eftersom fler påverkar och agerar i systemet.

Reflektioner:

En utmaning kan bli att skapa incitament till investeringar då det är fler aktörer som har ett oklart kollektivt ansvar för kraftsystemets säkerhet och utveckling. Detta, samtidigt som kundunderlaget hos el- och nätföretag kan tänkas minska i takt med att en större andel kunder primärt använder egenproducerad el kan leda till avtagande investeringsvilja hos nätföretagen. Det kan därmed finnas behov av att utveckla befintliga regelverk för elproducenters (och nätägares) ansvar, eftersom de primärt är anpassade för storskalig elproduktion. Till exempel bör den nytta för systemet och dess robusthet som den distribuerade produktionen kan tillföra finnas i åtanke när skatter, tariffer och avgifter utformas.

För fördjupning:

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments*

McLarty, T. F., Ridge, T. J. 2014. *Securing the U.S. electrical grid*

Svenska kraftnät. 2015. *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*

Burrows, M. J. 2016. *Global Risks 2035: The Search for a New Normal*.

European Parliamentary Research Service. 2016. *Understanding electricity markets in the EU*

2.3.2 Digitalisering av kraftsystemet

Litteraturen ger en bild av att elnätet i Sverige och i Europa genomgår viktiga förändringar i och med digitalisering av teknik, inte minst inom elsektorn. Detta är något som pågått under en tid, och som många menar kommer att bli allt mer genomgripande. Elsystemet sammankopplas därmed allt mer med infrastrukturen för telekommunikation - ett modernt, intelligent nät är inte möjligt utan internet. Så kallade smarta elnät, artificiell intelligens och digitala stationer medför stora möjligheter för framtidens elhandel, men för också med sig sårbarheter som behöver iakttas. Sårbarheten hos kraftsystemet för cyberincidenter (det

behöver inte handla om antagonism, utan till exempel mänskliga misstag eller naturhändelser) ökar i och med att det finns fler kontaktytor som exponeras för risken att råka ut för incidenter.

Digitaliseringen, parallellt med utvecklingen mot ett mer decentraliserat elsystem genom mer distribuerad produktion och lagerhållning, gör kunderna till mer aktiva komponenter i systemet (se avsnittet ovan). Fler system och enheter ska kunna fjärrstyras eller fjärravläsas, vilket gör att de exponeras för intrång då de kopplas upp mot internet. Fler utplacerade mätenheter innebär också ökad fysisk sårbarhet.

Den ökande digitaliseringen ökar också risker kopplade till den personliga integriteten då kraftnät och företag hanterar personliga uppgifter. Mycket information om beteendemönster ner på individnivå kommer att finnas hos företagen och mätstationerna, vilket kräver säkerhetsskydd både avseende den personliga integriteten och verksamheter.

För fördjupning:

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*

Bompard, E., Huang, T., Wu, Y., Cremenescu, M. 2013 Classification and trend analysis of threats origins to the security of power systems. *Electrical Power and Energy Systems*

Pearson, I. L. G. 2011. Smart grid security for Europe. *Energy Policy* 39

Wang, W., Xu, Y., Khanna, M. 2011 A survey on the communication architectures in smart grid *Computer Networks*

Collier S., 2015. Top 10 Challenges for Electric Distribution Utilities. *Linkedin*

World Economic Forum 2017. *The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments*

Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission

Andersson, M., Westerdahl, L. 2017. Sveriges elförsörjning - hur möter vi en ökad sårbarhet? *FOI Strategisk utblick* 7

Jones, D. A., Skelton, R. L., 1999. *The nest threat to grid reliability - Data Security*

Wang, W., Lu, Z. 2013 Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges. *Computer Networks*

Pearson, I. L. G. 2011. Smart grid security for Europe. *Energy Policy*

2.3.3 Ökade investeringsbehov

Flera källor diskuterar investeringsbehovet i kraftnäten i sig som en kommande utmaning. Många av de händelseutvecklingar som tas upp i denna rapport skulle behöva mötas med investeringar. För att möta behoven av utbyggnad av kraftnät och att möta en ökad mix av produktionskällor behöver investeringar i kraftnätet göras. Bland annat gör fler produktionsenheter inom exempelvis vind- och vattenkraft att kraftnätet behöver byggas ut. En utveckling inom transportsektorn mot mer elektrifiering ställer också krav på en utökad infrastruktur för exempelvis laddstationer.

Det finns också en strävan och pågående arbete inom EU att bygga samman elnät för att öka robustheten i elförsörjningen, vilket också kräver investeringar. Utan investeringar i såväl kraftsystem som samhället i övrigt kan vi inte nå uppsatta klimatmål.

För fördjupning:

Svenska kraftnät. 2015. *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*

IEA. 2016. *World Energy Outlook 2016*

Collier S., 2015. Top 10 Challenges for Electric Distribution Utilities. *Linkedin*

Davis, M., Clemmer, S. 2014. *Power Failure: How Climate Change Puts Our Electricity at Risk - and What We Can Do*

Nordic Power System. 2016 *Challenges and Opportunities for the Nordic Power System*

World Economic Forum 2017. *The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge*

World Economic Forum 2015 *The Future of Electricity: Attracting investment to build tomorrow's electricity sector.*

2.3.4 Några teknikutvecklingsområden

Vi har inte studerat litteratur som rör specifik teknik, men två områden som berörts i underlaget är materialutveckling och batterikapacitet. Ett material som i framtiden kan komma att bli viktigt inom elektriska applikationer eller elförsörjning är grafen, genom egenskapen att det på samma gång är starkt, böjligt, elektriskt ledande och lätt. Hur energi kan lagras och omvandlas vid behov är ett utvecklingsområde, exempelvis genom ökad batterikapacitet och genom andra typer av energilagring på central nivå i ett system. Den starka utvecklingen av 3D-skrivare kan utveckla möjligheterna att förse ett system med reservdelar.

Reflektioner:

Utvecklingen av nya material skulle kunna driva på elektrifiering av transportflottan och utvecklingen av komponenter i elförsörjningen. Lagring av energi kan skapa goda förutsättningar för att klara avbrott och kan vara särskilt viktigt som beredskapsmöjlighet för enskilda hushåll eller elanvändare. Att kunna göra 3D-utskrift av reservdelar istället för att vänta på långa transporter skulle kunna underlätta i trängda situationer.

För fördjupning:

Fawcett, S. E., Waller, M. A. 2017. Supply Chain Game Changer - Mega, Nano, and Virtual Trends - And Forces That Impede Supply Chain Design. *Journal of Business Logistics*

Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., Efthimiou, V., 2009. Overview of current and future energy technologies for electric power applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*

2.4 Energianvändning

De möjliga utvecklingar som vi har identifierat avseende energianvändning är:

- Ökad global energianvändning
- Ökat elberoende

2.4.1 Ökad global energianvändning

Flera texter återkommer till att energianvändningen totalt sett kommer att öka globalt. Trenden drivs på av befolkningsökningen och en höjd levnadsstandard i framförallt utvecklingsländerna, den ekonomiska utvecklingen och industrialiseringen. IEA

uppskattar att det globala energibehovet kommer att öka med drygt 50 procent fram till år 2040 och att de största ökningarna ligger inom användning av gas och framför allt förnybara energikällor⁴. IEA menar att energianvändningen i de utvecklade delarna av världen kommer att minska, medan NATO Allied Command Transformation och Deloitte beräknar att energibehovet i Europa kommer att stagnera och ligga stilla framöver samtidigt som regionen blir alltmer beroende av importerad olja och gas.

Det ökade globala energibehovet tillsammans med en ekonomisk tillväxt hos utvecklingsländerna kan leda till ökat inflytande i globala och regionala energimarknader för länder utanför OECD och därmed även en ökad konkurrens om tillgängliga energikällor och höjda priser globalt.

Reflektioner:

Vid ökad konkurrens om energikällor globalt sett kan det vara vanskligt att sätta sin tilltro till möjligheten att importera el till Europa genom så kallade supergrids (exempelvis solkraft från MENA-regionen). Det ses ibland som en del av lösningen för att övergå i mer klimatvänlig elproduktion till Europa.

För fördjupning:

IEA. 2016. *World Energy Outlook 2016*

World Nuclear Association 2017. *World Energy Needs and Nuclear Power*

NATO Allied Command Transformation. 2014. *PREDICT - Projections and Relevant Effects of Demographic Implications, Changes, and Trends*

Ministry of Defence. 2014. *Global Strategic Trends out to 2045*

Deloitte. 2015. *The future of the global power sector – Preparing for emerging opportunities and threats*

ExxonMobil. 2016. *The Outlook for Energy: A View to 2040*

Directorate General for International Relations and Strategy. 2013. *Strategic Horizons*

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments*

European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS). 2014. *Global trends to 2030 - Can the EU meet the challenges ahead?*

2.4.2 Ökat elberoende

Flera texter behandlar att stora delar av samhället och ekonomin blir alltmer beroende av el, exempelvis transport- och industrisektorn, samt att elens andel av energianvändningen kan att öka. World Economic Forum framhåller särskilt transport- och industrisektorerna samt uppvärmningen av bostadshus, där de två förstnämnda också är relevanta för en svenska kontext.

Ett ökat elberoende för stora delar av samhället och ekonomin gör att konsekvenserna av störningar i elförsörjningen kan bli mer omfattande än vad som annars vore fallet. Det gör att såväl offentlig som privat sektor och hushållen behöver öka sin förmåga att förebygga och lindra dessa konsekvenser.

⁴ Ökningarna finns inom både ”the New Policies Scenario” och ”450 Scenario”.

En större förekomst av eldrivna fordon ställer nya krav på rätt infrastruktur, till exempel laddstationer och kapacitet att försörja dessa. Fler eldrivna apparater, som också kan laddas olika tider på dygnet kan skapa en förändring i användningsmönstret jämfört med idag. Det kan också leda till att elkonsumtionen totalt sett ökar.

Reflektioner:

Ett ökat elberoende kan leda till större förväntningar hos allmänheten på att elförsörjningen fungerar utan avbrott och i förlängningen även skarpare lagkrav som kräver investeringar i stabilare nät och reservanläggningar.

Parallellt med elektrifieringen av fordonsflottan blir också förarlösa fordon allt vanligare. Sådana fordon skulle kunna leda till en ökad elanvändning, särskilt om de hålls igång i större utsträckning än vad motsvarande fordon med förare skulle göra. Förarlösa fordon och farkoster skulle också kunna komma till användning som ett redskap för att exempelvis underlätta övervakning av elnät genom användning av drönare och laserscanning.

För fördjupning:

World Economic Forum 2017. *The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge*

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*

IEA. 2017. *Energy Technology Perspectives 2017*

Energimyndigheten. 2016. *Fyra framtider - Energisystemet efter 2020*

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

World Energy Council. 2016. *World Energy Scenarios 2016 - The Grand Transition*

2.5 Omvärldsläge

De utvecklingar som vi diskuterar kopplat till detta är:

- Globalisering och geopolitiska förändringar
- Fokus på försvar

2.5.1 Globalisering och geopolitiska förändringar

Flera texter återkommer till att omvärldsläget kommer att förändras genom maktförskjutningar såväl ekonomiskt som politiskt. Väst förväntas försvagas i relativ mening medan utvecklingsländerna och framförallt Asien får större inflytande. Dessa förändringar kan i sin tur medföra instabilitet och rivalitet länder emellan vilket kan leda till konflikter av såväl politisk, social som ekonomisk natur. Spänningarna kan dessutom komma att öka till följd av tilltagande efterfrågan av, och samtidigt minskad tillgång till, naturresurser och särskilt då energikällor. Parallellt med den ökande geopolitiska turbulensen förväntas världen präglas av tilltagande globalisering i form av bland annat ömsesidiga ekonomiska och även politiska beroenden.

I de fall ett lands elsystem är beroende av import är säkerheten av systemet ifråga beroende av stabiliteten hos exporterande länder och de länder importinfrastrukturen löper genom. Kriser i dessa regioner kan således komma att påverka leveranser till Europa. Den minskade tillgången till och det ökade behovet av energikällor kan leda till protektionism eller resursnationalism.

Den politiska instabiliteten kan medföra konsekvenser för försörjningen av varor särskilt till följd av den sedan länge tillämpade principen om just-in-time där varor lagras på

transportmedel i rörelse. Bland annat kan detta påverka tillgången till komponenter som reservdelar.

Reflektioner:

Möjligen kan de förutspådda geopolitiska kriserna påverka möjligheterna att upprätta så kallade supergrids för import av el från länder utanför Europa. Det är oklart vilken relevans dessa typer av kriser har för Sveriges del. Möjligen kan dock en minskad importförmåga i övriga Europa, tillsammans med en tilltagande global konkurrens om energi och minskad relativ köpkraft hos länder i väst, leda till större exportmöjligheter för Sveriges del. Det skulle i så fall ställa krav på en ökad svensk överföringskapacitet.

För fördjupning:

Molyneaux, L., Wagner, L., Froome, C., Foster, J. 2012. Resilience and electricity systems: A comparative analysis. *Energy Policy*

Lilliestam, J., Patt A. 2012. *Final Report – Energy security in scenarios for Europe's future electricity supply*

Directorate General for International Relations and Strategy. 2013. *Strategic Horizons*

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments.*

NATO Allied Command Transformation. 2014. *PREDICT - Projections and Relevant Effects of Demographic Implications, Changes, and Trends*

National Intelligence Council. 2016. *Global Trends: The Paradox of Progress*

MSB. 2013. *Att navigera i en föränderlig omvärld - Faktorer med direkt eller indirekt påverkan inom området samhällsskydd och beredskap*

Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission

Asif, M., Muneer, T. 2005. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and sustainable energy reviews*

European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS). 2014. *Global trends to 2030 - Can the EU meet the challenges ahead?*

Beadle, A. W., Diesen, S. 2015. *Globale trender mot 2040 - implikasjoner for Forsvarets rolle og relevans*

Burrows, M. J. 2016 *Global Risks 2035: The Search for a New Normal*

Joint Force. 2016. *Joint Operating Environment 2035: The Joint Force in a Contested and Disordered World*

Correlje, A., Linde, C. van der. 2006 Energy supply security and geopolitics: A European perspective. *Energy Policy*

2.5.2 Fokus på försvar

På senaste år har Sveriges säkerhetspolitiska omvärldsläge försämrats och de senaste försvarsbesluten har gett ett ökat fokus på närområdet och att skydda det svenska territoriet. Liknande utveckling har skett även i våra grannländer och i övriga västvärlden. I Sverige har regeringen gett de civila myndigheterna i uppgift att återuppta planeringen för ett civilt försvar. Energisektorn är av stor vikt för samtliga delar av det civila försvarets mål att säkerställa de viktigaste samhällsfunktionerna, värna civilbefolkningen och att stödja Försvarsmakten.

Reflektioner:

Antagonistiska hot är inte inkluderade i denna rapport, men vi väljer att lyfta perspektivet att den ökade uppmärksamheten på kriget som hotbild medför en del förändrade förutsättningar för myndigheter och företag även i fredstid. Det försämrade omvärldsläget innebär att arbetet för en trygg elförsörjning måste beakta en bredare hotbild än endast olyckor och fredstida kriser. Hotbilden bör dessutom förstås som bredare än angrepp med konventionella styrkor och vapentyper och även beakta t.ex. cyberangrepp och påverkansoperationer. Hotbilden bör även omfatta så kallad gråzonsproblematik redan i fredstid, alltså dolda eller öppna angrepp med syfte att vara krigsförberedande eller långsiktigt påverka Sverige ekonomiskt, politiskt eller på andra sätt.

Hotbilden medför att många aktörer, såsom producenter, nätbolag och myndigheter behöver se över hur de planerar och tar höjd även för höjd beredskap. Det kan leda till att statens och medborgarnas förväntningar på aktörerna förändras och att nya lagar och krav införs. Konkret kan myndigheter och bolag inom energiområdet exempelvis behöva se över möjligheten att kommunicera och samverka med andra aktörer än man gör i vardagen, såsom Försvarsmakten, liksom möjligheten att hantera känslig information. Man kan behöva planera för exempelvis tillgång på reservdelar och förstärkningsmateriel då detta är något som kan försvåras under höjd beredskap, samtidigt som behovet då kan vara än större om anläggningar skadats. Detta reser också frågor om ansvar för olika typer av lagerhållning, vilka investeringar som kan åläggas privata aktörer och vilket ansvar som vilar på staten. Detta är frågor som behöver lösas ut i fredstid.

Det försämrade omvärldsläget kan också medföra att begränsningar i internationell handel även i fredstid uppkommer. Exempelvis kan det gälla anläggningar, företag eller infrastruktur som anses vara av nationell betydelse.

För fördjupning:

Prop. 2014/15:109 *Försvarspolitisk inriktning - Sveriges försvar 2016-2020*

Ds 2017:66 *Motståndskraft - Inriktningen av totalförsvaret och utformningen av det civila försvaret 2021-2025*

Jonsson, D., Johansson, B., Lindgren, F., Veibäck, E., Bergstrand, M. 2017
Scenariobaserad planering för civilt försvar inom energiområdet

Lindgren, F. 2014. *Inslag i modern krigföring - konsekvenser för civilt försvar*

2.6 Klimatförändringar

Flera texter återkommer till klimatförändringarna och hur dessa kan påverka såväl tillgången till som efterfrågan på el. Naturhändelser såsom stormar utgör redan i dag den största orsaken till storskaliga elavbrott. Klimatförändringarna ökar risken för olika typer av naturolyckor, exempelvis i form av översvämningar, erosion, ras och skred. Minskad markfrost, starkare vindar och därmed fler fällda träd kan exempelvis medföra skador på luftburna ledningar. På motsvarande sätt ökar höga flöden risken för dammbrott. Översvämningar, ras och skred och annat kan också skada den kritiska infrastruktur som bär upp anläggningarna – utöver att i direkt mening skada anläggningarna som sådana.

Klimatförändringarna innebär även att värmeböljor, torka och därmed vattenbrist blir vanligare i Europa. Den minskade vattentillgången innebär minskade möjligheter till kylning⁵ och därmed också en minskad produktionskapacitet i kraftverken. Produktionskapaciteten kan också minskas av en höjd temperatur, särskilt vattentemperatur, genom varmare inkommande kylvatten, men även eftersom det utgående vattnet måste hållas

⁵ Problem med kylning uppstår främst i Europa där många kraftverk kyla med flodvatten, jämfört med svenska verk som kyla med havsvatten.

inom vissa givna temperaturgränser. Ökad regnmängd och ökad vind kan medföra en ökad produktionskapacitet i vatten- och vindkraftverk.

En höjd temperatur medför mildare vintrar (liksom även höst och vår). Det kan minska efterfrågan på el för uppvärmning av bostäder och andra byggnader, men samtidigt öka efterfrågan på el för kylning, särskilt under sommaren.

Reflektioner:

Samtidigt som kraftigare vindar kan öka elproduktionen genom vindkraft, kan vindarna medföra att generatorerna behöver kopplas ur oftare för att undvika överbelastning.

En minskad produktionskapacitet i övriga Europa, till följd av ett varmare klimat, skulle kunna leda till en större marknad för svensk elexport. Men det ställer samtidigt krav på investeringar för en ökad överföringskapacitet.

En ökad värme i kombination med ökad fuktighet kan medföra en snabbare korrosion av viktiga komponenter, vilket medför kortare underhållsintervall och ett ökat behov av reservdelar.

Dagens vattenkraftverk torde inte vara dimensionerade för stora förändringar i vattenflödena. Det ökar behovet av investeringar för att göra dem mer robusta, men väcker även frågan om man kan behöva flytta på infrastruktur och eventuellt även delar av orter.

För fördjupning:

Energimyndigheten. 2009. *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*

Mideksa, T. K., Kallbekken, S. 2010. The impact of climate change on the electricity market: A review *Energy Policy*

Bompard, E., Huang, T., Wu, Y., Cremenescu, M. 2013 Classification and trend analysis of threats origins to the security of power systems. *Electrical Power and Energy Systems*

Rübbelka, D., Vögele, S. 2011. Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector. *Environmental Science & Policy*

Franco, G., Sanstad, A. H. 2008. Climate change and electricity demand in California. *Climatic Change*

World Energy Council. 2015. *World Energy Perspective: The road to resilience - managing and financing extreme weather risks*

MSB. 2014. *Hur värme påverkar tekniska system. Möjliga konsekvenser av en värmebölja på elförsörjning och järnvägstransporter*

3 Avslutande reflektion

I denna rapport har vi sammanställt möjliga händelseutvecklingar i olika delar av samhället och som också kan ha påverkan på robustheten i det svenska elsystemet. Vi kan konstatera att litteraturen i flera fall ger vetenskapliga belägg för utvecklingar som Svenska kraftnäts egen personal har identifierat. Sammantaget kan vi konstatera att flera organisationer förutspår relativt genomgripande förändringar den kommande tiden, till exempel avseende mänskliga förhållanden såsom demografi och våra individuella förväntningar på arbetsliv och samhällsstandard. Men framför allt menar man att utveckling inom it leder till ett skifte avseende hur vi använder digitala verktyg och kommunikation på ett mer genomgripande sätt. För elområdet handlar det om hur vi producerar, handlar med och konsumerar el för olika ändamål. Det kan hända att kartan över vilka som är de dominerande producenterna kommer att förändras, liksom vårt användarmönster av el, även om konsumtionen troligtvis snarare ökar än minskar framöver.

För arbetet med trygghet i elförsörjningen och elberedskapsfrågor innebär förändringarna bland annat att se till att det även fortsättningsvis finns incitament eller reglering som främjar att tillräcklig kapacitet och redundans finns i systemet, samt beredskap för oväntade händelser alternativt att konsumenter har möjlighet att få tillgång till energitjänsten som sådan på annat sätt. Det kan behöva utvecklas delvis nya system och incitamentsstrukturer för att styra både produktion och användning för en bra effektbalans och beredskap.

Det kommer också att vara viktigt att lyckas attrahera arbetskraft med rätt kompetens till elsektorn. Flera utvecklingar tyder på att detta kan bli svårare, både beroende på att kraven på spetskompetens inom vissa områden ökar och på var människor vill bo och verka. Utvecklingen mot mer digitaliserade och automatiserade processer förändrar också kompetensbehovet inom elsektorn.

En utmaning är att det redan idag finns högt ställda krav på aktörerna som verkar i systemet, bland annat i form av beredskapsplaner och risk- och sårbarhetsanalyser. En än mer komplex miljö för aktörerna att agera inom kan leda till att det blir svårare för dem att ta sitt ansvar för beredskapen. Medvetenheten om risker i systemet och systematiskt säkerhetsarbete behöver finnas hos alla aktörer. Detta kan även innebära att det för Svenska kraftnät som elberedskapsmyndighet blir svårare att göra analyser för elberedskapen, genom att det blir fler aktörer som påverkar och att ansvaret för det kollektiva förändras och till viss del blir mer splittrat.

4 Referenslista

- Andersson, M. Westerdahl, L. 2017. Sveriges elförsörjning - hur möter vi en ökad sårbarhet? *FOI Strategisk utblick 7* Totalförsvarets forskningsinstitut. FOI-R--4454--SE
- Asif, M., Muneer, T. 2005. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and sustainable energy reviews* 11 (2007) 1388-1413
- Bade, G., 2015. The top 10 trends transforming the electric power sector. *Nättdningen Utility Dive*. <https://www.utilitydive.com/news/the-top-10-trends-transforming-the-electric-power-sector/405798/> (nedladdat 2017-08-10)
- Bartos, M. D., Chester, M. V. 2015 Impacts of climate change on electric power supply in the Western United States. *Nature Climate Change*, 2015 4(8), 748-752.
- Beadle, A. W., Diesen, S. 2015. *Globale trender mot 2040 - implikationer för Forsvarets rolle og relevans*. Forsvarets forskningsinstitut 2015/01452
- Bennett, S. 2011. Insecurity in the Supply of Electrical Energy: An Emerging Threat? *The Electricity Journal* December 2011, Vol. 24, Issue 10. 1040-6190.
- Bompard, E., Huang, T., Wu, Y., Cremenescu, M. 2013 Classification and trend analysis of threats origins to the security of power systems. *Electrical Power and Energy Systems* 50 (2013) 50-64
- Boverket 2012 *En urbaniserad värld*, <http://sverige2025.boverket.se/en-urbaniserad-varld.html> (nedladdat 2017-10-02)
- Burrows, M. J. 2016 *Global Risks 2035: The Search for a New Normal*. Atlantic Council Strategy Papers. Washington, September 2016
- Collier S., 2015. Top 10 Challenges for Electric Distribution Utilities. *LinkedIn*. <https://www.linkedin.com/pulse/top-10-challenges-electric-distribution-utilities-steven-collier> (nedladdat 2017-08-10)
- Correlje, A., Linde, C. van der. 2006 Energy supply security and geopolitics: A European perspective. *Energy Policy* 34 (2006) 532-543
- Davis, M., Clemmer, S. 2014. *Power Failure: How Climate Change Puts Our Electricity at Risk - and What We Can Do*. Union of Concerned Scientists, April 2014.
- Deloitte. 2015. *The future of the global power sector – Preparing for emerging opportunities and threats*. London.
- Directorate General for International Relations and Strategy. 2013. *Strategic Horizons* <http://www.defense.gouv.fr/english/dgris/strategic-thinking/defense-foresight/en/strategic-horizons> (nedladdat 2017-08-10)
- Ds 2013:19 *Svenska framtidsutmaningar*. Slutrapport från regeringens framtidskommission. Stockholm
- Ds 2017:66 *Motståndskraft - Inriktningen av totalförsvaret och utformningen av det civila försvaret 2021-2025*
- Eeten, M. van, Nieuwenhuijs, A., Luijff, E., Klaver, M., Cruz, E. 2011. The state and the threat of cascading failure across critical infrastructures: The implications of empirical evidence from media incident reports. *Public administration* Vol. 89, No 2, 2011 (381-400).
- Energimyndigheten. 2009. *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*. ER 2009:33. Eskilstuna
- Energimyndigheten. 2012. *Globala energifrågor och svensk säkerhetspolitik*. ER 2012:16. Eskilstuna

Energimyndigheten 2013. *Lånsiktsprognos 2012, En konsekvensanalys av gällande styrmedel inom energi- och klimatområdet*. ER 2013:03. Eskilstuna

Energimyndigheten. 2014. *2030 - på väg mot ett mer hållbart energisystem, konsekvenser av mål för 2030*. ER 2014:22. Eskilstuna

Energimyndigheten. 2016. *Fyra framtider - Energisystemet efter 2020*. ET 2016:04. Eskilstuna

European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS). 2014. *Global trends to 2030 - Can the EU meet the challenges ahead?*

European Parliamentary Research Service 2016 *Understanding electricity markets in the EU*. Briefing November 2016. PE 593.519

Europeiska kommissionen. 2012. *Global Europe 2050* Directorate-General for Research and Innovation Socio.economic Sciences and Humanities. EUR 25252

Europeiska kommissionen. 2017. *Final Report Summary - SESAME (Securing the European Electricity Supply Against Malicious and accidental threats)*.

ExxonMobil. 2016. *The Outlook for Energy: A View to 2040*.
<http://corporate.exxonmobil.com/en/energy/energy-outlook> (nedladdat 2017-08-10)

Fawcett, S. E., Waller, M. A. 2014. Supply Chain Game Changer - Mega, Nano, and Virtual Trends - And Forces That Impede Supply Chain Design. *Journal of Business Logistics*. 2014, 35(3): 157-164.

Franco, G., Sanstad, A. H. 2008. Climate change and electricity demand in California. *Climatic Change* (2008) 87 (Suppl 1):S139-S151

Hadjipaschalis, I., Poullikkas, A., Efthimiou, V., 2009. Overview of current and future energy technologies for electric power applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 1513-1522.

ICF International. 2016. *Electric Grid Security and Resilience: Establishing a Baseline for Adversarial Threats*.

IEA. 2016. *World Energy Outlook 2016*. IEA/OECD. Paris

IEA. 2017. *Energy Technology Perspectives 2017*. IEA/OECD. Paris

Johansson, B. 2013. Security aspects of future renewable energy systems - A short review. *Energy* 61 (2013) 598-605.

Johansson, B., Jonsson, D. K., Veibäck, E., Sonnsjö, H. 2016. Assessing the capabilities to manage risks in energy systems - analytical perspectives and frameworks with a starting point in Swedish experiences. *Energy*, Volume 116, Part 1, Pages 429-435

Joint Force. 2016. *Joint Operating Environment 2035: The Joint Force in a Contested and Disordered World*.

Jones, D. A., Skelton, R. L., 1999. *The nest threat to grid reliability - Data Security*. IEEE Spectrum. Juni 1999

Jonsson, D., Johansson, B., Lindgren, F., Veibäck, E., Bergstrand, M. 2017 *Scenariobaserad planering för civilt försvar inom energiområdet*. Totalförsvarets forskningsinstitut. FOI-R--4356--SE

Kansliet för strategisk analys. 2014. *Strategiska trender i globalt perspektiv - 2025: en helt annan värld?*

KPMG. 2014. *Future State 2030: The global megatrends shaping governments*.
<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2014/02/future-state-2030-v3.pdf>

Kruyt, B., Vuuren, P. D. van, Vries, H. J. M. de, Groenenberg, H. 2009 Indicators for energy security. *Energy Policy* 37 (2009) 2166-2181

- Lilliestam, J., Patt A. 2012. *Final Report – Energy security in scenarios for Europe's future electricity supply*. SEFEP working paper, december 2012
- Lindgren, F. 2014. *Inslag i modern krigföring - konsekvenser för civilt försvar*. Totalförsvarets forskningsinstitut. FOI MEMO 5090.
- McLarty, T. F., Ridge, T. J., 2014. *Securing the U.S. electrical grid*. Center for the Study of the Presidency and Congress. USA 2014.
- Mideksa, T. K., Kallbekken, S. 2010. The impact of climate change on the electricity market: A review *Energy Policy* 38 (2010) 3579-3585
- Ministry of Defence. 2014. *Global Strategic Trends out to 2045 Strategic Trends Programme*.
- Molyneaux, L., Wagner, L., Froome, C., Foster, J. 2012. Resilience and electricity systems: A comparative analysis. *Energy Policy* 47 (2012) 188-201
- MSB. 2014. *Hur värme påverkar tekniska system. Möjliga konsekvenser av en värmebölja på elförsörjning och järnvägstransporter* MSB639. Karlstad
- MSB. 2014. *Osäkert idag - säkert imorgon?* MSB678. Karlstad
- MSB. 2013. *Att navigera i en föränderlig omvärld - Faktorer med direkt eller indirekt påverkan inom området samhällsskydd och beredskap*. MSB634. Karlstad
- National Intelligence Council. 2012. *Global trends 2030: Alternative worlds*. NIC 2012-001.
- National Intelligence Council. 2016. *Global Trends: The Paradox of Progress*. <https://www.dni.gov/index.php/global-trends/letter-nic-chairman>
- NATO Allied Command Transformation. 2014. *PREDICT - Projections and Relevant Effects of Demographic Implications, Changes, and Trends*. Bryssel, NATO HQ. 2014
- Nils Holgersson Gruppen. 2017 *Fastigheten Nils Holgerssons underbara resa genom Sverige – 2017*, 2017-10-26. Hyresgästföreningen och Riksbyggen
- Nordic Power System. 2016 *Challenges and Opportunities for the Nordic Power System*. Statnett, Fingrid, Energinet.dk, Svenska kraftnät. https://www.svk.se/contentassets/3fdfa66e72264b8c8c4a10742dff234e/stet0043_nordisk_rapport_hele_mdato1.pdf (nedladdat 2017-08-10)
- Pearson, I. L. G. 2011. Smart grid security for Europe. *Energy Policy* 39 (2011) 5211-5218
- Prop. 2014/15:109 *Försvarspolitisk inriktning - Sveriges försvar 2016-2020*.
- Rübelka, D., Vögele, S. 2011. Impacts of climate change on European critical infrastructures: The case of the power sector. *Environmental Science & Policy* 14. 53-63
- SOU 2017:2. *Kraftsamling för framtidens energi*. Betänkande av Energikommissionen. Stockholm
- Statiska Centralbyrån: www.scb.se, "Urbanisering - från land till stad" (nedladdat 2017-12-11)
- Stiftelsen för strategisk forskning 2014. *Vartannat jobb automatiseras inom 20 år – utmaningar för Sverige*. Stockholm
- Strack, R., Baier, J., Fahlander, A., 2008. Managing Demographic Risk. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2008/02/managing-demographic-risk> (nedladdat 2017-08-10)
- Svenska kraftnät. 2017. *Omvärldsanalys inför verksamhetsåret 2018*. D-nr: 2017/847. 2017-03-27 Sundbyberg

Svenska kraftnät. 2015. *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*. Sundbyberg

Veibäck, E. Johansson, B., Jonson, D. K., Mittermaier, E., Sonnsjö, H., Stenérus Dover, A.S. 2016. *Energi och förmåga - analytiska perspektiv och empiriska erfarenheter inom drivmedelsområdet*. Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--4241--SE

Wang, W., Xu, Y., Khanna, M. 2011 A survey on the communication architectures in smart grid *Computer Networks* 55 (2011) 3604-3629

Wang, W., Lu, Z. 2013 Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges. *Computer Networks* 57 (2013) 1344-1371

World Nuclear Association 2017. *World Energy Needs and Nuclear Power*.
<http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx> (nedladdat 2017-08-10)

World Economic Forum 2015 *The Future of Electricity: Attracting investment to build tomorrow's electricity sector*.

World Economic Forum 2017. *The Future of Electricity – New Technologies Transforming the Grid Edge*.

World Energy Council. 2015 *World Energy Perspective: The road to resilience - managing and financing extreme weather risks*

World Energy Council. 2016. *World Energy Scenarios 2016 - The Grand Transition*

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se