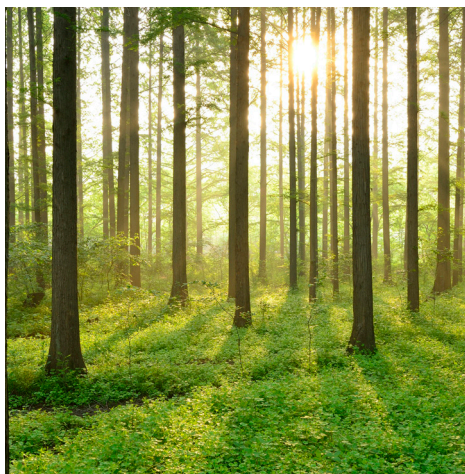


DIGITAL UTVECKLING OCH MÖJLIGHETER FÖR ENERGISEKTORN

RAPPORT 2018:501



Digital utveckling och möjligheter för energisektorn

Ett kunskapsprojekt

Delrapport 1

EBBA LÖFBLAD
THOMAS UNGER
DAVID HOLMSTRÖM
MATS LEWAN
STEFAN MONTIN

ISBN 978-91-7673-501-5 | © ENERGIFORSK juni 2018

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Digitaliseringens andra våg lägger nu grunden för en omvälvande förändring av vårt samhälle. Utvecklingen inom artificiell intelligens, Internet of things, blockkedjetekniken, avancerad automation och robotisering kommer att påverka energisektorn i grunden.

Energiforsks projekt om digitaliseringen av energisektorn vänder sig brett till aktörerna inom energiområdet. Projektet bygger dels på interjuver av ledande forskare och företag samt litteratursammanställningar, dels på en nära dialog mellan medverkande parter i projektet och olika experter. Projektet har finansierats av följande företag och organisationer:

E.ON Sverige
 ElectriCity
 Ellevio
 Energiföretagen Sverige
 Forum smarta elnät
 Göteborg Energi
 Halmstads Energi och Miljö
 Jämtkraft
 Karlstads Energi
 Mistra
 Mälarenergi
 Oskarshamn Energi
 Preem
 Siemens
 Skellefteå Kraft
 Statkraft
 Svenska kraftnät
 Teknikföretagen
 Uniper
 Vattenfall
 Västervik Miljö & Energi
 ÅForsk
 Öresundskraft

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet och publiceringen innebär inte att Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

Sammanfattning

I detta projekt har Energiforsk tagit initiativ till en fördjupad genomgång av den pågående digitaliseringen och utvecklingsfronten inom artificiell intelligens, avancerad automation och robotisering, Internet of Things samt blockkedjetekniken. Utöver att öka den allmänna kunskapsbasen inom energibranschen kring digitalisering analyseras hur denna utveckling kan komma att påverka och förändra energisektorn. Det övergripande målet med projektet är att lägga grunden till en plattform för framtida branschgemensamma forsknings- och utvecklingssatsningar.

Digitaliseringens avgörande utmaningar och möjligheter handlar inte främst om tekniken utan om dess konsekvenser. Den pågående digitala utvecklingen kan komma att leda till genomgripande förändringar av vårt samhälle och inte minst förändra förutsättningarna och villkoren för ett stort antal branscher och företag.

Med en alltmer distribuerad och variabel elproduktion innebär den omvandling som energisystemet för närvarande genomgår en växande utmaning vad gäller att balansera produktion och användning. Här erbjuder digitaliseringen nya möjligheter att koppla samman framtidens energisystem, och att påskynda uppluckringen av energisystemets traditionella gränser mellan efterfrågan och produktion av energi. Utöver systemnyttan erbjuder digitaliseringen möjligheter till en minskad energianvändning i kombination med en ökad kundnytta. Det innebär att digitaliseringen bland annat kan bli ett viktigt verktyg för att nå dagens högt ställda energi- och klimatmål inom energisektorn.

Projektet, och denna delrapport, tar upp exempel på hur digitaliseringen kan komma att påverka energisektorn utifrån de olika teknikområdena, och har särskilt belyst frågan om prediktivt underhåll, avancerad optimering och styrning liksom utmaningar och möjligheter för t.ex. blockkedjetekniken. Baserat på de intervjuer och diskussioner som har genomförts med de företag och organisationer som medverkar i projektet framträder en bild av en bransch i uppvaknande. Insikten om digitaliseringens andra våg förefaller att ha kommit relativt sent till energisektorn, och kunskapsnivån varierar ganska stort mellan företagen. Vissa befinner sig i en orienteringsfas medan andra har inlett konkreta satsningar. Generellt finns ett mycket stort intresse hos alla medverkande aktörer att öka den egna kunskapen om den digitala utvecklingen. Intrycket från projektets inledande etapp är att det överlag är ”stor nyfikenhet men relativt liten verkstad”, och att merparten av de aktiviteter som pågår utförs av ett mindre antal mer aktiva företag.

Utmärkande för de företag som har kommit längre i sitt digitaliseringsarbete och är mer aktiva och testar tekniken verkar vara att de framförallt ser värdet av att dela data och samverka med andra aktörer. Många lyfter också fram vikten av och viljan till att skapa gemensamma initiativ och att gå ihop i samverkansprojekt, inte bara mellan energiföretag, leverantörer och kunder, utan även mellan konkurrerande aktörer.

Trots alla de möjligheter som digitaliseringen erbjuder märks en tveksamhet bland många aktörer vad gäller att våga koppla upp system mot molntjänster och olika plattformar och en inte minst en osäkerhet som rör sårbarhets- och integritetsaspekter. Samtidigt saknas både medvetenhet och kunskap om IT-säkerhet i vissa delar av energisystemet.

Många av de deltagande energiföretagen talar om digitaliseringen främst i termer av den kundnytta som kan skapas, och en ökad kundnytta beskrivs som en av de främsta drivkrafterna till att testa tekniken. Inte minst vad gäller möjligheterna till en högre grad av individualiserade kunderbjudanden och en ökad närhet till kunderna genom nya plattformar för kundkontakt.

Vinsten och nyttan med att utnyttja de möjligheter som digitaliseringen erbjuder är potentiellt mycket stora. Samtidigt finns det en rad utmaningar som företagen måste vara medvetna om och kunna hantera. Det gäller alltifrån frågor om ansvar, ägande, nödvändiga regelverksförändringar och säkerhetsarbete till en generell kunskapsbrist inom organisationer och tillgång till IT-kompetens. För att inte halka efter utan dra nytta av den pågående digitaliseringen gäller det för företagen att våga testa, dra lärdomar av och samverka med varandra.

Summary

Energiforsk's intention with this project is to give a thorough review of the ongoing digitalisation and the technology status within areas such as artificial intelligence, advanced automation and robotisation, Internet of Things and blockchain. In addition to increasing the general knowledge within the energy sector, the project also analyses how digitalisation may affect and transform the sector. The overall aim of the project is to lay the foundation for an upcoming research platform on future ventures in this field among energy companies and the academy.

The most crucial challenges and opportunities linked to digitalisation are about its effects and consequences rather than the technologies themselves. The digital transformation may lead to radical changes in society, not least in changing the prerequisites and the criteria for a large number of sectors and companies.

The ongoing transformation of the energy system, with an increasingly distributed and variable electricity production, leads to a growing challenge to balance supply and demand. In this context, digitalisation offers new means for increasing the interconnection of the future energy system which can lead to more grid service opportunities and may act as a means to further advance the disintegration of the traditional boundaries of supply and demand in the energy system. Besides the potential it offers when it comes to catalysing the change towards a more interconnected system, digitalisation can also enable both lower energy consumption and increased customer value. This means that digitalisation, among other things, can become an important tool for meeting today's ambitious energy and climate targets within the energy sector.

The project and this first of two progress reports give some examples of how digitalisation and its different technology areas could affect the energy sector. In particular, the project has illuminated the potentials for predictive maintenance and advanced optimisation and control systems as well as the opportunities and challenges offered by blockchain technology. On the basis of the interviews and discussions undertaken with those companies and organisations that participate in the project, we conclude that the energy sector in Sweden is in a phase of orientation when it comes to digitalisation. The knowledge about the second wave of digitalisation seems to have come about rather late to the energy sector, and the general level of knowledge varies a lot between different companies. Some have just begun their digitalisation journey, while others have reached a phase where they have started applying the techniques in real case studies.

The general impression is that there is a large interest among the companies participating in the project when it comes to increasing their knowledge about the ongoing digitalisation. However, there is only a relatively few of them that are more active when it comes to ongoing case studies.

What signifies those companies that have come further in their digitalisation process and are more active in testing different technologies is their willingness to

share data and cooperate with other actors. They highlight the necessity and a will to create common initiatives and form partnership projects, not just between energy companies, suppliers, and customers but also among competitors.

Despite the many opportunities offered by digitalisation there is still some hesitation among some of the actors when it comes to using cloud applications and digital platforms. Not least is there an uncertainty concerning issues of security and integrity. At the same time, there is still a lack of awareness and knowledge on these issues among some actors in the sector.

Many of the energy companies participating in the project talk about digitalisation first and foremost in terms of the increased potential benefit for the customers that are made possible. The increased benefit to the customers is described as one of the major incentives for testing the different digitalisation technologies, not least due to the large potential for more individualised offers to the customers. New digital platforms also enable closer contact with customers and therefore creates the opportunities to form closer relationships with them.

The benefits of making use of the opportunities offered by digitalisation could indeed be substantial. There is, however, a number of challenges that companies and organisations need to be aware of and be able to handle. This concerns issues of responsibility, ownership and necessary changes in legislation as well as IT security and a general lack of knowledge within organisations and lack of competence and workforce in this field.

To avoid lagging behind and instead make use of the large potential offered by the ongoing digitalisation companies should start testing the technologies to some extent, learn from it and collaborate with both customers and other actors.

Innehåll

1	Inledning	9
2	Vad menar vi med digitalisering?	11
3	Övergripande beskrivning av några digitala teknikområden	15
3.1	Artificiell Intelligens	17
3.2	Avancerad Automation och robotisering	22
3.3	Internet of Things	23
3.4	Blockkedjeteknologin	25
3.5	Perspektiv på kommande teknikutveckling och dess konsekvenser	27
4	Digitalisering inom energisektorn	30
4.1	Digitaliseringen skapar nya möjligheter, inte minst på systemnivå	30
4.2	Prediktivt underhåll och optimering med hjälp av AI	31
4.3	Nya plattformar och kunderbjudanden	33
4.4	Vad kan digitaliseringen innebära för värmemarknaden?	33
4.5	Höga förväntningar på blockkedjeteknologin	34
4.6	Hur långt har energiSektorn kommit jämfört med andra sektorer?	35
5	Erfarenheter från projektets första etapp	37
5.1	Stor nyfikenhet men relativt få konkreta satsningar	37
5.2	Samverkan är en framgångsfaktor	37
5.3	”Vargen kommer-problemet” och ”vi är inte som andra branscher”	38
5.4	Låt inte rädsla hindra utvecklingen	39
5.5	Det finns skillnader mellan el- och värmesidan	41
5.6	Blockkedjan – en hype eller en räddare i nöden?	41
5.7	De främsta drivkrafterna för digitaliseringen – minskad energianvändning och ökad kundnytta	42
6	Utmaningar för energibranschen	44
6.1	Utmaningarna är många men möjligheterna överväger	44
6.2	Säkerhets- och sårbarhetsaspekter	45
6.3	Lagstiftning och Regelverk	48
6.4	Energianvändning inom It-sektorn	48
7	Råd till energiföretagen	50
8	Referenser	51
9	Mer att läsa	52

1 Inledning

Digitaliseringen har lagt grunden för den utveckling som nu formar framtidens samhälle. En ständigt uppkopplad värld, den snabba utvecklingen inom områden som avancerad automation och robotisering, artificiell intelligens (AI), Internet of Things (IoT) i kombination med blockkedjetekniken bedöms inom något eller några decennier radikalt kunna komma att påverka och förändra vårt samhälle. Många menar att vi är på väg mot en utveckling som i flera avseenden kommer att vara helt omvälvande, även för energisektorn. En utveckling som kan beskrivas som närmast disruptiv¹.

I detta projekt har Energiforsk tagit initiativ till en fördjupad genomgång av den digitala utvecklingsfronten i ett tekniskt perspektiv, dels med avseende på dagens penetration inom olika sektorer i ett nationellt och globalt perspektiv, dels i ett framtidsblickande perspektiv om teknikernas potentiella utveckling och möjligheter inom en 5 - 10 årsperiod.

Projektet har valt att fokusera på digitaliseringsområdena artificiell intelligens, avancerad automation och robotisering, IoT samt blockkedjor. Utöver att öka den allmänna kunskapsbasen inom energibranschen kring dessa områden analyseras hur utvecklingen kan komma att påverka och förändra energisektorn. I projektet diskuteras också konkreta exempel på hur teknikerna kan tillämpas och implementeras inom olika delar av energisektorn och energisystemet. En central fråga i projektet handlar om vilka krav som måste ställas på IT-säkerhet och regelverk, hur dessa krav kan uppnås samt lyfta frågeställningar kring öppna gränssnitt, kompatibilitet och standardisering.

Ett övergripande mål med projektet är att lägga grunden till en plattform för framtida branschgemensamma forsknings- och utvecklingssatsningar. Syftet med detta är att inspirera medverkande aktörer och övriga delar av branschen till idéer och initiativ om hur den egna organisationen kan ta tillvara nya digitala möjligheter och bli en del av den pågående utvecklingen.

Projektet är uppdelat i två etapper varav den första, som lägger den generella kunskapsbasen kring fokusområdena och var den digitala utvecklingsfronten ligger idag, sammanfattas i denna rapport (delrapport 1). Etapp 2 av projektet har ett djupare fokus på energisektorn och har som främsta mål att ta fram konkreta förslag på vidare forskning inom området. Etapp 2 kommer att slutredovisas i delrapport 2.

Projektet omfattar utöver workshops och seminarier på temat digitalisering, med fokus på de olika teknikerna, även ett flertal intervjuer med forskare och experter inom området samt en dialog med projektets deltagare för att samla in tankar, frågeställningar och erfarenheter inom området digitalisering.

¹ "Disruptive Innovation" har blivit ett begrepp och modeord som skapades på Harvard Business School i slutet av 1990-talet. På svenska brukar begreppet översättas med omstörtande innovation.

Totalt har projektet samlat ett tjugofemtal deltagande företag och organisationer, en förteckning av dessa samt de personer som har deltagit i projektet, och de intervjuer som har genomförts under etapp 1, återfinns i bilaga 1 till denna rapport.

Rapporten inleds med en bred beskrivning av vad vi menar med digitalisering samt de olika teknikområdena – vad de innebär, utvecklingsstatus idag samt var den största nyttan finns (kapitel 2 och 3). Därutöver ges en redogörelse för pågående aktiviteter och aktörer inom energisektorn (kapitel 4).

I den andra delen av rapporten (kapitel 5) sammanfattas lärdomarna från projektets första etapp baserat på de intervjuer och diskussioner som har genomförts med deltagare, forskare och experter.

Den tredje och avslutande delen (kapitel 6 och 7) beskrivs utmaningarna för energibranschen vad gäller tekniken, säkerhetsaspekter, regelverksaspekter samt energianvändningen som följer av digitaliseringen. Rapporten avslutas därefter med att ge ett antal konkreta råd till energiföretagen hur man ska hantera både de möjligheter och utmaningar som digitaliseringen skapar.

2 Vad menar vi med digitalisering?

Den digitala utvecklingen som diskuteras i detta projekt kan benämnas digitaliseringens andra våg. Den första vågen handlade om att digitalisera information, metoder och processer samt att använda digitala kanaler, främst internet, både fast och mobilt. Den andra vågen kan sammanfattas av de fyra teknikområden som detta projekt fokuserar på – AI, avancerad automation och robotisering, IoT och blockkedja.

Tillsammans accelererar de här fyra områdena effekten av digitaliseringen. De både möjliggör och kräver förändringar av arbetssätt, produkt- och tjänsterbjudanden, organisation, affärsmodeller och ledarskap. Liksom vid alla andra större tekniskiften riskerar de företag som inte anpassar sig till de nya förutsättningarna att hamna efter och tappa konkurrenskraft.

Digitaliseringens avgörande utmaningar och möjligheter handlar därför inte främst om tekniken utan om dess konsekvenser. I dess andra våg förenar och suddar digitaliseringen ut såväl nationsgränser som gränserna mellan den fysiska och digitala världen. Denna omvandling beskrivs i olika termer, alltifrån en digital storm, den fjärde industriella revolutionen eller som digital transformation.

Om den första vågen bland annat ledde till större tillgänglighet av information, effektivare flöden, plattare hierarkier, delningsekonomi, digitala plattformar, minskade gränser mellan affärsområden och mellan branscher samt ett allmänt skifte från produkter till tjänster och från ägande till accessande, så kommer den andra vågen att driva på ännu större förändringar för företag, individer och samhälle.

En central drivkraft är att digitaliseringen har gett den enskilde individen nya möjligheter och förutsättningar att påverka utvecklingen. Genom att bygga nätverk med varandra skapas öppet tillgängliga produkter och tjänster. Den så kallade delningsekonomi bygger på enskilda människors aktiviteter, där vi gemensamt utnyttjar de digitala forumen för att dela på resurser. Begreppet kundmakt – *customer power* – har blivit centralt. När människor kommunicerar i egna nätverk förändras också organisationer och företag. Gamla affärsmodeller utmanas och måste omprövas. Det förstärks av att gränserna mellan olika verksamheter suddas ut i den digitala världen, där tjänster obehindrat kan blandas och kombineras.

Utvecklingen kommer att påverka och förändra vårt samhälle och inte minst förändra förutsättningarna och villkoren för ett stort antal branscher och företag. Det innebär att många verksamheter kommer att ställas inför helt nya utmaningar, samtidigt öppnas också nya möjligheter. De företag och organisationer som tidigt inser hur förutsättningarna och villkoren håller på att förändras har goda möjligheter att utvecklas.

IEA (2017) beskriver digitalisering utifrån tre fundamentala delar:

- **Data** i form av digital information
- **Dataanalyser** som skapar användbar information och nya insikter
- **Sammanlänkning** som möjliggör utbyte av data mellan människor, datorer, apparater och maskiner (inklusive maskin-maskin, M2M) genom digitala nätverk och kommunikationsteknologier.

Det saknas en allmänt erkänd definition av begreppet digitalisering. På engelska används begreppen *digitalisation* och *digital transformation* i delvis likartad betydelse, men inte heller på engelska har man kommit fram till en tydlig definition av begreppet.

Digitaliseringskommissionens slutbetänkande (SOU, 2015) beskriver digitalisering som innebärande:

*"... att digital kommunikation och interaktion mellan människor, verksamheter och saker blir självklara. Det förändrar hur vi gör saker, hur vi upplever saker, hur vi tar oss an uppgifter och hur vi finner lösningar. Användningen av ny teknik förändrar förutsättningar och villkor för företag och offentlig sektor, för arbetsliv och utbildning och för tillit och social sammanhållning i samhället. Digitaliseringen innebär en omvälvande transformering av samhällets viktigaste delar – tillväxt och hållbarhet, välfärd och jämlikhet, trygghet och demokrati."*²

Ofta lyfter man digitalisering i aspekten av förvandling av ett företag, en verksamhet eller hela samhället med hjälp av nya digitala tekniker, och många pekar på att digitaliseringen i grunden handlar om att förvandla och förändra affärsprocesser. En möjlig definition i denna aspekt har formulerats som *"alla anpassningar en verksamhet gör för att vara konkurrenskraftig i en digitaliserad värld."* En liknande definition finner man av begreppet *"digital transformation"*, som menar att den digitala transformationen inbegriper integrationen av digital teknik i alla delar av ett företag som på ett fundamentalt och genomgripande sätt förändrar hur man leder företag och genererar nytta till kunder. Ofta återkommer man dock till att digitalisering och digital transformation sträcker sig bortom företagsverksamheter och även omfattar och inbegriper samhället i stort och hur vi som individer förhåller oss till vår omvärld. *Digital transformation* beskrivs då som de förändringsprocesser som inbegriper integration av digital teknik i alla aspekter av det mänskliga samhället.

Möjligtvis kan man betrakta digitalisering som ett samlingsbegrepp för pågående och genomgripande förändringsprocesser orsakade av en snabb utveckling av digital teknik. Inom projektet har vi valt att omfatta teknikutveckling inom avancerad automation och robotisering, IoT, blockkedjeteknik samt analys av stora datamängder (s.k. *"big data"*) genom maskininlärning och artificiell intelligens. Teknikerna går delvis in i varandra och är framförallt avhängiga varandra, t.ex. skulle maskininlärning, som är grunden för artificiell intelligens, inte vara möjlig utan stora mängder data vilket möjliggörs genom bl.a. IoT. Robotisering hänger i hög grad ihop med artificiell intelligens och förmågan att lära maskiner att arbeta

² <https://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2015/12/sou-201591/>

självständigt och ta över inte bara repetitiva och tunga arbetsmoment utan även ta plats i konsumentkontaktledet.

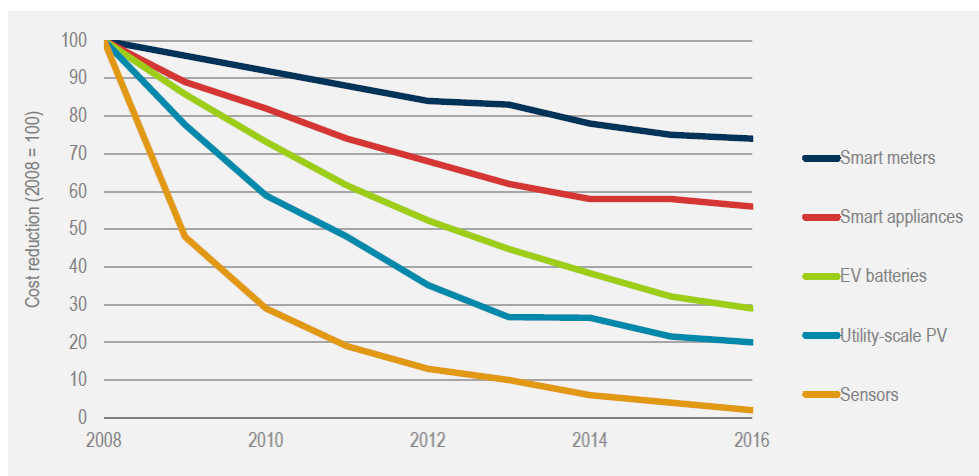
Genomgripande förändringar är förstås inte nya, teknikutvecklingen sker ju som bekant i steg, där det ena leder till det andra och utvecklingen är därför många gånger skönjbar först i ett retrospekt. Den första industrialiseringsvågen satte fart först under mitten på 1800-talet och dagens digitala tekniker och verktyg skulle inte vara möjliga utan denna utveckling liksom den omfattande elektrifiering av samhället som skedde under första hälften av 1900-talet. Det finns också en mycket stor förväntan på vad digitaliseringen, och inte minst artificiell intelligens, kommer att innebära för samhället och utvecklingen, vilket kan illustreras av nedanstående citat av Andrew Ng³.

“Artificial Intelligence is the new electricity. Just as electricity transformed industry after industry 100 years ago, I think AI will do the same.”

Den bakomliggande matematiken för dessa teknikområden är inte heller ny. Redan på 1800-talet skrevs till exempel den första algoritmen av Ada Lovelace för Charles Babbages mekaniska dator, varför Ada ofta beskrivs som historiens första datorprogrammerare. Under 1940- och 50-talen lade matematikern Alan Turing en stor del av grunderna för dagens informations- och datorteknologi och, inte minst, området artificiell intelligens.

Det som är nytt med dagens utveckling är att digitaliseringen nu har kommit så långt att den kan leda till just de genomgripande förändringar som påverkar hela samhället. Dessa förändringar sker genom en gradvis utveckling som främst kan sägas bero på att kostnader och storlek på komponenter har reducerats i tillräcklig utsträckning för att kunna appliceras brett, vilket gör att mängden tillgänglig data har vuxit explosionsartat. I Figur 1 har IEA (2017) bearbetat kostnadsdata för att visa hur kostnaden för olika tekniska komponenter har minskat mellan 2008 (index-år) och 2016. Som framgår är det framförallt kostnaderna för batterier till elfordon, solceller samt sensorer som har minskat betydligt.

³ Andrew Ng är en av världens främsta experter inom AI-området med bakgrund från MIT, Stanford och som chefsforskare på det kinesiska företaget Baidu som är ett av världens ledande företag inom AI.



Figur 1 Kostnadsminskningar för olika tekniska komponenter som sensorer, solceller, batterier till elfordon, smarta hushållsmaskiner och smarta mätare mellan 2008 (index-år) och 2016. Källa IEA (2017)

Den stora mängden data har möjliggjort den stadigt stigande lärokurvan för redan befintliga algoritmer och neurala nätverk. Tillsammans med det senaste decenniets utveckling inom mobila kommunikationslösningar (4G, 5G) som möjliggör överföring av allt större mängder skapar detta förutsättningarna för den genomgripande digitalisering och digitala transformationen av samhället vi nu bevitnar.

3 Övergripande beskrivning av några digitala teknikområden

De digitala teknikområden som projektet fokuserar på har alla en stark koppling till varandra. Förenklat kan man säga att en teknik kan vara en förutsättning eller en gren av den andra, alternativt att de bygger på varandra. I detta kapitel ges en övergripande beskrivning av några digitala teknikområden, vad de innebär och exempel på befintliga och/eller möjliga applikationsområden.

För att tydligare åskådliggöra kopplingen mellan de fyra teknikområden som kommer att belysas kan det vara värt att först kort sammanfatta deras olika egenskaper.

AI kan lyfta analys av data från en nivå med enstaka algoritmer och korrelationer till att upptäcka mer komplexa samband, samtidigt som AI nu börjar närma sig och ibland överträffar mänsklig förmåga till lärande (*machine learning* och *deep learning*, beskrivs i avsnittet om AI).

Automation har i alla tider handlat om att låta tekniska system göra det som människan eller naturen annars gör, med större effektivitet och ofta högre precision. Med stöd av AI och större datamängder kan automation nu nå betydligt mer avancerade nivåer än tidigare.

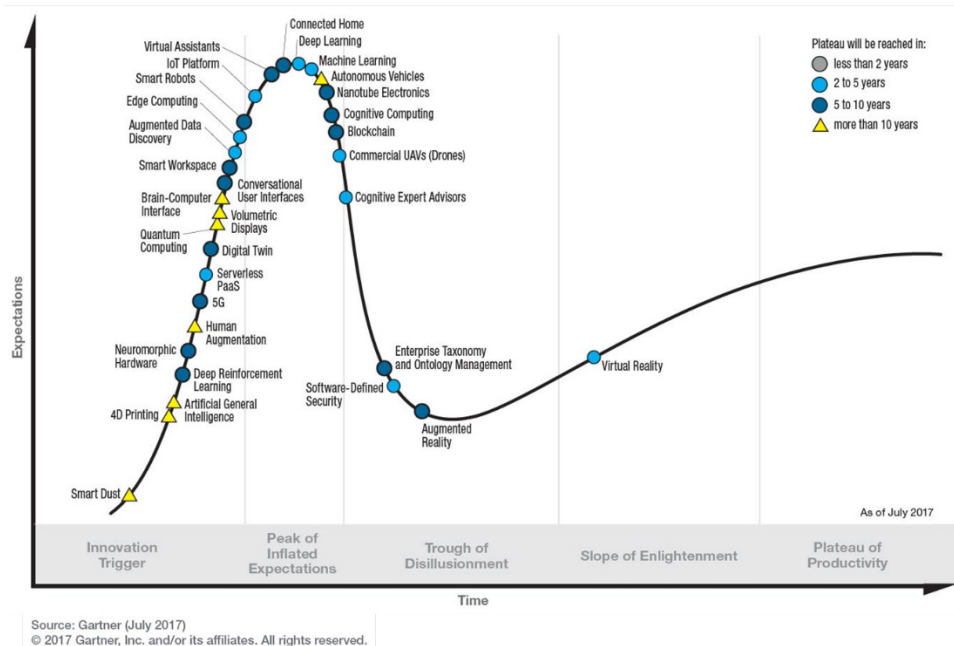
Internet of Things är för AI vad de mänskliga sinnena och kroppen är för hjärnan – det står för insamling av data och för interaktion med omvärlden.

Blockkedja är det yngsta och mest utforskade teknikområdet. Potentiellt kan det erbjuda en decentralisering av digitala system till distribuerade modeller utan behov av central styrning.

Figur 2 visar i vilken mognadsfas olika digitaliseringstekniker befinner sig enligt företaget Gartners s.k. "Hype Cycle"⁴. Enligt denna modell genomgår nya tekniker fem olika faser, illustrerat i form av en utvecklingskurva från innovationsstadium till allmän penetration i samhället. Teknikernas framgång beror på vad som händer efter "hype"-toppen (*peak of inflated expectations*), då förväntningarna på vad tekniken kan åstadkomma oftast är mycket högt ställda. Beroende på teknikens applikationsmöjligheter och hur väl den motsvarar de höga förväntningarna sker en teknikmognad vilket möjliggör en mer allmän penetration i olika samhällssektorer.

⁴ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>

Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017



Figur 2 Gartners "Hype Cycle" för kommande teknologier och bedömt tidsspann till möjlig allmän penetration och mognad av tekniken. Källa: Gartner 2017.

Som framgår är det endast *virtual reality* (virtuell verklighet) som bedöms vara på väg in i en fas där man kan förvänta sig en mer bred applikation av tekniken, då den når den s.k. "produktivitetsplatån" (*Plateau of Productivity*). *Augmented* (förstärkt) *reality* bedöms kunna vara nästa teknik på tur, med ett tidsspann på 5-10 år innan den bedöms nå produktivitetsplatån. *Deep learning*, *machine learning* och självkörande fordon befinner sig på toppen av fasen med de högst ställda förväntningarna vad teknikerna kan komma att leverera, medan *blockchain* bedöms precis ha passerat denna topp. De bedömda tidsspnnen till produktivitetsnivån för dessa tekniker varierar dock. Självkörande bilar bedöms ha mer än tio år kvar innan denna nås, medan en mer allmän penetration av *deep learning* och *machine learning* bedöms ligga mellan 2 - 5 år bort. En mer bred applikation av *blockchain* bedöms befinna sig runt 5 - 10 år bort.

HUR STÅR SIG SVERIGE PÅ DIGITALISERINGSOMRÅDET JÄMFÖRT MED ANDRA LÄNDER?

Jämfört med andra länder anses Sverige generellt ha ett bra utgångsläge vad gäller digitalisering, och har under lång tid rankats högt i olika internationella rankningar (McKinsey, 2017). En orsak till detta är att vi var tidigt ute vad gäller uppbyggande av den underliggande digitala infrastrukturen i form av bredband, mobilt internet och en hög andel datoranvändare i befolkningen. Vi har också kommit långt vad gäller digitalisering av den offentliga sektorn, där fyra av fem medborgare använder elektroniska förvaltningstjänster i någon form och där utbudet av denna typ av tjänster är stor inom alla områden och på alla nivåer. En annan viktig faktor som bidragit till att skapa Sveriges relativt goda utgångsläge är en stark innovationskultur med en lång rad teknikdrivande entreprenörer som gjort avtryck både inom och utom landets gränser och bidragit till att stärka konkurrenskraften för både stat och företag.

Samtidigt visar undersökningar att även om många svenska företag är medvetna om att de måste agera nu för att ta tillvara de möjligheter som digitaliseringen öppnar är det få som vet hur. Enligt en undersökning från Swedish ICT (2016) uppger endast 7 % av alla bolag att de har en genomarbetad och kommunicerad vision och strategi för sin digitalisering. Främst arbetar man med robotisering och automatisering liksom användaranpassade gränssnitt, medan användningen av AI-tekniker släpar efter.

Vinnovas analys av potentialen för AI i Sverige (Vinnova, 2017) visar på att den värdeskapande potentialen i användningen av AI i svenskt näringsliv och offentlig verksamhet är stor. Det finns också en stor potential i att utveckla och implementera AI-lösningar för att nå miljömässiga och sociala samhällsutmaningar. I rapporten lyfts en teknikvänlig befolkning, en god infrastruktur för datatrafik, en hög andel digitaliserade processer och en samverkanskultur som faktorer som talar för Sveriges AI-förmåga fram till 2030. Å andra sidan finns det brister i den statliga styrningen och FoU-satsningar. En annan utmaning rör den tillgängliga kompetensen på arbetsmarknaden, där det finns en brist på ingenjörer på området.

I avsnitten nedan ges en övergripande beskrivning av projektets fyra teknikområden. I nästa kapitel går vi djupare in på vad dessa tekniker betyder för energisektorn.

3.1 ARTIFICIELL INTELLIGENS

Med rötter på 1950-talet⁵, och med flera vågor av förhoppningar och besvikelser, har området artificiell intelligens under de senaste åren gjort dramatiska framsteg. Plötsligt kan maskiner köra bil, tolka bilder, diagnosticera sjukdomar och slå människor i dataspel, avancerade brädspele och i luftstrid med jaktflygplan i flygsimulator. Idag har många av de stora kända universiteten och högskolorna

⁵ Begreppet artificiell intelligens myntades av John McCarthy 1956, som samma år också var en av dem som anordnade Dartmouth Conference – den första konferensen dedikerad åt ämnet.

egna forskningsavdelningar dedikerade åt AI och de stora tech-jättarna Google, IBM, Apple, Amazon, Facebook och Microsoft satsar alla stort inom området.

Det första man bör notera för att värdera de här framstegen är att dagens AI fortfarande inte är i närheten av den allmänna, generella intelligens som människan har – förmåga till problemlösning, flexibelt tänkande, planering, med mera. Och AI-teknikerna av idag har definitivt inte någon form av mänskligt medvetande.

Även om det finns en potentiell fara i att någon aktör/stat skulle vilja använda och missbruka AI för att i en framtid uppfylla de domedagsprofetior man läser om i media så är det viktigt att fokusera på de fantastiska möjligheter dessa tekniker kan erbjuda för att underlätta våra liv.

HUR DEFINIERAR MAN ARTIFICIELL INTELLIGENS?

Enligt Stanfords hundraårsstudie om AI saknas en precis, allmänt accepterad definition av AI, men man framhåller Nils J. Nilssons definition från 2010 (Stone m.fl., 2016):

"Artificial intelligence is that activity devoted to making machines intelligent, and intelligent is that quality that enables an entity to function appropriately and with foresight in its environment."

Hundraårsstudien använder begreppet AI främst i betydelsen av en gren av datavetenskapen som studerar egenskaperna som formar och utgör intelligens (mätt mot den mänskliga hjärnans funktioner) genom att skapa konstgjord, syntetisk (artificiell) intelligens (Stone m.fl., 2016).

De senaste årens framsteg handlar främst om kraftigt förbättrad maskininlärning (*machine learning*), i huvudsak med den speciella tekniken *deep learning*. Deep Learning bygger i sin tur på ett matematiskt knep som kallas *backpropagation* som utvecklades redan 1986.

I grund och botten är deep learning inte särskilt komplicerat. Det är ett system, inspirerat av hjärnan, som består av flera lager så kallade neurala nätverk, byggda av "neuroner" som var och en tar emot en insignal – till exempel från en pixel i en digital bild. Signalerna fortplantas genom systemets lager av neurala nätverk, och ger till slut en samlad utsignal – en tolkning av en bild, en översättning av ett ord etc.

Träning av systemet sker genom att man matar in kända data och trimmar systemet tills det identifierar den inmatade datan korrekt – exempelvis genom att känna igen ett objekt i en bild.

Backpropagation innebär att man under upplärningen av systemet mäter skillnaden mellan den faktiska utsignalen och den önskade utsignalen. Måttet används sedan för att successivt justera parametrar i alla neuroner i nätverkets olika lager, hela

vägen tillbaka till det första lagret (därav termen "deep"). Man gör detta om och om igen med kända indata, och det visar sig då att de olika neuronerna och lagren efterhand organiserar sig själva för att ta hand om olika uppgifter – exempelvis att identifiera konturer, färger eller former på olika nivåer i en bild, ungefär som vi tror att hjärnan fungerar.

Att deep learning och backpropagation inte fått genomslag tidigare beror på att det är först de senaste åren som vi har fått tillgång till tillräcklig datakraft och tillräckligt stora datamängder för att effektivt kunna träna systemen.

En av nycklarna har varit att använda så kallade grafiska processorer – GPU:er⁶ – i kombination med klassiska CPU:er⁷. GPU:erna har nått en hög grad av specialisering, främst genom höga krav från dataspelsvärlden, med en särskild förmåga att parallellt göra många enkla beräkningar av samma typ. Och just den förmågan passar väldigt bra även för träning av system med deep learning – så bra att tiden för träning av systemen har kunnat förkortas flerfaldigt, ibland med en faktor tio, med hjälp av GPU:er.

Styrkan hos AI-system baserade på deep learning och liknande teknik för maskininlärning är en relativt nischad förmåga att känna igen mönster. Å andra sidan finns mönster på en lång rad olika områden, i många olika former, och vi har troligen bara sett början på hur avancerade mönster som kan hanteras.

Till de mest typiska tillämpningarna hör bildigenkänning där exemplen sträcker sig från ansiktsigenkänning till medicinska diagnoser ställda genom tolkning av röntgenbilder men också så udda exempel som att skilja ett äkta leende från ett besvärat leende, där datorer överträffade människor redan 2012⁸.

Men mönsterigenkänningen kan användas även för betydligt mer komplexa och abstrakta mönster. Ett exempel är självkörande bilar, där maskininlärningen används både för att tolka visuell information och för att lära sig själva bilkörningen genom att träna på hur människor kör bil och hitta mönster i människors bilkörning.

Ett annat exempel är den omskrivna framgången för det Googleägda bolaget Deep Minds system Alpha Go i det asiatiska brädspelen Go. I en serie matcher från oktober 2015 och framåt besegrade Alpha Go flera av världens bästa Go-spelare⁹. Med tanke på att Go är betydligt mer komplext än schack väntade sig många att datorer skulle vinna över människor i spelet först mellan fem och tio år längre fram i tiden, och bland annat därför väckte framgångarna för Alpha Go stor uppmärksamhet.

Ytterligare en anledning var att Alpha Go gjorde drag som Go-spelarna inte hade sett någon annan människa göra tidigare, trots att systemet till stor del tränats genom att lära sig av matcher mellan människor.

⁶ GPU – Graphics Processing Unit, är en grafikprocessor. En grafikprocessor är optimerad för grafikrelaterade beräkningar och hanterar bland annat signaler från datorn till bildskärmen.

⁷ CPU – Central Processing Unit, är datorns huvudprocessor.

⁸ <http://www.wired.co.uk/article/mit-fake-smile-detection>

⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/AlphaGo>

Två år senare, i oktober 2017, presenterade Deep Mind resultat från en ny version av systemet – Alpha Go Zero – som lärde sig spelet enbart genom att spela mot sig självt, och som efter tre dagars egen träning utklassade de tidiga versionerna av Alpha Go från 2016 med 100 – 0, och efter 40 dagars träning besegrade alla tidigare versioner av systemet.

VAD ÄR SKILLNADEN MELLAN ÖVERVAKAD (SUPERVISED) OCH OÖVERVAKAD (UNSUPERVISED) INLÄRNING?

Vid övervakad inläring tränas datorn med exempel på in- och utdata, där datorn ska upprepa exemplen och generalisera dem. Vid oövervakad inläring saknas utdata, och datorn får därmed lära sig genom den tillgängliga indatan. I den senare metoden ges möjlighet för datorn att upptäcka nya mönster i en stor datamängd. Alpha Go är ett exempel på övervakad inläring, medan Alpha Go Zero är ett exempel på oövervakad inläring. Det innebär alltså att Alpha Go har lärt sig spelet genom att tränas på ett mycket stort underlag av drag och taktiker som bygger på erfarenheter från mänskliga spelare. Alpha Go Zero, däremot, har endast haft tillgång till spelreglerna ("indata") och inte tränats med hjälp av mänskliga erfarenheter av spelets taktik.

I detta sammanhang talar man även om *narrow* eller *weak* AI (smal AI) och *broad* AI (generell AI). Övervakad inläring men också den typ av oövervakad (supervised) inläring som finns idag faller inom narrow AI. Längst ut på skalan finns den självmedvetna generella intelligensen som liknar den mänskliga intelligensen, dvs. broad "human-like" AI. Hit har vi ännu inte har kommit.

Idag börjar AI-tekniken röra sig mot det man kallar *unsupervised context-aware learning*. Hit hör t.ex. de visuella system som används för självkörande fordon (Evans m.fl., 2017).

Tillämpningar av AI

Experter på AI nämner ofta tre områden där den här typen av AI-system kan användas: Optimering, individanpassning (*personalisation*) och prediktion.

I förlängningen kan tekniken också användas för automation och för expertsystem (behandlas i ett avsnitt längre ner).

Sammantaget öppnar tillämpning av AI på de här områdena också för utveckling av en rad nya tjänster inom alla branscher.

Optimering med AI handlar i ett första skede om relativt traditionella problem som att optimera en funktion genom justering av en rad parametrar som påverkar funktionen. AI-system baserade på deep learning har visat sig vara häpnadsväckande effektiva vid sådan optimering – i avsnitt 4.2 nedan beskrivs ett exempel där Google använt ett system besläktat med Alpha Go för att optimera energiåtgången för kylning av datahallar. Men på sikt väntar sig experter inom AI att det blir möjligt att optimera hela verksamheter, och att det i sin tur ökar kravet

på att bryta upp avgränsningar mellan olika funktioner på företag och att integrera olika avdelningars arbete med varandra.

Individanpassning väntas öka genom att man effektivt kan skräddarsy erbjudanden till enskilda kunder baserat på analys av individers kunddata. I samma takt kommer rimligen kundernas förväntan på skräddarsydda erbjudanden att öka.

Prediktion är ett brett område som sträcker sig från att förutse tillståndet för maskiner och utrustning till att förutse kunders efterfrågan och marknadsreaktioner på nya erbjudanden.

En viktig tillämpning inom industrin är *prediktivt underhåll* där man genom analys av data från sensorer kontinuerligt kan justera planering för underhåll och reservdelbyte, eller i realtid ta beslut om driftstopp och åtgärder när analysen av sensordata tyder på akuta problem med utrustningen.

Användning av prediktivt underhåll startade tidigt inom flygindustrin för underhåll av flygplansmotorer, och den förbättrade kunskapen om motorens tillstånd har effektiviserat underhållet och även drivit på ett skifte från att sälja motorer till att sälja flygtimmar.

Så kallade *digitala tvillingar* är en teknik med nära koppling till prediktion. En digital tvilling är en digital simulering av teknisk utrustning, allt från en enskild komponent till hela system.

Man kan dela in användning av digitala tvillingar i olika nivåer. Första nivån är att enbart bygga en digital simuleringsmodell. Den andra nivån är att koppla upp modellen och utrustningen så att data kan överföras och analyseras kontinuerligt. Tredje nivå är att ställa diagnos på utrustningen utifrån data från modellen när den matas med verklig driftdata, och även att upptäcka om utrustningen börjar bete sig annorlunda än modellen, vilket kan tyda på att problem håller på att uppstå. Den fjärde nivån är prediktion – att med hjälp av tvillingen förutse hur utrustningen beter sig framöver utifrån aktuella driftdata. Den femte nivån är att tillämpa maskininlärning med AI, exempelvis för att kontinuerligt förbättra modellen eller för att analysera nya mönster i sensordata och förstå vad de beror på¹⁰.

Ett exempel på simulering av ett större system är ett forskningsprojekt vid Chalmers där Göteborgs population och dess rörelsemönster simulerats för att förutse behovet av laddning av elbilar och utifrån simuleringen potentiellt optimera utbudet av laddstationer¹¹.

En koppling mellan prediktion och optimering finns i *avancerad styrning*. Genom att basera styrning på prediktion kan avsevärd optimering uppnås.

¹⁰

https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/23877/digital_twin_af_ringhals_bjarnehed_dotevall.pdf

¹¹ <https://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/ict/events/digitalisation/Documents/DevdattDubhashi-s.pdf>

3.2 AVANCERAD AUTOMATION OCH ROBOTISERING

Automation och robotisering¹² har pågått länge och är i grunden ingenting nytt. Robotar är vanligt förekommande inom framförallt tillverkningsindustrin, och de har främst ersatt människor vad gäller att utföra repetitiva, tunga och farliga arbetsmoment.

De tydliga nyheterna inom området kan delas upp på två områden.

Det första är *utvecklingen inom robotområdet* ("fysiska robotar"), dels med kollaborativa robotar, dels med allt mer avancerande fritt rörliga, autonoma robotar som kan lösa enklare uppgifter.

Det andra är *kognitiv automation* ("digitala robotar/botar") – programvara som automatiserar mentalt arbete, exempelvis kontorsarbete inom olika områden.

Kollaborativa robotar har lanserats av en rad tillverkare, allt från etablerade aktörer som ABB med sin robot Yumi, till startupbolag som Rethink Robotics, med robotarna Sawyer och Baxter. De nya robotarna skiljer sig från tidigare industrirobotar på flera sätt. De är ofarliga – de behöver inte stå i säkerhetsburar utan är avsedda att arbeta sida vid sida med människor. De är lättanvända – ofta programmeras de inte utan istället kan man handgripligen visa hur de ska göra och de upprepar sedan arbetsuppgiften. De är också generellt sett betydligt billigare än traditionella industrirobotar och ska göra det möjligt för små och medelstora företag att automatisera fysiska arbetsuppgifter.

Autonoma robotar har också utvecklats kraftigt, med flera exempel på två- och fyrbenta robotar från företag som Boston Dynamics, bland annat roboten Atlas som 2017 kunde göra en baklängesvolt och landa på två ben¹³, samt Spot Mini som bland annat kan plocka upp objekt och öppna dörrar¹⁴.

Det finns också robotar som exempelvis kan diska, men tävlingen Amazon Picking Challenge som arrangerades 2016 och 2017 har också visat hur svårt det fortfarande är för robotar att identifiera och hantera olika objekt, som människor gör utan svårighet¹⁵.

Kognitiv automation innebär på många sätt en större förändring än robotisering eftersom automation av mentalt arbete hittills inte haft samma utbredning som automation av fysiskt arbete.

Två exempel på system för kognitiv automation är Watson, utvecklad av IBM samt Amelia, utvecklad av det amerikanska företaget IP Soft.

Båda är självlärande system som svarar på frågor utifrån stora mängder tillgängliga ostrukturerade data inom något område. Från att 2011 ha vunnit frågesporten Jeopardy mot två av de bästa mänskliga tävlandena i frågesporten har Watson utvecklats till en hel uppsättning olika system för kognitiv automation.

¹² Termen robot myntades av den tjeckiske författaren Karel Capek i en 1920-talspjäs om arbetande androider som ersatte mänskliga arbetare. Ordet robot kommer från det slaviska ordet *robota* som betyder arbete.

¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=fRj34o4hN4I>

¹⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=wXxrmussq4E>

¹⁵ <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/team-delft-wins-amazon-picking-challenge>

Amelia var ursprungligen fokuserad på tillämpningar inom kundtjänst, där systemet redan 2014 efter en månads träning hos ett it-företag kunde lösa över hälften av inkommande kundtjänstärenden utan mänskligt ingripande, och minska tiden för lösning med i snitt 60 procent¹⁶. Idag hävdar IP Soft att Amelia 2019 kommer att kunna ersätta i princip alla tjänstemän på alla vanliga företag.

På sikt tror IP Soft att påverkan på arbetsmarknaden av kognitiv automation kan bli mycket stor och uppger att affärsmodellen vid implementation av Amelia är en ekonomisk ersättning motsvarande hälften av kostnaderna för den personal Amelia ersätter. De första icke-engelska implementationerna av Amelia har gjorts på svenska och bland kunderna finns SEB och Nordnet Bank.

Analysen av påverkan på arbetsmarknaden pekar dock i alla riktningar och osäkerheten är stor. Det finns också uppenbara möjligheter – automation ersätter i första hand arbetsuppgifter som är repetitiva och som ofta upplevs som tråkiga av människor. Genom att automatisera den typen av uppgifter frigörs tid för människor att fokusera på arbete som många upplever som intressantare, mer utvecklande och mer utmanande.

De typer av arbete som maskiner anses ha svårast att klara ligger inom fyra områden, samt i en kombination av dessa: Kreativitet, förmåga att övertyga och motivera andra människor, empati och medkänsla, samt fingerfärdighet.

När det gäller just fingerfärdighet kan det noteras att en forskargrupp från Singapore i april 2018 rapporterade att de lyckats utveckla ett AI-baserat robotsystem med två armar som på egen hand lyckats montera en stol från Ikea¹⁷.

Kognitiv automation har en nära koppling till *expertsystem*. Om de mest repetitiva uppgifterna automatiseras helt så kan uppgifter som är något mer komplexa utföras av människor med effektivt stöd av expertsystem. Det kan också gälla tillämpningar där automatisering i teorin skulle kunna användas, men där resultatet är så kritiskt att man vill ha människor som tar de avgörande besluten.

3.3 INTERNET OF THINGS

Internet of Things, på svenska *Sakernas Internet*, är ett samlingsbegrepp för den utveckling som innebär att fordon, hushållsapparater, maskiner, verktyg, gods etc. förses med inbyggda sensorer och kopplas upp mot nätet.

Utmärkande för IoT är kombinationen av enheter med en unik identitet som kopplas ihop med hjälp av mobil teknik och molntjänster som inte bara möjliggör identifiering och lokalisering av föremål, utan även insamling, bearbetning och kommunikation av kontextspecifika data (Westergren m.fl., 2017). På detta sätt skapas insikt till exempel om enhetens geografiska lokalisering, hur den används, huruvida den fungerar optimalt eller om den är i behov av underhåll. Tillsammans skapar massan av uppkopplade enheter analysförutsättningar av ett nytt slag. Kombinerat data från flera enheter, kan maskinlärande algoritmer och system upptäcka nya mönster och beteenden som kan ligga till grund för mer relevanta,

¹⁶ <https://matslew.wordpress.com/2014/10/31/amelia-understands-what-you-say-and-acts/>

¹⁷ https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-04/ntu-arb041818.php

individ- och situationsanpassade varor och tjänster. Enligt Westergren m.fl. (2017) förutser man att IoT på detta sätt kan komma att förändra hela marknaden och IoT är en förutsättning för alltifrån "smarta hus" och "smarta nät" till "smarta städer".

Antalet uppkopplade apparater stiger med accelererande fart år från år. Prognoserna, och även uppgifter om antalet uppkopplade apparater idag, skiljer sig ganska mycket men omkring 2022 väntas antalet ligga mellan 20 och 40 miljarder.

Inom industrin är det framförallt användningen av sensorer för insamling av data som växer, vilket i sin tur beror till stor del på att priset på många typer av sensorer rasat i takt med att de fått en massiv utbredning för användning i smarta mobiler.

Bland sensorsystem som dykt upp de senaste åren finns lagersystemet *SKF Insight*, med lager som är försedda med ett stort antal trådlösa sensorer för mätning av tryck, temperatur, vibrationer mm.

Sensornätverken gör det möjligt att utveckla en mer datadriven verksamhet i industrin, ofta kallat Industri 4.0.¹⁸ Genom analys av data i realtid öppnas en rad möjligheter, från automation och prediktivt underhåll som nämnts ovan, till nya tjänster som bygger på ett dataflöde exempelvis från produkter i drift. Ofta innebär detta ett skifte från försäljning av produkter till försäljning av tjänster.

Länge har IoT ansetts vara en relativt omogen marknad med brist på standarder och tydliga ekosystem. Idag arbetar flera stora aktörer med plattformar som är avsedda att knyta ihop uppkopplade enheter och att analysera flödet av data med olika applikationer i öppna ekosystem som kan liknas vid Apples och Googles plattformar för appar till smartphones.

Exempel på sådana plattformar är GE Predix, Siemens MindSphere, SAP Hana, Bosch IoT Suite, ABB Ability Plattform samt erbjudanden från it-jättar som Amazon, Google och Microsoft.

De branscher som anses ligga i täten när det gäller användning av IoT är transportsektorn, bilindustrin, hälso- och sjukvård, tillverkningsindustri, energisektorn (främst uppkopplade elmätare) samt konsumentelektronik.

Samtidigt pekar studier på att den största mängden data som samlas inom genom IoT idag inte ens används och att man inte heller utnyttjar hela potentialen av det datamaterial som faktiskt används (McKinsey, 2015). Främst används insamlade data enbart till realtidskontroll och felsökning. En stor outnyttjad potential återstår i att högre grad använda data till prediktivt underhåll och optimering av processer, även om detta är områden där intresset nu växer. McKinsey pekar på organisatoriska, tekniska och kommersiella faktorer som möjliga orsaker till att mängden analyserad IoT-data används i så pass liten utsträckning. Även

¹⁸ Industri 4.0 är ett begrepp som har sitt ursprung i uppfattningen att industrialiseringens historia till dags dato kan beskrivas i termer av fyra viktiga skeden (eller "revolutioner") där den senaste, den fjärde, kopplar till digitaliseringen. De tre föregående skedena utgörs av ångmaskinen, elektriciteten och elektroniken.

frågetecken kring vem som ska äga data både inom och utom organisationen verkar vara ett hinder för utnyttjandet av data.

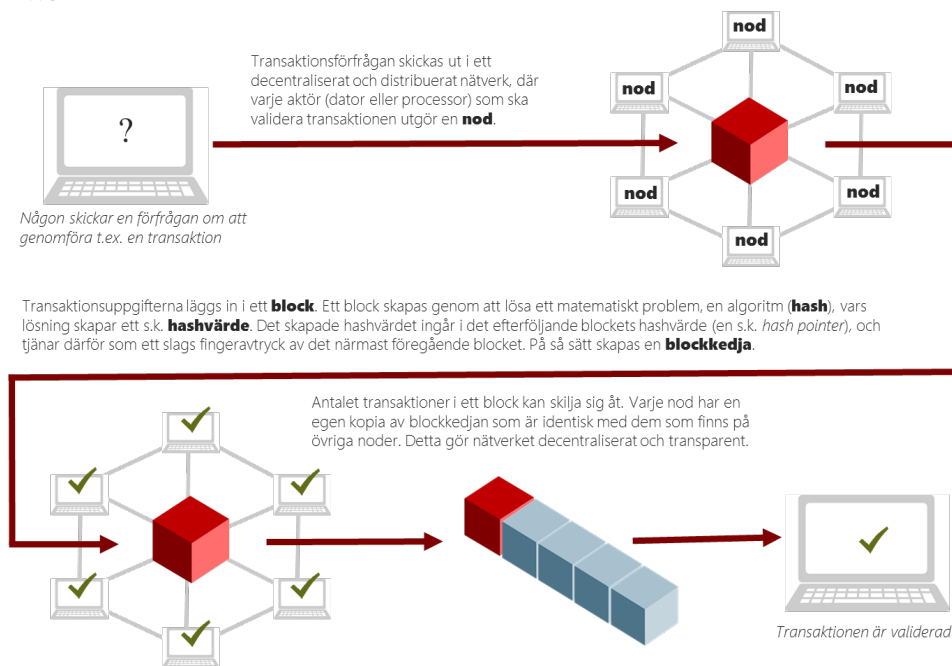
3.4 BLOCKKEDJETEKNOLOGIN

Blockkedja är en teknik som fått stor uppmärksamhet det senaste året men fortfarande finns det en stor osäkerhet, även bland experter, kring vad den verkligen är bäst lämpad för, framför allt i stor skala.

Blockkedjan är ett slags distribuerad databas och utvecklades för att möjliggöra kryptovalutan Bitcoin. Problemet som kryptovalutor måste lösa är att ha ett system för elektroniska betalningar utan någon kontrollerande part, och utan att enskilda användare kan kopiera pengar (*the double-spending problem*) eller manipulera databasen.

Blockkedjan löser detta genom ett slags transparent konsensus. Alla transaktioner är synliga för alla deltagare och registreras i en databas som är distribuerad hos alla användare som vill delta. Transaktionerna samlas i block, och blocken är kopplade till varandra på ett sätt som gör att om informationen ändras i något block så påverkar det omedelbart hela kedjan.

En **blockkedja** är en distribuerad och decentraliserad databas, som kontinuerligt och permanent sparar uppgifter i det som kallas block.



Varje block signeras med en tidsstämpel, och för att inte vem som helst ska kunna signera block med godtyckligt innehåll sker ett slags tävling där den som signerar måste lösa ett svårt matematiskt problem. Den som lyckas först får en viss belöning i Bitcoin.

Att ändra i blockkedjan är mycket svårt – eftersom blocken är kopplade måste man ändra i samtliga block i kedjan, och för att alla deltagare ska acceptera ändringen

måste man i praktiken kontrollera en majoritet av beräkningskraften hos alla datorer som deltar i systemet.

Egenskaperna hos blockkedjan är i huvudsak de som nämnts – det går inte att kopiera tillgångar, den är mycket svårare att manipulera än traditionella databaser, och den kräver ingen kontrollerande part.

Blockkedjan sägs därför ofta erbjuda distribuerad tillit. Ytterligare en fördel är att den gör det möjligt att registrera både pengar och tillgångar – materiella eller immateriella – i samma system, och att utföra transaktioner av både tillgångar och pengar samtidigt.

Dessutom kan även små program – så kallade automatiska kontrakt – lagras i kedjan, vilket gör det möjligt att låta händelser som regleras av kontrakt ske automatiskt när mätbara villkor för kontraktet är uppfyllda.

Det finns i princip två sorters blockkedjor – publika och privata.

Blockkedjan i Bitcoin är publik, vilket innebär att alla kan delta och alla kan signera block. Nackdelen är att det svåra matematiska problemet som måste lösas för att signera block – *proof of work* – kräver mycket stora mängder energi – så mycket att det är tveksamt om Bitcoin i dagens utformning är ett skalbart system.

I april 2018 uppskattades energiförbrukningen i Bitcoinsystemet till 62 TWh per år, motsvarande elförbrukningen i Schweiz¹⁹.

I en privat blockkedja låter man ett begränsat antal olika aktörer tillsammans ansvara för kedjan och signera varje block, och man ställer också villkor på vem som kan delta i systemet. Nackdelen är att man måste lita på de aktörer som har rätt att signera blocken. Dessutom är en sådan privat blockkedja möjlig att attackera eftersom den garanterat korrekta versionen bara lagras hos de aktörer som ansvarar för kedjan.

Problemet med tilliten minskar i princip i takt med att man ökar antalet aktörer som måste komma överens vid signering, och frågan är hur många aktörer som är tillräckligt. I många privata blockkedjor är det några eller några tiotal aktörer som signerar blocken tillsammans, medan en del experter på blockkedja anser att det skulle krävas tusen aktörer eller mer för att uppnå något som skiljer sig från vilken väl skyddad databas som helst.

Försök med olika tillämpningar baserade på blockkedja görs i många branscher. Ett uppmärksammat exempel är ett försök som Lantmäteriet gjort i samarbete med mjukvaruleverantören Chromeaway, Telia, SBAB, Landshypotek och konsult- och analysföretaget Kairos Future²⁰.

Försöket innebär att man har digitaliserat och säkrat alla dokument vid en fastighetsförsäljning. Totalt är det en process med ett fyrtiotal steg, och genom användning av en privat blockkedja med inbyggda automatiska kontroller har processen kunnat förenklas betydligt, samtidigt som transaktionen av fastigheten och av köpesumman sker i samma process. Normalt sker de två transaktionerna i

¹⁹ <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

²⁰ https://chromaway.com/papers/Blockchain_Landregistry_Report_2017.pdf

olika processer – i fastighetsregistret och hos inblandade banker och låneinstitut – och de slutförs ofta med veckor eller månaders tidsskillnad.

Om den blockkedjebaserade lösningen anses tillförlitlig skulle fastighetsaffärer kunna skötas digitalt och i realtid, via en app eller en webbaserad internetjänst.

Blockkedjor anses också kunna användas för att säkerställa ursprung av fysiska varor. En väg att gå är om det finns ett säkert sätt identifiera materialet i varan vilket kan göras på olika sätt.

En metod för identifiering av trävaror har exempelvis utvecklats av det svenska företaget Svensk Skogsdata²¹. Tekniken bygger på en algoritm som analyserar bilder av snittytor på träd och gör det möjligt att identifiera ett enskilt träd utifrån endast 10 procent av hela snittytan. Om en ny bild av snittytan tas vid varje kapning och informationen lagras i en blockkedja kan trämaterial i olika produkter spåras säkert ända tillbaka till avverkningen.

Det har också gjorts försök med mikroskopisk märkning av olika sorters material – allt ifrån sprängmedel till bläck och mediciner – med hjälp av unika nanopartiklar som sprids i hela materialet och som ger ifrån sig en särskild termisk signal vid temperaturändring.²²

Ursprungsinformation kan också förmedlas med blockkedja genom märkning av varupartier och förpackningar istället för själva varan. Även om kopplingen mellan varan och blockkedjan då inte är helt säker kan det leda till väsentligt ökad information om ursprung med ökad effektivitet.

I ett försök i samarbete mellan livsmedelsjätten Walmart och IBM visade det sig till exempel att spårningen av ursprunget för en skiva mango med traditionella metoder tog 6 dagar, 18 timmar och 26 minuter, medan det med hjälp av en lösning baserad på blockkedja tog 2,2 sekunder.²³

3.5 PERSPEKTIV PÅ KOMMANDE TEKNIKUTVECKLING OCH DESS KONSEKVENSER

Det finns en rad olika perspektiv på framtida teknikutveckling och dess konsekvenser för individ, företag och samhälle.

Det första man kan notera är att mycket tyder på att teknikutvecklingen ständigt accelererar och att den har gjort så historiskt²⁴. Den enkla förklaringen till den här observationen skulle vara att varje ny innovation i någon mening underlättar för andra innovationer och därmed ökar innovationstakten. Återkopplingen leder naturligt till en accelererad innovationstakt, och vi bör därför förbereda oss på att hantera ständigt snabbare förändringar.

Innovationstakten är för närvarande hög inom alla de fyra huvudområdena som det här projektet har studerat – AI, avancerad automation, Internet of Things och

²¹ <https://svenskskogsdata.se>

²² https://web.wpi.edu/Images/CMS/IPI/Su-Nanoparticle_Taggant_for_security.pdf

²³ <https://www.datexcorp.com/consumer-food-safety-country-of-origin-labeling-blockchain-traceability/>

²⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerating_change

Blockchain. Och som vi tidigare noterat är de tätt sammankopplade, vilket betyder att innovation på ett område ofta leder till nya möjligheter på ett annat. Dessutom kan innovationer på de olika områdena förstärka varandra när de kombineras – fler sensorer med bättre uppkoppling till lägre kostnad inom IoT i kombination med bättre AI-baserade analysmetoder av data från sensorerna ger till exempel möjlighet till högre grad av avancerad automation.

Bland de fyra områdena är det troligen AI som har störst tyngd för närvarande. En utmaning handlar om att bättre förstå vilka AI-baserade metoder som fungerar bäst för olika områden och problem. En annan är att minska mängden data som behövs för att träna ett självlärande system.

Människor, även i spädbarnsålder, behöver bara ett fåtal exempel för att lära sig något nytt, medan AI-system fortfarande behöver mycket stora mängder data för inläring.

Ytterligare en utmaning, delvis kopplad till de stora datamängderna, är att avancerade AI-system förbrukar betydligt mer energi än den mänskliga hjärnan som i snitt har en effektförbrukning omkring 20 watt.

Många företag arbetar med de här utmaningarna, och därför kan vi på sikt vänta oss AI-system som är energisnålare och lär sig snabbare, möjligen utan mänsklig hjälp, och även anpassar sina metoder till problemets natur.

Ett annat område inom AI där stora resurser satsas är förståelse av naturligt språk. Framstegen är påtagliga, även om problemen är komplexa, och sannolikt kommer det att leda till allt effektivare röstrobotar och röstbaserade digitala assistenter.

Konsekvenserna kommer att vara väsentliga för företag i olika branscher med förändringar i allt från affärsmodeller och ledarskap till organisation och utbud av tjänster och produkter.

En generell förändring som AI-forskare väntar sig är ett behov av fler tvärfunktionella team i takt med att AI används både för automatisering av arbetsuppgifter och för optimering av mindre eller större delar av företagets verksamhet. Företag som har verksamheten uppdelad på olika avdelningar med skilda uppgifter kommer då att få svårare att dra nytta av fördelarna med AI.

Frågan om AI och automatisering och dess påverkan på arbetstillfällen är också viktig, men det är svårt att dra säkra slutsatser i någon riktning.

I januari 2018 gjorde tidningen MIT Technology Review en sammanställning av ett stort antal prognoser för hur många jobb som automation och robotar kommer att eliminera eller skapa i USA, och noterade att prognoserna pekar åt alla håll, med skillnader på tiotals miljoner jobb även inom samma tidshorisont.²⁵

Det många däremot verkar överens om är att automation och AI inte ersätter hela jobb utan istället tar över vissa arbetsuppgifter i många jobb – främst sådana som är repetitiva och ofta uppfattas som tråkiga tidstjuvar.

²⁵ <https://www.technologyreview.com/s/610005/every-study-we-could-find-on-what-automation-will-do-to-jobs-in-one-chart/>

Ett sätt att se på AI och automation är därför att tekniken kan frigöra tid hos medarbetare för sådana uppgifter som maskiner har svårare att utföra. Många av dessa uppgifter ligger inom fyra områden eller i kombinationer av dem – kreativitet, förmågan att övertyga och motivera andra, empati och medkänsla samt finmotorik/fingerfärdighet.

Sverige har en relativt stark tradition av att ta till sig ny teknik och att utnyttja dess fördelar med bibehållen sysselsättning. Det speglas också i en internationell syn på Sverige, exempelvis i artikeln *The Robots Are Coming, and Sweden Is Fine* i tidningen New York Times.²⁶

Å andra sidan höjer en del AI-forskare en varningens finger för att svenska företag tenderar att lita till den svenska anpassningsförmågan för mycket och att även om medvetenheten om den nya tekniken är relativt hög, är det många företag som inte vill se konsekvenserna för den egna verksamheten.

²⁶ <https://www.nytimes.com/2017/12/27/business/the-robots-are-coming-and-sweden-is-fine.html>

4 Digitalisering inom energisektorn

Den omvandling som energisystemet för närvarande genomgår, med en alltmer distribuerad och variabel elproduktion, innebär en växande utmaning vad gäller att balansera produktion och användning i energisystemet. Ökad sammankoppling mellan olika delar av energisystemet (exempelvis transportsektorn och elsystemet) samt framväxten av nya aktörer bidrar till att ytterligare förändra energisystemet. Digitaliseringen erbjuder nya möjligheter att koppla samman framtidens energisystem. Ett uppkopplat och digitaliserat energisystem kan bidra till att förändra energisystemets traditionella gränser mellan efterfrågan och produktion av energi.

4.1 DIGITALISERINGEN SKAPAR NYA MÖJLIGHETER, INTE MINST PÅ SYSTEMNIVÅ

IEA (2017) bedömer att digitaliseringens största transformationspotential ligger i dess möjlighet att sudda ut gränserna mellan olika energisektorer, öka flexibiliteten inom energisystemet som helhet och möjliggöra integration mellan system. På elsidan kan digitaliseringen framförallt skapa möjligheter avseende:

- Smart²⁷ efterfrågefleksibilitet
- Integration av variabla, förnybara energikällor
- Smarta laddningsteknologier för elfordon
- Utveckling och styrning av ett distribuerat energisystem

Enligt McKinsey (2016) skapar digitaliseringen möjligheter för energisektorn genom hela värdekedjan, från energiproduktion till förbättring av kundrelationer. Dessa möjligheter kan fångas i tre skeden av digitaliseringsprocessen:

Första skedet: Ökad produktivitet och effektivitet som kan åstadkommas genom smarta mätare och smarta nät, verktyg för anställda, automatisering av organisationsprocesser.

Andra skedet: Ökat kundvärde och kundnytta som kan åstadkommas genom avancerade analyser som förbättrar kundrelationerna samtidigt som kostnaderna minskar.

Tredje skedet: Nya affärsmöjligheter som skapas då digitaliseringen möjliggör för energiföretagen att gå in i nya affärsområden. Åstadkoms genom distribuerad energiproduktion, energieffektiviseringstjänster och smarta, uppkopplade hus, fastigheter och städer.

Digitaliseringen är både en möjliggörare och drivkraft för att öka andelen distribuerad elproduktion. Digitaliseringen kan t.ex. underlätta för elkonsumenter att sälja egenproducerad el eller att erbjuda lagring av elöverskott i batterier. Digitaliseringen bidrar på så sätt till att stimulera framväxten av prosumenter.

²⁷ Vår definition på smart i denna, och liknande, aspekter är "systemeffektivt".

Eventuellt är blockkedjetekniken ett verktyg i sammanhanget. När det gäller värmemarknaden möjliggör digitaliseringen en betydande potential för bättre energitjänster, energieffektiviseringar, ökad kundkomfort och kundnytta.

4.2 PREDIKTIVT UNDERHÅLL OCH OPTIMERING MED HJÄLP AV AI

I takt med att allt mer data samlas in och analyseras öppnas nya möjligheter för energisektorn. När det gäller kostnadsminimeringar lyfts ofta möjligheten till minskade drift- och underhållskostnader, ökad effektivitet på anläggnings- och nätnivå, färre oavsiktliga driftavbrott och därmed ökad tillgänglighet samt en allmänt ökad livslängd på anläggningar och komponenter.

Både *prediktivt underhåll* och *avancerad styrning* kan sägas handla om optimering. Optimeringen leder främst till energieffektiviseringar och sänkta kostnader – avbrottskostnader, D&U-kostnader, kostnadsminimering på kundsidan, kostnader för nyinvesteringar i infrastruktur m.m. Det leder också till minskade utsläpp och möjliggör nya prismodeller. Avancerad styrning leder även till möjlig systemsamverkan mellan el och värme, där värmesystemen kan användas som energilager.

Den optimering som potentiellt går att åstadkomma enbart med avancerad styrning är dock stor på energiområdet och flera intressanta försök görs. McKinsey (2016) uppskattar att energibolag skulle kunna öka lönsamheten med mellan 20 och 30 procent genom optimering, men då inräknas all form av optimering genom digitalisering, även inom marknad och administration²⁸.

Alpha Go (se avsnitt 3.1) är ett utmärkt exempel på vad AI-tekniken kan ha för betydelse för energisektorn. I juli 2016 rapporterade Deep Mind hur ett system med liknande egenskaper använts för att optimera kylningen i ett av Googles datacenter. Trots att Google redan lagt betydande resurser på att optimera kylningen i sina datacenter, och trots att en väsentlig effektivisering redan uppnåtts, med mindre förhoppningar om att kunna förbättra effektiviteten ytterligare, kunde AI-systemet sänka energiförbrukningen för kylningen med upp till 40 procent²⁹.

I samma rapport nämner man tankar på att använda liknande teknik för optimering i olika typer av kraftverk, med målet att öka verkningsgraden.

En övergripande möjlighet är att jämnna ut topparna i energiförbrukningen vilket i sin tur ökar möjligheterna att utnyttja hållbara energikällor som sol och vind eftersom behovet av temporär lagring och compensation från andra energikällor minskar med effektivare optimering.

Det brittiska bolaget Open Energy arbetar med optimering genom att koppla upp och fjärrstyra energiförbrukande och energilagrande utrustning hos företag. Open Energy har beräknat att det finns ett flexibelt effektutrymme på upp till 6 GW som kan användas för att justera och flytta topparna i energiförbrukningen i

²⁸ <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/the-digital-utility-new-opportunities-and-challenges>

²⁹ <https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40/>

Storbritannien. Dessutom finns det en flexibel potential på 750 MW som kan användas för reglering och stabiliseringen av nätfrekvensen i realtid³⁰.

Just reglering av nätfrekvensen är ett område där avancerad styrning får ökad betydelse i takt med större användning av sol och vind som energikällor, eftersom den stabiliserande svängmassan som per automatik finns i traditionella kraftverk minskar i betydelse. Därför görs nu försök med olika former av syntetisk svängmassa där en simulerad tröghet i energiproduktionen kan åstadkommas med avancerad styrning på olika sätt, exempelvis genom att temporärt öka eller minska effektuttaget ur ett vindkraftverk eller med hjälp av ett batteri som är anslutet till elnätet.

Liknande verksamhet som hos Open Energy bedrivs också i Sverige, exempelvis av företaget Ngenic som optimerar energiförbrukningen i elnätet bland annat genom att fjärrstyra konsumenters värmepumpar så att de kan "mjukköras" för att minska eleffektuttaget utan att det påverkar inomhusklimatet. Tekniken bygger till en del på att med hjälp av AI beskriva byggnaders egenskaper och energiförbrukning samt att effektivare utnyttja den termiska trögheten i byggnader.

Liknande tankegångar används för energioptimering där fjärrvärmenätets potential för energilagring utnyttjas. Sådan teknik utvecklas bland annat av företaget Noda Intelligent Systems samt i ett projekt som drivs av forskningsinstitutet RISE i samarbete med Mälarenergi³¹.

Ytterligare en viktig aspekt av styrning, prediktion och optimering med hänsyn till energi är att åstadkomma mer precisa väderprognoser. Ett exempel är en produkt som IBM utvecklat efter uppköpet av The Weather Company – en prognostjänst som kallas *Deep Thunder* och som ska ge lokala väderleksprognoser med en precision på 0,3 till 2 km³². Kopplat till denna typ av mer precisa väderprognoser, i kombination med kännedom om prognoserad efterfrågan baserat på beteendevariationer och kopplingen till prisvariationer, är möjligheterna till mer precisa prisprognoser.

Tekniken att skapa digitala tvillingar av specifika kraftanläggningar eller hela energisystem möjliggör inte bara en effektivisering av drift- och underhåll utan kan också skapa nya insikter i hur systemen påverkas liksom var säkerhetsluckor finns. Ett exempel är Ringhals kärnkraftverk där Vattenfall har arbetat med att ta fram digitala tvillingar av reaktorerna. Modellerna är anslutna till sina fysiska motsvarigheter i turbinanläggningen och förses med verkliga mätvärden. Genom att modellerna räknar ut den teoretiska elproduktionen som anläggningarna borde kunna prestera kan man få kännedom om när systemen avviker från den ideala processen. Erfarenheter av digitala tvillingar finns också för andra produktionsslag, exempelvis stora solelanläggningar.

³⁰ <http://www.openenergi.com/uk-demand-side-flexibility-mapped/>

³¹ <http://blogg.malarenergi.se/smart-a-nat-ska-ge-optimerad-fjarrvarme/>

³² <https://medium.com/wepower/artificial-intelligence-and-the-future-of-energy-105ac6053de4>

4.3 NYA PLATTFORMAR OCH KUNDERBJUDANDEN

Utrymmet för nya tjänster utifrån de möjligheter som digitaliseringen skapar är mycket stort. Kombinationen av optimering, individanpassning, prediktion och styrning gör sannolikt att det generella skiftet från produkter till tjänster, som drivs på av digitaliseringen, förstärks ytterligare. Exempel i energisektorn sträcker sig från att leverera en viss inomhustemperatur som tjänst till att analysera hushållens strömförbrukning och upptäcka att en hushållsmaskin håller på att gå sönder.

AI-system kan användas för att dela in elkonsumenter i nya relevanta kundgrupper, beroende på deras uttagsprofiler och baserat på en mycket stor volym av mätdata. På så sätt kan systemen hjälpa till att skapa nya prismodeller för verksamheten. Samma AI-system kan också upptäcka förändringar i elförbrukningen på grund av exempelvis elbilsköp eller installation av solceller vilket kan leda till ytterligare skräddarsydda kunderbudanden.

De nya möjligheter som erbjuds via digitaliseringen att utveckla tjänster betyder att kontakten med kunden blir allt viktigare. Det är ganska troligt att företag som Amazon, Facebook, Apple, Google, Microsoft m.fl. (som redan har en stark kundkontakt och är skickliga på att skräddarsy kundupplevelser) kommer att etablera sig som en mellanhand inom energiområdet genom att ta över kundkontakten och på sin höjd använda etablerade leverantörer som underleverantörer. Det i sin tur innebär att traditionella värdekedjor kan komma att förändras och att vi på sikt är på väg mot en desintegration av energiföretagen.

En rekommendation från experter på digitala plattformar är därför att stärka kundkontakten och att förstå och vara lyhörd för användarnas värderingar. För energibolag kan det innebära att stärka sin profil med lokala initiativ som värdesätts av användarna på olika sätt.

4.4 VAD KAN DIGITALISERINGEN INNEBÄRA FÖR VÄRMEMARKNADEN?

På värmesidan finns en betydande potential för bättre energitjänster, ökad kundkomfort, energieffektiviseringar och kundnytta inom delvis samma områden som på elsidan.

Avancerad styrning möjliggör optimering av systemen i alla dess delar, från produktionssidan till fastighetssystemet samt den enskilde slutkundens energianvändning. Det finns stora möjligheter med realtidsstyrda, smarta värme- och kylanät som på olika sätt kan bidra till efterfrågefleksibilitet, värmelagring, anpassning till energiprisvariationer och brukarnärvaro och beteendeanpassning. Här utgör trögheten i systemet en fördel.

Prediktivt underhåll och automatiserad felsökning bedöms ha stor potential inom värmeområdet. Systemen underlättar för både energiföretag och fastighetsägare, och teknikerna skapar dessutom nya möjligheter till interaktion mellan företagen och kunderna.

4.5 HÖGA FÖRVÄNTNINGAR PÅ BLOCKKEDJETEKNOLOGIN

Ett antal satsningar görs nu på blockkedjeteknik inom energisektorn, framförallt i Europa och USA. Främst handlar det om handelssystem för solel genom s.k. peer-to-peer-handel (P2P) där blockkedjetekniken möjliggör för en enskild individ att sälja sin egenproducerade solel till en annan energikonsument på marknaden.

Andra möjliga applikationer där man tror att blockkedjeteknologin kan spela roll inom energisektorn är t.ex. ursprungsmärkning av el och värme liksom säkerhetslösningar för att upptäcka försök till intrång i t.ex. kärnkraftsanläggningar.

Ett bolag som bedriver uppmärksammade försök med blockkedja för lokal energihandel är amerikanska LO3 Energy. Företaget grundades utifrån tanken att det kommer att finnas en mängd smarta enheter, producerande och konsumerande, kopplade till elnätet i framtiden, och att det inte fanns något bra system för att ta vara på värdet i transaktioner mellan sådana enheter.

Den första tillämpningen av företagets system gjordes i Brooklyn, dels för att det fanns en offentlig plan för modernisering av elnäten i New York, dels för att det fanns ett kombinerat intresse för miljö, teknik, lokal handel samt av att hantera utsatthet för orkaner och andra väderproblem.

LO3 Energy började i ett kvarter där det redan fanns gott om solpaneler genom ett lokalt engagemang och intresse, och den första transaktionen av energi mellan två användare gjordes 2016. Idag är omkring 60 fastigheter anslutna och totalt 1,25 - 1,5 MW effekt berörs, varav dock bara en mindre del handlas mellan användare.

Transaktioner kontrolleras genom blockkedjan där användarnas elmätare är noder i systemet, men betalning sker via den vanliga elräkningen eftersom elbolagen är skyldiga att hantera transaktioner som görs av andra i nätet.

Blockkedjan som utvecklats av LO3 Energy är privat och kräver alltså ett slags medlemskap. Tanken på längre sikt är att ha ett system med blockkedjor på två nivåer – en lite större, långsammare för transmissionsnivån (stamnät), och mindre snabbare för distributionsnät (last mile).

LO3 äger blockkedjan idag men har planer på att göra den till öppen källkod och låta deltagarna äga systemet tillsammans.

En lärdom, enligt LO3 Energy, är att deltagarna inte drivs så mycket av miljöintresse som att de vill att vinster och fördelar ska gå tillbaka till användarna och inte till något diffust elbolag. De drivs också av en möjlighet att bli delaktiga i elnätet och inte bara, som nu, ta emot en elräkning då och då.

För elbolagen är det en fråga om hur lokal elproduktion kan utnyttjas effektivt.

LO3 Energy som nu driver projekt i olika delar av världen ser också skillnader i olika geografier. I USA handlar det exempelvis om att öka mängden förnybar energi, medan det i Tyskland mer gäller att kunna ta vara på all förnybar energi som produceras.

LO3 Energys råd till elbolag som funderar på att göra försök med nya lösningar baserade på blockkedja är dels att lära av IT-jättar som Apple och Amazon som fokuserar på att förstå användarna och göra det enklare för dem, dels att hitta en mix mellan det som är bra för användargrupper och det som är värdefullt för elbolagen och ekonomin i elnätet.

Företaget understryker också vikten av att förstå målet med försöken för att kunna avgöra om blockkedja verkligen är rätt väg att gå.

LO3 Energy har samlat ett par white paper kring sin verksamhet på sajten <https://exergy.energy>.

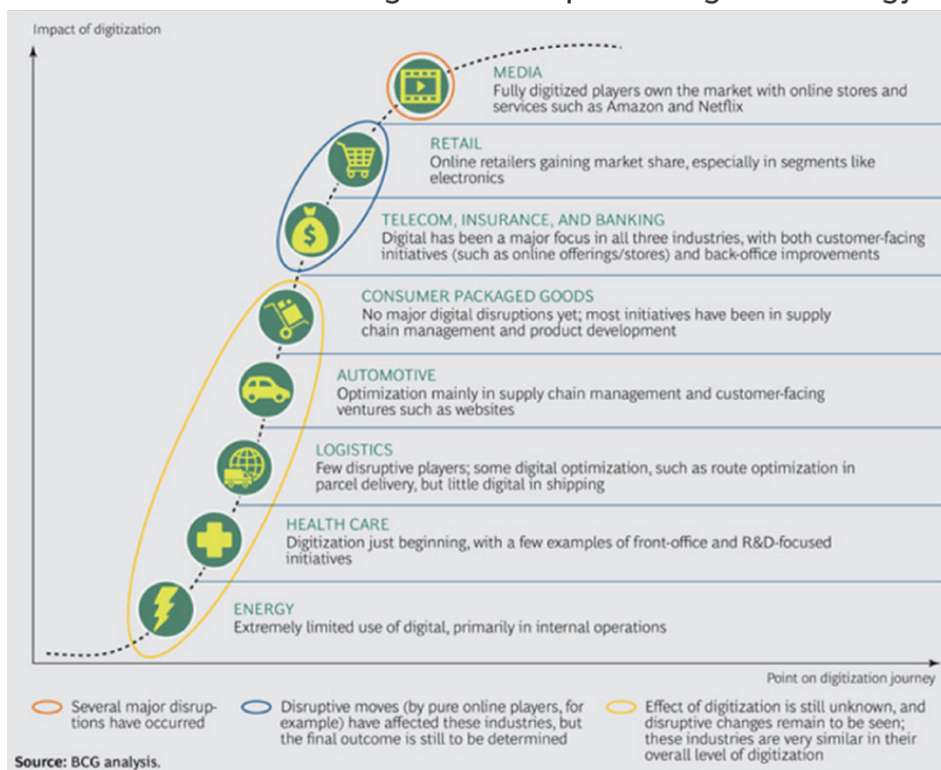
4.6 HUR LÅNGT HAR ENERGISEKTORN KOMMIT JÄMFÖRT MED ANDRA SEKTORER?

Det råder delade meningar om hur långt energisektorn har kommit i den digitala utvecklingen i förhållande till andra sektorer. IEA (2017) menar att energisektorn under lång tid har varit en s.k. "early adopter". Som exempel lyfter man fram att energiföretagen redan på 1970-talet började använda digitala system i syfte att underlätta drift av nät.

Det finns dock mycket som pekar på att energisektorn ligger relativt långt efter andra branscher när det gäller att anamma ny digital teknik. Som framgår av Boston Consulting Groups sammanställning i Figur 3 hamnar energisektorn på en bottenplats i jämförelse med var andra branscher befinner sig³³.

³³ <https://www.bcg.com/publications/2015/digital-transformation-how-to-jump-start-a-digital-transformation.aspx>

Industries are at different stages in the adoption of digital technology



Figur 3 Genomslag av digitalisering inom olika branscher. Källa: Boston Consulting Group, 2015.

5 Erfarenheter från projektets första etapp

Baserat på inledande intervjuer med de företag och organisationer som medverkar i projektet framträder en bild av en bransch i uppvaknande. Kunskapsnivån varierar ganska stort mellan företagen, där vissa befinner sig i en orienteringsfas och andra har inlett konkreta satsningar. Generellt finns ett mycket stort intresse hos alla medverkande aktörer att öka den egna kunskapen om den digitala utvecklingen.

I detta avsnitt presenteras några av de insikter som framkommit under projektets första etapp, och som framförallt har bäring på hur energiföretagen själva ser på digitaliseringen med dess möjligheter och utmaningar. Vi sammanfattar dels röster från de intervjuer som har gjorts med projektets deltagare och experter på området, dels röster från medverkande deltagare på de två arbetsmöten som hitintills har genomförts.

5.1 STOR NYFIKENHET MEN RELATIVT FÅ KONKRETA SATSNINGAR

Bilden som framträder är att många av de svenska energiföretagen befinna sig i fas av uppvaknande och i några fall en uppstartsfas vad gäller digitalisering av vissa delar av den egna verksamheten. Det finns en nyfikenhet på tekniken och de möjligheter som erbjuds, det ses som en del i företagets omvärldsbevakning att hänga med på området och några arbetar med att ta fram digitala strategier. Intrycket från projektets inledande etapp är att det överlag är "stor nyfikenhet men relativt liten verkstad" och att merparten av de aktiviteter som pågår utförs av ett mindre antal mer aktiva företag.

De företag som säger sig ha direkta erfarenheter av digitalisering har främst arbetat med IoT-teknik för fjärrövervakning samt underhåll- och felsökningsapplikationer i syfte att minska drift- och underhållskostnader. Detta genom insamling och analys av mätdata från uppkopplade anläggningar och komponenter med maskinlärningsteknik, drönarövervakning m.m. I viss utsträckning har man också testat nya kundtjänstfunktioner på hemsidan och automatiserat en del arbetsuppgifter på mer basal nivå, t.ex. då man övergått till att automatisera fakturasystemen.

Gemensamt är att det samlas in en stor mängd data via sensorer, smarta mätare och uppkopplade anläggningar. Det är dock långt ifrån alla aktörer som i dagsläget analyserar detta insamlade datamaterial på ett strukturerat sätt, eller – för den delen – vet vad de ska använda dataunderlaget till.

5.2 SAMVERKAN ÄR EN FRAMGÅNGSFAKTOR

Utmärkande för de företag som har kommit längre i sitt digitaliseringsarbete och är mer aktiva och testar tekniken verkar vara att de framförallt ser värdet av att dela data och samverka med andra aktörer. Jämfört med andra i branschen

samverkar de i högre grad med akademien eller externa parter i form av t.ex. start-up-företag. Samverkan med externa parter lyfts fram som mycket positivt och givande. Inte bara som en kompetensförstärkning av den egna verksamheten utan också som en förutsättning för och drivkraft i projekten.

Överlag beskrivs samverkan som en nyckelfaktor för framgång inom digitalisering. McKinsey (2017) pekar på betydelsen av de initiativ som amerikanska universitet tagit vad gäller samarbeten mellan stora, ofta konkurrerande, företag, mindre innovationsföretag och akademien. Samarbeten som har banat väg för nya tekniska lösningar och innovationer på digitaliseringsområdet.

Detta är också något som påpekas av de energiföretag som har kommit längre vad gäller digitalisering; samarbeten mellan företagen och dess kunder och leverantörer är nödvändiga och den ömsesidiga nyttan som kan skapas är stor. "Partnerskapstanken inom energisektorn ligger hittills långt efter jämfört med andra branscher" säger ett energiföretag. Men många lyfter också fram en vilja att skapa gemensamma initiativ och att gå ihop i samverkansprojekt, inte bara mellan energiföretag, leverantörer och kunder utan också mellan konkurrerande aktörer.

Några av de externa företag och organisationer som har intervjuats i projektet menar att energibranschen tenderar att isolera sig och ha större tro på egna lösningar med en "kan själva"-mentalitet. En fastighetsaktör uppmanar energiföretagen att vara mer lyhörda gentemot sina kunder; "De måste anstränga sig och lyssna till vad vi efterfrågar. Inte komma med lösningar som enbart gynnar den egna sidan utan istället förstå och samverka med oss kunder."

Nära kopplad till frågan om samverkan är frågan om vem som ska äga och hantera den data som samlas in. En del är mycket tydliga med att de vill dela med sig av sitt datamaterial så länge de får nytta tillbaka. "Vi samarbetar gärna med vår data om vi i utbyte får nya tjänster som kan bidra till en ökad kundnytta eller möjligheter att nå våra energi- och miljömål." Osäkerheterna vad gäller lagstiftningen kring personuppgiftsdata är också stora och införandet av EU:s nya dataskyddsförordning (GDPR³⁴) har skapat många frågetecken och riskerar att hämma företagen vad gäller att använda den data som samlas in. Å andra sidan finns det aktörer som vill hålla på sin data av andra skäl, de ser värdet i insamlad data och vill inte att andra aktörer ska få tillgång till den. De vill själva kunna utveckla tjänster och är rädda att tappa kontrollen gentemot konkurrenter och hamna i knäet på utvecklare av tjänster och system.

5.3 "VARGEN KOMMER-PROBLEMET" OCH "VI ÄR INTE SOM ANDRA BRANSCHER"

Insikten om digitaliseringens andra våg förefaller att ha kommit relativt sent till energisektorn. Det finns en risk att de företag som inte har en uppdaterad kunskap om statusen på dagens digitala teknik och dess möjligheter kan komma att

³⁴ GDPR, *General Data Protection Regulation*. Dataskyddsförordningen träder i kraft den 25 maj 2018 i alla EU:s medlemsländer och ersätter bland annat den svenska personuppgiftslagen. Förordningen reglerar när, med vilken rätt och på vilket sätt man som juridisk person får hantera personuppgifter. Syftet är att skydda den enskildes personliga integritet.

ifrågasätta nyttan kring digitalisering. "Det här har man ju pratat om länge", "vad är det som är nytt", och "är detta verkligen något för oss"? Det är också en slutsats som McKinsey (2016) drar om den europeiska energisektorn, att den i stor utsträckning verkar underskatta den potentiella nyttan av digitaliseringen. I rapporten uppmanas branschen att titta på exempel från andra industrier för att se möjligheterna.

Ett argument, som ett försvar av varför man inte tror på någon större digitaliseringsrevolution inom branschen, kan vara tron på att energisektorn sticker ut jämfört med andra branscher genom att den produkt eller tjänst man säljer är så mycket mer annorlunda jämfört med andra branschers.

Det faktum att "elektroner och värme är de produkter de är" och att dessa inte går att "utveckla" kan tas som argument för att samma omvälvande omvandling av sektorn inte kommer ske.

Många företag ser samtidigt stora möjligheter i att få kunderna mer intresserade och aktiva. Inte minst genom den "prosumerttrend" som syns i sektorn, där drivkraften hos dessa individer just är att själva kunna bestämma och vara delaktiga i sin energikonsumtion och energiproduktion. Utmärkande för dessa energikunder är intresset för ny teknik, att själva kunna göra en insats för miljön, samtidigt som man vill vara självförsörjande och frikoppla sig från ett energisystem som man ser som föråldrat och stelbent och inte låta någon annan diktera villkoren.

En deltagare i projektet pekade på motsatsförhållandet i att energibranschen som har stora kapitalkostnader, är van att styra sin produktion "on demand" och upplever kundkontakten som en utmaning uppvisar en tröghet i digitaliseringsimplementeringen i den egna verksamheten när den istället borde se digitaliseringen som den största möjliggöraren i de utmaningar branschen nu står inför. Trots vissa trögheter i anammandet av digitaliseringstekniken är huvudintrycket från intervjuerna i projektet att det finns ett stort intresse och en vilja att hitta nya verktyg för att utveckla och optimera sin verksamhet och stärka sin konkurrenskraft. Inte minst eftersom man känner en oro för att man "missar tåget" och riskerar att tappa framtida affärer. Några deltagare uttryckte det som att man kände "kniven på strupen" vad gäller att hänga med i utvecklingen och inte tappa kunder.

Med tanke på den stora betydelse som energibranschen har för dagens samhälle kan det dock vara rimligt med en viss grad av försiktighet och tålamod med avseende på snabba tekniska förändringar. För en så pass viktig samhällsfunktion kan det helt enkelt vara motiverat att ibland skynda långsamt (inom vissa gränser).

5.4 LÅT INTE RÄDSLÅ HINDRA UTVECKLINGEN

Trots alla de möjligheter som digitaliseringen erbjuder märks en tveksamhet bland många aktörer vad gäller att våga koppla upp system mot molntjänster och olika plattformar och en osäkerhet som rör sårbarhet och integritetsaspekter.

Med ännu fler digitala tjänster uppstår problemet med att säkerhetsklassade data hanteras av tredje part, och i och med EU-direktiv som GDPR och NIS³⁵ ökar medvetenheten men också osäkerheten kring vad man får göra med den data man samlar in och hur man skyddar datan.

Det finns t.ex. stora industriföretag som undviker molnlösningar från externa parter dels av rädslan för att affärshemligheter läcker, dels på grund av den reella risk som existerar om t.ex. någon fientligt inställd aktör hackar sig in i t.ex. en kärnkraftsanläggning eller en Seveso-klassad anläggning³⁶.

Samtidigt saknas både medvetenhet och kunskap om IT-säkerhet i vissa delar av energisystemet. En aktör talar om att det hos vissa fastighetsägare "är lite 90-tal" i värmecentraler vad gäller säkerhetstänk, med helt oskyddade uppkopplade komponenter. Detta kan dock hänga ihop med att många fastighetsägare inte ser sig som "måltavla" för attacker och att man därför inte ser det som angeläget att skydda sig.

Det kan också vara så att nya aktörer som kommer in på el- och värmemarknaden inte inser allvaret. Som en deltagare uttryckte det "Det är väl inte så farligt om säkerhetskoden på värmepumpen sätts till 0000 så att serviceteknikern lätt kommer åt den." Problemet är dock att en sådan svaghet kan utnyttjas och bli farlig, t.ex. om tusentals värmepumpar fjärrstyrs samtidigt i syfte att skapa överbelastning. Det finns idag också en ökad medvetenhet kring den hotbild som finns gentemot energisystemet. Flera bedömare på IT-säkerhetsområdet i Sverige befarar att ökad oro för den digitala, uppkopplade teknikens sårbarhet hos aktörer som egentligen vill satsa på tekniken, riskerar att hämma utvecklingen.

En annan aspekt gällande rädsla för konsekvenserna av den nya tekniken och alltmer uppkopplade system har att göra med intrånget i privatlivet och integritetskränkande aspekter. 2012 presenterade en grupp forskare vid Münsteruniversitetet i Tyskland en artikel där de kunde visa att det är möjligt att med hjälp av data från en smart elmätare kunna avgöra vilka tv-program och filmer en kund tittar på (Greveler m.fl., 2012). I Tyskland har man, till skillnad mot i Sverige, varit sena med en storskalig introduktion av smarta elmätare, eftersom det varit en helt annan debatt kring dataskydd och integritetsfrågor kopplat till digitalisering. I vissa aspekter ligger Tyskland efter i digitaliseringen av personkopplade enheter som kan innebära möjligheter för intrång i privatlivet. I Sverige har vi en annan syn på smarta enheter och till skillnad mot många andra länder är vi generellt öppna med att dela med oss av uppgifter om oss själva i alla möjliga sammanhang. En orsak till detta kan vara vår offentlighetsprincip och det faktum att Sverige är ett land där invånarna har en hög tillit gentemot stat, myndigheter och offentliga aktörer samt en lång historia av demokrati, fred och avsaknad av generell övervakning av befolkningen i sin helhet. Det är först på senare tid som integritetsfrågorna har lyfts i debatten kring digitaliseringen i

³⁵ *The Directive on security of network and information systems*. Direktivet gäller från den 10 maj 2018 och rör krav på säkerhet i nätverk och informationssystem. De nya reglerna omfattar leverantörer av samhällsviktiga tjänster, som t.ex. energibolag, och leverantörer av digitala tjänster. Det handlar bland annat om krav gällande säkerhetsåtgärder, incidentrapportering och tillsyn.

³⁶ Med Seveso-klassade anläggningar avses verksamheter som lagrar och hanterar farliga kemikalier över en viss mängd och som därmed omfattas av Sevesolagen (baserat på EU:s Seveso III-direktiv). Lagstiftningen syftar till att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.

Sverige. Inte minst efter debatten kring hur personliga data från Facebook-konton har använts har en ökad medvetenhet kring vad vi lämnar ut om oss själva seglat upp³⁷. En påtaglig risk för bakslag lyfts därför, och frågan är om en yngre generation accepterar riskerna med integritetsintrång som digitaliseringen av energisystemet innebär.

Andra aktörer menar att vi inte kan ”unna oss lyxen att prata om integritetsaspekter” när vi har så högt ställda mål på energi- och klimatområdet.

5.5 DET FINNS SKILLNADER MELLAN EL- OCH VÄRMESIDAN

Vad gäller de möjligheter som digitaliseringen skapar finns vissa tydliga skillnader mellan el- och värmesidan.

Komplexiteten mellan de båda systemen skiljer sig åt. Elsystemen har till exempel att hantera balansproblematiken som följer av momentan produktion och förbrukning, medan de termiska systemen har en inneboende tröghet och fler parametrar att mäta och analysera jämfört med elsystemen. De stora mängderna data som genereras inom t.ex. fjärrvärmesystem gynnar å andra sidan de självlärande systemen, vilket kan innebära robustare beslutsstöd när algoritmerna får tillgång till mer data att träna på.

Vissa menar att t.ex. fjärrvärmesidan har fördelar gentemot elsidan genom att man inte har samma problem vad gäller integritetsaspekterna. Att kunna avläsa vilka filmer (se 5.4) som en person använder för tillfället kan vara en större fråga ur ett integritetsperspektiv jämfört med hur ofta eller när en person duschar resonerar vissa aktörer. En elmätare kan skapa större möjligheter till intrång i privatlivet jämfört med de mätare som finns inom fjärrvärmesystemen.

Andra pekar på att energiföretagen på värmesidan befinner sig närmare kunden eftersom värme (och kyla) handlar om komfort för de människor som vistas i ett hus. Digitaliseringen skapar nya möjligheter att individualisera kunderbjudanden och möta kunderna.

Man lyfter också fram det faktum att värmepumpsaktörerna har kommit något längre än fjärrvärmeaktörerna inom digitalisering, och att det kanske framförallt är värmepumpsmarknaden som driver digitaliseringen av värmemarknaden i stort.

En viktig slutsats är att digitalisering genom uppkoppling och styrning av system ökar möjligheten till systemsamverkan mellan el- och värmesystem.

5.6 BLOCKKEDJAN – EN HYPE ELLER EN RÄDDARE I NÖDEN?

Under våren 2018 genomfördes ett arbetsgruppsmöte inom projektet där ett av två teman var blockkedjetekniken. Diskussionerna som fördes med experter och deltagare gav flera insikter kring hur energiaktörerna uppfattar tekniken. Generellt sett ses blockkedjetekniken som svårbegriplig och det finns en stor osäkerhet kring vad tekniken innebär, vilka möjligheter den skapar och var, om någonstans, i energisystemet tekniken skulle kunna användas. Framförallt lyftes vikten av att

³⁷ <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/svenskarnas-fortroende-for-facebook-rasar>

skapa ökad förståelse för den potentiella problembilden och i vilken utsträckning blockkedjor är rätt teknik för att hantera dessa problem eller inte.

En applikationsmöjlighet som lyftes under arbetsgruppsmötet rörde säkerhetssystem, där blockkedjetekniken skulle kunna användas för att upptäcka intrång i känsliga styrsystem, t.ex. inom kärnkraftsindustrin.

Att identifiera problem som inte kan lösas på andra sätt blir avgörande för huruvida blockkedjetekniken verkligen får den betydelse som man på vissa håll idag hoppas på. Det finns många som pratar om tekniken som en lösning för P2P-handel. Arbetsgruppsmötet ledde dock till en insikt om osäkerheten huruvida blockkedjan verkligen är den generella lösningen för energisektorn och/eller ifall man har för höga förväntningar på teknikens betydelse i denna aspekt. Ytterligare ett exempel som diskuterades på workshopen var att använda blockkedja för att erbjuda mindre aktörer att medverka i handel med utsläppsrätter. Kanske är det hybridlösningar som ska användas på energisidan, åtminstone i Sverige där vi har en hög tillit till marknaden och aktörer och stora sammankopplade nät snarare än decentraliserade mindre system. Beroende på energisystemets utveckling framöver kan dock denna situation förändras.

Obeaktat möjligheterna till P2P-handel inom energisektorn så kan det visa sig att det är främst inom säkerhetssidan som blockkedjan kommer att spela störst roll för energisektorn.

5.7 DE FRÄMSTA DRIVKRAFTERNA FÖR DIGITALISERINGEN – MINSKAD ENERGIANVÄNDNING OCH ÖKAD KUNDNYTTA

Utöver systemnyttan erbjuder digitaliseringen möjligheter till en minskad energianvändning i kombination med en ökad kundnytta. Det innebär att digitaliseringen kan bli ett viktigt verktyg för att nå dagens högt ställda energi- och klimatmål.

Energiföretagen pekar särskilt på de möjligheter som tekniken skapar i form av en högre grad av individualiserade kunderbjudanden och en ökad närhet till kunderna genom nya plattformar för kundkontakt. Alla verkar vara överens om att de företag som lyckas i dialogen och samarbetet med sina kunder ökar sitt försprång gentemot övriga aktörer, och att detta blir allt viktigare inom energisektorn. "Energiföretaget måste ha direktkontakt med kunden annars riskerar man att bli underleverantör åt aktörer som lyckas med kundkontakten".

Man vill också att branschen ska lyfta blicken och se till andra branscher. "Kunderna som sådana kommer inte att jämföra plattformar mellan elbolag, däremot kommer man att jämföra med hur andra digitala plattformar och tjänster fungerar, t.ex. Spotify, Amazon och Netflix." Energibolagen jämför sig sinsemellan, när det kanske snarare är andra branscher man ska jämföra sig med. Digitaliseringen innebär också fördelar som ökad tillgänglighet för kunderna. "Varför ska man som kund inte kunna kontakta kundtjänsten dygnet runt, som är fallet hos t.ex. banker?" frågar sig en aktör.

Genom digitaliseringen öppnas nya möjligheter för kunderna att styra sin energiförbrukning och att delta i balanseringen av kraftsystemet. Detta innebär att

energiföretagen kan skapa helt nya former och plattformar för att möta och samarbeta med sina kunder framöver.

6 Utmaningar för energibranschen

För att kunna realisera de möjligheter som digitaliseringen skapar är det viktigt att vara medveten om och identifiera de största hindren och utmaningarna för utvecklingen. Vi har konstaterat att vinsten och nyttan med att utnyttja de möjligheter som digitaliseringen erbjuder är potentiellt mycket stora. Fallgroparna är dock många och riskerna inte försumbara. Detta är inte unikt för digitaliseringen utan kännetecknar snabba, tekniska genombrott, i synnerhet sådana som potentiellt kan leda till genomgripande förändringar.

6.1 UTMANINGARNA ÄR MÅNGA MEN MÖJLIGHETERNA ÖVERVÄGER

Vinnova fick i december 2017 i uppdrag av regeringen att analysera utvecklingen och potentialen för artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle. Slutrapporten (Vinnova, 2018) sammanfattar generella utmaningar och möjligheter för AI och bilden som rapporten målar upp visar på en stor samstämmighet med de insikter som har framkommit i diskussionerna under detta projekt.

En generell kunskapsbrist kring nyttan och applikationsmöjligheterna för tekniken gör att många av de företag som intervjuats i projektet är försiktigt avvaktande. Man lyfter även bristen på beställarkompetens som något som skapar osäkerhet och en rädsla för att hamna i knäet på leverantörerna. Det finns också en oro för inläsning till vissa specifika verktyg/leverantörer/plattformar vilket bromsar utvecklingen liksom en rädsla för datahantering kopplat till integritetsaspekter. Brister i säkerheten och sårbarheter i systemen är återkommande orosmoment. Vem står bakom komponenterna? Vem får hantera data, och vad får vi använda den till? Detta är exempel på frågor som lyfts.

Likasa finns frågor som rör ansvar – vem är ansvarig om en komponent går sönder och systemet inte har varnat i förväg? Här finns samma farhågor som de som hörs i debatten kring självkörande fordon.

När det gäller AI finns det finns en rad generella utmaningar för tillämpningen av tekniken. Den kanske främsta gäller tillgången till data. För att träna system baserade på *deep learning* (beskrivs i kapitel 3.1) krävs mycket stora mängder data. Kvaliteten på data är också avgörande för hur bra systemet blir, och det är viktigt att medvetandegöra att analysresultaten som tekniken genererar är datadrivna snarare än algoritm-drivna. Grundläggande frågor i detta sammanhang berör också tillämpbarheten för kvalificerade AI-verktyg. Modellerna och algoritmerna kan vara nog så sofistikerade men bör också medföra en tydlig och uppenbar förbättring jämfört med exempelvis befintliga analysmetoder.

En annan utmaning är att ett upptränat AI-system i princip är en svart låda som levererar utdata från indata utan att någon egentligen vet exakt hur de neurala nätverken lär sig och fungerar. Denna kunskapslucka gör det t.ex. svårt att upptäcka systematiska fel i analyserna, vilket naturligtvis kan komma att hämma transparensen i de olika tillämpningarna. En justering av lärande AI-system kan

också göra att man behöver starta från början och träna systemet på nytt, vilket är tidskrävande.

”Kunderna tenderar att ifrågasätta resultaten från systemen, snarare än tekniken i sig”, som en aktör inom självlärande system inom energiområdet uttryckte det. Även om man inte ska underskatta vikten av förståelse för tekniken är det kanske än mer viktigt att lyfta fram det faktum att tekniken inte ger några absoluta svar. Analysresultaten ska snarare ses som beslutsstöd där kunskapen om energisystemet hos dem som använder tekniken är avgörande.

Ett framgångsrikt utnyttjande av AI-tekniker inom olika delar av energisektorn kommer med all säkerhet att kräva en samverkan av olika kompetensområden. Kunskaper inom datalogi, matematik och informationsteknologi måste kombineras med förståelse för energisystemet som sådant.

Allmänt menar experter inom AI att det krävs både kompetens inom datavetenskap för att veta vilken typ av AI-system som passar bäst för det aktuella problemet, och god domänkunskap för att förstå särskilda svårigheter och bedöma resultatet. Eller som en av deltagarna under ett av våra arbetsgruppmöten uttryckte det: ”Erfarna servicemekaniker kan ”lyssna sig till” om en generator eller motor är på väg att falla – kommer AI kunna matcha, eller till och med överträffa, sådan erfarenhet?”. Detsamma torde gälla analys- och utvecklingsarbeten. Resultat från kvalificerade AI-algoritmer kommer sannolikt även framgent behöva utvärderas av energisystemexpertis.

Frågan om kompetensförsörjning är därför central. Förutom att den höga utvecklingstakten ökar behovet av livslångt lärande anser flera experter inom AI att industrin behöver ta ett ökat ansvar för kompetensförsörjningen genom ett mer aktivt utbyte med högskolor och universitet. Det kan till exempel vara effektivare att låta en medarbetare med god domänkunskap genomgå en forskarutbildning inom AI än tvärtom, eftersom perspektivet på tänkbara applikationer i industrin är en värdefull grund.

IT-säkerhet och stabilitet är slutligen en särskild utmaning vid användning av AI inom energisektorn. Om man jämför med exempelvis logistiksektorn kan en feltränad eller instabil algoritm på sin höjd leda till en försenad leverans, medan fel i energisystemen kan få mycket allvarliga konsekvenser.

Bland leverantörer till AI-baserade lösningar finns allt från de stora IT-jättarna och deras molntjänster till mindre startuppbolag.

En stående rekommendation från experter är att börja med ett litet område där man kan se konkret affärsnytta, och att sedan lära av det för att expandera vidare.

6.2 SÄKERHETS- OCH SÅRBARHETSASPEKTER

Den 23 december 2015 inträffade det som anses vara den första kända hackerattacken som lyckades slå ut ett elnät. Det som säkerhetsexperter på IT-området länge varnat för var ett faktum då hackare temporärt lyckades slå ut elförsörjningen mot slutkunder hos tre energibolag i Ukraina. Sammanlagt förlorade omkring 230 000 människor i västra Ukraina tillgång till el under 1 till 6

timmar³⁸. Hackarna tog sig in via skadlig programvara och kunde sedan fjärrstyra datorer hos tre eldistributionscentraler och därigenom stänga ner undercentraler och backupsystem till två av dem. Omkring ett år senare, i december 2016, skedde den andra stora cyberattacken mot det ukrainska elsystemet då hackare gav sig på en transmissionscentral norr om Kiev vilket släckte ner en del av elförsörjningen i huvudstaden under 1 timmes tid³⁹.

Intrången kan inte skyllas på undermåliga säkerhetssystem hos de ukrainska elbolagen, experter har pekat på att kontrollsystemen i Ukraina faktiskt var säkrare än många amerikanska motsvarigheter. De analyser som har gjorts av den skadliga programkoden tyder på att de attacker som genomförts endast är tester av ett av de mest skadliga program (ibland benämnt sabotageprogram, på engelska *malware*) som utvecklats i syfte att sabotera och släcka ner elnät.

Sedan incidenterna i Ukraina har en rad attacker mot energiförsörjning genomförts både i Europa och USA, och FRA (Försvarets Radioanstalt) meddelade i januari 2017 att man funnit spår av aktiviteter till förmodade förberedelser för cyberangrepp mot det svenska elnätet (Andersson & Westerdahl, 2017).

Attackerna har därför satt fokus på de säkerhets- och sårbarhetsutmaningar som energibranschen står inför, och ökat medvetenheten kring de risker som följer av ett mer digitaliserat energisystem.

I juli 2016 antogs inom EU det s.k. NIS-direktivet som fastställer åtgärder för att uppnå en hög gemensam nivå på säkerhet i nätverk och informationssystem. De nya reglerna, som börjar gälla den 10 maj 2018 inom EU, omfattar leverantörer av samhällsviktiga tjänster och leverantörer av digitala tjänster⁴⁰. Det handlar bland annat om krav gällande säkerhetsåtgärder, incidentrapportering och tillsyn. Energiförsörjning är utpekat som ett av sju kritiska områden med behov av ökad säkerhet i nätverks- och informationssystem.

Traditionellt har elnätens styrsystem varit mer eller mindre isolerade från omvärlden, men i takt med att tekniken utvecklats har kommunikationsmöjligheterna mellan kontrollsystem och kontorssystem ökat. FOI (2018) konstaterar att digitaliseringen, parallellt med utvecklingen mot ett mer decentraliserat elsystem, gör att antalet uppkopplade komponenter ökar exponeringen och därmed risken för intrång. Man lyfter också fram att en ökad automatisering av tjänster inom energiföretagen skulle kunna öka risken för cyberincidenter av skilda slag. Riskerna skulle därmed flyttas från den mänskliga faktorn till IT-området. Smarta nät, artificiell intelligens och digitala stationer medför stora möjligheter för framtidens elhandel, men innebär även sårbarheter som bör iakttas (FOI, 2018).

I dagsläget är det svårt att ta sig förbi säkerhetsfunktioner som är korrekt implementerade varför riskerna inte enbart är kopplade till försök till intrång via säkerhetshål. Som Andersson & Westerdahl (2017) lyfter riktar sig angripare i hög grad mot människor innanför systemen, t.ex. genom nätfiske (*phishing*) eller riktat

³⁸ <https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/>

³⁹ <https://www.wired.com/story/crash-override-malware/>

⁴⁰ Den svenska lagstiftningen som följer av direktivet har föreslagits börja gälla den 1 augusti 2018.

nätfiske (*spear fishing*). Dessa angrepp har som mål att lura personer som sitter vid en dator på målorganisationen att öppna en preparerad bilaga eller att klicka på en länk till en preparerad webbsida. Om angreppet lyckas, har angriparen lyckats komma förbi brandväggen och kommit in i nätverket.

För att uppnå ett fullgott skydd för hela elnätet krävs ett strukturerat och kontinuerligt säkerhetsarbete både inom organisationer och system samt mellan aktörer.

Även om man som företag är bra på att ha bra skalskydd och säkerhetssystem mot attacker, så tar det 101 dagar (globalt medianvärde) innan ett intrång upptäcks enligt konsultföretaget Mandiant's årliga rapport om cybersäkerhet (Mandiant, 2018)⁴¹. Sedan man började rapportera 2011 har antalet dagar till upptäckt minskat betydligt, från 416 dagar ner till 99 dagar 2016. Det skiljer sig en del mellan olika delar av världen, och den kortaste tiden till upptäckt ses i USA med knappt 76 dagar. I Ukrainafallet hade angreppet pågått i flera månader innan man slog ut elen. Angreppet inleddes genom en riktad nätfiskeattack varefter en lång period av spaning i nätverken inleddes i syfte att hitta målsystemet (Andersson & Westerdahl, 2017). Ett aktivt säkerhetsarbete med övervakning skulle kunna ha upptäckt angreppet under denna tid. En annan lärdom från Ukrainafallet är att det fortfarande är viktigt med manuella återställningsfunktioner i systemen. För att få igång eldistributionen igen var teknikerna tvungna att tillfälligtvis återgå till manuella funktioner.

Sverige är enligt de experter som har deltagit i projektet varken bättre eller sämre på IT-säkerhet jämfört med andra länder. En generellt bra nivå på digital kompetens gör att vi har en bra grund att stå på men på samma gång är vi genom vår relativt höga grad av digitalisering kanske mer sårbara på grund av en stor andel uppkopplade enheter i många delar av samhället.

Mandiant (2018) lyfter fram sex huvudsakliga sårbarhetsområden inom IT-säkerhet som syns generellt över alla branscher, och som därmed är särskilt viktiga att arbeta med:

- Riskhantering
- Identifikations- och accesshantering
- Dataskydd
- Incidenthantering
- Säkerhet i nätverk, moln och datacenter
- Klient- och (server-)säkerhet

Dessa områden torde vara av vikt att arbeta med även inom den svenska energisektorn.

En viktig frågeställning inför framtiden som Mandiant (2018) och många andra pekar på är problemet med kompetensbrist inom IT-säkerhetsområdet, vilket hänger ihop med den generella bristen på IT-kompetens. Den ökade

⁴¹ Tiden som mäts är den s.k. "dwell time", som avser antal dagar från första beviset på intrång i ett system till dess att intrånget upptäcks.

medvetenheten om säkerhets- och sårbarhetsaspekter i samhället i stort har gjort att efterfrågan på IT-säkerhetskompentens har ökat avsevärt de senaste åren.

6.3 LAGSTIFTNING OCH REGELVERK

En viktig grundförutsättning för att möjliggöra och påskynda digitaliseringen inom energisektorn är att se till att lagstiftning och regelverk hänger med i utvecklingen.

Den snabba utvecklingen av både teknik och tjänster har dock lett till att det inom flera områden idag råder en situation där regelverken inte fullt ut hänger med. Detta gäller till exempel regelverken för kraftsystemet i både Norden och Europa där man är mitt uppe i en förändring på grund av att mer väderberoende kraftslag införs. När då samtidigt förutsättningarna i kraftsystemet förändras genom en ökad digitalisering finns det en uppenbar risk att energisektorn hamnar i en situation där de nya regelverken för kraftsystemet blir omsprunget av den tekniska utvecklingen.

”Lagstiftningen är anpassad efter hur energimarknaden såg ut på 00-talet och har inte följt med i utvecklingen för hur marknaden ser ut nu på 20-talet”, som en aktör uttryckte det.

När myndigheter försöker anpassa regelverk till ny teknik är det ofta svårt att hitta rätt balans mellan för hård och för lös reglering. För hård reglering riskerar att strypa innovation och bromsa de möjligheter tekniken erbjuder, medan för lös reglering lätt leder till olyckor, oegentligheter eller intrång i personlig integritet, vilket i sin tur kan leda till en opinion mot den nya tekniken. Exempel på områden där dessa frågor diskuteras är bl.a. drönare, självkörande bilar, digitaliserad sjukvård och teknikbaserad innovation på finansmarknaden.

Eftersom den tekniska utvecklingen ständigt accelererar är förnyelsen av regelverken ingen engångsinsats. Utmaningen är att kontinuerligt ligga i framkant med regelverksförändringar för att behålla rätt balans.

Det är mot den bakgrunden angeläget att genom kunskap och framsynighet tidigt kunna medvetandegöra behovet av förändringar i t.ex. regelverken.

Samtidigt som många pekar på riskerna för att Sverige halkar efter vad gäller digitaliseringen inom energisektorn på grund av att lagar och regelverk inte hänger med finns det områden där Sverige ligger långt före. McKinsey (2017) lyfter till exempel fram det faktum att Sverige har en av världens mest progressiva lagstiftningar vad gäller test av självkörande fordon, vilket naturligtvis gynnar transportsektorn i stort och aktörerna på detta område. Här kan finnas aspekter som energisektorn kan lära av när det gäller hur man tar sig an frågan om regelverksförändringar.

6.4 ENERGIANVÄNDNING INOM IT-SEKTORN

Samtidigt som digitaliseringen möjliggör energieffektiviseringar och skapar nya möjligheter att nå högt ställda klimatmål t.ex. genom att underlätta integration av förnybar, variabel elproduktion så kräver tekniken i sig energi. Även om det har

skett en betydande energieffektivisering på området så riskerar energianvändningen från hela IT-sektorn att öka allteftersom fler apparater kopplas upp och fler använder AI-system och blockkedjetekniker inom sina verksamheter.

Det finns stora osäkerheter i hur mycket energi som IT-sektorn egentligen står för, inte minst eftersom det är svårt att dra systemgränsen för vad som ska ingå, men också för att det är en så decentraliserad sektor och svårseparerbar från övriga sektorer. Serverhallar är en mer avgränsad del av sektorn, medan energianvändningen kopplat till nätverk, mobilsystem, sensorer, datorer och uppkopplade apparater är svårare att uppskatta.

IEA (2017) uppskattar att världens alla datacenter/serverhallar under 2014 förbrukade drygt 190 TWh el, vilket motsvarar ungefär 1 % av hela efterfrågan på el globalt. Datanätverken uppskattades under 2015 ha använt en motsvarande mängd, ca 185 TWh. Av denna mängd stod de mobila nätverken för omkring två tredjedelar. IEA pekar på de stora osäkerheterna vad gäller den framtida energianvändningen. Beroende på utvecklingen av tekniken vad gäller energieffektiviseringsmöjligheten bedöms elanvändningen från datanätverk år 2021 antingen öka med så mycket som 70 % eller minska med 15 % jämfört med idag. Utvecklingen beror således i hög grad på om dagens energieffektiviseringstrend inom själva tekniken kan fortsätta balansera en ökad efterfrågan på nätverk, uppkopplade enheter osv.

7 Råd till energiföretagen

I detta avsnitt sammanfattas lärdomarna från projektets första etapp i form av ett antal konkreta råd till energiföretagen.

- Digitaliseringen måste vara väl förankrad på företagets ledningsnivå.
- Bedriv ett kontinuerligt arbete med att undersöka nya erbjudanden, tjänster, produkter och affärsmodeller som kan möjliggöras genom nya digitala verktyg och teknik för insamling och analys av data.
- Undersök även hur sådana erbjudanden kan byggas i samarbete med andra aktörer, inom eller utanför branschen. Våga tänka partnerskap och glöm inte kundens perspektiv!
- Var tydlig med aktiviteter och projekt som speglar företagets värderingar och lokala engagemang, inte minst för att synliggöra skillnaden mot stora digitala aktörer med hårt kundfokus (Amazon, Facebook, Google m.fl.) som kan tänkas bryta sig in på marknaden.
- Se automation som en möjlighet att frigöra medarbetare från tidskrävande rutinarbete.
- Håll ett öga på utvecklingen av kognitiva system som hanterar naturligt språk, för tillämpning inom kundsupport.
- Försök att hitta ett mindre område där AI-baserad teknik kan ge direkt affärsnytta och inled prov i liten skala. Det kan handla om att utforska möjligheter med avancerad styrning för optimering och ökad flexibilitet, i egna projekt eller i samarbete med specialiserade företag på området.
- Det finns stora vinster i att röra sig från tidsbaserat underhåll till behovsbaserat underhåll, med hjälp av prediktiva underhållssystem.
- Låt inte IT-avdelningen sitta på sin kammare med säkerhetsfrågorna, de ska genomsyra hela organisationen.
- Fokusera först och främst IT-säkerhetsarbetet på de funktioner som säkerställer leveranssäkerheten och se till att styr- och kontrollsystem hålls skilda från kontorssystem.
- Ta säkerhets- och integritetsaspekter på största allvar, men låt inte rädslan för intrång hindra utvecklingen. Att öka beställarkompetensen är en viktig komponent i arbetet.

8 Referenser

- Andersson, M. & Westerdahl, L. (2017). *Sveriges elförsörjning. Hur möter vi en ökad sårbarhet?* Särtryck ur Strategisk utblick 7, FOI Memo 6173.
- Digitaliseringskommissionen (2015). *Digitaliseringens transformerande kraft – vägval för framtiden*. SOU 2015:91.
- Evans, H., Kuchembuck, R., Hu, M. & Gervert, E. (2017). *Will You Embrace AI Fast Enough?* A.T. Kearney
- FOI (2018). *Litteraturstudie om framtidens elförsörjning och elberedskap. Översiktlig genomgång av icke-antagonistiska händelseutvecklingar som kan påverka elförsörjningen eller elberedskapen i Sverige*. FOI-R--4565--SE. ISSN 1650-1942. Januari 2018.
- Greveler, U., Glösekötter, P., Justus, B. & Loehr, D. (2012). *Multimedia Content Identification Through Smart Meter Power Usage Profiles*.
<https://www.nds.rub.de/media/nds/veroeffentlichungen/2012/07/24/ike2012.pdf>
- IEA (2017). *Digitalization & Energy*. OECD/IEA, 2017.
- McKinsey (2015). *The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype*. McKinsey Global Institute. McKinsey & Company, June 2015.
- McKinsey (2016). *Digital Europe: Pushing the frontier, capturing the benefits*. Digital McKinsey, McKinsey & Company.
- McKinsey (2017). *A Future That Works: Automation, Employment and Productivity*. McKinsey Global Institute. McKinsey & Company, January 2017.
- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., Hirschberg, J., Kalyanakrishnan, S., Kamar, E., Kraus, S., Leyton-Brown, K., Parkes, D., Press, W., Saxenian, A., Shah, J., Tambe, M. & Teller, A. *Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of 2015-2016 Study Panel*, Stanford University, Stanford CA.
- Swedish ICT (2016). *Svenska företags syn på sin digitalisering. En enkät inom Sverige Digitalisera! Genomförd i samarbete med Roland Berger, Teknikföretagen och Swedish Medtech*.
https://www.swedishict.se/sites/default/files/pub/swedishict.se/about/rapport-sverige-digitaliserar-2016_0.pdf
- Vinnova (2018). *Artificiell Intelligens i svenskt näringsliv och samhälle. Analys av utveckling och potential*. Slutrapport 2018-04-30.
- Westergren, U.H., Saarikko, T. & Blomquist, T. (2017). *IoTguiden*. Umeå Universitet, 2017.

9 Mer att läsa

Accenture (2016). *Why Artificial Intelligence is the Future of Growth*. By Mark Purdy and Paul Daugherty.

Accenture (2017). *How AI Boosts Industry Profits and Innovation*. By Mark Purdy and Paul Daugherty.

DENA (2016). *Blockchain in the energy transition. A survey among decision-makers in the German energy industry*. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) – German Energy Agency.

Iansiti, M. & Lakhani, K.R. (2017). *The Truth About Blockchain*. Harvard Business Review, January-February 2017.

Kairos Future (2017). *Framtidens husköp i blockkedjan. Ett utvecklingsprojekt med Lantmäteriet, Landshypotek Bank, SBAB, Telia Company, ChromaWay och Kairos Future*. Juni 2017.

Mandiant (2018). *M-Trends 2018*.

McKinsey (2017). *Möjligheter för Sverige i digitaliseringens spår*. Digital McKinsey. November 2017.

World Energy Council (2017). *The Developing Role of Blockchain*. White Paper. In Collaboration with PwC. November 2017.

World Economic Forum (2016). *Digital Transformation of Industries. Electricity Industry*. White Paper. In Collaboration with Accenture. January 2017.

World Economic Forum (2017). *Game changers in the Energy System. Emerging Themes Reshaping the Energy Landscape*. White Paper. In Collaboration with McKinsey & Company. January 2017.

DIGITAL UTVECKLING OCH MÖJLIGHETER FÖR ENERGISEKTORN

Digitaliseringen har lagt grunden för den utveckling som nu formar framtidens samhälle. En ständigt uppkopplad värld, den snabba utvecklingen inom avancerad automation och robotisering, artificiell intelligens och Internet of Things i kombination med blockkedjetekniken kommer inom något eller några decennier radikalt att påverka och förändra vårt samhälle.

Här görs en fördjupad genomgång av den digitala utvecklingsfronten i ett tekniskt perspektiv och författarna analyserar hur utvecklingen kan påverka och förändra energisektorn med konkreta exempel på hur teknikerna kan tillämpas och implementeras inom olika delar av energisystemet.

Målet är att bidra till att stärka och påskynda den digitala utvecklingen inom energisektorn och att inspirera olika aktörer och till idéer och initiativ om hur den egna organisationen kan ta tillvara nya digitala möjligheter och bli en del av den pågående utvecklingen.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk