

Rapport

Effekter av teknologiske endringer på norsk nærings- og arbeidsliv

Redaktør

Mats Carlin

Bidragstere

Bjørn Skjellaug, Stian Nygaard, Ovidiu Vermesan, Ingrid Svagaard, Tor W.Andreassen (NHH), Gaute Knutstad, Inge Gran, Inger Andresen, Mette Røhne, Dag Ausen & Elin Sundby Boysen



SINTEF IKTPostadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 OsloSentralbord: 73593000
Telefaks: 22067350postmottak.IKT@sintef.no
www.sintef.no
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Effekter av teknologiske endringer på norsk nærings- og arbeidsliv

EMNEORD:Teknologi
Teknologitrender
Arbeidsliv
Næringsliv
Verdikjeder**VERSJON**

1.0

DATO

2015-10-12

REDAKTØR

Mats Carlin

BIDRAGSYTERE

Bjørn Skjellaug, Stian Nygaard, Ovidiu Vermesan, Ingrid Svagaard, Tor W.Andreassen (NHH), Gaute Knutstad, Inge Gran, Inger Andresen, Mette Røhne, Dag Ausen & Elin Sundby Boysen

OPPDRAKSGIVER(E)

Næringslivets hovedorganisasjon (NHO)

OPPDRAKSGIVERS REF.

Årskonferansen 2016

PROSJEKTNR

102010943

ANTALL SIDER:

52

SAMMENDRAG

Denne rapporten gir en bred tilnærming til hvordan teknologiske endringer/nyvinninger bidrar til å endre digitale og fysiske produksjonsprosesser for varer og tjenester, samt en analyse av hvordan dette påvirker norsk nærings- og arbeidsliv.

Vi beskriver noen av de viktigste teknologitrendene, markedsdriverne og samfunnsutfordringene som i et norsk perspektiv vil ha en innvirkning på dette. Vi har bygget på SINTEFs omfattende kunnskap om teknologitrendene som kommer gjennom vårt tette samarbeid med industrielle aktører nasjonalt og internasjonalt.

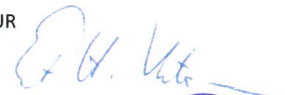
Hovedkonklusjonen er at digitalisering av varer og tjenester fører til nye og disruptive forretningsmodeller som vil ha stor påvirkning på alle ledd i nærings- og arbeidslivet. Vi tror at de fleste sektorer blir berørt, men at takten på hvor fort teknologi innføres er avhengig av konkurransesituasjonen og den realkompetansen som arbeidsstyrken innehar og den viljen man har til å omfavne og evnen til å forstå mulighetene til å utnytte teknologi.

UTARBEIDET AV

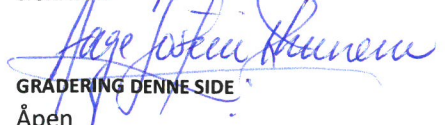
Mats Carlin

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Ernst Kristiansen

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Aage Thunem

SIGNATUR**RAPPORTNR**

SINTEF A27222

ISBN

978-82-14-05911-3

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Utvidet sammendrag	4
2	Bakgrunn og målsetting	5
2.1	Overordnet rammeverk for studien.....	6
2.2	Verdiskapningspotensiale	6
2.3	Forutsetninger og begrensninger	7
3	Teknologidrevne trender	8
3.1	Nøkkelteknologier	8
3.1.1	Avanserte materialer	9
3.1.2	Mikro- og nanoelektroniske systemer	9
3.1.3	Nanoteknologi	10
3.1.4	Fotonikk	10
3.1.5	Industriell bioteknologi.....	10
3.1.6	Programvare	10
3.2	Avanserte produksjonsmetoder	12
3.2.1	Robotikk og automatisering	12
3.2.2	Internet of Things	15
3.2.3	Virtuell eller forsterket virkelighet	19
3.2.4	Big Data.....	20
3.2.5	Fremtidens fabrikker	23
3.2.6	3D printing & lagvis produksjon	26
3.3	Nye produkter og forretningsmodeller.....	30
3.3.1	Digitale varer og tjenester	30
3.3.2	Tjenestebaserte virksomheter.....	32
3.3.3	Velferdsteknologi.....	35
3.3.4	Smarte bygninger, byer og samfunn	37
3.3.5	Smart transport og mobilitet.....	39
3.3.6	Smart energi	40
4	Kjennetegn på fremtidens arbeidsplasser i Norge	41
4.1	Potensiale for tap av arbeidsplasser	43
4.2	De norske mulighetene	46
4.2.1	Styrke dagens industriklynger	46
4.2.2	Teknologi kan forløse nyindustrialisering innenfor vareproduserende og digital industri.....	47

4.2.3	Teknologi kan forbedre og effektivisere velferdssektoren og øvrig offentlig sektor	48
4.3	Oppsummering av de norske mulighetene.....	50
5	Relevante kilder	51

1 Utvidet sammendrag

Fremtidens arbeidsliv vil bli preget av økende grad av digitalisering og automatisering. Denne rapporten gir en bred tilnærming til hvordan teknologiske endringer/nyvinninger bidrar til å endre digitale og fysiske produksjonsprosesser for varer og tjenester, samt en kort analyse av hvordan dette påvirker norsk nærings- og arbeidsliv.

Vi beskriver noen av de viktigste **teknologitrendene**, **markedsdriverne** og til en viss grad samfunnsutfordringene som i et **norsk perspektiv** vil ha en innvirkning på dette. Teknologitrendene bygger på noen definerte **nøkkelteknologier** innen avanserte materialer, mikro- og nanoelektronikk, nanoteknologi, fotonikk (lys/optikk), industriell bioteknologi, programvare og avanserte produksjonsmetoder. Det er en stor satsning i Europa innen nøkkelteknologiene. Denne rapporten er ikke uttømmende ved at den beskriver alle teknologitrender som kommer, men vi har kort beskrevet robotikk og automatisering, tingenes internett, cyberfysiske systemer, virtuell virkelighet og big data, fremtidens fabrikker, 3D printing og lagvis produksjon, samt satt dette inn i en kontekst med økt vekt på digitale varer og tjenester, tjenebaserte virksomheter, behovet for velferdsteknologi, smarte byer, samfunn, transport og energiforsyning.

SINTEF utfører hvert år 9.000 forskningsoppdrag for mer enn 3.000 kunder, og er blant de fire største uavhengige oppdragsforskningsinstituttene i Europa. SINTEF deltar også tungt i EUs strategiske plattformer for fremtidig teknologi. Vi har bygget på SINTEFs omfattende kunnskap om de teknologitrendene som kommer gjennom vårt tette samarbeid med industrielle aktører både nasjonalt og internasjonalt, på tvers av mange bransjer, men samtidig søkt å holde fremstillingen på et kort og konsist nivå.

Hovedkonklusjonen er at digitalisering av varer og tjenester fører til nye og disruptive forretningsmodeller som vil ha stor påvirkning på og vil transformere nesten alle sektorer i nærings- og arbeidslivet. Vi tror at de fleste sektorer blir berørt, men at takten på hvor raskt teknologi innføres er avhengig konkurransesituasjonen og av den realkompetansen som arbeidsstyrken innehar og den viljen aktørene selv har til å omfavne de mulighetene som ligger i teknologien og evnen de har til å forstå hvordan man kan utnytte teknologi. Selv fysiske produkter og produksjonsmodeller påvirkes sterkt av denne digitaliseringen og automatiseringen som skjer nå. Der det er mulig har vi pekt på de norske fortrinnene og mulighetene som kan utnyttes.

Mens en del andre rapporter har pekt på spesifikke yrkesgrupper og sektorer som særlig vil bli påvirket eller transformert av digitalisering og automatisering, har vi lagt vekt på hvilke teknologitrender vi må forholde oss til og beskrevet hvordan de kan endre næringslivet og arbeidslivet. Vi har gjort dette kvalitativt og ikke kvantitativt. Denne rapporten er ingen dyptgripende arbeidslivsanalyse. Vi mener det er vel så viktig å forstå hvilken utvikling som kommer for å kunne gripe mulighetene og møte de utfordringene både næringsliv og arbeidsliv står overfor.

Vi mener at teknologiutviklingen beskrevet i denne rapporten legger et godt grunnlag for industriell vekst i Norge, forutsatt en vilje til finansiering og industriell utvikling av nye satsninger. Vi har et kompetansebasert næringsliv med betydelig digital kunnskap og konkurransekraft, en god digital infrastruktur og sterke næringsklynger vi kan bygge på. I det offentlige og innen helse og sosialsektoren er det fortsatt et ubenyttet potensiale for effektivisering slik at vi kan bære den byrden et aldrende samfunn innebærer.

2 Bakgrunn og målsetting

Sysselsetting er en grunnleggende forutsetning for et velfungerende demokrati. Få ting påvirker sysselsettingen i det lange løpet mer enn ny teknologi.

NHO ønsker i forbindelse med årskonferansen 2016 en analyse som gir en bred tilnærming til hvordan teknologiske endringer/nyvinninger bidrar til å endre digitale og fysiske produksjonsprosesser for varer og tjenester, samt en analyse av hvordan dette påvirker norsk nærings- og arbeidsliv.

Med denne rapporten ønsker SINTEF å svare på denne utfordringen ved:

- Å beskrive de viktigste **teknologitrendene** og deres potensiale **til å endre verdikjeder og skape nye forretningsmuligheter**.
- Med denne bakgrunnen belyser vi noen effekter dette kan på nærings- og arbeidslivet.

Norsk økonomi har lang tradisjon for å være produktiv og omstillingsdyktig; Norge har hatt et stabilt og forutsigbart politisk og demokratisk styresett på alle nivå, partene i arbeidslivet har evnet å samarbeide når tidene har vært utfordrerne. Og til tross for et høyt kostnadsnivå, har vi på flere områder evnet å være konkurransedyktige blant annet på grunn av tidlig og omfattende bruk av ny teknologi. Både offentlig sektor og næringslivet har investert i ny teknologi for å innovere og effektivisere sine virksomheter, men det finnes fortsatt et stort potensial for forbedring. Samlet sett har dette ført til økonomisk trygghet og vekst i hele etterkrigstiden.

Fremover vil en slik effektiv og omstillingsdyktig økonomi være en enda klarere forutsetning for en fortsatt høy verdiskaping i Norge. Det er mange faktorer og teknologiske drivere som spiller inn for at omstillinger skjer, og bare for å nevne noen tydelige trender som i stor grad vil prege vår fremtid:

- Vi vil se ytterligere globalisering av markeder og virksomheter, noe som medfører at nasjonale aktører, lover/reguleringer og spilleregler blir utfordret på helt nye måter;
- Mange har i løpet av bare noen få år etablert helt nye mønstre for kommunikasjon og samhandling, og dette vil forsterke seg i fremtidige endringer i sosiale mønstre i våre private og profesjonelle liv;
- En ny bølge av disruptiv digitalisering gjennom automatisering, instrumentering, autonomitet og kommunikasjon. Dette medfører at mennesker, prosesser, IKT og fysiske omgivelser blir sammenkoblet og kan samhandle på helt nye måter. Det åpner for store muligheter for innovasjon innen de fleste sektorer, som for eksempel helse, offentlig sektor, samferdsel, energiproduksjon, distribusjon og konsumpsjon, vareproduserende industri, tjenesteyting og mat/marin.

SINTEF jobber daglig med virksomheter der denne typen endringer og omstillinger allerede skjer og står sentralt i utviklingen av fremtidig teknologi. Vi erfarer at teknologien spiller en nøkkelrolle for å hankses med disse utfordringene og mulighetene. Vår analyse er basert på disse erfaringene sammen med vårt internasjonale og nasjonale engasjement på teknologifronten og spesielt vår deltakelse i utformingen av EUs teknologiplattformer og store samarbeidsprosjekter innen anvendt teknologisk forskning og innovasjon.

Det har de siste årene kommet en rekke rapporter som beskriver en fremtid hvor arbeidsplasser og sysselsettingen er under press fra økende grad av digitalisering og automatisering [Frey2013]¹, [Fölster2014]². Det grunnleggende spørsmålet i disse studiene er om teknologi frigjør arbeidskraft så raskt at det er utfordrende å finne nye arbeidsoppgaver for denne arbeidskraften. Det er et teknologisk, politisk og samfunnsmessig spørsmål hvordan vi organiserer oss for å kunne utnytte disse frigjorte ressursene. Det finnes også rapporter som adresserer dette aspektet [Fölster2015]³.

Historien viser at vi har vært gjennom mange slike transformasjoner tidligere, for eksempel da landbruket ble automatisert og folk flyttet fra landet til byene, industrialiseringsbølgen som har gjort produksjon stadig mer

effektiv, samt automatiseringen av hjemmene med husholdningsmaskiner som frigjorde kvinnene fra å være bundet i hjemmet. Norsk økonomi har i stor utstrekning evnet å utnytte disse frigjorte ressursene på en verdiskapende måte. Det store spørsmålet nå er hva som skjer med inntoget av ny teknologi i en mye større skala enn tidligere med blant annet digital samhandling, roboter til mange nye formål og "intelligente" produksjonssystemer [Brynjolfsson2014]⁴.

Selv om det er sannsynlig at mange arbeidsplasser vil gå tapt gjennom anvendelse av ny teknologi, ligger det også store muligheter til ny verdiskapning og nye arbeidsplasser i disse endringene. I denne rapporten ønsker vi først og fremst å peke på hvor mulighetene innen de nye teknologiene ligger og hvor Norge kan ha et fortrinn i forhold til å lede denne utviklingen videre.

2.1 Overordnet rammeverk for studien

SINTEF har tatt utgangspunkt i noen av de nøkkelteknologier (Key Enabling Technologies) som er viktige i et internasjonalt perspektiv. Vi ønsker å vise sammenhenger mellom teknologiutvikling, markeds-trender og samfunnsbehov, samt hvilke paradigmeskifter som vil ha en stor påvirkning på norsk arbeidsliv og næringsliv i årene fremover.

Nøkkelteknologiene omfatter mikro- og nanoelektronikk, avanserte materialer, nanoteknologi, bioteknologi, fotonikk, avanserte produksjonssystemer og programvare. Viktig informasjon om teknologitrender er hentet fra internasjonale veikart innen ulike teknologiområder og bransjer.

2.2 Verdiskapningspotensiale

Driveren bak teknologiutviklingen og paradigmeskiftene, er de markedstrender og det potensialet for verdiskapning som teknologien gir. Potensialet er drevet av to viktige faktorer; den besparing teknologien gir når den blir anvendt på de store samfunnsutfordringene og den merverdi teknologien representerer kommersielt, miljømessig eller samfunnmessig, samt de muligheter for nye arbeidsplasser teknologien også skaper. Verdiskapningen og mulighetene for nye arbeidsplasser ligger i vår vilje og evne til å utnytte skjæringspunktet mellom ny teknologi, utvikling av nye forretningsmodeller og den realkunnskap og kompetanse arbeidsstyrken har.

I vår analyse legger vi der vi kan vekt på områder hvor Norge har et særskilt fortrinn fremfor andre land i verden. Slike fortrinn er delvis basert på de industrielle klyngene og den næringsstrukturen vi har i Norge i dag, men vi har særlig forsøkt å ta hensyn til de særnorske forholdene vår geografi og det høye utdannings-, kostnads- og lønnsnivået vi har. Noen ganger er dette et konkurransefortrinn, da vi i Norge vil ha en driver for å innføre automatisering på et tidligere tidspunkt enn et lavkostland for fortsatt å være konkurranse-dyktige. Det vil da være viktig å ligge i den teknologiske fronten både innen forskning og innovasjon for å dra nytten av det industrielt.

Det er viktig å være klar over at de endringene som kommer til å skje i stor grad vil være drevet av de store samfunnsutfordringene, her gjengitt slik EU har definert dem⁵:

- Helse og demografisk endring
- Matsikkerhet, marin og maritim industri, bærekraftig landbruk og bioøkonomi
- Sikker, ren og effektiv energi
- Smarte, grønne og integrerte transportløsninger
- Klima, ressurseffektivitet og tilgang til råmaterialer
- Inkluderende og innovative samfunn
- Sikrere samfunn

Vi har i rapporten ikke gjort noen analyse av de store samfunnsutfordringene, men belyser i enkelte eksempler hvordan disse kan være drivere for teknologitrender. Da må utfordringene settes inn i en norsk sammenheng, der Norge er en europeisk stormakt innen energiforsyning, har en lang kyst og tradisjonsrik marin og maritim industri, stor utbredelse av IKT og med en spredt bosetning og generelt et høyt lønnsnivå.

2.3 Forutsetninger og begrensninger

Det er viktig å forstå at denne rapporten på ingen måte er uttømmende, den er dannet på grunnlag av en tidsbegrenset og ressursbegrenset studie utført over fire arbeids måneder. Det er heller ikke mulig å dekke alle teknologier som kommer til å prege fremtiden da det skjer stadig raskere endringer i enkelte teknologier og det vil oppstå ny teknologi som vi ikke er i stand til å forutse. Det er også et åpent spørsmål hvor raskt endringene kommer og om de er et resultat av små steg eller store sprang. Men vi kan dog peke på noen viktige teknologitrender og hvordan disse har et stort potensiale til å endre verdikjedene og sysselsettingen.

Studien tar ikke for seg endringer som skyldes utenforliggende politiske og økonomiske forhold som endringer i politikk, makroøkonomi eller lignende. Studien er skrevet næringsnøytralt, og vi har ikke gått inn på særskilte næringer som olje og gass eller fiske og havbruk, selv om dette er viktige næringer for Norge.

Vi har illustrert teksten med en del eksempler. De er skrevet i slike rammer for å tydeliggjøre at de er eksempler.

3 Teknologidrevne trender

I dette kapitlet har vi behandlet noen av de teknologidrevne trendene vi mener vil få størst påvirkning på fremtidig næringsliv og arbeidsliv i Norge.

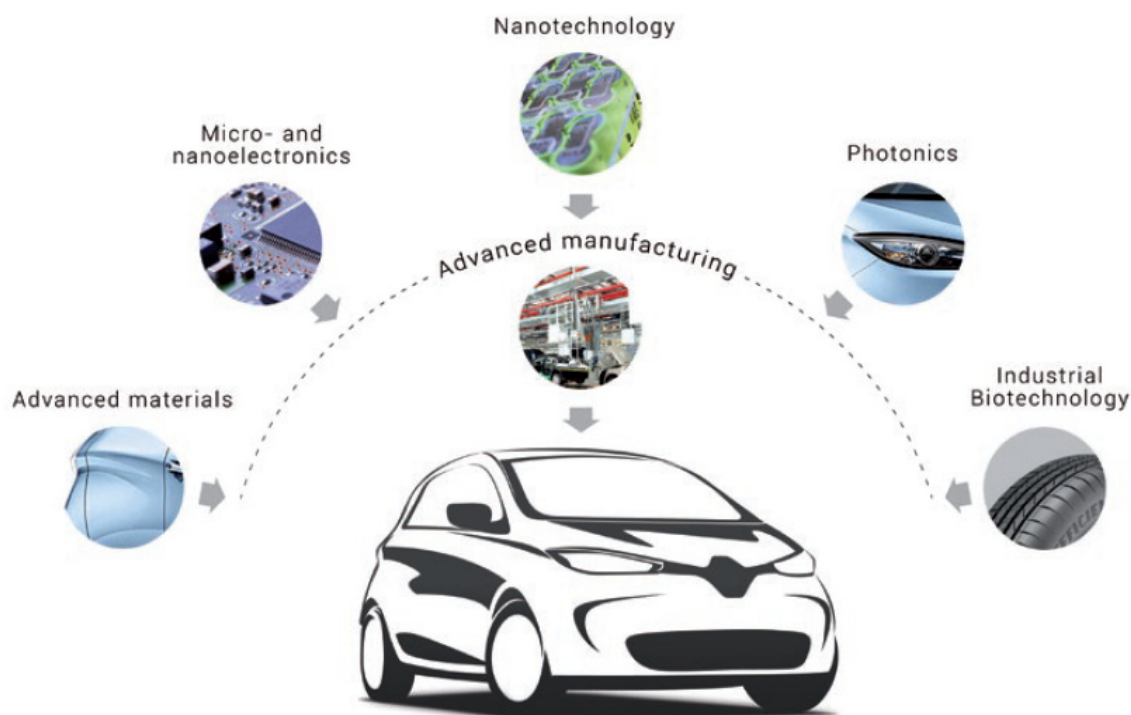
Et kjennetegn ved disse nye teknologiene er at de muliggjør svært billige produkter med meget rask produkt og prosessutvikling. Dette har igjen ført til at mange nye teknologier hurtig kommer ned på et kostnadsnivå tilpasset forbrukermarkedet, med stort rom for prøving, testing, feiling og læring. Vi ser derfor en trend der forbrukerproduktmarkedet representerer en sterk driver for produktutvikling i tillegg til mer tradisjonelle høyteknologisegmenter som forsvar og romfart, som tidligere har vært den viktigste kilden til industriell innovasjon. Fremstillingen i det følgende preges derfor både av eksempler fra forbrukersiden og mer tradisjonelle teknologitunge industrier.

I kapittel 3.1 beskriver vi kort nøkkelteknologiene slik EU har definert disse med noen utvalgte eksempler. I kapittel 3.2 utdyper vi noen avanserte produksjonsmetoder som bygger på nøkkelteknologiene, mens vi i kapittel 3.3 ser på nye produkter, tjenester og forretningsmodeller som muliggjøres.

3.1 Nøkkelteknologier

EU har definert følgende muliggjørende nøkkelteknologier for fremtidens industri i Europa [KET2011]⁶, [KET2015]⁷:

- Avanserte materialer
- Mikro- og nanoelektronikk
- Nanoteknologi
- Fotonikk
- Industriell bioteknologi
- Avanserte produksjonsmetoder
- Programvare [ISTAG2012]⁸



Figur 1 Nøkkelteknologier [KET2015]

Disse nøkkelteknologiene er kunnskaps- og kapitalintensive teknologier som gjennomsyrrer prosess-, produkt- og tjenesteinnovasjon i hele vår økonomi. De krever tung satsning på forskning og utvikling på grunn av de raske innovasjonssyklusene som disse teknologiene går gjennom og har relevans på systemnivå da de er generiske teknologier som kan anvendes på tvers av mange sektorer.

Nøkkelteknologiene

- Er selve kjernen i avanserte innovative produkter
- Er en del av mange strategiske viktige verdikjeder
- Gir mange produkter stor merverdi
- Danner selve grunnlaget for konkurransekraft i fremtiden

3.1.1 Avanserte materialer

Avanserte materialer er en nøkkelteknologi for all produksjon, å ha kunnskap om nye materialer og deres bruksområder er avgjørende for prosess- og produktinnovasjon. I Norge har vi gode kunnskaps- og produksjonsmiljøer innen metallurgi, polymerer og komposittmaterialer. I Europa er avanserte materialteknologier viktige for å redusere ressursavhengigheten og miljøutfordringene med produksjon. Prosessindustrien er i en særstilling i Europa og her har vi sterke aktører også i Norge. Nye avanserte materialer endrer ofte egenskapene til produktet, bygger inn flere egenskaper i produktet, øker levetiden eller senker kostnaden og kan radikalt endre verdikjeder og produksjonsformer. Et eksempel på dette er de mange komposittproduktene som har erstattet andre produkter på grunn av bedre egenskaper.

Grafen [grafén] er et eksempel på et materiale det forskes mye på over hele verden. Grafen består av et enkelt lag med karbonatomer som har helt uventede fysiske egenskaper med mye høyere ledningsevne og lavere motstand enn noe annet kjent materiale, samtidig som det har meget høy styrke. Utfordringen med grafen er produksjonsmetoder og produksjonskostnad. For at det skal bli en "game changer" må det kunne produseres i større arealer til lavere kostnad enn i dag. Dersom man får til dette gjennombruddet kan det føre til mye raskere elektronikk, nye sensorer, antenner og batterier, samt en rekke andre anvendelsesområder vi i dag ikke kjenner.

3.1.2 Mikro- og nanoelektroniske systemer

Mikro- og nanoelektroniske systemer og komponenter er viktige byggeklosser innen all automatisering og halvlederteknologi, og er fundamentet i datamaskiner, roboter, mobiltelefoner og verdensveven. I Norge har vi sterke kunnskaps- og designmiljøer innen halvlederindustri som kanskje ikke er så synlig utad fordi selve produksjonen skjer utenlands, men med komponenter som finnes innebygd i produkter verden over. I EU sysselsettes 2,5 million mennesker tilknyttet hele verdikjeden rundt mikro- og nanoelektronikk og denne sektoren anslås å bidra med 10% av globalt BNP [KET2015]. Det er av strategisk viktighet å opprettholde en posisjon innen denne nøkkelteknologien.

Antall transistorer på et gitt areal i en integrert krets dobles cirka annethvert år. Denne observasjonen kalles Moore's lov. Det er denne observasjonen som på mange måter har vært driveren i den helt fantastiske utviklingen vi har sett i prosessorkraft siden transistorens barndom for over 50 år siden. Det er viktig å forstå at dette er en observasjon og ikke en fysisk lov. Det vil derfor være naturlig å anta at man en gang i fremtiden vil nå en metning i antall transistorer som er fysisk mulig å få ned på et areal, men det er sannsynligvis ennå et godt stykke frem dit.

Et eksempel på en mikro- og nanoteknologisk komponent som inngår i mange anvendelser er miniaturiserte trykksensorer. De inngår i høydemålerne på fly, dekktrykksmålere i biler, kan brukes for å måle trykket i urinblæren eller sjekke at ventiler under vann er tette.

3.1.3 Nanoteknologi

Nanoteknologi er teknologi som bruker de fysiske egenskapene til partikler eller strukturer på nanometerskala, som er mindre enn en titusendels millimeter, gjerne på atom- eller molekylnivå. Nanoteknologi inngår som en viktig komponent i stadig flere produkter. Grunnen er at fysikken i et materiale eller en sensor på nanometer skala er slik at man i stor grad kan skreddersy egenskaper ved et produkt som tidligere ikke ville vært mulig. Norge har en nasjonal satsning innen mikro- og nanoteknologi, men det koster å holde følge internasjonalt innen denne sektoren, slik at man er nødt til å spisse seg på noen utvalgte områder. Dette er den nøkkelteknologien som har høyest økonomisk vekstrate de siste årene. Det globale markedet for nanomaterialer er estimert til 11 millioner tonn med en verdi på 20 milliarder € [KET2015].

Et eksempel på anvendelse av nanoteknologi er bruk i belegg som beskytter metall, glass og andre overflater mot korrosjon, riper og væsker. Slike belegg benyttes blant annet i bilindustrien hvor det er utviklet produkter som beskytter frontruten mot riper og dugg. En annen anvendelse er lakk forsterket med nanomaterialer som beskytter karosseriet mot korrosjon ved å danne et beskyttende og vanntett belegg. Nanomaterialer har den fordelen at det kan bidra til å unngå mange av de skadelige løsemidlene som finnes i lakk uten å gå på bekostning av de gode egenskapene.

3.1.4 Fotonikk

Fotonikk består i å bruke lys til ulike formål fra måling og kommunikasjon til energikonvertering. Fotonikk omfatter optisk måleteknikk, sensorer, solceller, optisk kommunikasjon og belysning/display-formål. Fotonikk er avgjørende for både autonomitet og robotisering fordi den muliggjør berøringsfrie målinger, det å sanse omgivelsene på avstand. Fotonikk er også avgjørende for å formidle visuell informasjon til mennesker. Det finnes over 5.000 selskaper innen denne industrien i EU med 300.000 ansatte og den forventes å nå en omsetning på 615 milliarder € i 2020 [KET2015]. I tillegg er nesten 2 millioner ansatte i produksjonsindustrien direkte avhengige av fotonikkprodukter [KET2011].

Ryggraden i internett og raske bredbåndsløsninger er i dag bygget på fotonikk i form av fiberoptiske komponenter og lasere. Fotonikk benyttes også til for eksempel effektiv sortering av pantegods og søppel.

3.1.5 Industriell bioteknologi

Industriell bioteknologi hvor man bruker biologiske systemer og levende organismer til produksjon har et stort potensiale for å erstatte tradisjonelle kjemiske produkter innen mange felt. Dette omfatter for eksempel alge-, enzym- og bakteriebaserte prosesser hvor man omvandler et råstoff til ett annet. Ved å konvertere fornybare ressurser som biomasse til drivstoff, energi og kjemikalier kan man spare betydelig med ressurser og energi. Industriell bioteknologi forventes å nå en markedsstørrelse på 125 milliarder \$ i 2015 [KET2011].

Bioproteiner som er proteiner produsert gjennom fermentering av metan, er et godt eksempel på hvordan bioteknologi kan bidra til å utvikle høyverdi produkter med høy utnyttelsesgrad. Bioproteiner kan for eksempel erstatte fiskemel i fiskefor og dermed bli et substitutt for en allerede begrenset ressurs.

3.1.6 Programvare

Programvare blir omtalt som den glemte nøkkelteknologien. Uten programvare hadde det ikke vært mulig å realisere digitale produkter og tjenester. Nesten alle høyteknologiske produkter i dag inneholder programvare eller krever avansert programvare for å kunne produseres. Programvare er også kjernen i mange av de største innovasjonene i dag; verdensveven, tingenes internett, mobiltelefoner, big data, skytjenester osv. Det Europeiske programvaremarkedet er verdens neststørste med 2,75 millioner ansatte og en omsetning på 230 milliarder € (2008) [ISTAG2012]. Den norske IKT-næringen sysselsetter mer enn 100 000 ansatte og står for om lag fem prosent av Norges fastlands-BNP [Menon2015]⁹ og en betydelig andel av dette er programvare.

Programvare produseres ikke kun av IKT-næringen. Det er et verktøy i all industri for å kunne realisere funksjoner på toppen av de mer underliggende teknologier som er omtalt ovenfor. Det kan være i alt fra avanserte roboter, intelligente instrumenter for kikkhulls kirurgi til sikrere biler som assisterer sjåføren. Programvare er også det teknologiske verktøy som virkeliggjør logikken og funksjonene for de produksjonsmetodene som presenteres i de neste seksjonene. Engelske myndigheter har innsett betydningen av programvare i et moderne samfunn, og har innført programmering fra barneskolen av ¹⁰. Selv om norske myndigheter er på glid ¹¹, så er Norge på etterskudd med sine planer for IKT i skolen – hvordan får vi best og bredest mulig IKT opplæring i skolen utover dagens planer med en langt snevrere form for digital kompetanse?

Det er programvare kombinert med kunnskap som har gjort det mulig å tolke geologiske strukturer fra seismiske data på en måte som har gjort det mulig å hente ut store mengder olje og gass fra kontinentalsokkelen.

3.2 Avanserte produksjonsmetoder

Avanserte produksjonsmetoder er den siste nøkkelteknologien som EUs high level group har identifisert. Avanserte produksjonsmetoder bygger på de andre nøkkelteknologiene, men er likevel fremhevet som en nøkkelteknologi i seg selv på systemnivå. Avanserte produksjonsmetoder er nødvendige for dagens kompliserte teknologiske vareproduksjon og bygger på de andre nøkkelteknologiene på systemnivå. Med avanserte produksjonsmetoder mener vi produksjonsmetoder og prosesser som til stor grad benytter høyt teknologiske komponenter og nøkkelteknologier. Produksjon er selve ryggraden i et velfungerende moderne samfunn, da produksjon er hoveddriveren innen økonomi, sysselsetting og innovasjon.

Vi vil beskrive noen avanserte produksjonsmetoder som kan endre hvordan man tenker seg fremtidens produksjon. Dette omfatter 3D printing og lagvis produksjon, robotisering og automatisering, samt internet of things og cyber-physical systems.

3.2.1 Robotikk og automatisering

Robot-teknologi har et stort potensiale for å påvirke våre liv i fremtiden ved å øke produktiviteten, øke servicenivået og skape nye arbeidsplasser i interaksjon med roboter [SPARC2014]¹². Det er roboter utenfor det man i dag ser av industrielle roboter som kommer til å drive frem denne utviklingen.

Markedsdriverne for fremtidens robotikk er identifisert som industrimarkedet, det profesjonelle servicemarkedet, hjemmemarkedet, sikkerhetsmarkedet og romvirksomhet. Disse markedene vil bli betjent av ulike typer roboter som arbeidsroboter, samarbeidsroboter, logistikkroboter, sikkerhetsroboter, inspeksjonsroboter og spill- og underholdningsroboter [EUROP2009]¹³.

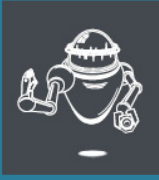





I 2014 ble det solgt 200.000 nye **industriroboter** og det er nå installert 1.5 millioner slike roboter i verden. I snitt var det 58 industriroboter per 10.000 ansatte, mens Norge har kun 43 industriroboter per 10.000 ansatte [IFR2013]¹⁴. Det skyldes nok i hovedsak at vi har liten grad av bilindustri og elektronikkproduksjon i Norge, som er de mest robotintensive industrisektorene. I bilindustrien er det et snitt på over 1.100 roboter per 10.000 ansatte på verdensbasis. I Norge har antall industriroboter stagnert på litt over 1.000 installerte enheter og antallet har vært stabilt i perioden 2006-2012 [IFR2013]. Det er med andre ord ingen trend som tilsier at dagens tradisjonelle roboter erstatter industriarbeidsplasser.

Nøkkelfaktorer for dagens industrielle robotikk er presisjon, repeterbarhet, pålitelighet, styrke, rekkevidde og slitestyrke. Dagens industriroboter er store, robuste, tunge og kapitalintensive. De er egnet for masseproduksjon av faste komponenter. Takt-tid er avgjørende for effektiviteten. Sikkerheten gjør at de må bures inn for å kunne brukes sikkert og mennesker har bare adgang til roboten når den er avslått. Dette fungerer bra for repetitive oppgaver på mekaniske deler. Dette er typisk en «statisk» tilstand der arbeid utføres på en spesifikk lokasjon og kun for noen få repetitive oppgaver. Det krever lang omstillingstid å lære roboten nye oppgaver fordi disse må omprogrammeres og det er liten grad av autonomitet.

Tradisjonelle industriroboter blir i hovedsak brukt til mekanisk håndtering, sveising, sammenstilling, maling, pakking og palletering. Med en takt-tid som måles i sekunder tilsier det at disse i stor grad brukes til masseproduksjon, siden de brukes til operasjoner som kan gjentas millionvis av ganger.

Det kommer nå en **ny generasjon industriroboter** som skal kunne være mer mobile og samarbeide med mennesker for mer komplekse oppgaver, blant annet ved at de har lette fleksible armer. Tanken er at mennesker skal gjøre det de er best på, mens arbeidet gjøres i samarbeid med roboter som har litt andre egenskaper i forhold til for eksempel repetitive oppgaver, hurtighet og farlige oppgaver. Sensorer integreres i roboten slik at interaksjon kan gjøres fleksibel og presis. Dette er et nytt tanke sett med **menneskesentrert automatisering** hvor man bygger produksjonen rundt det mennesket kan bidra best med.

Nøkkelfaktorer for den nye generasjonen industriell robotikk er presisjon, mobilitet, kort omstillingstid, autonomi, pålitelighet, fleksibilitet og tilgang. Det er også et mål om å håndtere variasjon og fleksible materialer. Prisen på denne typen roboter synker fort slik at de blir stadig mindre kapitalintensive. Kunnskap om den nye generasjonen industriroboter er en viktig faktor for å sikre fremtidens konkurransekraft innen produksjon, konstruksjon og vedlikehold i Norge og Europa. Det er her mange av de nye arbeidsplassene sikres og skapes.

APPLICATION SCENARIOS	ROBOTIC WORKERS	ROBOTIC CO-WORKERS	LOGISTICS ROBOTS	ROBOTS FOR SURVEILLANCE & INTERVENTION	ROBOTS FOR EXPLORATION & INSPECTION	EDUTAINMENT ROBOTS
SECTORS						
INDUSTRIAL	■	■	■			
PROFESSIONAL SERVICE	■	■	■	■	■	■
DOMESTIC SERVICE		■	■	■		■
SECURITY		■	■	■	■	
SPACE	■	■	■		■	

Figur 2. Forventede anvendelser av ulike typer roboter i ulike typer bransjer [EUROP2009]

En ny generasjon **hjemmeroboter** er kommet på markedet. I hovedsak er det enkle roboter som støvsugere og gressklippere, men også vindusvaskere, bassengrensere, sportsroboter, selskapsroboter, kjøledyrhjelpere og menneskehjelpere. Kun fantasien setter grenser! Også robotleker spiller en rolle for å utvikle sosiale roboter. Det ble solgt over 3 millioner hjemmeroboter i 2012 [IFR2013]. Dette er i dag enkle roboter uten store krav til effektivitet, men neste generasjon er ikke langt unna, og disse vil ha langt større påvirkning på arbeidslivet.

Neste trinn i utviklingen er **serviceroboter** som også har relativt enkle oppgaver, men innenfor det profesjonelle markedet. Dette kan være for eksempel transport og logistikk i kontor- eller korridormiljøer (som sykehus, arbeidsplasser og hoteller), boring/drilling, enkle inspeksjonsoppgaver på større anlegg, vedlikeholdsoppgaver, rehabiliteringsroboter på sykehjem/ sykehus og personlige hjelpere. Det var installert omtrent 125.000 profesjonelle serviceroboter i verden i 2012, men dette markedet er i sterk vekst [IFR2013]. Det er her robotene utfordrer arbeidslivet fordi man ennå ikke har tatt ut det samme potensialet innen automatisering og robotisering i andre bransjer enn industrien.

Serviceroboter brukes innenfor helt andre felt enn bare i industrien. I landbruket bruker man for eksempel stadig flere roboter, til alt fra automatisk melking av kuer til planting av radkulturer. Slike serviceroboter er en del av presisjonslandbruk hvor robotene også bruker GPS og satellittdata.

Robotiserte proteser utgjør et meget raskt voksende marked hvor man gir fysisk handikappede tilbake muligheten for naturlige bevegelser. Denne teknologien kan også brukes til å gjøre oss i stand til nye oppgaver som vi ikke ville klart uten robotisering. Man vil også se helt andre typer roboter som rehabiliteringsroboter.



Domestic Robot Accessories



Domestic Robot Replacement Parts



Robot Vacuums



Robot Floor Cleaners



Robot Pool Cleaners



Robot Lawn Mowers



Robot Pet Care



Robot Window Cleaners



Sweeping Robots



RobotShop Packages



Robots for Sports



Companion Robots

Figur 3. Et utvalg hjemmeroboter som kan kjøpes i dag [Kilde : www.robotshop.com]

3.2.2 Internet of Things

Det er tre viktige drivere bak utviklingen av IoT; De siste 10 år har **kostnaden på sensorer** blitt halvert, vi har fått 40 ganger så **mye båndbredde** og 60 ganger så **mye prosesseringskraft** til samme kostnad ¹⁵.

I dag er det vanlig at IoT-systemene er sammensatt av såkalte innvevde systemer (embedded systems). Et innvevd system er et datasystem med en bestemt eller dedikert funksjon som er innvevd i et mekanisk eller elektrisk system og utgjør en integrert del av dette. Og det er veldig vanlig å koble slike innvevde systemer sammen i et nett.

Typiske innvevde systemer vi omgir oss med daglig er kontrollsystemer i produkter, som for eksempel programstyring i en oppvaskmaskin, alarm i et sikringssystem eller antiskrenssystem (Electronic Stability Programme - ESP) i bilen.

En verdiøkende variant av IoT er **Cyber-Physical Systems (CPS)**, der målet er å koble den fysiske verden og den digitale verden, der innvevde systemer, sensorer, aktuatorer og nettverksteknologi er integrert, og gjør det mulig å styre og overvåke fysiske prosesser. Det åpner også for smart interaksjon mellom den fysiske og digitale verden, slik at for eksempel sensor data fra den fysiske prosessen i neste omgang brukes til å forbedre simulerings- og styringsfunksjonen av den samme fysiske prosessen. CPS utnytter IoT som underliggende infrastruktur, og kobler i tillegg til denne infrastrukturen og den fysiske verden sammen med ulike applikasjoner [Vermesan2015] ¹⁶, det kan for eksempel være digital og fysisk materialstyring i produksjonsbedrifter eller flåtestyring i spedisjonsbransjen.

Et eksempel på en anvendelse av CPS er å utstyre verktøy og maskiner i en fabrikk med sensorer som forteller hvilke arbeidsoperasjoner som er utført på hvilke deler av produktet, inkludert innsamling av data for angivelse om for eksempel belastning. Dette gir større kvalitet i produksjonen fordi man kan spore og sertifisere at alle nødvendige operasjoner er utført. Samtidig kan man også merke hvert enkelt produkt med informasjon om hvordan det skal sammenstilles slik at man får fleksibel individualisert produksjon. Produktet kan ha instruksjoner om rekkefølgen på arbeidsoperasjoner, hvilke deler som skal brukes i denne varianten av produktet osv. Instruksjonene for sammenstilling av hvert enkelt produkt kan lastes opp til verktøy, maskiner og robot eller gjøres tilgjengelig for en arbeider for hver enkelt produserte enhet.

Det er bare fantasien som begrenser hva vi kan koble sammen eller koble oss til. Eksempler kan være å avlese eller styre posisjon og bevegelsen til et objekt, måle temperatur og andre tilstandsparametere i et prosessanlegg, registrere lyd og vibrasjoner i et fly, overvåke gass og andre miljøfaktorer på en plattform, avdekke lekkasjer i rørsystemer. Denne typen løsninger er allerede godt integrert i enkelte av dagens systemer, og vi ser at denne typen løsninger også blir mer vanlig for alle varer og produkter.

En bil er allerede i dag et eksempel på et lokalt sensornettverk. Den inneholder mange nye sensorer, som akselerasjonssensorer (sikkerhet), trykksensorer (sikkerhet), temperatursensorer (setekomfort, motorfunksjon) og avstandssensorer (rygging, lukeparkering), koblet i nett sammen med funksjonalitet materialisert i form av ulike innvevde systemer. Bilen din er med andre ord et intelligent datanettverk med hjul og karosseri (og noe til). Kobler vi bilen til internett kan den også betraktes som et delsystem av et større IoT eller et CPS. Og det er helt naturlig at bilen er tilknyttet internett og det er ingen futuristisk virkelighet; verkstedet ditt kan for eksempel analysere feil på stedet når du har trøbbel, bilen kan laste ned informasjon som du behøver når du kjører, om alt fra trafikale forhold og fremkommelighet, til overnatting, mat, severdigheter og opplevelser. Du kan også spore bilen om den blir stjålet.

IoT vil om få år være primærkilden for Big Data. Vi vil overalt være omgitt av sensorer og aktuatorer, og sensordataene vil bli digitalisert og delt med andre produkter/tjenester i nettet. Dermed kan man også kapitalisere og gjøre forretning av data som er samlet inn med IoT så lenge man har eierskap til data og man

tar hensyn til de reguleringer om personvern og datasikkerhet som finnes. IoT vil være en nødvendig og viktig driver for en fremtidig data økonomi ¹⁷.

Både fysiske og virtuelle "ting" vil ha identitet med henholdsvis fysiske egenskaper og virtuelle representasjoner. Datafangst vil være del av livsløpet til den enkelte ting, blant annet for å kunne gjengi historikk eller data som kan aggregeres på et høyere nivå for å lære noe på tvers av tusentalls av enheter og være til nytte for mange. I store prosessanlegg vil IoT-applikasjoner ha sanntidstilgang til informasjon om virtuelle og fysiske prosesser og hendelser ved hjelp av smarte og koblede data.

Med IoT kan man tenke seg å fjernstyre flere prosess- eller produksjonsanlegg fra én sentral fordi man har tilgang til alle produksjons- og styredata fra og for de viktige prosessene hele tiden. Snøhvitfeltet i Barentshavet er et eksempel på et produksjonsanlegg som er installert på havbunnen og er fjernstyrt fra land¹⁸.

IoT egner seg særlig godt i kombinasjon med andre teknologier som Big Data og skytjenester for å skape kreative løsninger som igjen driver frem nye og mer bærekraftige forretningsmodeller. Vi sikter spesielt til transformasjoner som gir muligheter for vekst gjennom skifte fra investeringskostnader (CAPEX) til driftskostnader (OPEX) ved å leie og ikke kjøpe. Men det kan også være å øke produksjonen med samme antall ansatte og investering, eller å bedre reaksjonsevnen i skiftende markeder.

Denne typen løsninger har og vil påvirke hvordan virksomheter og vi som ansatte kan organisere oss, for eksempel for å gi raskere og bedre respons på vedlikeholdsoppgaver overfor kunder, inkludert å samle verdifulle data gjennom kundekontakt, selvorganisering med spredte medarbeidere for å optimalisere prosesser og skape best mulig resultater. Gjennom å utnytte teknologi og data på denne måten kan vi oppnå langt mer fleksible og selv-navigerende organisasjoner til det beste for både ansatte og virksomheten.

Avanserte produkter eller installasjoner har gjerne digitale manualer og livsløpshistorikk over tilstandsutviklingen. Ved vedlikehold eller reparasjon av et slikt produkt eller installasjon hos en kunde får man lett tilgang til produktets konstruksjon, eventuelt hvilke feil som er oppstått hvor og hvilke belastninger produktet har vært utsatt for, og ikke minst hvilke verktøy som skal benyttes for å utføre de nødvendige vedlikeholdsoppgavene. Digitalisering og delvis automatisering av denne typen oppgaver for både å effektivisere og møte kundens forventninger er viktige for å gjøre oss i stand til å konkurrere i markedet.

Det er mange som har forsøkt å estimere det totale potensialet som ligger i IoT og illustrert ovenfor med noen eksempler, som f.eks. at IoT vil bidra med 1,7 billioner \$ til den globale økonomien i 2019 [Business Insider2014] ¹⁹. Dette inkluderer maskin- og programvare, installasjonskostnader, samt tjenester rundt IoT-løsninger. Det er store forretningsmuligheter for industrien om den lykkes i å skape IoT-infrastruktur og økosystemer som er attraktive for aktørene, og som skaper forretning for industrien og merverdi for brukerne.

Det særegne med IoT er at det kobler alle ytternodene eller tingene sammen i et nettverk. Nodene er typisk sensor, ting, aktuatorer eller databehandlingsenheter, eller en kombinasjon av disse. Hver node har en unik identitet for at andre noder eller andre deler av systemet entydig kan adressere den enkelte noden. Nettverket kan tilby funksjonalitet for å kunne kommunisere med eller på annen måte bruke disse nodene. Den logikken eller intelligensen som bygges inn i nodene sammen med regnekraft omtales ofte som *edge* eller *fog computing*.

Et eksempel på edge/fog computing er sportselektronikk for å sikre at en utøver ikke går over en ytelsesterskel og stivner. Alle som følger Tour de France på TV2 vet at hver syklist er utstyrt med sensorer for å måle deres ytelse (for eksempel i watt) og sammenstille dette med en modell og maksimal grense. Dermed kan rytteren varsles om eller når han eller hun går over i rød sone, det vil si terskelverdiene som gir melkesyre. Dette er et eksempel på edge eller fog computing fordi noen data prosesseres allerede i sensoren (edge computing) for å gi umiddelbar tilbakemelding til sykkelrytteren, mens andre sensordata og beregnede data overføres til lagledelsen i følgebilen eller i lagbussen i målområdet (fog computing) for å vurdere tilstanden for laget som helhet.

Vi kan også bruke IoT til å gå fra sentralt styrte systemer til systemer med langt mer distribuert kontroll. Dette skaper både muligheter og utfordringer. Muligheter ved at delsystemer og noder kan bli mer autonome, og at en feil et sted ikke nødvendigvis propagerer til andre deler av systemet slik vi ser ved mer sentralisert systemkontroll. Desentralisering kan være en egnet metode for å skape mindre sårbarhet for hele systemet. Men i den ligger også utfordringen ved at autonome delsystemer med desentralisert kontroll er krevende for i vare ta helheten, for eksempel overvåking av tilstanden i en hel verdikjede og sikre at verdikjeden er både pålitelig og robust der slike egenskaper er kritiske. Men for en bruker vil slike forskjeller i sentralisert eller desentralisert kontroll kunne utviskes gjennom denne typen løsninger.

I intelligente transport systemer (ITS), med kjøretøy-til-kjøretøy (V2V) kommunikasjon og kollisjonskontroll er det best at kjøretøyene samhandler seg i mellom for å unngå ulykker. Tilsvarende ser vi for moderne stor-skala distribuerte kontroll-systemer for jernbane så sikres pålitelighet og robusthet i sann tid lokalt. I begge eksemplene vil det være livstruende om det er forsinkelse i dataoverføringene, noe sentraliserte systemer ofte lide under. Både for sjåførene av kjøretøyene og lokførere på togene, er det påliteligheten og robustheten av systemet som er viktig og ikke hvor kontrollen utøves.

Forsyningskjedene i tradisjonell industri fokuserer på effektiv logistikk av varer. Nye IoT aktører vil i økende grad endre etablerte strukturer og relasjoner ved å utnytte potensialet som ligger i teknologien til digitalisering. For å konkurrere effektivt, må bedriftene transformere sin praksis og dermed sine forretningsmodeller og begynne å tenke i form av verdiskapende økosystemer.

Et eksempel er energiselskaper som ekspanderer fra kun å levere elektrisitet til også å levere bredbåndstjenester og aggressivt søker å penetrere markedet for smarte hus og smarte samfunn. De transformerer virksomheten og forretningsmodell for å kunne ta del i verdikjeder som de tidligere ikke har deltatt i – antagelig i konkurranse eller samarbeid med aktører fra andre verdikjeder, for eksempel alarmselskaper, utstyrsleverandører og online underholdningstjenester.

Få selskaper er i en posisjon hvor de alene kan eie nye digitale verdikjeder. Trenden er å skape egne **økosystemer** for å lykkes med å forbedre økonomien der teknologier som IoT, Big Data og skytjenester inngår som underliggende løsninger for å lykkes. For å realisere disse økosystemene må man tenke på systemnivå, ikke fokusere alene på det enkelte produkt eller løsning, men hvordan man etablerer felles økosystemer der deltakende bedrifter spesialisere seg på sin kjernekompetanse og arbeider sammen for raskt å tilpasse seg endringer i eksterne miljøer.

Fra eksempelet over betyr det at energiselskapet også kan åpne opp økosystemet for smarthus slik at andre aktører kan tilby produkter og tjenester for å utnytte den posisjonen energiselskapet har skaffet seg slik at totaltilbudet blir bedre. Innenfor bredbåndsegmentet er det allerede skjedd.

Man skaper en **digital nettverksøkonomi** i stedet for å konsentrere seg utelukkende om enkelte verdikjeder. I en slik økonomi vil man lettere kunne jobbe på tvers av grenser. Det er dette EU kommisjonen ønsker å oppnå gjennom sitt initiativ for å få til et *Digital Single Market*²⁰. Systemintegrasjon og interoperabilitet er

avgjørende for å skape en digital nettverksøkonomi hvor man kan utnytte de sterke sidene til hver enkelt aktør som inngår i denne nettverksøkonomien uten tanke på om den vi samarbeider med eller har som kunde er lokalisert i et annet land eller ikke. I et *Digital Single Market* er alle underlagt de samme rammebetingelsene.

Hvis vi igjen utesker eksempelet ovenfor, så er det mer enn realistisk om noen år at norske energiselskaper, fra Norge kan innta en sentral rolle som leverandør i økosystem for smarte hus og samfunn også i andre land.

3.2.3 Virtuell eller forsterket virkelighet

"**Virtual reality**" (virtuell virkelighet) har vært et buzzword siden 1990-tallet. Virtuell virkelighet er bygget opp av digitale modeller, og mennesket kan til dels sanse sine virtuelle omgivelser ved å se, høre, lukte og ta på digitale gjenstander ved hjelp av ulike elektroniske hjelpemidler. Slike systemer brukes i dag i hovedsak som brukergrensesnitt ved analyse av avanserte 3D modeller (for eksempel geologiske struktur) eller som rene simulatorer for eksempel til opplæring av vedlikeholdspersonell på avanserte installasjoner eller underholdning og spill.

Fremtidens komplekse arbeidsoperasjoner vil kreve at man lærer seg å samvirke med roboter og annet komplisert produksjonsutstyr. Her kan virtuell virkelighet og simulatorer spille en avgjørende rolle for at man i virkelighetstro omgivelser kan trene på de komplekse arbeidsoppgavene og lære av sine feil uten at det får fatale konsekvenser. Norge har allerede i dag flere slike simulatorsentre for eksempel for trening i krevende maritime operasjoner.

Man kan forestille seg at hele fabrikker finnes representert i en virtuell verden hvor man på forhånd kan simulere hele produksjonen og faktisk inspisere hvordan den skal foregå uten at man faktisk har startet den fysiske produksjonen. Dette vil være særlig nyttig dersom man hyppig må omstille seg til nye produksjonsserier.

En avart av virtuell virkelighet er "**Augmented reality**" (forsterket virkelighet) der formålet er å berike den faktiske virkelige verden, for eksempel ved å legge på informasjon som er relevant for omgivelsene man beveger seg i.

Et enkelt eksempel på en slik virkelighet er audioturer på museum, hvor man hører historiske lyder fra en svunnen tid. Et mer avansert eksempel er fjernstyrte flytårn, der tårnet gjennom å motta signaler fra kamera, radar og andre sensorer får et totalbilde av luftrommet og flyplassen, der flygelederne kan legge inn automatisk sporing og utheving av objekter som beveger seg på bakken og i luften gjennom avansert visualisering.

Sterke markedskrefter som Facebook, Google og Sony jobber nå med å virkeliggjøre denne teknologien for forbrukermarkedet. Utfordringen i dag er knyttet til det å lage naturlige overganger mellom virkelighet og det forsterkende laget slik at dette ikke virker forstyrrende. Dessuten har det til nå vært vanskelig å bevege seg naturlig i en virtuell virkelighet uten at det virker forstyrrende på sansene, for eksempel har brilleteknologien til nå hatt for dårlig oppløsning og krever at man fokuserer på nær avstand, noe som er meget slitsomt og gjør at tiden man bruker denne typen løsninger er relativt kort. Det er også en utfordring å få til naturlig navigasjon i en virtuell verden.

En tredje utfordring med forsterket virkelighet er å få til en naturlig interaksjon med virtuelle gjenstander. Den virkelige verden må være meget godt synkronisert og kalibrert med den virtuelle delen av den forsterkede virkeligheten. På det nåværende stadiet er det vanskelig å forutse når vi vil få de første kvalitetsproduktene i forbruker/prosumer-markedet, men dersom de kommer og fungerer bra vil de ha en stor påvirkning på mange verdikjeder.

Du velger å gå en tur i den virtuelle butikken for å se på klær. Du har allerede scannet inn en 3D modell av deg selv og kan nå prøve ulike klær på denne modellen av deg selv som butikken får tilgang til. Du kan dermed se hvordan klærne passer fra alle sider. Hvis buksene du prøvde var litt for korte for din smak, kan du lett be om en modell med litt lengre benlengde. Noen dager senere får du klærne som en pakke i posten. Hele verdikjeden rundt den fysiske butikken er endret. Nettbutikken har også etter hvert mye data om hvilke klær som selger og hvilke størrelser de skal produseres i og kan henvende seg direkte til forbruker med "skreddersydde" tilbud til som passer denne forbrukerens virtuelle passform og preferanser.

3.2.4 Big Data

Både økonomiske og sosiale aktiviteter har lenge vært avhengig av data for å kunne gi verdi. På de fleste områder blir nå disse aktivitetene digitalisert og lagret via internett. Dette skiftet medfører drastisk økning i datamengden, endringstakten av data er ofte i sann tid, svært mange dataformater og datakilder skal håndteres og ikke minst er det krevende å estimere usikkerheten i eller påliteligheten av data. Derfor vil tradisjonelle teknikker for datahåndtering, analyse og visualisering hverken skalere eller strekke til. Det er disse utfordringen som Big Data forsøker å adressere for å skape verdi fra virkelig store mengder digitale data. OECD påpeker i rapporten *Data-Driven Innovation, Big Data for Growth and Well-Being*²¹ at både offentlige så vel som private virksomheter må ta innover seg mulighetene som data gir for endring til det bedre. EU kommisjonen ser for seg at vi er på vei over i en datadrevet økonomi²².

Mange bedrifter vet lite om eller mangler helt kompetanse for hvordan denne typen data skal håndteres og bearbeides. Ofte kan behovet være å finne sammenhenger i dataene som det ikke ville vært mulig eller lett å finne i små statiske datamengder. Med kompetanse og egnede verktøy kan bedrifter endre hvordan oppgaver og prosesser utføres. Det kan være å gå fra en mer tradisjonell prosess til å arbeide mer inkrementelt og iterativt fordi en har raske tilbakeføringsløyper av data. I prosesser som er kritiske på tid, kost og kvalitet kan det være å foretrekke for å redusere risiko. Data kan også brukes langt mer aktivt og interaktivt i konstruksjon, for eksempel tilstandsdata fra maskiner som levetid, bruk, slitasje og vedlikeholdsbehov gir direkte kunnskap som kan benyttes i design av neste generasjon maskiner.

Big Data handler om å gjøre datafangst langs hele verdikjeden og livsløpet for et produkt eller system slik at dataene er til nytte for andre. En slik tilnærming gir produsentene og leverandørene av produkter og systemer adgang til en større del av verdikjeden og de får kunnskap om bruken av produktet og miljøet det er plassert i. Denne kunnskapen vil kunne benyttes for å utvikle virksomheten og oppnå konkurransefortrinn gjennom følgende eksempler på transformasjoner:

- Kontinuerlig læring gjennom hele produktets levetid
- Nye måter for å samle inn forretningskritisk informasjon
- Bygge nye tjenester basert på data til nytte for kunden og brukeren
- Dra nytte av å kunne oppdatere programvare uten eller med sterkt redusert antall produksjonsstans
- Innføre sømløst vedlikehold basert på tilstandsdata i sann tid
- Kan gå fra å være produsent presset på pris og marginer, til systemleverandør av en tjeneste.

Et enkelt eksempel på en slik transformasjon er Nike Fuelband, som er et armbånd for registrering av treningsaktivitet som brukes sammen med en iPhone. Den samler inn data når brukeren jogger eller er i annen fysisk aktivitet og tillater lagring via skytjenester. Siden de treningsaktive er en spesifikk målgruppe for Nike som brand, kan Nike ut i fra metadata om denne gruppen sørge for produktplassering og spesifikk reklame rettet mot akkurat denne målgruppen.

Utnyttelse av Big Data representerer meget betydelige verdiskapningsmuligheter, noe som kommer fram fra ulike analysemiljøers anslag i tabellen på neste side.

Sectors/Domains	Big Data Value	Source
Public administration	EUR 150 billion to EUR 300 billion in new value (Considering EU 23 larger governments)	OECD ³ , 2013
Healthcare & Social Care	EUR 90 billion considering only the reduction of national healthcare expenditure in the EU	McKinsey Global Institute ⁴ , 2011
Utilities	Reduce CO2 emissions by more than 2 gigatonnes, equivalent to EUR 79 billion (Global figure)	OECD ⁶ , 2013
Transport and logistics	USD 500 billion in value worldwide in the form of time and fuel savings, or 380 megatonnes of CO2 emissions saved	OECD ⁶ , 2013
Retail & Trade	60% potential increase in retailers' operating margins possible with Big Data	McKinsey Global Institute ² , 2011
Geospatial	USD 800 billion in revenue to service providers and value to consumer and business end users	McKinsey Global Institute ² , 2011
Applications & Services	USD 51 billion worldwide directly associated to Big Data market (Services and applications)	Various ^{5,6}

Kilde : European Big Data Value Partnership Strategic Research and Innovation Agenda

Big Data kan karakteriseres langs fire ortogonale akser: datamengde (*volume*), endringstakt (*velocity*), mangfold av formater (*variety*) og pålitelighet (*veracity*). Siden mange virksomheter nå satser på Big Data teknologier er det også viktig at data gir verdi (*value*). Dette er de fem Vene som er karakteristiske for å forstå feltet og hvilke utfordringer Big Data utgjør for den enkelte bruker eller virksomhet:

- **Volume**; Big Data er tradisjonelt store lagrede datamengder (*data in rest*), og i dag snakker vi om terabytes, petabytes, exabytes, osv som er størrelser vi har vanskelig for å fatte omfanget av.
- **Velocity**; Endringstakten er viktig for mange nyere anvendelser, og omtales gjerne som *data in motion*, med betydelige datamengder per tidsenhet, ikke nødvendig bare i totalvolum.
- **Variety**; Big Data kommer i mange varianter og kan være heterogene av natur både i form av kilde, format og nødvendige transformasjoner av metadata. Det er relativt komplekst og utfordrende å harmonisere data av ulik opprinnelse og på ulikt format.
- **Veracity**; Big Data hviler også på det faktum at for å kunne gi verdi må man kunne fastslå i hvilken grad dataene er pålitelige; korrekte og presise, fullstendige og inngi tillit.
- **Value**; Big Data skal gi verdi for brukerne, og det er det viktigste overordnede målet med forskning og innovasjon på Big Data både på prosesser (verdikjeder) og teknologi.

Det krever relativt omfattende innsats for å kunne dra nytte av de voksende datamengdene i ulike formater og med usikker pålitelighet. Det er derfor et stort marked for metoder og verktøy som klarer å organisere dataene og trekke ut de viktigste delene av disse slik at de blir tilgjengelig i kompakt form, slik at man kan kjøre analyser på dataene for å trekke ut verdien, og ikke minst presentere eller visualisere denne verdien på en brukervennlig måte.

Kjernen i det å kunne hente ut verdien av dataene ligger i å ha metoder og verktøy for å analysere og visualisere, det som omtales som *deep data analytics*. Dette omfatter metoder for semantisk analyse av data, validering pålitelighet og troverdighet av innhold, data og kilder, analyse av rammeverk og bedre statistiske og matematiske metoder og algoritmer for prosessering av data med skalering av regnekraft for optimale beregninger og forretningsanalyse²³. *Deep learning* teknikker og *graph mining* teknikker anvendt på store grafer med heterogene data og datastrømmer (*data in motion*) åpner opp for helt nye muligheter for prediktive og preskriptive analyser.

Vi skal ikke gå i dybden her, men ønsker å gå noe mer i detalj på en gruppe av analyseteknikkene som kalles **deep machine learning** som er utbredt og vil bli mer utbredt i tiden fremover. Dette er i hovedsak et sett med matematiske metoder som er gyldige så lenge de er "opplært" med de riktige dataene. Disse metodene er

blitt betydelig bedre de siste årene, og i hovedsak på grunn av to ting; de brukes på stadig større datamengder og man er blitt flinkere til å organisere modellene slik at de definerer ulike abstraksjonsnivåer. Man kan også i stor grad programmere inn forhåndskunnskap i modellene. Modellene kan nå håndtere mye større datamengder enn et menneske kan håndtere på grunn av den predefinerte programmerte intelligensen. Modellene kan gradvis tilpasse seg definerte prosesser etter hvert som mer data blir tilgjengelig, men det er viktig å være klar over at de fortsatt ikke kan håndtere helt uforutsette hendelser utenfor det domenet de er tilpasset for.

Det viktigste med disse analysemetodene er at de er meget kraftfulle verktøy for den som forstår å utnytte dem til å organisere og håndtere store mengder data. Det vil gi muligheter og fortrinn for de i næringslivet og arbeidslivet som klarer å trekke ut kunnskapen fra Big Data og forvandle kunnskapen til reell innsikt i hvordan forretningsmodeller, tjenester og verdikjeder kan organiseres.

Apple's talebaserte personlige assistent SIRI er bygget på tilgang til store datamengder som prosesseres med nettopp deep machine learning ²⁴.

Frivillig deling av data mellom brukere kan også støtte opp under nye måter å fremskaffe ny kunnskap – såkalt "**citizen science**". Her går brukerne sammen om å skaffe til veie informasjon som kan utnyttes til felles forskning.

Et eksempel på "citizen science" er artsdatabanken (www.artsobservasjoner.no) hvor hvem som helst kan dokumentere observasjoner av ulike arter i naturen slik at man kan få en mer fullstendig oversikt over for eksempel rødlistede arters utbredelse. Til nå er det registrert 13 millioner observasjoner i denne databanken.

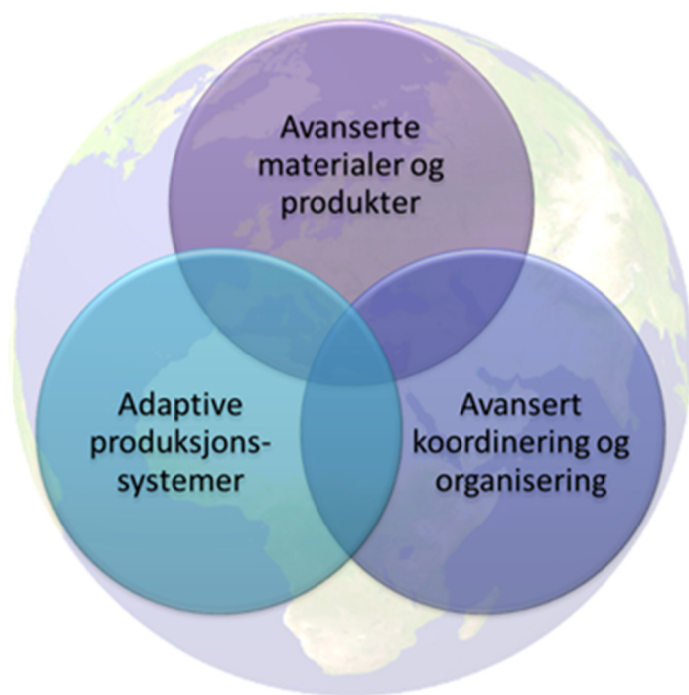
Et annet eksempel på "citizen science" er National Geographics prosjekt Genographics (<https://genographic.nationalgeographic.com/>) hvor mer enn 700.000 brukere over hele verden har bidratt med DNA-prøver for å finne ut mer om menneskenes forhistorie og utvikling som art. Innen dette feltet er forskningsfronten til en viss grad faktisk drevet av amatører som på grunn av tilgangen til store mengder frivillig deler data og ligger foran forskerne innen feltet.

3.2.5 Fremtidens fabrikker

Konkurranseskraft er et integrert samspill mellom:

- **Avanserte materialer og produkter;** anvendelse og utnyttelse av muliggjørende nøkkelteknologier er kjernen i mange innovative og avanserte produkter. De er nyskapende i form av nye materialkombinasjoner (additive, kompositt, joining), kompetansetunge og har innebygd tjenester.
- **Adaptive produksjonssystemer:** Adaptiv og additiv produksjon; masseprodusert skreddersøm, engineering-to-order, avansert bruk av IKT, økt digitalisert og visualisert informasjon og kommunikasjon, automatisert og robotisert
- **Avansert koordinering og organisering:** Menneskesentrerte arbeidssystemer, fleksibilitet, medarbeiderdrevet innovasjon, helhetlig, ansvarlig og fokusert på grensesnittet mellom manuelle operasjoner og automatisering, smart organisering som evner å utnytte produksjonsteknologiene.

Fremtidig konkurranseskraft ligger i evnen til å utnytte teknologien og det teknologiske systemet gjennom et avansert samspill mellom individuell og teambasert kunnskap, teknologi og ledelse.



Figur 4 Konkurranseskraft som et integrert samspill [Knutstad, SINTEF]

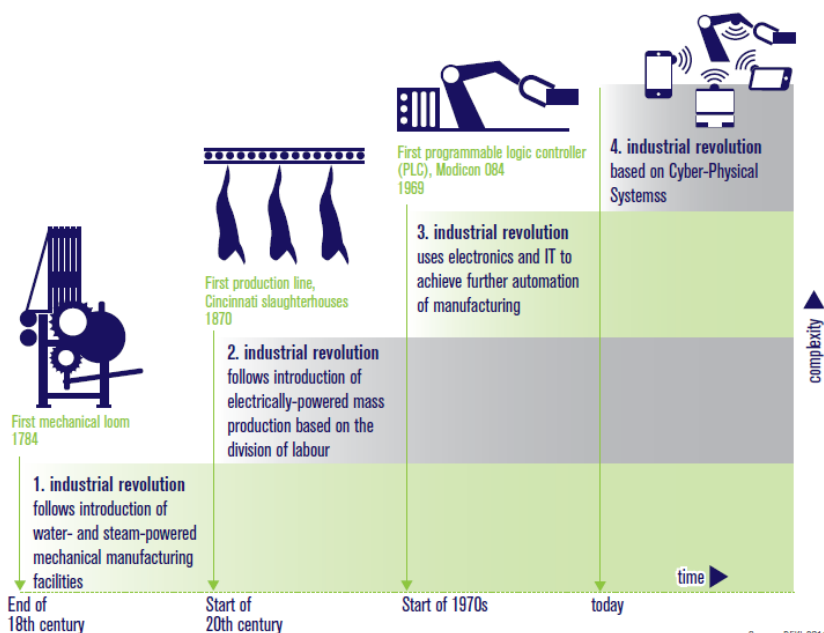
Vi står ovenfor et paradigmeskifte innen industriell produksjon. Muliggjørende teknologier og økt digitalisering tillater helt nye måter å tenke produksjon på. Noen av driverne i denne utviklingen er:

- Roboter blir billigere for hvert år => Større grad av automatisering i nye settinger
- Industri-operatørroller blir vesentlig mer kompetanseintensive. Lave lønninger er i seg selv ikke lengre en avgjørende faktor alene for etablering ute i verden
- Nærhet til markedet blir viktigere for forretningsmodeller basert på distribuert produksjon
- Trykket på grønn produksjon og mindre fotavtrykk er økende

I Tysklands nasjonale høyteknologistrategi kalles det nye paradigmet Industrie 4.0 [Industrie2014]²⁵. Det er tuftet på Cyber-Physical Systems bygget på toppen av Embedded Systems teknologi, men også en sterk kobling mellom mennesker og maskiner i produksjon slik at man kan takle den kompleksiteten og

fleksibiliteten som er nødvendig i fremtidig produksjon hvor endringshastigheten og omstillingsevnen må øke.

Figure 1:
The four stages of
the Industrial Revolution



Industrie 4.0

Figur 5 Industrie 4.0 [Industrie2014]

Også USA, EU og land som Nederland (Smart Industry ²⁶) og Sverige (Made in Sweden 2030 ²⁷) har utarbeidet sine manufacturing-strategier som setter tydelig retning og gir klare anbefalinger. Felles for disse satsingene og strategiene er at de i høy grad er knyttet til sterke globale endringer og trender.

Vi står overfor en ny bølge med industri - Hvordan ser fremtidens fabrikk ut?

- Adaptiv og smart produksjon
- Avanserte produksjonsprosesser
- Digitale virtuelle fabrikker – modeller for hele fabrikk og vareflyten
- Ressurseffektivitet og materialutnyttelse i fokus
- Nettverk med fleksible produksjonsenheter
- Miljøvennlig produksjon
- Menneskeorientert produksjon
- Kundefokusert produksjon
- Distribuert produksjon

Til tross for avanserte tekniske beskrivelser av produkter, prosesser og planer for økonomisk verdiskaping, er utfordringen ofte at høyteknologiske bedrifter legger for lite vekt på den konkurransekraften som arbeidsstyrken og organiseringen utgjør. Bedriftene står fortsatt overfor store utfordringer i sine anstrengelser med gjensidig å utvikle det teknologiske systemet og de menneskelige ressursene i organisasjonen. De nye operatørrollene og deres samhandling vil kreve nye former for interaksjon mellom mennesker og maskiner.

Evnen til å betjene komplekse produksjonssystemer er i dag ikke proporsjonal med mengden tilgjengelig informasjon. En mindre arbeidsintensiv produksjon er en forutsetning for lønnsom vareproduksjon i høykostland. Det er derfor viktig å tilgjengeliggjøre informasjon for arbeideren slik at denne er i stand til å

tilpasse seg stadig nye produkter, oppgaver og prosesser, samt innhente informasjon fra arbeideren og prosesser slik at man kontinuerlig forbedrer seg.

Gjennom avansert fabrikasjon og evnen til å utnytte muliggjørende teknologier vil fremtiden ligge i det vi betegner som **smart fabrikk**. I et integrert samspill må elementene i smart fabrikk ha evne til kontinuerlig utvikling og omstilling, og i tillegg skape tverrfaglige rom som øker innovasjonstakten.

Et meget godt eksempel på en vellykket transformasjon er Siemens fabrikk for elektronikkproduksjon i Amberg, der det produseres "Programmable logic controls (PLC'er)", som er styringssystemer for alt fra fabrikkprosesser til skiheiser og cruiseskip²⁸. Gjennom å utnytte mulighetene til avansert kommunikasjon mellom produkt, produksjonsutstyr og kontrollsystemer i fabrikk er nå 75 % av verdikjeden håndtert av maskiner og datamaskiner. Produksjonen er åttedoblet og produksjonskvaliteten er 99,9988 %. Denne transformasjonen er gjennomført uten tap av arbeidskraft. Antallet ansatte det samme som før endringen, men arbeidstakernes rolle er nå i hovedsak knyttet til løpende forbedring og kontroll av prosessen, fremfor å utføre produksjonsoppgaver.



Figur 6 Tradisjonelle industriroboter er buret inn for sikkerhet, mens de nye industrirobotene tillater samarbeid med mennesker (Foto: Shutterstock & SINTEF)

3.2.6 3D printing & lagvis produksjon

3D printing er en datastyrt prosess hvor man fra en råvare i form av tråd, pulver eller væske lagvis skriver ut et 3-dimensjonalt produkt. 3D printing var tidligere i hovedsak et verktøy for rask design og "rapid prototyping" for produktdesignere, men gjør nå sitt inntog i fleksibel, distribuert produksjonsform. Man har til nå byttet bort mekaniske egenskaper ved det endelige produktet mot å kunne gjøre raske iterasjoner på form/design.



Figur 7 Med 3D printing bygger man opp et produkt lagvis fra bunnen av [Foto: Shutterstock].

Sterke kommersielle krefter jobber i dag med å utvikle 3D printere for forbrukere og allerede i dag kan man kjøpe en 3D printer til under 10.000 kroner i elektrobutikken. På samme måte som blekk- eller laserskrivere tillater brukeren å skrive ut sin egen tekst i stedet for å sende den til et trykkeri, produserer 3D printere fysiske deler (i dag stort sett i plast) hos eller nær den enkelte forbruker, og ikke i en fabrikk langt unna. Målet på sikt er at slikt utstyr skal gi bedre kvalitet og mer fleksibel produksjon til en lavere initialkostnad enn hva man tradisjonelt får til. Produksjonen kan flyttes fra store sentrale fabrikker til lokale verksteder og videre inn i de tusen hjem. Dette endrer vareflyten ved at produksjon flyttes nærmere konsumentene og åpner et stort marked for tjenester rundt produksjon.

En mulig **forretningsmodell** rundt 3D printere kan være bygget på samme prinsipp som for laserskrivere, med billige 3D printere og relativt dyre materialpatroner til bruk i 3D printerne slik at den som lager selve 3D printeren får faste fremtidige inntekter fra salg av materialene. En slik forretningsmodell endrer verdikjeden ved å ta kontroll over materialkjeden. Denne forretningsmodellen er avhengig av at forbruker faktisk har bruk for produktene som blir printet på 3D printerne. Ved å legge til 3D scanning med høy nøyaktighet vil man også kunne lage 3D kopimaskiner.

Dersom en bedrift i dag trenger en spesialtilpasset plastdel til småserieproduksjon, så kan de lete i en katalog etter en del som passer deres spesifikasjoner og må sannsynligvis akseptere at denne ikke helt stemmer med de formfaktorene de skulle ønsket. Det kan være lang bestillingstid på delen fra et lager. Alternativet er å lage en dyr støpeform og produsere en spesialtilpasset plastdel som har akkurat den formfaktoren bedriften ønsket. Dette er ofte både tid- og kapitalkrevende, men delen kan tilpasses perfekt til produktet.

Med 3D printing kan bedriften selv tegne en nøyaktig 3D modell av delen. De kan printe det antallet deler de trenger til sin produksjon på en 3D printer hos en tjenesteyter i nærheten. De kan teste ut formfaktor og brukervennlighet hos sine sluttbrukere og gjøre raske iterasjoner på design. Hvis det senere viser seg at de må tilpasse samme produkt til en ny kunde som har litt andre krav til formfaktor, er det gjort i løpet av noen få timer å få frem en ny del. Bedriften slipper nye kapitalkostnader til et nytt støpeverktøy og kunden blir fornøyd. Det eneste som skal til for at dette scenarioet er gyldig er at kvaliteten på 3D printing blir god nok. **Verdikjeden har nesten helt gått fra å være fysisk til å bli digital.**

Det vil sannsynligvis oppstå **digitale tjenester** rundt 3D printere hvor man kan kjøpe og laste ned 3D modeller av ulike produkter. Her finnes det muligheter for å skape digitale distribusjonskjeder for digitale produkter med de kostnadsreduksjoner dette medfører for forbrukerne. I Norden har man vært tidlig ute med slike digitale distribusjonsmodeller, for eksempel for musikk. Det vil også være mulig å bygge sosiale nettverk og apper rundt denne produksjonsformen. 3D printing muliggjør kundetilpasset masseproduksjon.

Bedriften som eier 3D printeren har mange krevende kunder som sender inn sine 3D modeller for printing. Bedriften foreslår for kundene å tilby tjenester basert på disse 3D modellene til alle sine kunder mot en lisensavgift til den kunden som opprinnelig lagde 3D modellen. Som et eksempel kan tjenestene innebære at 3D modellene endres mot en kostnad. Et slikt økosystem kan for den enkelte bedrift gi mer effektive prosesser og lavere kostnader ved å redusere konstruksjonstid på generelle deler og rette oppmerksomheten mot verdiøkningen i egen bedrift og sine spesialtilpassede behov. **Det er bygget et tjenestebasert økosystem på toppen av en digital verdikjede.**

3D printere for plastmaterialer er en teknologi for lagvis produksjon. **Lagvis produksjon** skjer ved at man legger lag på lag av et eller flere materialer for å bygge opp et produkt fra bunnen av. Dette gjøres allerede i dag med **keramer, kompositter og metaller** med mange ulike produksjonsmetoder. Dette er et **paradigmeskifte** da man ikke fjerner materiale for å bygge produktet, slik som for eksempel ved tradisjonell fresing. Hovedfordelen med lagvis produksjon av metaller er igjen den fleksibiliteten man har med produksjonsutstyret, man har generelt produksjonsutstyr for mange geometrisk ulike produkter på samme måte som med CNC-maskiner¹, men med en mye høyere materialutnyttelsesgrad. Dermed oppnår man mer miljøvennlig produksjon.

I dag tar mange bilprodusenter ut en ekstra gevinst i ettermarkedet ved at de har kontroll på originaldeler som trengs som reservedeler til bilen. Verkstedet er derfor prisgitt deler fra produsenten. Deler som ikke er sikkerhetskritiske vil nok ganske snart bli produsert on-demand ved at verkstedet har en 3D-printer som produserer disse delene on-demand. Slik kan man spare store kostnader på lagerhold og frakt da delene kan produseres på stedet. Kunden får en raskere reparasjon siden man ikke må forhåndsbestille deler.

Lagvis produksjon åpner også for produksjon av mer **kompliserte geometrier** for å gjøre produkter lettere eller for å gi produktet andre egenskapet som for eksempel bedre støtabsorpsjon eller kjøleledningsevne. I tillegg åpner lagvis produksjon for at man legger inn ny funksjonalitet for eksempel i kompositt-materialer eller ved integrasjon av sensorer. Dette er spesialisert produksjon hvor kunden kan være villig til å betale

¹ Datamaskin styrtproduksjonsutstyr, som brukes for eksempel til fresing, boring eller sveising, typisk i mekaniske verksteder.

mer for produktet på grunn av ekstra funksjonalitet. Her har Norge et fortrinn med sin gode kompetanse på både komposittmaterialer og metallurgi. Det er trolig kostbare metaller som titan og/eller formbare metaller som aluminium som berøres først. Et viktig argument kan være redusert lagerhold av store og tunge verktøy, samt den fleksibiliteten som tilbys i produksjonen.

Et eksempel på kompliserte geometrier er ortopediske deler som med lagvis produksjon kan lages med en struktur av hulrom som tillater beinet å gro bedre fast i protesen. Bedre proteser vil spare samfunnet for store kostnader ved et bedre resultat ved operasjoner hvor man setter inn kunstige ledd.

Det er viktig å forstå at lagvis produksjon **ikke** vil erstatte storskala automatisert masseproduksjon da man ikke kan konkurrere på pris og kvalitet i massemarked.

- Lagvis produksjon tillater fleksibel småskalaproduksjon til en lavere kapitalkostnad.
- Rask omstillingstakt tillater fleksibel produksjon.
- Kan produsere mange flere varianter av et produkt med samme maskin.
- Produkter med større kompleksitet og ny funksjonalitet.

Teknologiske endringer	Verdikjedebetraktninger
<ul style="list-style-type: none"> • Materialeffektiv produksjon • Energieffektiv produksjon • Mer miljøvennlig produksjon • Fleksibel produksjon • Rask omstillingstid • Verktøyløs produksjon • Mer komplisert geometri • Ny funksjonalitet 	<ul style="list-style-type: none"> • Potensielt lav kapitalkostnad • Egnet for små produksjonsserier • Kundetilpassede produkter • Produksjon etter behov • Redusert logistikk/lagerhold (reservedeler) • Endret materialflyt • Digitale produkter (3D modeller) • Digitale tjenester • Nye distribusjonsmodeller

Noen utfordringer ved lagvis produksjon som må løses er overflatekvaliteten som er for dårlig sammenliknet med sprøytstøping og for å få innpass i forbrukerprodukter så må de kunne leveres med en høyglanset "finish" og utvalget av farger må utvides²⁹. Det er forventninger til at lagvis produksjon kan åpne nye anvendelsesområder i tiden fremover men det er særlig i kombinasjon med maskinering hvor man ser for seg at 3-D printing og lagvis produksjon kan ta steget fra nisseapplikasjoner til innpass på massemarkeder.

Et eksempel er Alcoa som har investert 60 M\$ i et senter dedikert til lagvis produksjon og hvor en hybrid prosess som kombinerer additive og tradisjonelle metoder er en sentral del av satsingen³⁰. En slik hybrid prosess starter med en del som først produseres ved hjelp av 3-D printer og senere benytter tradisjonelle metoder som fresing, etsing eller temperaturbehandling for å forsterke egenskapene til komponenten. Dermed kombinerer man designfrihet og sparer materiale gjennom å 3-D printe nesten hele komponenten men samtidig kan man gjøre komponenten robust gjennom å fullføre den med tradisjonelle metoder

Europa ligger i front når det gjelder anvendelser av lagvis produksjon i industrielle prosesser, men USA investerer 70 M\$ på NAMII initiativet for å ta inn forspranget. Lagvis produksjon brukes i dag i begrenset grad i industrien, men for noen anvendelsesområder vokser markedet raskt. Fokus er mer på tilpasningsdyktighet og smidighet, snarere enn hurtighet. Lagvis produksjon vil ikke passe for alle områder, men er spesielt egnet for små serier med komplekse og tilpassede komponenter. Det er viktig å ikke overselge mulighetene ved lagvis produksjon, men ha et realistisk syn på potensialet for norsk næringsliv.

Lagvis produksjon kan gi en rekke fordeler [AMSRA2014] ³¹:

- **CAD-til-komponent:** Direkte konvertering av en 3D tegning til en fysisk komponent
- **Design for tilpasning:** Komponenter kan skreddersys i større grad enn ved konvensjonell produksjon, uten ekstra produksjonskostnader (for eks. verktøy)
- **Design for funksjon:** Komponenter får ny funksjonalitet da man står friere med hensyn på design.
- **Design for lettvektstrukturer:** Nyskapende design og fleksibel produksjon muliggjør produksjon av lettvektstrukturer. For eks. komponenter med innebygde hulrom eller gitterstrukturer som beholder strukturell styrke men med redusert vekt
- **(Nær) Netto form produksjon:** Direkte produksjon av komponenter med minimalt behov for ytterligere behandling
- **Materialutnyttelse:** Man har potensiale for å nærme seg full materialutnyttelse. Restråmateriale kan også konverteres tilbake til råmateriale, klart for gjenbruk
- **Mindre forurensning:** Teknikker som ikke bruker giftige kjemikaler direkte i prosessen. Dette er en direkte fordel sammenliknet med tradisjonell maskinering
- **Redusert tid til marked:** Muligheten til å konsolidere flere maskineringstrinn til en integrert prosess, vil redusere den samlede produksjonstiden

3D-printing muliggjør rask og kostnadseffektiv produksjon av testprodukter som kan avdekke kunde-preferanser, feil og forbedringsbehov underveis i en design og produktutviklingsprosess.

Det er to hovedmarkeder som nå vokser. Det ene er industri/produksjonsmarkedet; som innbefatter helse (ortopediske implantater), tannhelse, romfart, bilindustri og kraftgenerering. Det andre er forbrukermarkedet; forbruksartikler, mote og underholdning [AMSRA2014]. Det er det førstnevnte markedet som vi tror vil ha størst effekt for Norge. Det er liten produksjon av husholdningsartikler, sportsutstyr, leker og spill i Norge. Kunst og håndverk kan være en nisjebransje som påvirkes (positivt) ved muligheten av å lage små serier til lavere kostnad (skreddersøm).

3.3 Nye produkter og forretningsmodeller

3.3.1 Digitale varer og tjenester

Digital distribusjon av digitale varer er et paradigmeskifte som allerede har slått inn på en rekke områder. Når et produkt kan digitaliseres, så er det svært liten kostnad for å distribuere den. Det gjelder i dag produkter som musikk, filmer, informasjon, kart, lovverk, leksikon, tegninger, fakturaer, apper, programvare, spill, sosiale nettverk og bøker.

Musikk er det tydeligste eksempelet på en verdikjede som er endret fra det tradisjonelle fysiske produktet LP- eller DVD-plate som ble produsert og distribuert av et plateselskap og solgt i en butikk til en digital fil som artisten selv kan produsere og distribuere via en strømmetjeneste til forbruker, som kun leier musikken. Den tradisjonelle platebutikken er snart historie og det er et åpent spørsmål om plateselskapene vil overleve de nye innovasjonene som kommer. Strømmetjenestene har gjort det enklere for alle artister å nå ut til et stort publikum, men utfordrer også hele fortjenestemodellen for artisten. Til gjengjeld kan artistene i prinsippet få sanntids informasjon om hvor sangene de har laget er populære og spilles for øyeblikket og dermed tilpasse konserter etter sin popularitet i ulike markedssegmenter³². Artisten med de digitale verktøyene har en fordel fremfor andre artister.

Det finnes en del utfordringer med digitale varer. Spesielt innen det profesjonelle markedet der de digitale varene er komplekse. 3D modeller er et av disse områdene. Her er det utfordringer med at for eksempel 3D modeller kan ha mange ulike representasjoner avhengig av hvilken bruk 3D modellen har. Det finnes ofte en designmodell, en beregningsmodell, en scannet modell osv. Det er viktig å finne representasjoner som kan fungere gjennom hele denne verdikjeden for å gjøre den til en velegnet digital handelsvare.

Digitale tjenester åpner også for en **delingsøkonomi** hvor man kan dele på ressurser, som ledige rom, hytter, biler, spesialverktøy og lignende gjennom en digital tjeneste.

Et eksempel er at under fotball VM i Brasil i 2014 sto formidlingstjenesten Airbnb for utleie av rom til 120.000 personer, og de brasilianske utleierne tjente rundt \$ 38 millioner³³.

Digitale tjenester basert på digitalisert informasjon spiller en stor rolle innen mange profesjonelle bransjer. Det å utnytte informasjonen på en hensiktsmessig måte for å tilby nye tjenester eller kvalitet på tjenestene. Enhver bedriftsleder med digital kompetanse bør tenke på hvordan de kan utnytte digital informasjon til nye og forbedre tjenester. Tjenestebaserte virksomheter er beskrevet grundigere i neste seksjon.

Lovdata og kartdata er eksempler på datasamlinger som gir store muligheter for å utvikle tjenester. Det er helt åpenlyst at en advokat med digital tilgang til lover, forskrifter og tidligere dommer kan gjøre en bedre og mer effektiv jobb for sin klient enn en advokat som må lete manuelt etter tilsvarende informasjon. Neste trinn på stigen er å forbedre søkeverktøyene og automatisere så mye som mulig av prosessen for å forberede seg til en rettssak. Det vil åpenlyst endre hverdagen for både advokatsekretærer og advokater, men også muliggjøre større grad av selvhjelp blant klienter, dersom leverandører legger informasjonen til rette for dem.

En fundamental utfordring for en del industrier er hvordan man kan **gjøre reelle fysiske produkter om til digitale handelsvarer eller digitale tjenester**. Det er nettopp dette man prøver å oppnå innen for eksempel 3D printing eller transformasjoner til tjenestebasert virksomhet. For 3D printing er det kun råmaterialet og produksjonsmiddelet som må distribueres fysisk, ikke selve det fysiske produktet. Det tillater **distribuert produksjon**. For tjenestebaserte virksomheter endrer man også forretningsmodell og verdikjeden, ved å handle med produktet som en tjeneste og ikke et produkt. Det er i begge tilfeller tjenestene rundt produktet som digitaliseres og man kan rasjonalisere bort ledd i verdikjeden.

I dag består mange verdikjeder av produsent – importør – distributør – detaljhandel. Avhengig av hva slags produkter vi snakker om, kan vi fjerne et eller flere av de tre siste leddene. Netthandel utgjør allerede en stor utfordring for detaljhandelen. Man kan ha effektivt lagerhold hos distributør og logistikk direkte fra distributørleddet til kunden uten å gå via det fordyrende detaljistleddet.

3.3.2 Tjenestebaserte virksomheter

Transformasjon til mer tjenestebaserte virksomheter handler delvis om ikke å se på et produkt som utelukkende en vare, men også utvikle tjenester rundt produktet, slik vi ser det med våre mobiltelefoner og tilhørende tjenester i app-butikken.

Med tjenestebaserte virksomheter kan vi inkludere alle virksomheter der forretningsmodellen er basert på at virksomhetene enten

- produserer og leverer tjenester som den primære varen
- har gått fra å være produktsentrert til å bli tjenestebasert
- kombinerer en produkt- og tjenestetilnærming

En av de vanligste transformasjonene vi ser i dag er å koble produkttilbud med mulighet for verdiøkende tjenester, gjerne inkludert i prisen. I konsumentmarkedet er Apples iTunes et kroneksempel, og slike løsninger er blitt svært utbredt. Produktet kobles med tjenester, men forretningsmodellen er primært at det er produktet som selges, mens tjenestene er en "add on". Et annet eksempel er armbåndsur fra Garmin³⁴ med en enkel og lett design kombinert med tjenester som skritteller, notifikasjoner for epost, sms, avtaler, kaloriforbruk og monitorering av søvn. Dette produktet er koblet til internett og med andre tjenester (typisk apper), som for eksempel datalagring og datadeling i skyen, kobling til "likesinnede" nettsamfunn og visualisering av siste natts søvnrhythme.

I eksisterende tjenesteytende næringer som helse og velvære, transport og logistikk, telekom, underholdning, bank, finans, er digitalisering og automatisering sterkt økende. Enkelte av disse næringene har allerede vært teknologisk avanserte i årtier, mens for andre er det nye og relativt enkle, men effektfulle løsninger som gir gevinst, for eksempel å bestille en legetime på nettet og få automatisk bekreftet bestillingen. Neste generasjon av endringer innen tjenesteytende næringer er å sette kunden i sentrum og tilby løsninger for god samhandling. Tjenesteinnovasjon vil da handle om kundens *brukeropplevelser* gjennom å evne å transformere virksomheten til å bli mer *kundesentrisk*. Flere norske selskaper som Telenor³⁵, Posten³⁶ og DNB³⁷ har allerede med i sine overordnede føringer og strategier at dette er mål for virksomheten.

Et eksempel på en mer fundamental transformasjon er Rolls-Royce som har endret hele forretningsmodellen for flymotorer og selger ikke lengre disse som produkter, men de selger langtidskontrakter i form av utleie av flymotorer og tjenester for reparasjon og vedlikehold av disse, også kjent som *Power by the hour*³⁸. Dette er et kjent eksempel av såkalt *servitization*³⁹.

Denne typen transformasjoner vil fortsette i enda større grad ved hjelp av programvare-baserte tjenester og digitalisering over internett⁴⁰ og når industrielle beslutningstakere ser det potensiale som ligger i muliggjørende teknologi for å transformere på denne måten. Mens varer tenderer til å bli generiske over tid synes tjenester å være et område hvor bedrifter kan differensiere seg og ta bedre betalt, og bevege seg oppover i verdikjeden. Dessuten har vi allerede i dag en stor tjenesteytende sektor som også må innovere og digitalisere sin virksomhet.

Teknologi er en vesentlig driver av innovasjon, og spesielt økt automatisering og digitalisering gir i sum grunnlag for en eksplosjon i data knyttet til kunders liv og hverdag. En vesentlig forutsetning for å utnytte denne informasjonen for å utvikle nye tjenester er at bedriftene klarer å kapre og gjøre bruk av dataene for å skape innsiktsbaserte og fremtidige innovasjoner innen det totale tjenestetilbudet i verdikjeden. Digitalisering gir en kraftig vekst i data om kundene – data som har stor betydning for bedriftenes innovasjoner.

En tendens blant bedrifter er å erstatte mennesker med maskiner, teknologi, algoritmer, eller roboter. Men det er data som er grunnlaget for informasjon, kunnskap og innsikt, og dermed legger grunnlaget for mange innovasjoner. Det er innsikt om kunders nåværende og fremtidige behov og markeders utviklingstrekk og endringer som er viktig. Et konkurransefortrinn er i hvilken grad bedrifter har evnen til å omsette store datamengder til relevant innsikt, og dernest til innovasjonsprosesser som skaper økt kunde verdi. Et annet fortrinn er bedrifters evne til å overvåke hvordan teknologien utvikler og endrer seg som grunnlag for ulike datafangster, for eksempel ved hjelp av Internet of Things.

Forskning ved Center for Service Innovation ([CSI](#)²) ledet av Norges Handelshøyskole, har vist at bedriftene må fokusere på

- Innovasjon i forretningsmodeller
- Ledelse av transformasjon
- Service design og kundeopplevelser
- Innovasjonsøkonomi

Før vi går enkeltvis inn på disse fire områdene er det interessant å bemerke at teknologien er helt essensiell for å få til slike endringer. I for eksempel banksektoren, som fra kundens ståsted har endret seg fundamentalt over de siste 10-20 årene, har det mer eller mindre vært teknologi-drevne transformasjoner:

- Forretningsmodellen er nå å betjene kunder 24-7 over nett.
- Ledelsen har sett mulighetene i å effektivisere og kutte kostnader - kundene gjør jobben hvor og når de selv vil.
- Tjenestene som lages må være enkle og brukervennlige for å gi et konkurransefortrinn.
- Det må skapes en endrings- og innovasjonsvilje for hele tiden å tilfredsstille kundenes behov.
- Banken i seg selv har ikke lenger fysiske penger, de finner du i en minibankautomat.

Innovasjon i forretningsmodeller innebærer en endret tankegang rundt tilgang til og bruk av informasjon, fysiske produkter eller tjenester. I motsetning til Rolls-Royce-eksempelet ovenfor, er nye bedrifter som Facebook, Uber og Airbnb basert utelukkende på teknologi, programvare og data om kundene. Disse virksomhetene er basert på helt andre premisser enn å eie aktiva selv. De er langt på vei virtuelle organisasjoner som sammen med andre i et økosystem skaper verdier for kundene. Man trenger med andre ord ikke å eie alle ressurser for å skape verdier for kundene. Gjennom samarbeid kan bedriftene også bli tilført innovasjonskraft.

Ledelse av transformasjon til mer tjenestebaserte virksomheter krever økt oppmerksomhet på den kundesentriske innovative organisasjonskulturen. Målet er ofte at virksomheten skal bli mindre produktorientert og mer kunde- og tjenesteorienterte. Dersom vi introduserer økt digitalisering (ofte gjennom økt automatisering og selv-betjening), økt informasjon om kundene og markedet samt samarbeid med andre bedrifter i et økosystem, kan en rekke nye organisatoriske muligheter oppstå med hensyn til innovasjon. En mulighet og dermed en utfordring også, kan være betydningen av organisasjons-kultur og hvordan man kan utnytte denne på best mulig måte i et digitalisert og virtuelt økosystem. Tilsvarende muligheter og utfordringer er det når bedrifter blir sterkt automatisert. For at virksomheten ikke skal forvitte, krever det mye av ledelsen for at transformasjoner skal skape gode resultater.

En omstilling til mer **service design og kundeopplevelser** er nødvendig for over tid å få til en dynamisk tilpasning av tilbudet til den enkelte kunde. Dynamisk tilpasning kan åpne opp for nye vinklinger på hva en tjeneste i bred forstand er, og videre hvordan denne tjenesten skal designes og utformes for å gi økt kunde verdi. Med økt kunnskap om kundenes atferd, også i sanntid, kan man i større grad eksperimentere

² CSI er et såkalt Senter for forskningsbasert innovasjon under programmet med samme navn i Forskningsrådet, og har nærmere 20 partnere, deriblant SINTEF.

med ulike design av tjenestetilbud. Personalisert kundebetjening fordrer tilpassede leveranser og leveransemodeller – man må utvikle de beste relasjonsbaserte betjeningsmodeller for å gi økt opplevd kunde verdi og lønnsomhet for bedriften.

Innovasjonsøkonomien krever at all innsikt om kundene skal omsettes i løsninger som øker kundetilførte verdier. For bedriften vil dette i praksis merkes på kundenes kjøpsfrekvens, den andel av kundens kjøpekraft man har tilgang til og kundens gjenkjøpsrate. Gjenkjøpsraten har i en rekke studier vist seg svært sentral for ulike kunde-investeringers lønnsomhet [Gupta2005]⁴¹. Økt kundeinnsikt og kunnskap om hvordan endringer i ulike aspekter ved tjenesten oppleves av kunder i ulike bransjer og segmenter, vil gi nyttig informasjon om ulike innovasjoners effekt på gjenkjøpsraten for ulike segmenter før man gjør den faktiske innovasjonsinvesteringen.

3.3.3 Velferdsteknologi

Velferdsteknologi er et nytt forretningssegment der man ved å utnytte ulike nye teknologier kan hjelpe den enkelte til å mestre sin egen hverdag lenger, og dermed utsette behovet for hjelp fra det offentlige⁴². Ved hjelp av teknologi skal den enkelte bruker og deres pårørende oppleve trygghet i hverdagen.

Velferdsteknologi deles gjerne i fire hovedgrupper av løsninger i form av produkter og tjeneseter⁴³.

- **Trygghetsskapende teknologier** som kan skape trygghet og føre til at den enkelte kan bo lenger hjemme og legge til rette for sosial deltakelse og motvirke ensomhet.
- **Mestringsteknologier** som bidrar til at den enkelte kan mestre sin egen helse, spesielt i forbindelse med kroniske sykdommer og lidelser, rehabilitering og opptrening, og vedlikehold av mobilitet.
- **Helseteknologier** som kan gi avansert medisinsk utredning og behandling i hjemmet.
- **Velværeteknologier** som gir økt bevissthet på egen helse og som bistår i praktiske gjøremål i det daglige uten at nedsatt helsetilstand er årsaken til bruk av teknologien.

Fremtidens trygghetsalarm vil bestå av en individuelt tilpasset pakkeløsning av trygghets-, sensor-, smarthus- og varslingsløsninger hvor den manuelt utløste trygghetsalarmen bare er en av mange type sensorer og trygghetsløsninger i pakken, alt kommunisert over internett. Dette legger til rette for sentralisert tilsyn av et stort antall brukere med potensielt færre ressurser. Dette kan være spesielt relevant i grisgrendte strøk i Norge hvor det er lang vei til brukerne og hjemmebesøk er spesielt ressurskrevende. Hjelpebehov kan være trigget av intelligente og kontekststyrte varsler og alarmer.

Velferdsteknologi har kimen i seg til å anvende alle de teknologi- og systemområdene vi har presentert i de foregående seksjonene i denne rapporten. Utfordringen ligger i å skape industri- og næringsvirksomhet som virkelig kan penetrere dette markedet.

Målsetningen er at velferdsteknologien bidrar til innovasjon i helse- og omsorgstjenestene, blant annet ved å:

- muliggjøre nye, mer effektive måter å organisere tjenestene på
- gi nye verktøy for å utføre tjenestene
- forbedre samhandling mellom tjenesteyterne
- lede til bortfall av behov for tjenester som kan dekkes av teknologi

Velferdsteknologi omfatter dermed mye mer enn hver av enkeltteknologiene hjemme hos sluttbruker. Den omhandler **systemløsningene** i helse og omsorg inkludert pasientdokumentasjon, eksisterende systemer for turnusplanlegging og administrasjon av tjenestene, løsningene for samhandling og informasjonsflyt med andre tjenesteytere i sektoren som er involvert i pasientbehandlingen samt den grunnleggende IKT-infrastrukturen.

Velferdsteknologien har klare nytteeffekter i form av:

- Reduksjon av tilsynsbehovet hjemme ved hjelp av elektroniske hjelpemidler.
- Redusere sykehusinnleggelser for kronisk syke ved egenoppfølging hjemme.
- Forebyggende tjenester for å beholde funksjonsfriske eldre.

Det som sannsynligvis har aller størst potensiale til å endre arbeidslivet i helse- og omsorgssektoren er teknologi som kan **forbedre samhandling og informasjonstilgang**. I dag går en stor del av arbeidsdagen til de ansatte med til å lete etter informasjon fra et antall forskjellige kilder, journalnotater, permer, gule lapper, mottatte elektroniske meldinger, telefoner, perm etc. Teknologi kan gi sanntids oppgavestøtte og muliggjøre sømløs samhandling mellom ulike helse-aktører. Bedre informasjonsdeling og intelligent kontekst-avhengig presentasjon betinger at pasientinformasjon struktureres. Slik strukturert informasjon gir bedre kvalitet på informasjonen og er i mindre grad avhengig av korrekt fremstilling i fritekst.

Strukturerte elektroniske pasientjournaler som gir sanntids støtte til arbeidsprosesser etter behov og som følger pasienten vil kunne effektivisere mange ledd i hjemmehjelp, legebehandling og sykehus-innleggelser. Pasientjournalene bør automatisk kobles opp mot "wearables" eller andre analyseinstrumenter for å kunne nyttiggjøre seg de måledataene man kan hente inn. Samtidig må dette gjøres med automatisk tilgangsstyring til personlige data slik at ikke hensynet til personvern blir brutt.



Figur 8 Samlet tilgang til alle data om en pasient kan ha store fordeler i helsevesenet (Foto: Shutterstock).

Personvern er spesielt kritisk i forhold til personkoblede helsedata. Sikkerhet og personvern må derfor bygges inn i systemløsningene fra bunnen av.

Dersom man er avhengig av en pacemaker for at hjertet skal slå og denne pacemakere er koblet på nettet, må man sikre at ingen kan hacke seg inn på pacemakere eller at pacemakere er avhengig av tilgangen til nettet for å fungere skikkelig.

3.3.4 Smarte bygninger, byer og samfunn

I 2050 vil trolig 70 % av verdens befolkning bo i byer [FN2014]⁴⁴. Det legges derfor en betydelig innsats for at verdens byer utvikles til å bli gode steder å bo og arbeide – dette kalles **smarte byer** eller **smarte samfunn**.

En smart by er definert som en by som overvåker og integrerer tilstanden til alle sine kritiske infrastrukturer, inkludert blant annet transport og logistikk, kommunikasjon, helsevesen, kraftforsyning, vannforsyning, tjenesteyting og miljø. Målet med denne integrasjonen er å optimalisere ressursbruken, planlegge vedlikehold, skape trygge byer, samtidig som man maksimaliserer tjenestene for innbyggerne.

Smarte byer handler om å skape velfungerende byer ved å bruke teknologi til å bedre kvaliteten i hverdagen til folk flest. Ved å bruke nøkkelteknologier som materialteknologi og informasjonsteknologi ønsker man å sørge for bedre tjenester til de menneskene som bor i byene. Man ønsker byer hvor man har en mer effektiv infrastruktur som øker utnyttelsen av de ressursene man har ved å bruke digitale teknologier.

Fordi man har oversikt over trafikkflyten basert på data fra mange trafikanter rundt et større sykehus kan man i sanntid planlegge den optimale ruten inn til sykehuset slik at en ambulanse med en hardt skadet pasient ikke blir stående fast i morgenrushet.

Basert på de samme dataene kan man om dirigere køer. Dersom man også har oversikt over ledige parkeringsplasser kan man redusere letingen etter ledige parkeringsplasser i byer. Begge deler kan redusere både tidsbruk og drivstoff-forbruk, noe som både har en økonomisk og miljømessig gevinst.

Basert på dataene om den kritiske infrastrukturen kan man bygge nye forretningsmodeller og tjenester.

Ved hjelp av billige miljøsensorer som syklistene frivillig monterer på syklene sine kan man få sanntidsdata om miljøtilstanden i byen. Sensorene kan gis bort gratis i et prøveprosjekt og som motytelse for å montere en sensor på sykkel kan brukeren få et varsel når det er dårlig luftkvalitet langs den ruten hun vanligvis sykler. Her er det muligheter for å bygge en miljøtjeneste på toppen av den store informasjonsmengden som igjen gir verdifull informasjon til andre brukergrupper som astmatikere og allergikere. Dette er et eksempel på **crowdsourced data**.

Fremtidens bygg vil trolig være mer selvforsynte med fornybar energi. Det vil også være et mål at bygget skal være klimanøytralt og ha minimal miljøbelastning over hele sin levetid. Allerede i dag er det realisert et knippe pilotbygg i Norge som viser at det er mulig å nå disse målene. Målinger og evalueringer viser også godt innneklima og fornøyde brukere.

Det må legges økt vekt på smarte materialer og sensorløsninger som minimerer miljøbelastningen gjennom hele byggets levetid. Dersom man minimaliserer energibruken i nye bygg, står produksjon av materialene som er brukt i bygget for over halvparten av klimagassutslippet over hele byggets levetid. Med smarte materialer ønsker man å tilpasse bygget funksjon til omgivelsene. Et eksempel kan være vindusglass som er laget slik at de slipper gjennom riktig mengde lys- og varmestråling i takt med solinnstrålingen. Eller takplater i solfanger eller solcellematerialer som gjør det mulig å gjøre huset bedre forsynt med strøm.

På sikt ønsker man utslippsnøytrale bygg. Utfordringen i dag er at det er ulike insentiver mellom utbygger og byggets fremtidige eier, mellom kapitalkostnad og driftskostnad. Utbygger ønsker å minimalisere kostnadene ved byggets oppføring eller rehabilitering, mens byggets fremtidige eier (i prinsippet) bør være mer interessert i de samlede kapital- og driftskostnadene.

Hjemmet kan også få et sensornettverk som hjelper deg å tilpasse det energieffektive huset til dine behov. Smart belysning gjør for eksempel at belysningen blir tilpasset dine behov i ulike arbeids- eller underholdningssituasjoner. LED-belysning vil gi muligheter for mye bedre styring av belysningen fordi den uten å påvirke levetiden i mye større grad kan reguleres. LED-belysning tillater til og med kommunikasjon med kodete lyssignaler mellom belysningen og sensorer via den ordinære belysningen i huset. Lys-signalene vil da være kodet på en måte som ikke vil oppdages av det menneskelige øye, men som er lett å dekode for sensorene.

3.3.5 Smart transport og mobilitet

Smart transport og mobilitet handler om å utnytte ressursene effektivt i forhold til forflytning av personer, tjenester og varer, samt det å utvikle tjenester som gjør dette mulig.

Teknologier som i stor grad endrer hvordan vi tenker transport og mobilitet er automatisering og autonomitet. I tillegg kommer støtte for posisjons- og kommunikasjonstjenester, samt ruteplanlegging og optimalisering. Disse går vi ikke spesielt inn på i det følgende.

Autonomitet gir en mulighet for automatisk transport med ubemannede kjøretøy/fartøy eller automatisk persontransport uten menneskelig fører. Med autonomitet mener vi evnen for et transportmiddel til å være selvstyrt og klare seg på egen hånd med hjelp av sensorer, kart og intelligent programmerte datasystemer. Det finnes allerede eksempler på selvstyrte biler, undervannsfarkoster, skip og fly/ droner.

Om 10-20 år kan det være en realitet med førerløse skip som opererer uten mannskap om bord. Teknisk sett er det ikke noe langt sprang fra autopilot til et autonomt skip, men utfordringen ligger på å håndtere de uforutsette hendelsene. Det vil sannsynligvis kreve en annen design av skipene enn de vi har i dag.

Autonome eller semi-autonome løsninger brukes til del i dag, men da i spesielle situasjoner hvor bemannede farkoster ikke er ønskelig. Eksempler på dette er i krigssoner, krisesituasjoner og undervannsoperasjoner.

US Marines har i dag en operatør med ansvar for en eller flere semi-autonome flyvende farkoster per troppeenhet for å kunne undersøke terrenget foran troppen under operasjoner på bakken. Dette endrer grunnleggende hvordan deres militære styrker opererer.

Tall fra USA tyder på autonome flyvende farkoster alene vil stå for 70.000 nye jobber frem til 2017 og skape en økonomisk vekst tilsvarende 13.6 milliarder \$ [AUVSI2013]⁴⁵. Det jobbes hardt med å integrere autonome flyvende farkoster i det nasjonale luftrommet. I USA har man allerede valgt ut 6 stater som teststeder for denne teknologien. Autonome farkoster egner seg spesielt på steder med redusert fremkommelighet, og man slipper dermed kapitalkostnaden med å bygge en infrastruktur.

For å få til smart transport og smarte farkoster som omtalt ovenfor, så trenger vi også velutbygde **posisjons- og kommunikasjonssystemer** i kombinasjon med sanntids ruteplanlegging. Det vil åpne for utvikling av et rikt tjenestetilbud og gi sikrere og mer energiøkonomisk transport.

3.3.6 Smart energi

Smart energi handler om et fleksibelt energisystem som tilpasser seg endringer i fornybar produksjon ved å spille på forbruksfleksibilitet og energilagring. Nye muligheter innen fornybar energiproduksjon krever helt nye måter å organisere energiforsyningen på. Med datateknologi blir dette mulig.

Smart grid er et samlebegrep på fremtidens bærekraftige, elektriske kraftsystem. Strømnettet i Norge ble opprinnelig utbygd med produksjon noen få steder i store kraftverk ofte plassert langt fra forbruker. Det industrielle kraftbehovet ble ofte dekket ved å plassere den kraftkrevende industrien nær energiproduksjonen fordi dette gir den beste lønnsomheten og det minste energitapet. Solcellepaneler, vindmøller og uregulerbar vannkraft koblet til datateknologi for overvåking og styring av strømforbruket hos den enkelte forbruker muliggjør en radikal endring av dette nettet. Man kan produsere energi nærmere forbruker og overskuddsenergien føres ut på nettet og inngår i den øvrige elektrisitetsforsyningen.

Solceller i småskala, for eksempel på taket av en bolig, kan inngå et mye større nett og **private blir både konsumenter og produsenter** i et slikt system. Verdikjedene og forsyningen blir drastisk endret. Med smart grid kan også beslutninger og kontroll bli langt mer distribuert og bli kraftproduksjonens svar på et Cyber-Physical Systems. Vi kan betrakte kraftproduksjon som en smart distribuert og virtuell fabrikk. Koblet til løsninger for smarthus og smarte samfunn kan både privatpersoner og andre tilby helt nye tjenester på toppen av smart grid. En infrastruktur som smart grid krever at det er på plassmåleutstyr som kan kommunisere med en sentral om forbruket i sann tid, utstyr som kan styre strømmen til og fra forbruker/småskalaprodusent, energieffektiv utnyttelse av eksisterende ressurser innen lokale områder, tjenester bygget på toppen av den informasjonen som innhentes om forbruk og produksjon og nye forretningsmodeller for salg av energi

Vi ser også et massivt skift mot å bruke elbiler, hybride biler og eventuelt hydrogenbiler. Slike økte kraftbehov setter også nye krav til strømnettet, særlig i forhold til mobiliteten i forsyningspunktene. Norge har større andel elektriske biler enn noe annet land. Det pågår aktivitet knyttet til flere aspekter, koordinert lading er viktig for å "få plass" til elbilene i kraftnettet. Samtidig representerer bilene "rullende energilagre" som kan lever vehicle to grid (VTG) tjenester.

I smarte byer og samfunn kan man se for seg at smart grid har en organisering med selvforsynte boenheter, bygg eller hele bydeler som mottar eller avgir strøm etter behov.

4 Kjennetegn på fremtidens arbeidsplasser i Norge

Historien har vist at teknologiske endringer har potensial til å endre samfunnet i stor grad. Siden den industrielle revolusjon har store næringer blomstret opp, til fortrenghet for gamle forretningsmodeller og sysselsettingsmønstre. Et eksempel på disruptiv teknologi fra vår tid er hvordan nye prosesser for utvinning av gass og olje av skiferstrukturer har i løpet av noen få år ført til at USA har gått fra å være et land med et stort energiunderskudd, til å bli en netto eksportør av energi og til å erfare en oppblomstring av arbeidsplasser innenfor energiproduksjon og petrokjemisk industri basert på foredling av gassen.

I dette kapittelet behandler vi hvordan de omfattende endringene beskrevet i kapittel 3 kan komme til å forandre det norske samfunnet – på godt og vondt.

I 2014 var det 2.6 millioner mennesker mellom 15 og 74 år sysselsatt i Norge i 2014 [UD2015]. De største næringene i forhold til sysselsetting var

- 20% innen helse og sosial
- 15% innen tjenesteyting av ulike slag
- 13% innen varehandel
- 12% innen industri og bergverk
- 9% innen undervisning
- 9% innen offentlig forvaltning
- 8% innen bygg og anlegg

Vi legger til grunn at alle disse sektorene i noen grad vil bli berørt og endret av teknologitrendene beskrevet i kapittel 3. Tabellen under peker på hvilke sektorer som SINTEF forventer at vil bli berørt av hvilke teknologier.

	Fremtidens fabrikker	3D printing	Robotikk	Internet of things	Virtuell virkelighet	Big Data	Digitalisering	Tjenestebasert	Velferdsteknologi	Smarte samfunn	Smart transport	Smart grid
Store sektorer i arbeidslivet												
Helse og sosial		(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Tjenesteyting av ulike slag		(X)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Varehandel		X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Industri og bergverk	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
Undervisning					X	(X)	X			X		
Offentlig forvaltning				X		X	X	X	X	X	X	X
Bygg og anlegg		(X)	X	X	X	(X)	(X)	X	(X)	X	X	X

Tabell 1. Hvilke sektorer kan påvirkes av ulike teknologitrender?

Et viktig budskap i denne rapporten er at det som gjør teknologitrendene kraftfulle er at de sammen med nye forretningsmodeller kan endre verdikjeder radikalt. Disse endringene fører potensielt både til tap av arbeidsplasser og til at nye arbeidsplasser, med et annet innhold og krav til kompetanse blir skapt:

- Fremtidens produksjon er trolig preget av fleksibilitet og omstillingsevne. Vinnerne vil trolig utnytte det beste ved menneskelig arbeidskraft sammen med det beste ved automatisering.
- Der man lykkes med å gjøre et produkt eller en tjeneste digital, finnes det stort potensiale for å endre verdikjedene mot digital distribusjon av både digitale og fysiske varer med lokalt distribuert og fleksibel produksjon nær forbruker. Det har betydning for både verdikjede og vare/materialflyt.
- Tingenes internett bryter ned skillet mellom produkt og tjenester og er en forutsetning for den koblingen mellom den virkelige verden og den digitale verden som vil muliggjøre mange nye skalerbare forretningsmodeller i fremtiden.
- Kunnskap og innsikt er nøkkelen til å drive innovasjon. Da må man ta inn over seg at store datamengder koblet med kraftfulle analysemetoder kan gi mye mer informasjon enn tidligere, men det vil fortsatt kreves betydelig kløkt for å kapitalisere på informasjonen ved å transformere den til kunnskap og innsikt. De aktørene som evner å gripe mulighetene vil potensielt ha et stort fortrinn foran de som ikke gjør det.

I kapittel 4.1 vil vi først sammenfatte og kommentere andres vurderinger av potensialet for tap av arbeidsplasser på grunn av ny teknologi. I kapittel 4.2 gir vi så en skisse av hvilket potensiale vi tror at disse teknologiene og trendene har for å skape nye eller videreutvikle eksisterende arbeidsplasser. I kapittel 4.3 oppsummerer vi de norske mulighetene og konkluderer.

4.1 Potensiale for tap av arbeidsplasser

Som beskrevet i kapittel 2 har ulike internasjonale rapporter [Fölster2014, Frey2013] pekt på et stort potensial for omfattende tap av arbeidsplasser på grunn av ny teknologi - i en så stor skala at arbeidsmarkedet vil kunne få vanskeligheter med å absorbere tapet.

Tabellen nedenfor oppsummerer resultatene i en norsk-finsk studie om samme problemstilling for norske forhold, som er publisert av Statistisk Sentralbyrå (SSB) [Ekeland2014]⁴⁶. SSBs analyse er basert på en metode utviklet av Frey & Osborne [Frey2013] hvor man har tatt for seg den typen arbeidsoperasjoner som en yrkesgruppe utfører og forsøkt å avgjøre hvorvidt disse **kan** automatiseres eller ikke. Tabellen under oppsummerer SSBs vurdering av hvilke yrkesgrupper i Norge som er mest utsatt for tap av arbeidsplasser gjennom automatisering og digitalisering de neste tiårene.

Sannsynlighet automatisering	Store yrkesgrupper med denne sannsynligheten for automatisering	Antall jobber ³ i denne gruppen
>90%	Butikkmedarbeidere, kontormedarbeidere, regnskapsførere , regnskapsmedarbeidere, telefonselgere, revisorer, resepsjonister, transportfunksjonærer, servitører og gatekjøkken- og kafemedarbeidere.	600.000
80-90%	Lagermedarbeidere, anleggsarbeidere (av ulike slag), vektere, postbud/sortere, kjøkkenassistenter, industrioperatører (av ulike slag) og elektronikingeniører.	300.000
65-80%	Tømrere og snekkere , IKT driftsingeniører, kokker, skipsmannskap, sjefssekretærer og forsikringsagenter.	300.000
50-65%	Renholdere, pleiemedarbeidere, vaktmestere, bilmekanikere, arbeidsformidlere, kundebehandlere, skoleassistenter, sjåfører (av ulike slag) og ingeniører (av ulike slag).	450.000
35-50%	Helsefagarbeidere, rørleggere, finansanalytikere , selgere, lastebilsjåfører, hjemmehjelpere, finansrådgivere og andre ledere.	350.000
20-35%	Høyere saksbehandlere, andre ingeniører, frisører og helsesekretærer , personalrådgivere og programvareutviklere.	250.000
10-20%	Elektrikere, politi, varehandelssjefer og miljøarbeidere.	200.000
<10%	Lektorer, lærere, barnehageansatte, ledere, sivilingeniører, spesialsykepleiere , kiropraktorer, psykologer og farmasøyter.	900.000

Tabell 2. Vårt utdrag fra Pajarinen, Rouvinen & Ekeland : Computerization and the Future of Jobs in Norway (2014)

SSB påpeker med andre ord en risiko for betydelig tap av arbeidsplasser i Norge i enkelte, store yrkesgrupper (som kontoransatte og regnskapsførere), mens andre yrkesgrupper (som spesialsykepleiere) fremstilles som forholdsvis skjermet.

Vi har ikke foretatt noen kvantitativ vurdering av SSBs funn. Vi er imidlertid enige i at mange arbeidsplasser kan være utsatt for automatisering. Samtidig påpeker vi at det er fort gjort å være overoptimistisk på hva som kan automatiseres ved at man har en overdreven tillit til hva som kan utføres av roboter eller kunstig intelligens i fremtiden, samt at det er lett å undervurdere totalkompleksiteten i et yrke. Når noen arbeidsoperasjoner automatiseres, endres yrkene fortløpende og får nytt innhold. Når oppgaver automatiseres, krever det også kvalifisert arbeidskraft som kan utvikle, levere og drifte teknologien som

³ Antall jobber omfatter her totalt antall jobber/ansettelsesforhold. En person kan ha flere ansettelsesforhold og dermed være registrert flere ganger i denne statistikken. Dette forklarer hvorfor summen av ansettelsesforhold er høyere enn antall sysselsatte i Norge.

innføres. Dette leder til nye arbeidsplasser. Der mange regnskapsføreropp-gaver allerede er automatisert, har mange nye kontrollopp-gaver som krever høy regnskapsfaglig kompetanse kommet til.

Det at en opp-gave **kan** automatiseres, betyr heller ikke at den **blir** automatisert. Her spiller både økonomi, sosiale faktorer og forbrukermønstre inn. Forbrukerpreferanser vil påvirke utviklingen på en temmelig uforutsigbar måte.

Et eksempel på dette er at SSBs studie viser at arbeidsopp-gavene til kafemedarbeidere og servitører med stor sannsynlighet kan automatiseres, men vi mener det ikke er åpenbart at vi som forbrukere virkelig vil serveres av en maskin eller robot.

Samtidig er det vår vurdering at det knapt finnes noen sektorer som kan anses som skjernet for teknologidrevet endring. Tabellen nedenfor viser vårt anslag over hvordan et utvalg av yrkesgrupper innenfor hver av de ulike kategoriene SSB opererer med vil kunne berøres av ny teknologi:

	Fremtidens fabrikker	3D printing	Robotikk	Internet of things	Virtuell virkelighet	Big Data	Digitale varer og tjenester	Tjenestebasert	Velferdsteknologi	Smarte samfunn	Smart transport	Smart grid
Store yrkesgrupper i arbeidslivet												
Regnskapsførere						X	X	X				
Industrioperatører	X	X	X	X	X	X	X	X				
Tømrere og snekkere		(X)	X	X						X		
Sjåførere		X		X			X	X			X	
Finansanalytikere					X	X	X	X				
Helsesekretærer				X		X	X	X	X	X		
Varehandelssjefer	X	X	X		X	X	X	X			X	
Spesialsykepleiere			X	X		X	X	X	X		X	

Tabell 3. Hvilke yrkesgrupper kan bli påvirket av hvilke teknologitrender?

Tabellen illustrerer at selv spesialsykepleiere, som SSB regner som svært sikre jobber (1% sannsynlighet for automatisering), likevel vil få sin hverdag vesentlig endret med innføring av velferdsteknologi, robotikk, internet of things, smarte transportsystemer, nye tjenester og digitale systemer.

Eksempler fra en spesialsykepleiers hverdag: Overvåkingsutstyret til pasienten er koblet opp via en sikker protokoll til internet of things, journalføring er blitt fullstendig digital slik at alle data er tilgjengelig når de trengs, sykehus har innført et automatisk logistikk og transportsystem som frakter mye av det medisinske og pleie-utstyret som trengs og opptreningsroboter hjelper til i rehabilitering. Vi vet at dette er langt fra virkeligheten i dag, men dette er fullt mulig å gjennomføre teknologisk, og det åpner store muligheter for at sykepleieren bruker mer av sin tid på reelle omsorgsopp-gaver.

Vår konklusjon er derfor at teknologien i fremtiden vil være enda mer gjennomgripende enn den er i dag og at vi derfor i alle yrker må skaffe oss den teknologiske kompetanse som er nødvendig for å utføre et effektivt arbeid i fremtiden.

Dette er i stor grad sammenfallende med SSBs konklusjoner: "Lavtlønns- og lavkompetanseyrker ser ut til å være mest utsatt. Tjenesteyrker og yrker i offentlig sektor er mer skjermet enn industri og andre yrker i privat sektor. Digitalisering og datamaskinell automatisering vil imidlertid påvirke praktisk talt alle yrker til en viss grad. Den metoden som er brukt her tar ikke hensyn til at både arbeidsoppgavene som et yrke består av og yrkesstrukturen er i stadig endring. Metoden tar heller ikke hensyn til sosiale krefter som «forsinker» teknologisk framgang.

Til tross for disse forbeholdene tyder våre resultater på forholdsvis store endringer i den framtidige yrkesstrukturen. På kort sikt kan det være klare tilpasningsproblemer, ganske enkelt fordi jobber blir automatisert raskere enn økonomien klarer å skape nye jobber som tilfredsstiller nye behov – eller gamle behov på en ny måte. Vi tror derimot ikke at de beregnede effektene vil føre til massearbeidsløshet på litt lengre sikt, fordi vi vet, fra over to hundre år med økt arbeidsdeling og mekanisering at den arbeidskraften som blir frigjort med tida blir overført til andre økonomiske aktiviteter. Den digitale transformasjonen av samfunnet skaper i seg selv nye behov og en god måte å være i forkant av denne utviklingen på er å bedre arbeidskraftens kompetanse og endringsevne gjennom relevant utdanning og opplæring. "

SINTEF har i denne rapporten lagt vekt på **mulighetene som teknologitrendene skaper**. Vi tror likevel det er viktig å være klar over at digitalisering og automatisering vil påvirke nesten alle yrker og sektorer og at vi må være forberedt på denne fremtiden. En klar utfordring ligger i det at det sannsynligvis vil bli færre lavkompetanseyrker. Da må man heve den teknologiske kompetansen i hele befolkningen for å unngå at forskjellene i samfunnet blir for store og at enkelte grupper står uten mulighet til meningsfulle arbeidsoppgaver og inntektsgrunnlag.

4.2 De norske mulighetene

4.2.1 Styrke dagens industriklynger

Norge har et **kompetanse-basert næringsliv** som til tross for at Norge er et **høykostland** har klart å hevde seg i den internasjonale konkurransen innen flere felt. En høy grad av automatisering i samfunnet utjevner til en viss grad lønnsforskjeller mellom Norge og andre land.

Norske teknologiske miljøer har vært sentrale i å drive den teknologiske utviklingen innen for eksempel mobiltelefoni, radiokommunikasjon og satellittkommunikasjon og dermed tidlig tatt i bruk løsninger basert på kommunikasjonsløsninger. Norge har en velutbygd og **god digital infrastruktur** med stor utbredelse av både trådløse nett og trådbundet bredbånd og er derfor godt forberedt på en mer digital hverdag.

Norge er en **råvarenasjon** med olje, gass, fisk og kraftintensive produkter som metall som store eksportnæringer. Metall- og prosessindustri ble bygget ut på grunnlag av tilgangen til billig elektrisitet produsert fra vannkraft på begynnelsen av 1900-tallet. Olje og gass-produksjonen er bygget ut etter funnene i Nordsjøen på slutten av 1960-årene. Selv om fisk er en tradisjonsrik eksportvare fra Norge, har vi lyktes med å bygge opp en omfattende havbruksnæring som har gått til å være en ny industrigren i løpet av noen få tiår. Og selv om disse næringene er råvarebasert, er norsk konkurransekraft i stor grad basert på effektiv utnyttelse av moderne teknologi innenfor disse sektorene.

Den norske **olje og gass-næringen** har lenge vært en stor og tidlig bruker av flere av teknologiene beskrevet i kapittel 3, Dette gjelder blant annet programvare for seismisk tolkning og reservoarsimulering på store datamengder, virtuell og forsterket virkelighetsteknologi for boreplanlegging og sensorteknologi og robotisering for boring og subsea produksjon. Vi legger til grunn at disse samme teknologiene, kanskje også med større grad av automatisering, bruk av sensorteknologi og internet of things, ikke bare subsea, men også topside, vil være en del av løsningen for å kunne gjennomføre de radikale kostnadsreduksjoner både i utforskning og i produksjon som er nødvendige for å tilpasse seg nye oljeprisnivåer. Norsk leverandørindustri er godt posisjonert til å utvikle, levere og eksportere slike løsninger. For å unngå kostnadsdrivende skreddersøm må man også satse i større grad på standardisering.

Norge har også sterke næringer innen **maritim og marin sektor**. Også disse har tidlig tatt i bruk høyteknologiske løsninger, og vist seg meget tilpasningsdyktige. Innenfor maritim industri, olje og gass ligger det store fremtidige potensiale for serviceroboter og autonome løsninger, eller for å koble oss mot oppdrettsanlegg eller andre produksjonsanlegg på fjerne og utilgjengelige steder via fjernstyring og prosessovervåking. Norge er i dag langt fremme teknologisk når det gjelder bruk av fjernstyrte farkoster (Remotely Operated Vehicles - ROV) for undervannsoperasjoner. Dette har vært nødvendig for å utvikle vår olje- og gassindustri. For de samme formål ser en potensiale i autonome operasjoner for å bli enda mer kostnadseffektive.

I tillegg vil disse teknologiene være avgjørende for å utvikle den såkalte **blå økonomien**. I EU er det stort trykk på havrommet gjennom Blue Growth satsingen hvor man skal utvikle nye teknologier og løsninger som skal bidra til å utnytte ressursene i havet på en mye bedre måte. Områdene som er identifisert er havenergi, bioteknologi, havbruk, turisme og marine minerale ressurser⁴⁷.

Norsk **verftsindustri** er i dag teknologisk avansert. Instrumenteringen av fartøyet utgjør en stadig større andel av totalkostnaden. Samtidig er vi store på kontrollsystemer for skip og fartøy med bakgrunn i at vi var tidlige ute med dynamisk posisjonering. Det samme gjelder for mye av det utstyret som brukes om bord på spesialfartøy. Flåtestyring er også et vitalt tema. Særlig i nordområdene kan vi spille en sentral rolle for smart transport.

Norge har utviklet en stor **prosessindustri/metallurgisk industri** som opprinnelig var basert på norske vannkraftressurser. Utnyttelse av avanserte materialer og internet of things representerer betydelige verdiskapningsmuligheter for disse industriene, både med hensyn til å utvikle nye produkter og for å redusere energiforbruk og kostnader i produksjon. Det er i tillegg gode forutsetninger for at norske metallurgiske bedrifter kan bli ledende innen lagvis produksjon av metaller ettersom vi har god kompetanse på metallurgi i Norge (for eksempel for lettmetaller, silisium og titan). Vi kan etablere energikrevende produksjon på tradisjonelle industristeder hvor man har god tilgang til elektrisk kraft og dermed viderefordre vannkraften til 3D printede produkter for prosesser som krever billig og grønn elektrisk kraft.

Et norsk fortrinn er etterspørselen etter "det grønne stemplet" på materialet. Kravene til fremstilling av materialene som brukes i et produkt må kunne spores tilbake og kunne vise til bærekraftig produksjon med så liten miljøbelastning som mulig. Materialet må derfor være produsert utelukkende ved bruk av fornybar energi og Norge har et fortrinn ved at nesten all strøm er fra fornybare kilder og det er enkelt å kjøpe garantier for grønn strøm til produksjonsprosessen. Dette fører til at produkter produsert med norske innsatsfaktorer generelt har et lite CO2 avtrykk. Basert på Norges unike posisjon med regulerbar vannkraft i et deregulert markedssystem har **energibransjen** utviklet kompetanse og avanserte systemer både for fysisk styring og kommersiell posisjonering av kraftproduksjon.

Også norsk **bygg- og anleggsbransje og byggevareindustrien** vil kunne endres fundamentalt gjennom teknologi, blant annet ved at bygninger får avansert infrastruktur basert på internet of things og utvikler seg til **smarte hus**, ved robotisering av tunge og farlige operasjoner.

4.2.2 Teknologi kan forløse nyindustrialisering innenfor vareproduserende og digital industri

Samtidig som teknologitrendene kan videreutvikle de næringene hvor Norge allerede står sterkt, er det behov for å understreke nye, automatiserte og mer kompetansekrevede teknologier også åpner **nye muligheter for norskbasert innovasjon innenfor mer tradisjonell vareproduserende industri** ("manufacturing"). Ulempen med høyt norsk lønnsnivå vil få relativt lavere betydning jo høyere grad av automatisering og kunnskap som legges inn i produkt og prosess.

I det nye industrisamfunnet vil Norge ha en betydelig **konkurranseskraft** i form av den **kunnskap** som arbeidsstyrken har og den **organiseringen arbeidslivet** vårt har med god dialog mellom ledelse og arbeidstakere. Dette har vært en driver for å gjennomføre omstillinger både nå og tidligere. Med fleksibel menneskesentrert produksjon blir samarbeidsevne innenfor en kompetent arbeidskraft enda viktigere. Produksjon beveger seg vekk fra samlebånd til mer fleksibel fremstilling og dette vil kreve samarbeid med roboter. I menneskesentrert produksjon, utnytter man det faktum at mennesker og roboter er komplementære. Dette gir produksjon med lavt forbruk av innsats og energi. På teknisk side har vi industri som behersker avansert helautomatisk produksjon i internasjonal konkurranse. Norge har også organisatoriske fortrinn som vil være viktige og kan gi muligheter også i fremtidens industri, høy grad av tillit og lavt konfliktnivå, flate strukturer og små lønnsforskjeller mellom ledere og ansatte. Norge har tidligere vist god omstillingsevne. Industrioperatøren må ha høy kompetanse for å sikre god produksjon av mange ulike produkter på den samme maskinen. Norge har også fremragende miljøer innen komposittkomponenter (for eksempel på Raufoss/Kongsberg). Vi kan dermed utnytte kunnskapen om komposittmaterialer og lagvis produksjon til å bygge nye typer komponenter.

En betydelig andel av norsk industriproduksjon er **høyt teknologiske små- og mellomstore bedrifter**. Flere av de nye teknologiske trendene er rettet mot å revitalisere denne sektoren ved å tillate distribuert fleksibel produksjon med lavere kapitalkostnad enn tidligere. Billigere roboter gjør det mulig å få roboten som hjelper i småbedrifter. Dermed kan man oppnå produksjon med lavere kapitalkostnad og lavt forbruk av innsats og energi. Målet er en revitalisering av produksjon i små og mellomstore serier også i høykostland. Dette er ofte

kompliserte produkter hvor både engineering og produksjon foregår i Norge, eksempelvis innenfor olje/gass, maritim, fly og forsvar. Norge leverer allerede i dag en rekke komponenter som kan inngå i IoT, for eksempel sensorer, radiokomponenter, posisjonstjenester, "embedded systems" og automatiske kontrollsystemer. 3D printing og lagvis produksjon er velegnet som tjeneste for SMB-bedrifter.

Norge har et samfunn som tidlig har tatt i bruk **nye digitale løsninger**, det gir oss et forsprang på **digital kompetanse** som vi må forsøke å opprettholde. Samfunnsmessig vil IoT medføre store endringer, og dermed vil det oppstå nye anvendelser, markeds- og forretningsmuligheter, i både nærings- og arbeidslivet. Vi vil se at jobber forsvinner, men det er også kimen for å skape "ny" industri og ikke minst at Norge med sin høyt utdannede befolkning kan utnytte det potensialet som ligger i etablere nye arbeidsplasser og profesjoner. Mange av disse jobbene vil sannsynligvis kreve tverrfaglig kompetanse. Det ligger også en stor økonomisk verdi i å ta i bruk teknologi utviklet andre steder i verden tidlig. Norge er som beskrevet et kunnskapssamfunn som i stor grad har tatt i bruk nye teknologiske og digitale løsninger tidlig. Det har vi sett eksempler på både i det offentlige (for eksempel skjemaer via altinn) og private (for eksempel innen banknæringen med tidlig bruk av bankkort, minibanker og nettbank), men det er viktig at vi klarer å overføre dette også til andre bransjer. Norge har et høyt kunnskaps- og kompetansenivå og høy teknologiaksept i samfunnet, samt høyt utdannelsesnivå og god IT-kompetanse. Det ligger store muligheter rundt utvikling av digitale tjenester og produksjonsmetoder, for eksempel rundt kjøp/salg av 3D modeller (CAD til komponent), digitale tjenester rundt design av produkter (skreddersøm), 3D måleteknikk og virtuelle produksjonskjeder.

Et høykostnadsland som Norge kan med andre ord også finne konkurransekraft gjennom utvikling av avanserte produkter og flere av teknologitrendene beskriver en dreining mot mer avansert fleksibel produksjon. Dette kan være produkter som framstilles på en mest mulig bærekraftig måte hvor både miljø, økonomi og sosiale forhold tillegges vekt. Samtidig er det nødvendig å være i front teknologisk når det gjelder prosesser, materialer, automatiseringsnivå, bruk av IKT og kunnskapsnivå i arbeidstokken i alle ledd. Kunnskap, bærekraft og teknologi er tre hovedpilarer for å bygge ny industri.

4.2.3 Teknologi kan forbedre og effektivisere velferdssektoren og øvrig offentlig sektor

Velferdskostnaden i Norge er nå 27 % av BNP og forventes å øke med 10 prosentpoeng innen 2060 [Ageing2015]. Med denne utviklingen så må trenden snus, og muliggjørende teknologi er et godt middel for å kunne hankses med slike utfordringer. Vår hypotese er at med den generelt høye digitale kompetansen vi har i befolkningen, penetreringen av IKT og digitalisering både i yrkes- og privatlivet innen andre domener, vil utvikling, utrulling og bruk av avanserte velfredsteknologier og effekter gi store besparelser. Vi tror Norge står godt rustet for selv å utvikle og unytte muliggjørende teknologier innen en presset sektor som helse og omsorg, samt at norsk industri fortsatt har en mulig til å posisjonere seg markedsmessig med sine løsninger internasjonalt. Vi har en ny generasjon eldre med stor kjøpekraft. Klarer leverandørnæringen å sette sammen attraktive og prisgunstige teknologipakker, som er enkle å forstå, installere og drifte, og som er trendy nok til ikke å signalisere "gammel", er det sannsynlig at dette også vil bli et voksende marked i tiden fremover.

Den største utfordringen innen **helse og sosial-sektoren** er den økende andelen eldre som vil føre til et press om mer effektivitet da det ikke vil være økonomisk mulig å øke denne sektoren vesentlig. Hver ansatt må produsere mer per time eller krone. Viktige teknologitrender for denne sektoren vil være:

- **Velferdsteknologi** som gjør det mulig for de eldre eller pleietrengende å bo hjemme lenger og belaste sektoren mindre ved å forebygge sykdom, administrere medisiner og myndiggjøre brukerne.
- **Digitalisering** av all informasjon som er tilgjengelig om en pasient og bygge integrerte tjenester kring dette. Digitale pasientjournaler som følger pasienten er bare starten på dette, snart kan

pasientjournalen bli en del av internet of things og hente data fra andre utstyrsenheter på sykehuset. En av utfordringene vil være sikring og tilgangsstyring av sensitive persondata som alle helseopplysninger er.

- **Automatisering** av prosesser som ikke er kjernevirksomhet. Det gjelder blant annet logistikk på sykehus, utlevering av medisiner, booking av timer og mottak av pasienter. Det finnes allerede eksempler på automatiserte apotekstjenester ved norske sykehus. Roboter vil kunne gjøre en del av de oppgavene som ikke krever helsefaglig utdanning.
- **Laboratorietjenester** for mange standardtester vil flyttes fra sentrale labor på sykehus ut i førstelinjetjenesten på legekontor, ambulanser, hjemmetjeneste slik at man i mye større grad tidlig kan diagnostisere alvorlige tilfeller av sykdom og overvåke tilstanden til mennesker med kroniske sykdommer.
- **Internet of Things** vil gi tilgang til for eksempel billige og raske lab-on-a-chip-analyser, samt "wearable devices" gir anledning til kontinuerlig oppfølging og overvåking av pasientene.
- Dette vil muliggjøre innsamling av store datamengder i form av **big data** med helt nye forretningsmodeller og **tjenester** basert på den informasjonen man trekke ut av fra de enorme datamengdene. Igjen må utfordringen med anonymisering, sikring og tilgangsstyring til sensitive helsedata løses.
- Store yrkesgrupper som leger, sykepleiere og helsepleiere som ikke er teknologisk skolerte må enten skoles i teknologi eller så må teknologien gjøres så enkel å bruke at man naturlig ser nytten av det.

For å lykkes med de mulighetene som oppstår må vi også løse noen utfordringer:

- Standardisering er en nøkkel for å få til blant annet internet of things, pasientjournaler og smarte hus. Man må sørge for åpne teknologiplattformer som tillater mange aktører å tilby tjenester. I dag er det mangelen på standarder og ulike proprietære formater som hindrer utviklingen av økosystemer innen noen av disse bransjene.
- En fortsatt satsning på digital infrastruktur og nye kommunikasjonsteknologier som kommer, inkludert 5G innenlands og maritime kommunikasjonsløsninger.
- Kompleksiteten i enkelte av løsningene krever også interoperabilitet og systemarkitekturer som gjør at man klarer å utnytte den fleksibiliteten som man får for eksempel når man kan distribuere prosessering ut i nodene eller utføre den sentralt i en skytjeneste.
- Sørge for innebygd sikkerhet og personvern i alle løsninger som samler inn big data om det så er via internett eller internet of things.
- Inkludere de i samfunnet som ikke har teknologisk kompetanse i den teknologiske utviklingen for å hindre at det blir et stort skille mellom de som tjener og de som taper på innføringen av ny teknologi. En viktig faktor her er livslang læring for alle.
- Siden innovasjon går stadig raskere blir det viktigere at virkemidlene kan nyttiggjøres raskt og effektivt. Da må man i økende grad avbyråkratisere de virkemidlene som kan avhjelpe de som satser på innovasjon.
- Manglende teknologiforståelse innen enkelte sektorer som tradisjonelt har vært lite teknologitunge, som helse- og omsorgssektoren og varehandel. Her er utfordringen at man enten må heve teknologikompetansen gjennom livslang utdanning eller sørge for at det stilles særskilte krav til brukervennligheten til teknologien.
- Det blir viktig å dyrke en kultur for endringsledelse.

Også **undervisning, beredskap og offentlig forvaltning** ligger godt til rette for å benytte teknologiene beskrevet over.

4.3 Oppsummering av de norske mulighetene

Vår konklusjon er at teknologiutviklingen beskrevet i denne rapporten legger et godt grunnlag for industriell vekst i Norge, forutsatt vilje til nye satsninger. Viktige fellestrekk er:

- Vi har et kompetanse-basert næringsliv som til tross for at Norge er et høykostland har klart å hevde seg i den internasjonale konkurransen innen flere felt. En høyere grad av automatisering utjevner til en viss grad lønnsforskjeller mellom Norge og andre land.
- Vi har en betydelig konkurransekraft i form av den kunnskap som arbeidsstyrken har og den organiseringen arbeidslivet vårt har med god dialog mellom ledelse og arbeidstakere. Dette har vært en driver for å gjennomføre omstillinger både nå og tidligere. Med fleksibel menneskesentrert produksjon blir dette enda viktigere.
- Vi har en relativt god digital infrastruktur med stor utbredelse av både trådløse nett og trådbundet bredbånd og er derfor forberedt på en mer digital hverdag. Dette forutsetter en videre satsning på ny digital kommunikasjonsteknologi som 5G i fremtiden.
- Vi har sterke næringer innen olje/gass, maritim/marin og metallurgi som står for mye av verdiskapningen i landet. Flere av disse bransjene er høyteknologiske og meget tilpasningsdyktige.
- En betydelig andel av norsk industriproduksjon er høyteknologiske små- og mellomstore bedrifter. Flere av de nye teknologiske trendene er rettet mot å revitalisere denne sektoren ved å tillate distribuert fleksibel produksjon med lavere kapitalkostnad enn tidligere. Dette gir vekstmuligheter.
- Vi har et samfunn som tidlig har tatt i bruk nye digitale løsninger, det gir oss et forsprang på digital kompetanse som vi må forsøke å opprettholde.
- Vi har en offentlig sektor som på enkelte felt har vært offensive på å ta i bruk digitale tjenester som et redskap for effektivisering. Her ligger det fortsatt stort forbedrings- og innsparingspotensial.
- Vi har et velutviklet digitalt marked som kan fungere som testbed for utprøving av nye forretningsmodeller.

Det finnes også muligheter innen en rekke områder som ikke er nevnt i denne rapporten også. Det kan være innenfor den biobaserte industrien, innen medisinsk teknologi og alternative energikilder, bare for å ha nevnt noen eksempler.

5 Relevante kilder

- ¹ [Frey2013] Frey & Osborne: The Future of Employment: How Susceptible are jobs to computerisation? (2013) http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- ² [Fölster2014] Fölster : Vartannat jobb automatiseras inom 20 år - utmaningar för Sverige (2014) <http://www.stratresearch.se/Documents/Folder.pdf>
- ³ [Fölster2015] Fölster : De nya jobben i automatiseringens tidevarv (2015) <http://www.stratresearch.se/Documents/De%20nya%20jobben%20i%20automatiseringens%20tidevarv.pdf>
- ⁴ [Brynjolfsson2014] Brynjolfsson & McAfee : The second machine age – work, progress and prosperity in a time of brilliant technology <https://tanguduavinash.files.wordpress.com/2014/02/the-second-machine-age-erik-brynjolfsson2.pdf>
- ⁵ [H2020] European Commission : Societal Challenges, <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>
- ⁶ [KET2011] European Commission High Level Expert Group on Key Enabling Technologies Final Report (2011) <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11283/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- ⁷ [KET2015] European Commission High Level Expert Group on Key Enabling Technologies Final Report (2015) <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11082/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- ⁸ [ISTAG2012] The Missing KET, Toward a Strategic Agenda for Software Technologies in Europe, ISTAG Report on 2020 Key Software Technologies, <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/docs/istag-soft-tech-wgreport2012.pdf>
- ⁹ [Maurseth2015] Maurseth, Holmen & Løge : Den norske IKT-næringens verdiskapingsbidrag, Menon-publikasjon (2015) <https://ikt-norge.no/wp-content/uploads/2015/05/Den-norske-IKT-n%C3%A6ringens-verdiskapingsbidrag-rapport-2015.pdf>
- ¹⁰ [Curtis2013] Sophie Curtis : [Teaching our children to code: a quiet revolution](#), 4. november 2013, The Telegraph
- ¹¹ [Mauren2015] Arnfinn Mauren : [Programmering og datakoding på timeplanen](#), 19. August 2015, Aftenposten
- ¹² [SPARC2014] Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020 http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PPP/SRA2020_SPARC.pdf
- ¹³ [EUROP2009] The European Robotics platform EUROP Strategic Research Agenda 2009 http://neicts.lancs.ac.uk/pdf/SRA-2009_robotics_in_Europe.pdf
- ¹⁴ [IFR2013] IFR Statistics Department World Robotics Industrial Robots (2013) <http://www.worldrobotics.org/>
- ¹⁵ [GoldmanSachs2014] Goldman-Sachs : The Internet of Things - Making sense of the next mega-trend (2014) <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/internet-of-things/iot-report.pdf>
- ¹⁶ [Vermesan2015] Vermesan & Friess (editors) : Building the Hyperconnected Society, River Publishers (2015) http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Building_the_Hyperconnected_Society_IERC_2015_Cluster_eBook_978-87-93237-98-8_P_Web.pdf
- ¹⁷ [McLellan2015] McLellan [The internet of things and big data: Unlocking the power](#), ZDNet, March 2, 2015
- ¹⁸ [Statoil2013] Statoil web-pages : Information page Snøhvit field, 2013 : <http://www.statoil.com/en/TechnologyInnovation/NewEnergy/Co2CaptureStorage/Pages/Snohvit.aspx>
- ¹⁹ [Greenough2014] Greenough : The 'Internet of Things' will be the world's most massive device market and save companies billions of dollars, Business Insider (2014) <http://www.businessinsider.com/how-the-internet-of-things-market-will-grow-2014-10>
- ²⁰ [DigitalMarket] EU Commission Factsheet : Why we need a single digital market, http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market/docs/dsm-factsheet_en.pdf
- ²¹ [OECD2015] [Data-Driven Innovation, Big Data for Growth and Well-Being](#), OECD, 6. Oktober, 2015.
- ²² [ECInsider2015] [Towards a thriving data-driven economy](#), ECs nettsider, lest 2015-10-08.
- ²³ [BigData2014] European Big Data Value Strategic Research & Innovation Agenda (2014) http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=7151
- ²⁴ [Jones2014] Jones : Computer science: The learning machines, Nature (2014) <http://www.nature.com/news/computer-science-the-learning-machines-1.14481>
- ²⁵ [Industrie2014] McDougall : Industrie 4.0 Smart manufacturing for the future (2014) <http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf>
- ²⁶ [SmartIndustry2014] Smart Industry – Dutch industry fit for the future (2014) <http://www.smartindustry.nl/wp-content/uploads/2014/07/Opmaak-Smart-Industry.pdf>

-
- ²⁷ [Sweden2014] Made in Sweden 2030 - Strategic Agenda for Innovation in Production
<http://www.vinnova.se/PageFiles/750915348/Made%20in%20Sweden%202030-eng.pdf>
- ²⁸ [Siemens2015] Siemens' pressemeldinger: <http://www.siemens.com/press/en/events/2015/corporate/2015-02-amberg.php>
- ²⁹ [SusChem2015] Sustainable Chemistry : Strategic Innovation and Research Agenda (2015)
<http://www.suschem.org/cust/documentrequest.aspx?DocID=928>
- ³⁰ [Alcoa2015] Alcoa pressemelding 3.september 2015 :
http://www.alcoa.com/global/en/news/news_detail.asp?newsYear=2015&pageID=20150903000287en
- ³¹ [AMSRA2014] Additive Manufacturing : Strategic Research Agenda (2014)
<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>
- ³² [Gray2015] Gray : Kobalt changed the rules of the music industry using data – and saved it. Wired Magazine UK (2015) <http://www.wired.co.uk/magazine/archive/2015/05/features/kobalt-how-data-saved-music>
- ³³ [Friedman2014] Friedman : And Now for a Bit of Good News . . . , The New York Times, July 19, 2014
http://www.nytimes.com/2014/07/20/opinion/sunday/thomas-l-friedman-and-now-for-a-bit-of-good-news.html?_r=0
- ³⁴ Se Garmin Vivosmart klokken: <http://www.watchshop.com/unisex-garmin-vivosmart-bluetooth-activity-tracker-l-hrm-alarm-watch-010-01317-55-p99975868.html>
- ³⁵ [Fjuk2013] Fjuk : [Telenor has launched a new and even stronger customer-centric strategy](#), Center for Service Innovation (2013).
- ³⁶ [Posten2015] Posten webpages : Utviklingen mot 2016, <http://www.posten.no/72003/hovedstrategier-2009-2013>
- ³⁷ [DNB2015] DNB webpages : [Visjon og verdier](#)
- ³⁸ [Wharton2007] 'Power by the Hour': [Can Paying Only for Performance Redefine How Products Are Sold and Serviced?](#), Knowledge@wharton, Wharton University of Pennsylvania, Feb 21, 2007.
- ³⁹ [Baines2009] Baines, Lightfoot, Benedettini, Kay, (2009) "The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 20 Iss: 5, pp.547 - 567
- ⁴⁰ [Acatech2015] Smart Service Welt Working Group/Acatech (Eds.) (2015) : [Smart Service Welt – Recommendations for the Strategic Initiative Web-based Services for Businesses](#). Final Report, Berlin.
- ⁴¹ [Gupta2005] Sunil Gupta & Don Lehman (2005): Managing Customers as Investments: The Strategic Value of Customers in the Long Run, Wharton School Publishing.
- ⁴² [HelseOmsorg2014] HelseOmsorg21: Et kunnskapssystem for bedre helse, nasjonal strategi (2014)
https://www.regjeringen.no/contentassets/8ab2fd5c4c7746dfb51e3f64cd4d71aa/helseomsorg21_strategi_web.pdf?id=2266705
- ⁴³ [HD2014] Frantzen : Helsedirektorates anbefalinger på det velferdsteknologiske området (2014)
<https://helsedirektoratet.no/Lists/Publikasjoner/Attachments/120/Helsedirektoratets-anbefalinger-pa-det-velferdsteknologiske-området-IS-2225.pdf>
- ⁴⁴ [FN2014] FN Revision of World Urbanization Prospects (2014) <http://esa.un.org/unpd/wup/>
- ⁴⁵ [AUVSI2013] AUVSI : The Economic Impact of Unmanned Aircraft Systems Integration in the United States (2013)
https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/958c920a-7f9b-4ad2-9807-f9a4e95d1ef1/UploadedImages/New_Economic%20Report%202013%20Full.pdf
- ⁴⁶ [Ekeland2014] Pajarinen, Rouvinen & Ekeland : Computerization and the Future of Jobs in Norway (2014)
<https://blogg.regjeringen.no/fremtidensskole/files/2014/05/Computerization-and-the-Future-of-Jobs-in-Norway.pdf>
- ⁴⁷ [Blue2012] Blue Growth – Opportunities for marine and maritime sustainable growth, EC Maritime Affairs (2012)
http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/publications/documents/blue-growth_en.pdf



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no