Copyright © 2019 by
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
All Rights Reserved
John Grieg Forlag

1. utgave / 1. opplag 2019

ISBN: 978-82-533-0374-1

Grafisk produksjon: John Grieg, Bergen
Grafisk design: Fagbokforlaget
Omslagsdesign: Fagbokforlaget
Omslagsillustrasjon: ©Shutterstock/pzAxe
Skrift: Proxima nova / Garamond 3 LT Std
Papir: 100 gr. Arctic Silk+

Spørsmål om denne boken kan rettes til:
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
Lerchendal Gård
Strindvegen 2
7034 Trondheim
e-post: post@ntva.no
www.ntva.no

Materialet er vernet etter åndsverkloven.
Uten uttrykkelig samtykke er eksemplarfremstilling
bare tillatt når det er hjemlet i lov eller avtale med Kopinor.

FORORD

Norges Tekniske Vitenskapsakademi ser det som en av sine hovedoppgaver å belyse hvordan teknologisk utvikling påvirker samfunnet. Teknologi har i hele menneskehetens historie vært en viktig drivkraft for utvikling som har tjent menneskeheten, og den har vært grunnlaget for utvikling av vår velstand og velferd. Vi er i en tid der den teknologiske utviklingen går raskere enn noensinne. Utviklingstrendene griper inn i hverandre og skaper en kompleksitet som gjør det svært krevende å danne seg et bilde av helheten.

Teknologien skaper muligheter, men også potensielle problemer. Det er en viktig oppgave å søke og forstå dette bildet, slik at man kan påvirke utviklingen i retninger som er til nytte for menneskeheten, og forhindre at ikke-ønskede virkninger blir resultatet.

NTVA ga i 2017 ut første bind i det vi planlegger skal bli en serie om temaet «Teknologien endrer samfunnet». Den omhandlet en rekke muliggjørende teknologier enkeltvis.

Her foreligger bind II i serien, der vi har bedt mennesker med innsikt i noen utvalgte bransjer og samfunnsområder om å reflektere over hvordan de tror disse områdene samlet sett vil påvirkes av teknologienes endringskrefter. Det er ikke slik at det først og fremst er teknologer som besitter slik innsikt. Temaene krever innsikt fra samfunnsområdene og oftest fra personer med helt annen fagbakgrunn enn teknologi. Dette gjenspeiles i forfatterlisten.

Våre forfattere foregir ikke å ha en krystallkule som gjør at de kan lage en fremskriving i form av et presist varsel om hvordan utviklingen vil gå. Snarere deler de tanker med oss om hvilke muligheter teknologiene gir, og i hvilke retninger drivkreftene i teknologiene vil drive bransjene og samfunnsområdene.

Vi konstaterer at spørsmålet ikke er *om* endringene vil finne sted, men hvor raskt de kommer. Digitaliseringen av samfunnet handler om å bruke muliggjørende teknologier til å skape nye virksomheter og endre gamle.

Samtidig må vi ha et bevisst forhold til hva slags samfunn vi vil ha, og hvem som skal bestemme rammevilkårene. Vi står overfor politiske valg om hvem som skal eie infrastrukturene og styre tilgangen og bruken av data.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt til at denne boken har blitt til. Først og fremst er det forfatterne som har delt sin innsikt og sine vurderinger med oss. En stor takk går også til redaksjonskomiteen, som har gjort utvalget av samfunnsområder, tatt ansvar for å finne innsiktsfulle forfatterne, jobbet sammen med dem i å utvikle temaene og sydd det hele sammen til den boken du når har foran deg. Bidragsyterne har nedlagt en betydelig innsats.

NTVA håper at boken gir stoff til ettertanke og også til engasjement i å bidra til å belyse disse spørsmålene videre. Vårt akademi har til intensjon å fortsette arbeidet med å skape innsikt som gjør at vi får en opplyst diskusjon i samfunnet om hvilke muligheter og utfordringer den teknologiske utviklingen gir.

Trondheim, desember 2018
Torbjørn Digernes, president i NTVA

INNHOLD

1.
DET NYE DIGITALE NORGE 15
Muliggjørende teknologier.....16
En ny industriell revolusjon.....17
Fremtidens jobber 18
Digital transformasjon.....20
Den digitale transformasjonen er et lederansvar.....20
Konklusjon 23

2
SMARTERE BYER – SMARTERE LIV.....27
Hvem vil ikke være «smart»?.....28
Smartbyens muligheter 29
Den skjulte smartbyen 29
Mot en felles forståelse av «smartbyer»? 30
Smarthet avhenger av kontekst.....31
Tre tilnærminger til smartby i EU.....32
Nøkler til et vellykket smartbyprosjekt.....34
Tilpasset teknologi – eller tilpassede mennesker?.....34
Smartby som bærekraftsstrategi.....34
Smartbyen oppsummert: muligheter og farer.....35

3.
OPERASJONENE SOM FORSVANT.....39
Magesår.....40
Kikkhullskirurgi 41
Roboter.....42
Digitaliseringen av helsevesenet 42
Virtuell virkelighet inn på operasjonsstuen.....43
Genetikk.....46
Kunstig intelligens og stordata 47
E-helse – helse på internett.....48
Sykehuset hjem til pasienten 48
Medaljens bakside 48

4.
VELFERDSTEKNOLOGI I FOLKETS..... 51
HELSETJENESTE
Samfunnsutfordringer og drivkrefter 52
Velferdsteknologi og e-helse – hva er det, egentlig?..53
Digital samhandling og beslutningstøtte for mer 54
effektive arbeidsprosesser
Helsehjelp på nye måter 56
Trygghetsskapende teknologi 56
Mestringsteknologier med avstandsoppfølging 58
Oppsummering og perspektiver for fremtiden.....61

5.
DEN BILLIGSTE KILOWATTIMEN.....63
Elementer som del av energieffektivisering.....65
Energieffektiv prosessering.....66
Utnyttelse av overskuddsvarme 67
Energilagring i et integrert energisystem.....68
Industriklynger – integrasjon av energikilder 68
og -sluk på tvers av sektorer
Alternative energibærere og karbonfangst 70
Perspektiver for fremtiden.....71

6.
KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG 73
Hva er et nullutslippsbygg? 75
Varmeisolasjon og tetting.....76
Klimatisering.....77
Fra nullutslippsbygg til nullutslippsområder.....78
Den mest miljøvennlige energien er den man 79
ikke bruker
Gode steder å være 79

7.
SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK 83
Den globale utviklingen.....84
Utviklingen i Norge.....85
Solceller i smarte hus.....87
Konklusjon 89

8.
TRENGER VI BANKEN? 91
Mobilt internett 92
Konkurransesituasjonen endres.....93
Person til person (P2P).....94
Bitcoin og blokkjede 94
Ingen korrupsjon – ingen risiko 95
Smarte kontrakter 96
Energisløsing 97
PSD2 og «Open Banking» 97
IOT og M2M 99

9.
UTEN SJÅFØR.....101
Elektrifisering og brenselscelleteknologi.....103
Pris og attraktivitet.....104
Automatisering/selvkjørende biler.....105
Jus og sikkerhet 107
Digitalisering.....108
Handel.....109
Forretningsmodeller.....109
Den oppkoblede bilen 110
Begreper.....111
Kilder 111

10.
TOG SOM TENKER SELV 113
Fra gammel til ny teknologi.....114
Trafikklysene forsvinner.....115
Trafikkstyring 115
Selvkjørende autonome tog.....116
Automatisering 116
Batteri eller hydrogen?.....117
Mobilitetsaktør 117
Kundetjenester.....118
Jernbanens rolle blir utfordret 118

11.
SJØTRANSPORT SLÅR TILBAKE 121
Sjøtransportens rolle i den globale økonomien 122
Hva betyr de globale megatrendene for fremtidens sjøtransport? 122
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk 123
Teknologiutviklingen 124
Teknologi for redusert utslipp 126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk og utslipp 127
Drivkraft 2: teknologirevolusjonen – fra Industri 4.0 til Shipping 4.0 128
Autonomi og robotikk 129
Internet of Services at Sea 129
Shipping 4.0s påvirkning på sjøtransporten 130
Autonomi 130
Internet of Services at Sea 132
Trender i forskningen 132
Hvor går vi nå? 133

12.
TEKNOLOGI SOM DET MULIGES KUNST ...135
Konkurranse og sikkerhet 136
Tradisjonelle fly – komposittmaterialer, digitalisering, og drivstofføkonomi 137
Den gjennomkoordinerte luftfarten 140
Fjernstyrte fly, selvkjørende fly, elektriske fly? 141
Trenger vi luftfart i det hele tatt? 143
Revolusjonen uteblir 144

13.
DIGITAL KONKURRANSEKRAFT 147
Hva er produksjonsvirksomhet? 148
Fra «verkstedet nede i gata» til en verdensledende nisjeindustri .149
Den neste epoken 150
Norsk vare- og tjenesteproduksjon i 2019 151
«Is this time different?» 152
Data og digitale plattformer 154
Teknologier som endringsdrivere 154
Betydning for norske produksjonsvirksomheter 155
Arbeidsoppgaver og sysselsetting 157
Betydningen av å forstå det nye i kundebegrepet 157
Innovasjon 158
Paradigmeskifte, revolusjon eller evolusjon? 159
Digitalisering innen olje- og gassnæringen, eksempel fra Aker BP 159
Hvordan digitale tvillinger endrer industrier – eksempel fra KONGSBERG 160
Industribedriften bygger nye tjenester til sluttkunden – eksempel fra Yara 162

14.
UBERØRT AV MENNESKEHENDER 165
Bærekraftig utvikling 166
Matindustri 4.0 167
Smarte sensorer måler maten 168
Bioteknologiske prosesser 169
Roboter lager maten 170
Små fleksible produksjonslinjer 171
Våre digitale spor styrer produktutviklingen 172
Forsvinner matbutikkene? 173
Utfordringer og barrierer 174

15.
Å LYTTE TIL PLANTENES BEHOV 177
Teknologi i jordbruket 179
Jordbruket i Norge i dag, ikke bare fordeler 180
Sensorsystemer 181
Sensorer for innsamling av data 182
Kamerateknologi i jordbruket 183
Presisjonslandbruk 185
Automatiserte systemer i matproduksjon.....185
Oppsummering/perspektiver for fremtiden.....187

16.
MATPRODUKSJON OG BÆREKRAFT.....189
Lakselus 191
Fiskevelferd og skånsom håndtering 192
Rømming.....194
Arbeidsmiljø, helse og sikkerhet.....194
Utviklingstrekk 1: digitalisering og mer kontroll ..195
i operasjoner
Stordata og maskinsyn.....196
Autonomi og fjernstyring.....196
Utviklingstrekk 2: nye anleggskonsepter.....197
Mer eksponerte anlegg 198
Hvor er vi på vei? 198

17.
BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG.....201
Dagens situasjon 202
Bygningsinformasjonsmodeller og parametrisk 203
design
Virtuell og utvidet virkelighet.....204
Industrialisert bygging og 3D-printing.....205
Robotisering 205
Internet of Things 206
Smarte bygg 206
Droneteknologi 207
Perspektivene videre.....208

18.
FRA DIGITALE DRØMMER TIL 211
DIGITALDOMINO?
Kikke inn i krystallkulen 212
Situasjonen i Norge 213
Kort om netthandel i Norge i 2017.....214
Norske forbrukere og ny teknologi 214
Norsk handelsnæring – et gullegg eller en 215
samling Kodak-bedrifter?
Et sprikende bilde 216
Nye teknologier 216
De digitale handelsplattformene utkonkurrerer 218
tradisjonelle handelsnæringer
Digitale transformasjoner – sporer ingen av dem av?220
Hvordan forberede seg på endringene? 220
Hva norske handelsbedrifter kan gjøre.....221
Avslutning 222

19.
KAOS OG MULIGHETER.....225
Endringer i medienes teknologi.....226
Innovasjon i media 227
Historisk utvikling for digital publisering 228
av nyheter
Kategori 1: Plattformer 229
Kategori 2: Programvare 231
Kategori 3: Gjenstander og datahøsting 234
Kategori 4: Utvidet og virtuell virkelighet.....236
Journalistiske medier i fremtiden 238
Papiravis i 2028?.....239

20.
GODE RÅD BLIR DIGITALE.....243
Hvordan en rådgiver løser et oppdrag.....244
Problemanskaffelse – å få et oppdrag 245
Informasjonsinnhenting og analyse.....246
Diagnose (løsningsforslag).....248
Tiltak – å faktisk gjennomføre ting 249
Kontroll – problem løst eller ny runde?.....249
Problemrepresenterende teknologi – fra digitale 250
tegninger til digitale tvillinger
Ressursmobiliserende teknologi – fra faste linjer ...251
til modulbaserte grensesnitt
En rådgivers langsiktige strategiske utfordring.....252

21.
SAMSTYRING, GJENBRUK OG DELING.....255
Digitalisering.....256
Interoperabilitet.....257
Samstyring.....258
Muliggjørende teknologier i offentlig sektor 260
Hvor er vi i 2030?.....262
Samarbeid, gjenbruk og deling.....263
Avslutning 264

22.
DIGITALE LÆRINGSARENAER 269
Hva trenger vi for å kunne lære?.....271
Nysgjerrighet som drivkraft for læring.....271
Skolen bryter med våre naturlige forutsetninger 272
for å lære
Dataspill – arena for læring 273
Plattformer og stordata som grunnlag for 276
adaptiv læring
Fra naturlig dumhet til kunstig intelligens 278
Virtuell og blandet virkelighet skaper nye 280
opplevelser og nye betingelser for læring
Sosial samhandling og læring 281
Universiteter og voksnes læring.....282
Hva trenger vi å lære? 284
Konklusjon: teknologi, organisasjon eller politikk? 285

Gatelys med solcellepaneler. Foto: Shutterstock.

7.

På vei mot en soldrevet verden

SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK

Erik Stensrud Marstein

Solcelleanlegg installeres i rekordfart. Siden 2016 har solcellekraftverk stått for den største andelen av nybyggede kraftverk av noe slag, målt etter produsert effekt. Prisen har falt enormt og prisfallet ser heller ikke ut til å avta med det første. Mye tyder på at vår verden er i ferd med å bli soldrevet.

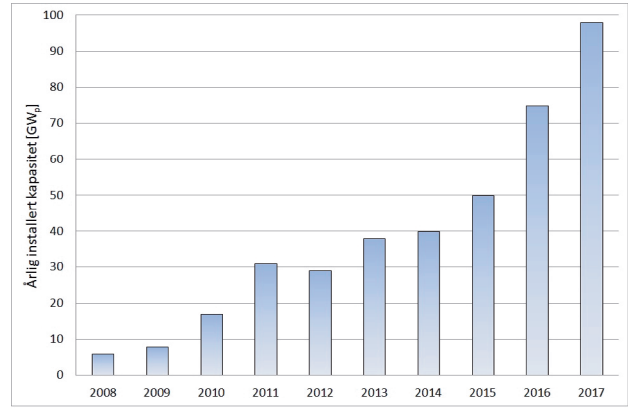
Erik Stensrud Marstein er forskningssjef ved Institutt for energiteknikk (IFE), der han arbeider ved IFEs avdeling for Solenergi. Han er også direktør i forskningssenteret Research Centre for Sustainable Solar Cell Technology (FME SUSOLTECH) og professor II ved Institutt for teknologisystemer ved Universitetet i Oslo. Han har arbeidet med solcelleforskning siden 2003 i tett samarbeid med industri- og forskningspartnere fra Norge og utlandet.

Selv i Norge er det merkbare endringer på gang. Den internasjonale utviklingen har bidratt til å skape grobunn for lønnsom bruk av solceller også her. De siste årene har det norske hjemmemarkedet virkelig satt opp farten. Fremveksten av stadig mer kostnadseffektiv solstrøm kombinert med andre megatrender kan få store konsekvenser for både kraft- og byggebransjen i Norge i årene som kommer.

DEN GLOBALE UTVIKLINGEN

Selv om solcelleteknologien (PV) i dag er en relativt gammel teknologi er det først i årene etter 2000 at PV-bransjen satte fart. Godt hjulpet av strategiske støtteordninger i flere land ble det lagt grunnlag for en stadig mer robust og raskt voksende industri. Veksten i nye installasjoner har vært nærmest eksponentiell, som vist i figur 7.1. Den årlige produksjonen av nye solcellekraftverk har nådd et volum på ~100 GWp[1]. Ingen annen energiform installerer kraftverk med en større effektkapasitet enn solceller for tiden. Selv om produksjonen av strøm selvsagt avhenger av adressen til solcelleanleggene, vil anleggene installert bare i løpet av 2017 gi en årlig strømproduksjon på i størrelsesorden 100–150 TWh.

En viktig forutsetning for, men også konsekvens av volumøkningen, er det faktum at prisen på solstrøm har falt dramatisk. Nå settes rekorder flere ganger i året. De billigste solparkene produserer i dag strøm til en pris under 20 øre/kWh, selv om dette foreløpig representerer spesielt lave priser. Likevel er solstrøm i dag



Figur 7.1 Installert kapasitet for produksjon av solstrøm i verden (2000–2018). Kilde: IEA-PVPS Annual Report 2017.

ofte et billig og konkurransedyktig alternativ i de fleste sammenhenger. Da vi forventer at prisene vil fortsette å synke etter som volumene øker og solcellepanelene fortsetter å bli billigere og bedre, ser fremtiden sannelig lys ut.

I mange land er solstrøm for lengst et attraktivt alternativ for husstander. Kunder som deg og meg ser aldri produksjonsprisen for strøm, men heller en større strømregning og nettleie med flere påslag. Millioner av forbrukere rundt om i verden har allerede installert solceller på takene sine for å redusere strømprisen. Dette er i dag også mulig i Norge på grunn av de lave prisene den internasjonale utviklingen har ledet til.

Da 100 GW_p er et tall få relaterer seg til, er det fristende å by på noen konkreter. Vi snakker her om en installasjon på mellom 350 og 400 millioner solcellepaneler i året, eller rundt regnet en million solcellepaneler hver eneste dag. Disse lages av rundt regnet 25 milliar-

1 IEA-PVPS Annual Report 2017.

der solceller, eller rundt fire for hvert menneske i verden. Enorme fabrikker lager nå solceller og solcellepaneler i et forrykende tempo, døgnet rundt, hver eneste dag.

Den akkumulerte kapasiteten var ved utgangen av 2017 på over 400 GWp. I 2018 vil den nærme seg, kanskje til og med passere, 500 GWp. Målt i totalt produsert elektrisitet (kWh) er verden nå over 2 prosent soldrevet, snart 3 prosent. For bare noen få år siden var den praktisk talt 0. Når vi ser på fremtidsprognosene er det ganske bred enighet om at solceller vil være den desidert største produsenten av strøm i god tid før 2050. Dette åpner for videreutvikling av og vekst i en svært spennende bransje i mange tiår fremover, noe som vil gi oss enda billigere og bedre produkter.

Norge er ikke upåvirket av utviklingen. Vi var tidlig ute i solbransjen og hadde det største antallet solcellepaneler per innbygger, men det er en epoke som for lengst er over. Vårt langstrakte land har nok fyrlykter, hytter, antennestasjoner og andre fjerntliggende steder med strømbehov som har stått for en viss etterspørsel, selv i en tid der solstrøm var dyrt relativt til andre alternativer, men det tok tid før markedet tok av. På grunn av den raske internasjonale utviklingen som har sikret oss tilgang til store volumer av solcellepaneler til en rimelig pris, ser vi i dag flere gode eksempler på lønnsomme solcelleanlegg her i Norge, både på næringsbygg og i private hjem.

De fleste solcellepanelene (>90 %) lages i dag av solceller basert på materialet silisium. Dette er en moden og velprøvd teknologi. Solcellepaneler lages i tråd med internasjonalt avtalte retningslinjer og standarder som skal sikre både høy kvalitet og god produktsikkerhet. Dette gir trygghet for eiere, installatører og finansiører. I tillegg til en omfattende testprosedyre for å godkjenne den enkelte produksjonsteknologi, blir hvert eneste solcellepanel testet før det sendes til og installeres hos en sluttkunde. Mange solcellepaneler selges i dag med garantier opp mot 30 år.

Et viktig moment det ofte er lett å glemme i diskusjonen rundt kostnader og volum er hovedgrunnene til at vi i det hele tatt jobber med solceller. Verden trenger store mengder strøm etter hvert som befolkningen øker og samtidig ønsker seg høyere levestandard. Strømmen bør i tillegg være bærekraftig. Til tross for åpenbare utslipp under selve produksjonen av panelene er solceller et godt, miljøvennlig alternativ sammenliknet med de fleste former for energiproduksjon. Solceller representerer dessuten en av alt for få teknologier som virker som et relevant alternativ til fossil energiproduksjon innenfor en interessant tidsskala med hensyn til tiltakene som trengs for å motvirke de godt varslede klimaendringene. I tillegg til elbiler er solcelleteknologien i dag den eneste teknologien som av FN bedømmes som «i rute» i forhold til denne enorme utfordringen. Dette er selvsagt trist, selv om det viser at solceller virkelig har levert i de siste årene.

UTVIKLINGEN I NORGE

Norge er fortsatt et lite marked i verdenssammenheng, men også her går utviklingen fort. Det norske markedet skiller seg fra et verdensmarked der solparker også er viktige. I Norge er nesten alt av installasjoner gjort på bygg, i all hovedsak på tak. Markedet var beskjedent lenge. Så sent som i 2013 passerte den samlede installerte

kapasiteten her til lands 10 MWp, ifølge tall fra Multiconsult. Innen 2015 hadde den nådd 15 MWp. Deretter tok ting rett og slett av. I 2016 ble det installert mer enn 11 nye MWp, nesten like mye som alle installasjoner opp til da. Installasjonsraten representerte en vekst i årlig installasjonsrate på godt over 400 prosent!

I 2017 kom mer enn 18 MWp på toppen av dette, igjen et solid byks. Den akkumulerte produksjonskapasiteten var dermed ved utgangen av 2017 på rundt 45 MWp. Dersom vi antar at hvert av disse kunne produsert 1000 kWh/kWp ville disse anleggene gitt oss rundt 40 GWh. Dette er selvsagt et lite tall i den norske kraftmiksen i dag, men det er viktig å merke seg at nesten 30 GWh har kommet til bare i løpet av 2016 og 2017! Også 9 av de 10 største anleggene i Norge ble til i løpet av årene 2016 og 2017. Godt over halvparten av den totale kapasiteten har kommet til de siste to årene. Dette går fort!

Det er for mange, også for oss i solbransjen, nesten overveldende å oppleve interessen for solstrøm fra forbrukerne. Til tross for at antallet solcelleanlegg i Norge i dag fortsatt ligger på tusentallet, har over 150 000 unike adresser i løpet av de siste to årene brukt solcelleselskapet Otovos hjemmeside for å beregne lønnsomheten ved installasjon av solceller i eget bygg! Konsekvensene av dette blir det spennende å følge med på i årene som kommer!

De fleste anlegg som bygges i norske hjem i dag har en forventet levetid som langt overstiger den forventede nedbetalingstiden. Solstrøm er dermed et lønnsomt alternativ også her hjemme, selv om marginene for sluttbrukeren foreløpig ikke er de aller største. Men: også her i Norge fortsetter prisfallet, noe som gjør solstrøm til et stadig mer konkurransedyktig alternativ for forbrukerne. Vi er i ferd med å gjøre en voksende andel av våre konsumenter til såkalte «prosumenter», kunder som veksler på å selge strøm til og kjøpe strøm fra nettet.

Det tekniske potensialet for solstrømsproduksjon på bygg i Norge er langt større enn den fortsatt beskjedne installerte kapasiteten i dag. Også her har Multiconsult gjort beregninger. Det tekniske potensialet i bolig- og næringsbygg i Norge i dag antas å ligge på minst 26 TWh, et tall som vil øke til 32 TWh[2] innen 2030[3]. Til tross for at få, om noen, tror at dette potensialet vil nås med det første, om noensinne, viser tallene allikevel at potensialet her til lands kan bli langt større enn mange forventer.

Når man ser på konstnadsstrukturen for solcelleanlegg i Norge i dag, så utgjør selve panelet en stadig mindre andel. De øvrige kostnadene overstiger som oftest 50 prosent og kan i flere tilfeller overstige 75 prosent. Dette gjør det interessant å se på nye måter å redusere installasjonskostnader på. De fleste anleggene er såkalte BAPV-anlegg (Building-Applied PV). Dette er anlegg som nesten uten unntak legges på et allerede ferdig tak, altså utenpå byggets skall, gjerne uten synergier med noe som helst. Solcellepaneler må imidlertid motstå de samme belastningene som flere bygningselementer, og

2 Solenergiklyngen (2018). *Solcellesystemer og sol i systemet.* Rapport. Oslo: Multiconsult, Asplan Viak og Solenergiklyngen.

3 Solenergiklyngen (2018). *Solcellesystemer og sol i systemet.* Rapport. Oslo: Multiconsult, Asplan Viak og Solenergiklyngen.

Figur 7.2 Bygningsintegrert solcelleanlegg på Brynseng Skole i Oslo. Foto: Lisa Kvalbein, IFE.

Figur 7.3 Bygningsintegrert solcelleanlegg på Oseana i Osøyri. Foto: Lisa Kvalbein, IFE.

det er derfor en trend der man i økende grad forsøker å erstatte andre bygningselementer med solcelleanlegg.

I Norge, hvor solen står relativt lavt på himmelen, er både fasader og tak attraktive for slike løsninger. Bygningsintegrerte solcelleanlegg (BIPV: Building-Applied PV) er et knippe teknologier som kan redusere installasjonskostnadene betraktelig, dels gjennom å bruke solstrømsproduserende tak- og fasadeelementer som erstatning for andre relativt kostbare elementer, og dels gjennom å redusere total tid og innsats forbundet med totalinstallasjonen. Selv om BIPV er en internasjonal trend er flere norske bygg med på å definere denne. Noen gode eksempler på bruk av BIPV i Norge i dag er Oseana, Solsmaragden, Brynseng skole, Kiwi Dalgård og Powerhouse Brattørkaia. Brynseng skole er vist i figur 7.2 og Oseana i figur 7.3. Selv innenfor BIPV begynner volumet også i denne delen av bransjen å bli såpass stort at det er vanskelig å holde oversikt over alt som skjer.

SOLCELLER I SMARTE HUS

Fremveksten av kostnadseffektive solcellepaneler i massiv skala kan ses på som en revolusjon og beskrives ofte som en megatrend. Vi tror imidlertid den virkelige revolusjonen følger når denne megatrenden ses i lys av parallelle megatrender. Innføringen av store mengder uregulert og høyst variabel kraft nødvendiggjør utviklingen av en rekke teknologier og systemer som gjør det mulig å håndtere dette. I det følgende kommer noen eksempler på hvordan solbransjen kan dra veksler på parallelle løp og følgelig få langt større betydning for den norske kraft- og byggebransjen i årene som kommer.

Batteriene kommer: En parallell, og hittil stort sett uavhengig utvikling har vært fremveksten av batterier i stor skala, primært tiltenkt biler. I løpet av de siste årene har det imidlertid blitt stadig vanligere å vurdere bruk av batterier også i hus og solkraftverk. Et batteri muliggjør flere ting på en gang. Det blir mulig for et solkraftverk, uansett skala, å utsette salg av strømmen til markedet til et tidspunkt med høyere strømpris. Dette er et viktig insentiv, spesielt i markeder hvor solstrømsandelen allerede er så stor at den presser strømprisen ned på dagtid. Tyskland er et nærliggende eksempel på dette. Et batteri gjør det også mulig å øke egenforbruket av solstrøm, noe som kan gjøre det enkelte hus grønnere. Dette er ofte et politisk uttalt mål. I tillegg kan man redusere effektbehovet. Ved å bruke batteriet til å spre de største effekttoppene ut i tid kan man redusere både effektrelaterte kostnader på strømregningene (effekttariffene kommer) og til og med redusere kostnadene for det totale transmisjonsnettet.

En attraktiv egenskap ved batterier, som også gjelder solcelleanlegg, er modulerbarheten. Kapasiteten kan økes i trinn, noe som gjør det mulig å spre investeringen og risikoen over flere år. Et lite batteri fikser en time i dag. Om et par år frakobler vi oss kanskje fra nettet store deler av dagen, eller til og med hele dager av gangen. Dette kan gjøres med batterier installert spesielt for formålet. Imidlertid er det også slik at elbiler har en stor og økende batterikapasitet som foreløpig er nesten komplett uutnyttet i denne sammenhengen. Enkeltforbrukere kan selvsagt lade sin elbil med sitt solcelleanlegg. Desto mer spennende blir det når elbileierne gjør deler av sin batterikapasitet tilgjengelig for strømprodusentene og netteierne. Det blir svært spennende å se hvordan ulike batterier blir tatt i bruk i årene som kommer.

Laststyring: En annen megatrend er fremveksten av tingenes internett (IoT, Internet of Things). I fremtiden blir stadig flere av våre husholdningsartikler smarte, og der smartheten uteblir er det fortsatt relativt lett å installere programmerbare brytere. Dermed blir smart laststyring et interessant alternativ for å håndtere utfordringene knyttet til variabel kraftproduksjon, både lokalt og regionalt. En varmtvannsbereder representerer, for eksempel, en god mulighet til å virke som et batteri med betydelig kapasitet. Varmtvannet kan varmes opp mest på dagtid når solen står på og husets beboere er på jobb eller i skole eller barnehage. Likeledes kan generell oppvarming eller kjøling, i tillegg til enheter så ulike som vaskemaskiner og autonome gressklippere, automatisk settes til å bruke strøm når den er billigst og mest tilgjengelig.

«Forecasting»: For å optimalisere stadig mer kompliserte energisystemer i hus bestående av solcellepaneler og tilhørende kraftelektronikk, batterier og andre lagringsenheter, samt ulike programmerbare laster, blir såkalt forecasting stadig viktigere. Forecasting er rett og slett fremtidsprognoser av strømproduksjon, som for solceller vil avhenge av meteorologiske data, spesielt innstråling og temperatur. Relativt presise anslag av forventet strømproduksjon på kort (<1h) og mellomlang (<6–24h) sikt, samt forecasting av forventet belastning, er under utvikling. Da vi i tillegg regner med at de

aller fleste energisystemer vil være koblet til strømnettet på en eller annen måte i overskuelig fremtid, er også en fremskriving av forventet markedspris interessant. Mange av disse finnes til en viss grad allerede, og det er flere spennende løp på gang der utvikling av bedre algoritmer for forecasting er et sentralt tema. Disse spiller ofte på megatrendene innenfor maskinlæring og stordata, i tillegg til den økte erfaringen rundt bruk av solcellepaneler generelt.

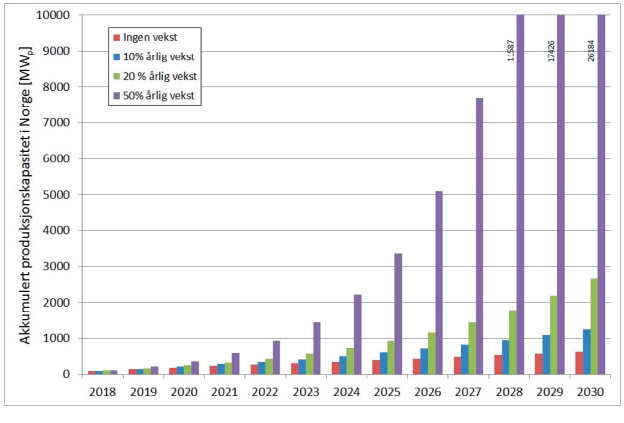
Beslutningstakere i systemet: Fremveksten av kunstig intelligens, maskinlæring og stordatametodikk legger også grunnlaget for den siste funksjonaliteten vi vil komme inn på her. De færreste brukere av solcelleanlegg i hus vil være nevneverdig interessert i, ei heller i stand til, å fatte de nødvendige beslutninger som må til for å bestemme når solcelleanlegget skal produsere for å dekke eget forbruk, fylle batterier eller selge strømmen på nettet, for å bestemme om batteriet skal kjøpe eller selge strøm, eller hvilke av lastene i systemet som skal skrus av eller på. Her vil kognitive systemer spille en viktig rolle.

I årene som kommer vil energisystemet kunne inneholde en eller flere beslutningstakere som, basert på den tekniske informasjonen om systemet og dets tilstand, samt ulike fremskrivinger for forventet solstrømsproduksjon, strømforbruk og strømpris, sikrer optimal bruk av solstrømmen og optimal regulering av den enkelte komponent. Forhåpentligvis bygges disse systemene på plattformer som sikrer fremveksten av en stor, bred og spennende bransje. Denne bransjen vil kunne lære mye av spennende teknologiutvikling både innen finansbransjen (fintech) og telekommunikasjon.

KONKLUSJON

Det er vanskelig å spå hva fremtiden vil bringe. Vi mener imidlertid at den rivende utviklingen gjennom de siste tiårene tydelig har vist at solceller har kommet for å bli. Selv i Norge er solressursen betydelig. Vi har en relativt fremoverlent og miljøbevisst byggebransje som gradvis får mer erfaring med solcelleanlegg. Vi har myndigheter som forsøker å legge til rette for fremveksten av et mer miljøvennlig samfunn. Og vi ser at digitaliseringen av samfunnet setter fart.

For å illustrere muligheten tillater vi oss helt til slutt å forsøke oss på et anslag av forventet solcellekapasitet i Norge innen 2030 for ulike vekstrater. Dersom den raske veksten fortsetter, noe som kan understøttes av stadig tøffere krav til miljø i byggebransjen, kan solstrøm bli en virkelig betydelig bidragsyter til vår totale strømproduksjon.



Figur 7.4 Mulige prognoser for utviklingen av solstrøm i Norge frem mot 2030.