

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 eksemplarframstilling
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.

Teknologi 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 omhandler 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 nå 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

INNHOOLD

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
	Smarterhet 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	Ingen korrupsjon – ingen risiko95
	Elementer som del av energieffektivisering65	Smarte kontrakter96
	Energieffektiv prosessering66	Energisløsning97
	Utnyttelse av overskuddsvarme67	PSD2 og «Open Banking»97
	Energilagring i et integrert energisystem.....68	IOT og M2M99
	Industriklynger – integrasjon av energikilder68	
	og -sluk på tvers av sektorer	
	Alternative energibærere og karbonfangst70	
	Perspektiver for fremtiden.....71	
6.	KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG73	9.
	Hva er et nullutslippsbygg?75	UTEN SJÅFØR.....101
	Varmeisolasjon og tetting76	Elektrifisering og brenselcelleteknologi.....103
	Klimatisering77	Pris og attraktivitet104
	Fra nullutslippsbygg til nullutslippsområder.....78	Automatisering/selvkjørende biler.....105
	Den mest miljøvennlige energien er den man	Jus og sikkerhet107
	ikke bruker	Digitalisering108
	Gode steder å være79	Handel109
7.	SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK 83	Forretningsmodeller109
	Den globale utviklingen.....84	Den oppkoblede bilen110
	Utviklingen i Norge.....85	Begreper.....111
	Solceller i smarte hus.....87	Kilder111
	Konklusjon89	
8.	TRENGER VI BANKEN?91	10.
	Mobilt internett92	TOG SOM TENKER SELV113
	Konkurransesituasjonen endres.....93	Fra gammel til ny teknologi.....114
	Person til person (P2P).....94	Trafikklysene forsvinner.....115
	Bitcoin og blokkjede94	Trafikkstyring115
		Selvkjørende autonome tog.....116
		Automatisering116
		Batteri eller hydrogen?117
		Mobilitetsaktør117
		Kundetjenester.....118
		Jernbanens rolle blir utfordret118

11.**SJØTRANSPORT SLÅR TILBAKE121**

Sjøtransportens rolle i den globale økonomien	122
Hva betyr de globale megatrendene for fremtidens sjøtransport?	
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk	123
Teknologiutviklingen	124
Teknologi for redusert utslipp	126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk og utslipp	127
Drivkraft 2: teknologirevolusjonen	128
– fra Industri 4.0 til Shipping 4.0	
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 KONKURRANSEKRAFT147**

Hva er produktivitet?	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 produktivitet	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 MENNESKEHENDER165**

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 LYTTETIL 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 anleggskonsepser.....	197	
Mer eksponerte anlegg	198	
Hvor er vi på vei?	198	
17.		
BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG	201	
Dagens situasjon	202	
Bygningsinformasjonsmodeller og parametriske	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 mediens 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
Problemerkaffelse – å få et oppdrag	245
Informasjonsinnhentning 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 LÆRINGSARENAER269**

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



Den beste og billigste kilowattimen er den du ikke benytter. Du slipper å produsere den, og den medfører ingen utslipp eller andre miljøkonsekvenser. Redusert spesifikt energiforbruk er viktig for verdiskapingen og lønnsomheten i industrien og samfunnet.
Foto: Shutterstock.

5.

Energibruk og utslipp i industrien

DEN BILLIGSTE KILOWATTIMEN

Petter Nekså og Petter E. Røkke

Den beste og billigste kilowattimen er den du ikke benytter. Du slipper å produsere den, og den medfører ingen utslipp eller andre miljøkonsekvenser. Redusert spesifikt energiforbruk er viktig for verdiskapingen og lønnsomheten i industrien og samfunnet.



Petter Nekså er utdannet maskin-ingeniør med doktorgrad fra NTH. Han er sjef for forskning ved SINTEF Energi og professor II ved NTNU. Han har ledet en rekke store Forskningsråds-, EU- og industriprosjekter, er vitenskapelig koordinator i FME HighEFF og er aktiv i FN's miljøvernorganisasjon UNEP.



Petter E. Røkke er utdannet maskin-ingeniør med doktorgrad fra NTNU. Han er forskningssjef for avdeling for Termisk energi i SINTEF Energi og senterleder for FME HighEFF. Internasjonalt er han leder for *Energy Efficiency in Industrial Processes*, et av delprogrammene i European Energy Research Alliance.

Energieffektiv produksjon har spilt en viktig rolle for norsk industri i utnyttelsen av våre rike ressurser fra vannkraft, mineraler og etter hvert olje og gass fra norsk kontinentalsokkel. Nå er det viktigere enn noen gang å utvikle industrien mot enda mer effektiv bruk av energiresursene, samtidig som man finner løsninger som minimerer utslippene av klimagasser. Dette krever utvikling av ny teknologi og nye løsninger.

Norsk industri representerer de klart største klimagassutslippene, i 2017 totalt 27 millioner tonn CO₂eq, fordelt på landbasert industri og bergverk 12,3 og olje og gassutvinning 14,7 mill. tonn CO₂eq¹. Dette tilsvarer 52 prosent av Norges totale utlipp.

Industrien er også største forbruker av energi, for Fastlands-Norge 66,5 TWh i 2015². Legger en til «Energinæringer på fastlandet» med 15,8 TWh og «Offshore kraftproduksjon», med 50 TWh, forbrukes totalt 132,5 TWh, som utgjør 47,5 prosent av det totale energiforbruket.

Tiltak i industrien gir følgelig stort potensial for reduksjoner i energiforbruk og utlipp. Situasjonen i Norge er veldig spesiell, med et meget stort innslag av vannkraft i kraftforbruket. NVE angir en CO₂-intensitet for norsk kraft på 12,4 g/kWh, altså meget lavt sammenliknet med EU på om lag 300 g/kWh. Indirekte utlipp som følge av kraft forbrukt fra nettet er følgelig neglisjerbare. Internasjonalt fører energieffektivisering

også til lavere utlipp som følge av stort innslag av fossile energikilder (kull, gass etc.) i kraftproduksjonen.

Ifølge oversikter fra International Energy Agency (IEA)³ er 18 prosent av de globale CO₂-utslippene knyttet til industrien. Videre forventer IEA i streben etter å nå 2-gradersmålet at energieffektivisering skal stå for 14 prosent av utslippsreduksjonen fra industri i tiden frem til 2040.

Nasjonalt, på Norges fastland, har energieffektivisering relativt sett større effekt for verdiskapingen basert på energiresursene. Med norsk vannkraft som basis er vi i en unik posisjon til gjennom norsk næringsutvikling både å kunne utvikle produkter med lavt CO₂-fotavtrykk, og å bli en viktig leverandør til Europa av utslippsfrie produkter og energi. Her kan også andre CO₂-frie energibærere enn elektrisitet, eksempelvis hydrogen, spille en viktig rolle, i tillegg til CO₂-håndtering.

Forskning og utvikling må spille en viktig rolle for å realisere potensialet. Energi21⁴ publiserte i 2018 en oppdatert strategi som peker på prioriterte områder for forskning og utvikling innen energi. Et viktig satsingsområde er «Klimavennlig energieffektiv industri inklusive CO₂-håndtering». Den løftet også frem viktigheten av «Digitaliserte og integrerte energisystemer» som et altomfattende område som omfatter alle energirelaterte infrastrukturer og samspillet mellom disse. Begge disse satsingsområdene er viktige for å oppnå de overordnede mål om verdiskaping, redusert energibruk og klimagassutlipp og konkurransedyktig næringsliv innen energisektoren.

¹ Statistisk sentralbyrå, <https://www.ssb.no/klimagassn/>

² NVE (2017). *Energibruk i Fastland-Norge. Historisk utvikling og anslag på utvikling mot 2020* (Rapport nr. 25-2017). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

³ <http://www.iea.org/etp/>, 2017.

⁴ www.energi21.no, 2018.

ELEMENTER SOM DEL AV ENERGI-EFFEKTIVISERING

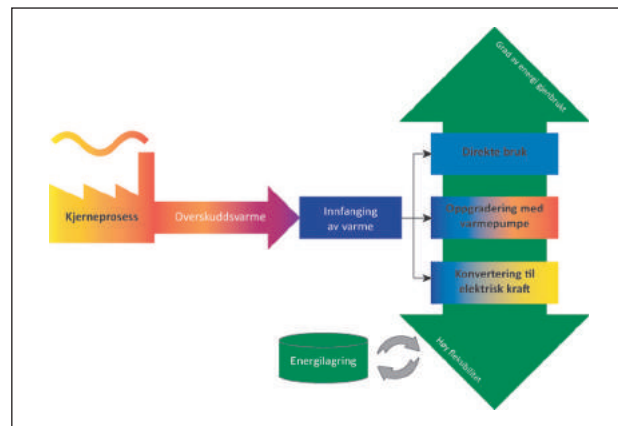
Skjematisk kan en betrakte viktige elementer i energisystemet til en industribedrift som vist i figur 5.1. Noen viktige tema:

- Energieffektiv prosessering: Redusere energibruken i enhver kjerneprosess for å levere et produkt. Ved å studere prosessene og utvikle løsninger/teknologier som er mer effektive vil disse bedriftene kunne levere «mer produkt for samme energikostnad», altså mer verdiskapning for hver kWh som brukes. Industriprosesser fra Norges viktigste sektorer olje, gass og energi, metallindustri og næringsmiddel/kjemisk industri er alle avhengige av energi-intensive prosesser.
- Utnyttelse av overskuddsvarme: Enhver reell produksjonsprosess med tilførsel av energi genererer tap som gir overskuddsvarme. Varme med høy temperatur, typisk over 300 °C, kan ofte kostnadseffektivt konverteres til kraft, eller utnyttes internt i bedriften. Lavere temperaturnivå, typisk 30–300 °C, krever nye løsninger og utvikling.
- Energilagring: Det å kunne utnytte generert overskuddsvarme når det er behov for energi i andre prosesser krever løsninger for energilagring både med kort og lang tidshorizont. Optimal integrering av slike teknologier og løsninger i energisystemet blir viktig. Det gjelder spesielt prosesser hvor overskuddsvarme er uforutsigbar eller transient (for eksempel støping og tapping i metallindustrien).
- Industriklynger: I tråd med punktene ovenfor blir det viktig å knytte sammen energikilder og energislukbrukere, spesielt i områder med mye industri hvor det

kan etableres bedre integrering på tvers av sektorer og industriaktører, men også for å skape ny industri hvor et samspill er fordelaktig. Sirkulærøkonomi er også tett knyttet opp mot dette (for eksempel ved å utnytte restprodukter).

Parallelt med ambisiøse mål for redusert energibruk og reduserte utslipp vil det være viktig med fokus på lønnsomheten av tiltakene. Investeringer i energieffektiviseringstiltak vil alltid konkurrere med alternative tiltak, gjerne tiltak som ligger nærmere primæroppgavene til bedriften, eksempelvis å produsere et gitt antall eller kvantum av et bestemt produkt. Lønnsomhet er derfor avgjørende for å sikre bedriftens konkurransedyktighet.

I fortsettelsen utdypes temaene over ytterligere, samt noen andre teknologitrender som bidrar til en mer energieffektiv og utslippsgjerrig industri i Norge.



Figur 5.1 Skematisk fremstilling av viktige elementer for faglig fokus. Illustrasjon: T. Andresen, SINTEF Energi.

ENERGIEFFEKTIV PROSESSERING

Redusert energiforbruk i primærprosessene i en bedrift betyr å redusere forbruk av elektrisitet og andre primærenergikilder som olje og gass. Her er det viktig å bemerke at det er det spesifikke forbruket som søkes redusert, altså reduksjon i antall kWh brukt for å produsere eksempelvis et kilogram aluminium. Med andre ord kan en produsere mer for en gitt innsats av energi. Myndighetene har satt overordnede mål for reduksjon i energiforbruk og utslipp av drivhusgasser. Fremtidig potensial for energieffektivisering innen ulike sektorer er imidlertid veldig ulikt.

For enkelte industrier har man allerede utviklet nye konsepter som kan møte disse målene, og teknologiene er under implementering. Et eksempel er innen meieri-sektoren⁵, hvor målene ble oppnådd gjennom implementering av innovative kulde- og varmepumpeløsninger og økt integrering internt i prosessen.

For andre industrier og sektorer kan dette være langt mer utfordrende. Flere industrier har arbeidet aktivt over mange år for å redusere spesifikt energiforbruk, ofte fordi energikostnaden har vært en dominerende del av produksjonskostnadene. Videre reduksjoner for dagens teknologi er da svært utfordrende. Et eksempel er produksjon av aluminium ved elektrolyse. Her har det spesifikke energiforbruket blitt redusert med nær 40 prosent de siste femti årene⁶. Ytterligere reduksjonsmulig-

heter i kjerneprosessen for gjeldende teknologi er til stede, men er krevende. Norsk Hydro sin teknologipilot på Karmøy søker å redusere energiforbruket ytterligere. Målet er å produsere 15 prosent mer energieffektivt enn verdensnittet og med verdens laveste CO₂-fotavtrykk.

Det største potensialet for videre reduksjon i netto kraftforbruk finnes trolig i utnyttelse av overskuddsvarme, enten eksternt eller til kraftproduksjon, som igjen kan redusere netto strømforbruk. Alternativt kan en søke helt nye prosesser og teknologi, men ingen åpenbare muligheter har fremkommet så langt

Aluminiumselektrolyse gir også utslipp av klimagasser, med PFC (perfluoreerte forbindelser) og CO₂ som de viktigste. Utslipp av PFC har blitt redusert med om lag 80 prosent i løpet av de siste tretti årene på global basis⁷. I Norge, hvor det benyttes fornybar elektrisitet fra vannkraft, dannes kun CO₂ som slippes ut i elektrolysebadet. Denne fortynnes kraftig ved blanding med luft og lar seg derfor vanskelig fange uten store kostnader. Nye anodematerialer, som biokarbon, eller nye prosesskonsepter synes mest nærliggende om disse utslippene skal reduseres.

Her må det legges til at norsk aluminiumsproduksjon gir veldig lave CO₂-utslipp sammenliknet med produksjon i land hvor elektrisiteten er produsert med kull eller andre fossile energikilder. Faktisk er utslippene så lave at disse mer enn kompenseres som følge av mindre

5 Karoline H. Kvalsvik, <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/eg-fekk-to-veker-til-a-gjere-eit-meieri-meir-energieffektivt/>, 2017 og Novel Dairy Energy system with HTHP, https://www.sintef.no/globalassets/project/higheff/case2engtineo9_14.pdf, 2017.

6 Energiforbruk oppgitt av Hydro Aluminium relativt til Karmøy

Plant 1967.

7 Kvande, H. & Welch, B.J. (2018). How to Minimize the Carbon Footprint from Aluminum Smelters. *Light Metal Age*, February 2018, 28–42.

utslipp ved bruk av aluminium som alternativ i en rekke bruksområder.

UTNYTTELSE AV OVERSKUDDSVARME

En prosess vil alltid være beheftet med tap. Dette betyr at man må tilføre mer energi enn om en hadde en ideell tapsfri prosess. Tapene avgis hovedsakelig som overskuddsvarme, eksempelvis via eksosgassen fra prosessen. Som indikert i figur 5.1 er det prinsipielt tre muligheter for å utnytte denne varmen. Direkte bruk vil oftest være rimeligst om det finnes behov internt eller eksternt ved det temperaturnivået varmen er tilgjengelig ved, eksempelvis til fjernvarme.

Ofte er det imidlertid veldig mye varme tilgjengelig som ikke lar seg utnytte direkte. En mulighet er da å oppgradere varmen til et høyere temperaturnivå hvor det finnes behov for varmen internt i prosessen eller eksternt. Eksempelvis kan varme ved 80 °C utnyttes som varmekilde i en varmepumpe som leverer varme til å produsere damp ved 120 °C. Dette er damp som i dag produseres med fossile brenslere eller elektrisitet direkte.

En del slike varmepumpeanlegg har allerede blitt installert. For industrielle varmepumper som kan operere ved høye temperaturer er det imidlertid et utviklingsbehov. Stikkord er utvikling av muliggjørende teknologikonsepter, kostnad, effektivitet, pålitelighet og bruk av arbeidsmedier som ikke bidrar til negative miljøeffekter ved lekkasje til omgivelsene. En viktig mulighet er å benytte medier i gruppen naturlige medier, som forekommer naturlig i biosfærens kretsløp, eksempelvis vann, CO₂, ammoniakk og hydrokarboner. Dermed er en sikker på at lekkasjer til omgivelsene ikke vil ha

uønskede miljøeffekter på lang sikt, slik KFK- og HFK-mediene viste seg å ha.

Ofte er det imidlertid ikke behov for varmen hverken direkte eller i oppgradert form nært der varmen genereres. Kraftkrevende industri eksempelvis, er ofte lokalisert langt fra mulige brukere. Alternativet kan da være å utnytte varmen som varmekilde i en varme-til-kraft-prosess, mest nærliggende i en Rankine-prosess (f.eks. varmegjenvinning til fordamping av et arbeidsmedium ved høyt trykk som så utnyttes i en turbin). Da produseres elektrisitet fra en generator som kobles til turbinen i prosessen. Elektrisitet gir full fleksibilitet til utnyttelse internt i samme industri, eller den kan mates inn på strømmettet. En slik løsning begrenses imidlertid av temperaturnivået varmen er tilgjengelig på, investeringskostnader for anlegget og alternativ elektrisitetspris.

I dag kan anlegg med kapasitet i MW-klassen som utnytter varmekilder med temperaturer over 400 °C gi god økonomi. Veldig store mengder overskuddsvarme i norsk industri er imidlertid tilgjengelig i temperaturområdet 80–250 °C,⁸ ofte også i form av en skitten gass hvor det er problematisk og potensielt kostbart å fange varmen. Utviklingsbehov som da må fokuseres er typisk;

- utvikling av driftssikre og rimelige varmevekslere for å hente ut varmen,
- mer effektive og rimeligere anlegg som benytter naturlige arbeidsmedier,
- alternative og effektive prosessløsninger.

⁸ Nekså, P & Hemmingsen, A.K.T. Kronikk i Dagens Næringsliv 01.04.2016: Spillvarme inn i varmen. Denne ble også gjengitt i Gemini <https://gemini.no/2016/04/spillvarme-inn-i-varmen/>

ENERGILAGRING I ET INTEGRERT ENERGISYSTEM

Behovet for energilagring blir større og større ved introduksjon av intermittert fornybar kraft. Stikkord er da gjerne regulerbar vannkraft, batterier og hydrogen. I industrien er termisk energilagring ofte vel så aktuelt. Med termisk lagring kan lagring av energi på ulike temperaturnivå være aktuelt, fra høye temperaturer, kanskje opp til flere hundre grader Celsius, til kuldelager ned til $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, eller til og med ned til temperaturer for flytende luft for større energilagre.

Innen næringsmiddelsektoren er kuldelagring fra 0 til $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ veldig aktuelt. Kuldebehovet i en næringsmiddelbedrift varierer ofte mye over døgnet. I dag blir kuldeanlegget ofte dimensjonert for maksimalt behov. Ved å ha et kuldelager som lades når behovet er lite og utnyttes til å tilfredsstille et maks behov, kan en redusere dimensjonerende kuldeytelse for kuldeanlegget. Dette gir lavere investeringskostnader og økt effektivitet for kuldeanlegget ved at dette kan driftes med stabilt høy kapasitet. I nær fremtid er det også aktuelt med differensierte strømpriser over døgnet. Ved bevisst utnyttelse av perioder med lave elektrisitetspriser til å lade kuldelageret kan energikostnadene reduseres. En viktig utfordring for å lykkes med dette er utvikling av kuldelagerløsninger som er effektive og rimelige nok. Her arbeides det med ulike konsepter, som lagring i is fra vann ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) og tørris fra CO_2 ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Termiske lager ved høyere temperaturer kan utnyttes på tilsvarende måte, eksempelvis for å fange varme fra intermitterte varmekilder som varme fra støpegods eller fra solvarme. Varme fra lageret kan utnyttes for utjevn-

ing, som for kuldelagre, eller for å tilfredsstille mer konstante behov, eksempelvis dampproduksjon til en industriprosess eller for kraftproduksjon i en varme-til-kraft-prosess.

Det arbeides med utvikling av nye fluider energilagring, såkalte faseendingsmaterialer (PCM, Phase Change Materials). Energi tilgjengelig lagres med høyere energitetthet i et materiale som endrer fase og hvor energi kan frigjøres når materialet endrer fase tilbake til utgangspunktet. Enkleste eksempel på et slikt materiale er vann som har smelte- og koketemperatur innen områder som er anvendbare for mange industrielle applikasjoner, men det utvikles også mer avanserte materialer som er tilpasset spesifikke anvendelser og temperaturnivå⁹.

INDUSTRIKLYNGER – INTEGRASJON AV ENERGIKILDER OG -SLUK PÅ TVERS AV SEKTORER

Industriklynger, hvor en eller flere bedrifter utnytter overskuddsvarme eller overskudds materialstrømmer fra andre bedrifter lokalisert i samme område gir mange muligheter. Ved samlokalisering kan en oppnå optimal utnyttelse av energi- og materialstrømmer på tvers av industrielle sektorer, og dermed øke effektiviteten og minimere utslipp fra klyngen. Det finnes allerede noen relevante etablerte industriklynger i Norge. En av disse

9 Alexis Sevault, What are Phase Change Materials? <https://blog.sintef.com/sintefenergy/phase-change-materials-pcm/>, 2018.

er Mo Industripark¹⁰ hvor det langsiktige målet er å skape en av verdens grønneste industriparker. I dag gjenvinnes over 400 GWh energi, og det er et mål å øke dette til 620 GWh. I tillegg utnyttes en rekke materialstrømmer mellom ulike bedrifter i klyngen, for dermed å øke den totale verdiskapingen.

De eksisterende industriklyngene søkes videreutviklet, samtidig som det arbeides med mulige fremtidige klynger som kan gi lovende kombinasjoner av bedrifter for optimal utnyttelse av ressursene.

Å studere etablerte industriklynger er viktig av flere årsaker. Åpenbart er det et viktig aspekt å videreutvikle eksisterende klynger for å oppnå enda bedre ressursutnyttelse, bedre lønnsomheten og å skape flere arbeidsplasser. Minst like viktig kan det være å studere vellyk-



Figur 5.2 Mo Industripark. Foto: MIP.

10 Mo Industripark web page, <http://www.mip.no/>

kede etablerte klynger for å lære hva som fungerer og hvilke utfordringer som har oppstått over tid, enten det er teknologiske barrierer eller om det er juridiske eller formelle barrierer. Dette kan dermed brukes som utgangspunkt for å oppnå vellykkede satsinger andre steder.

Fra mange industrier, og kraftkrevende industri i særdeleshet, finnes det store mengder overskuddsvarme som i dag ikke har vært mulig å utnytte i vesentlig grad. En mulighet kan være å etablere en tilgrensende industri som kan utnytte denne varmen. Typiske eksempler som har vært studert og etablert er innen fiskeoppdrett eller algedyrking¹¹. Finnfjord AS har etablert et industrielt pilot-anlegg for å dyrke alger basert på avgassene fra produksjonen. Målet er at en skal kunne produsere lipider og samtidig rense CO₂ fra avgassene.

Et viktig element i videre kartlegging blir hvordan andre naturgitte konkurransefortrinn kan utnyttes i kombinasjon med store mengder tilgjengelig varme, eksempelvis tilgang på mye rent vann, rimelig strøm, nærhet til havn og råstoff fra havet.

Videre vil effektive løsninger for energilagring og energibærere kunne utvide industriklynge-begrepet til større avstander, slik at eksisterende kilder og brukere kan knyttes sammen i større områder.

11 Tore Stensvold, Smelteverket bruker restvarmen til å dyrke alger og utnytter eksosvarme til el-produksjon, <https://www.tu.no/artikler/smelteverket-bruker-restvarmen-til-a-dyrke-alger-og-utnytter-eksosvarme-til-el-produksjon/377858>



Figur 5.3 FoU ved Finnfjord. Foto: Finnfjord/Tommy Stefussen.

ALTERNATIVE ENERGIBÆRERE OG KARBONFANGST

Norsk industri benytter i stor grad fornybare energikilder i sin produksjon. Fossile innsatsfaktorer er imidlertid brukt i en rekke prosesser, eksempelvis som innsatsfaktor i metall- og kjemisk industri eller til kraftproduksjon i offshore-industrien. Et alternativ for å redusere CO₂-utslippene som følge av disse innsatsfaktorene vil være å utføre karbonfangst fra røykgassene. Siden disse røykgassene ofte har veldig lav konsentrasjon av CO₂ vil det gjerne bli kostbart og energikrevende å fange CO₂ fra gassen.

Et alternativ kan i noen tilfeller være å bruke hydrogen som innsatsfaktor fremfor fossile innsatsfaktorer. For-reduksjon av ilmenitt er et eksempel hvor hydrogen vurderes som alternativ av TiZir i Tyssedal. For at dette

skal gi reduserte utslipp må hydrogenet være produsert fra fornybare kilder eller fra fossile kilder i kombinasjon med karbonfangst.

CO₂-fritt hydrogen kan også benyttes for å redusere utslipp eksempelvis ved amoniakkproduksjon og i raffinerier. Hydrogen kan også benyttes til å tilfredsstille høytemperatur varmebehov, som alternativ til eksempelvis olje eller gass. Videre vil det kunne benyttes som drivstoff i gassturbiner for kraftproduksjon. Potensielt sett kan dette gjøre kraftproduksjon offshore utslippsfri.



Figur 5.4 Utstøping hos TiZir. Foto: TiZir.

I Norge ligger forholdene veldig godt til rette for hydrogenproduksjon med veldig lave CO₂-utslipp, både ved elektrolyse basert på fornybar kraft og fra naturgass med karbonfangst og lagring.

Mange industriprosesser krever imidlertid karbon i prosessen. Mye alternativ her vil da bli alternative prosesser, bruk av biokarbon, eller karbonfangst fra røykgassen.

PERSPEKTIVER FOR FREMTIDEN

Fokus på energieffektivisering i industrien spiller en avgjørende rolle for å redusere behovet for ny kraft og for å redusere utslipp av drivhusgasser. Samtidig bidrar energieffektivisering til å styrke konkurransekraften for norsk næringsliv, og dermed opprettholde og skape nye arbeidsplasser som kan møte de krav som vil stilles i fremtiden.

I beskrivelsen gjengitt her har aspekter direkte relatert til teknologiutvikling rundt viktige elementer for energieffektivisering blitt beskrevet. Det er viktig å påpeke at kunnskap fra andre teknologiområder også vil være muliggjørende og til dels avgjørende.

Et viktig område er digitalisering. Digitalisering gir eksempelvis helt andre muligheter for innhenting av prosessinformasjon enn kun få år tilbake. Ved analyse og bruk av disse data kan informasjonen benyttes til overvåking og optimal kontroll av prosessene, noe som igjen kan muliggjøre helt nye konsepter for energioptimal prosesskontroll. Energieffektivisering er i seg selv drivende for implementering av gode digitaliseringsløsninger.

Et annet eksempel er utnyttelse av mulighetene 3D-printing gir, blant annet for desentral produksjon. Nylig annonserte BMW at de hadde produsert sin del nummer 1 million¹². Teknikken kan også benyttes til å skrive ut avanserte modeller for illustrasjon, for i neste steg å produsere funksjonelle prototypkomponenter. Kanskje kan det noe lenger frem tenkes at teknikkene kan konkurrere som produksjonsteknikk også for spesialiserte komponenter, eksempelvis avanserte varmevekslere.

Med de naturgitte forutsetninger, sterke fagmiljøer og kunnskapsrike industrier som finnes i Norge, ligger alt til rette for å kunne videreutvikle norsk industri mot fremtidens lavutslippssamfunn. Forskning, utvikling og utdanning gjennom FME HighEFF¹³ og tilsvarende prosjekter er viktige verktøy for å oppnå dette målet.

¹² Marcus Williams, https://automotive-logistics.media/news/bmw-produces-millionth-3d-printed-part#.W_JoRJpkU48.twitter, 2018.

¹³ FME HighEFF web page: <https://www.sintef.no/projectweb/higheff/>