

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.

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
	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
	Energisløsning	97
	PSD2 og «Open Banking»	97
	IOT og M2M	99
9.	UTEN SJÅFØR.....	101
	Elektrifisering og brenselcelleteknologi.....	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?	
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk	123
Teknologiutviklingen	124
Teknologi for redusert utslipp	126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk og utslipp	
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	
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 produksjonsvirksomhet?	148
Fra «verkstedet nede i gata» til en verdensledende nisjeindustri	
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	
Hvordan digitale tvillinger endrer industrier	160
– eksempel fra KONGSBERG	
Industribedriften bygger nye tjenester til sluttkunden – eksempel fra Yara	

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

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



Roboter bidrar til sikrere og mer effektiv produksjon av mat. Foto: ABB.

14.

Fremtidens matproduksjon

UBERØRT AV MENNESKEHENDER

Ingrid Måge, Einar Risvik og Jens Petter Wold

Selv om brødet og osten er de samme som i gamle dager, kan de i dag fremstilles automatisk, uten å berøres av menneskehender. Men det stopper ikke der. Digitalisering av matindustrien kan også bidra til en grønnere klode, en sunnere befolkning, og bedre matopplevelser for deg og meg.



Ingrid Måge er sivilingeniør i kjemi fra NTNU med doktorgrad i multivariat dataanalyse. Jobber som forsker i Nofima med å finne mønstre og sammenhenger i store datasett. Anvendelsene spenner fra spektroskopi og produksjonsdata, via sensorikk- og forbrukeranalyser, til matens effekt på bakteriene i tarmen.



Jens Petter Wold er sivilingeniør i elektronikk og har en doktorgrad innen spektroskopisk og ikke-destruktiv analyse av mat. Han er seniorforsker ved Nofima og utvikler sensorsystemer for industriell måling av matkvalitet.



Einar Risvik er biofysiker fra NTNU med en dr.agric. fra NMBU. Jobber med smak og forbrukerforståelse og er seniorforsker innen innovasjon ved Nofima. Har hatt engasjement som adjungert professor i måltidsforskning ved Uppsala unviersitet og i forbrukerforståelse ved Universitetet i Stavanger.

Industrialisert produksjon av mat startet med den første industrielle revolusjon, da en stor del av befolkningen samlet seg i byer og gikk bort ifra naturalhusholdning. I Norge skjedde det rundt midten av 1800-tallet, med for eksempel Christian August Thornes hermetikkfabrikk (Drammen, 1841) og Hamar Melkefabrikk (kjent som HaPå-fabrikk, 1874). Siden den gang har industrien utviklet seg kontinuerlig gjennom flere faser. Til å begynne med ble alle matvarer håndtert av mennesker individuelt, så kom samlebåndene med de standardiserte produktene. I dag går utviklingen i to retninger – mer effektiv og automatisert produksjon av store kvanta standardprodukter, og automatisert men fleksibel produksjon av skreddersydde produkter i små kvanta for å tilfredsstille for eksempel unge forbrukere som foretrekker mat som er minimalt bearbeidet.

Dagens matprodusenter omfatter hele skalaen fra moderne automatiske fabrikker til små, håndverksbaserte bedrifter. Og selv om lokalmat og småskalaproduksjon er i vinden, er det den masseproduserte maten som i størst grad metter befolkningen. Nivået av automatisering og digitalisering er svært varierende, der meieri-bransjen så langt skiller seg ut som en av de mest avanserte. Store deler av næringa er fortsatt preget av tradisjon og håndverk, hvor mange operasjoner utføres manuelt, og produksjonen styres av subjektive vurderinger og fingerspissfølelsen til erfarne fagpersoner. I småbakeriene er det fremdeles viktig for bakeren å ha hendene i deigen.

BÆREKRAFTIG UTVIKLING

Matindustrien ønsker, som alle andre sektorer, å effektivisere produksjonen ytterligere for å øke lønnsomheten og få mest mulig ut av råvarene sine. Samtidig må den ta hensyn til forbrukernes krav om sunn, velsmakende, lettvinnt og trygg mat, som kommer fra et miljøvennlig landbruk med god dyrevelferd. I tillegg må den ta innover seg den økende befolkningens behov for mer mat, ved blant annet å sørge for at hele råvaren blir brukt og at det som produseres faktisk blir spist. Matindustrien trenger med andre ord en bærekraftig utvikling, definert som en samordning mellom økonomiske, miljømessige og sosiale mål¹.

Tristam Stuart påstår i boken «Waste» at alt CO₂-utslipp fra fossilt brensel kan balanseres av en total optimalisering av matvarekjedene. «Matvarekjedene» inkluderer da primærproduksjon, foredling og prosessering, distribusjon, salg og forbrukere, samt avfallshåndtering med alt som hører til av transport og energibruk. Et slikt perspektiv understreker at effektivisering av matindustrien handler om langt mer enn lønnsomhet på kort sikt, snarere om bærekraft på lang sikt.

I praksis betyr dette at produksjonen må gjøres smartere og mer effektiv, transport må minimeres, emballering må beskytte maten best mulig med minst mulig ressurser og uten å forurense, forbrukerne må få maten slik at de spiser mest mulig, og minst mulig må bli borte i prosessen fra primærprodusent, via industriell bearbeiding og frem til konsum. For å få til dette må informasjonen flyte lett gjennom verdikjeden, slik at det

¹ «Vår felles framtid» (Brundtlandrapporten), 1987.

blir samsvar mellom hva bonden dyrker, hva industrien produserer og hva forbrukerne ønsker seg til enhver tid.

Den digitale virkeligheten kan bidra mye til denne informasjonsflyten og vil dermed bli et viktig verktøy for å gjøre matvareproduksjonen mer bærekraftig. Ny, muliggjørende teknologi er nøkkelen til å nå miljømessige, sosiale og økonomiske mål samtidig.

MATINDUSTRI 4.0

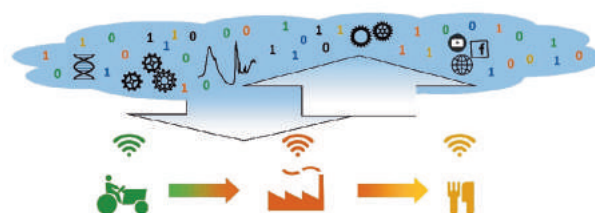
Den fjerde industrielle revolusjonen (Industri 4.0) omfatter kombinasjonen av fysisk teknologi, som roboter og sensorer, med digital teknologi, som maskinlæring og effektive analyser av stordata. Tanken er at alle maskiner og instrumenter kommuniserer med hverandre og samarbeider via et digitalt nettverk. I matindustrien vil målsettingen for en slik digital struktur være å få mest mulig ut av råvarene, kaste minst mulig, treffe forbrukeren best mulig og skape produkter som holder helt frem til de blir spist.

Digitale data er det bærende elementet i Industri 4.0. Data er som en gullgruve, der nyttig informasjon kan «utvinnes» hvis man evner å bruke de riktige verktøyene. For matindustrien ligger det et stort potensial i å fremskaffe og ta i bruk mer data. Se for deg en moderne matforedlingsbedrift som bruker sensorer for å måle matkvalitet på innkommende råvarer og underveis i prosessen. Sensorene kommuniserer med roboter og andre maskiner som er lært opp til å behandle ingredienser og råstoffer best mulig. Disse står videre i nettverk med bedriftens digitale virksomhetssystem som har løpende informasjon om produksjon, lager, logistikk, salg, innkjøp og økonomi.

Men det stopper heller ikke der, for dette nettverket er koblet til det store nettet – internett – med tilgang til forbrukertrender, værvarsler, råvarepriser osv. Alle data samles og systematiseres i en datalagringsky, og basert på statistiske modeller kan man finne ut hvordan råvarene skal behandles best mulig, hvilke produkter som skal lages, hvor de skal sendes og hvem som skal ha dem. Sluttproduktene i en slik bedrift kan være et bredt spekter av produkter basert på for eksempel kjøtt, fisk, frukt eller korn.

Det finnes ingen slike bedrifter i dag. Dette er beskrivelse av en fremtidsbedrift. Men mange norske matbedrifter går meget bevisst i denne retningen fordi det umiddelbart bringer en del fordeler, og fordi de aner at det på sikt vil optimalisere produksjonen på en helt annen og mye bedre måte enn i dag.

I de neste avsnittene beskrives en del av de viktigste elementene i en digital matindustri.



Figur 14.1 Fremtidsvisjonen for matproduksjon, der målinger og data samles fra hele verdikjeden og brukes til å optimalisere produksjonen. Basert på maskinlæring kan man finne ut hvordan råvarene skal dyrkes og behandles best mulig, hvilke produkter som skal lages, hvor de skal sendes og akkurat hvem som skal ha dem.

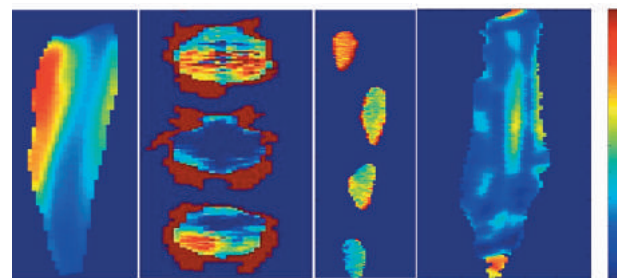
SMARTE SENSORER MÅLER MATEN

En av de største utfordringene i matindustrien er at kvaliteten til råvarene kan variere mye. Det er stor variasjon i for eksempel fasong, størrelse og farge. Det er også stor variasjon i kjemisk sammensetning. To laks på 4 kg kan ha gjennomsnittlig fettinnhold på 13 og 23 prosent. Dette gir fiskefilet av ganske forskjellig kvalitet, og de to fiskene bør behandles forskjellig. De kan sendes til ulike markeder der preferanser for fettmengde er ulik. Eller de kan foredles forskjellig. Den magre passer bedre til røking, mens den fete kan passe til sushi. Sendes laksen til feil bruk eller forbruker, er det stor sjanse for at kvaliteten oppleves som dårlig og at vi får unødvendig svinn og økonomisk tap.

Utfordringen er at det ikke er mulig å se hvilken laks som er fet og hvilken som er mager. Dette gjelder en rekke matvarer; mengden fett, vann og protein er viktige egenskaper, men de kan ikke ses med det blotte øye. I kjøttindustrien er fettinnholdet bestemmende for prisen ved kjøp og salg, men hvordan vet man hvor mye fett det er i ett tonn storfekjøtt? Klippfisk prises etter vanninnhold, men klarer vi å kjenne forskjell på 43 og 48 prosent vann?

Løsningen er å bruke sensortechnologi som kan måle kontinuerlig på strømmen av fisk, kjøtt, poteter og korn. Vi velger å kalle disse sensorene for smarte sensorer fordi de baserer seg på komplekse måleprinsipper og fordi man bruker maskinlæring for å trene opp instrumentene til å måle det vi er ute etter. Slike målesystemer er ikke hyllevare, de må utvikles og skreddersys til hver enkelt anvendelse.

En av de mest utbredte metoder i matindustrien er nær-infrarød spektroskopi. Maten blir bestrålt med ufarlige stråler (som vi også har i sollyset) og mengden stråling som absorberes på ulike bølgelengder kan måles og brukes til å bestemme mengden av fett, protein, vann, sukker, tørrstoff og stivelse. En måling tar brøkdelen av et sekund, så en slik sensor kan måle for eksempel proteinmengde i alle kyllingfileter på et transportbånd². Enkelte sensorer kan også måle tvers igjennom lakseskinn og potetskall. Figur 14.2 viser eksempler på digitalisert matkvalitet fra industrielle smarte sensorer som brukes i Norge.



Figur 14.2 Digitalisert matkvalitet. Fra venstre: Fett i laksefilet, matfylde i taskekrabber, protein i kyllingfileter, fett i storfekjøtt. (Anvendelser som er utviklet gjennom samarbeid mellom Tomra, SINTEF Digital og Nofima AS.) Fargeskala angir mengde fra lite (blått) til mye (rødt).

² Wold, J.P. et al. (2017). Rapid on-line detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. *Plos ONE*, 12(3): e0173384. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173384>

Slike målinger gir helt nye muligheter for optimalisering i matindustrien. For å oppnå en perfekt gyllen og sprø pommefrites er det for eksempel en fordel å vite både vanninnholdet og hvor mye sukker potetene inneholder. Disse egenskapene varierer med potetsort, hvordan dyrkingsforholdene har vært og hvordan de har vært lagret. Når man *vet* tørrstoffinnholdet i potetene gjennom on-line målinger, kan man automatisk justere tid og temperatur på friteringen slik at sluttproduktet blir bra. I et bredere perspektiv blir slike sensorer essensielle for å samle informasjon om kvalitetsvariasjon over tid, for så å koble denne til for eksempel dyrkings- eller fôringsinformasjon i forkant av prosessen og sluttkvalitet og forbrukeraksept i etterkant. På denne måten kan man lære mer om hva som fører til kvalitetsvariasjoner, og hele verdikjeden kan forbedres.

BIOTEKNOLOGISKE PROSESSER

I fremtiden vil mer mat fremstilles gjennom bioteknologiske prosesser, og i disse prosessene er det spesielt viktig å måle og styre. Ved å bruke for eksempel fermentering og enzymatisk hydrolyse er det mulig å om-danne bein, brusk og skinn fra fjørfe og fisk til verdifulle fettfraksjoner og proteinpulver. I dag brukes disse produktene først og fremst til dyrefôr, men en målsetting for denne fremvoksende industrien er å kunne lansere dem som gode ingredienser i mat eller som spesielt virksomme kosttilskudd. Da kreves det at produktene er av god og veldefinert kvalitet. Når det som kommer inn i prosessen er en variert blanding av bein, kjøtt, blod, brusk og skinn er det lett å forstå at sluttproduktet kan bli av svært skiftende kvalitet. Denne industrien er

avhengig av kontinuerlig måling for å sikre riktig og stabil kvalitet.

Utviklingen av slike smarte sensorer for mat har pågått i noen tiår og det finnes en rekke kommersielle systemer som brukes daglig for lynrask kvalitetssortering. I tillegg går utviklingen mot mer avansert teknologi som kan gi et enda mer detaljert bilde av matkjemien. I stedet for å «bare» måle fettmengde ønsker man for eksempel å vite sammensetningen av mettet og umettet fett, og istedenfor å måle proteinmengde vil man vite hva slags proteiner som inngår. Denne typen instrumenter brukes i dag som forskningsverktøy i laboratorier, men vil sannsynligvis kunne integreres i produksjonen om få år.

Ny måleteknologi kan også gi oss tryggere mat. Det er strenge krav til hygiene i matindustrien, men likevel skjer det at matvarer inneholder sykdomsfremkallende bakterier. Ved slike tilfeller må store mengder mat kalles tilbake og destrueres, og i verste fall blir mennesker syke eller dør. I dag er det svært tid- og ressurskrevende å finne ut hvilken mikroorganisme som står bak og hvor den kom fra. Prøvematerialet må sendes inn til avanserte laboratorier, med en analysetid på dager eller uker. Nå finnes det bittesmå instrumenter som kan plugges inn i USB-porten på en PC og sekvensere DNA på minutter³. Matindustrien har ikke tatt i bruk dette ennå, men etter hvert som teknologien modnes og blir billigere kan den brukes til å overvåke og kontrollere både de snille og de sykdomsfremkallende mikrobene som finnes i maten og produksjonslokalene.

³ The Oxford Nanopore MINion sequencer.

Bruken av smarte måleinstrumenter har vært relativt begrenset i matindustrien, og noen av de viktigste hindringene har vært investeringskostnader og behov for annen type kompetanse. Industrien har kanskje ikke vært digitalt moden før nå. I nærmeste fremtid vil vi se en økende bruk av smarte sensorer for mat fordi de hjelper oss til å utnytte maten på en best mulig måte. Selve sensorene blir mindre og billigere og dette vil redusere terskelen for å ta slike systemer i bruk. Vi vil også se at slike sensorer brukes i kombinasjon med avanserte roboter, slik at roboten «ser» det den ikke kan se med et vanlig kamera.

ROBOTER LAGER MATEN

Automatisering og robotisering er allerede på vei inn i matindustrien, akkurat som i andre bransjer. I et moderne kyllingslakteri skjer avlivning, ribbing, uttak av innvoller, nedkjøling, oppskjæring, sortering av stykninger, kvalitetskontroll og pakking stort sett automatisk. En pakkerobot er mye flinkere og raskere enn mennesker til å pakke kyllingfileter i forbrukerpakninger slik at vekten blir så nær som mulig det den skal være. Det finnes helautomatiske bakerier, der blanding, elting, tillaging, steking og pakking av ferdige brød skjer uten at mennesker er involvert på annet vis enn å styre prosessene.

Så langt har denne typen teknologi vært mest brukt av de store produsentene. Matindustrien består imidlertid av mange små og mellomstore bedrifter, og etter hvert som prisen går ned blir robotene tilgjengelige for de mindre aktørene også.

Det er imidlertid mange operasjoner i matindustrien som er vanskelige å automatisere. Kjøtt og fisk kommer



Figur 14.3 Roboter lager muffins. Foto: ABB.

i mange fasonger, størrelser og kvaliteter, og det har vært vanskelig å få en robot til å gjøre filetering og nedskjæring like effektivt som et menneske. Råstoffet som kommer inn i produksjonen er den største kostnaden for matbedrifter, typisk 70–75 prosent. Det er derfor viktig å foredle det på best mulig måte, blant annet ved å unngå svinn og feil behandling. Hvis manuell skjæring av fiskefilet gir én prosent bedre utbytte, er det slett ikke sikkert at det er lønnsomt å bruke roboter. Man har allerede opplevd i Danmark at store automatiserte slaktelinjer for gris ikke nødvendigvis er lønnsomme fordi de ikke klarer å håndtere den store variasjonen fra dyr til dyr på en tilfredsstillende måte.

De siste årene har kombinasjonen av moderne roboter, sensorer (røntgen) og avansert maskinlæring frembragt automatiske nedskjæringssystemer for hele slakt av lam

som fungerer meget godt⁴. Disse systemene er raske, presise og produserer produkter av høy kvalitet samtidig som svinnet er lite. Arbeidsplassen blir også tryggere, fordi man unngår manuell bruk av båndsg, som er både tungt og risikofyllt.

I fiskeforedlingsindustrien brukes roboter med høytrykks vannjetstråler i økende grad til finskjæring og porsjonering av fiskefileter. Også her brukes røntgen for å se hvor beina ligger, slik at disse kan fjernes automatisk med minst mulig svinn. Disse systemene overtar jobbene til mange mennesker, men arbeidet er ofte monotont og preget av belastningsskader, og det kan være vanskelig å rekruttere folk til slike jobber.

Denne type teknologi gjør også at det blir lønnsomt å foredle fisken i Norge, fremfor å sende den til manuell bearbeiding i lavkostland. Dermed ivaretas sysselsettingen på fiskemottakene og i skjærehallene langs kysten, og transporten reduseres. Mennesker blir ikke overflødig hverken i fiske- eller kjøttindustrien, men vi går mot løsninger der mennesker og roboter jobber sammen i team og gjør det de er best på.

SMÅ FLEKSIBLE PRODUKSJONSLINJER

En trend i matindustrien er at man nedskalere utstyret og bygger små, fleksible produksjonslinjer istedenfor å oppskalere for å produsere større volum. Det er lite hensiktsmessig å ha en fabrikk som produserer ketchup i tusen-liters batcher når man får en spesialordre på hundre liter. Det finnes også mini-meieri og juice-fabrikker i form av containere som kan flyttes rundt og

produsere lokalt der råvarene eller kundene er. Tradisjonelle automatiserte produksjonslinjer er lite egnet til denne typen fleksibel produksjon, de kan være for rigide. Utviklingen i dette segmentet av matindustrien går derfor mot mer fleksible roboter og maskinlæringsmodeller som stadig kan «lære» nye oppgaver og kan håndtere mindre serier på en bedre måte.

3D-printere er en type robot som er svært fleksibel og har potensial til å prege matindustrien i fremtiden. I København finnes allerede en restaurant som 3D-printer maten til gjestene. Mat lages ofte av pulver (mel, sukker og mange former for stivelse) og disse egner seg godt i en printer for å lage spennende fasonger av pasta, pizza og kaker. Disse printerne kan inngå på storkjøkkener, restauranter og konditorier for å avlaste kokker med rutinepreget tillaging av pynt og småkaker. De kan brukes industrielt for effektiv serieproduksjon av komplekse formasjoner. Man ser for seg 3D-printere som kan brukes til eksakt dosering av vitaminer, kosttilskudd og medisiner som en del av maten. Printerene kan da lage skreddersydde produkter som tilfredsstillende ernæringsmessige behov hos enkeltpersoner. Kanskje blir den nye kjøkkenmaskinen en 3D-printer?

Matindustrien sysselsetter mange ufaglærte i rutinepregede jobber. Mange av disse vil miste jobbene sine på grunn av automatisering, samtidig som arbeidsplassene som er igjen blir tryggere. Dette har allerede skjedd over mange år og vil fortsette. Én målsetting med automatisering er nettopp å redusere lønnskostnader og også å fri seg fra problemet med at det kan være vanskelig å rekruttere folk til jobbene. På den annen side vil krav til fleksibilitet i produksjonen kunne gjøre det mer

⁴ SCOTT Technology Ltd.

praktisk å bruke manuell arbeidskraft. Mennesker er raske til å lære nye ting, mens maskiner er mer rigide. Nye jobber av mer teknisk karakter vil uansett komme til i matindustrien og også i en stadig mer teknologisk avansert leverandørindustri.

VÅRE DIGITALE SPOR STYRER PRODUKT- UTVIKLINGEN

Når vi handler mat i butikken skjer det digitalt. Hver gang vi deler, «liker» eller kjøper noe på internett etterlater vi digitale spor som gjør at butikkene, matprodusentene og forskerne kan forstå vår forbrukeratferd bedre. Mengden av digitale spor er stor, og gir et godt bilde av hvem vi er, hva vi tror på og hva vi liker. Dette kan brukes til å forutse hva vi ønsker å gjøre, spise eller kjøpe. Det finnes sågar en nyutviklet app som har som formål å samle inn data om oss, med den hensikt å bruke kunstig intelligens til å gi oss mat som er skreddersydd til våre preferanser⁵. All denne digitale informasjonen kan brukes til å utvikle nye produkter som treffer markedet, og til målrettet markedsføring og salg. I 2018 er dette et tema som skaper stor debatt i samfunnet. Mange føler seg skremt når de ser hvor lett andre kan analysere personligheten vår og påvirke de valgene vi tar.

Men denne kunnskapen om oss kan også brukes til noe positivt. Manglende forståelse for forbrukernes ønsker og behov fører til mislykkede og kostbare produktlanseringer. For matindustrien er det avgjørende å tilpasse seg markedet og forbrukertrender og forutse hva som blir etterspurt i morgen. Analyse av stordata er et viktig

verktøy for å oppnå dette. Man kan også bruke slik informasjon til å forstå bedre hva som er driverne i forbrukernes valg av mat, hvordan maten tilberedes, oppbevares og kastes. Denne innsikten vil bli viktig for matprodusentene, og de vil søke å etablere sterke interaksjoner med forbrukerne for å sikre vellykket produktutvikling og smarte løsninger for omsetning. Dette virker kanskje spekulativt fra industriens side, men til syvende og sist er det vi forbrukere som mer eller mindre ubevisst styrer utviklingen med vår digitale aktivitet. Og hvis det fører til at mer av maten som produseres faktisk blir spist, så er det positivt både for oss og for miljøet.

Myndighetene i Norge og andre land har som målsetting å bedre folkehelsen ved at folk spiser sunnere. I Norge har matbransjen gått med på å redusere sukker, salt og mettet fett i sine produkter. For å lykkes med at forbrukerne velger nye og sunnere produkter kan verktøyene skissert over brukes. Industrien kan utvikle produkter som bestemte grupper vil ha eller har behov for av helsemessige årsaker. Den kan reklamere målrettet for disse produktene mot disse gruppene. Det vil kunne bedre folkehelsen. Er vi villige til å dele våre digitale spor for å oppnå dette?

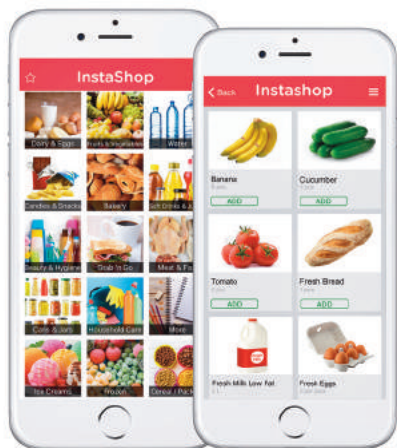
En siste digital delingsarena som er verdt å nevne er alle dingsene våre som også er på internett. Flere og flere av oss bruker såkalte «wearables», klokker som måler aktivitet og puls. Om ikke lenge vil de trolig også kunne måle en del viktige helse-egenskaper som for eksempel blodsukknivå. Folk i dag er svært opptatt av personlig helse og kosthold. Det utvikles apper som gjør at man kan ta bilde av middagstallerkenen sin og få et estimat på antall kalorier man er i ferd med å putte

⁵ Analytical Flavor Systems, <https://www.gastrograph.com/>

i seg. For de store næringsmiddelprodusentene er dette et interessant marked som kan være åpent for spesielle individualiserte produkter.

FORSVINNER MATBUTIKKENE?

Netthandel har vokst stort de siste årene, med den konsekvens at mange av de tradisjonelle butikkene forsvinner. Også mat handles i økende grad på nett. Vi har såkalte matkasser som kommer på døren med ingredienser til ferdige middager, og også rene nettkolonialer der alt av dagligvarer kan handles. Den digitale matbutikken er relativt ny og langt fra optimalisert. Nye løsninger kommer hele tiden og vi har antakelig bare sett begynnelsen. Det er lett å se for seg at denne digitale mathandelen relativt raskt vil kunne snu opp ned på tradisjonell dagligvarehandel slik vi kjenner den i dag, noe som også får konsekvenser for matindustrien.



Figur 14.4 Digital matvarehandel. Foto: InstaShop.

Man kan for eksempel tenke seg at vi forbrukere kjøper mer mat direkte fra produsentene i fremtiden, uten å ta veien om grossist og butikk. En del småskalaproducenter gjør dette allerede, for eksempel innen spekemat. Det gir dem muligheter til å nå ut til kunder uten å måtte forhandle seg frem til hylleplass i dagligvarebutikkene. Med en direkte link mellom kunde og produsent blir det også mulig å individualisere maten på en helt annen måte enn i dag. Det finnes allerede en nettbutikk der du kan blande din egen personlige müsli, og det er lett å se for seg at vi kan logge inn på tine.no og bestille vår egen yoghurt med lakrissmak og egendesignet etikett. Men det vil kreve at industrien legger om produksjonen og logistikken dramatisk, slik at den kan produsere og distribuere små kvanta både lønnsomt og effektivt.

Ved netthandel kan vi få ferskere mat enn det vi får i matbutikken, fordi de ikke trenger å stille ut maten i flere dager før den blir kjøpt. Maten går rett fra et godt lager og hjem til deg, og får dermed lengre holdbarhet enn den du kjøper i butikken. Ordningen gir forbrukeren fordeler de opplever som viktige. Du får frisk mat, ferske brød og du slipper å slepe på tunge poser og trenger ikke å stoppe på vei hjem fra jobb.

I dag lager man som regel ikke en sofa før den er bestilt. I matindustrien må man selvsagt produsere mat i henhold til årstider, men distribusjon og omsetningsleddet kan trolig optimaliseres vesentlig med tanke på å redusere matsvinn. Store mengder mat kastes i dag fordi den ikke blir kjøpt i butikken. Med netthandel får man en langt bedre oversikt over hva folk faktisk skal ha, og kun denne maten blir distribuert. Resten

lagres på best mulig måte. Man kan også tenke seg at matprodusentene får daglige ordre basert på samlede bestillinger på nett. Hvis gode digitale verktøy kan forutse hva vi skal spise om tre dager kan vi minimere svinn hele veien fra åkeren og slakteriet, via matindustrien og helt inn på vårt eget kjøkken, fordi vi bare produserer det som allerede er planlagt å bli spist.

Hvordan dette vil utvikle seg, er vanskelig å spå. Men vi kan se for oss at matbutikkene langt på vei vil forsvinne. At det blir et bedre samsvar mellom det som produseres og det det faktisk er behov for ute hos forbrukerne. Kanskje blir dagens butikker omsetningssentraler for den maten vi har bestilt på nett. Da kan vi fremdeles møte hverandre i butikken og slå av en prat.

UTFORDRINGER OG BARRIERER

Norsk matindustri har gode forutsetninger for å ta i bruk ny digital teknologi. Vi er et høykostland med god digital kompetanse, og mye av vår industri er allerede moderne og automatisert. Det er likevel en del barrierer som gjør at utviklingen mot en velfungerende og sømløs digital struktur vil ta tid. Produksjonsutstyret som brukes i dag er stort sett ikke designet for å kommunisere eller samarbeide med annet utstyr. Det er vanskelig å gå stegvis frem – bytte ut litt om gangen – fordi det er nødvendig å ha et helhetlig system for at det skal fungere tilfredsstillende. Derfor kan vi forvente at de første helstøpte systemer kommer når det bygges nye fabrikker fra grunnen av.

I dag lagres mye data i ulike databaser, men disse er ikke koblet sammen og som regel heller ikke koblet til noen automatisk analysefunksjonalitet. Det mangler

god digital infrastruktur som kan integrerer data effektivt. Det er også usikkert hvordan maskinlæring og stordata kan brukes på ulike nivå, fra å optimalisere ett enkelt produksjonstrinn til å optimalisere hele bedriften eller verdikjeden. Det drives iherdig forskning og utvikling innen disse områdene, slik at ny teknologi og kunnskap om dette vil være tilgjengelig i de neste årene.

I dette kapittelet har vi blant annet berørt i hvilken grad vi som forbrukere er villige til å dele informasjon. En vellykket bruk av digitale nettverk langs verdikjedene fordrer også at bedriftene er villige til å dele informasjon med hverandre. At bonden deler informasjon (samlet inn av for eksempel landbruksroboter og melkemasiner) med foredlingsleddet, som igjen deler med omsetningsleddet, og så videre. I dag er mange bedrifter opptatt av å holde sine data for seg selv – det er deres private gullgruve. Eierskap til data vil derfor bli et diskusjonstema. Er det bonden eller teknologileverandøren som skal eie informasjon som er målt på en melkemasin? Trolig vil den virkelige nytteverdien oppstå når data fra ulike virksomheter deles med andre aktører i markedet. Partnerskap blir viktig for en god ressursutnyttelse av både maten og den digitale informasjonen om maten.

