



KUNSTIG INTELLIGENS I KLINIKKEN

Seks trender for fremtidens helsetjeneste



Teknologirådet

KUNSTIG INTELLIGENS I KLINIKKEN

SEKS TRENDER FOR FREMTIDENS HELSETJENESTE

DESEMBER 2021

ISBN 978-82-92447-013-8 (elektronisk utgave)

Utgitt: Oslo, desember 2021 (versjon med oppdatert sammendrag januar 2022)

Forsideillustrasjon: Birgitte Blandhoel

Elektronisk publisert på: www.teknologiradet.no



FORORD

Det knyttes store forventninger til hvilken betydning kunstig intelligens kan få for samfunnet. Ifølge de mest optimistiske anslagene kan denne teknologien blant annet bidra til å løse klimaproblemet, få fart i den trege produktivitetsveksten i verden, og forbedre verdens helsetjenester.

Som enhver ny teknologi kommer kunstig intelligens med både muligheter og farer. Det er derfor viktig å undersøke hvordan disse nye verktøyene kan endre helsetjenesten, og hvilke konsekvenser det igjen har for pasienter, innbyggere og samfunn. Denne rapporten peker derfor på seks trender for kunstig intelligens i helse, og drøfter muligheter og utfordringer for hver trend.

Rapporten er ingen katalog over alt som skjer innen kunstig intelligens i helse. Målet er heller å peke på noen konkrete utviklingstrekk. Dette håper vi kan bidra til en bedre diskusjon om hvordan helsetjenesten kan utvikle seg de nærmeste tiårene, og om hva som bør gjøres for å styre utviklingen i ønsket retning.

Ekspertgruppen for prosjektet har følgende medlemmer:

- Damoun Nassehi, fastlege, forsker ved Universitetet i Stavanger og medlem av Teknologirådet
- Helga M. Brøgger, lege, leder av Norsk radiologisk forening
- Michael Riegler, Chief Research Scientist i SimulaMet og førsteamanuensis ved UiT
- Erik Fosse, avdelingsoverlege ved Intervensjonssenteret, Oslo Universitetssykehus
- Steinar Madsen, medisinsk fagdirektør ved Statens Legemiddelverk

Anne Siri Koksrud Bekkelund har vært Teknologirådets prosjektleder og skrevet rapporten, med gode bidrag fra Hilde Lovett i den første fasen.

Teknologirådet skal gi uavhengige råd til Stortinget og regjeringen om ny teknologi og bidra til en åpen, offentlig debatt. Vi håper denne rapporten vil bidra til en fremtidsrettet diskusjon om kunstig intelligens i norsk helsevesen.

Tore Tennøe

Direktør, Teknologirådet

INNHOOLD

SAMMENDRAG	6
MEGATREND: KUNSTIG INTELLIGENS I HELSE	14
1: FØRSTELINJEN BLIR DIGITAL	29
SIGNALER	30
Digital førstelinje prøves ut i Storbritannia	30
Digitale assistenter øker tilgjengeligheten av koronasjekk	31
Enklere tilgang til psykolog med direkte henvisning	31
Virtuelle terapeuter behandler psykiske helseplager	32
HVA KAN DET BETY?	32
En mer effektiv førstelinje	32
Raskere og likere tilgang til helsehjelp	33
UTFORDRINGER	34
Fastlegens bånd til pasienten svekkes	34
Portvokteren blir en robot uten skjønn	35
Pasienten får mer ansvar, men mindre makt	36
Diskriminerende algoritmer	36
2: HELSEPERSONELL FÅR DIGITALE ASSISTENTER	39
SIGNALER	40
Mer nøyaktig brystkreftundersøkelse på halve tiden	40
Vil forutse hvilke barn som vil trenge hjelp gjennom fødselen	41
Oppdager akutte tilstander tidligere	41
Maskinlæring analyserer lungene til Covid-19-pasienter	41
Vil påvise postoperativt delirium med tekstanalyse	42
HVA KAN DET BETY?	42
Helsehjelpen blir mindre avhengig av den enkelte leges erfaring	42
Persontilpasset diagnose og behandling blir mulig	43
Oppgaveforskyvning og bedre utnyttelse av helsepersonell	43
Muligheter for norsk helsenæring	44
UTFORDRINGER	45
Helsedata må gjøres tilgjengelig uten å ofre personvernet	45

Svakheter i forskningen på kunstig intelligens.....	45
Hvordan skal helsepersonell vite når systemet tar feil?	46
Falske positive — fare for overbehandling	47
3: DIAGNOSE OG BEHANDLING SMELTER SAMMEN	48
SIGNALER	49
Umiddelbar analyse av hjernesvulst korter ned operasjonstiden.....	49
Færre unødvendige operasjoner av ufarlige polypper.....	50
Øker treffsikkerheten for kreftbehandling med 62 prosent	50
Hjelp til å håndtere kompleks informasjon om pasienten	50
HVA KAN DET BETY?	51
Raskere behandling gir lavere risiko og ressursbruk.....	51
Organisatoriske skiller viskes ut.....	51
Færre unødvendige behandlinger.....	52
Mindre inngripende undersøkelser	53
UTFORDRINGER	53
Automatisering gjør det vanskelig å plassere ansvar	53
Langt fra lab til klinikk	54
Kunstig intelligens må inn i helseutdanningene	55
4: ALLE KAN OVERVÅKE SIN EGEN HELSE	56
SIGNALER	57
Klokken din overvåker puls, blodverdier og humør	57
Mobil EKG oppdager risiko løpende	57
Sensorer og hjemmetester gir avlastning i koronakrisen	58
Virtuelle helseassistenter gir personlige helseråd	58
HVA KAN DET BETY?	59
Gjennomslag for telemedisin	59
Enklere liv for kronikere.....	60
Oppdager sykdom og risiko tidligere	60
Innbyggerne kan få full kontroll over egne helsedata	60
UTFORDRINGER	61
Faren for overbehandling og helseangst	61
Kan vi stole for mye på teknologien?	62
Todeling i helsetjenesten	62
De kommersielle vinnerne tar alt	63
5: UTSTYR FORBEDRER SEG SELV KONTINUERLIG	64
SIGNALER	65
Persontilpasset medisindosering som oppdateres løpende	65

En kontinuerlig lærende algoritme for å overvåke demenspasienter	66
Løpende læring i koronapandemien	66
HVA KAN DET BETY?	67
Raskere forbedring av helsehjelp	67
Økt treffsikkerhet for lokale forhold	67
UTFORDRINGER	67
Ny risiko oppstår underveis	67
6: FOREBYGGING BLIR SKREDDERSØM	70
SIGNALER	71
Oppdager demens og Alzheimers tidligere	71
KI velger hvem som kalles inn til brystkreftundersøkelse	72
Oppdaget 5 nye undergrupper av diabetes type 2	72
HVA KAN DET BETY?	73
Screening kan revolusjoneres	73
Nye muligheter for tidlig forebygging	74
Vi kan dulles til bedre helse	75
UTFORDRINGER	76
Retten til en forklaring	76
Hvem skal få vite om risiko?	77
Skal det få konsekvenser å se bort fra rådene?	77
Uklart skille mellom forskning og helsehjelp	78
REFERANSER	80

SAMMENDRAG

Det knyttes store forventninger til hva kunstig intelligens kan bidra med for å gi bedre og mer effektive helsetjenester. Selv sindige akademikere bruker ord som «revolusjonerende» for å beskrive endringspotensialet for administrasjon, medisinsk forskning, folkehelsearbeid, diagnose og behandling.

Denne rapporten handler i hovedsak om kunstig intelligens i klinisk helsehjelp. Datamaskinene kan både avlaste leger og annet helsepersonell og gi bli bedre behandling for hver enkelt pasient. For eksempel vil raskere diagnose og kortere ventetid øke kvaliteten i behandlingen. Endelig finnes en realistisk vei mot målet om persontilpasset behandling, basert på den enkelte pasients karakteristikk og sykdomshistorie.

Det er en rekke drivere som tilsier at vi vil se en stor vekst i bruk av kunstig intelligens i helse det kommende tiåret:

- *Etterspørsel:* Demografiske endringer fører til at etterspørselen etter helsehjelp vil øke, mens tilgangen på arbeidskraft ikke vil holde tritt
- *Algoritmer:* De store fremskrittene innen maskinlæringsalgoritmer er som skapt for å finne mønstre i helsedata
- *Data:* Store mengder helsedata fra offentlige og private kilder blir gjort tilgjengelig, godt hjulpet av veksten i sensorteknologi
- *Forskning og innovasjon:* Det er sterk vekst i akademiske artikler og patentsøknader for maskinlæring og dype nevrale nett i helse.
- *Investering:* Kommersielle aktører med KI-kompetanse styrker innsatsen: Google, Amazon, Apple, Microsoft og Facebook satser på helse.
- *Politisk vilje:* Myndigheter verden over — inkludert EU, USA og Kina viser stor politisk vilje til å satse på KI i helsetjenesten

Samfunnet står overfor noen vesentlige juridiske, etiske og tekniske utfordringer for å lykkes med KI i helse, blant annet:

- *Personvern*: Hvordan sikre forskere og utviklere tilgang til store mengder helsedata av høy kvalitet, uten at det går ut over pasientenes personvern og rett til selvbestemmelse?
- *Diskriminering*: Historiske helsedata inneholder skjevheter, som for eksempel overrepresentasjon av vestlige menn. Hvordan unngå at løsningene som baserer seg på slike data fører til diskriminering?
- *Monopolisering*: Store, globale teknologiskapskaper kan kombinere stadig mer informasjon om hver enkelt av oss, også helseinformasjon. Dette gjør at de kan vokse seg større, mens det blir vanskelig for nye aktører å slippe til. Hvordan sikre at tjenester som utvikles basert på innbyggernes helsedata, kommer flest mulig til gode?
- *Organisering*: Selv om mange av de nye løsningene som lanseres kan vise til gode tester i lab'en, er det ikke gitt at de fungerer like godt i en reell sykehushverdag. Hvilke organisatoriske og kulturelle endringer må gjøres i helsetjenesten for å dra nytte av de nye mulighetene?

Denne rapporten peker ut seks trender med viktige implikasjoner for helsetjenesten, samfunnet eller politikken. De beskriver ikke situasjonen i helsetjenesten i dag, men hva som *kan* bli virkelighet i løpet av det kommende tiåret. *Om* eller *når* trendene slår til, vil avhenge av både teknologiske, politiske og organisatoriske valg. Målet med rapporten er å flytte vekten i diskusjonen fra hva vi *tror* vil skje, til hvordan vi *ønsker* at fremtidens helsetjeneste skal se ut.

Trendene tar utgangspunkt i pasientens kontakt med helsetjenesten: Dialogen med førstelinjen, møtet med helsepersonell, etterfulgt av diagnose og behandling, og eventuelt overvåkning av helsetilstanden. Deretter ser vi på hvordan utstyr med kunstig intelligens, på tvers av disse situasjonene, kan forbedre seg selv, og til slutt på hvordan KI kan bidra i forebyggende helsearbeid.

Hvordan fremtidens helsetjeneste skal se ut, er ikke bare et teknisk spørsmål, eller noe som skal overlates til leger og helsebyråkrater å vurdere. Det er i høyeste grad et politisk spørsmål. Målet med denne rapporten er å bidra til mer politisk debatt om fremtidens helsetjeneste.

1: FØRSTELINJEN BLIR DIGITAL

Kunstig intelligente datasystemer kan snakke pasientens språk, og svare dem raskt og treffsikkert. Slike digitale førstelinjer kan gi bedre helsehjelp over hele landet.

HVA KAN DET BETY?

- *Avlastning for helsetjenesten/større kapasitet:* Kunstig intelligens kan la helsepersonell bruke mindre tid på telefon, og mer på behandling. Flere steder, blant annet i Storbritannia, prøves digitale førstelinjer ut både for fastleger og legevakt. Helsedirektoratets chatbot for koronatjenester hadde for eksempel mer enn en halv million samtaler i løpet av sitt første år.
- *Direkte henvisning og behandling:* Man kan tenke seg kunstig intelligente systemer som stiller diagnoser basert på samtale, chat, eller på data pasienten laster opp. Det kan være et bilde av en hudforandring eller en måling av hjerterytme. Systemene kan henvise direkte til spesialist eller behandling. I noen tilfeller, som for eksempel psykisk helsehjelp, kan en chatbot også utføre selve behandlingen.
- *Raskere og likere tilgang:* En digital førstelinje blir akkurat like tilgjengelig uansett hvor man bor i landet. For eksempel kunne den store ulikheten i tilgang til psykiske helsetjenester i Norge blitt redusert med digitale løsninger.

UTFORDRINGER

- *Legens rolle:* Når mer av kommunikasjonen mellom lege og pasient overtas av digitale systemer, kan det svekke båndene mellom fastlege og pasient. Legens portvokterrolle kan bli overtatt av en robot med begrenset skjønn.
- *Sentralisering av makt:* Når et datasystem gir en anbefaling, eller til og med tar en beslutning, om pasientens helse, flyttes makt vekk fra pasienten og legen. Dette gjelder spesielt dersom det er vanskelig å forstå hvordan algoritmen kommer frem til sine konklusjoner.
- *Diskriminering:* Maskinlæring baserer seg som regel på historiske helsedata. Når slike løsninger innføres, må det sikres at de ikke bidrar til diskriminering, for eksempel basert på kjønn eller etnisitet.

2: HELSEPERSONELL FÅR DIGITALE ASSISTENTER

Virtuelle helseassistenter kan hjelpe helsepersonell med å stille diagnoser, finne den beste behandlingen eller overvåke en pasient og varsle om mulige komplikasjoner.

HVA KAN DET BETY?

- *Persontilpasset behandling:* De siste 20 årene har mengden informasjon legene kan få om den enkelte pasient mangedoblet seg gjennom nye teknologier og forskning. Informasjonsmengden er simpelthen for stor til at en lege kan gå gjennom alt manuelt. Ved hjelp av maskinlæring kan virtuelle assistenter analysere medisinsk litteratur, tolke bilder eller andre pasientdata, eller pløye gjennom tusenvis av pasientjournaler for å hente frem relevant informasjon. Maskinlæring kan bli nøkkelen til persontilpasset behandling.
- *Sikrere og mindre avhengig av legens erfaring:* Ved hjelp av virtuelle assistenter kan leger få enklere tilgang til erfaringer fra både forskningslitteratur og tidligere pasienter. Dermed kan helsehjelpen også bli mindre avhengig av den enkeltes lege spesifikke erfaring, og mindre spesialisert helsepersonell kan utføre flere oppgaver. Det kan bety at man må se på oppgavefordelingen i helsetjenesten på nytt.

UTFORDRINGER

- *Helsedata må gjøres tilgjengelig:* Digitale assistenter betyr store muligheter, ikke minst for norsk helsenæring. For å lykkes, må helsedata gjøres enklere tilgjengelig på en måte som er forenlig med godt personvern. Nye teknikker for forsterket personvern kan bidra.
- *Åpenhet og etterprøvbarehet:* Mange forskningsfunn innen KI kritiseres for å være vanskelige å gjenskape. Norske forskere kan bidra med åpenhet og strenge krav til at egne resultater kan etterprøves.
- *Overstyring av systemet:* Jo bedre digitale assistenter, jo vanskeligere blir det å vite når systemet skal overstyres av mennesket. Det må utvikles gode rutiner for å opprettholde helsepersonellens kompetanse.
- *Overbehandling:* Ved innføring av nye systemer som skal flagge risiko, er det en risiko for at de sender for mange pasienter til videre undersøkelser, for å være på den sikre siden. Overbehandling er en unødvendig belastning både for pasienten og helsetjenesten. Balansen mellom for mange og for få flagg må vektes nøye for hvert nye system.

3: DIAGNOSE OG BEHANDLING SMELTER SAMMEN

Kunstig intelligens bidrar til at pasienten kan bli utredet, få en diagnose og bli behandlet ved ett og samme legebesøk.

HVA KAN DET BETY?

- *Diagnose og behandling i ett:* Ved hjelp av kunstig intelligens kan legene raskt få relevant informasjon fra mange ulike kilder, og stille diagnosene raskere og mer presist. Når vevsprøver fra hjernen for eksempel kan analyseres på et par minutter i stedet for 30 minutter, blir det mulig å operere ut en ondartet svulst umiddelbart. Kunstig intelligens kan dermed virkeliggjøre ideen om sømløse pasientforløp, der utredning, diagnose og behandling går i ett.
- *Organisatoriske skiller forsvinner:* Når diagnose og behandling skjer tettere på hverandre, kanskje i samme seanse, må profesjonene arbeide tettere enn mange har vært vant til.
- *Færre og mindre ubehagelige legebesøk:* For pasienten kan det bety færre unødvendige behandlinger, kortere ventetid og færre besøk i klinikken. Det kan også bety at undersøkelser på sikt kan bli mindre inngripende, for eksempel ved at ultralyd kan erstatte mer omfattende MR- eller CT-scanning, eller at et pillekamera kan erstatte koloskopi.

UTFORDRINGER

- *Ansvarsfordeling:* Jo mer diagnose- og behandlingsforløpet henger sammen, jo viktigere er det å plassere ansvaret tydelig. Pasienten må kunne vite hvem som har ansvar, dersom noe skulle gå galt.
- *Overgang fra lab til klinikk:* Innføringen av nye datasystemer handler like mye om hvordan de kan innpasses i den kliniske hverdagen, som om de tekniske aspektene. Selv om et system viser gode resultater i testfasen, kan det være vanskelig å gjenskape nøyaktig samme forhold i en klinisk hverdag. Små forskjeller i hvordan man måler og registrerer data kan redusere effektiviteten.
- *Kompetanse:* Kunnskap om systemer med kunstig intelligens må bli en del av helseutdanningene. Dersom flere avdelinger og profesjoner skal jobbe tettere sammen, er det viktig at de har grunnleggende, felles kunnskap om de tekniske systemene, og bruker dem på samme måte.

4: ALLE KAN OVERVÅKE SIN EGEN HELSE

Hjemmesensorer har blitt allemannseie, og kan registrere alt fra hjerterytme til stemmeleie. Kunstig intelligens tolker dataene, og gir brukerne løpende informasjon om deres fysiske og psykiske helse.

HVA KAN DET BETY?

- *Oppfølging hjemme:* Utbredelsen av billige sensorer gjør det mulig å samle inn data kontinuerlig. Da kan pasienter følges opp hjemme, i stedet for at de må dra til sykehus eller poliklinikk. Sykehussenger er dyrt, og mer oppfølging hjemme kan gi bedre bruk av ressurser.
- *Bedre for kronikere:* Det nye utstyret kan gjøre livet enklere for kronikere og andre som har behov for å overvåke egen helse, og gi økt trygghet og kontroll over egen situasjon.
- *Oppdage risiko tidligere:* Når stadig mer og bedre data om den enkelte pasients helse er tilgjengelig, kan man oppdage flere tilstander tidligere, og dermed komme raskere i gang med behandling.
- *Kunnskap om egen helse:* Hver enkelt kan få oversikt og innsikt i egen helse på en måte som ikke har vært mulig tidligere.

UTFORDRINGER

- *Stoler på teknologien:* Egenovervåkning og telehelse legger et økt ansvar på den enkelte, som kanskje ender opp med å stole for mye på at teknologien skal oppdage helseproblemer. Det er viktig at helsepersonell forstår de nye løsningene, og kan veilede pasientene.
- *Helseangst:* For noen kan informasjonsmengden også trigge helseangst. Kontinuerlig egenovervåkning kan føre til at vi kontakter lege oftere, noe som igjen kan føre til overbehandling.
- *Ulikhet:* Den digitale kompetansen varierer sterkt i befolkningen. Det gjør også økonomiske forutsetninger for å kjøpe teknologi til privat bruk.
- *Hvem skal få dataene:* Mange av løsningene innebærer at vi overlater intim helseinformasjon til private aktører, med varierende praksis for forvaltning av dataene. Helsedata kan bli en viktig valuta i den digitale økonomien, der giganter som Google, Facebook og Amazon vokser seg stadig større. Helsedata trenger god beskyttelse.

5: UTSTYR FORBEDRER SEG SELV KONTINUERLIG

Med kunstig intelligens kan programvaren i medisinsk utstyr lære fra en kontinuerlig strøm av data. Dermed kan utstyret forbedre og oppdatere seg løpende.

HVA KAN DET BETY?

- *Raskere forbedring:* Tradisjonelt blir medisinsk utstyr godkjent én gang før lansering i markedet. Deretter fungerer det på mer eller mindre samme måte så lenge det er i bruk. Før eller siden blir utstyret avleggs, og fases ut. Kontinuerlig maskinlæring endrer denne logikken: Programvarekomponenten i medisinsk utstyr blir langt viktigere, og kan oppdateres etter hvert som man får mer kunnskap. Utviklingen kan føre til en raskere forbedring av helsehjelp, ettersom man ikke trenger å bytte ut det fysiske utstyret for å få tilgang til forbedringer.
- *Lokal tilpasning:* Kontinuerlig lærende systemer kan også gi økt treffsikkerhet for lokale forhold, eller for sykdommer som endrer seg over tid. Det er naturligvis langt rimeligere å bytte ut programvare, enn å bytte ut fysisk utstyr.

UTFORDRINGER

- *Ny risiko underveis:* Løpende læring betyr at ny risiko kan oppstå underveis. Det krever svært god kontroll på utstyret i hele livsløpet, og nye rutiner for kvalitetssikring. At modellene som utvikles ved maskinlæring kan være lite intuitive å forstå for mennesker, kan gjøre dette mer komplisert.
- *Oppdatert regelverk for godkjenning:* Det finnes flere ulike tilnærminger til å løse denne utfordringen. En mulighet er at det er selve utviklingsprosessen som kvalitetssikres, ikke produktet i seg selv. Amerikanske Food and Drug Administration (FDA) går i denne retningen. En annen mulighet er at man opererer med en «digital tvilling» der algoritmen får lov til å utvikle seg, mens man må teste og godkjenne den alternative algoritmen på nytt, før den kan tas i bruk til erstatning for den gamle i faktisk behandling.

6: FOREBYGGING BLIR SKREDDERSØM

Ved hjelp av maskinlæring kan helsetjenesten bli bedre til å finne personer med økt risiko for sykdom, og å sette inn forebyggende tiltak som faktisk har effekt.

HVA KAN DET BETY?

- *Bedre screening:* Kunstig intelligens kan revolusjonere screening-programmene i helsetjenesten, i først omgang ved å hjelpe til å velge ut hvem som skal undersøkes. Et eksempel er algoritmer som velger ut hvilke personer som skal prioriteres til brystkreft-screening, slik at sannsynligheten for å finne de som faktisk har kreft, øker. Deretter kan også selve undersøkelsene gjøres mer effektivt med støtte fra kunstig intelligente systemer for bildeanalyse.
- *Vite hva som virker:* Maskinlæring øker også mulighetene for å finne ut hvilke forebyggende tiltak som faktisk har effekt, og kan brukes for å tilpasse anbefalinger til den enkelte. Det kan gi langt bedre muligheter for det som kalles dulting: At myndighetene gjør det enklere for den enkelte innbyggere å ta bedre valg for egen helse.

UTFORDRINGER

- *Retten til en forklaring:* En svakhet ved maskinlæring er at systemet ikke alltid kan forklare på en måte som mennesker forstår hvorfor den har kommet frem til et resultat, som at noen har høy risiko for sykdom. Da kan det bli vanskeligere å bruke denne kunnskapen til forebygging. Derfor må det utvikles nye metoder og standarder for hvordan algoritmene skal forklare sine beslutninger.
- *Hvem skal få vite om risiko:* For enkelte sykdommer, særlig der det finnes begrensede muligheter for forebygging eller avverging, kan det være en stor belastning å leve med vissheten om at man har høy risiko. Man må også være spesielt bevisst på hvem som skal få vite om denne risikoen.
- *Forskning eller helsehjelp:* I dag skiller loven strengt mellom bruk av personlige helsedata til å hjelpe den enkelte pasient, og til å forske. Maskinlæring utfordrer dette skillet, og endringer i lovverket kan bli nødvendig for å utnytte mulighetene KI gir for forebygging.

MEGATREND: KUNSTIG INTELLIGENS I HELSE

Kunstig intelligens (KI) anses som en av vår tids største teknologiske fremskritt. KI handler, i videste forstand, om å gjøre maskiner i stand til å løse oppgaver som tidligere krevde menneskelig intelligens. Et av områdene der det knyttes store forventninger til hva KI kan bidra med, er helse.

Vi kan grovt dele mulighetene for kunstig intelligens i helse inn i fire områder:¹

- *Administrative helsesystemer*, der KI kan automatisere tidkrevende rutineoppgaver og frigjøre tid og ressurser til pasientbehandling.
- *Medisinsk forskning*, for å lete etter nye medisiner og vaksiner, eller lære mer om sykdommer, sykdomsforløp eller smitteveier. KI kan korte ned tiden det tar å finne nye legemidler eller behandlingsmetoder med flere år.
- *Klinisk bruk av KI-systemer* betyr at systemene tas i bruk «i felt», altså i sykehus, hos fastlegen eller av behandleren. Det kan bidra til tidligere og raskere diagnoser, bedre og mer presis behandling, persontilpasset helsehjelp og demokratisering av tilgang til helsehjelp.
- *Folkehelsearbeid*, der KI-verktøy kan brukes for å gi bedre oversikt over helsetilstanden til hele befolkningen, undersøke hvilke fysiske og

¹ Inndelingen er basert på OECD (2020), men noe utvidet.

sosioøkonomiske faktorer som spiller inn på folkehelsen², eller finne ut hvilke tiltak som kan settes inn, og hvilke som faktisk hjelper.

Områdene henger selvsagt sammen. For eksempel er medisinsk forskning grunnlaget for all klinisk behandling. Selv om kunstig intelligens har stort potensial innen alle disse områdene, handler denne rapporten i hovedsak om de kliniske anvendelsene av teknologien.

MASKINER SOM LÆRER PÅ EGENHÅND

Det er vanskelig å dra et skarpt skille mellom tradisjonelle IT-systemer og kunstig intelligens. Utviklingen av kunstig intelligens handler om å gjøre dataprogrammer i stand til å simulere menneskelig intelligens.

Lenge var programmerte, regelstyrte *ekspertsystemer* den rådende disiplinen for å utvikle kunstig intelligens. Et eksempel er IBMs DeepBlue, som slo den regjerende verdensmesteren Gary Kasparov i sjakk i 1997. Et alternativ til ekspertsystemer er *maskinlæring*. Det som skiller systemer basert på maskinlæring fra ekspertsystemer, er at de kan lære seg sammenhenger, regler og strategier ved å analysere data og eksempler fra den virkelige verden, uten at noen forteller dem hvordan sammenhengene er. I praksis brukes begrepet kunstig intelligens i dag hovedsakelig om maskinlæring, og det er denne typen KI vi først og fremst omtaler i denne rapporten.

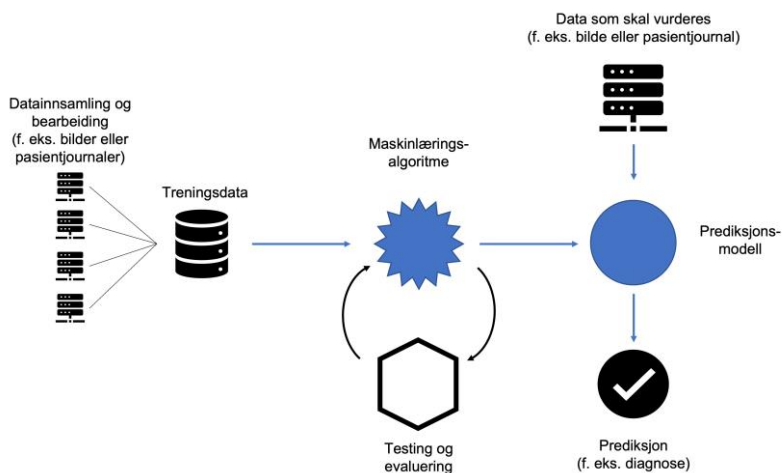
Når vi søker på nettet, navigerer i trafikken med GPS, bruker Google Translate eller snakker til taleassistenten i telefonen, bruker vi kunstig intelligens basert på maskinlæring. De færreste tenker spesielt mye over den teknologiske utviklingen som ligger bak disse dagligdagse gjøremålene. Men grunnen til at disse oppgavene fungerer så mye bedre enn for bare 10-15 år siden er

- gjennombrudd innen maskinlæringsalgoritmer
- tilgang til store datamengder å lære fra
- kraftige datamaskiner som greier å utføre beregningene

² Feller mfl. (2020)

- bredbånd, som gjør at store informasjonsmengder kan sendes over nettet i løpet av millisekunder.³

En algoritme er en oppskrift som forteller hvordan noe gjøres, og består enkelt forklart av et sett instruksjoner som forvandler inndata til utdata. En maskinlæringsalgoritme er oppskriften systemet bruker for å bygge en modell av virkeligheten, basert på dataene som blir matet inn (treningsdataene). Denne modellen kan så brukes for å ta nye beslutninger om nye data som kommer inn. Figur 1 skisserer forenklet hvordan det fungerer.



Figur 1: Maskinlæring illustrert

De viktigste maskinlæringsalgoritmene i dag er såkalt dype, nevrale nett. De ble beskrevet matematisk allerede på 40-tallet. Men de ble lenge avskrevet som urealistiske og lite produktive, ettersom de i praksis krevde svært stor regnekapasitet. Enkelte forskere ga likevel ikke opp, og i 2012 fikk de et gjennombrudd,

³ Se også Teknologirådet (2018)

da en bildegenkjenningsalgoritme basert på maskinlæring vant den årlige ImageNet-konkurransen med god margin.⁴ I dag er maskinlæring med dype, nevrale nett dominerende innen KI.^{5,6}

DRIVERE FOR KUNSTIG INTELLIGENS I HELSE

Digitalisering handlet lenge om å gjøre papirarbeid overflødig, og flytte administrative oppgaver over til datamaskinene. Dette skjer også i helsesektoren. Men systemer med kunstig intelligens er nå også på vei inn helseforskning og i klinisk bruk. Det første KI-systemet som stiller diagnose helt på egen hånd ble godkjent av amerikanske Food and Drug Administration (FDA) i 2018.⁷ I begynnelsen av 2021 hadde FDA godkjent 72 produkter som bruker KI-algoritmer.⁸ Det er flere utviklingstrekk som peker mot at KI for alvor blir tatt i bruk i helse det kommende tiåret.

ØKENDE ETTERSPORSEL ETTER HELSEHJELP

Etterspørselen etter helsetjenester ligger an til å øke kraftig de kommende tiårene, i Norge og i verden. Både antall og andel eldre innbyggere kommer til å øke. Fra 2018 til 2060 øker andelen av den norske befolkningen over 79 år fra 4 til 11 prosent. Høyst sannsynlig vil en eldre befolkning ha høyere behov for helsehjelp, selv om hver enkelt kan få flere friske leveår.

Allerede i 2035 kan andelen av de sysselsatte som jobber i helse og omsorg måtte øke fra dagens 13 prosent til 20 prosent, og videre til om lag 25 prosent i 2060.⁹ Kunstig intelligens kan bidra til å avlaste en helsetjeneste under press. Det kan også hjelpe politikere og helsemyndigheter i folkehelsearbeidet, slik at sykdommer og plager kan forebygges, og dermed redusere belastningen på helse- og omsorgstjenesten.

⁴ ImageNet (2012)

⁵ Krizhevsky, Sutskever, og Hinton (2012)

⁶ Riktignok stort sett i prøveprosjekter eller geografisk avgrensede områder. Se f. eks. Teknologirådet (2020b)

⁷ Office of the Commissioner (2018)

⁸ The medical futurist (2021)

⁹ Hjemås, Holmøy, og Haugstveit (2019)

MASKINLÆRING ER SKAPT FOR MØNSTERGJENKJENNING

En av de største fordelene ved maskinlæring, er evnen til å bearbeide og trekke lærdom ut av svært store mengder data, altså mønstergjenkjenning. Innen helse kan dette brukes til å øke presisjonen i både diagnoser og behandling, og virkeliggjøre ideen om persontilpasset helsehjelp.

Det er utviklet dataprogrammer som kan tolke medisinske bilder fra blant annet radiologi og endoskopi, bilder av vevsprøver, føflekker, øyet og ansiktet. Også andre målinger kan egne seg for mønstergjenkjenning, for eksempel hjerterytme, lungefunksjon og andre vitale tegn.¹⁰

Maskinlæring kan også bruke mønstre i dataene til å lage prognoser for hva som vil skje videre i et sykdomsforløp. Modeller som lærer fra pasientjournaler har vist lovende resultater for å gjenkjenne sykdom hos en pasient, og forutsi kliniske hendelser og hvordan en pasient vil respondere på behandling frem i tid.¹¹

RÅSTOFFET FINNES: ENORME MENGDER HELSEDATA

Utviklingen av KI-systemer krever store mengder data av høy kvalitet. I 2020 ble det anslått at den totale datamengden i verden øker med mer enn 59 zettabytes hvert år. Det er vanskelig å forestille seg så store datamengder. Hvis man skulle lagret denne datamengden på nettbrett med 256 GB minne (som en ny iPad), ville man trenge 215 milliarder nettbrett. Veksten er også svært rask, og mengden data som skapes de neste tre årene, vil være større enn mengden som er skapt de forrige 30 årene.¹²

Helsesystemer produserer så mye som 30% av verdens lagrede data. Til sammen inneholder disse dataene en enorm mengde nyttig informasjon om helse, sykdom, behandling og effekt.¹³ I Norge har vi en rekke medisinske registre,

¹⁰ Topol (2019)

¹¹ Xiao, Choi, og Sun (2018)

¹² IDC (2020), Europakommisjonen (2020a)

¹³ OECD (2019)

biobanker og andre helsedatakilder av høy kvalitet. Eksempler er Kreftregisteret¹⁴ og store befolkningsundersøkelser som MoBa (Mor-far-barn-undersøkelsen fra FHI)¹⁵, HUNT (Helseundersøkelsen i Trøndelag)¹⁶ og Tromsøundersøkelsen¹⁷. Helsedataprogrammet¹⁸ og den nye Helseanalyseplattformen¹⁹ er etablert for å styrke infrastrukturen for forskning og utvikling.

I tillegg til offentlige registre kommer private datakilder. Stadig flere av oss går for eksempel rundt med personlige sensorer («wearables») som smartklokker eller andre aktivitetsarmbånd. Sensorene er et ledd i satsingen på nye helsetjenester hos mange teknologiselskaper, blant andre Apple og Amazon, der data fra ulike kilder kombineres for å kunne tilby brukeren bedre innsikt i egen helse.

At data eksisterer er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for utvikling av KI i helse. Men dataene må også kunne tas i bruk. Fremdeles er det store utfordringer knyttet til tilgjengelighet, kvalitet, standardisering og sikkerhet, som må løses for å få virkelig fart på utbredelsen.²⁰

FORSKNING OG INNOVASJON SKYTER FART

Forskningen på maskinlæring innen helse vokser raskt. De siste årene har antall vitenskapelige artikler på medisinfeltet med søkeordet «*deep learning*» nesten doblet seg årlig, se Figur 2²¹.

¹⁴ Kreftregisteret (2021)

¹⁵ Folkehelseinstituttet (2021)

¹⁶ NTNU (2021)

¹⁷ Universitetet i Tromsø (2021)

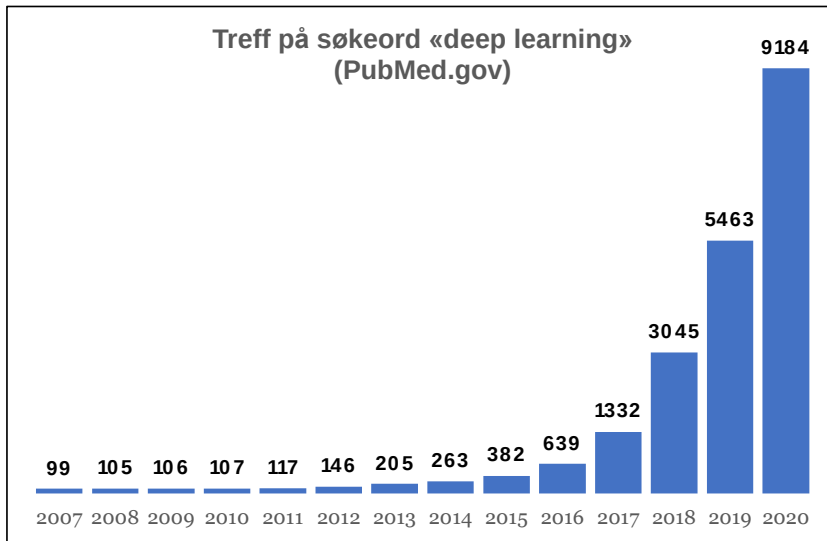
¹⁸ Direktoratet for e-helse (2021b)

¹⁹ Direktoratet for e-helse (2021a)

²⁰ Teknologirådet (2019)

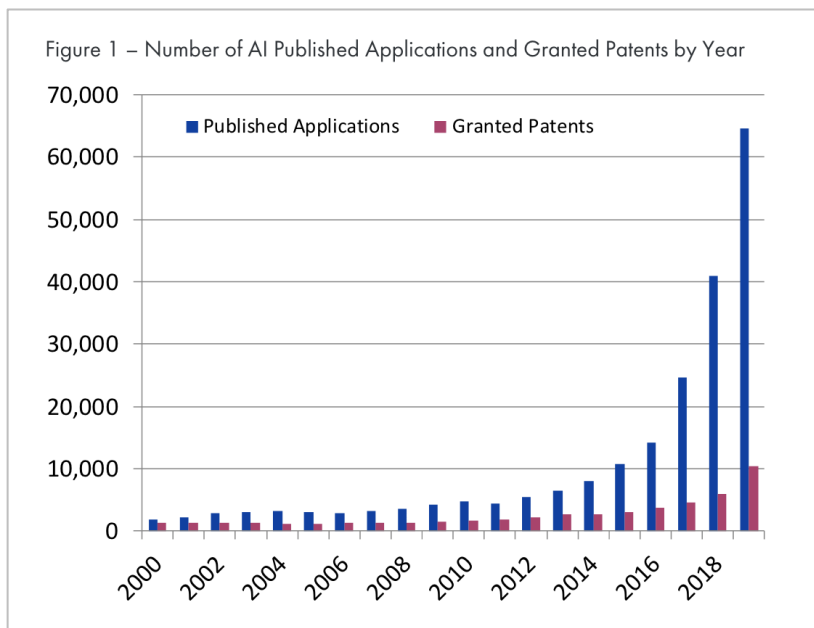
²¹ Pubmed.gov (2021)

Et annet tegn på aktiviteten innen kunstig intelligens er veksten i patentsøknader. Det ble registrert ti ganger så mange patentsøknader for kunstig intelligens i 2019 som i 2013, som vist i Figur 3.²²



Figur 2: Treff for «deep learning» i medisinsk database øker raskt

²² P. Thomas og Murdick (2020)



Figur 3: Patentsøknader for kunstig intelligens

Tallene for patentsøknader gjelder alle anvendelser av KI, ikke bare helse, men illustrerer veksten tydelig. Ifølge en studie som så på patentsøknadene for KI frem til 2017 gjaldt 19 % av søknadene livsvitenskap og medisin, som dermed var det tredje største anvendelsesområdet for KI-patenter, etter telekommunikasjon og transport (med 24 % hver).

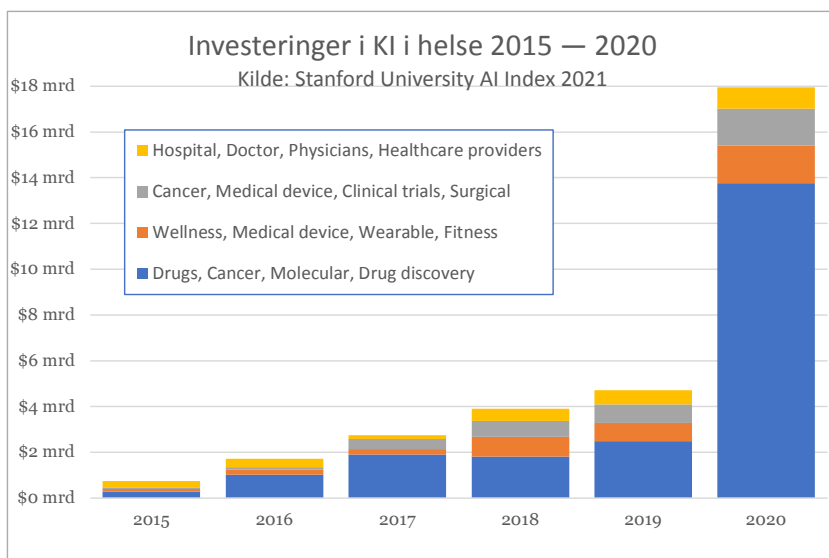
Det er også tegn som tyder på at det er kortere vei fra forskning til produkt for systemer som baserer seg på dyplæring, enn for andre teknologier. Mens det vanligvis går ti år fra en teknikk er publisert i vitenskapelige tidsskrifter til det kan observeres en signifikant vekst i patenter, vises veksten i patenter nesten umiddelbart etter det vitenskapelige gjennombruddet i dyplæring (*deep learning*).²³ Om denne trenden fortsetter, kan vi vente et høyt antall produkter på markedet fremover.

²³ WIPO (2019)

KOMMERSIELLE AKTØRER STYRKER INNSATSEN

De kommersielle aktørene satser på kunstig intelligens, ikke minst til bruk i helse. Globale investeringer i KI mer enn firedoblet seg fra 2015 til 2020, fra om lag 13 mrd. USD i 2015 til 68 mrd. USD i 2020. Investeringer i kunstig intelligens innen helse (inkludert medisin og medisinsk utstyr) har i samme tidsrom vokst fra under én mrd USD til om lag 18 mrd (Figur 4). Veksten skyldes i stor grad det siste årets formidable vekst innen kategorien som omfatter legemidler, noe som naturlig nok må sees i lys av jakten på vaksiner mot covid-19. Men selv om man ser bort fra denne kategorien, nær doblet investeringene seg fra 2019 til 2020.²⁴

Også investeringene i oppstartsbedrifter innen KI i helse har vokst kraftig, fra ca. 3,2 mrd. USD i 2018 til 6,6 mrd. i 2020.²⁵ En ny rekord ble satt i første kvartal 2021, med investeringer på 2,5 mrd. USD.²⁶



Figur 4: Investeringer innen kunstig intelligens i helse

²⁴ Zhang mfl. (2021)

²⁵ CB Insights (2020)

²⁶ Masters (2021)

Alle de fem største teknologiselskapene, Alphabet, Amazon, Apple, Microsoft og Facebook styrker satsningene sine på helsemarkedet.²⁷

- *Alphabet (Google)*: Selskapets CEO, Sundar Pichai, har uttalt at helse er området hvor kunstig intelligens kan gjøre den største forskjellen.²⁸ Google kjøpte i 2019 opp FitBit, selskapet bak en av markedets mest populære aktivitetsklokker og en kilde til enorme mengder helsedata. Selskapet har også kjøpt opp DeepMind, et av de ledende selskapene innen utviklingen av KI i helse. I 2020 lanserte Google flere nye KI-verktøy, både konkrete verktøy for å stille diagnoser, og verktøy som skal hjelpe forskere å analysere fritekst-data i pasientjournaler.^{29, 30}
- *Amazon* har en egen helsesatsing kalt Amazon Care, som tilbyr en rekke medisinske tjenester inkludert legehjelp. Amazon Pharmacy er netthandelsgigantens eget online-apotek. Amazon tok også i 2020 opp kampen mot Google/FitBit med helsearmbåndet Halo. Armbåndet kan overvåke fysisk aktivitet, søvn, humør og fettprosent.³¹
- *Apple*-sjef Tim Cooke har uttalt at Apples «største bidrag til menneskeheten» skal være innen helse.³² Selskapet har bygget opp sin helsesatsing rundt Apple Watch, og inngått samarbeid med både helseforskningsinstitusjoner og forsikringsselskaper.³³
- *Microsoft* satser tungt på infrastruktur og profesjonelle løsninger for helse, blant annet med skylagringstjenesten Microsoft Cloud for Healthcare. Nylig lanserte selskapet programvare for å administrere vaksiner, samt et samarbeid med legemiddelaktøren UCB.^{34, 35}
- *Facebook* har lansert et eget verktøy kalt «Preventive Health» som skal hjelpe brukerne å følge med på sin egen helse, og for eksempel minne dem på når det er på tide med en legesjekk.³⁶ I tillegg har selskapet blant annet inngått et vaksinesamarbeid med Boston Children's Hospital.³⁷

²⁷ Se f. eks. Business Insider (2021)

²⁸ Reuters (2020)

²⁹ Muoio (2020)

³⁰ Kleinman (2021)

³¹ Bohn (2020)

³² Gurdus (2019)

³³ LaRock (2019)

³⁴ Dodge og Stewart (2020)

³⁵ CB Insights (2021)

³⁶ Shieber (2019)

³⁷ CB Insights (2021)

POLITISK VILJE

Myndigheter og politikere verden over støtter i stor grad opp om utviklingen av kunstig intelligens i helse. EU-kommisjonen vurderer at de økonomiske gevinstene av å ta i bruk kunstig intelligens i helsesektoren kan bli svært høye.³⁸ Gjennom forskningsprogrammet Horizon 2020 vil EU understøtte utvikling av KI i nøkkelsektorer som helse. EU-kommisjonen la i 2019 frem sin strategi for kunstig intelligens i en stor rapport, hvor det legges vekt på både å bygge opp industrien i Europa, og hvordan denne kan bygge på tillit og etiske prinsipper.³⁹ I 2021 har EU-kommisjonen også lansert utkastet til ny, felles lovgivning for kunstig intelligens i EU, i den såkalte *AI Act*. Forslaget er nå til behandling. Målet er at EU skal bli ledende på ansvarlig utvikling av kunstig intelligens.⁴⁰

Kommisjonen la i 2020 også frem en egen strategi for data og datadeling. Sentralt i denne strategien står etableringen av sektorspesifikke felleseuropeiske datarom («data spaces»). Blant disse har etableringen av et «European health data space» fått høy prioritet.⁴¹

EUs mål er, mer eller mindre uttalt, å kunne konkurrere med USA og Kina innen kunstig intelligens. Kinas fortrinn er blant annet at en enorm befolkning gir et tilsvarende stort datagrunnlag, uten de samme strenge reglene for data-tilgang.⁴² Kinesiske myndigheter har høye ambisjoner for kunstig intelligens, og KI-markedet i Kinas helsesektor vokser raskt.⁴³ Kina er også i ferd med å forbigå USA når det gjelder forskningsinnsats.⁴⁴ Selv om USA tradisjonelt har ledet kappløpet, og også har lansert sin egen KI-strategi, er det ikke gitt at dette fortrinnet kommer til å vare.⁴⁵

Også norske myndigheter og politikere ønsker å utnytte de nye mulighetene i kunstig intelligens. Et mål er et at KI skal bidra både til økt konkurransekraft i den norske helsenæringen, og til en mer bærekraftig helse- og omsorgstjeneste.⁴⁶ I januar 2020 lanserte regjeringen en egen strategi for kunstig intelligens, hvor helse er spesifisert som et viktig område. Tilgangen til gode helsedata

³⁸ Europakommisjonen (2017)

³⁹ Europakommisjonen (2020b)

⁴⁰ Europakommisjonen (2021)

⁴¹ von der Leyen og Šefčovič (2020)

⁴² Simonite (2019)

⁴³ Meinhardt (2019)

⁴⁴ Vincent (2019)

⁴⁵ Rasser (2019)

⁴⁶ Nærings- og Nærings- og fiskeridepartementet (2019)

trekkes frem som en viktig forutsetning, og den planlagte Helseanalyseplattformen er en av løsningene som skal sikre dette.⁴⁷ I 2021 vedtok Stortinget endringer i lovverket for å gjøre helsedata mer tilgjengelig for utvikling av kunstig intelligens.⁴⁸

KUNSTIG INTELLIGENS HAR SÆRLIG RISIKO

Alle typer medisinsk utstyr og behandling medfører risiko. Så hva er det egentlig som gjør at medisinsk utstyr som baserer seg på kunstig intelligens skiller seg ut, og behøver særbehandling? En rapport fra EU-kommisjonen beskriver noen av særtrekkene som medfører særlig risiko:⁴⁹

- *Sammenkoblet utstyr gir sikkerhetsrisiko:* Så å si alt digitalt utstyr i dag er tilkoblet internett. Dette åpner for helt nye sårbarheter. For eksempel har det vist seg at pacemakere kan hackes.⁵⁰ Sikkerhetsbrudd kan oppstå både som en utilsiktet konsekvens, og som et resultat av bevisst ondsinnet bruk.
- *Data-drevne systemer kan diskriminere:* Store, historiske datasett er råstoffet for maskinlæring. Dette medfører at historiske skjevheter og historisk diskriminering kan videreføres og til og med forsterkes.
- *Ugjennomsiktige systemer truer tilliten:* Det kan være vanskelig å forklare hvordan en maskinlæringsalgoritme kommer frem til diagnoser, beslutninger, anbefalinger eller til syvende og sist faktiske behandlinger. Både helsepersonell og pasienter kan ha behov for en forklaring — for eksempel på hvilke egenskaper som gjør at en pasient vurderes å være i en risikogruppe. Men dette kan være vanskelig å gi i praksis.⁵¹
- *Dynamiske og komplekse systemer gir uforutsigbarhet:* Maskinlæring legger til rette for at utstyret kan forbedres etter hvert som nye data blir tilgjengelige å lære fra. Men kvalitetssikring og godkjenning av utstyr blir vanskeligere når utstyret stadig forandrer seg. I tillegg er svært mange parter involvert — blant annet forskere, programmerere, de som samler inn data, og de som tar utstyret i bruk.

⁴⁷ Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2020)

⁴⁸ Helse- og omsorgsdepartementet (2019a)

⁴⁹ Europakommisjonen (2020c)

⁵⁰ Vallance (2015)

⁵¹ OECD (2020)

Disse generelle problemstillingene dukker stadig opp som konkrete utfordringer for anvendelser av KI i helse, noe som beskrives nærmere under hver enkelt trend senere i rapporten.

TRENDER FOR KUNSTIG INTELLIGENS I KLINIKKEN

Denne rapporten presenterer seks trender for kunstig intelligens i klinikken. Rapporten er ikke ment som en utfyllende oversikt over moden teknologi, eller en presentasjon av situasjonen i helsetjenesten i dag. Rapporten er heller ikke et teknologisk veikart, eller en presis spådom for veien videre.

De seks trendene representerer derimot hva som er tenkelig, eller plausibelt, at kan bli virkelighet i løpet av det kommende tiåret (eller deromkring). Det betyr også at det er langt fra sikkert at alle trendene slår til, eller akkurat når de eventuelt gjør det. Det vil avhenge av en rekke ytre faktorer, i tillegg til teknologiske, politiske og organisatoriske valg.

Trendene beskriver effekten teknologien kan ha i helsetjenesten. Inndelingen er altså ikke teknologisk, men funksjonell. Alle trendene drives frem av den samme underliggende teknologien. Trendene er valgt ut fordi de gir interessante og viktige implikasjoner for helsetjenesten, samfunnet eller politikken. Målet er å flytte diskusjonen fra hva vi *tror* vil skje, til hvordan vi *ønsker* at fremtidens helsetjeneste skal se ut.

STRATEGISK FREMSYN: TRENDER, SIGNALER OG KONSEKVENSER

Denne måten å se fremover i tid på, og peke på noen trender som kan gjøre seg gjeldende, kalles også horisontscanning. Det er en av flere teknikker innen såkalt fremtidsanalyse eller strategisk fremsyn. Målet med fremtidsanalyser er å gi grunnlag for bedre diskusjoner, og dermed fatte bedre beslutninger som tar oss nærmere den fremtiden vi helst ønsker oss.

For hver trend beskriver vi kort hva trenden går ut på. Hva er dagens situasjon, hva innebærer skiftet bort fra denne situasjonen, og hva er viktige teknologiske drivere? Videre trekker vi frem eksempler på hvordan trenden manifesterer seg i praksis (også kalt signaler). Dette kan være eksempler på at et system er tatt i

bruk i klinikken, eller at det er under utvikling. Enkelte av signalene er vitenskapelige artikler eller annen aktuell forskning, med vitende om at disse eksemplene er lenger unna faktisk bruk i klinikken.

Deretter peker vi på hva trenden vil bety, dersom den slår til: Hvilke konsekvenser kan denne utviklingen få for helsetjenesten og for samfunnet, hvilke muligheter bærer den i seg?

Til slutt tar vi også med vesentlige utfordringer. Hvilke spørsmål må samfunnet og spesielt politikerne ta stilling til, som følge av trenden? Hvilke negative konsekvenser må håndteres, eventuelt hvilke grep kan tas for at samfunnet skal dra positiv nytte av trenden?

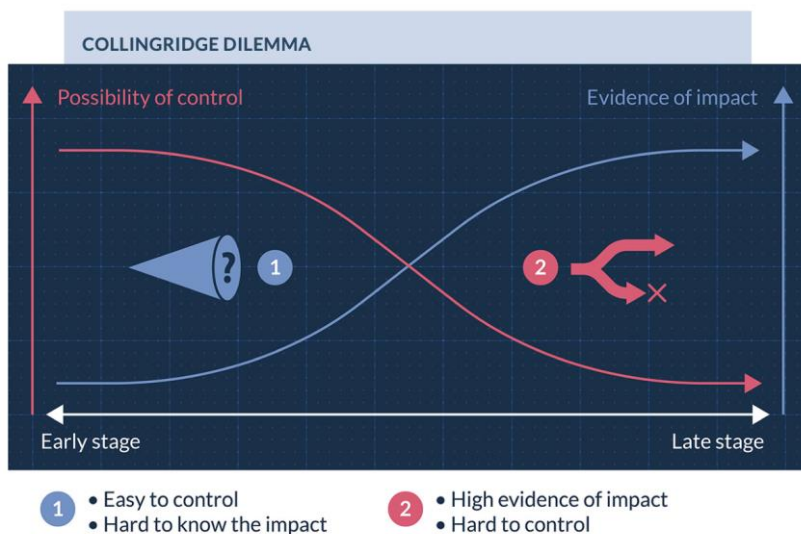
Noen av implikasjonene og utfordringene vi omtaler er felles for flere av trendene. For eksempel er det slik at problemer med å plassere ansvar kan gjelde ganske generelt for bruk av kunstig intelligens i helsetjenesten, og at faren for diskriminering er et generelt problem når maskinlæring benyttes på persondata. Vi har likevel valgt å omtale utfordringene under én av trendene, for i større grad å knytte utfordringene til de konkrete eksemplene og endringene vi ser, uten for mange gjentakelser.

TRENDER KAN ENDRES

Den teknologiske utviklingen er ikke forutbestemt. Når vi ser for oss fremtiden, er vi også med å forme den. Noen ganger trengs aktiv, politisk fødselshjelp for å få tatt i bruk ny teknologi. Andre ganger kan mulige negative konsekvenser tilsa at vi bør unngå eller til og med forby noe.

Trendene vi beskriver i de følgende kapitlene er mulige, plausible og sannsynlige fremtider. Men de er ikke uunngåelige eller upåvirkelige. En utfordring i trendanalyse og annet fremsynsarbeid er at kunnskapen om den faktiske utviklingen, og konsekvensene av den, øker over tid, mens mulighetene til å påvirke utviklingen og konsekvensene krymper (Figur 5). David Collingridge kalte fenomenet «the dilemma of control» i sin bok om sosiale konsekvenser av teknologiske fremskritt fra 1980.⁵²

⁵² Collingridge (1980)



Figur 5: Collingridges dilemma (Kilde: OECD Observatory of Public Sector Innovation)

Vi kjenner fenomenet fra helt andre felt enn helse, som utviklingen av kjerne- kraft eller sosiale medier: Når man befant seg på tidspunktet hvor slike tekno- logier faktisk kunne stanses eller forbys, dersom man hadde ønsket dette, visste man svært lite om hvilke vidtrekkende konsekvenser de faktisk kunne få. Når konsekvensene blir kjent, er det svært vanskelig (eller kostbart) å endre kurs.

Målet med presentasjonen av nye trender er derfor å finne den rette balansen. Vi må beskrive trendene og de mulige konsekvensene av dem på et tidspunkt der det fremdeles er usikkerhet om hvorvidt de vil slå til. Men da gjenstår det også politisk handlingsrom til å forme teknologien, og dermed fremtiden, slik man ønsker at den skal være.

1: FØRSTELINJEN BLIR DIGITAL

Kunstig intelligente datasystemer kan snakke pasientens språk, og svare dem raskt og treffsikkert. Slike digitale førstelinjer kan gi bedre helsehjelp over hele landet.

Der digitalisering i helsetjenesten tidligere har vært gjort med små, forsiktige skritt, har koronakrisen virket som en katalysator for å ta nye løsninger i bruk. I begynnelsen av mars 2020 var om lag fem prosent av fastlegebesøkene digitale. To uker senere var andelen 57 %. Antallet psykologer som har tatt i bruk videosamtaler har doblet seg.⁵³ Pandemien har vist hvor nyttig en digital førstelinje kan være, spesielt i en presset situasjon.

Kontakten mellom en pasient og helsetjenesten har tradisjonelt begynt med at pasienten selv kontakter fastlege, legevakt eller alarmsentralen 113. Deretter vurderer en lege eller sykepleier pasientens behov, basert på samtale og observasjon.

⁵³ Helsedirektoratet (2020)

En digital førstelinje kan bety at denne første konsultasjonen foregår via video, bilder, epost eller chat, i stedet for ved oppmøte. Men det kan også bety at pasienten ikke kommuniserer med et menneske i det hele tatt, men med et datasystem med kunstig intelligens.

Denne typen løsninger baserer seg på maskinlæring som finner mønstre i historiske henvendelser, og lærer seg å kjenne igjen hva pasientens rapporterte symptomer betyr. En annen, viktig driver for denne utviklingen er at maskinene blir stadig bedre til å tolke og kommunisere i naturlig språk, både skriftlig og muntlig.

I dag kan en digital førstelinje typisk svare på pasientens spørsmål om helse og symptomer. Den kan gi kvalitetssikret og relevant informasjon, noe som ikke alltid er tilfellet når pasienter for eksempel søker etter informasjon på internett på egen hånd.

På sikt er målet med digital førstelinje at den skal kunne gjøre mye mer enn bare å svare på spørsmål eller sette opp timeavtaler. Tanken er at slike systemer også skal vurdere symptomer som brukeren rapporterer eller sender inn. Basert på dette kan systemet enten sende pasienten videre til relevante undersøkelser, eller til og med stille enkelte diagnoser direkte, og henvise pasienten til videre behandling.

SIGNALER

DIGITAL FØRSTELINJE PRØVES UT I STORBRITANNIA

Storbritannia er et av landene som prøver ut løsninger for digital førstelinje i helsevesenet i stor skala. Britiske helsemyndigheter har blant annet inngått avtaler med flere virtuelle helseassistenter. Babylon Health leverer for eksempel tjenesten «GP at hand», som prøves ut i utvalgte distrikt i London og Birmingham. Denne løsningen utfører sortering av pasienter (triagering på fagspråket)

omtrent like presist og sikkert som mennesker, med langt færre spørsmål (gjennomsnittlig 13 spørsmål sammenlignet med 23).⁵⁴

«Ask NHS», en tjeneste utviklet av Sense.ly, sjekker symptomer og lar brukeren bestille videokonsultasjon eller time hos fastlegen gjennom appen.^{55, 56} NHS 111 Online er en «legevakt på nett», og tilbyr en automatisert symptomsjekk. Systemet stiller spørsmål om symptomer og anbefaler til slutt hva slags hjelp brukeren trenger og hvor de kan få den.⁵⁷

DIGITALE ASSISTENTER ØKER TILGJENGELIGHETEN AV KORONASJEKK

Koronapandemien har vist hvilken rolle smarte chatbots kan spille i å avlaste førstelinjen i helsetjenesten. I starten av korona-pandemien opplevde alarm-sentralen (113) at telefonsentralene ble blokkert av innringere som var bekymret.⁵⁸ Både kommersielle og frivillige etablerte raskt ulike typer digitale helse-assistenter for å hjelpe innbyggerne med informasjon, kontaktsporing eller for diagnostiske formål knyttet til korona. Helsenorges Koronasjekk er en enkel variant.⁵⁹ Slike tjenester har blitt vanlig over hele verden.⁶⁰

Et forskerteam evaluerte i juni 2020 82 digitale korona-tjenester. De fleste oppnådde høy score på brukervennlighet, funksjonalitet, design og informasjon. Løsninger som er kvalitetssikret og godkjent av myndighetene skårer best, og de har også større utbredelse enn ikke-verifiserte løsninger.⁶¹

ENKLERE TILGANG TIL PSYKOLOG MED DIREKTE HENVISNING

For å få psykisk helsehjelp i dag, må innbyggeren gå via fastlegen for å få henvisning til en avtalespesialist, altså en psykolog hvor det offentlige dekker store deler av regningen. Men i det offentlige er ventetiden typisk lang. Alternativet er å gå direkte til en privat psykolog, men dette kan bli kostbart, for da må man betale hele regningen selv. I tillegg opplever mange stigma knyttet til mental helse, og kvier seg for å oppsøke hjelp.

⁵⁴ Buchard mfl. (2020)

⁵⁵ NHS (2020a)

⁵⁶ Sensely (2021)

⁵⁷ NHS (2020b)

⁵⁸ Hunshamar og Øverdal (2020)

⁵⁹ Helsenorger.no (2020)

⁶⁰ Miner, Laranjo, og Kocaballi (2020)

⁶¹ Chidambaram mfl. (2020)

En digital, mental førstelinje kan senke terskelen for å søke hjelp. For en del kan det oppleves enklere og mindre belastende å ta kontakt digitalt (og anonymt), enn å oppsøke en behandler direkte.⁶²

I Australia etablerte myndighetene allerede i 2013 en nasjonal digital plattform for mental helse. The Australia MindSpot Clinic tilbyr informasjon, selvhjelpsprogrammer og veiledet internett-behandling. En vurdering fra 2020 viste at erfaringene var gode, og konkluderte med at slike løsninger bør være en komponent i det moderne helsevesenet.

VIRTUELLE TERAPEUTER BEHANDLER PSYKISKE HELSEPLAGER

Kognitiv atferdsterapi (CBT) er en form for terapi hvor man snakker med personer om hva som oppstår og eventuelt plager dem i deres hverdagsliv. Den digitale assistenten Woebot bruker teorier fra kognitiv atferdsterapi og har en dialog med brukeren, og gir tips og råd til vedkommende basert på dialogen. En studie viser at symptomene på depresjon ble redusert blant Woebot-brukerne over en to-ukers studieperiode. Studien indikerte at digitale assistenter ser ut til å være en effektiv måte å gjennomføre kognitiv atferdsterapi på.⁶³

HVA KAN DET BETY?

EN MER EFFEKTIV FØRSTELINJE

I en rekke bransjer er digital førstelinje og selvbetjening som hovedregel allerede innført. For bank, kollektivtransport og reiseliv er digital selvbetjening normalen. I helsetjenesten har utbredelsen av digital kontakt fått et løft gjennom koronapandemien. Andelen som har benyttet digitale helsetjenester en eller flere ganger i løpet av de siste 12 månedene, uten å besøke lege eller sykehus, økte fra 29 % i 2019 til 44 % i 2020, ifølge innbyggerundersøkelsen fra Direktoratet for e-helse.⁶⁴

Likevel er personlig kontakt ved oppmøte eller per telefon fremdeles det vanligste, og du må i all hovedsak gå via fastlegen din uansett hva slags symptomer

⁶² Helsedirektoratet (2018b)

⁶³ Fitzpatrick, Darcy, og Vierhile (2017)

⁶⁴ Direktoratet for e-helse (2021c)

du måtte ha, med mindre du har en akutt tilstand. Samtidig er det mange steder mangel på fastleger, og fastlegenes arbeidsbelastning er høy.

Digitale helseassistenter kan bidra til å avlaste situasjonen. For eksempel kan de brukes til å sortere ut hvem som trenger øyeblikkelig hjelp, hvem som kan henvises direkte til en normal konsultasjon i spesialisthelsetjenesten, hvem som bør kontakte fastlegen og hvem som kan se an utviklingen og eventuelt få behandling hjemme.

Digitale helseassistenter kan også hjelpe innbyggerne å tolke symptomer selv, ved å stille spørsmål til en digital helseassistent. Dette kan være spesielt nyttig i en situasjon hvor kapasiteten i førstelinjen kan være under sterkt press, for eksempel slik vi har sett under koronaepidemien.

På denne måten får pasientene raskere svar, samtidig som helsetjenesten kan utnytte sine ressurser bedre.

En heldigital førstelinje på tvers av hele helsesektoren, med automatisk henvisning til spesialisthelsetjenesten, er nok likevel et godt stykke unna realisering. Mer sannsynlig er det at man får «smalere» digitale førstelinjer for noen deler av helsevesenet, for eksempel innen mental helse.⁶⁵ Disse løsningene vil også i første omgang være et supplement til den tradisjonelle førstelinjen, ikke en erstatning.

RASKERE OG LIKERE TILGANG TIL HELSEHJELP

Fastlegen er i dag portvokteren for spesialisthelsetjenesten. Legen vurderer om symptomene og helsetilstanden tilsier at brukeren bør få en vurdering eller behandling av en spesialist, og henviser pasienten videre.

Med en digital førstelinje kan vurderingen og henvisningen gjøres digitalt og automatisk, og dermed delvis overta denne portvokterrollen. Eksempler man kan tenke seg er diagnoser som stilles av en kunstig intelligens basert på data brukeren laster opp, som et bilde av en hudforandring eller en måling av hjerterytme, eller at diagnosene stilles basert på dialog med en chatbot.

En digital førstelinje blir akkurat like tilgjengelig uansett hvor man bor i landet, noe som kan bidra til å demokratisere og utjevne tilgangen til helsehjelp. I land

⁶⁵ Se også Teknologirådet (2020a)

med svak infrastruktur og dårligere utviklet helsetjeneste enn Norge kan slike løsninger gi helsetjenester til mange som ellers ikke ville fått det. I Rwanda når for eksempel den digitale førstelinje-appen Babyl over to millioner brukere.⁶⁶

Men også i et rikt land som Norge finnes store geografiske forskjeller i helsetilbudet. En rapport fra Riksrevisjonen viser for eksempel at hvilket behandlingstilbud som finnes for psykiske helseproblemer avhenger vesentlig av hvor i landet man bor.⁶⁷ En digital førstelinje ville kunne bidra til at i hvert fall den første kontakten med hjelpeapparatet ville bli likere. For en del psykiske lidelser og plager er det også utviklet nettbaserte behandlingsopplegg med gode resultater, med større eller mindre innslag av kunstig intelligens.

UTFORDRINGER

FASTLEGENS BÅND TIL PASIENTEN SVEKKES

Noe av poenget med å gå til den samme legen over tid, slik fastlegeordningen i dag legger opp til, er at legen lærer deg å kjenne. Dette inkluderer hele din livssituasjon og dine plager og utfordringer. Slik kan legen fange opp ulike tegn som til sammen danner et mønster for din helse. Nettopp dette kan gjøre legen i stand til å gi deg best mulig helsehjelp.

Dersom automatiske tjenester i økende grad erstatter den regelmessige personlige kontakten, mister vi denne tette koblingen mellom lege og pasient. En del data om pasientene er også subtile, og noteres aldri i noen journal. Legen gjør seg både bevisste og ubevisste sanseinntrykk i det fysiske møtet med pasienten. Dette er data som algoritmene aldri vil få tilgang til, og ikke kan gjøre seg nytte av. Selv om dagens helsetjeneste lener seg tungt på fysiske tester og andre konkrete data, vil også leger ha utviklet en intuisjon som det er vanskelig å overføre til maskinene.

Spørsmålet er om en digital førstelinje kan lese tilstrekkelig mange nok tegn til å vurdere vår helsesituasjon på en god nok måte, og om det kunstig intelligente systemet lykkes i å formidle kunnskapen den har til legen, når det er nødvendig.

⁶⁶ Crouch (2018)

⁶⁷ Riksrevisjonen (2021)

Blant annet kan det være vanskelig for legen å forstå hvorfor systemet kom frem til et bestemt svar. Dette kalles gjerne «sort boks»-problematikk.

PORTVOKTEREN BLIR EN ROBOT UTEN SKJØNN

Legene, og særlig fastlegene, sitter i dag med en nøkkelrolle for å bestemme hvem som skal få hvilke behandlinger. De har også et stort ansvar for å avgjøre hvem som skal få rett på for eksempel sykepenger og andre ytelser. Derfor sier vi gjerne at leger har en viktig portvokterrolle.

Når digitale hel- eller delautomatiske systemer får ansvar for å gi råd, eller i ytterste konsekvens selv fatte beslutningene, overtar de noe av denne portvokterrollen. Dette kan gi raskere og likere helsehjelp, som beskrevet over.

Samtidig kan slike mer eller mindre automatiske systemer føre til diskriminering: For det første er de basert på data som kan inneholde skjevheter. For eksempel kan treningsdataene stamme fra et for snevert utvalg av befolkningen, og føre til dårligere treff for andre grupper. Maskinlæringsmodeller gir dessuten typisk bedre resultater for vanlige enn for sjeldne sykdommer.

For det andre er heller ikke tilsynelatende tekniske valg alltid nøytrale. Verdi- valg og prioriteringer bakes inn i design og utvikling av et system, ofte dels ubevisst eller utilsiktet.⁶⁸ Valg som tas i utviklingen av systemene kan få ringvirkninger for alt fra ressursbruk i helsetjenesten til utbetaling av økonomiske ytelser til enkeltpersoner.

Legene utøver skjønn når de vurderer pasientene som kommer inn i mottaket eller kontoret. Selv om en automatisk, digital førstelinje kan gi en svært presis diagnose og vurdering av enkelte tilstander, kan dette også føre til at det blir vanskeligere å komme til helsetjenesten med mer sjeldne, diffuse, kompliserte eller sammensatte plager, som ikke lar seg kategorisere like lett av en robot uten skjønn.

På den andre siden er også leger, som alle mennesker, preget av ubevisste fordommer. Dette kan også påvirke hvilken hjelp og behandling ulike pasientgrupper får. En digital førstelinje kan derfor også motvirke diskriminering. Faren for diskriminering må derfor vurderes for hvert enkelt system som tas i bruk.

⁶⁸ van den Hoven (2007)

PASIENTEN FÅR MER ANSVAR, MEN MINDRE MAKT

En digital førstelinje må være ekstremt brukervennlig. Men nesten uansett hvor brukervennlig den er, vil en andel av befolkningen ikke være i stand til å benytte seg av en slik løsning. Ikke alle har smarttelefon eller PC, og ikke alle vil greie å benytte seg av digitale løsninger. En digital førstelinje kan derfor aldri være eneste kontakthet for pasientene. Spørsmålet blir hvor mye ressurser man legger i de ulike førstelinjene, etter hvert som digitale løsninger blir mer utbredt. Dersom de digitale kanalene blir prioritert, kan det føre til at de som er minst ressurssterke fra før, kommer dårligere ut.

Det er også store forskjeller blant de som i utgangspunktet greier å benytte seg av en digital førstelinje. For eksempel har ulike pasienter svært ulike måter å beskrive og forklare de samme symptomene på. En lege vil se pasienten an, og vite hvordan man skal formulere spørsmål om symptomer, for å få pasienten til å forklare dem best mulig. Et digitalt system vil typisk være langt mer standardisert. Dersom det er basert på prosessering av naturlig språk, vil det også måtte ta høyde for at mennesker kommuniserer svært ulikt om det samme. Da vil også sensitiviteten for hvilke befolkningsgrupper systemet er trent opp på være svært høy. Helsekompetanse og digital helsekompetanse er ikke jevnt fordelt i befolkningen, det er viktig å sørge for at den digitale førstelinjen er tilgjengelig for alle.⁶⁹ Et mer selvbetjent system kan ende opp med å legge mer ansvar på pasienten, fordi det blir viktigere hvordan pasienten beskriver symptomene sine.

En annen effekt av beslutningsstøttesystemer, er at de sentraliserer makt. Viktige avgjørelser om pasientens helse overføres i større eller mindre grad til et sentralt system. Dersom førstelinjen i helsetjenesten i enda større grad blir styrt av kvantitative data, kan pasienten, og pasientens lege, få mindre å si. Når slike systemer utformes, gjøres det — bevisst eller ubevisst — valg som kan påvirke hvordan pasienter og diagnoser prioriteres.

DISKRIMINERENDE ALGORITMER

Maskinlæring gjør at maskiner kan klassifisere eller predikere utfall ganske presist, men prediksjonene kan bare bli så pålitelige og nøytrale som dataene de er basert på. I den grad det allerede eksisterer ulikhet, ekskludering eller andre spor av diskriminering i historien, så vil det også gjenspeile seg i dataene. Dette

⁶⁹ Le mfl. (2021)

kan gå ut over grupper som historisk har vært nedprioritert i medisinsk forskning, som kvinner og minoriteter.⁷⁰

Dette kan resultere i at algoritmene tror at de *bør* behandles ulikt. Dermed kan algoritmene videreføre, og i noen tilfeller også forsterke, diskriminering.

Videre er en stor overvekt av maskinlæringen basert på datasett fra vestlige land (og til dels fra Kina), og med en overvekt av menn. Det er ikke gitt at resultatene er overførbare mellom befolkningsgrupper. Det kan bety at verktøyene fungerer dårligere for kvinner og for personer med annen etnisk bakgrunn. Dermed kan kunstig intelligens bidra til å forsterke forskjeller som allerede eksisterer i helsetilbudet, nasjonalt og globalt.

Når algoritmene får mer makt, blir det desto viktigere å ha gode, og helst åpne, prosesser for å oppdage og korrigere skjevheter i algoritmene gjennom hele livsløpet til modellene. Da kan det være problematisk at utviklingen av KI preges av noen få, store aktører som kan styre utviklingen og holde kortene tett til brystet. En sak som nylig vakte stort engasjement var Googles oppsigelse av Timnit Gebru, en ekspert på blant annet diskriminerende algoritmer. Gebru satt i ledelsen av Googles «Ethical A.I. Team», og hadde over flere år advart mot farene for at en av Googles store språkmodeller ble trent opp på historiske tekster med skjevheter knyttet til for eksempel etnisitet og kjønn.⁷¹

Men algoritmer og kunstig intelligens kan også *hindre* diskriminering. Et data-system som mates med dine symptomer og personlige sykdomshistorie kan nettopp gjøre en nøytral beregning av hva som er sannsynlig diagnose og fornuftig behandling, uten å være farget av menneskers tendens til å ha fordommer mot folk basert på kjønn, etnisitet, utseende og mer.

Skjevheter i datasett er likevel både enklere å oppdage og håndtere enn *manglende* data. Vi vet at det er en rekke lidelser der vi rett og slett mangler pålitelig forskning, og pålitelige data. Det kan både være fordi tilstandene er sjeldne, men også fordi tilstandene historisk har vært nedprioritert, noe som blant annet er tilfellet for lidelser som typisk rammer kvinner.⁷²

Dette kan også være en selvforsterkende effekt: Utviklingen av kunstig intelligens krever mye data. Når verktøyene tas i bruk, frembringer de nye data. Slik

⁷⁰ R. Thomas (2021)

⁷¹ Metz og Wakabayashi (2020)

⁷² Quora (2018)

øker skjevheten mellom helsetilstander hvor vi tradisjonelt har samlet inn mye data, og tilstander som ikke har vært i forskernes lys.

2: HELSEPERSONELL FÅR DIGITALE ASSISTENTER

Virtuelle helseassistenter kan hjelpe helsepersonell med å stille diagnoser, finne den beste behandlingen eller overvåke en pasient og varsle om mulige komplikasjoner.

Kunnskapsproduksjonen innen medisin øker svært raskt: I 2010 tok det 3,5 år å doble mengden medisinsk kunnskap, mens det i 2020 bare vil ta 73 dager. Uten gode verktøy er det vanskelig, om ikke umulig, for helsepersonell å tilegne seg all denne kunnskapen og holde seg oppdatert.⁷³ I tillegg til den medisinske forskningslitteraturen, finnes det betydelige mengder med strukturerte og ustrukturerte pasientdata, både i pasientjournaler, andre medisinske datasystemer, og hos pasientene selv i form av egenmålinger for eksempel fra smartklokker eller andre bærbar sensorer. Slike kilder har det tradisjonelt vært vanskelig å benytte i behandlingen, fordi det har vært tungvint eller umulig å finne frem til den relevante informasjonen til rett tid.

Kunstig intelligens kan bli et verktøy for å gi helsepersonell den informasjonen som trengs, når den trengs. Ved hjelp av teknikker for naturlige språk (Natural Language Processing, NLP), kan systemene søke gjennom, tolke og analysere

⁷³ Densen (2011)

medisinsk litteratur, som oppslagsverk, lærebøker og kliniske studier, og bygge en modell av den medisinske kunnskapen på et felt.⁷⁴

Ved hjelp av NLP kan også ustrukturert informasjon fra pasientjournaler, for eksempel notater fra lege eller sykepleier, tolkes automatisk. Det kan åpne helt nye muligheter for å bruke data fra pasientjournaler til forskning, og for å hjelpe andre pasienter med lignende tilstander. Samtidig utfordrer dette tradisjonelle personvernregler om at personlige helsedata kun skal benyttes til formålet de er samlet inn til, som er å hjelpe pasienten de omhandler.

Både data fra medisinsk litteratur og data fra pasientjournaler kan utgjøre grunnlaget for chatbots, programvare som leger og annet helsepersonell kan stille skriftlige eller muntlige spørsmål til, og få råd angående pasienten de har foran seg.

De digitale assistentene kan også integreres i helsepersonellens utstyr. Et moderne stetoskop kan for eksempel ha avansert programvare som analyserer mønstre i lyden det fanger opp.⁷⁵

Men virtuelle assistenter kan være mer enn rådgivere. De kan også bistå direkte i behandlingssituasjonen. For eksempel kan et system overvåke kombinerte data fra for eksempel blodprøver, blodtrykksmålinger, hjerterytme eller lignende. Når systemet oppdager et avvik, kan det gå av en alarm som varsler helsepersonell om at de må undersøke pasienten nærmere.

SIGNALER

MER NØYAKTIG BRYSTKREFTUNDERSØKELSE PÅ HALVE TIDEN

Å finne spredning av kreftceller (metastaserende kreftceller) er en prosess som er tidkrevende, vanskelig og utsatt for feil. Dyplæringsmodeller, som for eksempel LYNA (Lymph Node Assistant) kan bistå patologene til å tolke bildene raskere og mer presist. En studie viste at patologer med støtte fra et slikt system

⁷⁴ Google har utarbeidet en kunnskapsgraf som de tilbyr i Google-søk i noen land, se Google (2021). Andre eksempler er IBM Watson, Ada Health og Babylon Health.

⁷⁵ M3dicine (2021)

ble mer nøyaktige enn uten slik støtte, men også mer nøyaktige enn hva algoritmen greide på egenhånd. Tidsbruken per bilde gikk samtidig ned, spesielt for bilder hvor det fantes metastaser, der tidsbruken ble halvert.⁷⁶

VIL FORUTSE HVILKE BARN SOM VIL TRENGE HJELP GJENNOM FØDSELEN

Hvert år dør om lag tre millioner spedbarn i fødsel eller det første døgnet etter fødsel. SaferBirths er et prosjekt hvor Universitetet i Stavanger og Stavanger Universitetssjkehus samarbeider med to sykehus i Tanzania for å forbedre fødselsomsorgen. Her brukes maskinlring, sammen med andre statistiske metoder, for å analysere datakilder, som fosterets hjerterytme. Målet er å hjelpe legene å forutse hvilke barn som trenger hjelp gjennom fødselen, for eksempel keisersnitt eller oksygentilførsel.⁷⁷

OPPDAGER AKUTTE TILSTANDER TIDLIGERE

Blodforgiftning, eller sepsis på fagspråket, diagnostiseres i dag på bakgrunn av symptomer og blodprøver. I en studie fra 2021 utviklet forskere en maskinlæringsmodell som utnytter både strukturerte data (som målinger av blodtrykk, hjerterytme, oksygenmetning, kroppstemperatur m.m.) og ustrukturerte data (typisk notater fra pasientjournalen) til å forutsi hvilke pasienter som har høy risiko for sepsis.

I studien varslet modellen mer presist om sepsis tidligere enn tradisjonelle metoder, samtidig som den reduserte antallet falske positive varsler. Forfatterne av studien understreket samtidig at de så for seg at modellen først og fremst vil være en hjelp for legene og helsepersonell i deres arbeid, for eksempel for å unngå at mulige sepsistilfeller blir oversett i en hektisk sykehushverdag, og ikke en erstatning for legenes vurderinger.⁷⁸

MASKINLÆRING ANALYSERER LUNGENE TIL COVID-19-PASIENTER

Etter korona-utbruddet har mange sykehus og akademiske institusjoner samarbeidet om å samle data og utvikle algoritmer som kan bekjempe Covid-19 på

⁷⁶ Steiner mfl. (2018)

⁷⁷ Universitetet i Stavanger (2019)

⁷⁸ Goh mfl. (2021)

ulike måter. Et at de mest fremgangsrike områdene er analyse av bilder av lungene for å bedre forstå hvordan sykdommen påvirker lungene, hvordan sykdommen kan diagnostiseres og behandles.

I april ble et system som analyserer CT-bilder av lungene CE-merket. Systemet kan oppgi hvor mange prosent av ulike regioner av lungene som er skadet. Slik automatisk kvantifisering gir konsistente og objektive vurderinger av lungene og kan hjelpe radiologer med risikobasert triagering av pasienter med moderate til alvorlige symptomer.⁷⁹

VIL PÅVISE POSTOPERATIVT DELIRIUM MED TEKSTANALYSE

Postoperativt delirium er en forvirringstilstand som kan ha alvorlige konsekvenser. Tilstanden kan oppstå etter operasjoner, særlig hos eldre pasienter, men forblir ofte uoppdaget og udiagnostisert. Et doktorgradsarbeid ved Universitetet i Tromsø i samarbeid med Universitetet i Nord-Norge og Nasjonalt senter for e-helseforskning har utviklet en maskinlæringsalgoritme som blant annet bruker fritekstdata fra pasientens journal til å forutse postoperativt delirium.⁸⁰

HVA KAN DET BETY?

HELSEHJELPEN BLIR MINDRE AVHENGIG AV DEN ENKELTE LEGES ERFARING

Ved hjelp av virtuelle assistenter kan leger få enklere tilgang til erfaringer fra både forskningslitteratur og tidligere pasienter. Elektroniske pasientjournaler inneholder erfaringer fra en mengde pasienter, mange flere enn en lege vil treffe i løpet av sin karriere. Disse erfaringene har betydelig verdi, spesielt for å forstå helsesituasjonen og prognoser til pasienter som ligner på hverandre. Ikke minst blir det lettere å finne erfaring fra lignende tilfeller når man står overfor sjeldne diagnoser.

⁷⁹ Icometrix (2020)

⁸⁰ Mikalsen mfl. (2017); Johnsen (2019)

Dermed kan legen stille raskere og mer presise diagnoser, eller komme med bedre og mer tilpassede behandlingsopplegg, basert på siste tilgjengelige kunnskap samt lignende sykdomsforløp.

Assistentene kan på denne måten bidra til å gjøre helsehjelpen langt mindre avhengig av den enkelte leges spesifikke erfaring. Det kan også gjøre det enklere å opprettholde et godt diagnose- og behandlingstilbud på mindre steder, med lav frekvens av enkelte diagnoser.

PERSONTILPASSET DIAGNOSE OG BEHANDLING BLIR MULIG

De siste 20 årene har mengden informasjon legene kan få om den enkelte pasient mangedoblet seg gjennom nye teknologier og forskning. Et eksempel er såkalt sekvensering av arvestoffet, genomet, til pasienten, som inneholder om lag tre milliarder koder. Andre eksempler er fysiske målinger, som hjerterytme og blodtrykk, ustrukturert informasjon som i pasientjournalen, eller journalene til alle andre pasienter med en lignende diagnose.

Det er ikke lenger mulig for et menneske å ta hensyn til all informasjon som er av betydning for den enkelte pasient. En av de største fordelene ved maskinlæring er nettopp at man kan analysere svært store informasjonsmengder. Maskinlæring kan dermed bli nøkkelen til økt presisjonsnivå i alle ledd av helse-tjenesten: Mer målrettet forebygging, mer finmaskede diagnoser, mer treffsikker behandling og bedre oppfølging.

Håpet er at kreftlegen, som et eksempel, kan få hjelp av kunstig intelligens til å vurdere hvilke behandlinger som kan være mest effektive, basert på data om svulstens molekulære karakteristikk, informasjon om hvor aggressiv kreften er eller beregninger av hvor sannsynlig det er at den vil spre seg.

Et annet håp er at gentesting og -analyse ved hjelp av kunstig intelligens kan sørge for langt mer treffsikker medisiner, ettersom genene våre avgjør hvor godt vi kan nyttiggjøre oss virkestoffene.

OPPGAVEFORSKYVNING OG BEDRE UTNYTTELSE AV HELSEPERSONELL

Med digitale assistenter øker nivået på hjelpen hver enkelt helsearbeider kan gi. En fastlege kan ta beslutninger som tidligere var forbeholdt spesialister. En sykepleier kan gjennomføre behandling som tidligere var forbeholdt leger. Kort sagt får hver enkelt helsearbeider verktøy som utvider deres virkeområde. Dette

frigir også tid for spesialister til å arbeide mer med krevende og sammensatte pasientforløp.

Jo flere i helsetjenesten som kan utføre en oppgave, jo mer øker sannsynligheten for at den hjelpen hver pasient trenger er tilgjengelig der, og når, den trengs. Jo mindre spesialisert helsepersonell som er nødvendig for å utføre oppgavene, jo enklere blir det å organisere helsetjenesten i helhet. Dette kan bli spesielt viktig i årene fremover, når etterspørselen etter helsetjenester og helsepersonell kan øke kraftig, som følge av demografiske endringer.

Jo større innslag vi får av teknologi som krever mindre spesialisert helsepersonell, jo større betydninger får det også for selve strukturen i helsetjenesten. Fordelingen av oppgaver mellom fastlege, poliklinikk, lokalsykehus, sentralsykehus og så videre må kanskje revurderes. Men utviklingen kan også gå i andre retningen. Nye, avanserte KI-verktøy kan også kreve økt kompetanse eller ha høye investeringskostnader, slik at det mest rasjonelle blir en ytterligere spesialisering.

MULIGHETER FOR NORSK HELSENÆRING

Norge har mange forutsetninger for å kunne utvikle ny helsenæring basert på kunstig intelligens i helse. Blant finnes gode helseregistre- både behandlingsrettede registre og kvalitetsregistre, samt biobanker, som kan brukes til å trene modeller. Norge har også akademiske miljøer med høy kompetanse, både helsefaglig og teknologisk. Helsetjenesten har høy kvalitet, og befolkningen har høy tillit, høy digital kompetanse og villighet til å stille opp i forskning og forsøk.⁸¹ Det er også viktig for norsk helsetjeneste at det finnes spesialisert kompetanse på KI i helse i Norge. Særlig gjelder dette når norske helseforetak skal ta i bruk løsninger som er utviklet andre steder, basert på andre populasjoner, og tilpasse dem til norske forhold.

Utfordringen for Norge blir å prioritere ressursene riktig. Skal vi bidra til å fylle hullene for sjeldne sykdommer, skal vi prioritere sykdommer som er mer vanlig i Norge enn andre steder, eller skal vi prioritere de alvorligste sykdommene, som for eksempel kreftformene med lavest overlevelsesprognose?

⁸¹ Nærings- og fiskeridepartementet (2019)

UTFORDRINGER

HELSEDATA MÅ GJØRES TILGJENGELIG UTEN Å OFRE PERSONVERNET

Tilgang på rike, store og representative datasett — både fra det offentlige og det private — er en forutsetning for at maskinlæring skal kunne bidra til bedre helsetilbud. Vern av den enkeltes sensitive opplysninger er avgjørende for å opprettholde tillit til systemet. Jo mer data som deles, jo større er risikoen for at sensitive data kommer på avveie. I takt med utviklingen av mer intelligent maskinlæring blir det dessuten mulig å utlede mer informasjon fra eksisterende data. Når datasett som enkeltvis har godt personvern kobles sammen, kan det likevel føre til at

- *anonymiserte datasett blir identifiserbare.* Anonymiserte datasett kan i dag brukes fritt. Forskere mener at 15 demografiske opplysninger er tilstrekkelig for å identifisere 99,98 prosent av amerikanere fra åpne, anonymiserte datasett.⁸²
- *ikke-sensitive data blir sensitive.* Nye sammenhenger i data som i utgangspunktet ikke er sensitive, kan likevel avsløre sensitiv informasjon. Facebook kan blant annet utlede seksuell orientering, angst og risiko for selvmord ut fra brukernes nettaktivitet.⁸³

Maskinlæring kan også avdekke mer finmaskede diagnoser og helt nye diagnoser. Nye definisjoner og terskler for diagnose kan få konsekvenser for den enkeltes rettigheter og plikter. Det kan også føre til ny type stigmatisering eller diskriminering hvis man befinner seg i en ny kategori.

Ingen bør bli diskriminert eller får innskrenket sine rettigheter som følge av at de bidrar med sine data inn i utvikling av kunstig intelligente systemer. Samtidig vil mange ønske, eller til og med forvente, at data som samles inn om deres helsetilstand benyttes til å gi både dem selv og andre et bedre helsetilbud.

SVAKHETER I FORSKNINGEN PÅ KUNSTIG INTELLIGENS

Maskinlæring og kunstig intelligens får stor oppmerksomhet, og nye funn rapporteres stadig i teknologimagasiner og forskningsjournaler. Imidlertid har det

⁸² Rocher, Hendrickx, og de Montjoye (2019)

⁸³ Wachter og Mittelstadt (2019)

vist seg at mange av verktøyene som utvikles, ikke kan anvendes på andre populasjoner og datasett enn de er utviklet på — altså at resultatene ikke gjelder generelt, men kun under spesielle forhold, som for eksempel på ett bestemt sykehus.⁸⁴

Små variasjoner i hvordan den enkelte helseinstitusjon gjør sine målinger kan slå ut på en slik måte at en modell som virker på ett sykehus, ikke kan brukes på et annet. Derfor er det helt avgjørende at KI-modeller verifiseres av den enkelte institusjon som tar dem i bruk. En gjennomgang viste at medisinske anvendelser av KI som var godkjent av amerikanske FDA ofte var testet kun på noen svært få lokasjoner, og nærmere undersøkelser viste at treffsikkerheten kunne være langt lavere andre steder.⁸⁵

Dette har ført til en debatt om hvorvidt de mange forskningsartiklene om kunstig intelligens oppfyller forskningens grunnleggende krav til reproduserbarhet.⁸⁶ Problemet er at forskningsartikler, gjerne publisert av ansatte i noen av de største teknologiselskapene som Google, ikke inkluderer tilstrekkelige detaljer til at andre forskere kan forsøke å gjenskape resultatene.⁸⁷ Det gjør det verken mulig å finne ut om de er allmenngyldige, eller å bygge videre på resultatene i annen forskning.

I september 2020 ble nye standarder for kliniske forsøk som involverer bruk av kunstig intelligens lansert i de retningsgivende medisinske tidsskriftene *Nature Medicine*, *The British Medical Journal* og *The Lancet*. Målet er at dette skal gjøre det enklere å vurdere kvaliteten i forsøkene på en mer troverdig måte.⁸⁸

HVORDAN SKAL HELSEPERSONELL VITE NÅR SYSTEMET TAR FEIL?

I utgangspunktet kan vi skille mellom et system som tar en autonom beslutning, og et system der et menneske tar den endelige beslutningen, og hvor vurderingen fra systemet inngår som en del av beslutningsgrunnlaget.

I praksis er det vanskeligere å lage et slikt skarpt skille. Når systemet gir gode prediksjoner i de aller fleste tilfeller, blir det samtidig vanskeligere for et menneske å vite akkurat når det skal overstyre systemet. Én ting er dagens leger,

⁸⁴ Heaven (2020a)

⁸⁵ Andrews (2021)

⁸⁶ Haibe-Kains mfl. (2020)

⁸⁷ Heaven (2020c)

⁸⁸ Heaven (2020b)

som har lang erfaring i å gjøre slike vurderinger selv, og dermed er godt trent for å se når systemet kommer med en urimelig anbefaling. Men hva med fremtidens leger, som ikke har slik erfaring? Når skal de trene opp sin vurderings-evne, dersom systemet uansett tar beslutningene i de aller fleste tilfellene?

Denne problemstillingen har en klar parallell til selvkjørende biler: Jo sjeldnere sjåføren må gripe inn, jo vanskeligere blir det når det først er nødvendig.

I denne sammenheng nevnes ofte *forklarbar kunstig intelligens* («explainable AI») som en mulig løsning. Hvis systemet også kunne forklare hvordan eller hvorfor det kommer frem til en bestemt anbefaling, kunne det gjøre det enklere for helsepersonell å vurdere om beslutningen virker fornuftig. Men å oversette en beslutning tatt av en algoritme til en forklaring mennesker kan forstå er ikke trivielt, spesielt ikke der dyplæring er tatt i bruk.

Diskusjonen om når man faktisk trenger en forklaring, og hva denne forklaringen bør bestå i, pågår nå i fagmiljøene. I noen tilfeller kan det være viktigere at løsningene har bevist over tid at de gir gode resultater, enn at de forklarer akkurat hvorfor. Et strengt krav om en forklaring kan bety at man i noen tilfeller vil velge bort programvare eller utstyr til fordel for løsninger som kan være mindre presise, men som til gjengjeld kan gi en forklaring på hva som ligger bak et svar eller en anbefaling.

FALSKE POSITIVE — FARE FOR OVERBEHANDLING

En utfordring med alle undersøkelser i helsevesenet er hvordan man skal vekte mellom såkalt «falske positive» og «falske negative». Falske positive er pasienter som sendes videre til behandling uten at det er nødvendig. Falske negative er pasienter som egentlig burde vært undersøkt, men som ikke fanges opp av systemet. I alle vurderinger av helse er dette et dilemma: Dersom man er mest redd for å ikke oppdage noen som trenger hjelp, øker man samtidig sjansen for unødvendig behandling av friske.

For nye systemer er faren til å begynne med typisk størst for overbehandling, altså at man heller sender én pasient for mye til videre oppfølging, enn én pasient for lite. Det kan høres ufarlig ut, men det kan ha negative konsekvenser både for den enkelte og for samfunnet. Unødvendig behandling er negativt for helsen. Videre kan det føre til at belastningen i helsevesenet ikke reduseres, men flyttes fra dagens førstelinje til spesialisthelsetjenesten.

3: DIAGNOSE OG BEHANDLING SMELTER SAMMEN

Kunstig intelligens kan brukes til å sammenstille relevant informasjon fra mange ulike kilder, og lar legene stille diagnoser raskere og mer presist. Dette bidrar til at de ulike stegene kan samles i tid og rom, slik at utredning, diagnose og behandling kan skje ved ett og samme legebesøk.

Diagnostisering i helsetjenesten kan være en sammensatt prosess, hvor flere typer eksperter gjør tester, undersøkelser og vurderinger. Prosessen kan involvere både primærhelsetjenesten og ulike avdelinger i spesialisthelsetjenesten. Det tas gjerne bilder (som røntgen, CT, MR eller ultralyd) og prøver av vev eller blod.^{89,90} Ofte kreves spesialisert og kostbart utstyr.

Bilder og prøveresultater analyseres av eksperter. Til slutt ender legen opp med den eller de diagnosene som er mest sannsynlige, og kan forhåpentligvis stille en diagnose. Utredningstiden kan være lang, og inkluderer både ventetid og reisetid for pasienten.

⁸⁹ Tverrsnittbilder ved hjelp av røntgen

⁹⁰ Bilder av indre organer ved hjelp av magnetfelt og radiobølger

Bildene og prøveresultatene er allerede i stor grad digitale, og maskiner og data-programmer har i mange år hjulpet leger med å tolke dem. Men med kunstig intelligens og maskinlæring åpner det seg nye muligheter for å hjelpe helsepersonell å utføre diagnoseoppgaver raskere, mer presist, med færre ressurser og med mindre risiko.

Maskinlæring kan gjøre det mulig å oppdage og klassifisere funn mye raskere enn før. Det kan for eksempel bli mulig å vurdere om en svulst er ondartet eller godartet på stedet, og den kan dermed diagnostiseres og fjernes i samme operasjon. Noen av diagnoseverktøyene har også vist at de kan oppdage funn som spesialistene overser.⁹¹

Kunstig intelligens kan gjøre det teknisk mulig å gi pasienten en enklere og mer sømløs vei gjennom utredning, diagnose og behandling. Men arbeidsprosessene i helsetjenesten må endres for å dra nytte av mulighetene. For å lykkes, er det like viktig å jobbe for gode pasientforløp og pasientopplevelser, som å ha de rette verktøyene tilgjengelig.

SIGNALER

UMIDDELBAR ANALYSE AV HJERNESVULST KORTER NED OPERASJONSTIDEN

Før en svulst opereres må det gjøres en analyse av en vevsprøve av svulsten. Resultatet avgjør om svulsten skal opereres eller ikke. I dag er flaskehalsen for å ta bilder av vevsprøver å fryse og preparere vevssnittet, noe som tar opptil 30 minutter. En ny teknikk, *Stimulated Raman histology*, kan produsere bilder av vevsprøver av hjernen nesten umiddelbart, og kombinert med maskinlæring kan analysetiden reduseres til 2,5 minutter, med en presisjon som er bedre enn dagens metoder.⁹² Kirurger kan dermed umiddelbart operere ut en ondartet svulst i hjernen, og ha kraniet åpent i betraktelig kortere tid, noe som reduserer risikoen for komplikasjoner og øker sannsynligheten for en vellykket operasjon.

⁹¹ Ardila mfl. (2019) Shetty (2020)

⁹² Hollon mfl. (2020)

FÆRRE UNØDVENDIGE OPERASJONER AV UFARLIGE POLYPPER

Koloskopi er et viktig verktøy mot tarmkreft. Terskelen for å la være å operere en mistenkelig polypp er veldig høy, noe som gjør at mange operasjoner blir utført selv om de egentlig ikke er nødvendige. Dette utsetter pasienten for unødvendig risiko. En studie fra 2018 viste at et datasystem kunne avgjøre om svulster i tarmen var godartet mer presist enn både nyutdannede og eksperter.⁹³ Flere kommersielle aktører har nå lansert bildeanalyseutstyr til bruk i bl.a. endoskopi som varsler legen umiddelbart om mulige funn av polypper eller andre anomalier.^{94,95}

ØKER TREFFSIKKERHETEN FOR KREFTBEHANDLING MED 62 PROSENT

Rask kreftdiagnose med høy treffsikkerhet er viktig for å gi pasienter korrekt behandling så tidlig som mulig. DoMore er et norsk forskningsprosjekt som har utviklet en maskinlæringsmodell fra 3D-bilder av vevsprøver som kan oppdage og vurdere hvor stor og aggressiv en svulst er på tre minutter. Det gir pasienten en prognose som hjelper spesialistene med å velge rett behandling, noe som kan øke treffsikkerheten for behandlingen med 62 prosent.^{96, 97} Markøren som er utviklet, som kalles DoMore-v1-CRC, kan også avgjøre om en pasient som har fått operert ut en svulst trenger ekstra kjemoterapi eller ikke. Å unngå unødvendig cellegiftbehandling sparer både pasienten for store ulemper og helsetjenesten for store kostnader.⁹⁸

HJELP TIL Å HÅNDTERE KOMPLEKS INFORMASJON OM PASIENTEN

I sykehusene holdes det normalt ukentlige møter i såkalte multidisiplinære team, for å legge opp behandlingen for den enkelte pasient. Med stadig økende informasjonsmengde øker også kompleksiteten og antallet deltakere i disse møtene. I fremtiden kan digitale assistenter med kunstig intelligens forenkle disse møtene, ved å foreslå et behandlingsopplegg tilpasset pasienten, basert på mest mulig tilgjengelig informasjon. BiGMED-prosjektet ved Oslo Universitetssykehus utreder mulighetene for slike løsninger.⁹⁹

⁹³ Mori mfl. (2018)

⁹⁴ Olympus udatert

⁹⁵ Fujifilm (2020)

⁹⁶ DoMore (2020)

⁹⁷ Skrede mfl. (2020)

⁹⁸ Moe (2021)

⁹⁹ Vallevik mfl. (2021)

HVA KAN DET BETY?

RASKERE BEHANDLING GIR LAVERE RISIKO OG RESSURSBRUK

Maskinlæring gjør at selve prosessen med å stille diagnose fra et bilde eller andre data går mye raskere. Det kan også bli enklere å utføre flere oppgaver i parallell. Dette korter ned tiden for selve diagnosearbeidet. Men den virkelig store effekten får man i de tilfellene der man kan stille diagnosen på stedet, uten å sende pasienten hjem, og behandling kan igangsettes umiddelbart. Dermed kan diagnose og behandling smelte sammen i et sømløst forløp.

Gjort riktig, kan slike sømløse pasientforløp spare helsepersonell for tid brukt på administrasjon og informasjonsutveksling, som de kan bruke på andre oppgaver eller pasienter. I tillegg reduseres risikoen for misforståelser og tap av informasjon underveis.

For pasienten selv er tiden dyrebare. Tidligere diagnose og raskere behandling kan øke sannsynligheten for å bli frisk. Helsepersonell som har mer tid til klinisk tilstedeværelse, empati og kommunikasjon kan gi økt tillit mellom pasient og behandler, og bedre helsehjelp til pasientene.¹⁰⁰ En umiddelbar diagnose reduserer dessuten den mentale belastningen av å vente på et prøvesvar. I tillegg spares pasienten for den konkrete reisetiden tur/retur behandlingsstedet.

Risikoen for pasienten reduseres også ved at antallet inngrep for samme tilstand kan reduseres. Tiden selve inngrepet tar kan også kortes ned, som når vevsprøver av hjernen kan analyseres i tilnærmet sanntid, slik at kirurger kan ta en beslutning om operasjon med det samme. Dette øker både kvaliteten på inngrepet og pasientsikkerheten.

ORGANISATORISKE SKILLER VISKESE UT

Når nye verktøy tas i bruk, er det viktig at de faktisk fungerer i den konkrete behandlingssituasjonen. Både arbeidsflyten og måten ulike gruppene av behandlere innenfor helseinstitusjonen samarbeider på kan påvirkes av nye verktøy. Dette får ofte mindre oppmerksomhet enn selve den teknologiske løsningen, men er like sentralt for at utfallet for pasienten faktisk skal bli bedre.¹⁰¹

¹⁰⁰ NHS (2019)

¹⁰¹ Elish og Watkins (2020)

Dersom diagnose og behandling smelter sammen, medfører dette også at helsetjenesten må tenke nytt om organisering. Ulike typer helsepersonell kan for eksempel arbeide i parallell for å stille kompliserte diagnoser.¹⁰² I andre tilfeller må ulike profesjoner jobbe tettere sammen enn hva de er vant med fra tidligere. I fremtidens operasjonsrom kan for eksempel skillet mellom radiologisk avdeling og operasjonsavdelingen viskes ut, noe de eksperimenterer med på Intervensjonssenteret ved OUS.¹⁰³

De organisatoriske endringene byr både på muligheter for effektivisering og bedre tjenester, og på utfordringer. For eksempel vil det fremdeles være behov for en tradisjonelle, spesialiserte avdelinger for mange lidelser, mens tilstandene der teknologien fører til at diagnose og behandling smelter sammen vil ha nytte av mer tverrfaglige team.

God brukervennlighet er også viktig for pasientsikkerheten. Informasjonen må komme frem på rett måte, til rett tid, til rett person. Det er viktig at for eksempel varsler formidles på en måte som gjør det lett å reagere på dem. Videre må ikke mengden varsler bli så høy at helsepersonell får «alert fatigue», altså at de ikke greier å sortere de viktige fra de mindre viktige varslene.

FÆRRE UNØDVENDIGE BEHANDLINGER

Så å si alle behandlinger kommer også med bivirkninger eller risiko. Konkrete fysiske inngrep er selvsagt knyttet til risiko, for eksempel for feil eller infeksjoner. Men det er også psykisk belastende å få for eksempel en kreftdiagnose. En viktig konsekvens av mer presise diagnoser er at man kan unngå å gjennomføre unødvendige inngrep og behandlinger. Man kan også forutsi bedre hvilke pasienter som vil ha nytte av hvilken behandling. Dermed kan man spare helsetjenesten for ressurser, samtidig som man unngår å utsette pasienter for overbehandling.

Hvorvidt innføringen av nye systemer fører til færre unødvendige behandlinger, eller til flere (som beskrevet under forrige trend), er ikke gitt. Det bør undersøkes nøye både før og etter systemene er innført.

¹⁰² Viz.ai (2020)

¹⁰³ Fosse (2019)

MINDRE INNGRIPENDE UNDERSØKELSER

Det kan også bli mulig å erstatte inngripende undersøkelser med undersøkelser som medfører mindre belastning for pasienten. For eksempel kan blodprøver erstatte tradisjonelle vevsprøver, EKG¹⁰⁴ kan erstatte blodprøver, ultralyd kan erstatte mer omfattende MR- eller CT-scanning, og et pillekamera kan erstatte koloskopi.

Ved hjelp av dyplæringsteknikker kan mer skånsomme undersøkelser bli like presise som dagens metoder, og kan etter hvert erstatte undersøkelser som er beheftet med mer risiko eller ubehag for pasienten.

Enklere undersøkelser, som ultralyd, utføres typisk med lite, portabelt og rimelig utstyr, og er dermed mer tilgjengelig for flere typer helsearbeidere, som for eksempel fastlegen eller en sykepleier. Dermed kan flere typer undersøkelser bli mer tilgjengelig i primærhelsetjenesten.

UTFORDRINGER

AUTOMATISERING GJØR DET VANSKELIG Å PLASSERE ANSVAR

De kliniske systemene for kunstig intelligens som vi omtaler i denne rapporten er i all hovedsak systemer som gir en anbefaling, ikke systemer som tar selvstendige beslutninger om pasientenes behandling. Likevel flyttes stadig grensene for hvilke oppgaver maskiner kan løse og hvilke beslutninger de kan ta. Selv om systemet kun kommer med en anbefaling om diagnose eller behandling, kan det i realiteten være vanskelig for en lege å se bort fra denne anbefalingen. Det gjelder spesielt i situasjoner der en diagnose umiddelbart skal følges av en behandling, og tidspresset dermed er større.

Det reiser spørsmål om hvem som skal holdes til ansvar om systemet anbefaler å la en svulst bli, mens den i virkeligheten er ondartet. Er det behandleren som fulgte anbefalingen? Eller er det produsenten av utstyret, utvikleren av programvaren, leverandøren av treningsdata som modellen er trent på, forhandleren som solgte utstyret til sykehuset eller sykehuset som tok det i bruk?

¹⁰⁴ Elektronisk kardiogram, måling av hjerterytmen

Ifølge dagens EU-regelverk kan systemer som tar beslutninger ikke i seg selv bli holdt ansvarlig for handlinger som fører til skade på tredjeparter, ansvaret må kunne spores tilbake til et menneske som kunne eller burde ha forutsett at skaden kunne oppstå, og eventuelt kunne ha avverget den. Men autonome systemer er i sin natur uforutsigbare, ettersom de selv tar beslutninger. Det er derfor ikke gitt at noe menneske kunne ha forutsett eller avverget en skade, og det kan derfor være problematisk å plassere ansvar. En diskusjon som har gått i EU-systemet er derfor om et slikt ansvar uansett og alltid skal kunne plasseres på menneskene som tar systemene i bruk.

Et annet alternativ som er drøftet, er å innføre en obligatorisk forsikring lignende det man finner for biler, slik at den som lider skade av beslutninger tatt av et system med kunstig intelligens alltid skal kunne søke erstatning for skaden, uavhengig av om et bestemt menneske kan holdes ansvarlig eller ikke.¹⁰⁵ I Norge kan dette for eksempel være en del av ordningen med pasientskadeerstatning.

De juridiske diskusjonene om ansvar for kunstig intelligente systemers beslutninger og handlinger pågår for fullt i EU-systemet. Samtidig som det virker å være stor enighet om at den som skades av kunstig intelligens skal få erstatning for dette, er flere land opptatt av at reglene ikke må være så strenge eller avskrekkende at de hindrer utvikling av nye løsninger.¹⁰⁶

LANGT FRA LAB TIL KLINIKK

Selv om KI-algoritmer kan vise gode resultater i forskningslaboratoriene, gjenstår det betydelig arbeid med å forstå hvordan maskinlæring kan og bør tas i bruk i den kliniske hverdagen på sykehus og legekontor, slik at det faktisk resulterer i bedre og mer effektive helsetjenester. En studie i det medisinske tidskriftet *The Lancet* fra februar 2020 konkluderer med at mindre enn 0,1 prosent av studiene på feltet kunstig intelligens og medisinske diagnoser hadde tilstrekkelig metodisk kvalitet til å kunne gjennomføres i klinikk (14 av 20.000 studier).¹⁰⁷ Systemene må videre passe inn i den praktiske hverdagen og arbeidsflyten i helsetjenesten. For at teknologien skal gi bedre resultater for pasienten, må man endre både prosesser og organisasjonsstruktur, og i noen tilfeller kanskje også organisasjonskultur.

¹⁰⁵ Europaparlamentet (2017)

¹⁰⁶ Bertolini (2020)

¹⁰⁷ Denniston mfl. (2019)

KUNSTIG INTELLIGENS MÅ INN I HELSEUTDANNINGENE

Når KI-basert utstyr inntar klinikkene, må helsepersonellet være utdannet til å ta det i bruk. Det gjelder selvsagt bruken av utstyret, men også en dyp forståelse av teknologiens begrensninger, ut fra de særegne risikoene ved kunstig intelligens, som beskrevet andre steder i denne rapporten.

Dersom flere avdelinger og profesjoner skal jobbe tettere sammen, er det viktig at de deler samme kunnskap om de tekniske systemene, og at de bruker dem på samme måte.

Det virker å være stor enighet om at kunstig intelligens i større grad bør inn i medisinutdanningen og andre helseutdanninger. Det er derimot delte meninger om hvordan dette skal skje. Noen vil ønske at det skal være en egen spesialisering. Andre mener derimot at det bør inn på tvers av alle andre spesialiseringer, siden det er en generell teknologi. En annen tilnærming er at teknologene og ingeniørene som utvikler kunstig intelligens kan spesialisere seg i anvendelser innen helse. Mest sannsynlig blir løsningen en kombinasjon av alle disse tilnærmingene.

4: ALLE KAN OVERVÅKE SIN EGEN HELSE

Hjemmesensorer har blitt allemannseie, og kan registrere alt fra hjerterytme til stemmeleie. Kunstig intelligens tolker dataene, og gir brukerne løpende informasjon om deres fysiske og psykiske helse.

Svært mange har i dag en smarttelefon som kan samle inn og tolke store mengder data. Smarttelefonen har innebygd kamera, blits og akselerometer. I tillegg kan den enkelt kobles til ekstraputstyr. Det finnes et stort utvalg av sensorer som måler blodtrykk, hjerterytme, blodsukker, muskelaktivitet og mer. Stadig flere slike sensorer blir innpasset i annen bærbar teknologi, som for eksempel smartklokker, intelligente «plaster», eller til og med i smarte baderomsspeil.¹⁰⁸

Basert på alle disse tilgjengelige målingene, utvikles det stadig nye forbrukerrettede tjenester, gjerne i form av apper. Noen av løsningene gir kvalitetssikret, medisinsk hjelp, for eksempel sensorer med tilhørende apper som hjelper diabetikere å kontrollere blodsukkeret. Andre er kun ment å bidra til en bedre livsstil generelt, som for eksempel apper som måler aktivitetsnivået eller søvnkvaliteten til brukeren, med tips og råd om forbedringer.

¹⁰⁸ Andreu mfl. (2016)

Utbredelsen av sensorer og tilhørende programvare gir helt nye muligheter for å følge med på egen helsetilstand. Det gir også nye muligheter for å følge med på pasientens helse på avstand, uten at vedkommende behøver å oppsøke lege eller sykehus.¹⁰⁹

SIGNALER

KLOKKEN DIN OVERVÅKER PULS, BLODVERDIER OG HUMØR

Smartklokker har vært på markedet i mange år. Tidlige varianter var klokker med skritteller, som de første utgavene av Fitbit, eller GPS-klokker til bruk ved trening. Man trengte gjerne tilleggsutstyr som en brystreim for å måle puls. Nå er pulsmåler på håndleddet standard i de fleste klokker. I tillegg kommer stadig mer avanserte målere inn i klokkene. Den nyeste Apple Watch måler oksygennivået i blodet ditt, i tillegg til alle de «vanlige» målene for aktivitet, puls, søvnkvalitet og mer.¹¹⁰ Amazons fitnessarmbånd *Halo* måler blant annet kroppstemperatur, og bruker opptak av stemmen til å vurdere brukerens sinnstilstand.¹¹¹

MOBIL EKG OPPDAGER RISIKO LØPENDE

Elektrokardiografi (EKG) er registrering av hjertets elektriske aktivitet. Teknikken brukes til å diagnostisere blant annet hjerteinfarkt og for å oppdage arytmier (rytmeforstyrrelser i hjertet). Et EKG-apparat har vanligvis 12 punkter, og har vært vanligst i sykehus. Nå finnes enklere EKG-apparater, med 2 og 6 punkter, som kan kobles til smarttelefoner og -klokker. Målinger kan utføres og tolkes hjemme, enten kontinuerlig, med jevne mellomrom eller når man føler noe er galt med hjerterytmen. Studier har vist at disse enklere EKG-apparatene kan erstatte 12-punkts EKG for flere kliniske anvendelser.¹¹²

¹⁰⁹ Se f. eks. Helsedirektoratet (2021b)

¹¹⁰ Shein (2020)

¹¹¹ Phelan (2020)

¹¹² Madias (2003)

Kardia er en leverandør som tilbyr EKG-apparater som kan kobles til smarttelefonen, som gjør analysene. 2-punkts-apparatene kan blant annet oppdage arrieflimmer. 6-punkts-apparatet gir i tillegg legen mer detaljert innsikt i andre hjerterytmier, som kan være indikatorer på hjerte- og karsykdommer.¹¹³

SENSORER OG HJEMMETESTER GIR AVLASTNING I KORONAKRISEN

Nye sensorer og hjemmetester har gjort det mulig å følge opp pasienter i sitt eget hjem. Under koronapandemien har dette gått fra mulighet til nødvendighet. I land hvor presset på helsetjenestene har vært langt større enn i Norge, som i Storbritannia, har telemedisin i enkelte tilfeller vært eneste alternativ for overbelastede sykehus. For eksempel har britiske hjerterpasienter målt blodtrykk og hjerterytme hjemme, mens legen følger opp på avstand.

Men også i Norge blir pasienter i økende grad fulgt opp digitalt hjemme. Ti prosent av kommunene oppgir at de har tatt i bruk digital hjemmeoppfølging av innbyggere i risikogruppene i forbindelse med koronapandemien. Et eksempel er Larvik kommune, som har fulgt opp pasienter med alvorlige symptomer eller underliggende sykdommer ved hjelp av termometer og pulsoksymeter. Resultatene fra målingene blir automatisk overvåket, og dersom systemet oppdager tilstander som betraktes som alvorlige, kobles helsepersonell inn via telefon eller videokonsultasjon.¹¹⁴

Et annet eksempel er selskapet BioIntelliSense, som har utviklet en «knapp» i myntstørrelse som kan klistres direkte på kroppen, og overvåke pasientens vitale tegn i opptil tre måneder. Systemet tas nå blant annet i bruk for å overvåke helsearbeidere som har fått Covid-19-vaksinen i Colorado, USA.¹¹⁵

VIRTUELLE HELSEASSISTENTER GIR PERSONLIGE HELSERÅD

En kontinuerlig strøm av helsedata gir ikke alltid mening for den enkelte direkte, men må tolkes. I dag finnes en rekke digitale helseassistenter tilgjengelig for vanlige brukere. Noen eksempler er Doc.ai¹¹⁶, Babylon Health¹¹⁷,

¹¹³ AliveCor (2021)

¹¹⁴ Helsedirektoratet (2021a)

¹¹⁵ UCHHealth (2020)

¹¹⁶ Doc.ai (2018)

¹¹⁷ Babylon Health (2021)

YourMD¹¹⁸, Sense.ly¹¹⁹ og Ada Health¹²⁰. Slike apper kan typisk lagre og følge med på brukerens data om helse, aktivitet og resultater fra ulike undersøkelser. Appene hjelper brukeren med å vurdere symptomer, og kan signalisere eventuell risiko for sykdom. Assistentene hjelper brukerne å forstå helsesituasjonen bedre, og gir personlige anbefalinger for å forebygge sykdom. I fremtiden vil slike apper, dersom de får lov, også laste ned data fra pasientjournaler i helse-tjenesten, slik at helsebildet blir mer komplett. Omvendt kan man også tenke seg at helsetjenesten laster opp og benytter seg av data fra private helseapper, for å danne seg et bedre bilde av pasientens helse.

HVA KAN DET BETY?

GJENNOMSLAG FOR TELEMEDISIN

I tidligere tider kom legen hjem til folk. Dette har vi gått mer eller mindre bort fra i moderne tid. For å effektivisere bruken av legenes og de øvrige spesialistenes tid, må pasientene reise til behandlingsstedet. Men nå ser vi ny teknologi vokse frem som kan gjøre det mulig for hver enkelt av oss å overvåke egen helse hjemme. Verktøy som måler hjerte- og lungelyd blir digitale, mobile og rimeligere. De vil også forsterkes med maskinlæring, slik at de løpende kan analysere dataene. Stetoskop og EKG-apparater som stiller like presise diagnoser som spesialister kan hjelpe mindre spesialisert helsepersonell, og innbyggerne selv, med å oppdage ulyder og stille diagnoser.

Utviklingen i rimeligere utstyr og digital avlesning betyr også at pasienter i større grad kan følges opp i hjemmet sitt, av en lege som sitter et helt annet sted. Dette kan bety færre legebesøk og færre døgn på sykehus, i tillegg til bedre løpende oppfølging. Som en bieffekt samles det inn mer data om pasienter og sykdomsforløp, som eventuelt kan brukes til forskning og utvikling av nye eller forbedrede løsninger.

¹¹⁸ Your.MD (2021)

¹¹⁹ Sensely (2021)

¹²⁰ O'Hear (2017)

Dr. Eyal Zimlichman ved Sheba, Israels største sykehus, spår at innen et tiår vil 70 prosent av sykehusvisitasjonene foretas i pasientens eget hjem, ved hjelp av telemedisin.¹²¹

Digital hjemmeoppfølging et område i vekst, også i Norge. Ifølge direktoratet for e-helse ligger det et stort potensial for videreutvikling av denne typen teknologi.¹²² I nasjonale helse- og sykehusplan 2020-2023 uttrykkes et klart mål om at tjenester som tidligere krevde fysisk oppmøte, i fremtiden skal ytes via videokonsultasjoner, pasientrapporterte data, sensorteknologi og nettbaserte behandlingsprogram.¹²³

ENKLERE LIV FOR KRONIKERE

Utstyr og sensorer til hjemmebruk har blitt svært rimelig og svært tilgjengelig. Spesielt er dette til glede for kronisk syke pasienter. Bedre og mer kontinuerlig overvåkning av egen tilstand gjør kronikere i bedre stand til å håndtere egen sykdom. Et eksempel er «plasteret» som kontinuerlig overvåker blodsukkernivået til en som har diabetes, og doserer helt korrekt mengde insulin. Det øker den daglige livskvaliteten, og reduserer samtidig faren for komplikasjoner.

OPPDAGER SYKDOM OG RISIKO TIDLIGERE

Diagnostiske helseapper og annet hjemmeutstyr kan bidra til at flere får mulighet til å oppdage sykdom og risiko for sykdom tidligere, og komme raskere i gang med forebygging og behandling. Helsetjenesten kan bli avlastet ved at folk gjør deler av diagnosejobben selv, og behandlingen kan bli enklere, rimeligere og mindre omfattende. Tolkning av signaler som hjerte- og lungelyd blir mer standardisert og tilgjengelig, og flere vil få diagnose og behandling tidligere. For eksempel vil mange «wearables», som Apple Watch eller FitBit, kunne overvåke hjerterytmen din og gi deg beskjed dersom noe uvanlig oppdages.

INNBYGGERNE KAN FÅ FULL KONTROLL OVER EGNE HELSEDATA

I dag kan innbyggere samle helse- og aktivitetsdata i ulike apper som kan gi anbefalinger om trening, kosthold, forebygging og behandling av sykdom. De kan lages slik at verken data eller prediksjoner deles med andre. Hvis man også lar innbyggerne hente data fra helsetjenesten inn i appene, kan innbyggerne få

¹²¹ Medved (2020)

¹²² Direktoratet for e-helse (2021c)

¹²³ Helse- og omsorgsdepartementet (2019b)

et mer komplett bilde av sin helsesituasjon. Dermed kan prediksjonene og helserådene bli ytterligere forbedret.

UTFORDRINGER

FAREN FOR OVERBEHANDLING OG HELSEANGST

Løpende overvåking av egen helse kan bidra til at man oppdager mulige helseproblemer tidligere, og får bedre og mer tilpasset hjelp. Men det kan også, paradoksalt nok, føre til dårligere helse. En virtuell assistent som overvåker helsen din konstant kan fort bli litt for bekymret, og litt for tilgjengelig.

For alle medisinske undersøkelser må man bestemme seg for hva man helst vil unngå: Falske positive, altså varsler som viser seg å ikke være sykdom, eller falske negative, altså at man lar være å varsle om noe som faktisk viste seg å være farlig. Målet er selvsagt å unngå begge deler, men i praksis må man gjerne velge hva man vekter tyngst.

Ved innføring av systemer for overvåking av egen helse, er det ikke vanskelig å se for seg at de som skal bruke det, heller ønsker at de varsler én gang for mye enn én gang for lite. Men det kan i sum føre til både overflødige legebesøk og grunnløse bekymringer hos den enkelte. I verste fall settes det inn unødvendig behandling, noe som kan være direkte skadelig. Det bør også tas med i beregningen at mange helseaktører globalt har kommersielle interesser i å øke etterspørselen etter behandling. Det er viktig at økonomiske insentiver knyttet til de nye teknologiske løsningene er godt belyst.

Med økt egenovervåking vil det dessuten være flere som til enhver tid selv følger med på og sjekker symptomene sine, for å få en vurdering av om de trenger helsehjelp. Det er kjent fra før at når lekfolk selv søker opp egne symptomer på nett, kan det bidra til økt helseangst.¹²⁴ For eksempel er det slik at om man søker på relativt uskyldige, men kanskje noe diffuse symptomer, kan man få som svar at det *kan* skyldes alvorlige sykdommer. Dermed kan symptomer som man tidligere ikke gikk til lege med, føre til både økt bekymring for egen helse, og økt belastning på helsetjenesten fordi flere kontakter lege.

¹²⁴ Zuccon, Koopman, og Palotti (2015)

Ikke minst er det en fare for at personer som allerede har tendenser til å bekymre seg mye for egen helse blir «trigget» av slike systemer. Noen kan rett og slett bli sykelig opptatt av å følge med på alle mulige data som frembringes.

KAN VI STOLE FOR MYE PÅ TEKNOLOGIEN?

Mennesker er noen ganger for raske med å tilskrive teknologien flere egenskaper enn den faktisk har. Produsentene av teknologi kan også se seg tjent med at det dannes et inntrykk av at en app eller en monitor kan hjelpe oss med å unngå sykdom og bli både sunnere og friskere. Men inntrykket av at teknologien kan løse mer enn hva som faktisk er bevist kan også dannes der produsenten ikke kommuniserer produktets begrensninger tydelig nok.

Et eksempel er at mange tror nye smartklokker, som Apple Watch, kan oppdage et hjerteinfarkt. Det stemmer ikke.¹²⁵ En større studie basert på brukere av klokken viser riktignok at den kan avdekke forstyrrelser i hjerterytmen.¹²⁶ Dette er likevel noe ganske annet enn at klokken gir beskjed om hjerteinfarkt.

Det er heller ikke realistisk å tro at hver enkelt pasient er i stand til å kvalitets-sikre nye, digitale verktøy — hverken med tanke på effekten de har, eller med tanke på andre aspekter, som datasikkerhet og personvern. Dette er blant årsakene til at Helsedirektoratet, Direktoratet for e-helse og Norsk Helsenett vurderer hvordan myndighetene kan tilrettelegge for kvalitetssikring av helseapper.¹²⁷

TODELING I HELSETJENESTEN

Tilgangen på avansert utstyr for å overvåke egen helse er ikke jevnt fordelt i befolkningen, verken nasjonalt eller globalt. Ressurssterke befolkningsgrupper har tilgang til den mest avanserte teknologien. Enn så lenge er «wearables» typisk noe man kjøper privat i det kommersielle markedet. Men selv om utstyret skulle være mulig å få tak i via den offentlige helsetjenesten, kreves det som regel en vesentlig egeninnsats for å bruke og forstå slikt utstyr. Det er ikke vanskelig å se for seg at gruppene med høyest sosioøkonomisk status også er de som i størst grad vil ta i bruk disse nye mulighetene.

¹²⁵ Pearson (2019)

¹²⁶ Park (2019)

¹²⁷ Helsedirektoratet, Direktoratet for e-helse, og Norsk Helsenett (2021)

Det er derfor en fare for at økt utbredelse av verktøy for å overvåke egen helse vil føre til en økt skjevdeling, slik at de som allerede har best forutsetninger for god helse, kan få enda bedre hjelp, mens de med dårligere forutsetninger faller lenger bak.

DE KOMMERSIELLE VINNERNE TAR ALT

Kommersiell satsing kan bety at nye løsninger faktisk tas i bruk i helsetjenestene, til glede for pasientene. Men det kan også bety at noen få, globale aktører sitter igjen med både dataene og gevinstene. Et resultat kan bli uønsket markedskonsentrasjon, som igjen kan hindre videre vekst og utvikling.

Teknologigigantene, som Amazon og Apple, jobber hardt for å samle helsedata fra sine brukere, og har i utgangspunktet ikke insentiver til å dele dem videre, verken med andre private aktører eller med frittstående forskningsmiljøer. Privatpersoner har hver for seg liten nytte eller interesse av at deres helsedata brukes til andre formål enn å hjelpe dem selv, og de har ofte lav bevissthet omkring bruken (og misbruken) av deres helsedata.

Dersom den enkelte har alle rettigheter til å bestemme over egne helsedata, medfører det samtidig et stort ansvar for å undersøke om appene vi deler helsedataene våre med, er trygge. En gjennomgang av apper for mental helse viste for eksempel at 92% sendte data til tredjeparter som Facebook og Google for bruk i dataanalyse eller markedsføring.¹²⁸

Utstrakt bruk av private løsninger for overvåking av egen helse kan derfor utfordre personvernet. Men det kan også føre til at de kommersielle aktørene stikker av med gevinsten, i stedet for at helsedata som stammer fra innbyggerne kommer fellesskapet til gode.¹²⁹ Det er derfor en vesentlig utfordring å skape plattformer for deling av helsedata, også de som stammer fra private løsninger og tjenester.

¹²⁸ Huckvale, Torous, og Larsen (2019)

¹²⁹ Teknologirådet (2018)

5: UTSTYR FORBEDRER SEG SELV KONTINUERLIG

Med kunstig intelligens kan programvaren i medisinsk utstyr lære fra en kontinuerlig strøm av data. Dermed kan utstyret forbedre og oppdatere seg løpende.

Programvare er i dag en viktig komponent i det aller meste av medisinsk utstyr. Fordelen med programvare er at det kan oppdateres ved behov, uten at man behøver å bytte ut det fysiske utstyret. Tradisjonelt blir medisinsk utstyr, inkludert programvaren, godkjent én gang før lansering i markedet. Deretter fungerer det på mer eller mindre samme måte så lenge det er i bruk.

Forskjellen for produkter som bruker maskinlæring sammenlignet med tradisjonell programvare, er at de kan oppdateres og forbedres kontinuerlig, ved å lære løpende fra en strøm av data. Dette kalles dynamisk, eller kontinuerlig, læring. Kjente eksempler på dynamisk læring er hvordan strømmetjenesten Netflix eller handelsgiganten Amazon løpende tilpasser sine modeller med data de samler inn fra bruken av løsningene, og dermed kan gi stadig mer treffsikre anbefalinger til brukerne.

Løpende læring ligner mer på menneskers måte å lære på: Hver gang vi opplever, ser eller lærer noe nytt, tilpasser vi modellene vi bruker til å tolke verden rundt oss. Vi lærer altså fra en strøm av informasjon.

Tradisjonelle maskinlæringsalgoritmer lærer derimot fra et gitt og endelig sett med «treningsdata», før den resulterende modellen anvendes på verden rundt. Men det finnes flere teknikker for å sørge for at maskinlæringsmodellene kan lære av stadig nye data. Den første er å inkludere de nye dataene i settet med treningsdata, kjøre hele læringsalgoritmen på nytt, og oppdatere modellen som anvendes. Dette er ikke et problem med små datasett, men med dagens data-mengder kan det kreve stor regnekapasitet, og koste tid, penger og energi. Andre metoder handler om å bruke de nye dataene til å justere på den modellen man allerede har. Dette er mye enklere, men har i noen tilfeller resultert i at de nye dataene får uforholdsmessig mye vekt, slik at modellen «glemmer» ting den egentlig hadde lært fra før.

Ikke alle maskinlæringsystemer benytter seg av dynamisk læring, men «låses» i stedet ved lansering. Dette har i stor grad vært tilfellet for de medisinske anvendelsene av kunstig intelligens som er tatt i bruk så langt. En årsak er at kontrollregimet rundt medisinsk utstyr ikke tar høyde for at utstyret kan endre funksjon eller karakter underveis. En justering av modellen vil bety at hele løsningen må godkjennes på nytt.

Dynamisk læring introduserer ny risiko. Men særlig i tilfeller der det er viktig at modellen raskt tilpasser seg endringer i omgivelsene, kan slike dynamiske læringsprosesser være nyttige.¹³⁰ Et pågående pandemiutbrudd, som Covid-19-pandemien, der selve sykdommen også kan utvikle og endre seg, kan være et eksempel.

SIGNALER

PERSONTILPASSET MEDISINDOSERING SOM OPPDATERES LØPENDE

Feildosering av medisiner fører hvert år til svært mange unødvendige dødsfall i sykehus, og til andre komplikasjoner. Det er vanlig å tilpasse doseringen basert på demografiske og fysiske variabler, som kjønn, alder, vekt og så videre. Problemet er at disse kategoriene ofte er for brede, og gir ikke en godt tilpasset anbefaling. I en studie fra MIT brukes pasientdata som samles inn løpende fra pasienten til å justere den anbefalte medisindosen underveis. Fremgangsmåten

¹³⁰ For en grundig gjennomgang av dynamisk/kontinuerlig maskinlæring i helse, se f. eks. Xavier Health Organization (2018) eller Lee og Lee (2020)

gir bedre resultater enn alternative modeller som ikke tar løpende data i betraktning, og også bedre resultater enn når helsepersonell bestemmer medisindosen.¹³¹

EN KONTINUERLIG LÆRENDE ALGORITME FOR Å OVERVÅKE DEMENSPASIENTER

Forskere ved University of Surrey har utviklet en metode for kontinuerlig læring fra løpende data, for å gjenkjenne og sende varsler for flere ulike hendelser og tilstander. Metoden er anvendt på en datastrøm fra pasienter med demens. Pasientene overvåkes i hjemmet ved hjelp av ulike sensorer. Dataene bestod av fysiologiske data, som kroppstemperatur, blodtrykk og søvnmonster. Dette ble sammenstilt med andre data fra hjemmet, som hvorvidt dører og vinduer ble åpnet og lukket.

Systemets oppgave var å varsle ved ulike tilstander som trenger nærmere etter-syn, for eksempel når det oppdager høyt blodtrykk, urinveisinfeksjon (en vanlig årsak til sykehusinnleggelser hos demenspasienter), eller ved endringer i adferd som systemet oppfatter som å gi grunn til bekymring.¹³²

LØPENDE LÆRING I KORONAPANDEMIEN

Dynamisk læring kan gjøre modeller mer presise og bedre tilpasset omgivelser som endrer seg. Utbredelse av pandemier og smittsomme sykdommer er eksempel på et område der kunnskapen i starten kan være liten, og er man er nødt til å lære løpende fra erfaringer for å kunne finne frem til riktige diagnoser og behandlinger.

Tid er kritisk, og maskinlæring kan være nyttig å raskt kunne lære mønstre fra alle de nye tilfellene av smittede. Forskere på Lancaster universitet har lært opp en modell på CT-bilder fra brasilianske pasienter til å skille mellom de som er smittet av covid-19 og ikke.¹³³ Modellen kan lære løpende fra nye bilder, fra eksempel CT-bilder fra norske pasienter, og etter hvert bli mer presis og bedre tilpasset den norske befolkningen.¹³⁴

¹³¹ Ghassemi mfl. (2018)

¹³² Li mfl. (2015)

¹³³ Soares mfl. (2020)

¹³⁴ Hvis et nytt bilde ligner på en av kategoriene som er definert av tidligere CT-bilder, klassifiseres det nye bildet tilsvarende. Hvis ikke, opprettes en ny kategori hvor det nye bildet plasseres.

HVA KAN DET BETY?

RASKERE FORBEDRING AV HELSEHJELP

At utstyret oppdateres løpende betyr at man ikke trenger å vente lenge, for eksempel til neste produksyklus, før man får tilgang til bedre utstyr. Det forbedrer seg selv underveis.

Dette kan spesielt være nyttig i helsesituasjoner som endrer seg raskt, som under den pågående korona-pandemien. Dynamisk utstyr gjør det mulig å lære fra erfaringene med pandemien og raskt ta den nye kunnskapen inn i klinikken. Spesielt er det nyttig for å håndtere et virus som også kan endre egenskaper gjennom mutasjoner.

ØKT TREFFSIKKERHET FOR LOKALE FORHOLD

Dynamiske maskinlæringsmodeller, som tilpasser seg nye data og endrede omgivelser, kan være nyttig for å få mer presise algoritmer som er bedre tilpasset lokale forhold. Det er et kjent problem at de eksisterende datasettene som brukes for å utvikle nye KI-løsninger typisk er samlet inn fra en liten andel av verdens befolkning (i hovedsak den vestlige og kinesiske befolkning). Muligheten for dynamisk læring kan bidra til å motvirke problemet med skjeve datasett.

En algoritme som analyserer mammogrammer og gir anbefalinger om brystkreft kan for eksempel hovedsakelig være trent på data fra hvite, vestlige kvinner. I så fall vil det være en stor fordel dersom den kan oppdateres etter hvert som mer data fra europeiske kvinner med afrikansk opphav blir tilgjengelig, siden brystvev varierer med etnisitet.¹³⁵

UTFORDRINGER

NY RISIKO OPPSTÅR UNDERVEIS

Både EU og medlemslandene har lovverk for å beskytte brukerne når det tas i bruk nytt medisinsk utstyr. I Norge er medisinsk utstyr bl.a. regulert i Forskrift

¹³⁵ Cohen mfl. (2020)

om medisinsk utstyr.¹³⁶ Formålet er å sikre at medisinsk utstyr ikke medfører fare for pasienter, brukere og eventuelt andre personers sikkerhet i forbindelse med produksjon, omsetning og bruk av slikt utstyr. Selv om dagens lovverk også regulerer tilfeller der produktet endrer seg «signifikant» etter at det er lansert, er det i hovedsak utviklet for å vurdere sikkerhetsrisiko på det tidspunktet et produkt kommer på markedet. Når produkter inneholder programvare som kan oppdateres løpende, medfører dette også at ny risiko kan oppstå når som helst i produktets livsløp.

Når helsetjenesten tar i bruk medisinsk utstyr basert på dynamisk læring, blir det viktigere å regulere selve utviklingsprosessen, og å overvåke, identifisere og håndtere risiko knyttet til slike algoritmer gjennom hele løvsløpet.¹³⁷ Spesielt gjelder det situasjoner der utstyret ikke endres signifikant i ett steg, men heller endrer seg gradvis og i små inkremitter over tid.¹³⁸

Både amerikanske og europeiske reguleringsmyndigheter ser ut til å ta inn over seg at dynamiske systemer krever oppdatert regulering. Det amerikanske Food and Drug Administration (FDA) har utarbeidet et livsløpsbasert regulatorisk rammeverk for produkter som inneholder maskinlæring.

Rammeverket skal gjøre det mulig å gjøre løpende endringer fra virkelighetsnær læring og tilpasninger, samtidig sørge for at sikkerheten og effektiviteten til programvaren til medisinsk utstyr opprettholdes.

En måte å løse dette på i helsetjenesten, er å innføre en digital tvilling av alle pasientdata. Da kan man bruke en «frosset» algoritme i den daglige behandlingen, mens den lærende algoritmen får utvikle seg i den digitale tvillingen. Den videreutviklede algoritmen kan så testes og godkjennes før den erstatter den «frossede» algoritmen. Dermed tilfredsstilles både behovet for forutsigbarhet og dynamisk utvikling på relevante data.

EU-kommisjonen har gjort en gjennomgang av behovene for å justere eller klargjøre dagens lovverk på utvalgte områder, som for eksempel ansvar og sikkerhet.¹³⁹ Dette er ikke spesielt rettet mot anvendelser innen helse, men tar for seg hvordan sikkerhet og ansvarsforhold påvirkes når kunstig intelligens tas i bruk mer generelt. Dagens lovverk vurderer først og fremst sikkerhetsrisiko på det

¹³⁶ Se f. eks. Direktoratet for e-helse (2019)

¹³⁷ Cohen mfl. (2020)

¹³⁸ Ordish, Murfet, og Hall (2019)

¹³⁹ Europakommisjonen (2020c)

tidspunktet et produkt plasseres i markedet. Ettersom produkter som bruker programvare, inkludert maskinlæring, kan endre funksjonaliteten gjennom hele livsløpet, kan det dukke opp ny risiko som ikke var til stede ved lansering.

6: FOREBYGGING BLIR SKREDDERSØM

Ved hjelp av maskinlæring kan helsetjenesten bli bedre til å finne personer med økt risiko for sykdom, og å sette inn forebyggende tiltak som faktisk har effekt.

Helsetjenester handler i stor grad om å behandle sykdom som allerede er oppstått. Dette til tross for at det virker som om «alle» er enige om at det er bedre for den enkelte og rimeligere for samfunnet å forebygge at sykdom og skader oppstår. Problemet er at forebygging er vanskelig, fordi vi som regel ikke vet hvem som kommer til å bli syk.

Det er to måter å tilnærme seg dette problemet: Enten kan vi forsøke å sette inn tiltak som treffer bredest mulig, gjerne hele befolkningen under ett. Eller så kan vi forsøke, ved hjelp av ulike teknikker, å treffe de gruppene med størst sannsynlighet for å bli rammet av en bestemt sykdom.

Forebyggende helse på befolkningsnivå kan for eksempel handle om å utarbeide og formidle nasjonale råd om kosthold, fysisk aktivitet, psykisk helse, og så vi-

dere. Rådene skal være mest mulig generelle, slik at de treffer hele befolkningen. Kostholdsrådene fra Helsedirektoratet skal for eksempel egne seg for «de fleste: voksne, barn, unge, gravide og ammende og eldre». ¹⁴⁰

Proessen med å plassere personer i ulike kategorier for videre oppfølging, basert på risikoen de har for å utvikle en sykdom, kalles *risikostratifisering*.¹⁴¹ Den tradisjonelle tilnærmingen har vært å lage statistiske modeller basert på relativt få faktorer, som kjønn og alder. Faktorene har typisk blitt håndplukket, noe som er arbeidskrevende, samtidig som de viktigste faktorene ikke nødvendigvis blir fanget opp.

Når en slik risikovurdering gjøres for hele befolkningen under ett, og store grupper velges ut til forebyggende undersøkelser og/eller behandlinger, kalles det gjerne *screening*. Eksempler er kreftscreeningprogrammer som mamмографiprogrammet, livmorhalsprogrammet og nasjonalt screeningprogram for tarmkreft.¹⁴²

Maskinlæringsalgoritmer har mulighet til å beregne risiko både mer presist, og basert på et bredere sett mulige variable. Algoritmene vil kunne identifisere andre, kanskje uventede, faktorer som kan ha større prediktiv verdi, altså er bedre til å forutsi fremtidig helse. Algoritmene er også bedre egnet til å analysere hvordan samspill mellom mange ulike faktorer kan påvirke risikoen. De trenger heller ikke noen klar hypotese på forhånd om hvilke variabler eller kombinasjoner som vil ha størst effekt. Det kan igjen bety at personer med reell risiko i større grad blir fanget opp, og at det kan skje på et tidligere tidspunkt.

SIGNALER

OPPDAGER DEMENS OG ALZHEIMERS TIDLIGERE

Maskinlæring kan oppdage detaljer og mønstre mennesker ikke finner. Et eksempel er en maskinlæringsalgoritme som har klart å identifisere tegn på Alzheimers sykdom seks år tidligere enn når en pasient normalt ville fått diagnosen, ved å analysere PET-bilder¹⁴³ av hjernen. Disse resultatene kan åpne

¹⁴⁰ Helsenorge.no (2019)

¹⁴¹ Helsedirektoratet (2018a)

¹⁴² Helse- og omsorgsdepartementet (2018)

¹⁴³ Forkortelse for positron-emisjonstomografi, en avansert bildescanning av hjernen

opp for nye måter å forstå, og eventuelt behandle eller forsinke progresjonen av sykdommen.

En algoritme basert på britiske pasientjournaler identifiserer eksisterende og nye risikofaktorer for å utvikle demens. Algoritmen oppnådde en sensitivitet og spesifisitet på henholdsvis 84,5 prosent og 86,7 prosent. Dette betyr at det kan bli mulig å identifisere risiko for demens bare ved å bruke data som rutinemessig samles inn hos fastlegen.¹⁴⁴ Dette kan gjøre det enklere, rimeligere og raskere å stille demensdiagnose i primærhelsetjenesten, slik at de med forhøyet risiko kan få hjelp med tilrettelegging og eventuelt behandling tidligere.

Det forskes også på hvordan digitale personlige assistenter kan hjelpe med å diagnostisere kognitiv svikt, ved å lytte til samtale og analysere endringer i ulike mønstre som stemme eller repetisjon av oppgaver. Et samtaleverktøy stilte eldre personer spesialdesignede og kognitivt krevende spørsmål for å teste hjernefunksjoner som hukommelse, språk og konsentrasjon. I tillegg analyseres stemmen og språket for å avdekke mønstre.¹⁴⁵ Slike teknikker kan hjelpe til å diagnostisere demens tidlig, også før familie og venner merker symptomene. For nære kontakter kan det typisk være vanskelig å skille mellom demens og naturlig glemsomhet.

KI VELGER HVEM SOM KALLES INN TIL BRYSTKREFTUNDERSØKELSE

Under koronapandemien ble mange rutineundersøkelser avlyst eller utsatt, herunder mammografi. Et sykehus i Massachusetts, USA, valgte å ta i bruk en algoritme for å velge ut kvinnene med antatt høyest risiko for brystkreft, slik at de kunne mer målrettet inn til nærmere undersøkelser. Systemet går gjennom bilder fra tidligere mammografiundersøkelser, kombinert med annen helseinformasjon. Av personene som det nye systemet merket med «høy risiko», var det 42 prosent som faktisk utviklet brystkreft i løpet av fem år, opp fra 23 prosent hos den beste modellen før dette.¹⁴⁶

OPPDAGET 5 NYE UNDERGRUPPER AV DIABETES TYPE 2

Tidligere har diabetes vært kategorisert som type 1 eller type 2. Svenske forskere har, ved hjelp av maskinlæring, funnet at diabetes type 2 kan deles inn i fem

¹⁴⁴ Ding mfl. (2018)

¹⁴⁵ Mirheidari mfl. (2019)

¹⁴⁶ Knight (2021)

undergrupper. Disse gruppene har ulik risiko for følgesykdommer, som øye- eller nyresykdom. Med denne kunnskapen kan legene forskrive den behandlingen eller de livsstilsendringene som antakelig vil virke best, og beskytte pasienten mot følgesykdommer.¹⁴⁷

Det bør likevel nevnes at studier der maskinlæring er brukt for å oppdage undergrupper av ulike sykdommer er noe omdiskutert. En systematisk gjennomgang fra 2021 advarer om at svært mange av studiene ikke undersøker eller svarer godt nok på hva nytten for pasientene vil være.¹⁴⁸

HVA KAN DET BETY?

SCREENING KAN REVOLUSJONERES

Deltakerne i screeningprogrammene plukkes i dag typisk ut basert på noen få, velkjente variabler, som kjønn og alder. For eksempel får alle kvinner over 50 år tilbud om å delta i mammografiprogrammet, ettersom denne gruppen er vurdert å ha høyest risiko for brystkreft.

Nytten av en del av screeningprogrammene har vært debattert, da det kan være vanskelig å vise at de faktisk har en helsebringende effekt på befolkningsnivå. Selv om screening for brystkreft resulterer i at flere svulster opereres vekk, har metastudier vist at den totale dødeligheten for kvinner ikke reduseres av mammografiprogrammer. Dette tyder på at slik screening like gjerne kan føre til unødvendig behandling, som i seg selv har både fysiske og psykiske skadevirkninger.¹⁴⁹ Med samme argumenter er for eksempel en generell screening av alle menn for prostatakreft avvist: Testing av store grupper ser ikke ut til å redusere dødeligheten totalt sett, men kan øke overbehandling med tilhørende bivirkninger.¹⁵⁰

Maskinlæringsmodeller kan bidra til å forbedre screening på to måter: For det første kan maskinlæring brukes til å gjøre et mer målrettet utvalg av hvem som skal kalles inn til screening, basert på hvem som har høyere risiko i utgangs-

¹⁴⁷ Ahlqvist mfl. (2018)

¹⁴⁸ Banerjee mfl. (2021)

¹⁴⁹ NHI.no (2013)

¹⁵⁰ Johansen (2008)

punktet. For det andre kan de analysere bildene/målingene i screeningen raskere og mer presist, og dermed øke treffsikkerheten for hvem som må videre til behandling.

Det blir dermed mulig å fange opp risiko mer presist, raskere og med færre ressurser. Screeningprogram kan gjøres mer målrettet, med reduserte kostnader og tilpasses den enkelte innbygger, og flere sykdommer kan oppdages tidligere.

NYE MULIGHETER FOR TIDLIG FOREBYGGING

I tillegg til å forbedre dagens screeningprogrammer gjennom bedre utvalg eller analyse, gir maskinlæring også helt nye muligheter for forebygging.

For de fleste sykdommer er det både enklere, rimeligere og større sannsynlighet for vellykket intervensjon dersom risikoen oppdages tidlig. Noen sykdommer er livstruende dersom de oppdages for sent. Maskinanalyser av pasientjournaler og løpende målinger av vitale tegn og aktivitet kan fange opp tegn på uheldig utvikling raskere og mer presist enn med dagens metoder. En kan for eksempel tenke seg at alle over 65 år får utdelt en liten, bærbar sensor (for eksempel et såkalt «EKG-plaster»¹⁵¹) som kontinuerlig måler hjerterytmen. Dersom et risikabelt mønster dukker opp, kalles vedkommende automatisk inn til en nærmere kontroll og oppfølging hos hjertespesialist.

En kan også tenke seg en vesentlig styrking av fastlegekontorets forebyggende rolle. Selv om fastlegene allerede i dag anbefales å gjennomføre systematisk risikokartlegging av pasientene på sin fastlegeliste, er det stort potensial for mer forebyggende innsats. Med økt bruk av sensorer hjemme, i kombinasjon med maskinlæring, kan fastlegen følge løpende med på helsetilstanden til pasientene på sin liste, og dermed oppdage risiko eller uheldig utvikling. Kanskje kan denne forebyggende jobben i større grad skje helautomatisk, eller under oppsyn av andre enn fastlegene.

¹⁵¹ Nordic Semiconductor (2020)

VI KAN DULTES TIL BEDRE HELSE

Kunstig intelligens kan gi en bedre forståelse av hvilken type forebygging som har best effekt på helse på befolkningsnivå. Helseinformasjon kan kobles sammen med levekårsinformasjon, slik at politiske tiltak og bevilgninger kan settes inn der de har størst effekt.

Forebygging i regi av helsemyndighetene gjøres i dag gjennom generelle informasjonskampanjer rettet mot hele befolkningen. De treffer mange flere enn de som er i målgruppen, noe som kan føre til at feil personer følger rådene. De når heller ikke nødvendigvis frem til de som faktisk er i målgruppen.

Et godt eksempel er rådene for soleksponering: En viss grad av soleksponering er sunt, men overeksponering og solbrenthet øker risikoen for hudkreft. En som er glad i å sole seg, vil gjerne tolke budskapet om at «litt sol er bra» som en støtte til å finne frem solsenga, mens en som allerede er svært forsiktig med sol, kanskje legger så mye vekt på budskapet om å «unngåfor mye soling» at vedkommende ender opp med mangel på vitamin D.

Men persontilpassede råd, basert på hvilken gruppe man tilhører, øker sannsynligheten for å nå frem med riktig budskap til riktig person. Anbefalingene kan også omsettes til forsiktige små dytt i riktig retning, også kalt *dulting*, etter det engelske begrepet *nudging*. Kjernen i dulting er at alle beholder sin valgfrihet, men det gjøres enklere å velge det alternative som anses som best for deg. Et velkjent eksempel er vaksinasjonsprogrammer hvor man kalles inn til time automatisk, og må gi eksplisitt beskjed hvis man ikke ønsker vaksine.

Det er mye diskusjon rundt hvordan kunstig intelligente algoritmer kan brukes til å manipulere både holdninger og handlinger på en negativ måte, for eksempel gjennom sosiale medier. Kanskje kan helse være et område der dette kan snus til positiv påvirkning. Dette forutsetter en grundig diskusjon om samtykke, ansvar og grenser for påvirkning. Det som er ment som velmente råd kan raskt oppleves som påtrengende, og i verste fall redusere tilliten til helsemyndighetene.

UTFORDRINGER

RETTE TIL EN FORKLARING

Maskiner kan identifisere nye mønstre og sammenhenger i datasett, men de kan ikke nødvendigvis forklare årsakssammenhengene. Modellene kan være lite gjennomsiktede og vanskelige å forstå, noe som kalles *sort boks*-problemet.¹⁵²

Det kan være flere årsaker til at systemer fremstår som sorte bokser. Noen ganger handler det om at innsyn i algoritmen bevisst begrenses på grunn av kommersielle hensyn, nasjonal sikkerhet eller personvern hensyn. Andre ganger handler det heller om at algoritmen rett og slett er komplisert og vanskelig å forklare i menneskelig forståelige termer.

Utviklingen innen maskinlæring har gjort det siste problemet mer fremtredende. Dype nevralt nett kan ha millioner av koblinger, eller «nevroner», som hver bidrar litt til den endelige beslutningen. Et eksempel er DeepPatient-modellen, som kan forutsi svingninger i schizofreni bedre enn legene, men ikke gir noen god forklaring på hvordan modellen kom frem til prediksjonene.¹⁵³ Når en modell ikke kan forklare resultatene, kan man også gå glipp av informasjon om hva som kan gjøres for å forhindre utviklingen av en sykdom. Hvis man derimot forstår hvorfor prediksjonsmodellene kommer frem til et gitt resultat, kan man kanskje også iverksette tiltak tidligere for flere pasienter.

For screening og langsiktig helseforebygging betyr dette konkret at systemet kanskje forteller deg at du er i risikogruppen, men den har ikke nødvendigvis noen forklaring på *hvorfor*. Å få vite at akkurat du har høy risiko for en mer eller mindre alvorlig sykdom i fremtiden, uten noen bedre forklaring enn at det er en komplisert kombinasjon av alle data som er registrert om deg, vil høyst sannsynlig oppleves som lite tilfredsstillende, og kanskje til og med være direkte skadelig for din mentale helse.

Også helsepersonell kan ha behov for en forklaring på hvorfor utstyret de tar i bruk kommer frem til resultatene, for eksempel i tvilstilfeller, eller der legen ikke deler vurderingen til den kunstige intelligensen.

¹⁵² Teknologirådet (2018)

¹⁵³ Miotto mfl. (2016)

Forklarbarhet er likevel ikke et absolutt krav. Det finnes svært mye teknologi som både lekfolk og fagpersoner benytter seg av, uten at vi vet akkurat hvordan det fungerer. Et alternativ til forklaring, kan være at utstyret viser seg å være nyttig og pålitelig over tid, og at det finnes gode ordninger for kvalitetssikring og kontroll. Et klassisk eksempel er en bilmotor, som de færreste kjenner til hvordan fungerer i detalj. Vi stoler likevel på at vi kan sette oss inn i bilen, og at den for det aller meste tar oss forutsigbart og trygt dit vi skal.

HVEM SKAL FÅ VITE OM RISIKO?

Med mer avanserte algoritmer og tilgang til mer data blir det mulig å få intim kjennskap til både dagens helsesituasjon og fremtidig risiko. Det reiser spørsmål om hvem som skal få tilgang til informasjon om risiko og når et varsel skal sendes. Skal det bare være den aktuelle personen, vedkommendes pårørende eller noen i helsetjenesten? Det er heller ikke gitt at alle ønsker å få beskjed om mulig fremtidig sykdom, dersom det ikke finnes behandling.

For noen tilfeller kan informasjonen kun gjøres tilgjengelig for datasystemet. Systemet kan varsle om risiko etter nærmere definerte regler, for eksempel dersom det finnes behandling eller måter å forebygge sykdom.

I mange tilfeller, for eksempel dersom det avdekkes risiko for alvorlig sykdom, kan det imidlertid være behov for å kunne snakke med et menneske, og ikke bare få en melding fra et datasystem. Dette kan være et argument for å gi helsepersonell tilgang til informasjon om risiko først, og gis ansvaret for å vurdere om pasienten skal varsles.

Det kan også bli nødvendig å tydeliggjøre hva ulike eksterne parter, som for eksempel forsikringsselskaper eller arbeidsgivere, skal få lov til å be om eller få tilgang til av informasjon om innbyggernes helse.

SKAL DET FÅ KONSEKVENSER Å SE BORT FRA RÅDENE?

Personlig tilpasset forebygging kan gjøre at anbefalinger treffer mer målrettet og med persontilpassede anbefalinger. Men dette reiser også et spørsmål om konsekvenser dersom en person velger å ikke følge rådene og blir syk. Kan de risikere å få lavere prioritet i helsekøen, eller må de betale mer for behandlingen?

Det finnes allerede eksempler på at din egeninnsats påvirker om du får eller mister behandling. For eksempel kan personer med spiseforstyrrelser miste behandlingsplassen sin, dersom de ikke følger det oppsatte behandlingsregimet.¹⁵⁴ Men det er likevel per i dag unntaket, ikke normen.

Selv om egenandelene i helsevesenet ikke påvirkes av din innsats, kan det tenkes at forsikringsselskapene vil ha insentiver til å tilby rimeligere helseforsikringer til personer som forplikter seg til å følge opp råd om forebyggende helse. Lignende ordninger har vært prøvd ut for bilforsikringer, der personer som til later forsikringsselskapet å installere en brikke som overvåker kjøremønsteret deres kan få rabatt på forsikringen.

UKLART SKILLE MELLOM FORSKNING OG HELSEHJELP

Lovverket som regulerer tilgang til helsedata er basert på prinsippet om at data kun skal brukes til det formålet de er samlet inn for. Kunstig intelligens kan i mye større grad enn tradisjonell medisinsk forskning benytte seg av all slags data, også ustrukturerte data, som egentlig var samlet inn med behandling av den enkelte pasient som formål.

Å bruke pasientdata til noe annet enn det de egentlig var tiltenkt er ikke uproblematisk, fordi helseopplysninger er sensitive og må vernes godt. Men noe av maskinlæringens styrke er at den kan finne mønstre og sammenhenger der mennesker ikke ser dem selv. Dermed kan strenge krav om at formålet må være kjent på forhånd gjøre det vanskeligere å utvikle gode KI-verktøy.

Når et verktøy først er utviklet og tatt i bruk, kan data som frembringes underveis, for eksempel data fra behandlingen av den enkelte pasient, brukes for å videreutvikle og forbedre verktøyet. Da er det ikke lenger mulig å skille mellom forskning eller utvikling av systemet på den ene siden, og helsehjelp til pasienten på den andre.

De fleste pasienter vil, på generelt grunnlag, sannsynligvis ønske å bidra til at andre pasienter får best mulig behandling, og at sykdom oppdages tidligst mulig. Samtidig er det gode grunner, etisk og historisk, til at mennesker ikke skal kunne brukes til en hvilken som helst type forskning uten deres eget samtykke. Spørsmålet er derfor hvilke rettigheter pasientene skal ha til å motsette seg at

¹⁵⁴ Senneset (2018)

deres data brukes til forskning eller videreutvikling av medisinske verktøy, og hvordan samtykker eller reservasjoner skal håndteres i praksis.

REFERANSER

Ahlqvist, Emma, Petter Storm, Annemari Käräjämäki, Mats Martinell, Mozhgan Dorkhan, Annelie Carlsson, Petter Vikman, mfl. 2018. «Novel subgroups of adult-onset diabetes and their association with outcomes: a data-driven cluster analysis of six variables.» *The lancet. Diabetes & endocrinology* 6 (5): 361–69. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(18\)30051-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(18)30051-2).

AliveCor. 2021. «KardiaMobile 6L». 2021.
<https://www.alivecor.com/kardiamobile6l>.

Andreu, Yasmina, Franco Chiarugi, Sara Colantonio, Giorgos Giannakakis, Daniela Giorgi, Pedro Henriquez, Eleni Kazantzaki, mfl. 2016. «Wize Mirror-a smart, multisensory cardio-metabolic risk monitoring system». *Computer Vision and Image Understanding* 148 (juli): 3–22.
<https://doi.org/10.1016/j.cviu.2016.03.018>.

Andrews, Edmund L. 2021. «Are Medical AI Devices Evaluated Appropriately?» *Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence*, 19. april 2021. <https://hai.stanford.edu/news/are-medical-ai-devices-evaluated-appropriately>.

Ardila, Diego, Atilla P. Kiraly, Sujeeth Bharadwaj, Bokyung Choi, Joshua J. Reicher, Lily Peng, Daniel Tse, mfl. 2019. «End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography». *Nature Medicine*. Nature Publishing Group.
<https://doi.org/10.1038/s41591-019-0447-x>.

Babylon Health. 2021. «Babylon Health Services». 2021.
<https://www.babylonhealth.com/product>.

- Banerjee, Amitava, Suliang Chen, Ghazaleh Fatemifar, Mohamad Zeina, R. Thomas Lumbers, Johanna Mielke, Simrat Gill, mfl. 2021. «Machine learning for subtype definition and risk prediction in heart failure, acute coronary syndromes and atrial fibrillation: systematic review of validity and clinical utility». *BMC Medicine* 2021 19:1 19 (1): 1–14.
<https://doi.org/10.1186/S12916-021-01940-7>.
- Bertolini, Andrea. 2020. «Artificial Intelligence and Civil Liability». [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/621926/IPOL_STU\(2020\)621926_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/621926/IPOL_STU(2020)621926_EN.pdf).
- Bohn, Dieter. 2020. «Amazon Halo: a fitness band and app that scans your body, listens to your voice». *The Verge*, 2020.
<https://www.theverge.com/2020/8/27/21402493/amazon-halo-band-health-fitness-body-scan-tone-emotion-activity-sleep>.
- Buchard, Albert, Baptiste Bouvier, Giulia Prando, Rory Beard, Michail Livieratos, Dan Busbridge, Daniel Thompson, mfl. 2020. «Learning medical triage from clinicians using Deep Q-Learning». *arXiv preprint*.
<http://arxiv.org/abs/2003.12828>.
- Business Insider. 2021. «Big Tech in Healthcare: Amazon, Apple, Google & Microsoft». *Business Insider*, 14. februar 2021.
<https://www.businessinsider.com/2-14-2021-big-tech-in-healthcare-report?op=1&r=US&IR=T>.
- CB Insights. 2020. «State of healthcare report Q4 2020». <https://www.cbinsights.com/research/report/healthcare-trends-q4-2020/>.
- . 2021. «State Of Healthcare Q1'21 Report: Investment & Sector Trends To Watch». <https://www.cbinsights.com/research/report/healthcare-trends-q1-2021/>.
- Chidambaram, Swathikan, Simon Erridge, James Kinross, og Sanjay Purkayastha. 2020. «Observational study of UK mobile health apps for COVID-19». *The Lancet Digital Health* 0 (0).
[https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30144-8](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30144-8).
- Cohen, I Glenn, Theodoros Evgeniou, Sara Gerke, og Timo Minssen. 2020. «The European artificial intelligence strategy: implications and challenges for digital health». *The Lancet Digital Health* 2 (7): e376–79.
[https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30112-6](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30112-6).

Collingridge, David. 1980. *The Social Control of Technology*. London: Frances Pinter (Publishers) Limited.

Crouch, Hannah. 2018. «GP at Hand-like service in Rwanda surpasses 2 million members». *Digitalhealth.net*, 10. mai 2018.
<https://www.digitalhealth.net/2018/05/gp-at-hand-like-service-in-rwanda-surpasses-2-million-members/>.

Denniston, A K, X Liu MBChB, A U Kale MBChB, A Bruynseels MBChB, X Liu, L Faes, D J Fu, mfl. 2019. «A comparison of deep learning performance against health-care professionals in detecting diseases from medical imaging: a systematic review and meta-analysis». *The Lancet Digital Health* 1: e271–97. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30123-2](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30123-2).

Densen, Peter. 2011. «Challenges and opportunities facing medical education.» *Transactions of the American Clinical and Climatological Association* 122: 48–58.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3116346/>.

Ding, Yiming, Jae Ho Sohn, Michael G. Kawczynski, Hari Trivedi, Roy Harnish, Nathaniel W. Jenkins, Dmytro Lituiev, mfl. 2018. «A Deep Learning Model to Predict a Diagnosis of Alzheimer Disease by Using ¹⁸F-FDG PET of the Brain». *Radiology*, november, 180958.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2018180958>.

Direktoratet for e-helse. 2019. «Utredning om bruk av kunstig intelligens i helsesektoren». <https://www.ehelse.no/publikasjoner/utredning-om-bruk-av-kunstig-intelligens-i-helsesektoren>.

———. 2021a. «Helseanalyseplattformen». 2021.
<https://ehelse.no/programmer/helsedataprogrammet/helseanalyseplattformen>.

———. 2021b. «Helsedataprogrammet». 2021.
<https://ehelse.no/programmer/helsedataprogrammet>.

———. 2021c. «Utviklingstrekk 2021 - E-helsetrender». <https://www.ehelse.no/publikasjoner/utviklingstrekk-2021>.

Doc.ai. 2018. «Doc.ai». 2018. <https://my.doc.ai/>.

Dodge, Blake, og Ashley Stewart. 2020. «List: The leaders determining Microsoft's future in healthcare». *Business Insider*, 5. oktober 2020.

- <https://www.businessinsider.com/microsoft-healthcare-power-players-health-next-2020-9?r=US&IR=T>.
- DoMore. 2020. «<https://www.domore.no>». 2020. <https://www.domore.no/>.
- Elish, Madeleine Clare, og Elizabeth Anne Watkins. 2020. «REPAIRING INNOVATION A Study of Integrating AI in Clinical Care». <https://datasociety.net/wp-content/uploads/2020/09/Repairing-Innovation-DataSociety-20200930-1.pdf>.
- Europakommisjonen. 2017. «Harnessing the economic benefits of Artificial Intelligence». https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Harnessing the economic benefits v3.pdf.
- . 2020a. «European data strategy». <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy>.
- . 2020b. «On Artificial Intelligence-A European approach to excellence and trust White Paper on Artificial Intelligence A European approach to excellence and trust». https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf.
- . 2020c. «Report on the safety and liability implications of artificial intelligence, the internet of things and robotics». <https://doi.org/10.1787/ab757416-en>.
- . 2021. *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL LAYING DOWN HARMONISED RULES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT) AND AMENDING CERTAIN UNION LEGISLATIVE ACTS*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206>.
- Europaparlamentet. 2017. «European Parliament resolution (P8_TA(2017)0051) of 16 February 2017 with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL))».
- Feller, Daniel J., Oliver J. Bear Don't Walk Iv, Jason Zucker, Michael T. Yin, Peter Gordon, og Noémie Elhadad. 2020. «Detecting Social and Behavioral Determinants of Health with Structured and Free-Text

- Clinical Data». *Applied Clinical Informatics* 11 (1): 172–81.
<https://doi.org/10.1055/s-0040-1702214>.
- Fitzpatrick, Kathleen Kara, Alison Darcy, og Molly Vierhile. 2017. «Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults With Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial». *JMIR Mental Health* 4 (2): e19. <https://doi.org/10.2196/mental.7785>.
- Folkehelseinstituttet. 2021. «Den norske mor, far og barn-undersøkelsen (MoBa)». 2021. <https://www.fhi.no/studier/moba/>.
- Fosse, Erik. 2019. «Kunstig intelligens forandrer helsetjenesten (Presentasjon ved eHelse 2019, Den norske dataforening)». <https://event.dnd.no/ehelse/wp-content/uploads/sites/12/2019/05/Kunstig-intelligens-forandrer-helsetjenesten-Erik-Fosse.pdf>.
- Fujifilm. 2020. «Fujifilm acquires CE mark and launches CAD EYE, a function of colonic polyp detection utilizing AI technology, in Europe | Fujifilm Deutschland». 25. februar 2020.
<https://www.fujifilm.eu/de/presse/artikel/fujifilm-acquires-ce-mark-and-launches-cad-eye-a-function-of-colonic-polyp-detection-utilizing-ai-t>.
- Ghassemi, Mohammad M., Tuka Al Hanai, M. Brandon Westover, Roger G. Mark, og Shamim Nemati. 2018. «Personalized Medication Dosing Using Volatile Data Streams». I *AAAI Workshops*.
<https://www.aaai.org/ocs/index.php/WS/AAAIW18/paper/view/17234/15618>.
- Goh, Kim Huat, Le Wang, Adrian Yong Kwang Yeow, Hermione Poh, Ke Li, Joannas Jie Lin Yeow, og Gamaliel Yu Heng Tan. 2021. «Artificial intelligence in sepsis early prediction and diagnosis using unstructured data in healthcare». *Nature Communications* 2021 12:1 12 (1): 1–10.
<https://doi.org/10.1038/s41467-021-20910-4>.
- Google. 2021. «Medical information on Google». 2021.
<https://support.google.com/websearch/answer/2364942?hl=en>.
- Gurdus, Lizzy. 2019. «\$100 billion beyond the iPhone: Apple CEO Tim Cook talks giant's move past hardware». *CNBC*, 8. januar 2019.
<https://www.cnbc.com/2019/01/08/apple-ceo-tim-cook-and-cnbc->

jim-cramer-talk-china-qualcomm.html.

Haibe-Kains, Benjamin, George Alexandru Adam, Ahmed Hosny, Farnoosh Khodakarami, Levi Waldron, Bo Wang, Chris McIntosh, mfl. 2020. «The importance of transparency and reproducibility in artificial intelligence research». *arXiv*. arXiv. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2766-y>.

Heaven, Will Douglas. 2020a. «Google's medical AI was super accurate in a lab. Real life was a different story.» *MIT Technology Review*, 27. april 2020. <https://www.technologyreview.com/2020/04/27/1000658/google-medical-ai-accurate-lab-real-life-clinic-covid-diabetes-retina-disease/>.

———. 2020b. «New standards for AI clinical trials will help spot snake oil and hype». *MIT Technology Review*, 11. september 2020. <https://www.technologyreview.com/2020/09/11/1008335/new-standards-for-ai-clinical-trials-will-help-spot-snake-oil-and-hype/>.

———. 2020c. «AI is wrestling with a replication crisis | MIT Technology Review». *MIT Technology Review*, 12. november 2020. <https://www.technologyreview.com/2020/11/12/1011944/artificial-intelligence-replication-crisis-science-big-tech-google-deepmind-facebook-openai/>.

Helse- og omsorgsdepartementet. 2018. «Leve med kreft. Nasjonal kreftstrategi (2018–2022)».

———. 2019a. «Høring - tilgjengeliggjøring av helsedata (endringer i helseregisterloven m.m.)». juli 4. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/tilgjengeliggjoring-av-helsedata/id2662764/>.

———. 2019b. «Nasjonal helse- og sykehusplan 2020–2023», november.

Helsedirektoratet. 2018a. «Tjenestene bør benytte tilgjengelige verktøy og metoder for forebyggende risikokartlegging og identifisering av behov». 2018. <https://www.helsedirektoratet.no/veiledere/oppfolging-av-personer-med-store-og-sammensatte-behov/hvordan-observere-oppdage-og-identifisere-behov-for-tjenester/tjenestene-bor-benyttetilgjengelige-verktoy-og-metoder-for-forebyggende-risikokartlegging-og-id>.

- . 2018b. «Ungdomshelse i en digital verden».
[https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/ungdomshelse-i-en-digital-verden/Ungdomshelse i en digital verden \(DIGI-UNG del 1\).pdf/_/attachment/inline/e3016f1c-fd0f-4990-80cf-f97ac8742968:0c16037004a34de79c595b1e2da16dc4ee85b632/Ungdomshelse i en digital verden \(DIGI-UNG del 1\).pdf](https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/ungdomshelse-i-en-digital-verden/Ungdomshelse%20i%20en%20digital%20verden%20(DIGI-UNG%20del%201).pdf/_/attachment/inline/e3016f1c-fd0f-4990-80cf-f97ac8742968:0c16037004a34de79c595b1e2da16dc4ee85b632/Ungdomshelse%20i%20en%20digital%20verden%20(DIGI-UNG%20del%201).pdf).
- . 2020. «Aktivitetsutvikling frem til august 2020 Foreløpige tall Rapport».
[https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/aktivitetsutvikling/Aktivitetsutvikling frem til august 2020.pdf/_/attachment/inline/453ca20a-f5ee-4ec1-9192-87dc97ee3ffe:53de4a982761713d514ebc40c706ca13dae83cb8/Aktivitetsutvikling frem til august 2020.pdf](https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/aktivitetsutvikling/Aktivitetsutvikling%20frem%20til%20august%202020.pdf/_/attachment/inline/453ca20a-f5ee-4ec1-9192-87dc97ee3ffe:53de4a982761713d514ebc40c706ca13dae83cb8/Aktivitetsutvikling%20frem%20til%20august%202020.pdf).
- . 2021a. «Digital hjemmeoppfølging ved covid-19».
- . 2021b. «Digital hjemmeoppfølging gir økt trygghet og mestring - Helsedirektoratet», 19. mai 2021.
[https://www.helsedirektoratet.no/nyheter/digital-hjemmeoppfølging-gir-okt-trygghet-og-mestring](https://www.helsedirektoratet.no/nyheter/digital-hjemmeoppfolging-gir-okt-trygghet-og-mestring).
- Helsedirektoratet, Direktoratet for e-helse, og Norsk Helsenett. 2021.
 «Tryggere helseapper Hvorfor norske helsemyndigheter bør tilrettelegge for kvalitetssikring av helseapper. Kunnskapsgrunnlag.»
[https://www.helsedirektoratet.no/tema/velferdsteknologi/rapporter-og-utredninger/Tryggere helseapper.pdf/_/attachment/inline/e3f6f78d-e56c-4c75-ba64-7bb37be4442c:a350b117c4f5ad0db055588fd58b01615e08c9c4/Tryggere helseapper.pdf](https://www.helsedirektoratet.no/tema/velferdsteknologi/rapporter-og-utredninger/Tryggere%20helseapper.pdf/_/attachment/inline/e3f6f78d-e56c-4c75-ba64-7bb37be4442c:a350b117c4f5ad0db055588fd58b01615e08c9c4/Tryggere%20helseapper.pdf).
- Helsenorge.no. 2019. «Helsedirektoratets kostråd». 2019.
<https://www.helsenorge.no/kosthold-og-ernaring/kostrad/helsedirektoratets-kostrad>.
- . 2020. «Koronasjekk – skal jeg teste meg?» 2020.
<https://www.helsenorge.no/koronavirus/koronasjekk/>.
- Hjemås, Geir, Erling Holmøy, og Fatima Haugstveit. 2019. «Fremskrivninger av etterspørselen etter arbeidskraft i helse- og omsorg mot 2060». *SSB Rapporter 2019:12*. https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/artikler-og-publikasjoner/_attachment/386122?_ts=16a9b1eef68.

- Hollon, Todd C., Balaji Pandian, Arjun R. Adapa, Esteban Urias, Akshay V. Save, Siri Sahib S. Khalsa, Daniel G. Eichberg, mfl. 2020. «Near real-time intraoperative brain tumor diagnosis using stimulated Raman histology and deep neural networks». *Nature Medicine* 26 (1): 52–58. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0715-9>.
- Hoven, Jeroen van den. 2007. «ICT and Value Sensitive Design». *IFIP International Federation for Information Processing* 233: 67–72. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72381-5_8.
- Huckvale, Kit, John Torous, og Mark E. Larsen. 2019. «Assessment of the Data Sharing and Privacy Practices of Smartphone Apps for Depression and Smoking Cessation». *JAMA Network Open* 2 (4): e192542–e192542. <https://doi.org/10.1001/JAMANETWORKOPEN.2019.2542>.
- Hunshamar, Carina, og Astri Øverdal. 2020. «Telefonstorm blokkerer 113: – Ikke ring om corona». *VG*, 27. februar 2020. <https://www.vg.no/nyheter/innenriks/i/K37450/telefonstorm-blokkerer-113-ikke-ring-om-corona>.
- Icometrix. 2020. «FDA permits use of icometrix’s AI-based quantification in COVID-19». 2020. <https://icometrix.com/news/fda-permits-use-of-icometrix-s-aibased-quantification-in-covid19>.
- IDC. 2020. «IDC’s Global DataSphere Forecast». 2020. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46286020>.
- ImageNet. 2012. «ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC2012) — All results». 2012. <http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/results.html>.
- Johansen, Truls E. Bjerklund. 2008. «PSA-basert screening for prostatakreft». *Tidsskrift for Den norske legeforening*, november. <https://tidsskriftet.no/2008/11/kronikk/psa-basert-screening-prostatakreft>.
- Johnsen, Oddny. 2019. «Lærer datamaskinen å finne risikopasienter - Ehealthresearch.no (EN)», 31. mai 2019. <https://ehealthresearch.no/en/news/2019/laerer-datamaskinen-a-finne-risikopasienter>.
- Kleinman, Zoe. 2021. «Google AI tool can help patients identify skin conditions - BBC News». *BBC*, 18. mai 2021.

<https://www.bbc.com/news/technology-57157566>.

Knight, Will. 2021. «These Doctors Are Using AI to Screen for Breast Cancer». Wired. 27. januar 2021. <https://www.wired.com/story/doctors-using-ai-screen-breast-cancer/>.

Kommunal-og moderniseringsdepartementet. 2020. «Nasjonal strategi for kunstig intelligens». <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-kunstig-intelligens/id2685594/>.

Kreftregisteret. 2021. «Kreftregisteret.no». 2021. <https://www.kreftregisteret.no/>.

Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, og Geoffrey E. Hinton. 2012. «Imagenet classification with deep convolutional neural networks». *Advances in neural information processing systems* 25: 1097–1105. <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>.

LaRock, Zoë. 2019. «Apple's health moves in 2019 and what's to come in 2020». *Business Insider*, 31. desember 2019. <https://www.businessinsider.com/apple-2019-health-moves-whats-to-come-in-2020-2019-12?r=US&IR=T>.

Le, Christopher, Hanne Søberg Finbråten, Kjell Sverre Pettersen, og Øystein Guttersrud. 2021. «Befolkningens helsekompetanse, del I». https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/befolkningens-helsekompetanse/Befolkningens_helsekompetanse_-_del_I.pdf/_/attachment/inline/e256f137-3799-446d-afef-24e57de16f2d:646b6f5ddafac96eef5f5ad602aeb1bc518eabc3/Befolkningens_helsekompetanse_-_del_I.pdf.

Lee, Cecilia S., og Aaron Y. Lee. 2020. «Clinical applications of continual learning machine learning». *The Lancet Digital Health*. Elsevier Ltd. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30102-3](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30102-3).

Leyen, Ursula von der, og Maroš Šefčovič. 2020. «STATE OF THE UNION 2020 Letter of Intent to President David Maria Sassoli and to Chancellor Angela Merkel». moz-extension://4e474cbd-2c76-2149-8329-340712983f5d/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Finfo%2Fsites%2Finfo%2Ffiles%2Fstate_of_the_union_2020_letter_of_intent

_en.pdf.

- Li, Honglin, Payam Barnaghi, Senior Member IEEE, Shirin Enshaeifar, Member IEEE, og Frieder Ganz. 2015. «Continual Learning Using Task Conditional Neural Networks». *Journal of Latex Class Files* 14 (8). <https://gitlab.ees.surrey.ac>.
- M3dicine. 2021. «Stethee — AI Enabled Stethoscope System». 2021. <https://www.m3dicine.com>.
- Madias, John E. 2003. «A Comparison of 2-Lead, 6-Lead, and 12-Lead ECGs in Patients With Changing Edematous States* Implications for the Employment of Quantitative Electrocardiography in Research and Clinical Applications». *Chest Journal* 124: 2057–2063. <https://doi.org/10.1378/chest.124.6.2057>.
- Masters, Brooke. 2021. «AI prompts a scramble for healthcare data ». *Financial times*, 2. juni 2021. <https://www.ft.com/content/376a5494-7237-4ed6-a528-5e45712c148d?segmentId=776b81d7-dd92-c731-e669-99cdd37d3a96#myft:my-news:rss>.
- Medved, Jon. 2020. «The Robot will see you now: Artificial intelligence in Israel's hospitals». The Times of Israel — blog. 9. september 2020. <https://blogs.timesofisrael.com/the-robot-will-see-you-now-artificial-intelligence-in-israels-hospitals/>.
- Meinhardt, Caroline. 2019. «The Hidden Challenges of China's Booming Medical AI Market – China Business Review». *China Business Review*, 24. juni 2019. <https://www.chinabusinessreview.com/the-hidden-challenges-of-chinas-booming-medical-ai-market-2/>.
- Metz, Cade, og Daisuke Wakabayashi. 2020. «Google Researcher Timnit Gebru Says She Was Fired For Paper on AI Bias - The New York Times». *The New York Times*, 3. desember 2020. <https://www.nytimes.com/2020/12/03/technology/google-researcher-timnit-gebru.html>.
- Mikalsen, Karl Øyvind, Cristina Soguero-Ruiz, Kasper Jensen, Kristian Hindberg, Mads Gran, Arthur Revhaug, Rolv Ole Lindsetmo, Stein Olav Skrovseth, Fred Godtliebsen, og Robert Jenssen. 2017. «Using anchors from free text in electronic health records to diagnose postoperative delirium». *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 152 (desember): 105–14. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.09.014>.

- Miner, Adam S., Liliana Laranjo, og A. Baki Kocaballi. 2020. «Chatbots in the fight against the COVID-19 pandemic». *npj Digital Medicine* 2020 3:1 3 (1): 1–4. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0280-0>.
- Miotto, Riccardo, Li Li, Brian A Kidd, og Joel T Dudley. 2016. «Deep Patient: An Unsupervised Representation to Predict the Future of Patients from the Electronic Health Records OPEN». *Nature Publishing Group*. <https://doi.org/10.1038/srep26094>.
- Mirheidari, Bahman, Daniel Blackburn, Traci Walker, Markus Reuber, og Heidi Christensen. 2019. «Dementia detection using automatic analysis of conversations». *Computer Speech and Language* 53 (januar): 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2018.07.006>.
- Moe, Lasse. 2021. «Mener AI-metode er kostnadseffektiv». *Dagens Medisin*, 25. november 2021. <https://www.dagensmedisin.no/artikler/2021/11/25/mener-ai-metode-er-kostnadseffektiv/>.
- Mori, Yuichi, Shin-ei Kudo, Masashi Misawa, Yutaka Saito, Hiroaki Ikematsu, Kinichi Hotta, Kazuo Ohtsuka, mfl. 2018. «Real-Time Use of Artificial Intelligence in Identification of Diminutive Polyps During Colonoscopy». *Annals of Internal Medicine* 169 (6): 357. <https://doi.org/10.7326/M18-0249>.
- Muoio, Dave. 2020. «Google Cloud unveils AI tools to help healthcare analyze unstructured medical text». *MobiHealthNews*, 11. november 2020. <https://www.mobihealthnews.com/news/google-cloud-unveils-ai-tools-help-healthcare-analyze-unstructured-medical-text>.
- Nærings- og fiskeridepartementet. 2019. «Meld. St. 18 (2018–2019)», april. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-18-20182019/id2639253/>.
- NHI.no. 2013. «Tvilsom effekt av brystkreftscreening». *NHI.no*, 8. juli 2013. <https://nhi.no/for-helsepersonell/fra-vitenskapen/tvilsom-effekt-av-brystkreftscreening/>.
- NHS. 2019. «The Topol Review — Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future». <https://topol.hee.nhs.uk/>.
- . 2020a. «Babylon — GP at hand». 2020. <https://www.gpathand.nhs.uk/>.

———. 2020b. «NHS 111 online». 2020. <https://111.nhs.uk/>.

Nordic Semiconductor. 2020. «Wearable ECG monitor enables remote care of cardiac patients - nordicsemi.com». Nordic Semiconductor. november 2020. <https://www.nordicsemi.com/News/2020/11/Wearable-ECG-monitor-enables-remote-care-of-cardiac-patients>.

NTNU. 2021. «HUNT - Helseundersøkelsen i Trøndelag». 2021. <https://www.ntnu.no/hunt>.

O'Hear, Steve. 2017. «Ada is an AI-powered doctor app and telemedicine service». *TechCrunch*, 19. april 2017. <https://techcrunch.com/2017/04/19/ada-health/?guccounter=1>.

OECD. 2019. *Health in the 21st Century: Putting data to work for stronger health systems. OECD Health Policy Studies*. OECD Health Policy Studies. OECD. <https://doi.org/10.1787/e3b23f8e-en>.

———. 2020. «Trustworthy AI in health». <https://www.oecd.org/health/trustworthy-artificial-intelligence-in-health.pdf>.

Office of the Commissioner. 2018. «Press Announcements - FDA permits marketing of artificial intelligence-based device to detect certain diabetes-related eye problems», 11. april 2018. <https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm604357.htm>.

Olympus. udatert. «Olympus Launches ENDO-AID, an AI-Powered Platform for Its Endoscopy System - Olympus Europe, Middle East and Africa». Åpnet 13. april 2021. <https://www.olympus-europa.com/company/en/news/press-releases/2020-10-09to8-30-00/olympus-launches-endo-aid-an-ai-powered-platform-for-its-endoscopy-system.html>.

Ordish, Johan, Hannah Murfet, og Alison Hall. 2019. «Algorithms as medical devices Acknowledgements». www.phgfoundation.org.

Park, Alice. 2019. «Here's How Well the Apple Watch Can Detect Heart Problems | Time». *Time*, 14. november 2019. <https://time.com/5727608/apple-watch-heart-study/>.

Pearson, Anthony. 2019. «Can That Apple Watch Catch a Heart Attack?»

- MedPage Today*, 25. april 2019.
<https://www.medpagetoday.com/blogs/skeptical-cardiologist/79425>.
- Phelan, David. 2020. «Amazon Halo: Jaw-Dropping New Health-Monitoring Wearable & Service Revealed». *Forbes*, 27. august 2020.
<https://www.forbes.com/sites/davidphelan/2020/08/27/amazon-halo-jaw-dropping-new-health-monitoring-wearable-and-service-revealed-measures-body-fat-in-a-way-never-seen-before/#ddb4a9aa4afc>.
- Pubmed.gov. 2021. «Pubmed.gov search». 2021.
- Quora. 2018. «The Surprising Reason We Lack So Much Knowledge About Women's Health». *Forbes*, 24. august 2018.
<https://www.forbes.com/sites/quora/2018/08/24/the-surprising-reason-we-lack-so-much-knowledge-about-womens-health/>.
- Rasser, Martijn. 2019. «Without a National Artificial Intelligence Strategy, the United States Risks Missing Out on All the Technology's Benefits—And Falling Behind Rivals Such as China». *Foreign Policy*, 24. desember 2019. <https://foreignpolicy.com/2019/12/24/national-artificial-intelligence-strategy-united-states-fall-behind-china/>.
- Reuters. 2020. «Google CEO eyes major opportunity in health care, says it will protect privacy». *CNBC*, 22. januar 2020.
<https://www.cnn.com/2020/01/22/google-ceo-eyes-major-opportunity-in-health-care-says-it-will-protect-privacy.html>.
- Riksrevisjonen. 2021. «Riksrevisjonens undersøkelse av psykiske helsetjenester». <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2020-2021/undersokelse-av-psykiske-helsetjenester/>.
- Rocher, Luc, Julien M. Hendrickx, og Yves Alexandre de Montjoye. 2019. «Estimating the success of re-identifications in incomplete datasets using generative models». *Nature Communications* 10 (1): 1–9.
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-10933-3>.
- Senneset, Ingeborg. 2018. *Anorektisk*. Oslo, Norge: Cappelen Damm.
<https://books.google.com/books/about/Anorektisk.html?hl=no&id=EZe8tQEACAAJ>.
- Sensely. 2021. «Ask NHS powered by Sensely». 2021.
<https://www.sensely.com/asknhs/>.

- Shein, Esther. 2020. «Apple Watch Series 6: A cheat sheet». *TechRepublic*, 17. september 2020. <https://www.techrepublic.com/article/apple-watch-series-6-a-cheat-sheet/>.
- Shetty, Shravya. 2020. «A promising step forward for predicting lung cancer». *Google blog*, 20. mai 2020. <https://blog.google/technology/health/lung-cancer-prediction/>.
- Shieber, Jonathan. 2019. «Facebook unveils its first foray into personal digital healthcare tools». *TechCrunch*, 29. oktober 2019. <https://techcrunch.com/2019/10/28/facebook-unveils-its-first-foray-into-personal-digital-healthcare-tools/>.
- Simonite, Tom. 2019. «How Health Care Data and Lax Rules Help China Prosper in AI». *Wired*, 1. august 2019. <https://www.wired.com/story/health-care-data-lax-rules-help-china-prosper-ai/>.
- Skrede, Ole Johan, Sepp De Raedt, Andreas Kleppe, Tarjei S. Hveem, Knut Liestøl, John Maddison, Hanne A. Askautrud, mfl. 2020. «Deep learning for prediction of colorectal cancer outcome: a discovery and validation study». *The Lancet* 395 (10221): 350–60. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32998-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32998-8).
- Soares, Eduardo, Plamen Angelov, Sarah Biaso, Michele Higa Froes, og Daniel Kanda Abe. 2020. «SARS-CoV-2 CT-scan dataset: A large dataset of real patients CT scans for SARS-CoV-2 identification». <https://doi.org/10.1101/2020.04.24.20078584>.
- Steiner, David F., Robert MacDonald, Yun Liu, Peter Truszkowski, Jason D. Hipp, Christopher Gammage, Florence Thng, Lily Peng, og Martin C. Stumpe. 2018. «Impact of Deep Learning Assistance on the Histopathologic Review of Lymph Nodes for Metastatic Breast Cancer». *The American Journal of Surgical Pathology* 42 (12): 1636–46. <https://doi.org/10.1097/PAS.0000000000001151>.
- Teknologirådet. 2018. *Kunstig intelligens - muligheter, utfordringer og en plan for Norge*. <https://teknologiradet.no/wp-content/uploads/sites/105/2018/09/Rapport-Kunstig-intelligens-og-maskinlaering-til-nett.pdf>.
- . 2019. «Kunstig intelligens og norske helsedata». 2019. <https://teknologiradet.no/wp-content/uploads/sites/105/2020/01/KI->

og-helsedata_m-lenker2.pdf.

- . 2020a. «Digital mental helse». 2020.
<https://teknologiradet.no/project/digital-mental-helse/>.
- . 2020b. «Digitalt skifte for transport – 16 nye teknologier og hvordan de endrer byene». https://teknologiradet.no/wp-content/uploads/sites/105/2020/09/Digitalt-skifte-for-bytransport_endelig.pdf.
- The medical futurist. 2021. «FDA-approved A.I. based algorithms». 2021.
<https://medicalfuturist.com/fda-approved-ai-based-algorithms/>.
- Thomas, Patrick, og Dewey Murdick. 2020. «Patents and Artificial Intelligence: A Primer CSET Data Brief». <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Patents-and-Artificial-Intelligence.pdf>.
- Thomas, Rachel. 2021. «Medicine's Machine Learning Problem». *Boston Review*, 4. januar 2021. <https://bostonreview.net/science-nature/rachel-thomas-medicines-machine-learning-problem>.
- Topol, Eric J. 2019. «High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence». *Nature Medicine* 25 (1): 44–56.
<https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>.
- UCHealth. 2020. «UCHealth deploys BioIntelliSense BioButton™ Vaccine Monitoring Solution to health care workers receiving COVID-19 vaccine». GlobeNewswire. 17. desember 2020.
<https://www.globenewswire.com/news-release/2020/12/17/2147353/0/en/UCHealth-deploys-BioIntelliSense-BioButton-Vaccine-Monitoring-Solution-to-health-care-workers-receiving-COVID-19-vaccine.html>.
- Universitetet i Stavanger. 2019. «Overvåker fosterlyd for å redde nyfødte | Universitetet i Stavanger». 9. mai 2019.
<https://www.uis.no/nb/overvaker-fosterlyd-redde-nyfodte>.
- Universitetet i Tromsø. 2021. «Tromsøundersøkelsen». 2021.
https://uit.no/research/tromsundersokelsen?p_document_id=705235&Baseurl=/research/.
- Vallance, Chris. 2015. «Could hackers break my heart via my pacemaker? -

- BBC News». *BBC*, 3. desember 2015.
<https://www.bbc.com/news/technology-34899713>.
- Vallevik, Vibeke Binz, Alia Zaka, Bobbie Ray-Sannerud, Erik Fosse, og Pål H. Brekke, red. 2021. «Reflections on the clinical implementation of precision medicine Experiences from BigMed, a Norwegian ICT Lighthouse project». Oslo, Norway.
- Vincent, James. 2019. «China is about to overtake America in AI research - The Verge». *The Verge*, 14. mars 2019.
<https://www.theverge.com/2019/3/14/18265230/china-is-about-to-overtake-america-in-ai-research>.
- Viz.ai. 2020. «<https://www.viz.ai>». 2020. <https://www.viz.ai/>.
- Wachter, Sandra, og Brent Mittelstadt. 2019. «A Right to Reasonable Inferences: Re-Thinking Data Protection Law in the Age of Big Data and AI». *Columbia Business Law Review* 2.
<https://papers.ssrn.com/abstract=3248829>.
- WIPO. 2019. «The Story of Artificial Intelligence in Patents».
https://www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence/story.html
 .
- Xavier Health Organization. 2018. «Perspectives and Good Practices for AI and Continuously Learning Systems in Healthcare».
www.XavierHealth.org.
- Xiao, Cao, Edward Choi, og Jimeng Sun. 2018. «Opportunities and challenges in developing deep learning models using electronic health records data: a systematic review». *Journal of the American Medical Informatics Association* 25 (10): 1419–28. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy068>.
- Your.MD. 2021. «Your.MD - Health Guide and Self-Care Checker». 2021.
<https://www.your.md/>.
- Zhang, Daniel, Saurabh Mishra, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Deep Ganguli, Barbara Grosz, Terah Lyons, mfl. 2021. «The AI Index 2021 Annual Report». Stanford. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf.
- Zuccon, Guido, Bevan Koopman, og João Palotti. 2015. «Diagnose this if you can: On the effectiveness of search engines in finding medical self-

diagnosis information». I *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9022:562–67. Springer Verlag.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-16354-3_62.