

## Bærekraft og framtidstrender

**En bærekraftig laboratorievirksomhet er avhengig av at det legges planer. I planene må det tas hensyn til lokale forhold og nasjonale perspektiver. Vi skal se nærmere på hva som styrer etterspørselen etter bioingeniører.**

Vi vil igjen se til allerede utgitte rapporter som omhandler framskrivning av behov i helsesektoren. Det er mange ukjente faktorer i et slikt regnestykke. Selv om pandemier ikke er et ukjent fenomen, traff det Norge og resten av verden brått og brutalt i 2020. Vi kan komme til å oppleve det igjen. Vi starter med å se litt på hvordan regjeringen planlegger for sykehusdriften og hvilke faktorer som driver aktivitet i medisinske laboratorier og øker etterspørselen etter bioingeniører.

### 4.1 Nasjonale perspektiver

Regjeringen legger fram en ny nasjonal helse- og sykehusplan for Stortinget hvert fjerde år. Meldingen setter retning for utviklingen av spesialisthelsetjenesten og samarbeidet med den kommunale helse- og omsorgstjenesten. I *Nasjonal helse- og sykehusplan for 2015–2019*<sup>27</sup> etterlyste regjeringen Solberg at helseforetakene i større grad drev systematisk kompetanse- og personellplanlegging. I tillegg var det fokus på å legge til rette for best mulig bruk av personell ved å sørge for nødvendig kompetanseutvikling. Framskrivninger av personellbehovet viste forholdsvis god balanse mellom etterspørsel og tilbud av helsepersonell fram mot 2020,

men større utfordringer på lengre sikt. Ifølge meldingen ville det bli mangel på sykepleiere både med og uten videreutdanning og en rekke legespesialiteter ble vurdert som sårbare. I tillegg var det forventet mangel på bioingeniører.

NITO kommenterte i sitt høringssvar datert 7. mars 2016<sup>28</sup> at det ikke var beskrevet en plan for hvordan personellmangelen skulle løses. NITO kom med ulike forslag til tiltak for å rekruttere og beholde ingeniører og teknologer i sykehusene. Eksempel på et helt konkret tiltak var å bruke bioingeniørene smartere ved å videreutdanne bioingeniører innen patologi, så de kunne foreta makrobeskjæring av vevsprøver og slik avlaste patologene. Det ble også foreslått at bioingeniører kunne være diagnostiske samarbeidspartnere fordi dette kunne bedre pasientflyten og utnytte laboratorietjenestene mer effektivt.

I *Nasjonal helse- og sykehusplan for 2020–2023*<sup>29</sup> var det fokus på å etablere helsefellesskap hvor kommuner og helseforetak utvikler og planlegger tjenestene sammen som likeverdige partnere. Helseforetakene ble utfordret til å sette egne mål for å flytte spesialisthelsetjenester hjem til pasientene. Bemanningsutfordringer skulle vris til investering

i teknologi og kompetanse som kan redusere framtidige arbeidskraftsbehov.

I sitt høringsvar datert 16. januar 2020<sup>30</sup> kommenterte NITO den manglende referansen til bioingeniører og ingeniører til tross for at teknologi og teknologisk utvikling i helsesektoren har en sentral plass i planen. Det vises til et stort og udekket behov for helsepersonell, særlig sykepleiere og helsefagarbeidere, mens teknologi-kompetansen blir oversett.

Sykehusplanen sier at det skal opprettes helsefelleskap, men har ingen klare planer for hvordan det diagnostiske samarbeidet mellom kommune- og helsefore-

tak skal fungere. Brukes laboratorieundersøkelsene rett kan pasienten motta riktig behandling raskere. God informasjon om pasientens sykdomsstatus i kommunen kan blant annet redusere antall sykehusinnleggelses eller korte ned sykehusopphold.

#### **Analyser fra SSB**

Helsemod er, som vi så i kapittel en, et planleggingsverktøy SSB benytter til framskrivinger av tilbud og etterspørsel for ulike typer helsepersonell. Modellen ble tatt i bruk av SSB på midten av 1990-tallet på oppdrag fra Helse- og sosialdepartementet



#### **Nasjonal Bemanningsmodell (NBM)**

ble laget på nasjonalt nivå, men skulle også kunne tilpasses regionalt. Modellen tok utgangspunkt i en metodisk tilnærming som besto av fire elementer: Tilbud (framtidig kompetansebeholdning), etterspørsel (framtidig kompetansebehov basert på aktivitetsframskriving), scenarier (elementer som påvirker etterspørsel og tilbud) og kompetansegap (differansen mellom etterspørsel og tilbud). Modellen la gjeldende praksis til grunn, med visshet om at den kom til å endre seg. Modellen hadde to viktige begrensninger – datakvaliteten (hvilke data den bygget på) og modellen (hvordan den er bygget og hva den omfatter). Datakvaliteten varierte fra de ulike kildene og manglende data var en risiko. Modellen var en enkel fremstilling av realitetene basert på begrensninger som formet modellen. Modellen tar for eksempel kun for seg deler av spesialisthelsetjenesten.



(HOD). I 2000 startet et større arbeid med å få bedre oversikt over arbeidsmarkedet for helse- og sosialpersonell. Målet var å utnytte eksisterende registre best mulig, og som følge av det har den løpende statistikken over sysselsetting av helse- og sosialpersonell vært registerbasert fra og med 2004. Den første rapporten som brukte denne modellen, ble utgitt i 2002. Den så på arbeidsmarkedet for helse- og sosialpersonell fram til 2020. Både i 2005, 2008 og 2012 ble nye framskrivninger publiserte. Se mer om disse på side 32 og i avsnitt 6.1 side 83.

#### Tilbud og etterspørsel

Modellen til SSB har en tilbudsside og en etterspørselsside med alternative forutsetninger for utviklingen i arbeidsmarkedet fram mot 2030. På tilbudssiden tar modellen utgangspunkt i følgende forutsetninger: Sysselsetting og yrkesdeltaking etter utdanning innenfor tjenesteområdene, studiekapasitet, gjennomføringsgrad og beregnet avgang. Etterspørselen bygger på demografisk utvikling, tjenesteomfang i ulike deler av helsetjenestene, brukerefrekvenser som er spesifisert etter alder og kjønn, og økonomisk utvikling. Basert på disse forutsetningene har SSB gjort en rekke alternative beregninger for balansen i arbeidsmarkedet for gruppene av helse- og velferdspersonell. Framskrivningene i Helsemod tar utgangspunkt i dagens helsetjenester og de største personellgruppene. Forutsetningene om kompetansebehov endres i tråd med endringer i helseutfordringene.

#### Venter 40 prosent vekst

Rapporten *Helsemod 2019*<sup>17</sup> er den siste framskrivningen fra SSB, og vi vil derfor vie den litt ekstra oppmerksomhet. Etterspørselen er inndelt i ti aktivitetsområder. Faktorer som er viktig for etterspørselen

etter helsepersonell er tallet på potensielle brukere, aldersfordelingen i befolkningen, om økt levealder fører til bedre helse eller mer bruk av helsetjenesten, og det avhenger av veksten i samfunnets bruk av ressurser (standardveksten). Vi skal se nærmere på hvilke drivere vi mener påvirker behovet for bioingeniører og laboratorietjenester i avsnitt 4.3 side 57.

En betydelig økning i tallet på eldre i årene fram mot 2035 er en av de viktigste faktorene bak den forventede økte etterspørselen etter helsepersonell. Det er ifølge SSB langt større usikkerhet rundt andre aktuelle faktorer. Usikkerheten går på i hvilken grad helsetilstanden bedrer seg når levealderen øker, omfanget av ubetalt pleie- og omsorgsarbeid i hjemmet og i hvilken grad det fortsatt vil finne sted standardvekst målt ved årsverk per bruker.

På tilbudssiden er omfanget av utdannet helsepersonell den viktigste faktoren. Pensjonsreformen og tiltak for å få ansatte til å arbeide i større stillingsdel er andre faktorer. SSB har brukt opplysninger om grunnutdanning, ikke yrke, når de har sett på helsepersonell. Fra 2017 til 2035 ventes en vekst på 40 prosent i antall årsverk for bioingeniører.

Selv om den kommende aldringen av befolkningen har vært kjent i lang tid, konkluderer SSB med at det blir utdannet for lite helsepersonell, blant annet for få sykepleiere. En allerede registrert mangel vil derfor forverre seg i årene framover. Situasjonen blir ikke bedre av at det samtidig ser ut til å bli voksende mangel på helsefagarbeidere, vernepleiere, ergoterapeuter og jordmødre. SSB skriver også at det ser ut til at det utdannes for få bioingeniører, radiografer og helse- og tannhelsesekretærer. For flere av disse gruppene vil selv en klar økning i antall utdannede ikke være tilstrekkelig til å møte den forventede økningen i etterspørselen. Andre tiltak på



## Fra 2017 til 2035 venter SSB en vekst på 40 prosent i antall årsverk for bioingeniører

tilbudssiden vil i praksis være av mindre betydning. I framskrivning av sysselsettingen anslår SSB at det vil være behov for 2400 flere årsverk for bioingeniører fra 2017 til 2035.

SBB hadde i 2017 4900 registrerte årsverk for bioingeniører innenfor helsetjenestene og 1800 utenfor helsetjenestene, til sammen 6700 sysselsatte bioingeniører.

NITO BFI hadde 5700 yrkesaktive bioingeniører som medlemmer i 2021. Av disse arbeider 4500 innenfor helsetjenestene. SSB har ikke skilt mellom offentlig og privat finansierte helsetjenester. Det er vanskelig å sammenligne sysselsettingen

mellom 2010 og 2017 for bioingeniører, fordi plasseringen av aktivitet og sysselsettingen i medisinske laboratorietjenester i økende grad ble skilt ut fra de somatiske institusjonene.

Helsemod 2019 tar utgangspunkt i datagrunnlaget for 2017. De avtalte årsverkene blir beregnet ut fra tredje uke i november, en uke som blir sett på som representativ for hele året. Aldersfordelingen i utgangsbestanden er av stor betydning for framskrivningen. Se SSB sine tall fra helseforetakene i tabell side 29.

## Trenger 110 000 flere årsverk i følge Perspektivmeldingen

I Stortingsmelding 14 2020/2021, også kalt *Perspektivmeldingen*, står det: «Den demografiske utviklingen vil gi betydelig økt personellbehov i helse- og omsorgssektoren de neste tiårene. Forskere fra SSB har fremskrevet dette arbeidskraftbehovet i ulike scenarioer. Forutsatt en viss fortsatt bedring i tjenestetilbudet (såkalt standardvekst) på 1 pst. per år vil det i disse framskrivningene være behov for i overkant av 110 000 flere årsverk i helse og omsorgssektoren i 2035 sammenlignet med 2018, og i underkant av 260 000 flere årsverk i 2060.

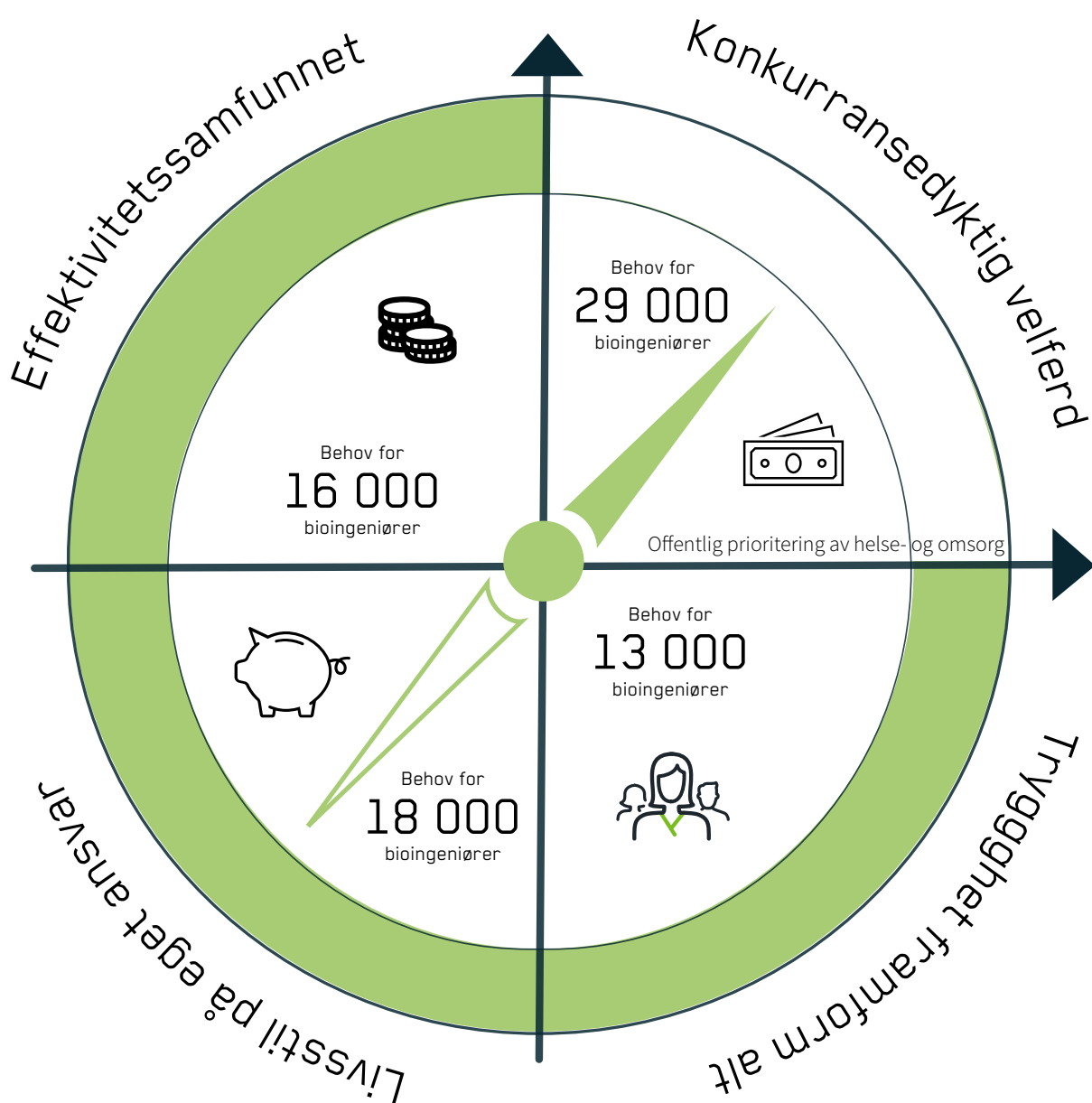
Disse anslagene innebærer at helse- og omsorgssektoren vil komme til å legge beslag på hhv. 18 og 31 pst. av årsverkene i 2035 og 2060, mot 13 pst. i dag. Selv om kvaliteten og omfanget av helse- og omsorgstilbudet holdes på samme nivå som i dag, vil over halvparten

av nye sysselsatte ifølge framskrivningene måtte komme i denne sektoren frem til 2035, gitt forutsetningene i basisforløpet i denne meldingen. I og med at befolkningen i arbeidsdyktig alder ikke ventes å vokse mellom 2035 og 2060, vil et økt arbeidskraftbehov i helse- og omsorgssektoren måtte dekkes med en betydelig overgang fra andre næringer. En del av det økte behovet vil også kunne dekkes dersom heltidsbruken i sektoren tar seg kraftig opp. Dersom helsen blant eldre bedres eller vi klarer å iverksette tiltak som reduserer behovet for tjenester som for eksempel ved å ta i bruk ulike former for velferdsteknologi, vil det bremse veksten i sektoren relativt mye. Dersom standarden i helse- og omsorgssektoren holdes på dagens nivå, vil det bremse, men ikke stoppe, veksten i personellbehovet.»

## Scenarier 2040

Infografikken er basert på tall og scenarier om behov for helsepersonell i rapporten *Helse-Norge 2040*, utarbeidet av *Samfunnsøkonomisk analyse* i 2018, på oppdrag fra *Helsedirektoratet*. NITO Bioingeniørfaglig institutt har i teksten i avsnitt 4.2 satt inn våre kunnskaper og oppfatninger om hvordan ulike utviklingstrendene ved medisinske laboratorier vil utarte seg i de fire scenarioene for bioingeniører.

Den lodrette akse peker på i hvilken grad arbeidsbesparende og teknologiske løsninger tas i bruk.



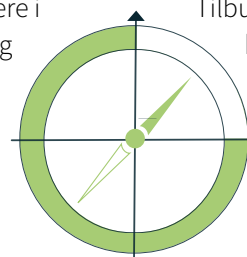
## 4.2 Framtidsscenarioer – HelseNorge 2040

I et scenarioprojekt fra 2018, *HelseNorge 2040*<sup>25</sup>, utført av rådgivningsfirmaet *Samfunnsøkonomisk analyse* på oppdrag fra *Helsedirektoratet*, beskrives framtidens behov for helsepersonell. I arbeidet ble framskrivningene og oversikter over sys-selsatte fra SSB brukt som utgangspunkt. Det ble brukt en scenariometodikk for å analysere framtidige usikkerheter på en strukturert måte. Endringskrefter som påvirker etterspørsel etter helsepersonell, ble satt opp mot to usikkerhetsakser – usikkerheten knyttet til **det offentliges bruk av arbeidsbesparende og velferdsfremmende teknologiske løsninger** – og usikkerheten knyttet til **offentlig prioritering av helse- og omsorgssektoren**. Der de to usikkerhetsaksene krysses dannes det fire scenarioer som ble kalt **konkurransedyktig velferd, effektivitetssamfunnet, trygghet framfor alt og livsstil på eget ansvar**.

Infografikken på side 53 er basert på tall og scenarioer fra i rapporten. NITO BFI har i de følgende avsnitt satt inn våre kunnskaper og oppfatninger om hvordan ulike utviklingstrendene ved medisinske laboratorier vil kunne utarte det seg i de fire ulike scenarioene.

### «Konkurransedyktig velferd»

I dette scenarioet vil Norge være i verdenstoppen for utvikling og implementering av helse-teknologi gjennom statlig satsing på teknologi og helse. Velferdsteknologi og medisinsk teknologi vil i denne modellen være



eksportvare. Det vil være få og store sykehus, men fortsatt en stor offentlig sektor med mange ansatte.

### Slik kan det gå med bioingeniørene og laboratoriene i dette scenarioet:

- Det vil være stor etterspørsel etter teknisk og analytisk kompetanse i helsevesenet.
- Analyseprosesser vil være sømløse og alle ledd i produksjonen av prøvesvar blir industrialisert.
- Et paradigmeskifte har skjedd ved bruk av ny teknologi ved laboratoriene.
- IKT og infrastrukturen knyttet til forsendelse og håndtering av prøver og persondata vil være godt integrert i laboratoriehverdagen.
- Analyser vil ha høy grad av presisjon, ofte ned på molekylært nivå, og både diagnostikk og behandling av pasienter blir persontilpasset.
- Digitalisering og kunstig intelligens vil forenkle prosesser.
- Håndholdte analyseinstrumenter brukes nær pasienten og bioingeniørene veileder brukere.
- Bioingeniører vil inngå i tverrfaglige team som diagnostiske samarbeidspartnere.
- Det vil stilles høye krav til kompetanse.

Tilbudet av relevante masteremner for

bioingeniører er godt og mange bioingeniører har mastergrad.

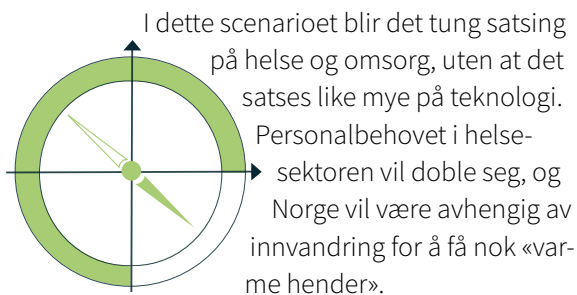
- Det blir flere yrkesgrupper i laboratoriemiljøet med ulik teknologisk kompetanse.

Dersom dette scenarioet blir realitet, spår rapporten *Helse-Nor-*

ge 2040 en firedobling av behovet for bioingeniører, fra 7000 sysselsatte bioingeniører i 2018 til 29 000 sysselsatte bioingeniører i 2040. For å kunne realisere dette behovet for bioingeniører, må hver av landets åtte bioingeniørutdanninger utdanne 153 ekstra bioingeniører fra 2021 og hvert år fram til 2040, i tillegg til de studentene de allerede utdanner.

Rapporten beskriver at økt produksjon av teknologiske løsninger vil øke etterspørselen etter både den tekniske og analytiske kompetansen til bioingeniører, provisorfarmasøyer og protese- og tannteknikere. Bioingeniørene vil i særlig grad arbeide med implementering av tekniske løsninger, men også utvikling av utstyr til diagnostisering og medisiner, skriver *Samfunnsøkonomisk analyse* i sin rapport.

#### «Trygghet framfor alt»



#### Slik kan det gå med bioingeniørene og laboratoriene i dette scenarioet:

- Bruk av laboratorieanalyser fortsetter å øke, og presset på laboratoriene blir vedvarende stort.
- Det kan bli satset på analyseinstrumenter som håndterer store volum, framfor å få utviklet nye metoder.
- Teknologiutviklingen går sakte og persontilpasset diagnostikk og behandling vil være forbeholdt små pasientgrupper.
- Det blir lite digitalisering og bruk av kunstig intelligens.

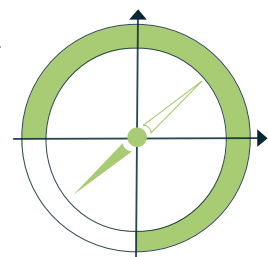
- Pasientnære analyser vil bli utbredt, men det vil være sparsomt med ressurser på laboratoriene til å sikre kvaliteten på apparater og drive opplæring av pasienter og helsepersonell.
- Bioingeniørene gjør alle oppgaver på laboratoriet, fra de enkle til de mer spesialiserte oppgavene. Kompetanseutvikling prioriteres ikke i stor grad, men det vil trolig være høyere kapasitet på utdanningene.

Dersom dette scenarioet blir en realitet, spår rapporten *Helse-Norge 2040* nesten en dobling av behovet for bioingeniører – fra 7000 i 2018 til 13 000 bioingeniører i 2040. Her ser rapporten for seg at det vil være mindre bruk for bioingeniører enn i de to teknologitunge scenarioene.

For å kunne realisere dette behovet må hver av landets åtte bioingeniørutdanninger utdanne 42 ekstra bioingeniører hvert år fram til 2040, i tillegg til de studentene de allerede utdanner.

#### «Livsstil på eget ansvar»

Staten vil i dette scenarioet prioritere helse- og omsorgssektoren lavere enn i de to foregående scenarioene, og økende sosiale ulikheter og oppblomstring av private tilbud vil kunne bli en konsekvens. Private helse- og omsorgstjenester vil kunne effektivisere driften ved hjelp av teknologi, men det offentlige klarer ikke å følge etter i like stor grad.



#### Slik kan det gå med bioingeniørene og laboratoriene i dette scenarioet:

- For å spare kostnader vil bruken av diagnostiske tester i helsevesenet måtte reduseres.
- Utstyr for egenmåling og selvtesting

- kan bli utbredt, og bioingeniørene vil kunne veilede brukerne.
- Det vil gjøres flere analyser med tanke på å forebygge sykdom.
  - Det kan bli større forskjell på teknologiutviklingen i offentlige sykehus og private laboratorier, og mer av den tradisjonelle laboratoriediagnostikken ved offentlige sykehus kan måtte kjøpes inn fra private aktører.
  - Flere bioingeniører vil jobbe i private sykehus og laboratorier.

Dersom dette scenarioet blir realitet, spår rapporten *Helse-Norge 2040* godt over dobling av behovet for bioingeniører – fra 7000 i 2018 til 18 000 bioingeniører i 2040. For å kunne realisere dette behovet må hver av landets åtte bioingeniørutdanninger utdanne 83 ekstra bioingeniører hvert år fram til 2040, i tillegg til de studentene de allerede utdanner.

#### «Effektivitetssamfunnet»

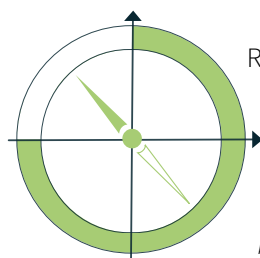
I dette scenarioet ser man for seg at mange bor i storbyer og at utdanningsnivået vil være svært høyt. Både privat og offentlig sektor vil bruke mange ressurser på arbeidssparende teknologi. Helse- og omsorgssektoren vil greie seg med betydelig færre ansatte enn i de to første scenarioene. Samfunnets høye kompetansekrav gjør at man har fått en betydelig underklasse som står utenfor arbeidslivet.

#### Slik går det med bioingeniørene og laboratoriene i dette scenarioet:

- For å spare kostnader vil bruken av diagnostiske tester i helsevesenet måtte reduseres.
- Analyseprosesser vil være sømløse og mer robotiserte.

- Utstyr for egenmåling og selvtesting blir utbredt, og bioingeniørene veileder brukerne.
- Det er stor forskjell på teknologiutviklingen i offentlige sykehus og private laboratorier. Mer av den tradisjonelle laboratoriediagnostikken vil trolig privatiseres.
- Bioingeniører skilles i to grupper med ulike krav til kompetanse. De som arbeider som «tekniske operatører» i store produksjonsenheter, og de som er med å utvikle og spesialisere laboratorietjenester.

Dersom dette scenarioet blir realitet, spår rapporten *Helse-Norge 2040* mer enn dobling av behovet for bioingeniører – fra 7000 i 2018 til 16 000 bioingeniører i 2040. For å kunne realisere dette behovet, må hver av landets åtte bioingeniørutdanninger fra 2022 utdanne 62 ekstra bioingeniører hvert år fram til 2040, i tillegg til de studentene de allerede utdanner.



Rapporten påpeker at det i de to scenarioene med store ressurser satt av til teknologi, vil være et økt behov for bioingeniører «da de i større grad vil benyttes i spesialisert analysearbeid knyttet til fysiske prøver, som blod- og vevsprøver, og brukerveiledning knyttet til selvdagnostiseringsverktøy. Endringene i yrkenes arbeidsoppgaver vil også skje i Effektivitetssamfunnet, men i noe mindre grad da teknologiske løsninger vil kreve en høyere faglig kompetanse på flere områder.»





### 4.3 Hva driver etterspørselen etter bioingeniører?

Aktiviteten innen medisinske støttefunksjoner, som laborietjenester og bilde-diagnostikk, har hatt en sterk økning over flere år. Laboratoriesvar er en viktig del av beslutningsstøtten på sykehus uansett om pasienten skal behandles ved sykehuset eller følges opp i hjemkommunen. Aktivitetsnivået ved laboratoriene øker mer enn de kliniske områdene, fordi laboratoriene også får oppgaver fra primærhelsetjenesten. Diagnostikken er kompleks og mulighetene blir stadig flere, og det gjøres flere analyser per pasient og flere analyser per prøve.

I dette avsnittet skal vi utforske hva som vil være drivere for aktivitet i årene som kommer. Det er viktig å ta høyde for aktivitetsøkningen når vi skal identifisere behovet for helsepersonell fram mot 2040, noe som blant annet er en begrensning i nasjonal bemanningsmodell.

#### En eldre befolkning

Fram mot 2030 øker antallet eldre over 70 år i Norge med om lag 250 000 personer (40 prosent av befolkningen). Deretter stiger både antall og andel eldre jevnt fram mot 2040. Distriktskommuner har i dag en eldre befolkning enn resten av landet og antallet personer over 80 år i distriktene forventes å nesten doble seg. I følge rapporten *HelseNorge 2040* er veksten i antall 80-åringer nesten like stor som framskrevet nedgang i antall personer i yrkesaktiv alder. Den sterke veksten skyldes først og fremst at store fødselskull fra etterkrigstiden nå er på vei inn i alderdommen.

Levealderen har aldri vært høyere. Forventet levealder var i 2020 84,9 år for kvinner og 81,5 år for menn i følge NOU 2020-15<sup>31</sup>. Den nevner også at medisinske framskritt vil forlenge livet

**Diagnostikken er kompleks og mulighetene blir stadig flere, og det gjøres flere analyser per pasient og flere analyser per prøve**





## Teknologisk utvikling er en av de viktigste drivkreftene for økt aktivitet ved medisinske laboratorier

for kronisk syke. Levealderen blir høyere og andelen syke og pleietrengende øker. Framskrivninger viser at flere eldre fører til økt behov for helse- og omsorgstjenester og dermed økt behov for diagnostikk og bioingeniører på laboratoriene.

### Mer sammensatte lidelser og flere kreftdiagnoser

Det er ikke bare eldre som har et behov for helsetjenester. Det har vært en stadig økning i antall personer under 67 år med komplekse diagnoser. Dette kan blant annet ses i sammenheng med økt grad av overlevelse blant personer med ulike funksjonshemninger, men også flere pasienter som lever med kreft, hjerte- og karsykdom og kroniske lidelser<sup>31</sup>. I framtiden vil det derfor bli et økende behov for å forstå og avdekke nye immunologiske, biokjemiske, genetiske og molekylære prosesser i kroppen som følge av mer sammensatte sykdomsbilder. Trenden er at det legges til analyser innenfor alle laboratoriespesialiteter og få trekkes fra.

Kreftregisteret har anslått at antall krefttilfeller i Norge vil øke med 42 prosent for menn og 27 prosent for kvinner fram mot 2030. Økningen i antall krefttilfeller skyldes primært at befolkningen vokser og at andelen eldre øker. Behovet for diagnostikk vil øke proporsjonalt med antall krefttilfeller. I tillegg er det et klart mål om å heve kvaliteten på kreftdiagnostikk med et stadig økende antall molekylære målrettede terapier. Presisjonsmedisin er på rask vei inn i patologifeltet og i klinisk praksis, se avsnitt om presisjonsmedisin neste side.

### Teknologisk utvikling

Både legemiddelindustrien og medisinsk tekniske firma er forskningsintensive, og er som all annen industri styrt av tilbud og etterspørsel. Bioingeniørene er sentrale i implementeringen av teknologi på sykehus. Sammen med industrien og universitetslaboratoriene skaper de medisinske laboratoriene stadig nye metoder og analyserepertoaret utvides og nyanseres.

Den betydelige volumøkningen av prøver innenfor alle laboratoriespesialiteter krever sømløse systemer. Automatisasjon gjør at laboratoriet er i stand til å industrialisere flere ledd i produksjonsprosessen og dermed ta langt større prøvevolum enn tidligere. Men automatiske analyseinstrumenter frigjør i mindre grad enn man skulle tro bioingeniørressurser, fordi instrumentene krever kontinuerlig tilsyn og vedlikehold. Analysene blir også mer tilgjengelig for rekvirentene og det blir rekvirert flere prøver.

Verden har de siste 20 årene opplevd en revolusjonerende utvikling innen IKT og kunstig intelligens, noe som gjør at arbeidsprosesser i de medisinske laboratoriene endres. Digitalisering av analysepreparater som for eksempel blodutstryk, bakterieskåler, histologi- og cellepreparater, gjør det mulig å oppbevare, analysere og tolke preparatene på nye måter. Legger man til kunstig intelligens og bildegjenkjenning kan man eliminere mange menneskelige feil i tolkningen av preparater og denne type diagnostikk kan gjøres sikrere og raskere.

I tusener av år har man beskrevet



Foto: Shutterstock

## Et viktig premiss for implementering av presisjonsmedisin er bioingeniørenes teknologiskompetanse

kroppen i millimeterskala, i 150 år i mikrometerskala og i 50 år i nanometerskala. Framskrittene innen nano- og mikroteknologi, materialteknologi, bioteknologi og molekylærbiologi gir store muligheter innenfor laboratoriediagnostikken. Medisinsk nanoteknologi vil introdusere et nytt lag av kontroll sammenlignet med eksisterende metoder, blant annet innenfor pasientnære analysemetoder.

Teknologisk utvikling er en av de viktigste drivkreftene for økt aktivitet ved medisinske laboratorier.

### Presisjonsmedisin

Mye av dagens diagnostikk går ut på å undersøke celler, måle egenskaper eller undersøke biokjemiske stoffer som gir indikasjon på sykdom. Teknologien gir oss i dag muligheter til enda høyere presisjon i både diagnostikk og behandling, slik at vi i større grad kan påvise årsaken direkte. DNA-sekvensering skaffer enorme mengder detaljert informasjon om pasientens gener eller genetisk informasjon fra virus, bakterier eller kreftceller

som pasienten er rammet av.

Innenfor patologi ser vi et paradigmeskifte hvor diagnostikken går fra anatomisk til molekylær tilnærming. I tillegg til makroskopisk og mikroskopisk undersøkelse av tumoren undersøkes nå gener og genuttrykk. Det gjør at man i større grad kan gi behandling tilpasset biologien til hver enkelt pasient, såkalt persontilpasset medisin.

Molekylærbiologiske undersøkelser, for eksempel sekvensering, krever inngående molekylærpatologisk kompetanse for å kunne skille normale genvarianter fra sykdomsgen og kunnskap om hva som regulerer genuttrykk. Slike undersøkelser genererer store mengder biologiske data, og behandlingen og tolkingen av disse er en svært ressurskrevende prosess.

Et viktig premiss for implementering av persontilpasset medisin er bioingeniørers teknologiskompetanse, både innenfor genteknologiske metoder, bioinformatikk, IKT og kunstig intelligens.

Nye muligheter for presisjonsdiag-



## Skal bidra med å heve kvaliteten på kreftdiagnostikk

I januar 2021 ble seksjon for kreftgenomikk opprettet som en egen enhet i Laboratorieklinikken i Helse Bergen. Målet er at aktiviteten ved denne seksjonen skal gi økt kvalitet på diagnostisering og dermed også behandling av kreftpasienter.

Den nyopprettede seksjonen er en sammenslåing av virksomhet som tidligere var spredt på flere avdelinger, blant annet patologi, medisinsk genetikk, medisinsk biokjemi og farmakologi.

Samling av virksomheten innenfor samme fagfelt gir bredere kompetanse, mer robust bemanning og et bedre grunnlag for å bygge for framtida innen et fagfelt det er økende behov for.

Seksjon for kreftgenomikk i Laboratorieklinikken skal utføre molekylære tester av kreftpasienter som muliggjør presisjonsdiagnostikk. En nasjonal satsing på infrastruktur, hvor universitetssykehusene samarbeider tett, vil gjøre at man raskere kunne etablere et godt tilbud innen presisjonsdiagnostikk.

Arbeidsgruppen er satt sammen av 24 dedikerte

molekylærbiologer, bioingeniører og leger.

Med et stadig økende antall molekylært målrettede terapier, kombinert med store framskritt i genomisk testing, bioinformatikk og nye teknikker for prøvetaking, er presisjonsmedisin nå på rask vei inn i klinisk praksis. Seksjon for kreftgenomikk vil ha en sentral rolle for å styrke presisjonsdiagnostikken ved Haukeland universitetssjukehus.

På seksjonen er målet å bygge framtidens presisjonsdiagnostikk. Haukeland universitetssjukehus skal levere rutinediagnostikk på høyt nivå og bidra i kliniske studier og forskning. Kreftpasienter vil med dette kunne få et bedre diagnostisk tilbud.

Seksjon for kreftgenomikk vil undersøke mutasjonene i pasienters kreftceller, og sammen med Avdeling for patologi og et nasjonalt ekspertpanel vurdere om mutasjonene kan være et mål for behandling. Disse resultatene vil danne grunnlaget for inklusjon i den nye nasjonale kliniske studien innen presisjonsmedisin (IMPRESS).

## Pasientnære analyser tvinges fram av behovet for raske svar og pasientens forventning om enklere håndtering av egen sykdom



nostikk kan man også oppnå innenfor andre laboratoriedisipliner enn patologi. For eksempel i tilfeller hvor man innen medisinsk biokjemi ser etter atypiske celler, forhøyet blodsukker eller proteiner i urin, vil man ved hjelp av undersøkelser ned på molekylært nivå kunne få presise opplysninger om årsaken til de biologiske funnene. Ved å se på hele eller deler av pasientens genmateriale kan man også forutsi effekt av medikamentbehandling (farmakogenetikk) eller risiko og utfall av en genetisk sykdom (medisinsk genetikk).

Grunnforståelsen innen helse og human biologi er essensiell for å bruke teknologien til det beste for pasienten. Bioingeniører er med sin grunnutdanning innenfor både teknologi og helse viktige premissleverandører i implementeringen av flere molekylære metoder og presisjonsmedisin.

### Diagnostikk nærmere pasienten

Utviklingen av laboratorietjenester er i ferd med å dreie fra spesialisthelsetjenesten til kommunehelsetjenesten – og fra institusjonell behandling til at pasientene overvåker egen sykdom. Mange utredninger og behandlinger kan utføres nærmere pasienten. På sykehuset flyttes hasteanalyser til ambulanser og akuttmottak og mer avansert laboratoriediagnostikk tas i bruk på små sykehus, lokalmedisinske sentre, legevakt og legekantor.

Utviklingen skjer som følge av flere faktorer. Presset på spesialisthelsetjeneste gjør at behandlingstiden på sykehus blir kortere og mye av oppfølgin-

gen overtas av kommunehelsetjenesten. Teknologien gir i tillegg verktøy som gjør at vi kan undersøke langt flere parametre ved hjelp av små analyseinstrumenter og strimmeltester. Koronapandemien har hatt en akselererende effekt på muligheten for selvtesting og utviklingen av pasientnære analyser (PNA) for virus og smittsomme agens. Pasientnære analyser tvinges fram av behovet for smittevern, men også fordi pasientene krever enklere håndtering og oppfølging av egen sykdom. I dag bruker sårbare pasientgrupper unødvendig mye tid på reise til og fra sykehus for rutinemessige prøver og undersøkelser.

Analyserepertoaret innenfor PNA på sykehus er ikke lenger begrenset til hemoglobin, glukose, blodgasser og urinstrimmel. Det er nå vanlig å gjøre koagulasjonsanalyser, hjertemarkører, infeksjonsanalyser, rusmiddeltester og mikrobiologiske analyser. Det er heller ikke uvanlig at det finnes flere ulike PNA-instrument for samme analytt innenfor ett sykehus. Årsaken kan være at målemetoden må være tilpasset for en spesiell pasientgruppe, eller fordi testen må kunne benyttes i et spesielt miljø,



Foto: Getty Images



Foto: Getty Images

som for eksempel i et helikopter eller i en kuvøse. Ved de fleste sykehus i Norge har laboratoriene og bioingeniører det koordinerende ansvaret for alle PNA-instrumenter ved sykehuset. De deltar i anskaffelser av instrumentene, validerer dem for bruk, utarbeider prosedyrer, kvalitetssikrer apparatene, gjør vedlikehold og, ikke minst, lærer opp og veileder helsepersonell som skal bruke instrumentene.

Med økende laboratorieaktivitet i kommunehelsetjenesten forventes også et langt større behov for bioingeniører på legevakt, lokalmedisinske sentre og legekontor med avansert laboratoriedrift. Pasientene skal oppleve sammenhengende tjenester på tvers av sektorer og bør kunne forvente de samme krav til medisinsk laboratoriedrift i og utenfor sykehus. Selv om PNA-instrumenter stadig får et enklere brukergrensesnitt, kreves det likevel håndtering av kvalifisert personell. Rett håndtering av prøvene i forkant av analysing er ofte avgjørende for et riktig resultat. I tillegg er det nødvendig med kvalifisert personell som kan sørge for kalibrering og vedlikehold av instrumentene. I dag gjøres ofte disse analysene av personell uten tilstrekkelig opplæring eller fagkompetanse, noe som kan gå på bekostning av pasientsikkerheten.

Bioingeniørene er sentrale aktører i samhandlingen mellom kommunene og helseforetakene fordi de kjenner arbeidsgangen i helseforetakene. De kan også koordinere pasientforløp gjennom å sørge for rask utredning av pasienten ved at riktig analyse utføres til riktig tid og med riktig resultat. Bedre samhandling mellom tjenestene vil gi en bedre og tryggere hverdag for mange pasienter.

#### **Utbrudd av infeksjonssykdommer**

Covid-19-pandemien er den alvorligste medisinske krisen Norge har opplevd siden andre verdenskrig. I løpet av kort tid så helsemyndighetene og befolkningen behovet for å utvikle, kvalitetssikre og ta i bruk nye diagnostiske tester, analyser og vaksiner for å begrense smitte, øke kunnskap om virusets egenskaper og gjøre mulig eksperimentell medisinsk behandling.

Bioingeniørene i sykehuslaboratoriene er ansvarlig for analysing av alle typer prøvemateriale ved en pandemi. I tillegg til å påvise og karakterisere viruset i det aktuelle prøvematerialet, undersøker bioingeniører blodprøver og andre kroppsvæsker for en rekke faktorer som er nødvendig for å følge opp pasienten, for eksempel parametere knyttet til pasientens væskestatus, respirasjonssta-

## Uten effektiv testing og smitteoppsporing vil det ikke være mulig å begrense utbrudd av smittsomme sykdommer



tus og nyrefunksjon. Dette er nødvendig for å sikre riktig diagnose og tilfredsstillende behandling. Det er også bioingeniøren som undersøker eventuell utvikling av immunitet ved å påvise antistoffer i pasientenes blod.

Allerede før utbruddet av covid-19 var det dokumentert mangel på bioingeniører i Norge, og underveis i pandemien ble situasjonen kritisk for laboratoriene. Pandemien og smitteverntiltakene som ble iverksatt fikk store konsekvenser for alle deler av samfunnet. Uten effektiv testing og smitteoppsporing vil det ikke være mulig å begrense utbrudd av alvorlige smittsomme sykdommer og både kostnader og konsekvenser blir betydelige. En rekke epidemier med ulik alvorlighetsgrad og omfang har inntruffet de siste tiårene. God beredskap innebærer tilgang på kompetent personell. Mindre yrkesgrupper, som bioingeniører, har virksomhetskritiske funksjoner, men blir ofte oversett. Nok bioingeniører vil være en avgjørende del av Norges beredskap i nye utbruddssituasjoner.

### Antibiotikaresistens – den stille pandemien

Antibiotikaresistens er en global trussel mot folkehelsen. Resistens innebærer at bakterier overlever og kan formere seg selv om de utsettes for antibiotika. Det fører til at bakterieinfeksjoner som i dag anses som ufarlige, kan bli svært vanskelige å behandle. Samtidig som verden forsøkte å få kontroll over Covid-19-pandemien, tok resistente bakterier i det

stille livet av minst 700 000 mennesker årlig, ifølge WHO.

I 2050 kan tallet være ti millioner, eller ett menneskeliv hvert tredje sekund. I kampen mot resistens er det to hovedstrategier: Begrense unødvendig bruk av antibiotika og hindre spredning av resistente mikrober. Bioingeniørene har en sentral rolle i begge.

For å begrense unødvendig eller feil bruk av antibiotika i behandlingen er det viktig at laboratoriene produserer raske og korrekte mikrobiologiske prøvesvar som legene kan bruke som grunnlag for riktig antibiotikabehandling. Da er det avgjørende at vi i framtida har nok bioingeniører med oppdatert kunnskap om metodene som benyttes for påvisning av antibiotikaresistens og identifisering av resistensmekanismer, for raskt å kunne stoppe spredning av disse bakteriene og forhindre utbrudd av resistente bakterier.

I tillegg til at bioingeniører bidrar i det daglige arbeidet med å kartlegge og begrense resistente bakterier, benyttes deres kompetanse inn i flere nasjonale referanselaboratorier og arbeidsgrupper som har oppgaver innen diagnostikk, behandling, overvåking og forebygging.

### Screening og masseundersøkelser

Tidlig behandling redder liv. Screening er systematisk undersøkelse av friske mennesker for å oppdage sykdom eller forstadier før symptomer melder seg. I flere nasjonale screeningprogram er bioingeniørene og laboratoriene premissleverandører, og gjennomføring

vil påvirkes av bioingeniørmangel. Livmorhalsprogrammet og tarmscreeningprogrammet er to etablerte screeningprogram som i stor grad er tuftet på laboratorietjenester. Det planlegges ytterligere screeningprogram for å avdekke tidlige stadier av lungekreft og prostatakreft.

Siden 2012 har Kreftregisteret i et pilotprosjekt tilbudt et utvalg kvinner og menn i Viken screening mot tarmkreft. I 2020 ble det bevilget penger slik at screeningprogram for tarmkreft skal tilbys alle norske 55-åringene. I oppstarten skal screeningen gjøres ved hjelp av en im-

munologisk test for blod i avføring, iFOBT (immunologisk fekal okkult blodtest).

Utrulling av tarmscreening er også et godt eksempel på hvordan styrket fokus på en problemstilling påvirker flere deler av helsetjenesten. For hva med de som ikke er 55 år og kunne tenke seg å avdekke tarmkreft tidlig? Allerede før utrulling av screeningprogrammet økte etterspørselen fra pasienter, fastleger og spesialister etter iFOBT og tilsvarende tester både i og utenfor sykehus.

## Norge i verdenstoppen i antall tarmkrefttilfeller

Tarmkreft er den nest hyppigste kreftformen i Norge. I løpet av de siste 60 årene har forekomsten av tarmkreft tredoblet seg uten at årsaken til dette er kjent.

Dette er årsaken til at *Helsedirektoratet* innfører et nasjonalt screeningprogram mot tarmkreft fra 2022. Screening er masseundersøkelse av personer som i utgangspunktet er friske, med et mål om å oppdage kreft tidlig.

Screening mot tarmkreft skal tilbys menn og kvinner det året de fyller 55 år. De første invitasjonene forventes å bli sendt ut i 2022. I starten vil deltagerne i screeningprogrammet få tilbud om å sende inn avføringsprøver (iFOBT-screening) som testes for blod.

Dette er en immunologisk metode som kan utføres på vanlige analyseinstrument. Prøvene skal i første omgang analyseres på *avdeling for tverrfaglig laboratoriemedisin og medisinsk biokjemi* ved *Akershus Universitetssykehus*.

Etter hvert som koloskopikapasiteten utvides på de ulike helseforetakene, vil man gradvis gå over til å tilby kikkertundersøkelse av hele tykktarmen

(koloskopi) som primær screeningmetode. Alle de 19 helseforetakene skal kunne ta imot deltakere i screeningprogrammet.

iFOBT-screening gjentas annet hvert år over en ti-års periode, mens koloskopi utføres én gang. Det er foreslått at screeningprogrammet skal ruller ut nasjonalt i løpet av fem år.

Når screeningprogrammet er ordentlig i gang, skal alle 55-åringene i Norge inviteres inn. Ett årskull omfatter rundt 75 000 personer, og hvis 75 prosent av dem sender inn avføringsprøver, vil det utgjøre om lag 56 000 prøver. Som følge av screeningprogrammet regner man med cirka 25 prosent reduksjon i død av tarmkreft. Screening gir mulighet til å oppdage og fjerne eventuelle polypper som ellers kunne ha utviklet seg til kreft. Screening reduserer dermed forekomsten av tarmkreft.

Studier viser at screening også reduserer dødeligheten av tarmkreft. Dette er beregnet til mellom 75 og 300 liv i året.





#### 4.4 Smartere bruk av bioingeniører

Ny teknologi og effektive arbeidsmetoder skal gjøre sykehusdrift mulig i framtiden. Likevel går bioingeniørenes kompetanse ofte under radaren når nasjonale sykehusplaner diskuteres. Kombinasjonen av laboratoriekompetanse, teknologi- og systemforståelse, samt erfaring med pasientkontakt gjør bioingeniøren helt unik innenfor flere helseteknologiske miljøer. Bioingeniørene er stadig mer ettertraktet i privat helsenæring, teknologibedrifter og næringsmiddelvirksomhet. I dette avsnittet skal vi se på hvordan bioingeniørkompetanse kan brukes smartere. Bioingeniørene kan styrke det tverrprofesjonelle teamet.

##### Diagnostisk samarbeidspartner

Analyserepertoaret som tilbys i de medisinske laboratoriene er omfattende og spesialisert, og bioingeniørens rolle som informasjonsformidler og samarbeidspartner blir mer sentral. Bioingeniøren kan styrke det tverrprofesjonelle teamet rundt pasienten som diagnostisk samarbeidspartner. Riktig prøve til rett tid handler om å rekvirere riktig analyse, korrekt innhenting av biologisk materiale og korrekt transport av prøven til laboratoriet. I tillegg vil kunnskap om utbredelse, biologisk variasjon, analytisk variasjon og bruk av referanseområder være nødvendig for at rekvirenten skal kunne trekke riktig konklusjon om hva analysesvaret sier om pasientens tilstand.

Ved sykehus hvor bioingeniører er inkludert i tverrfaglige team gir det positive resultater. Rekvirering av unødven-

dige analyser reduseres, prøver blir tatt med riktig prøvetakingsutstyr og hjelp til tolkning av funn sikrer pasienten rett behandling så raskt som mulig.

##### Veiledning av pasienter og helsepersonell

Pasienter blir stadig mer involvert i avgjørelsene og oppfølgingen av egen sykdom. Vi har i tidligere avsnitt sett at flere laboratorieundersøkelser utføres hjemme av pasienter med kroniske lidelser (som for eksempel diabetikere) eller av enkeltpersoner, som en screening på egen helse.

Helsepersonell både i sykehus og i primærhelsetjenesten tar i økende grad i bruk nye, enkle måleinstrumenter nær pasienten. Dette er i tråd med den generelle utviklingen innen helsetjenesten og behovet for raske avklaringer knyttet til pasientens tilstand. Generelt øker pasientnære analyser og selvtesting som et supplement til sentraliserte laboratorieanalyser, ikke som en erstatning.

Helsepersonell i primærhelsetjenesten har ofte lite detaljkunnskaper om laboratoriearbeid. Uavhengig av om undersøkelser utføres i laboratoriet eller ved pasienten, er det helsepersonellets ansvar at undersøkelsene er korrekt utført og sikrer forsvarlig diagnostikk og behandling. Helsepersonell trenger råd og veiledning til å velge utstyr til testing og helseapper som er sikre, pålitelige og har høy presisjon. Denne kompetansen innehar bioingeniørene.

## Diagnostisk samarbeidspartner

I rollen som diagnostisk samarbeidspartner vil kunnskap om pasienten, preanalyse og prøvetaking utveksles mellom aktørene rundt pasienten. Ved *Sykehuset Innlandet* er en bioingeniør ansatt som diagnostisk samarbeidspartner (DSP). Bioingeniøren deltar i samarbeidsmøter med klinikkene der blodbank, elektive pasienter, hurtigtester for Covid-19, informasjon om laboratoriet, rutiner og tilbakemeldinger blir utvekslet begge veier. DSP gir fortløpende opplæring og informasjon til alle nye sykepleiere i akutt-mottak om rutiner ved laboratoriet. Bioingeniøren deltar også i lokalt traumeteam og hjerneslaggruppe. Bruk av bioingeniøren som diagnostisk samarbeidspartner har gitt resultater i form av trygghet hos personalet og økonomisk gevinst for sykehuset.



Illustrasjonsfoto: Getty Images



Vi på kirurgen har hatt et meget godt samarbeid med DSP, særlig innenfor traumatologi hvor vi har hatt et stort behov for avklaring på blodprodukter, og lagerkapasitet samt forbruksvaner for kirurger.

Avd. leder kirurgisk avd.

### Et eksempel på samarbeidsprosjekt

er testing av laktat prehospitalt. Det er viktig med tidlig avklaring ved mistanke om sepsis. På bestilling fra *Divisjon for prehospitaltjenester* ble et apparat for kapillær prøvetaking testet. Dette kunne ikke DSP godkjenne. Et nytt apparat fra en annen leverandør ble verifisert – da for venøse prøver, tatt direkte fra venekater. Planen var at metoden skal tas i bruk i ambulanser ved *Sykehuset Innlandet*. I første omgang skal 70 ambulansesarbeidere læres opp. DSP har hatt flere samarbeidsmøter med prehospitaltjenester underveis i prosjektet.

#### **Viktig bindeledd:**

Ved å bruke bioingeniører som diagnostiske samarbeidspartnere blir kunnskap om preanalytiske faktorer, rutiner og prosedyrer gjort tilgjengelig blant helsepersonell rundt pasienten. Rekvirering av tester blir gjort mer hensiktsmessig og prioritering av hvilke blodprøver som skal tas, blir gjort i samråd. Slik kontakt er et viktig bindeledd mellom sengepostene og laboratoriet. Avdelingene gir tilbakemelding om at det er svært viktig å ha et slik bindeledd for å ivareta kvalitet og pasientsikkerhet. Legeforeningens kampanje «gjør kloke valg» er et tilsvarende tiltak for å redusere overbruk.

### Forvaltning av biobanker

En biobank inneholder samlinger av biologisk materiale med tilhørende databaser som er systematisert slik at den kan brukes i forskning, helseundersøkelser, rettsmedisinske- og/eller rutinemessige undersøkelser. Norske biobanker har høy kvalitet og har stor verdi for mange forskere, og ikke bare for norske forskningsmiljøer. Biobankarbeid krever innsikt i hvilke faktorer som kan påvirke prøvematerialet både under prøvetaking, transport, oppbevaring og analyse. Forvaltning krever systematikk, teknologiforståelse og kunnskap om kvalitetssikring. Bioingeniører har derfor en viktig rolle i forvaltningen av biobanker både på sykehusene og i private institusjoner.

### Oppgaveglidning

På grunn av mangel på leger med spesialisering innen patologi bruker enkelte laboratorier bioingeniører til makrobeskjæring av preparater, en

oppgave som tidligere var forbeholdt patologer. Bioingeniørene beskjærer preparater som hud, galleblære, cervix, appendiks, lipom, prostata og uterus før de skal farges eller tolkes i mikroskop. I et prosjekt utført ved *St. Olavs hospital* ble like mengder preparater forbehandlet av leger i spesialisering og bioingeniører og det var ingen signifikant forskjell på kvaliteten og gjennomføringen. Denne typen oppgaveglidning vil vi kunne se mer av framover. NITO Bioingeniørfaglig institutt har tildelt stipend fra sitt studiefond for å få på plass to masteremner i patologi/ biomedisin ved *Fakultet for helsevitenskap ved OsloMet*. Masteremnene skal etter planen starte opp høsten 2022.

### Bioingeniører i forskning

Forskning er en prosess som gjennom systematisk arbeid gir ny kunnskap og økt forståelse av ulike problemstillinger. Teamarbeid er viktig for at forskningsprosjekter skal lykkes, der prosjektdeltaker-



ne har ferdigheter som utfyller hverandre på veien mot målet. Bioingeniøren er en viktig bidragsyter i mange ulike typer forskningsprosjekter, som epidemiologiske, kliniske, eksperimentelle og translasjonsstudier. I tillegg har mange kompetanse til å initiere og lede ulike forskningsprosjekter. I mange studier vil det være svært nyttig, og ofte helt nødvendig, å ha en bioingeniør som en del av forskerteamet.

Gjennom nøyaktig og systematisk arbeid sørger bioingeniøren for at alle

betingelser knyttet til laboratorieresultater blir ivaretatt både før, under og etter analyse. Feil, for eksempel når det gjelder prøvetaking, kan gi store konsekvenser for forskningsresultatene. De fleste feil skjer under prøvetakingen og prøvebehandlingen før analyse, men en bioingeniør i forskerteamet kan sørge for at resultatene er til å stole på. Bioingeniøren har i tillegg kompetanse i valg av biologisk materiale og oppbevaring i biobank samt utvikling av nye celle- og molekylærbiologiske metoder.



Illustrasjonsfoto: Bjarne Krogstad/NITO