

# GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologirådet // 4-2023 // 32. årgang

småGENialt

Hvordan finne  
oppskriften på  
akkurat meg?

SIDE 18

Fosterdiagnostikk

## *kan påvirke abortvurderingar*

s. 4

Nye trusler følger  
*bioteknologisk  
fremgang* s. 12

Når matplanter  
*må tilpasses  
nytt klima* s. 15

Leiar: Fosterdiagnostikk og abortgrensen .....	3
Fosterdiagnostikk kan påverke abortvurderingane .....	4
Nevroteknologi - teknologi som samhandlar med hjernen .....	6
Eit vindauge til menneskets tilbliing .....	8
Hemmeligheten bak jomfrufødsel .....	10
KI finner DNA-mutasjonar som gir sykdom .....	10
Det lyser i bestemor-hagen .....	11
Nye truslar følger bioteknologisk fremgang .....	12
Når matplanter må tilpassast nytt klima .....	15
SmåGENiALT: Hvordan finne oppskriften på akkurat meg? .....	18



6



8



10



Abortutvalet legg fram si utgreiing om abortlova 15. desember 2023. Utvikling innan fosterdiagnostikk kan verke inn på debatten om ein skal endre grensa for sjølvbestemt abort. Illustrasjonsfoto: iStock

## GENiALT 4-2023 // 32. årgang

Redaksjonen avslutta: 08.11.2023

Ansvarleg redaktør: Petter Frost

Redaktør: Mette Risa

Redaksjon: Anne Marit Ryen, Caroline Bianchi Strømme, Eirik Joakim Tranvåg, Håvard Øritsland Eggestøl, Stine Hufthammer Indrelied.

Opplag: 4850

Utgivar: Bioteknologirådet

Adresse: Bioteknologirådet,

Edvard Griegs vei 3b, 5059 Bergen

Internett: [www.bioteknologiradet.no](http://www.bioteknologiradet.no)

E-post: [post@bioteknologiradet.no](mailto:post@bioteknologiradet.no)

Design: Dugg Design AS

Trykk: Byråservice AS

ISSN (trykt utgave) 0804-225X

ISSN (nettutgave) 1502-7619

Bioteknologirådet er eit frittståande, regjeringsoppnemnd organ, og vart første gong oppnemnd i 1991. Rådet er heimla i lov om humanmedisinsk bruk av bioteknologi m.m. (bioteknologiloven) og lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismar.

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjeld bruk av bio- og genteknologi i samband med menneske, dyr, plantar og mikroorganismar. Rådet skal òg tilby informasjon og skape debatt. I vurderingane sine skal rådet særleg leggje vekt på dei etiske og samfunnsmessige konsekvensane ved bruk av moderne bioteknologi.

Bioteknologirådet har 15 medlemmer og fem vararepresentantar som er oppnemnde for perioden 2023-2027. I tillegg inviterast seks departement til møta som observatørar. For 2023 har Bioteknologirådet eit budsjett på 13,3 millionar kroner.



# Fosterdiagnostikk og abortgrensen

**Tradisjonelt har abortdebatten handlet om fosterets moralske status og hvor sent i svangerskapet den gravide selv kan velge om hun vil ta abort. Med nye metoder innen fosterdiagnostikk har det kommet et nytt moment inn i debatten: fosterets genetikk.**

Tidlig ultralyd og NIPT, en blodprøve hvor man analyserer foster-DNA som flyter i den gravides blod, kan gi informasjon om det er økt risiko for at barnet vil ha utviklingsavvik. Det gir norske kvinner nå tilgang til mer informasjon om fosteret. I kombinasjon med selvbestemt abort, gir det flere moralske dilemmaer enn tidligere. Hva man kan få vite, og når man kan få vite det, vil spille en sentral rolle i debatten som kommer etter at Abortutvalget legger frem sin NOU om abortloven nå i desember.

» I årene fremover vil det bli utviklet stadig mer omfattende undersøkelser av et fosters genetikk og analyse av tester vil skje raskere.

Bioteknologiforliket i 2020 førte til at alle gravide i Norge har rett på tidlig ultralyd i den offentlige helsetjenesten. Kvinnene med høyest risiko for utviklingsavvik får også tilbud om NIPT, mens alle kan kjøpe analysen privat. I Norge er det kun tillatt å lete etter tre typer kromosomavvik med NIPT, men det er tilbud i våre naboland hvor man tester for mye mer. I dag vil tidlig ultralyd og NIPT i det offentlige helsevesenet ofte bli tatt i ukene rundt uke 12, som er dagens grense for selvbestemt abort. Svaret kommer en uke eller to etterpå. De som tar testen privat kan ta NIPT allerede i uke 10, og vil dermed kunne få svar før uke 12. Men NIPT er ikke en diagnostisk test, den viser kun om det er en forhøyet sannsynlighet for utviklingsavvik. Derfor blir funn i dag fulgt opp med et tilbud om fostervannsprøve rundt uke 15. Hvordan påvirker denne nye tilgangen til informasjon de valgene gravide gjør? Og i hvilken grad er dette relevant for når grensen skal gå for selvbestemt abort? Hvordan påvirker den begrensede tiden man har til å bestemme seg på, hvilken beslutning man tar?

Mens noen vil hevde at informasjon gir kvinner muligheten til å ta mer informerte beslutninger, vil andre mene at informasjonen også kan føre til en større psykologisk byrde. Forventninger om «det perfekte barnet» som skal passe inn i det «perfekte livet» gjør denne type valg ekstra krevende. Hver kvinne står overfor unike omstendigheter, og retten til å velge selv kan samtidig bli til en bær om hun da også har ansvar for å velge «rett».



I årene fremover vil det bli utviklet stadig mer omfattende undersøkelser av et fosters genetikk og analyse av tester vil skje raskere. Det er viktig at debatten også tar høyde for de nye mulighetene og utfordringene dette medfører, og at gravide også får den veiledning og informasjon som er nødvendig for å treffe riktige valg for henne og hennes familie. Dette er også noe vi i Bioteknologirådet vil ta med oss inn i debatten om fosterdiagnostikk, i den kommende evalueringen av bioteknologiloven.

*Marianne Aasen*



# Fosterdiagnostikk kan påvirke abortvurderingar

Abortutvalet legg fram si utgreiing om abortlova 15. desember 2023. Utvikling innan fosterdiagnostikk kan verke inn på debatten om ein skal endre grensa for sjølvbestemt abort.

Av Eirik Joakim Tranvåg

– **DEI SISTE ÅRA** har abortdebatten endra seg som ein konsekvens av fosterdiagnostikken si utvikling. Abort har historisk sett handla om uønskte svangerskap. No handlar det også i større grad om svangerskap som har vore ønska inntil det blir avdekka sjukdom eller avvik hjå fosteret. I 1976 var mindre enn ein prosent av alle nemndbehandlingane grunna i fosteravvik. I 2022 var dette talet 66 prosent, seier Kari Sønderland, leiar av Abortutvalet og medlem i Bioteknologirådet til GENiAlt.

## Leite etter avvik

Når abortutvalet legg fram sin rapport 15. desember vil truleg fosterdiagnostikk og

informasjonen den gravide kan få vere ein viktig del av vurderingane. Da dagens abortlov vart til for femti år sidan, var det avgrensa kor mykje informasjon ein kunne skaffe om fosteret si helse og genetik. Dei siste tiåra har ny medisinsk teknologi gjort at stadig meir av fosteret sitt arvemateriale kan kartleggast og i dag har alle gravide moglegheit til å teste fosteret dei ber i magen. Tilbodet i Noreg er riktig nok avgrensa, men ved å dra til våre naboland eller bestille ein test på internett kan den gravide leite etter fleire titals kromosomavvik og genfeil.

– Fosterdiagnostikk fører til ei rekke etiske problemstillingar i abortdebatten



Kari Sønderland, leiar av Abortutvalet og medlem i Bioteknologirådet. Foto: Bioteknologirådet

og det vil vere ulike syn på korleis dei ulike avvegingane skal vektast. Personar som lev med ein tilstand som gir tilgang til abort etter fosterdiagnostikk, kan oppleve dette som krenkande og diskriminerande. Samtidig har kvinner rett til å bestemme over sin eigen kropp og helse, og bør difor i utgangspunktet sjølv få bestemme kva som er best for henne og familien. Det same gjeld kva for og kor mykje informasjon kvinna skal kunne få om fosteret. At samfunnet legg til rette for meir fosterdiagnostikk, men samtidig fratrar kvinna rett til å velje abort på grunnlag av svara som kjem fram, er ei vanskeleg problemstilling, seier Sønderland.

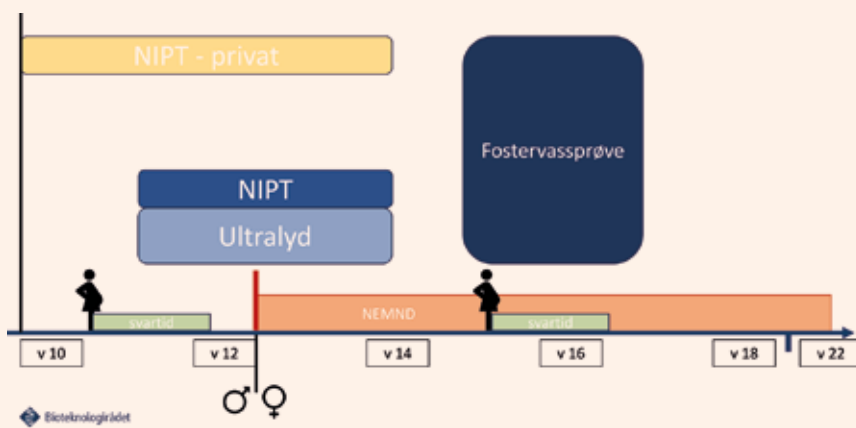


Fosterdiagnostikk og abort er vanskelege tema for gravide. Foto: iStock

## » Fosterdiagnostikk fører til ei rekke etiske problemstillingar i abortdebatten.

### Fosterdiagnostikk:

# Kva kan ein få vite – og når?



Dagens grense for sjølvbestemt abort går ved utgangen av veke 12. Før veke 12 er det ikkje lov å opplyse om fosteret sitt kjønn. NIPT er tilgjengeleg frå veke 10, noko som betyr at svaret på testen kan vere klar før denne grensa. Vidare utgreiing med fostervassprøve i tilfelle der NIPT visar auka risiko for trisomi tar òg tid, og svaret kan kome i tidsrommet mellom veke 16 og 18.

Figur: Eirik Joakim Tranvåg/Bioteknologirådet

#### Kva er fosterdiagnostikk?

Fosterdiagnostikk er undersøkingar for å få informasjon om foster inne i mors mage, mellom anna for å påvise eller avkrefte sjukdom eller utviklingsavvik. Genetisk fosterdiagnostikk undersøker arvematerialet til fosteret, anten ved ein blodprøve av den gravide eller med prøvetaking av fostervatnet eller morkaka. Med ultralyd nyttar ein høgfrequente lydølger til å avbilde fosteret inne i livmora. Då kan ein mellom anna sjå skader eller misdanning hjå fosteret. Tidleg ultralyd er ei form for fosterdiagnostikk, medan den ultralydundersøkinga som skjer rundt veke 18 er ei del av svangerskapsomsorga.

#### Kven kan få fosterdiagnostikk?

Alle gravide får tilbod om tidleg ultralyd gjennom den offentlege helsetenesta. I tillegg får alle gravide som er 35 år eller eldre ved termin, samt gravide kor det er medisinske eller sosiale grunnar, tilbod om NIPT frå den offentlege helsetenesta. Det er òg tillate for

gravide under 35 år å gjere NIPT, men då må ein sjølv kjøpe testen hjå ein privat tilbydar.

Nokre gravide kan òg få tilbod om målretta genetiske undersøkingar i tilfelle der det er mistanke om ein konkret genetisk sjukdom.

#### Kva er NIPT?

NIPT står for non-invasiv prenatal test og er ein screening-metode der ein frå ei blodprøva av mor kan analysere arvematerialet til fosteret og finne ut om det er auka risiko for ulike genetiske avvik. I Noreg er det berre lov til å leite etter tre typar kromosomtalsavvik: trisomi 13, 18 og 21. Vi arvar alle 23 kromosom frå mor og 23 frå far, og dei aller fleste av oss har difor 23 kromosompar. Nokre har ein ekstra kopi av eit kromosom og har då det som kallast ein trisomi. Til dømes har ein person med trisomi 21, meir kjend som Down syndrom, tre utgåver av kromosom 21.

NIPT kan òg nyttast til å undersøkje

fosteret sitt kjønn og blodtype. Dette er berre tillate om det er medisinsk naudsynt, og kjønnsbestemming før veke 12 er elles forbode.

#### Når kan ein gjere fosterdiagnostikk?

Tidleg ultralyd skjer mellom veke 11 og 14 i svangerskapet. I den offentlege helsetenesta gjere ein vanlegvis NIPT i samband med denne ultralydundersøkinga. Det er ikkje tillate å gjere NIPT før 10. svangerskapsveke. Dette gjeld og private tilbod.

Svartida på NIPT er om lag ei til to veker. Om testen indikerer auka risiko for sjukdom eller misdanning hjå fosteret, vil ei fostervassprøve som oftast kunne bekrefte eller avkrefte diagnosen. Ei slik fostervassprøve takast vanlegvis frå veke 15 i svangerskapet.

#### Korleis er tilbodet i andre land?

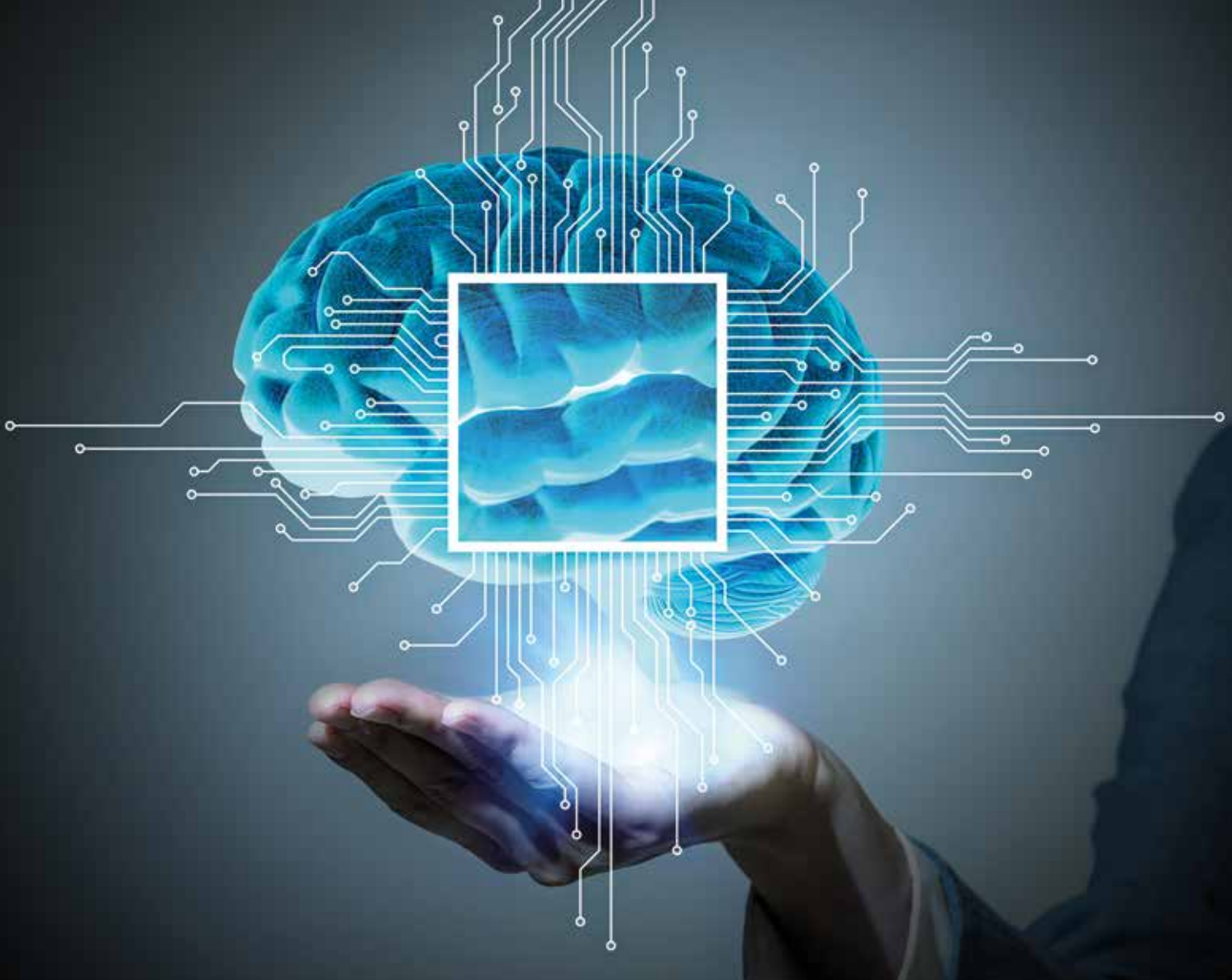
At kva ein kan teste for i Noreg er avgrensa til tre former for trisomi er først og fremst ei politisk avgjersle. I mange andre land er det mogleg å teste for fleire tilstandar, og på den private marknaden i Danmark kan ein mellom anna bruke NIPT til å leite etter nesten hundre ulike genetiske avvik.

#### Korleis vil tilbodet bli i framtida?

Det er ikkje mogleg å seie korleis framtidas regulering av fosterdiagnostikk vil bli, men den medisinske og teknologiske utviklinga tilseier at det vil kome testar med betre kvalitet for fleire tilstandar. Det verkar òg klart at etterspørselen etter fosterdiagnostiske testar er høg. ♦

#### Kjelder:

<https://www.bioteknologiradet.no/temaer/fosterdiagnostikk/>  
<https://www.helsenorge.no/undersokelse-og-behandling/fosterdiagnostikk/>



Nevroteknologi omfatter teknologier for å overvåke, samhandle med, eller påvirke hjernen eller andre deler av nervesystemet. Foto: iStock

# Teknologi som samhandler med hjernen

I Europa går en nederlender med ryggmargsskade tur i parken ved hjelp av kunstig intelligens og hjerneimplantater. Elon Musk ønsker å bruke nevroteknologi til å endre menneskelig bevissthet. Samtidig advarer UNESCO mot uetisk bruk.

Av Stine Hufthammer Indreid

**FOR TOLV ÅR SIDEN** skadet nederlandske Gert-Jan Oskam ryggmargen i en sykkelulykke. Et brudd i nervebanen mellom hjernen og kroppen gjorde at signaler fra hjernen ikke lenger nådde frem til musklene i bena. Oskam hadde blitt lam. Det er ikke mulig å reparere slike ryggmargsskader,

likevel kan nederlenderen i dag reise seg fra rullestolen, stå oppreist og male sin egen vegg, eller gå en tur i parken.

## Digital bro mellom hjerne og rygg

Nevrologen Gregoire Courtine og kollegaer ved Swiss Federal Institute of Technology i

Lusanne, satte inn to implantater i Oskams hjerne, i områder som styrer bevegelse. De satte også inn en pulsgenerator nær ryggmargen og nervene som kontrollerer gange. De to hjerneimplantatene leser av elektriske signaler i hjernens bevegelsesområde, og sender dem videre til en datamaskin som

## » Hvis Musk får det som han ønsker vil du kanskje i fremtiden starte dagen med å koble batteriladeren fra bakhodet i stedet for mobiltelefonen, og kunne varme opp Teslaen din telepatisk.

bruker kunstig intelligens (KI) til å tolke signalene som dannes i hjernen når Oskam tenker på å stå eller gå. Denne sender instruksjoner til datamaskinen i ryggen, som aktiverer nødvendige muskler. Resultatet er at Oskam, for første gang på 12 år, kan kontrollere beina ved hjelp av tankene.

Nevroteknologi kan også hjelpe mennesker uten taleevne til å kommunisere. En måte kan være å bruke hjerneimplantater og KI for å tolke hjerneaktiviteten når forsøkspersoner ser for seg at de beveger munnen for å snakke eller hånden for å skrive, og oversette «den indre stemmen» til ord på en skjerm.

### Tankeleser?

Kanskje er det også mulig å «lese tanker» uten implantatene i hjernen. Forskere ved University of Texas at Austin, USA har kommet et stykke på vei. De brukte hjerneavbildningsteknikken MRI for å studere hjernen til tre forsøkspersoner som hørte podkast, så en film, eller forestilte seg at de fortalte en historie. Samtidig brukte de KI-språkmodellen ChatGPT for å rekonstruere en tekst som gjenga historien personen tenkte på, så eller hørte. Slik kunne forskerne etter hvert også koble mønstre i hjerneaktiviteten til ordrekker med meningsinnhold, med ganske stor nøyaktighet.

Det er likevel langt igjen til noen kan lese tankene dine uten at du er klar over det. Metoden krevde nemlig at forsøkspersonen samarbeider. Hver av forsøkspersonene tilbragte rundt 16 timer med å lytte til podkast i MR-maskinen for å trene opp ChatGPT til å koble hjerneaktivitet til meningsinnhold. Treningsdata basert på én persons hjerne kan heller ikke brukes til å avsløre hva en annen person tenker på.

### Fra tanke til ... Tesla

Nevroteknologi hjelper allerede pasienter som mangler en kroppsdel med å styre en robotprotese, og pasienter med Parkinson å redusere skjjelvinger gjennom implanterte elektroder som stimulerer relevante hjernestrukturer. Men teknologi som kan lese av signaler om hvilke muskler som skal brukes,

eller sende signaler til hjernen din, kan også lese av og påvirke mer av det som skjer i hjernen. På sikt ønsker Tesla-grunnleggeren Elon Musk å bruke nevroteknologi sammen med KI for å endre menneskelig bevissthet og «utvide hvordan vi opplever verden».

I 2016 finansierte Musk selskapet Neuralink. Selskapet har utviklet et hjerneimplantat og en tilhørende robot som kan implantere den elektroniske enheten i hjernen, og rekrutterer nå pasienter til sin første kliniske studie på mennesker. I første omgang er hensikten å gjøre det mulig å kontrollere en datamaskin med tankene, men Musk tror at Neuralink også vil kunne hjelpe blinde å se. På sikt ønsker Tesla-grunnleggeren at implantatet skal kunne kobles med alle deler av hjernen din, og at du skal kunne koble hjernen sammen med kunstig intelligens.

Hvis Musk får det som han ønsker vil du kanskje i fremtiden starte dagen med å koble batteriladeren fra bakhodet i stedet for mobiltelefonen, og kunne varme opp Teslaen din telepatisk. Men hvor lurt er det egentlig å slippe kommersielle interesser inn i hjernen din?

### UNESCO advarer

UNESCO, FNs organisasjon for utdanning, vitenskap, kultur og kommunikasjon, sier at teknologien har stort medisinsk potensial, men advarer om at nevroteknologi også kan true grunnleggende menneskelige rettigheter. Tanker, minner og følelser er nært knyttet til vår personlighet og identitet. Derfor er det problematisk om uvedkommende bruker teknologi for å få tilgang til å «lese» eller påvirke dine tanker, eller endre hvordan du opplever verden eller husker tidligere opplevelser.

I juni 2023 arrangerte UNESCO en internasjonal konferanse og lanserte en rapport om nevroteknologi og etikk. De advarer nå mot at «nevroteknologi kan gi direkte tilgang til, manipulere, og etterligne strukturer i hjernen, og slik gi informasjon om vår identitet, våre følelser og vår innerste frykt». Teknologi blir ved stadig tettere sammen med KI. En bekym-

ring er at kommersielle selskaper eller andre uvedkommende kan innhente og bruke nevrane data til markedsføringsformål, eller for å påvirke menneskers adferd.

– Dette reiser alarmerende spørsmål om overvåking, markedsføringstaktikker og politisk innflytelse på våre mest private tanker og følelser, skriver UNESCO.

I dag mangler regulering for ikke-medisinsk bruk av nevroteknologi i Norge og andre land. I november 2023 skal UNESCOs medlemsstater stemme over om det er behov for egne retningslinjer for nevroteknologi for å sikre at teknologien reguleres og brukes i tråd med menneskerettighetene, og til beste for samfunnet. ♦

### Kilder:

<https://www.nature.com/articles/s41586-023-06094-5>

<https://www.nature.com/articles/d41586-023-01486-z>

### Nevroteknologi

Nevroteknologi omfatter teknologier for å overvåke, samhandle med, eller påvirke hjernen eller andre deler av nervesystemet.

Hjernen er «hovedsentralen» i sentralnervesystemet, og er sentral for funksjoner som å puste, ta imot og koordinerer sanseinntrykk, lagre minner, og styre hvordan du beveger deg, tenker og føler.

Sykdom og skader kan hindre signaler fra hjernen å nå frem og gjøre det de skal, men de siste årene er det utviklet innovative teknologier som gjør det mulig å lese av og tolke hjernens signaler. Dette, kombinert med bærbar eller implantert enheter, tas nå i bruk for å behandle ulike nevrologiske skader og sykdommer, men nevroteknologi kan også få ikke-medisinske anvendelser.





Ein viktig del av utviklinga til embryoet skjer skjult inne i livmora. Foto: iStock

# Eit vindauge til menneskets tilbling

Forskarar kan reprogrammere kroppsceller til å bli celleklumpar som liknar stadig meir på naturlege embryo. Desse embryo-modellane gjer det mogleg gjer det mogeleg å lære meir om utviklinga frå ein celleklump til ein menneskekropp med alle organ. Men kvar går grensa mellom ein embryomodell og eit naturleg embryo?

Av Stine Hufthammer Indreliid

**EIN STAMCELLEFORSKAR** ved Krauss-gruppa ved Universitetet i Oslo opnar døra til inkubatoren, hentar fram ei celleplate og plasserer plata forsiktig under eit mikroskop. Når fokus blir stilt inn, blir omriset av ein bleikkvit struktur synleg. Ein klump

med celler under ein millimeter i diameter. Gjennom mikroskopet har forskaren utsikt til noko som kan gi oss nye svar på kva som skjer dei første dagane etter befruktinga: Ein bitte liten modell av eit menneskeembryo, laga frå stamceller.

## Løyndommene i livmora

Dei viktigaste vekene for korleis du vart til deg, skjedde før du vart fødd. Etter befrukting gjennomgår det befrukta egget den første celledelinga si. Omkring dag seks til ti etter befrukting, er egget klart for å feste seg i livmorveggen. Denne perioden av utviklinga har forskarar studert i laboratoriet, og veit ein god del om.

Så startar prosessen som blir kalla gastrulering, inne i livmora. Celler i embryoet flytter på seg, blir til ulike celletypar og organiserer seg i tre ulike kimlag som skal gje opphav til alle veva og organsystema til fosteret. Det er no grunnlaget blir lagt for organa. Dette er derfor ein periode der embryoet er sårbart for miljømessige og



## » Slik forskning kan gi kunnskap om bakgrunnen for utviklingsforstyringer, infertilitet og tidlege spontanabortar.



Professor Stefan Krauss er leiar for Senter for biohybridteknologi ved UiO. Foto: Privat

genetiske faktorar som kan skade utviklinga til embryoet, og ein periode i svangerskapet forbunden med høg risiko for spontanabort. Men utviklinga går føre seg skjult inne i livmora. Perioden frå embryoet festar seg i livmora og fram til omlag dag 28 etter befrukting (svangerskapsveke seks), er derfor den delen av utviklinga til mennesket vi veit minst om. På dette stadiet er embryoet så lite at det ikkje er mogleg å sjå ved hjelp av ultralyd.

Det at det er mogleg å studere menneskeembryo i den viktige perioden mellom dag 14 og 28 etter befrukting, kan bidra til meir grunnleggjande forståing for korleis ikkje-spesialiserte celler utviklar seg til å bli til alle dei ulike spesialiserte cellene som menneskekroppen treng, men kan óg ha stor medisinsk betydning. Slik forskning kan gi kunnskap om bakgrunnen for utviklingsforstyringar, infertilitet og tidlege spontanabortar, og kan på sikt gi betre metodar for assistert befruktning.

### Etiske utfordringar

Å forske på embryo er utfordrande, også av etiske årsaker. Menneskeembryoet er byrjinga på eit menneskeliv, og har ein spesiell status for mange. Derfor har det befrukta egget også spesielt vern i lovverket samanlikna med andre celletypar og vev.

I Noreg er det berre tillate å forske på befrukta egg som er til overs etter assistert befrukting, og det er forbode å dyrke og forske på menneskeembryo lenger enn til dag 14 etter befrukting. Slike befrukta egg er dessutan ein avgrensa ressurs. Kvinner som gjennomgår assistert befrukting har gjerne behov for egga sine sjøve, og dei relativt få egga som blir igjen til forskning er gjerne dei som ikkje utviklar seg heilt som dei skal. Så langt har det heller ikkje vore teknisk mogleg å dyrke befrukta egg frå

menneske i laboratoriet lenger enn 14 dagar.

Forskarane har no funne ein alternativ måte å studere dei aller første vekene av menneskets tilbliving. Nøkkelen er ein bestemt celletype: Pluripotente stamceller – stamceller med ibuande potensial til å danne alle typar kroppsceller. Slike stamceller, henta frå eit tidleg embryo, eller laga frå reprogrammerte kroppsceller, kan dele seg og dyrkast i laboratoriet nesten uendelig. Ved å gi stamcellene dei riktige vekst-vilkåra og kjemiske signala kan forskarar få cellene til å organisere seg og danne noko som liknar embryo som er blitt til ved befrukting. Slike stamcellebaserte strukturar er ikkje embryo, men dei liknar, og er nyttige forskingsmodellar som kan lære oss mykje om prosessane som går føre seg i embryoet utan at befrukta menneskeegg, eller dyreembryo, vert øydelagde.

### Mange ulike typar embryomodellar

Dei siste åra er det utvikla fleire typar slike stamcellemodellar. Dei ulike modellane liknar ulike stadium av utviklinga til embryoet og representerer i ulik grad heile eller delar av embryoet. Embryomodellen som blir dyrka i Krauss-gruppa sin lab ved Universitetet i Oslo, er ein gastruloide.

– Gastruloider inneheld celler frå dei tre embryonale kimlaga, men er strukturerte annleis enn embryo, forklarar professor Stefan Krauss, leiar for Senter for biohybridteknologi ved Universitetet i Oslo, eit Senter for framifrå forskning.

Forskningsgruppa hans jobbar med å utvikle ein forskingsmodell som kan brukast til å studere tidleg organ-danning, og er motivert av eit stort behov for vev til organ-donasjon. Gastruloideane inneheld delane og vevet der organ-danning startar, men manglar områda som er nødvendige for å

danne hjernen og andre celletypar som er nødvendige for vidare utvikling, og kallast derfor ein ikkje-komplett embryomodell.

Men forskarar jobbar også med å utvikle komplette embryomodellar, som i større grad liknar heile embryoet og kan kome lenger i utviklinga. I 2022 klarte to forskingsgrupper i USA/England og Israel uavhengig av kvarandre å dyrke muse-embryomodellar som utvikla bankande hjarte, anlegg til sentralnervesystem med tidlege hjernestrukturar, tarm og anlegg til kjønnceller. No prøver dei same forskingsgruppene å gjere det same med menneskestamceller.

Stamcellebaserte embryomodellar kan vere eit meir tilgjengeleg og etisk akseptabelt alternativ til forskning på overtalige befrukta egg eller dyreforsøk. Men forskning på embryomodellar reiser også eigne etiske og juridiske spørsmål som Bioteknologirådet har sett nærare på i ei fråsegn. Kvar går grensa mellom embryonale celler dyrka i kultur, ein embryomodell og eit embryo? Kor like humane embryo kan stamcellebaserte embryomodellar bli før vi må ta spesielle omsyn til dei, tilsvarende det vi gjer med humane embryo?

### Manglar regulering

I Noreg regulerer bioteknologilova embryoforskning, men det er uklart korleis lova regulerer forskning på stamcellebaserte embryomodellar. Paragrafane som gjeld embryoforskning, vart skrivne før mange av embryomodellane som no finst vart til. Derfor er stamcellebaserte embryomodellar heller ikkje omtalt i lova. No håper forskarane at lovverket blir oppdatert og utforma på ein måte som både gjer viktig forskning mogleg, og sørgjer for at forskinga går føre seg på ein etisk måte. ♦



Foto: iStock

## Hemmeligheten bak jomfrufødsel

At noen dyrearter kan formere seg ukjønnert er ingen nyhet, men hvilke gener som gjør dette mulig har vi visst mindre om. Frem til nå.

Av Stine Hufthammer Indreliid

**HOS PATTEDYR** og mange andre arter trengs en hunn og en hann for å lage avkom. Men noen dyrearter har evnen til formering ved partenogenese, som innebærer at hunnen kan legge ubefruktede egg som gir levende avkom. Nå har britiske og amerikanske forskere identifisert gener som gjør arter av fruktfluer i stand til denne typen ukjønnert formering.

Forskerne sammenlignet genomet til to stammer av fruktfluearten *Drosophila mercatorum*, der én stamme kun formerer seg kjønnert, mens den andre også kan formere seg ukjønnert. De undersøkte også hvilke gener som var aktivert i flueeggene ved de to reproduksjonsstrategiene og som kunne være med å styre partenogenese.

Så testet de ut hvilke av disse genene

som var viktige for ukjønnert formering ved å gjøre forsøk på en slektning vi kjenner godt, *D. melanogaster* (bananflue). Bananfluen kan ikke formere seg uten befruktning. Forskerne skrudde opp eller ned uttrykket av enkeltgenene i ubefruktede bananflue-egg. Deretter testet forskerne ulike kombinasjoner av genene de fant frem til. De satt inn ekstra kopier av to gener, skrudde ned uttrykket av et annet, og fikk slik frem levende bananfluer som også selv var i stand til ukjønnert formering.

For deg som har glemt å lukke lokket til beholderen for matavfallet og funnet kjøkkenet fullt av fruktfluer var dette kanskje det siste som sto på ønskelisten til jul i år? ♦

Kilde:  
<https://doi.org/gsjdxx>



Illustrasjonsfoto: iStock

## KI finner DNA-mutasjoner som gir sykdom

Et nytt KI-verktøy leter etter mutasjoner. Verktøyet kan bli viktig for både forskning

Av Caroline Bianchi Strømme

**OFTE OPPSTÅR** det endringer – såkalte mutasjoner – i DNA-et, og vi har alle slike mutasjoner i vårt arvemateriale. Men hvilken betydning har de forskjellige mutasjonene for oss mennesker?

Nå har forskere ved Google DeepMind laget et verktøy basert på kunstig intelligens som analyserer såkalte «missense mutasjoner», mutasjoner hvor ett nukleotid skiftes ut med et annet og hvor endringen fører til at en annen aminosyre kodes ved transkripsjonen og proteinsyntesen. Dette kan i noen tilfeller føre til at proteinet folder seg feil eller av andre grunner ikke fungerer som det skal. Målet med det nye KI-verktøyet er å forutse hvilke mutasjoner som er harmløse og hvilke som kan føre til sykdom.



## asjoner om

er som kan føre til sykdom.  
ning og sykdomsdiagnostikk.

Flere forskere har uttalt at det nye verktøyet har stort potensial, men noen er også bekymret for at KI-modellen som brukes er for komplisert og kan bli utfordrende å bruke i praksis.

– Vil leger være komfortable med å gi råd til pasienter, basert på informasjon de ikke kan forstå eller forklare? spør professor Ben Lehner ved Wellcome Sanger Institute, til The Guardian. ♦

#### Kilder:

Ian Sample, Google DeepMind AI tool assesses DNA mutations for harm potential, The Guardian

Jun Cheng et al., Science, DOI:10.1126/science.adg7492



Foto: Light Bio

## Det lyser i bestemor-hagen

Når nettene blir lange, og bestemor ikke sover så godt lenger, så kan hun nå beundre sin selvlysende petunia midt på natten. Om hun bor i USA.

Av Håvard Øritsland Eggestøl

**PLANTE-GRÜNDERNE** i Light Bio i USA har fått tillatelse til å selge sine selvlysende petuniaer til bestemor og alle andre som måtte ønske litt lys i nattetørket. Petuniaene fra det amerikanske selskapet lyser sterkere enn andre selvlysende planter, takket være gener fra selvlysende sopp som selskapets forskere har satt inn i pryddplantens arvemateriale.

Tidligere selvlysende planter har gitt fra seg et svakt lys, som kun kom frem om planten ble sprayet med et spesielt kjemikal. Dette fordi man tidligere brukte gener fra selvlysende maneter, noe som passer dårlig med plantebiologien. Den selvlysende soppen er nærmere beslektet og kjemikaliene som tidligere måtte sprayes på for at plantene skulle lyse, lager disse petuniaene selv helt naturlig.

Resultatet er et kraftig og vedvarende irrgroent lys.

Ikke alle synes nyheten er prydgammelen. Jennifer Kuzma, direktør for senteret for Genetic Engineering and Society ved North Carolina State University, er bekymret for hvordan dyr og insekter vil reagere på lys som de ikke er vant til.

– Påvirkningen er avhengig av hvor utbredt plantene blir, og hvorvidt de sprer seg, forteller Kuzma til Wired. ♦

#### Kilder:

[https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa\\_by\\_date/sa-2023/rsr-light-bio-petunia](https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/sa-2023/rsr-light-bio-petunia)  
<https://www.wired.com/story/here-come-the-glow-in-the-dark-houseplants/>





I høysikkerhetslaboratorier, kalt nivå fire-laboratorier, jobber forskere med alvorlige, smittsomme virus og bakterier som kan ramme mennesker eller dyr. Illustrasjonsfoto: iStock

## Nye trusler følger bioteknologisk fremgang

Vi vet stadig mer om arvestoffet og egenskapene til virus og bakterier, og hvordan vi kan endre disse. Det kan være nyttig for å bekjempe sykdom, men den samme kunnskapen kan også misbrukes.

Av Anne Marit Ryen



Dag Hareide, samfunnsdebat-  
tant og forfatter. Foto: Privat



Elisabeth Henie Madslien,  
seniorrådgiver ved Folkehelsein-  
stituttet. Foto: Folkehelseinsti-  
tuttet (FHI)



Trygve Brautaset, professor i  
syntetisk biologi, NTNU og  
nestleder i Bioteknologirådet.  
Foto: Bioteknologirådet

– **HVA OM KORONAVIRUSET** hadde vært mer dødelig? Eller hva om dødeligheten hadde vært høyere blant unge, slik som det var ved spanskesyken? Vi vet at det er mulig å produsere biovåpen som er langt verre enn koronaviruset. Og vi vet at farlige virus kan lekke fra mange laboratorier i verden ved uhell, sier Dag Hareide, samfunnsdebatant og forfatter av boka Mennesket og teknomaktene som blant annet tar for seg utviklingen innenfor biologiske våpen.

Biologiske våpen, det vil si levende organismer brukt som våpen, er forbudt ifølge konvensjonen mot biologiske våpen som de fleste land i verden har sluttet seg til. Kun forskning med forsvar som formål er tillatt, men kunnskap man får fra den type militær forskning og fra helseforskning på virus og bakterier kan også misbrukes.

### **Crispr, syntetisk biologi og KI**

– Teknologiske fremskritt gjør det stadig enklere å endre mikroorganismers arvestoff eller konstruere sykdomsfremkallende mikroorganismer syntetisk. Dette, kombinert med at nødvendig kunnskap og teknologi er stadig mer tilgjengelig, øker risikoen for misbruk, sier Elisabeth Henie Madslien, seniorrådgiver ved Folkehelseinstituttet.

Flere norske institusjoner er med i det pågående EU-prosjektet Joint Action TERROR, hvor målet er å styrke de europeiske landenes helseberedskap og samarbeid i forbindelse med håndtering av biologiske og kjemiske trusler.

– Vi fokuserer nå på nye trusler som syntetisk biologi, syntetiske opioider og såkalt «dual use». Med «dual use» menes i denne sammenheng teknologi eller forskning som er utviklet med tanke på nyttige formål, men som også har et misbrukspotensial, forteller Madslien.

Utviklingen innenfor flere felt skaper nye muligheter for bruk av biologiske våpen. Robotisering i 3D-printing, droner og nano-

roboter har gjort det lettere å levere biologisk stoff dit det skal gjøre skade. Genredigeringsverktøyet Crispr er rimeligere, enklere og mer tilgjengelig enn tidligere teknologier for å endre i gener. Dette har skapt bekymring for at teknologien kan brukes av organisasjoner eller enkeltpersoner som vil gjennomføre et bioterrorangrep. Og vi får stadig mer kunnskap om hvilke gener som koder for hvilke egenskaper, både for mennesker, dyr og mikroorganismer.

## » Med syntetisk biologi er det mulig å skape kunstig fremstilte virus og bakterier i laben.

– Det samles inn enorme mengder genetiske data for tiden, blant annet i forbindelse med koronapandemien. Kunstig intelligens kan lære av disse dataene, raskere enn mennesker, og informasjonen kan misbrukes til å endre naturlig forekommende virus og bakterier, eller designe helt nye, forteller Trygve Brautaset professor i syntetisk biolog ved NTNU og nestleder i Bioteknologirådet.

I 2010 lyktes forskere for første gang med å lage en celle, en bakterie de kalte Synthia, med et fullstendig syntetisk arvestoff.

– Med syntetisk biologi er det mulig å skape kunstig fremstilte virus og bakterier i laben. Dette er organismer som ikke kommer fra naturen, men som designes fra bunn med nye egenskaper. Etter den syntetiske Synthia-bakterien ble laget var det frykt for hva teknologien kunne føre til, men nå 13 år senere er det ikke så mye som faktisk har hendt med den teknologien. Syntetisk biologi er svært avansert og ikke et tilgjengelig verktøy for mange, forteller Brautaset.

### **Flere laboratorier med farlige virus**

Det finnes flere kjente eksempler på at virus og bakterier fra naturen blir gjenskapt eller endret i et laboratorium. Forskere har modifisert fugleinfluenzaviruset slik at det kunne smitte direkte mellom mennesker, laget et hestekoppvirus fra bunnen av og gjenskapt viruset som førte til spanskesyken, forrige århundres verste pandemi.

Hareide etterlyser større bevissthet blant helseforskere og biologer rundt faren for misbruk av deres forskning.

– Det er merkelig at mens titusentalls av IKT-arbeidere har engasjert seg for å hindre at deres forskning skal lede til autonome drapsvåpen, så har få helseforskere og biologer engasjert seg i hvordan deres arbeid kan misbrukes, sier han.

I høysikkerhetslaboratorier, kalt nivå fire-laboratorier, jobber forskere med alvorlige, smittsomme sykdommer som kan ramme mennesker eller dyr. I 2023 er det 69 slike laboratorier i verden som enten er i bruk eller planlegges bygget, ifølge rapporten Global BioLabs Report. De fleste av laboratoriene finnes i USA og Europa, men et økende antall bygges i Asia.

– Det bør være internasjonale krav om at alle nivå fire-laboratorier rundt omkring i verden følger den internasjonale standarden for biorisikokontroll, ISO 35001. Undersøkelser har vist at de fleste nivå fire-laboratorier ikke følger denne standarden i dag. Verdens Helseorganisasjon burde være en pådriver for at dette blir et internasjonalt krav som følges opp, sier Hareide.

I disse laboratoriene utfører man blant annet såkalt "gain-of-function"-forskning, forskning hvor man endrer funksjon av gener. Det kan blant annet gjøre virus dødelige eller mer smittomme. Målet med forskning er å forstå bedre hvordan virus gir sykdom, omgår immunforsvaret og hva som styrer begrensninger i naturlig virusspredning. Rundt 60 prosent av nivå



» Da den franske presidenten Macron skulle besøke president Putin i Russland under Covid-19-pandemien i februar 2022 viste pressebilder at de to statslederne satt på hver sin side av et bord som var flere meter langt. Putin var redd for smitte og ønsket derfor avstand. Macron hadde nektet å ta en koronatest i Russland fordi det ville innebære at russerne fikk hans DNA.

fire-laboratoriene er statlig eide og brukes til helseforskning, for eksempel til vaksineutvikling. Rundt 20 prosent kontrolleres av militære, de resterende er universitetside laboratorier.

#### **Mårettede virus og nervøse statsledere**

Biologiske våpen er ikke et nytt fenomen. Mongolene kastet pestbefengte lik over bymurene i den beleirede byen Kaffa på Krimhalvøya i 1346, og britiske offiserer tilbød tepper med koppesmitte til urbefolkningen i Amerika i 1763. Under andre verdenskrig gjennomførte flere land forsøk med ulike spredningsmetoder av pestbakterien, kolera og tyfus. USA og Sovjetunionen hadde omfattende forskningsprogrammer for biologiske våpen under den kalde krigen.

I 1972 ble biovåpenkonvensjonen, med et totalforbud mot biologiske våpen, vedtatt av mer enn 100 land, inkludert Sovjetunionen og USA. Biovåpenkonvensjonen gir imidlertid i liten grad noen mulighet for å sikre at avtalen blir overholdt av verdens land.

– Organisasjonen for forbud mot kjemiske våpen har 500 ansatte og rett til å inspisere land som de mistenker lagrer eller bruker kjemiske våpen. Det tilsvarende organ for biologiske våpen i FN har rundt tre ansatte, og ingen rett til inspeksjoner eller et vitenskapelig råd som kan følge opp, sier Hareide.

Da den franske presidenten Macron skulle besøke president Putin i Russland under Covid-19-pandemien i februar 2022

viste pressebilder at de to statslederne satt på hver sin side av et bord som var flere meter langt. Putin var redd for smitte og ønsket derfor avstand. Macron hadde nektet å ta en koronatest i Russland fordi det ville innebære at russerne fikk hans DNA.

– Det er en grunn til at mange statsledere beskytter sitt DNA. De kan være redde for at informasjon om deres helse kan komme ut eller for biovåpenangrep rettet spesielt mot dem. Det er vanskelig å vite hva DNA-et kan bli brukt til, sier Hareide.

Virus og bakterier smitter på tvers av landegrenser og folkegrupper. Manglende kontroll over spredningen gjør at biologiske våpen hittil har vært mindre egnet til konvensjonell krigføring. Men skulle målretting av biologiske våpen mot enkelte folkegrupper og individer bli mulig, vil dette representere et viktig skille for hvordan biologiske våpen kan brukes i krig.

– Vi har store mengder genetiske data tilgjengelig, og det er ikke utenkelig at vi i et lengre perspektiv kan se målretting av biologiske våpen etter etnisitet. Men med dagens teknologi og kunnskap er det ennå ikke mulig å lage biologiske våpen som er farlig for én gruppe mennesker og ikke en annen, sier Brautaset.

#### **Norge bør ta ledelsen**

Neste steg i Joint Action TERROR-prosjektet for FHI og Madslie er å komme med anbefalinger om mulige tiltak som kan forebygge og gi økt beredskap for å møte biologiske og kjemiske trusler.

– 17 europeiske land deltar i prosjektet, og fremover skal vi sammen utarbeide risikovurderinger og anbefalinger til EU om hvilke tiltak som kan være aktuelle for å redusere risiko for misbruk av syntetisk biologi, forteller Madslie.

Globalt bruker man i dag mye ressurser på beredskap mot epidemier og vi er langt bedre forberedt sammenliknet med tidligere tider. De fleste land har langt høyere legedekning per innbygger, større kunnskap om hvordan man kan forhindre smitte, og befolkningen har i tillegg bedre levekår og immunforsvar. Men samtidig kan smitte spres over store deler av verden mye raskere. Hareide er opptatt av at vi bør gjøre langt mer for å forhindre at en epidemi oppstår. Han påpeker at Norge tidligere har tatt ledelse internasjonalt for å begrense andre farlige våpen.

– Vi bør få på plass internasjonale systemer som sikrer større lab-sikkerhet for å forebygge uhell. I tillegg trenger vi mer nøyaktig rapportering om forskningen som foregår med farlige virus og bakterier. Det bør utvikles et internasjonalt rådgivende utvalg for all biologiske forskning med høy risiko, og åpnes opp for internasjonale inspeksjoner. Norge er en viktig bidragsyter til FN som kan påvirke. Vi bør ta ledelsen og være en pådriver internasjonalt, sier Hareide. ♦





Når temperaturen øker, kan vinteren bli mye vanskeligere for landbruket i Norge. Her fra Langøya i Vesterålen, Lofoten. Foto: iStock

# Når nytteplanter må tilpasses nytt klima

Nytteplanter som tåler et varmere, villere og våtere klima kan bli avgjørende i et samfunn hvor temperaturen og befolkningstallet stiger til nye høyder.

Av Håvard Øritsland Eggstøl

– **INGEN DYRKER PLANTER** like langt mot nord som vi gjør i Norge, og klimaendringene skjer raskt og raskere jo lenger nord man kommer, forteller Odd Arne Rognli, professor i genetikk, evolusjon og planteproduksjon ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), til GENiAlt.

>>

Rognli forteller at gress, som er Norges viktigste avling og dyrkes på to tredjedeler av den dyrkede marken i Norge, kan gå en mørk fremtid i møte. Han er bekymret for tørke, men også overvann samt lave og høye temperaturer. Men mest av alt er det hvordan plantene håndterer vinteren som bekymrer ham. Uten stabile gressavlinger av høy kvalitet må sau og ku enten spise en høyere andel importert kraftfôr, eller så må vi ha færre beitedyr.

### Gress under stress

– Forskning som vi har gjort viser at den lengre vekstsesongen og økte temperaturen om høsten fører til dårligere herding og fare for økte vinterskader. Dessuten vil et mildere vinterklima medføre episoder med frysing og tining i områder hvor det vanligvis er stabilt snødekke, noe som gir økt stress fra isdekke og direkte frost, forteller Rognli.

Og mens temperaturen øker, forblir daglengden den samme. Akkurat denne kombinasjonen er Rognli opptatt av. Daglegheten bestemmer når flerårige planter starter vekst om våren og stopper veksten om høsten, i samspill med temperaturen. Når kombinasjonen av døgnlengde og temperatur ikke stemmer, vil plantene være i utakt med årets rytme og ikke forstå høstens tegn. Når vinteren kommer er ikke plantene klar for kulden. Resultat kan bli omfattende frostska-

der. Samtidig fører også den lengre vekstsesongen og mildere vintre med seg muligheter for å tilpasse og utnytte nye og mer produktive arter som flerårig raigras.

### Kontinentalt gress i nordisk jord

– På grunn av den spesielle klimatilpasningen til nordlige klimaforhold så er norske gressorter bare av interesse i markeder på samme breddegrader, og der foregår det

ikke mye dyrking. Det betyr også at sorter fra sørligere breddegrader har liten dyrkingsverdi i Norge, da de ofte får store vinterskader, fortsetter professor Rognli.

Nettopp derfor har Rognli og flere forskningskollegaer fra skandinaviske og baltiske land gått sammen med frøindustrien og beredt grunnen for kontinentalt gress i nordisk jord. I et forskningsprosjekt som gikk fra 2012 til 2020 studerte de det høyproduktive raigrasets manglende evne til å tåle kalde nordiske vintre. Resultatet ble at de identifiserte omtrent 30 ulike naturlig forekommende, vinterbestandige raigras, og flere vinterbestandige raigras fremstilt i laboratorier. Kunnskapen gjør at avlsselskapet kan begynne arbeidet med å utvikle nytt, klimatilpasset, høytytende gressfrø, ifølge Rognli.

### Genetisk klimatilpassing

I lang tid har foredlingsarbeidet vært begrenset til å velge ut foreldreplantene for den kommende generasjon av nytteplanter. I dag kan det ta 10-15 år å krysse frem nye varianter. En alternativ måte er å bruke genredigering, som kan ta ned mot fire til seks år. Genetisk sett kan en si at genredigering tilsetter et nytt gen eller endrer én enkelt genvariant om gangen, mens foredling er en prosess hvor en velger mellom ulike genvarianter.

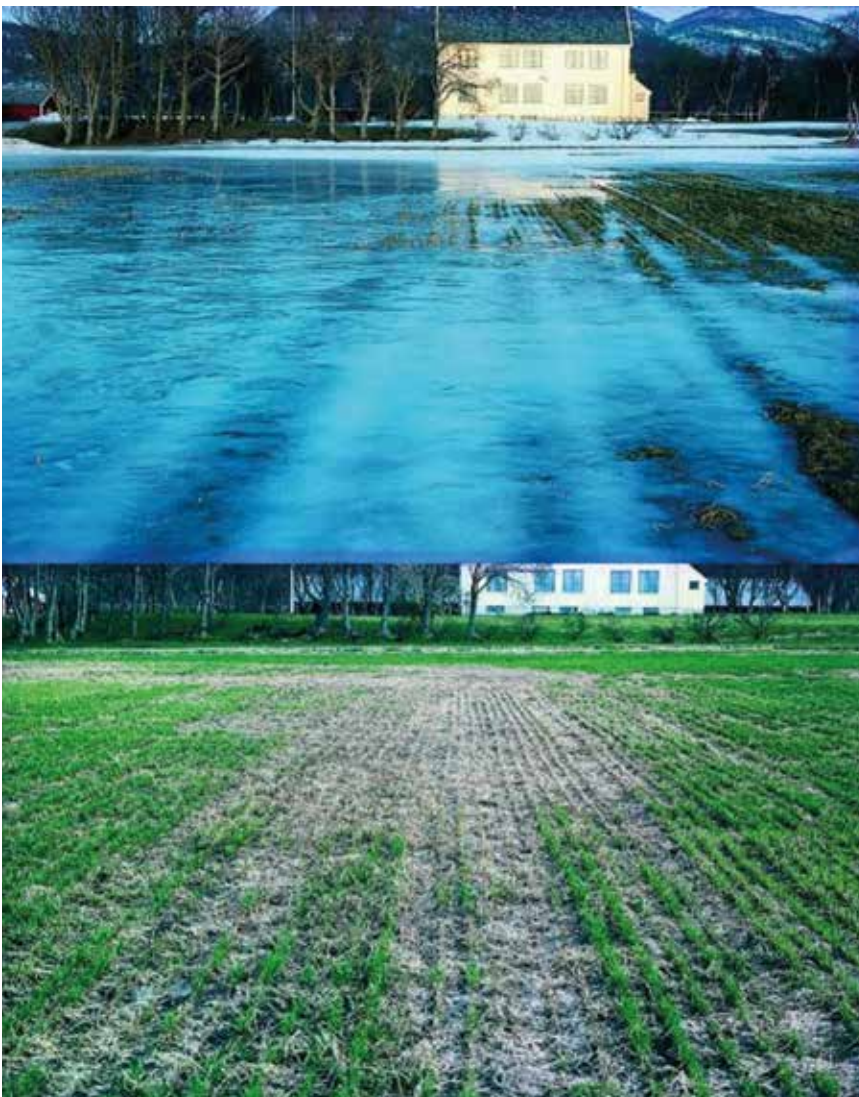
– Ved vanlig foredlingsarbeid kan det ta opp mot 20 år å utvikle nye gressorter, men ved genredigering unngår en mange generasjoner med tilbakekryssing og kan dermed spare mye tid, forteller Rognli.

I et annet forskningsprosjekt som Rognli er involvert i, EditGrass4food, forsøker han og kollegaer fra Litauen, Latvia og Estland å bruke genredigering for å utvikle flerårige, vinterherdige raigras. Og gjennom genredigert gress ønsker de øke kunnskapen om genene som er viktige for å tåle norsk klima.

### Hurtighet – et tveegget sverd

– En av de store fordelene med genredigering i møte med klimaendringene er utviklingshastigheten. Samtidig kan hastigheten også være en god grunn til bekymring, forteller Odd-Gunnar Wikmark, forskningsleder ved Norce – Genteknologi, miljø og samfunn, til GENialt.

Klimaet forandrer seg raskt og etablerte nyttevekster kan få utfordringer i områder hvor de tidligere har trivdes. Men om de genredigerte, klimatilpassede plantene formerer seg med ville slektninger, risikerer en at genvariantene kan spre seg ut i naturen. Vilt raigras, som Rognli forsker på, vokser allerede på Jæren og Vestlandskysten.



Gressengen ved Vågønes forsøksgård i Bodø ble innkapslet i is en vinter. Den påfølgende våren var det store skader på engen, som ikke hadde oppstått om beskyttende snø hadde lagt i stedet. Dette vil bli et typisk problem nordpå ifølge Rognli. Foto: Arild Larsen.





Odd Arne Rognli, professor i genetikk, evolusjon og planteproduksjon ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Foto: Privat



Odd-Gunnar Wikmark, forskningsleder ved Norce - Genteknologi, miljø og samfunn. Foto: Privat

## » Vi må bruke teknologien som er til stede, så lenge det er hensiktsmessig

### Risiko for spredning av genvariant

– Hvilke følgeskader som kan komme i kjølvannet av spredningen av en genredigert genvariant er et åpent spørsmål, men det vi vet, er at det vil være helt avhengig av selve genvarianten. Enkelte planter kan nok få en større miljørisiko, og enkelte kan nok få en mindre risiko. Derfor trenger vi gode sporings- og deteksjonsmetoder for å forstå og studere konsekvensene når disse plantene tas i bruk, fortsetter Wikmark.

Foreløpig er ingen genredigerte planter tatt i bruk i Europa, men i en pågående politisk prosess i EU er genteknologilovverket oppe til debatt. Forslaget som EU-kommisjonen la frem i juli 2023 innebærer at genredigerte planter med naturlig forekommende endringer ikke skal omfanges av krav til sporing og deteksjon. Om dette forslaget går gjennom, er Wikmark bekymret for at vitenskapen ikke vil være i stand til å forstå hva konsekvensene blir av all genredigering.

– Dersom det blir en åpnere politikk og lovgivning for genredigering i EU, da kan det komme mye genredigerte planter fort, forteller Wikmark.

### En nødvendig risiko?

Men Wikmark er åpen for at klimaendringene kan føre til at man bør ta i bruk genredigering i landbruket.

– Jeg er usikker på om det er nødvendig, men det i hvert fall lurt. Vi må bruke teknologien som er til stede, så lenge det er hensiktsmessig. Vi må være nøye på at de produktene som utvikles er best egnet til å løse de problemene som vi ønsker skal løses. Og for å oppnå det trengs det regelverk og insentivordninger som sikrer at det faktisk er klimatilpassede planter som utvikles. Alternativet er at det kan bli et profittjag fra industrien som fort kan tjene helt andre interesser, forteller Wikmark.

Norce-forskeren ønsker en tilpasset regulering, som gjør det mulig å stille de riktige spørsmålene til de riktige produktene, velkommen.

### Genetisk klimatilpassing blir viktig

– For å klimatilpasse norsk planteproduksjon trenger vi genetikk og planteforedling. Samtidig kan også endrede dyrkningspraksiser bidra til mer stabile og robuste avlinger, men det tror jeg vil være av mindre betydning, sier professor Odd-Arne Rognli.

Han trekker også frem at dyrkningsmetoder som regenerativt landbruk har potensial til å gi økt stabilitet i forhold til klima, men at det trengs mer forskning for å finne ut hvordan disse dyrkningsmetodene kan bidra i norsk sammenheng.

Wikmark, som selv holder til i de nordligste deler av landet, er bekymret for de store områdene dyrket mark han ser ligge i brakk i sin landsdel.

– Jeg forstår det kan være vanskelig med lønnsomheten, men dagens situasjon med stor grad av import og lave matpriser i butikken må endres. Situasjonen i dag bekymrer meg, avslutter Wikmark. ♦

### Forslag til ny regulering for genredigerte planter i EU

EU-kommisjonen har levert EU-parlamentet et forslag til ny forordning for genredigerte planter uten fremmed DNA.

Forslaget definerer planter tilvirket med nye genomiske teknikker som NGT, og ikke som genmodifiserte organismer (GMO).

NGT-planter vil, hvis forslaget blir vedtatt, få en raskere vei til markedet ved at plantene skal gjennom mindre omfattende risikovurdering.



# Hvordan finne oppskriften på akkurat meg?

Visste du at DNA-et ditt, oppskriften på akkurat deg, er laget av seks milliarder byggesteiner? Og at det ligger en kopi av denne oppskriften i alle cellene i kroppen din?

Av Jørgen Glette Strand (14 år)

SmåGENialt har intervjuet Eivind Valen, professor ved Institutt for biovitenskap ved Universitetet i Oslo, om hvordan man kan finne og lese oppskriften på hver enkelt av oss.

## – Hva er DNA?

– Alle levende vesener, fra planter og insekter til mennesker, har en oppskrift. Denne er skrevet i det vi kaller DNA og består av fire forskjellige byggesteiner som vi har gitt navnene A, C, G og T. Disse byggesteinene er lenket sammen i lange tråder og oppskriftene på alle levende vesener er rett og slett rekkefølgen disse er satt sammen i.

Vanligvis består DNA av to slike tråder med byggesteiner som er “klistret” til hverandre. For i tillegg til å forme disse lange trådene, binder nemlig byggesteinene seg også sammen i par. Så A og T kan feste seg til hverandre og C og G kan feste seg til hverandre. Så på de to sammenklistrede DNA-trådene er det slik at hvis vi har en A på den ene tråden så er det alltid en T på den andre, og hvis vi har en C så er det alltid en G. Disse to trådene er snurret rundt hverandre og danner det vi kaller en dobbel heliks, som ligner en spiraltrapp.

## – Hvor finner jeg DNA-et mitt?

– Kroppen din består av trillioner av celler og inne i hver av disse ligger faktisk en komplett kopi av DNA-et ditt. Så hver eneste celle har faktisk oppskriften på hele kroppen din. DNA-et er pakket godt sammen og beskyttet inne i kjernen av disse cellene, og hvis man vil ha



Jørgen Glette Strand (14 år) har intervjuet professor Eivind Valen om hvordan man kan lese oppskriften på hver enkelt av oss.  
Foto: Mette Risa/Bioteknologirådet



Oppskriften på deg er som en bok skrevet på et fremmed språk med et alfabet med bare fire bokstaver. Boken beskriver hvordan kroppen din skal bygges, hvordan den skal vokse og hvordan den skal fungere.  
Illustrasjonsfoto: iStock

det ut må man bruke kjemikalier for å først ødelegge og åpne opp cellene og deretter å rense DNA-et.

## – Hvordan kan jeg lese mitt DNA?

– Oppskriften på deg er rekkefølgen på de fire byggesteinene. Der noen har en A, har kanskje du en T, og motsatt. I gamle dager var det vanskelig å lese DNA, men i dag er det ganske enkelt siden det finnes maskiner som kan skrive det ut på et ark eller en skjerm for oss. DNA har tross alt kun fire bokstaver, så når man ser oppskriften på et menneske skrevet ut på et ark så ser det bare ut som milliarder av A, C, G og T-er, for eksempel “TTGCTCCAACAGTACTGGCGG”. Så alle som kan lese, kan også på en måte lese DNA.

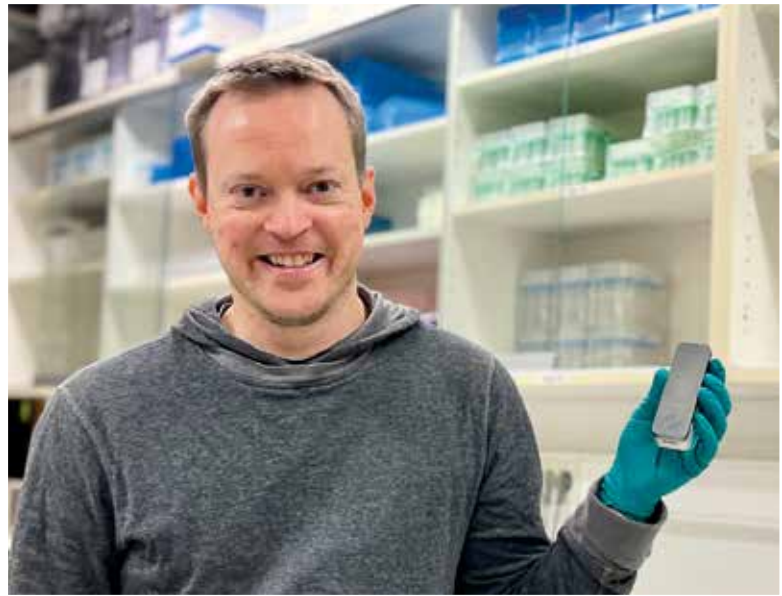
Men det å forstå hva det vi leser faktisk betyr, er veldig vanskelig.

## – Hvorfor har vi DNA?

– Vi har arvemateriale fordi det er veldig lurt for levende vesener å bevare sine gode egenskaper og gi disse



I 1987 brukte man maskiner som denne til å lese DNA.  
Foto: Giac83, CC BY-SA 2.5  
via Wikimedia Commons



I dag kan professor Eivind Valen lese DNA med en maskin som får plass i hånden. Foto: Privat



Det ligger en kopi av din DNA-oppskrift i alle cellene i kroppen din. Illustrasjonsfoto: iStock

videre til sine barn. Uten arvemateriale ville det vært umulig for celler og mennesker å eksistere fordi oppskriften på menneskekroppen og cellene den består av ikke ville blitt tatt vare på.

Hvorfor arvematerialet vårt består av akkurat DNA er nok kanskje en historisk tilfeldighet. Det kan godt være at andre molekyler også kunne gjort nytten og det er flere forskere som prøver å finne ut av hvordan liv og arvemateriale opprinnelig oppstod her på jorden.

#### – Er det mulig å lage menneske-DNA fra bunnen av?

– Ja, det er nok mulig, men teknologien er ikke helt moden ennå. Vi kan allerede lage helt nytt DNA og i teorien kunne vi laget en ny menneskeoppskrift, puttet dette inn i en menneskelig eggcelle og så latt den vokse. Dermed kunne vi laget et helt nytt menneske uten foreldre og uten DNA som stammer fra et menneske. Foreløpig er det vanskelig å lage veldig lange DNA-tråder sånn som oppskriften på et menneske. Og det er veldig vanskelig å putte dette inn i en celle og få den til å vokse videre. Så vi har ikke

helt teknologien til å gjøre dette ennå, men forskere har faktisk klart å lage bakterier på denne måten, med helt nytt DNA laget i et laboratorium.

#### – Hvor stort er DNA?

– DNA kommer i alle størrelser og er veldig avhengig av hvilken dyr, plante eller bakterie man ser på. Oppskriften på et menneske er ganske lang sammenlignet med mange andre dyr, men tar likevel veldig liten plass. Det kan kun sees med veldig spesielle kraftige mikroskop og selv da er det vanskelig å se noen detaljer. Likevel er DNA-trådene ganske lange og det er slik at hvis man strakk ut DNA-et ditt fra én celle så ville det bestått av omtrent 6 milliarder byggesteiner og være ca. to meter langt.

#### – Hvordan lærte du å lese DNA?

– Jeg jobbet først med programmering og informatikk og kunne derfor en del om det å finne mønstre og sammenhenger. Dette hjalp meg å tyde litt av “DNA-språket” fordi jeg kunne programmere datamaskiner til å hjelpe meg å finne for eksempel gener eller andre koder som gjemmer seg i DNA-et.

Returadresse:  
Bioteknologirådet,  
Edvard Griegs vei 3B,  
5059 Bergen



---

## Bioteknologirådet ønsker velkommen til

# Bioteknologidagen 2024

---

Du får blant anna høyre meir om:

- Oppskrifta på alt liv i Noreg
- Syntetisk biologi i framtida
- Biologiske våpen og trugsmål
- Fosterdiagnostikk og abort

Tid: 18.30 onsdag 14. februar

Stad: Domus Bibliotheca, Karl Johans gate 47, Oslo

Bioteknologidagen er ein del av Livsvitenskapskonferansen – Norway Life Science 2024

---

[bioteknologiradet.no](https://bioteknologiradet.no)

---

## Biotekquiz

---

### Spørsmål

1. Kva heter det når ei hofluget kan legge ubefrukta egg som gir levende avkom?
2. Kva heter blodprøven ein tek av gravide for å analysere foster-DNA?
3. Kva plante kan lyse i mørkeret?
4. Er det tillate å bruke levende organismar som våpen?
5. Kva blir dyrka på to tredeler av dyrka mark i Norge?

---

1. Partenogenese 2. NIPT 3. Ein genmodifisert petunia  
4. Nei. Dei fleste land i verda har slutta seg til konvensjonen mot bruk av biologiske våpen. 5. Gras