

GENialt

Tidsskrift fra Bioteknologirådet // 3-2026 // 35. årgang

småGENialt
Hjelpsomme
bakterier
side 22



Nye GMO-regler *for en ny tid*

s. 4

KI-jakt etter
*DNA-ets skjulte
instrukser* s. 10

Peptid-trenden:
*Sjølvoptimalisert
eller prøvekanin?* s. 14



I sommar vedtok EU dei største endringane i GMO-regelverket sitt på over 20 år. Nye reglar skal gjere det enklare å ta genredigerte matplanter frå forskning til åkeren, men vekker samstundes debatt om merking, patent og forbrukarane sin valfridom. Illustrasjon: sasirin pamal/iStock

Leiar: EU, NGT og EØS – hva vil skje i Norge?	3
Nye GMO-regler for en ny tid	4
6 om maten, NGT og GMO	8
KI-jakt etter DNA-ets skjulte instruksjoner	10
Embryomodellar på romferd	12
Genredigering mot høgt kolesterol	12
Norges første klonede hest	13
Peptid-trenden: Sjølvoptimalisert eller prøvekanin?	14
Algegener lyser vei inn i hukommelsen	18
Speil, speil på lab-en der – Fra nye legemidler til liv som ikke bør skapes	20
SmåGENialt: Hjelpsomme bakterier	22

GENialt 3-2026 // 35. årgang

Redaksjonen avslutta: 31.08.2026
 Ansvarleg redaktør: Petter Frost
 Redaktør: Mette Risa
 Redaksjon: Anne Marit Ryen, Joachim Kjesbu, Stine Hufthammer Indrelied, Svein Isungset Støve
 Opplag: 3950
 Utgivar: Bioteknologirådet
 Adresse: Bioteknologirådet, Edvard Griegs vei 3b, 5059 Bergen
 Internett: www.bioteknologiradet.no
 E-post: post@bioteknologiradet.no
 Design: Dugg Design AS
 Trykk: Byråservice AS
 ISSN (trykt utgave) 0804-225X
 ISSN (nettutgave) 1502-7619

Bioteknologirådet er eit frittstående, 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 organismer (genteknologiloven).

Bioteknologirådet gir råd i saker som gjeld bruk av bio- og genteknologi i samband med menneske, dyr, plantar og mikro-organismer. 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 2026 har Bioteknologirådet eit budsjett på 14,5 millionar kroner.



6



12



18



Hva skjer i Norge?

Det blir enklere å utvikle nye planter med genteknologi i Europa. Men det er uklart når, og hvordan, de nye reglene vil bli gjeldende i Norge og resten av EØS-området.

Etter flere år med utredning og diskusjoner ble det i juni enighet i EU om å gjøre det enklere å bruke genredigering til å utvikle nye planter. Dette er en utvikling som det sittende Bioteknologirådet anbefalte for to år siden: Også i Norge bør det nå legges til rette for bruk av ny genteknologi som kan bidra positivt til bærekraft og til nytte i samfunnet. Det bør bli enklere å utvikle nye planter som tåler et varmere klima bedre. Det bør være mulig å kunne utvikle planter som er mer motstandsdyktig mot sykdom og som potensielt gir mindre bruk av plantevernmidler. Det samme gjelder for planter som på denne måten kan bli mer næringsrike eller gir større avlinger.

Innen to år skal alle EU-landene ha tatt i bruk de nye reglene, som dermed blir gjeldende hos vår største handelspartner. Detaljene rundt dette kan du lese mer om på de neste sidene. Men hva vil skje i Norge? Det er fortsatt uklart.

Det nye regelverket EU har vedtatt er EØS-relevant. Det vil si at det gjelder på et område som er omfattet av EØS-avtalen. Da er det lett å tenke at de nye reglene også vil gjelde i Norge innen to år, men det er

høyst usikkert. Norge er bundet av EØS-avtalen, men samtidig har vi og andre EØS-land også det som kalles et «etterslep». Regelverk og forordninger som skulle vært tatt inn i nasjonale regelverk i EØS-landene, men som av forskjellige grunner ikke har blitt det.

Den eldste saken på etterslepslisten er nettopp fra genteknologi-feltet; EUs Mat- og fôrforordning. Den har ligget på vent siden 2002. I 2023 varslet regjeringen at de skulle jobbe aktivt for å få ned EØS-etterslepet for å få et ensartet regelverk i EØS-området, og listen ble en periode kortere.

Men Mat- og fôrforordningen er fremdeles på vent. Hva betyr det for de nye EU-reglene om bruk av genredigering på planter?

Det er fortsatt uavklart. Det er uavklart hva som blir reglene i Norge og uavklart når eventuelle endringer i de nye reglene blir gjeldende fra. For alle som er involvert i matproduksjon i Norge vil denne situasjonen være utfordrende. Forskere, planteutviklere, bønder, havbruksselskaper og matprodusenter ellers trenger forutsigbarhet. De må i god tid vite om de nye reglene også vil bli gjeldende for Norge. Skal de satse på å utvikle plantesorter som er spesielt egnet for norsk matproduksjon med genteknologi eller ikke? Hva betyr utvikling i EU for norske rammebetingelser? Blir det norske særkrav eller ikke?



Vi i Bioteknologirådet er delt i synet på om Norge bør ha slike særkrav som vi har i dag. Et klart flertall ønsker like regler i Norge og EU, mens mindretallet ønsker å beholde fortsatt norsk handlingsrom i GMO-politikken. Uansett syn på dette, vil usikkerheten bli stadig vanskeligere å håndtere for alle som er involvert i matproduksjon i Norge.

Marianne Aasen

» Også i Norge bør det legges til rette for bruk av ny genteknologi som kan bidra positivt til bærekraft og til nytte i samfunnet.



Illustrasjon: sasirin pamal/iStock

Nye GMO-regler for en ny tid

I sommer vedtok EU de største endringene i sitt GMO-regelverk på over 20 år. Nye regler skal gjøre det enklere å ta genredigerte matplanter fra forskning til åkeren, men vekker samtidig debatt om merking, patenter og forbrukernes valgfrihet.

Av Stine Hufthammer Indrelid

» Kommissjonens gjennomgang konkluderte med at GMO-regelverket ikke holdt tritt med utviklingen.

DEN 17. JUNI GA Europaparlamentet grønt lys til en ny forordning for planter utviklet med såkalte nye genomteknikker (NGT) (se faktaboks). Vedtaket innebærer at EU for første gang skiller mellom ulike typer genmodifiserte planter. Planter med genetiske endringer som EUs eksperter mener også kunne oppstått naturlig, eller gjennom tradisjonell planteforedling, skal få en langt enklere regulering enn andre GMO-er. Målet er å styrke innovasjon og konkurransekraft i europeisk planteforedling og samtidig tilrettelegge for bærekraftig matproduksjon.

Regler for en annen tid

Dagens GMO-regelverk ble utviklet tidlig på 1990-tallet. Da var genmodifisering nesten ensbetydende med transgene planter, altså planter som hadde fått satt inn gener fra andre arter. GM-plantene som kom på markedet da, og som fortsatt dominerer i dag, er blant annet soya, bomull, mais og raps med gener fra bakterier. Disse plantene er typisk gjort motstandsdyktige mot visse typer insekter eller bestemte ugressmidler.

Men siden den gang har forskere oppdaget og utviklet flere nye metoder og verktøy, der det viktigste er genredigeringsverktøyet Crispr. Crispr gjør det mulig å gjøre målrettede genetiske endringer i plantens egne gener, også uten å sette inn fremmed DNA. Med flere og mer målrettede genteknologiske verktøy tilgjengelig er det også blitt enklere å utvikle planter med et bredere spekter av egenskaper. Forsker jobber i dag blant annet med å utvikle planter som tåler krevende klimatiske forhold bedre, er mer motstandsdyktige mot sykdom eller krever mindre bruk av plantevernmidler.

I 2018 slo EU-domstolen fast at også planter utviklet med slike nye genredigerings-teknikker, uten innsetting av DNA fra andre arter, skulle reguleres som GMO. Dommen ga EU et strengere regelverk enn

det som gjelder i mange andre land, der genredigerte planter uten fremmed DNA ofte behandles på samme måte som planter utviklet gjennom konvensjonell planteforedling. Flere av EUs medlemsland var uenige i avgjørelsen og ba derfor Europakommisjonen om å vurdere om regelverket fortsatt var formålstjenlig. Kommissjonens gjennomgang konkluderte med at GMO-regelverket ikke holdt tritt med utviklingen, og at Europa risikerte å tape både innovasjon og konkurransekraft sammenlignet med viktige handelspartnere. I 2023 la Kommissjonen derfor frem et forslag til nytt regelverk. Det ble starten på flere år med omfattende politiske forhandlinger.

Tre spørsmål som splittet EU

Diskusjonene i EU har særlig dreid seg om tre spørsmål: Hvor mye kontroll trengs for planter med genetiske endringer som også kunne oppstått naturlig? Skal forbrukerne få vite om maten er utviklet med genredigering? Og skal selskaper ha lov til å patentere genredigerte planter og genetiske løsninger?

Tilhengerne av et enklere regelverk mente at planter som genetisk tilsvaret det som kunne oppstått naturlig eller gjennom tradisjonell planteforedling ikke bør møte strengere krav enn konvensjonelt foredlede planter. Motstanderne mente derimot at også mindre genetiske endringer kan gi uventede effekter. Derfor har de ønsket å beholde krav om risikovurdering, sporbarhet og merking for alle genredigerte planter.

Merking og valgfrihet

Et annet stridsspørsmål har dreid seg om forbrukernes mulighet til å gjøre informerte valg. Organisasjoner som er kritiske til regelendringen, mener mat fra genredigerte planter bør merkes i butikk. Uten slik merking vil det ikke være mulig for forbrukerne å velge bort produkter fra NGT1-planter. Motstanderne frykter også at mindre krav til sporbarhet vil gjøre det

vanskeligere å holde NGT-planter adskilt fra andre planter og produkter, blant annet i økologisk produksjon.

Tilhengerne mener på sin side at særskilt merking ikke er nødvendig hvis plantene har genetiske endringer som også kunne oppstått naturlig eller gjennom tradisjonell planteforedling.

Patenter: Hvem skal eie plantene?

Et tredje spørsmål det har vært særlig vanskelig å komme til enighet om, dreier seg om patenter. Debatten handler om balansen mellom å belønne innovasjon, og å sikre at viktige genetiske ressurser forblir tilgjengelige for planteforedling.

Et patent gir en tidsbegrenset enerett til å utnytte en oppfinnelse kommersielt. Hensikten er et det skal kunne være lønnsomt å investere i forskning og utvikling. Samtidig er planteforedling spesielt fordi nye plantesorter nesten alltid bygger på eksisterende sorter og genetiske egenskaper. Kritikere frykter at omfattende patenter kan gjøre det dyrere og vanskeligere for mindre planteforedlere å utvikle nye sorter, og gi noen få store frø- og bioteknologiselskaper for stor kontroll over viktige genetiske ressurser. Diskusjonen blir ekstra krevende fordi mange av de genetiske variantene og egenskapene som er interessante i planteforedling, også finnes naturlig.

Etter flere år med forhandlinger har Europakommisjonen, Europaparlamentet og medlemslandene blitt enige om en rekke kompromisser for å møte bekymringer fra ulike interessegrupper og sikre et flertall. Les mer om hva EU har bestemt i faktaboksen.

Hva betyr det for Norge?

EU-landene har nå to år på seg til å innføre reglene. De nye NGT-reglene vil i hovedsak være gjeldende fra 17. juli 2028. Fram til da skal EU-kommisjonen legge til rette for at det nye regelverket kan tas i bruk. Blant annet

>>

» Siden GMO-regelverket er EØS-relevant, skal det i utgangspunktet også implementeres i Norge.

skal det fastsettes hvilken konkret informasjon som må legges fram for å dokumentere at en plante oppfyller vilkårene for å regnes som en NGT 1-plante, slik at regelverket praktiseres likt på tvers av medlemsland. Siden GMO-regelverket er EØS-relevant, skal det i utgangspunktet også implementeres i Norge. En kompliserende faktor er at Norge allerede har et etterslep av EØS-relevant regelverk på GMO-feltet som kan måtte behandles samlet. Derfor er det foreløpig usikkert når de nye reglene vil gjelde i Norge.

Dersom Norge følger EU, vil NGT1-planter få en langt enklere regulering også her. For planteforedlere og forskere i Norge som jobber med genredigering av planter, kan de nye reglene gjøre veien fra forskning til nye produkter på markedet kortere og enklere. Særlig offentlige forskningsmiljøer og mindre utviklere kan få bedre muligheter, fordi NGT1-planter slipper den omfattende og kostbare godkjenningsprosessen som gjelder for tradisjonelle GMO-er. På sikt kan det kan gi flere plantesorter tilpasset norske forhold, for eksempel hvetesorter som gir mer stabil matkvalitet i år med krevende vær, eller poteter og jordbær som er mer motstandsdyktige mot soppsykdommer og derfor krever mindre bruk av plantevernmidler.

For landbruket kan regelendringen gi tilgang til nye plantesorter bedre rustet mot klimaendringer, sykdom og ustabile dyrkingsforhold. For oppdrettsnæringen kan det gjøre det lettere å ta i bruk nye plantebaserte fôrråvarer. Samtidig kan norske produsenter møte nye konkurransevilkår dersom EU-land tar teknologien raskt i bruk mens Norge venter. Men det er ikke gitt at norske bønder, oppdrettere eller matprodusenter vil ta i bruk slike råvarer.

Det har lenge vært sterk skepsis i deler av norsk landbruk og sjømatnæring, blant annet av frykt for negative reaksjoner fra forbrukere. Et sentralt spørsmål blir derfor om holdningene endrer seg når NGT1-planter ikke lenger skal reguleres eller merkes som tradisjonelle GMO-er.

For deg som forbruker kan den største endringen være at mat fra genredigerte planter etter hvert kan komme i butikken uten egen merking. Da blir det desto viktigere med god informasjon om hvordan maten er utviklet og hva genredigering faktisk innebærer. ♦

Nye regler for GMO

Nye genomteknikker (NGT) er nyere metoder som gjør det mulig å gjøre målrettede endringer i en organismes arvemateriale, også uten å sette inn gener fra en annen art. Det inkluderer blant annet genredigering med Crispr.

Hva har EU bestemt?

- EU deler NGT-planter inn i to kategorier som skal reguleres forskjellig:
 - **NGT-1:** Planter med mindre genetiske endringer som kunne oppstått naturlig eller ved vanlig planteforedling.
 - Skal i hovedsak reguleres som konvensjonelt foredlede planter, uten spesielle krav til risikovurdering, sporbarhet og merking som gjelder andre GMO-er.
 - Planter utviklet for å være plantevernmideltolerante og planter som produserer insektsgift kan ikke klassifiseres som NGT-1.
 - **NGT-2:** Planter med mer omfattende genetiske endringer.
 - Skal fortsatt reguleres etter EUs eksisterende GMO-regelverk, med krav om spesiell risikovurdering, godkjenning, sporbarhet og merking.
- **Merking og sporbarhet:** NGT-1-planter og produkter skal ikke merkes i butikk, men frø skal merkes og plantene registreres i en offentlig EU-database. NGT-2-planter skal fortsatt merkes og kunne spores gjennom hele verdikjeden.
- **Patenter:** EU tillater at NGT kan patenteres, men ikke egenskaper eller genetiske sekvenser som finnes naturlig, eller har oppstått gjennom biologiske prosesser.
- **Økologisk produksjon:** NGT-1-planter kan ikke brukes i økologisk landbruk da genmodifiserte organismer ikke er tillatt i økologisk drift. Uunngåelige spor av NGT-1 i produksjonen skal ikke regnes som brudd på reglene.
- I første omgang gjelder endringene i EU kun for planter. Det er også diskusjoner om NGT-dyr og -mikroorganismer.

Seks om maten, NGT og GMO

EU har endret reglene for bruk av visse typer genredigering på planter. GENialt har spurt seks eksperter fra forskjellige felt om hva de tenker om det som har skjedd.

Av Stine Hufthammer Indreli



Hans Emil Glestad, administrerende direktør hos Graminor, som utvikler plantesorter til jord- og hagebruksnæringen i Norge.

Hva mener Graminor om disse regelverksendringene?

– Graminor ser positivt på endringene. Nye genomiske teknikker (NGT) vil kunne bli et nyttig nytt verktøy i vår planteforedlingsverktøykasse, og vi er åpne for å ta i bruk ny teknologi i tråd med det norske regelverket. Et tydelig og proporsjonalt regelverk vil være viktig for at teknologien skal kunne bidra til norsk planteforedling.

Hva tror du et enklere regelverk for genredigerte planter vil bety i praksis for Graminors arbeid med å utvikle nye plantesorter?

– Et enklere regelverk kan gjøre det mulig for NGT å bli et verdifullt verktøy i våre foredlingsprogram, spesielt i kombinasjon med vår satsing på speed breeding. Det kan for eksempel brukes til å fremskynde utviklingen av sykdomsresistens. På potet samarbeider Graminor for tiden med partnere i hele verdikjeden for å utvikle NGT-protokoller og identifisere gener som kan bidra til bedre resistens mot tørråte. Våre største bekymringer når det gjelder den praktiske bruken av NGT er regelverket, og særlig immaterielle rettigheter (IPR).



Marte von Krogh, daglig leder i GMO-nettverket, en paraplyorganisasjon som arbeider for å sikre forbrukere og matprodusenter retten til å velge GMO-fri mat, fôr, frø og dyr.

Hva mener GMO-nettverket om regelverksendringene?

– NGT-forordningen innebærer et grunnleggende skifte i reguleringen av genmodifiserte planter i EU. GMO-nettverket mener at Norge ved en implementering må sikre et nasjonalt handlingsrom som gjør det mulig å ivareta legitime demokratiske hensyn knyttet til naturforvaltning, matberedskap, markedsmakt, eierskap til (genetikk og) frø og planter, og bønders og forbrukeres valgfrihet når bruk av genteknologi dereguleres.

Hva tror du endringene vil bety i praksis for medlemsbedriftene og organisasjonene dere representerer?

– For mange av våre medlemsorganisasjoner handler dette først og fremst om å bevare valgfrihet og tillit i verdikjeden. Når NGT-1-produkter kan omsettes uten merking i EUs indre marked, blir sporbarhet, tilgang til informasjon og rettfærdige sameksistensregler avgjørende for produsenter, foredlingsindustri, handel og forbrukere, og vi er bekymret for hvordan dette kan ivaretas. ♦



Leif Kjetil Skjæveland, samfunnskontakt og bærekraftansvarlig hos Skretting, et selskap som utvikler fiskefôr til oppdrettsbransjen.

Hva mener Skretting om disse regelverksendringene?

– Vi ser positivt på at EU oppdaterer regelverket for genredigerte planter. Teknologien kan bidra til mer robuste og bærekraftige råvarer med egenskaper som høyere avlinger, bedre sykdomsresistens og forbedret næringsinnhold, forutsatt at de er trygge for mennesker, dyr og miljø. Det er viktig når vi har økende behov for matproduksjon i en tid med klimaendringer og geopolitisk usikkerhet.

Hva tror du en enklere regulering av genredigerte planter kan bety for tilgangen på, og bruken av, nye fôrvarer?

– For fôrindustrien kan enklere regulering bidra til økt tilgang på nye og mer bærekraftige råvarer. Samtidig er det viktig at Norge ikke utvikler et regelverk som gjør at norsk havbruk får dårligere tilgang til innovasjon enn våre viktigste konkurrenter og handelspartnere.

>>



Marianne Aasen, leder i Bioteknologirådet

Hva mener Bioteknologirådet om disse regelverksendringene?

– Et samlet Bioteknologiråd har tidligere anbefalt at norsk GMO-regelverk i større grad bør skille mellom ulike typer genetiske endringer. Risikovurderingene og godkjenningsprosedyrene for NGT-1-planter bør forkles slik at det bedre legges til rette for utvikling av produkter som kan bidra positivt til bærekraft og være til nytte på en eller annen måte i samfunnet. EUs nye regler går derfor i retning av det rådet tidligere har anbefalt.

Hva kan endringene bety i praksis i Norge?

– Betydningen for Norge vil avhenge av hvordan vi følger opp det nye regelverket. Forordningen er EØS-relevant, og dersom den tas inn i EØS-avtalen, vil den også få betydning for reguleringen av genredigerte planter i Norge. Norsk og europeisk regelverk henger tett sammen, og et flertall i Bioteknologirådet mente i en fersk uttalelse at Norge bør følge EUs GMO-regelverk tettere og unngå særnorske krav og prosesser. For den nye NGT-forordningen vil det innebære å legge til rette for en mest mulig harmonisert gjennomføring gjennom EØS.



Tage Thorstensen, forsker ved Divisjon for bioteknologi og plante-helse, Norsk institutt for bioøkonomi

Hva synes du som er forsker i plantebioteknologi, og bruker genredigering i eget arbeid, om disse regelverksendringene?

– Dette er svært positivt fordi europeiske forskningsmiljøer, foredlere og matprodusenter nå kan ta i bruk genredigering til å utvikle nye sorter som er mer klimatilpasset, næringsrike og som gir høyere avlinger på en mer effektiv og målrettet måte. Endelig kan disse plantene nå komme på markedet. Det er viktig for europeisk konkurransekraft fordi vi nå kan ta i bruk den samme teknologien som store deler av resten av verden. Dette har vi ventet på siden vi begynte å bruke genredigering for å utvikle matplanter som er mer resistente mot sykdom for 11 år siden.

Hva tror du endringene vil bety i praksis for forskning og utvikling av genredigerte planter i Norge?

– Nå forventer jeg at regelendringene vil tas inn i det norske regelverket og implementeres samtidig som i EU i 2028. Endringene vil ha mindre å si for forskning, for det har vi alle muligheter til allerede. Det vil imidlertid ha veldig mye å si for utvikling og forbedring av sorter som er tilpasset norske forhold og som gjør det mulig å redusere behovet for å importere plante-materiale fra utlandet. Endringene er viktig for å få med private selskaper og investorer som er avgjørende for å utvikle og kommersialisere de nye sortene.



Gaute Lenvik, administrerende direktør i Norsk Landbrukssamvirke, en interesseorganisasjon for 17 bondeideide samvirkebedrifter i norsk landbruk.

Hva mener Norsk Landbrukssamvirke om disse regelverksendringene?

– Saken har ikke vært til drøfting i Norsk Landbrukssamvirke etter vedtakene, men som vi var tydelig på i høringen av NOU-en fra Genteknologiutvalget, er norsk matproduksjon og foredlingsindustrien avhengig av et felles regelverk med våre nærmeste handelspartnere. Det jeg antar er at forhold knyttet til forbrukerinformasjon og forvaltning vil bli tema for videre diskusjon.

Hva tror du en enklere regulering av genredigerte planter kan bety i praksis for norske bønder og landbruket?

– Det er et spørsmål som er vanskelig å svare på, da det foreløpig er få NGT-1-produkter i markedet. Hvilken betydning teknologien vil få, ikke minst økonomisk, samt hvordan sluttmarkedet møter NGT-1-produkter, vil være avgjørende for hvor stor betydning dette får for det norske landbruket.

Ønsker dere faglig påfyll til neste lærersamling?

Bioteknologirådet tilbyr gratis foredrag for lærere i videregående skole, fortrinnsvis ved fylkesvise samlinger. Foredragene tar opp aktuelle temaer der naturvitenskap, etikk og samfunn møtes. Ta kontakt med oss for mer informasjon eller for å avtale foredrag på post@bioteknologiradet.no



**Bioteknologi, genteknologi
og bærekraftig utvikling**



Nevroteknologi



**Aldring og livsforlengende
bioteknologi**



**Genterapi og genredigering
i mennesker**



Kloning



**Hvordan vil vi
lage barn i fremtiden?**



**Gamle kriminalsaker
løst med nye DNA-metoder**



Assistert befruktning



**Stamceller i
forskning og medisin**

Foredragene er relevant for kompetansemål innenfor Naturfag VG1 SF, biologi og de tverrfaglige temaene bærekraftig utvikling, demokrati og medborgerskap og folkehelse og livsmestring.

Alle foto: iStock



Illustrasjon: Alena Butusava/iStock

KI-jakt etter DNA-ets skjulte instruksjer

DNA-koden er kartlagt, men vi forstår fortsatt ikke hva store deler av arvematerialet betyr. Små variasjoner utenfor genene kan få store følger for genaktiviteten. Det nye KI-verktøyet AlphaGenome skal hjelpe forskere med å finne ut hvordan.

Av Joachim Kjesbu

DA DET MENNESKELIGE genomet ble kartlagt, fikk man oversikt over DNA-koden vår. Men på samme måte som at å kunne lese bokstaver ikke er det samme som å forstå betydningen av en tekst, er det å vite rekkefølgen på DNA-koden ikke det samme som å forstå hvilken funksjon alle deler av DNA-koden har.

Å lese mellom linjene

Når vi snakker om DNA, snakker vi også ofte om gener – altså oppskrifter på proteiner.

Men mesteparten av DNA-et er ikke gener, og store deler av det vi kaller «ikke-kodende DNA» ble lenge kalt «søppel-DNA». I dag vet vi bedre. Vi vet nå at noe av dette DNA-et har viktige oppgaver, mens funksjonen til andre deler fortsatt er uklar.

Nå har Google DeepMind, selskapet som utviklet proteinfoldingsprogrammet AlphaFold, utviklet et nytt program som skal bidra til å løse arvematerialets gåter. Det nye KI-verktøyet, AlphaGenome, er utviklet for å predikere hvordan DNA-

sekvenser, særlig i de ikke-kodende delene av genomet, påvirker genreguleringen.

Fra sekvens til funksjon

AlphaGenome er trent opp til å finne sammenhenger mellom DNA-sekvenser og biologisk aktivitet. Der språkmodellene folk flest bruker lærer sammenhenger mellom ord, prøver AlphaGenome å forutsi hvordan en DNA-sekvens henger sammen med aktivitet i cellene. Modellen er trent på DNA fra mennesker og mus og store mengder

» AlphaGenome er trent opp til å finne sammenhenger mellom DNA-sekvenser og biologisk aktivitet.

data fra tidligere vitenskapelig forskning. Slike data kan vise hvilke gener som er aktive, hvilke områder av DNA-et som er tilgjengelige for cellens maskineri, hvor proteiner som styrer genaktiviteten binder seg, og hvordan RNA skjøtes sammen. Det gjør at AlphaGenome, med utgangspunkt i én DNA-sekvens, kan gi en kvalifisert gjetning på hvordan sekvensen virker.

En million DNA-baser

Å bruke KI til å analysere DNA er ikke nytt, men tidligere verktøy har begrensninger. Én utfordring er at genregulering kan virke over store avstander. Kontrollområder som påvirker om og hvor mye et gen brukes, kan ligge langt unna genet langs DNA-tråden, men likevel komme nær når DNA-et foldes inne i cellekjernen. Samtidig kan en endring i én enkelt DNA-base være viktig. AlphaGenome analyserer opptil én million DNA-baser i sammenheng. Dermed kan modellen ta hensyn til kontrollområder som ligger langt unna et gen, samtidig som den kan anslå virkningen av en endring i én enkelt base.

I DeepMind-forskernes sammenligning matchet eller overgikk AlphaGenome de eldre modellene i 25 av 26 tester av hvordan DNA-varianter påvirker genreguleringen.

– Med én modell kan man se på effekten av en variant gjennom ulike linser og undersøke hvordan den påvirker ulike lag av molekylærbiologien. Tidligere måtte man kanskje bruke flere forskjellige modeller til den samme analysen, sier Natasha Latysheva, forsker i AlphaGenome-teamet, i en rundebordsamtale publisert av Google DeepMind.

Små endringer - store følger

Noen sykdommer skyldes mutasjoner inne i gener, men også variasjoner i ikke-kodende DNA kobles til sykdom. Det er nettopp slike sammenhenger AlphaGenome kan hjelpe forskere med å lete etter. Modellen kan brukes til å vurdere hvilke DNA-endringer som påvirker genaktivitet, slik at forskerne kan prioritere hvilke varianter som bør

undersøkes videre i laboratoriet. På sikt kan dette være nyttig i forskning på sjeldne sykdommer, der forskere ofte finner «uvanlige» DNA-varianter uten å vite om de har betydning for sykdommen.

Forskerne bak AlphaGenome testet modellen på DNA-varianter nær genet TAL1, som kan føre til kreft om det er regulert feil. En av variantene lå utenfor selve genet, men modellen indikerte at den kunne skape et nytt bindingssted for et protein som øker genaktiviteten. Slik kan en liten DNA-endring utenfor et gen påvirke hvordan genet brukes og bidra til sykdom.

Veiviser, ikke fasit

AlphaGenome er det andre store KI-verktøyet til Google DeepMind. Mens AlphaGenome predikerer hvordan DNA-sekvenser påvirker genaktivitet, predikerer AlphaFold den tredimensjonale formen til proteiner ut fra aminosyresekvensen.

AlphaFold revolusjonerte proteinforskningen da det ble presentert ved å gjøre det mulig å predikere proteinstruktur langt raskere enn før. To av forskerne bak KI-verktøyet, Demis Hassabis og John Jumper, fikk Nobelprisen i kjemi i 2024, sammen med den amerikanske biokjemikeren David Baker. AlphaFold viste hvor stor betydning KI kan få i biologisk forskning, og når DeepMind-gruppen nå lanserer et nytt verktøy rettet mot genomet, er forventningene høye.

Ingen av de nye KI-verktøyene erstatter laboratorieeksperimenter. AlphaGenome anslår mulige virkninger av en DNA-variant, men kan ikke alene avgjøre om et menneske vil utvikle en sykdom eller en bestemt egenskap. Men genom-modellen gir forskere en pekepinn på hvor de kan begynne å lete for å finne mulige årsaker. Genaktiviteten påvirkes også av blant annet cellype, utviklingsstadium, andre deler av genomet og miljøet. I tillegg har modellen fortsatt problemer med kontrollområder som virker over svært store avstander.

Likevel kan gode prediksjoner hjelpe for-

skere med å prioritere. I stedet for å undersøke tusenvis av mulige DNA-varianter like grundig i laboratoriet, kan de begynne med variantene modellen peker ut som mest interessante.

– Forhåpentligvis kan forskere bruke AlphaGenome til å få mest mulig ut av de begrensede ressursene og forskningsmidlene de har, sier Jun Cheng, forsker i AlphaGenome-teamet. ♦

Kilder:

Avsec. Ž. Nature (2026) doi.org/10.1038/s41586-025-10014-0
Google DeepMind. AlphaGenome author roundtable. YouTube (2026)

Fra søppel til funksjon

Når vi snakker om DNA snakker vi ofte om gener - oppskrifter på proteiner. Men bare en liten del av DNA-et vårt, ca. 1,5 prosent, er det som kalles proteinkodende DNA.

Det vi kaller «ikke-kodende DNA» ble lenge kalt «søppel-DNA» (junk DNA), da man ikke visste hvilken funksjon det hadde.

Forskning har vist at det i det ikke-kodende DNA-et finnes områder som kontrollerer genaktiviteten. De påvirker hvilke gener som brukes, når de brukes, og hvor mye RNA og til slutt protein, som blir laget. Variasjoner i disse områdene er derfor viktige, selv om de ikke endrer selve oppskriften på proteinet.

Når et gen kopieres til RNA, kan cellen også skjøte sammen delene av arbeidskopien på forskjellige måter, litt som å lage ulike varianter av en rett fra samme oppskrift. Dermed kan ett gen gi opphav til ulike RNA-molekyler og proteinvarianter.



Foto: Alejomiranda/iStock

Embryomodellar på romferd

Nyleg sendte kinesiske forskarar stamcellebaserte embryomodellar ut i verdsrommet. Målet er å undersøke korleis vektløyse og romstråling vil påverke dei tidlegaste stega i menneskeleg utvikling.

Av Svein Isungset Støve

– **KANSKJE KAN DETTE** hjelpe oss å forstå kva risikoar og utfordringar menneske kan møte dersom me ein dag skal bu lenge i verdsrommet, sa professor Yu Leqian, leiar av forskingsprosjektet, til Chinese Academy of Science i juni.

Yu Leqian leiar eit forskingsprosjekt som skal samanlikne embryomodellar som har utvikla seg i verdsrommet med tilsvarande modellar som har utvikla seg på jorda.

Embryomodellane er laga frå stamceller og kan ikkje utvikle seg til menneskebarn, men er gode modellar for å studere menneskeleg embryoutvikling. Den eine modellen etterliknar fassen der embryoet fester seg til livmorslimhinna, medan den andre modellen skal etterlikne fassen der cellene organiserer seg til det som skal bli ulike vev og organ.

Modellane blei laga like før oppskyting og frakta til den kinesiske romstasjonen Tiangong i eit lukka, automatisk inkubator-system, som skal overvake utviklinga. Etter fem dagar i rommet skal prøvane frysast ned og sendast tilbake til jorda for analyse.

Målet med forskinga er først og fremst å få kunnskap om korleis vektløyse påverkar embryoutviklinga, og korleis romstråling påverkar embryomodellane. Forskinga kan også gi eit innblikk i kva biologiske utfordringar som kan oppstå dersom menneske ein gong skulle forsøke å få barn utanfor jorda. ♦

Kjelder:

https://english.cas.cn/newsroom/cas-in-media/202605/t20260514_1159330.shtml
<https://global.chinadaily.com.cn/a/202605/19/WS6a0bbf19a310d6866eb49615.html>



Illustrasjon: Rasi Bhadramani/iStock

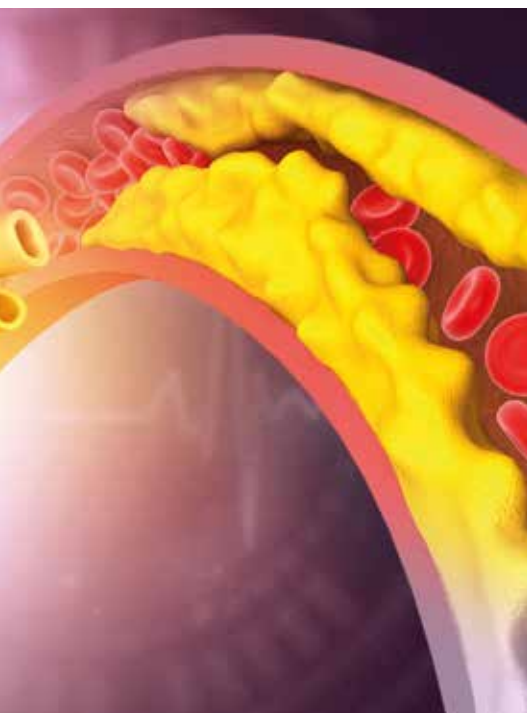
Genredigering mot høgt kole

Når anna medisinerer ikkje fungerer ein kunne genredigere levra til å senke

Av Svein Isungset Støve

HØGT KOLESTEROL er svært vanleg, særleg blant eldre, men det finst også arvelege tilstandar som fører til høgt kolesterol frå ung alder (familiær hyperkolesterolemi). Personar med denne tilstanden må i dag få behandling heile livet. Nyleg kom det lovande resultata frå ei klinisk utprøving av ein ny genredigeringsterapi, som ein håpar at kan gi ei langvarig reduksjon av kolesterol ved å gjere permanente endringar i DNA-et i levercellene.

Terapien er utvikla av firmaet Verve Therapeutics, og blei testa i ei utprøving der 35 deltakarar fekk behandling med ulike dosar. Hå dei deltakarane som fekk den høgaste dosen, gjekk den skadelege forma av kolesterol (LDL-kolesterol) ned med i snitt 62 prosent.



sterol

godt nok, kva om
kolesterolet?

Behandlingen er eit eksempel på in-vivo baseredigering, som vil seie at behandlinga skjer direkte i kroppen. Baseredigering er ein teknologi som kan gjera ei målretta «bokstavendring» i eitt særskilt gen. Målet for denne terapien er å slå av genet PCSK9 i levercellene, slik at kroppen lagar mindre PCSK9-protein og LDL-kolesterolet går ned.

Så langt finst det ingen godkjente in-vivo genredigeringsterapiar, der genredigeringa går føre seg direkte i kroppen. Ettersom ein gjer permanente DNA-endringar i celler i levra til pasienten, vil det trengst lang oppfølging for å vite om behandlinga er trygg nok. ♦

Kjelde:
Vafai, SB. et al., N Engl J Med (2026)
[www.doi.org/10.1056/NEJMoa2601283](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2601283)



Donkey Double til venstre, Donkey Boy til høyre. Foto: Privat

Norges første klonede hest

Hva gjør man når en spesielt verdifull hest blir skadet og ikke lenger kan brukes i konkurranse? Man får laget en kopi.

Av Stine Hufthammer Indrelid

DEN NORSKE HESTEEIEREN Kristin Andresen har fått klonet avlshingsten sin, Hesselhøj Donkey Boy. Våren 2026 ble to hingsteføll født i USA, og er med det de første klonede hestene med norsk eier. Klonen Donkey Double har nå blitt et halvt år gammel, men det andre føllet døde av sykdom urelatert til kloningen.

Kloningsteknologi brukes blant annet for å bevare genetikken til særlig verdifulle avls- og sportsdyr, og Donkey Boys gener er, bokstavelig talt, gull verdt. Han er en internasjonalt ettertraktet dressur- og avlshingst, men en skade i 2022 satte en brå stopper for sportskarrieren. Kommersielle selskaper i USA og flere andre land tilbyr imidlertid en løsning: Reproduktiv kloning.

Det aller meste av arvestoffet, den gene-

tiske oppskriften til et individ, ligger i cellekjerne i nesten alle kroppens celler. Kloningsselskapet ViaGen hentet derfor cellekjerener fra Donkey Boys hudceller og overførte dem til donoreggceller der den opprinnelige cellekjerne var fjernet. Egg utstyrt med Donkey Boys «oppskrift» ble stimulert til å utvikle seg til embryoer, som deretter ble satt inn i surrogathopper. Resultatet var to levende føll. Metoden er den samme som ble brukt til å kloner sauen Dolly i 1996.

Andresen planlegger å hente klonen til Norge, og håper å bruke Donkey Double i hestesport og avl. Kloning av krepssdyr og virveldyr, inkludert hester, er forbudt i Norge, men det er ikke forbudt å importere dyr klonet frem i et annet land. ♦

Peptid-trenden:

Sjølvoptimalisert eller prøvekanin?

I sosiale medium fløymer det over av videoar der influensarar og treningsprofilar promoterer peptid som skal gi raskare restitusjon, finare hud, eller ein kropp som eldast saktare. Kva er eigentleg peptid, og kva risiko tar ein ved å bruke dei?

Av Svein Isungset Støve

SKAL DET VÆRE EIN Wolverine stack etter trening, ein kombinasjon av peptida BPC-157 og TB-500, for at kroppen skal restituere seg raskare? Eller kva med ein brain stack, ein hjerneboost, bestilt direkte frå ein fabrikk i Kina?

Våren 2026 skreiv The New York Times om «Chinese peptide stacks» og at det trenda i sosiale medium. Influensarar promoterte billige peptid, korte kjeder av aminosyrer, kjøpte direkte frå firma i Kina.

Trenden har også kome til Noreg. Tolletaten rapporterer om aukande beslag av ulovlege peptid og injeksjonspreparat bestilt frå utlandet. Peptid er ei samlenemning på ein type molekyl med mange ulike funksjonar. Nokre peptid kan vere godkjente legemiddel, men peptida som vert promotert for sjølvoptimalisering i sosiale medium, har i mange tilfelle aldri vore testa i menneske. Dei blir bestilt frå utlandet og kjem tilsendt i posten i små hetteglas eller ferdigfylte

sprøyter. På innpakninga står det gjerne «for research purpose only», men peptida vert likevel promoterte og selde til privatpersonar.

Kva er eit peptid?

Peptid er småsøskenet til protein. Begge er laga av aminosyrer, men peptida er kortare kjeder. Aminosyrekjeder med færre enn om lag 50 aminosyrer vert gjerne kalla peptid, medan lengre kjeder vert kalla protein.



Injiserbare peptid blir mykje omtala i sosiale medium. Faksimile: skjermdump frå opne innlegg på Instagram.



Knut Teigen, professor ved Universitetet i Bergen Foto: Privat



Sara Viksmoen Wattle, overlege i Direktoratet for Medisinske produkt (DMP). Foto: DMP



Sofie Christensen, fylkeskoordinator, Antidoping Norge. Foto: Antidoping Norge

» Bestiller du eksperimentelle peptid frå ein gråmarknad, vert du prøvekanin for eit utesta molekyl.

Peptid oppstår til dømes når protein vert brotne ned i cellene våre, eller i mage og tarm når me fordøyer mat. Men nokre peptid vert også laga av kroppen sjølv, og fungerer som signalstoff som regulerer blodsukker, appetitt, vekst og utvikling, eller smerte og velværekjensle (sjå faktaboks).

Peptid kan også produserast i laboratoriet, enten ved kjemisk syntese eller ved hjelp av bioteknologi. Nokre slike peptid kan vere livsviktige medisinar som etterliknar, forsterkar eller blokkerer funksjonen til kroppens egne peptid eller signalstoff. Dette kan til dømes vere insulin som regulerer blodsukkeret vårt, eller det svært ettertrakta peptidet semaglutid, som er verkestoffet i diabetesmedisinen Ozempic og i «slankesprøyta» Wegovy, eit legemiddel som vert nytta av mange for vektreduksjon. Semaglutid etterliknar eit av kroppens eige signalstoff, GLP-1, både i bukspyttkjertelen der det reduserer blodsukkeret, og i hjernen der det aukar kjensla av mettheit og reduser svoltfølelsar.

Det er nettopp denne rolla som signalstoff og regulator av biologiske prosessar i kroppen, som gjer peptid så interessante som legemiddel. Ozempic og Wegovy blei for alvor populære i 2022 og 2023. Media omtala peptida som ein game-changer for vektreduksjon, og den eksplosive interessa gjorde at produsentane av legemiddelet

fekk leveringsproblem. Parallelt med dette starta ein breiare hype rundt injiserbare peptid i sosiale medium, ikkje berre for det godkjente «slankepeptidet» semaglutid, men også andre peptid som ikkje er godkjente legemiddel.

I dag har trenden skifta endå meir mot å finne nye og meir potente peptid, eller den perfekte kombinasjonen av ulike peptid, som saman skal gi endå betre effekt.

Tydeleg auke – trass høg risiko

Antidoping Norge rapporterer at dei i aukande grad får spørsmål om bruk av peptid i deira rådgivingsteneste, Dopingkontakten. Og der mange av spørsmåla til dopingkontakten tidlegare handla om bygging av musklar og trening, har spørsmåla endra seg dei siste åra.

– Det er ikkje lenger berre unge menn som ønsker å byggje musklar som tar kontakt, me vert kontakta både av gutar og jenter som har spørsmål om peptidbruk for å få ein slankare kropp, finare hud, restitusjon etter trening, eller læking av skadar, seier Sofie Christensen i Antidoping Norge.

Mange av spørsmåla dei får går på peptid som ikkje har godkjenning som legemiddel. Dei som tar kontakt har gjerne likevel sett seg godt inn i kva funksjon dei ulike peptida skal ha i kroppen.

– Men det verkar ikkje alltid som at dei som tek kontakt med oss har teke inn over

seg kor eksperimentelle nokre av desse peptida faktisk er, og kor lite kliniske data som ligg til grunn for mange av desse peptida, seier Christensen

Utesta og ulovleg

Kombinasjonar av ulike peptid vert kalla «peptide stacks». Ein av dei mest kjende kombinasjonane er til dømes «Wolverine stack», som skal gi raskare restitusjon etter trening. Namnet spelar på teikneseriefiguren Wolverine som kan lege seg sjølv nesten med det same han har fått ein skade. Kombinasjonen har vorte særleg populær etter at den tidlegare kampsportutøvaren Joe Rogan skrytte av egne erfaringar med den på podkasten sin.

Særleg eitt av dei to peptida i Wolverine stack har, som svært mange av dei andre peptida på gråmarknadane, vore gjennom svært lite eller ingen klinisk utprøving på menneske. Dette er utprøving som er heilt nødvendig for å skaffe informasjon om, og dokumentasjon på, at peptida er trygge å bruke for menneske. Dei fleste peptida har berre resultat frå celledstudiar, eller dyrestudiar, som grunnlag for påstandane om effekt og fråvær av biverknader. Men det er inga automatikk i at det som har effekt på mus, eller er trygt for mus, også er trygt og vil verke på menneske.

– Me ser igjen og igjen at molekyl som viser god effekt i celle- eller dyrestudiar



» For det første er mange av produkta ikkje prøvd ut i menneske, og me veit ikkje om dei verkar og er trygge å bruke. For det andre så veit du ikkje kva produktet du får tilsendt faktisk inneheld når det blir bestilt frå ein gråmarknad i utlandet.

ikkje har effekt når dei har vorte testa i kliniske utprøvingar i menneske, seier Knut Teigen, professor ved Universitet i Bergen.

Teigen jobbar mellom anna med oppdagning av nye legemiddel.

Alle godkjente legemiddel har vore gjennom tre ulike nivå av klinisk utprøving i menneske (sjå figur), og meir enn 90 prosent av molekyla som har gode nok resultat i dyreforsøk til å starte klinisk utprøving, blir likevel aldri eit legemiddel. Om lag 30 prosent av desse vert stoppa fordi dei enten viser seg å gi store biverknadar, eller at dei er skadeleg ved lengre bruk. I tillegg er det system for å fange opp og trekke tilbake godkjente legemiddel dersom det viser seg å ha biverknadar som ikkje vert plukka opp for det vart godkjent.

– Bestiller du eksperimentelle peptid frå ein gråmarknad, vert du prøvekanin for

eit utesta molekyl, i eit system der det heller ikkje er noko form for tilbakemelding dersom du skulle bli sjuk, seier Teigen.

Sara Viksmoen Watle, overlege i Direktoratet for Medisinske produkt (DMP), tidligere Statens Legemiddelverk, åtvarar også mot å bruke injiserbare peptid kjøpte frå utlandet.

– For det første er mange av produkta ikkje prøvd ut i menneske, og me veit ikkje om dei verkar og er trygge å bruke. For det andre så veit du ikkje kva produktet du får tilsendt faktisk inneheld når det blir bestilt frå ein gråmarknad i utlandet.

Dette gjeld uavhengig av om peptidet du bestiller er ein godkjent medisin, eller eit eksperimentelt peptid.

– Kjøpar du peptid frå gråmarknaden risikerer du at preparatet kan ha vore produsert heilt utan legemiddelkontroll. Det

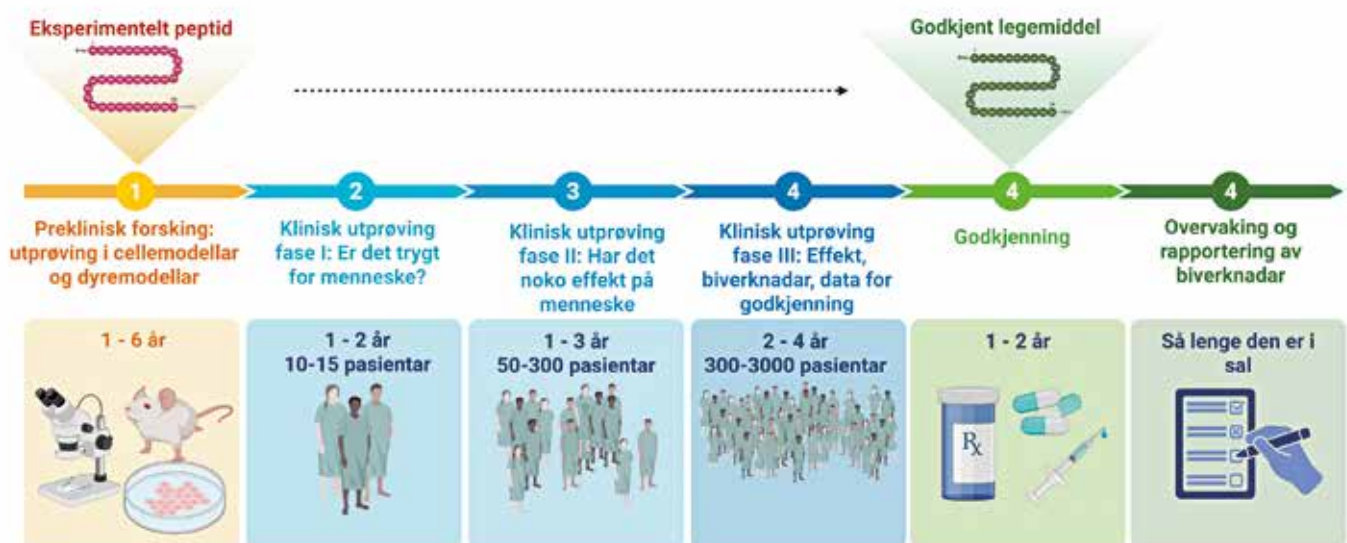
kan innehalde andre verkestoff, eller vere kontaminert med både bakteriar og reststoff frå produksjonen, seier overlege Viksmoen Watle.

Vil stramme inn

Dei fleste injeksjonspreparat til bruk på menneske er definert som legemiddel og er derfor ulovleg å importere til Noreg utan løyve. Tolletaten rapporterer likevel om ein kraftig auke i beslag av ulovlege injeksjonspreparat med peptid bestilt på nett dei siste tre åra. Dette bekymrar DMP, som nyleg har foreslått at fleire av peptida, inkludert både BPC-157 og TB-500, i tillegg skal førast opp på den strafferettslege dopinglista i Noreg.

– Det viktigaste med å føre desse peptida opp på den strafferettslege dopinglista er omsynet til folkehelsa. Desse stoffa kan

Frå eksperimentelt peptid til eit godkjent legemiddel



Vegen frå eit eksperimentelt peptid til eit godkjent legemiddel er lang og inkluderer fleire rundar med klinisk utprøving i menneske. Over 90 prosent av molekyla som går inn i klinisk utprøving vert stoppa på vegen grunna manglande effekt eller store biverknadar. Figur: Svein Isungsæt Støve/Bioteknologirådet

vere helseskadelege, og me ønsker å sende eit tydeleg signal om at det er ulovlege legemiddel som me reknar som doping. I tillegg gir det toll og politi betre høve til å slå ned på ulovleg import og organisert kriminalitet, seier Viksmoen Watle.

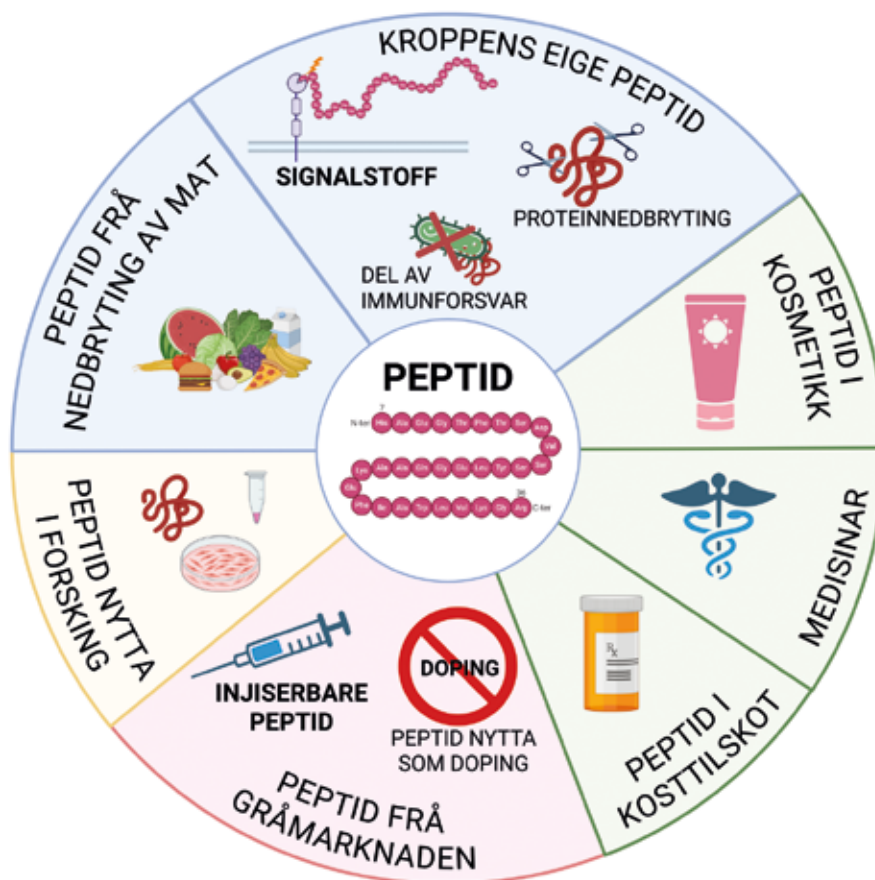
Komitekontrovers i USA

Samstundes har den noko kontroversielle amerikanske helseministeren og sjølv-erklærte vaksinemostandaren Robert F. Kennedy ved fleire høve uttalt at han er ein «stor fan» av slike peptid, og at han vil endre på reguleringa i USA. I slutten av juli 2026 leverte ein rådgivande komité, sett saman av Kennedy sitt helsedepartement, ei anbefaling om at seks av desse peptida bør verte lovleg å produsere og selje for bruk i menneske. Rådet blei raskt plukka opp og spreidd i sosiale medium, som eit bevis på at peptida er trygge.

– Men ingen av desse seks peptida har blitt godkjent av FDA, som er dei som skal godkjenne alle legemiddel i USA. Anbefalinga handlar om moglegheita til å framstille peptida i kontrollerte former på såkalla compounding-apotek, ikkje om at dei er dokumentert trygge eller effektive. Dokumentasjonen er framleis mangelfull. Me fråråder bruk av slike peptid på det sterkaste, og oppmodar folk til ikkje å gamble med eigen helse, seier Viksmoen Watle. ♦

Kjelder:

<https://www.nytimes.com/2026/01/03/business/chinese-peptides-silicon-valley.html>
<https://www.toll.no/no/om-oss/aktuelt-fra-tolletaten/tolletaten-advarer-markant-okning-i-beslag-av-utseendefremmende-legemidler>
<https://www.dmp.no/nyheter/foreslar-a-fore-opp-peptider-pa-dopinglisten>
<https://www.nature.com/articles/d41573-019-00074-z>



Figur: Sveinlsungsæt Støve/Bioteknologirådet

Peptid

Kva er eit peptid?

Peptid er korte kjeder av aminosyrer, dei same byggeklossane som protein er laga av. Mange peptid kan lagast av kroppen sjølv og fungerer som hormon eller signalstoff som regulerer til dømes kroppens blodsukker, appetitt, væskebalanse eller smerterespens. Andre peptid er del av kroppen sitt immunforsvar.

Peptid oppstår også når protein i maten vert brotne ned i mage og tarm, før dei vert vidare brotne ned til aminosyrer.

Peptid kan lagast i laboratoriet, anten ved kjemisk syntese, eller ved hjelp av bioteknologiske metodar som til dømes i bakteriar eller gjærceller. Nokre slike peptid og peptidliknande molekyll er godkjende legemiddel, og har vore gjennom grundig klinisk testing.

Mange av peptida som vert seld på gråmarknaden har derimot ikkje vore testa i menneske og ein har derfor ingen kunnskap om peptidet fungerer og endå viktigare, om det i det heile tatt er trygt å ta.

Kvifor blir peptida injiserte?

Mange peptid vert brotne ned og øydelagde i fordøyinga dersom dei blir svelgde. Ved injeksjon kjem peptidet forbi mage og tarm, og kan lettare nå blodet og resten av kroppen.

Men injeksjon aukar også risikoen. Då er det avgjerande at produktet er sterilt, rett dosert, og at det har vore gjennom produksjonskontroll.



Immunforsvaret hos mennesker, dyr og planter kan få problemer med å oppdage speilorganismer, mens naturlige fiender og konkurrenter kan slite med å holde dem i sjakk. En speilbakterie som overlever og formerer seg i naturen, kan dermed unnslippe flere av mekanismene som vanligvis begrenser en art. Illustrasjon: ffikretow/iStock

Speil, speil på lab-en der

– Fra nye legemidler til liv som ikke bør skapes

Speilvendte molekyler kan gi nye og mer stabile legemidler, men en organisme bygget av speilvendt biologisk maskineri kan være farlig. Nå advarer FN mot speilorganismer som kan formere seg.

Av Joachim Kjesbu

– **SPEILLIV KAN GI** utbredte, dødelige infeksjoner og spre seg i miljøet. I enkelte scenarier kan det utgjøre en katastrofal trussel mot menneskeheten, skriver et vitenskapelig råd oppnevnt av FNs generalsekretær i et notat publisert i mars i år.

Speilliv, organismer bygget opp av speilvendt biologisk maskineri, finnes ikke ennå. Ifølge rådet anslår mange eksperter at det vil ta minst et tiår og flere tekniske gjennombrudd før forskere kan skape en speilorganisme som vokser og formerer seg. Likevel mener rådet at grensene bør trekkes nå.

Men hva betyr det egentlig at molekyler kan være speilbilder av hverandre, og hvorfor kan speilvendt liv være så farlig?

Livet har valgt side

Svaret begynner i 1848, da den unge kjemikeren Louis Pasteur studerte små krystaller under et mikroskop. Krystallene så nesten like ut, men noen var speilbilder av de andre. Pasteur forsto at forskjellen måtte ligge helt ned på molekylnivå: Noen molekyler kan finnes i to speilvendte former. De er speilbilder av hverandre, men uansett hvordan man vrir og vender

på dem, overlapper de ikke helt, slik som høyre og venstre hånd.

Pasteur merket seg senere en viktig forskjell mellom mineralenes og livets verden: Når slike molekyler dannes uten noe som favoriserer én av formene, får man som regel begge. Men levende systemer favoriserer nettopp én av dem. Proteinene i kjent liv er nesten utelukkende bygget av aminosyrer i L-form, mens sukkeret i DNA og RNA har D-form. Hvorfor livet endte opp med akkurat denne fordelingen, vet man ikke sikkert. Men da livet først valgte retning, fulgte cellenes maskineri etter.

Speilbildet virker annerledes

Biologiske prosesser avhenger av at molekyler passer sammen. Enzymer binder bestemte stoffer og bygger dem opp, bygger dem om eller bryter dem ned. Reseptorer binder signalstoffer og utløser en respons i cellen. Når et molekyl speilvendes, kan det derfor binde annerledes, eller ikke binde i det hele tatt.

Det kan utnyttes i legemidler. Fordi kroppens enzymer er tilpasset de vanlige molekyler, kan speilvendte peptider og DNA- eller RNA-biter være vanskeligere å bryte ned. De kan dermed holde seg stabile lenger også inne i kroppen. Slike speilmolekyler lages allerede i laboratorier og har ifølge rådet til FN relativt lav risiko.

Veien til speilliv

Det FN-rådet nå advarer mot er hvis forskere begynner å lage hele biologiske systemer, såkalt speilliv.

Noen av byggsteinene som trengs for å skape speilliv, finnes allerede. Forskere har laget et speilvendt enzym som kan kopiere speil-DNA og lage speil-RNA, samt en større speilvendt RNA-polymerase som kan produsere speilvendte RNA-molekyler som inngår i ribosomet, cellens proteinfabrikk.

Et fungerende speilribosom finnes imidlertid ennå ikke. Det gjør heller ikke en speilcelle som kan vokse og kopiere seg selv. Nettopp speilribosomet trekkes fram som en mulig rød linje, fordi det vil være et viktig steg mot biologiske systemer som kan produsere sine egne speilvendte proteiner.

Sjakk uten regler

I 2024 publiserte 38 forskere en analyse i tidsskriftet Science av hva som kan skje om noen lager en speilvendt bakterie. Bekymringen er ikke nødvendigvis at bakterien er spesielt aggressiv. Problemet er at livet rundt den kan være dårlig rustet til å håndtere den.

– Faren ved speilliv ligger i den grunnleggende forskjellen, skriver John Glass ved J. Craig Venter Institute, en av forskerne bak Science-artikkelen, i instituttets omtale av arbeidet.

Glass påpeker at en speilbakterie kan bli vanskelig for naturlige forsvarsmekanismer å håndtere. Immunforsvaret hos mennesker, dyr og planter kan få problemer med å oppdage den, mens naturlige fiender og konkurrenter kan slite med å holde den i sjakk. En speilbakterie som overlever og formerer seg i naturen, kan dermed unnslippe flere av mekanismene som vanligvis begrenser en art.

Samtidig handler dette om en organisme som ikke finnes. Derfor vet man ikke hvor godt en speilbakterie kan vokse, hvilke næringsstoffer den kan utnytte, eller om den overlever utenfor laboratoriet. Likevel er bekymringen at lite motstand fra immunforsvar, konkurrenter og naturlige fiender kan gi et fortrinn.

Før grensen krysses

Mulige fordeler ved selve speillivet er få. Speilbakterier kan i teorien brukes som biofabrikker for speilvendte molekyler, og slike molekyler kan være nyttige. Men speilmolekyler kan også produseres uten å skape en organisme som formerer seg. Den praktiske nytten av speilliv er derfor foreløpig begrenset, mens den mulige risikoen er stor.

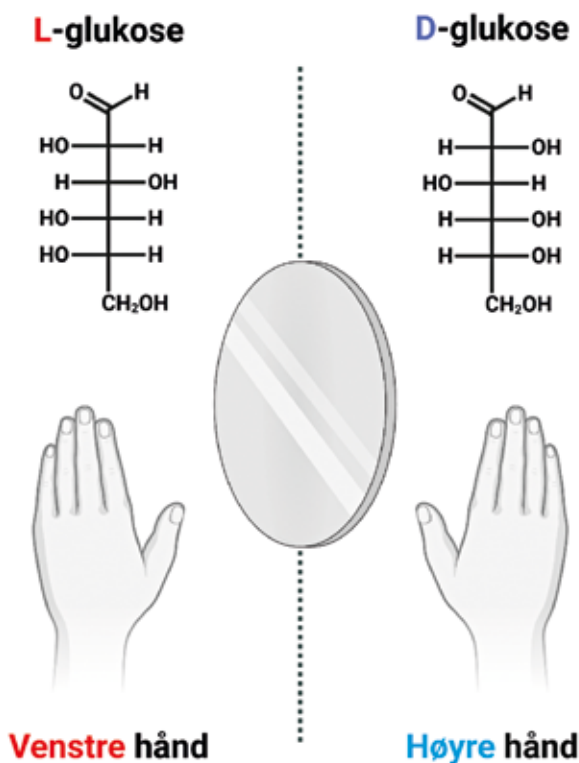
Siden Pasteurs studier av krystaller har forskningen tatt flere steg, men de ledende forskerne på feltet er enige om at man ikke ønsker å gå så langt som å lage speilliv. Pasteur kunne neppe ha sett for seg at forskere over 175 år senere skulle samles ved et institutt oppkalt etter ham for å diskutere hvor grensen bør gå for videre forskning på speilbiologi.

– Vi har fortsatt mulighet til å begrense risikoen for å skape en speilbakterie før det blir teknisk mulig, sa forsker Filippa Lentzos under en konferanse i 2025 ved Institut Pasteur i Paris.

Det vitenskapelige rådet oppnevnt av FNs generalsekretær anbefalte i mars 2026 at det bør opprettes en internasjonal arena for å diskutere risiko, regulering og røde linjer før speilliv blir teknisk mulig. ♦

Kilder:

<https://www.un.org/scientific-advisory-board/sites/default/files/2026-05/%2310%20Mirror%20Life.pdf>
 Vantomme. Chirality (2021) doi.org/10.1002/chir.23349
www.jcvi.org/research/risks-mirror-bacteria
 Adamala et al. Science (2024) doi.org/10.1126/science.ads9158
<https://www.pasteur.fr/en/whats-new/latest-news/news/mirror-life-inside-discussion>



Noen molekyler finnes i to former som er speilbilder av hverandre. Her vises L- og D-glukose som eksempel. Akkurat som for høyre og venstre hånd, overlapper ikke formene helt når de legges oppå hverandre. Illustrasjon: Joachim Kjesbu/Bioteknologirådet

Ordforklaringer

Speilbiologi: forskning på molekyler og biologiske systemer som er speilvendte i forhold til dem som finnes i kjent liv.

Speilliv: en organisme bygget av speilvendte biomolekyler som kan formere seg selv.

Speilmolekyl: et molekyl som er speilbildet av et annet. De har samme kjemiske sammensetning, men ulik tredimensjonal form og overlapper ikke helt dersom de legges oppå hverandre.



Optogenetikk er en teknologi som gjør det mulig å styre og studere bestemte nerveceller ved hjelp av lys. Teknologien har gitt forskere nye muligheter til å undersøke hvordan minner dannes og hentes frem. Illustrasjon: Ekaterina Chizhevskaya/iStock

Algegener lyser vei inn i hukommelsen

Hvordan blir et minne til, og hvorfor fester noen opplevelser seg mens andre forsvinner? Ved å gi nerveceller lysfølsomme gener fra alger kan forskere komme tettere på noen av hjernens største mysterier.

Av Anne Marit Ryen

MINNER ER MED PÅ å forme hvem vi er. De tar vare på øyeblikkene vi har opplevd, menneskene vi har møtt og følelsene vi har kjent. Likevel vet vi fortsatt ikke fullt ut hvordan et minne blir til, eller hvorfor noen minner varer mens andre viskes ut.

– For å få svar på de overordnede spørsmålene om hvordan hjernen fungerer, så må man ha verktøy som gjør at du kan følge med på cellenivå, inne i en fungerende hjerne. Med optogenetikk kan vi gjøre det. Hjernene er intakt og opererer som vanlig, samtidig som vi kan studere årsak - virkning på cellenivå, sier Karl Deisseroth, professor i bioingeniørfag og psykiatri ved Stanford University, i et intervju med det vitenskapelige tidsskriftet EMBO Reports.

Deisseroth er en av pionerene bak optogenetikk, en teknologi som gjør det mulig å styre og studere bestemte nerveceller ved hjelp av lys. Teknologien har gitt forskere nye muligheter til å undersøke hvordan minner dannes og hentes frem.

Stier i skogen

Biolog og nevroforsker Marianne Fyhn ved Universitetet i Oslo beskriver hukommelse som et nettverk av nerveceller der forbindelsene mellom cellene er blitt styrket. Aktiveres én del av nettverket, kan hele nettverket vekkes til live.

– Hvis du tenker deg en skog med mange små stier, blir den stien du går på mange ganger stadig tydeligere. Slik styrkes også

forbindelsene mellom nervecellene når vi lærer, sier Fyhn.

Med optogenetikk kan forskerne studere slike «minnestier» mens hjernen er i aktivitet. Teknologien bygger på et lysfølsomt protein som finnes hos enkelte grønne alger.

– Hos algene hjelper proteinet dem å svømme mot bedre lysforhold. Ved å sette genet som koder for det lysfølsomme proteinet inn i utvalgte nerveceller i hjernen, kan forskerne aktivere eller hemme disse med laserlys, forklarer Fyhn.

Fyhn forteller at også legemidler og elektrisk stimulering kan påvirke hjernen, men optogenetikk gjør det mulig å slå av og på bestemte nerveceller og hjernekreter med langt større presisjon enn tidligere metoder.

Fra mus til mennesker

Optogenetikk brukes i dag først og fremst som et forskningsverktøy i forsøksdyr, særlig mus. Genet for lyssensitivitet pakkes inn i et ufarlig virus som fungerer som et transportmiddel, og viruset sprøytes så inn i den delen av hjernen man ønsker å studere.

– Vi kan ikke uten videre overføre funn fra mus til mennesker. Men vi har de samme hjerneområdene og de samme typene nerveceller. Derfor kan dyreforsøk lære oss mye om de grunnleggende mekanismene som også ligger bak hvordan den menneskelige hjernen fungerer, sier Fyhn.

Ofte bruker forskerne optiske sensorer i kombinasjon med optogenetikk. Sensorene består av proteiner som lyser når en nerve-celle er aktiv. Ved å registrere lyset med et mikroskop kan forskerne følge aktiviteten i enkeltceller.

– Både optogenetikk og optiske sensorer er invasive metoder som krever at vi går inn i hjernen. Derfor er det etisk vanskelig å bruke dem på mennesker, sier Fyhn.

Optogenetikk har gitt forskerne ny innsikt i hvilke hjernekreter som er involvert i hukommelse, depresjon og hjernesykdommer som Alzheimer. På sikt kan slik kunnskap bidra til utvikling av mer målrettede legemidler, hjernestimulering og andre behandlingsformer.

Lagres når vi sover

Fyhn og hennes kolleger har vist hvor viktig søvn er for læring ved hjelp av en metode som bygger på de samme prinsippene som optogenetikk, men i stedet for lys brukes et kjemisk stoff for å slå av og på aktiviteten i bestemte nerveceller.

– Under søvn spiller hjernen av det vi har opplevd og lært i høy hastighet. Det styrker forbindelsene mellom nervecellene og bidrar til at minner lagres, sier Fyhn.

I forsøk lærte mus enkle oppgaver på dagtid. Da de sov, hemmet forskerne nervecellene som lagret de nye minnene.

– Da klarte ikke musene å huske det de hadde lært. Forsøkene viser hvor viktig aktiviteten i hjernen under søvn er for at minner skal bli varige, sier Fyhn.

Søvn er likevel bare én del av læringen.

– Skal du lære noe, må du rette oppmerksomheten mot det du skal lære. Hjernen er dårlig til å multitaske. Mobilen og alle



Ylva Østby Berger, førsteamanuensis i kognitiv- og nevropsykologi ved Universitetet i Oslo. Foto: Erik Engblad/Universitetet i Oslo



Marianne Fyhn, professor i biologi og nevrovitenskap ved Universitetet i Oslo. Foto: Universitetet i Oslo

de andre forstyrrelsene stjeler oppmerksomheten du trenger for at læring skal skje, sier hun.

Vi kan heller ikke stole på at hukommelsen gjengir fortiden nøyaktig slik den skjedde.

– Vi mennesker husker feil, og vi kan også bli manipulert til å huske ting som aldri har skjedd, sier Ylva Østby Berger, førsteamanuensis i kognitiv- og nevropsykologi ved Universitetet i Oslo.

Ifølge Østby Berger skyldes dette at hjernen ikke lagrer alle detaljer fra en opplevelse.

– Grunnlaget for falske minner er at minnene ofte er ufullstendige. Når vi senere henter dem fram, fyller hjernen inn manglende detaljer slik at historien virker hel. Det betyr ikke at folk lyver. Hukommelsen kan ganske enkelt vri på sannheten, sier Østby Berger.

Fra barndomsminner til behandling

For Ylva Østby Berger er et av de mest spennende spørsmålene hvordan hukommelsen utvikler seg hos barn. De fleste mennesker husker lite eller ingenting fra de tre første leveårene.

– Det er fortsatt mye vi ikke vet om barndommens hukommelse og barndomsamnesi er et normalt fenomen. Jeg håper forskning,

blant annet med optogenetikk, kan gi oss noen av svarene på hvordan barns hukommelse utvikler seg, sier hun.

Marianne Fyhn mener denne teknologien på kort sikt kan gi uvurderlig innsikt i hvordan minner og andre komplekse funksjoner fungerer i hjernen.

– På lengre sikt kan denne kunnskapen brukes til å reparere sviktende nevrale nettverk, for eksempel hos personer med Parkinsons sykdom eller demens. Men muligheten til å påvirke hjernen reiser også store etiske spørsmål om sikkerhet, misbruk og hvor grensen går for å manipulere hvem vi er, sier Fyhn. ♦

Kilder:

EMBO Reports. doi.org/10.15252/embr.201744400

Lensjø. Science (2025). <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adu9800>

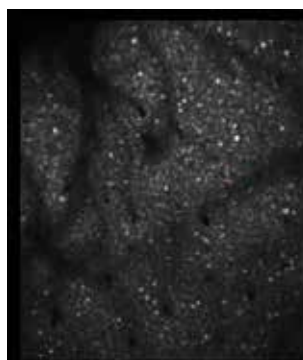
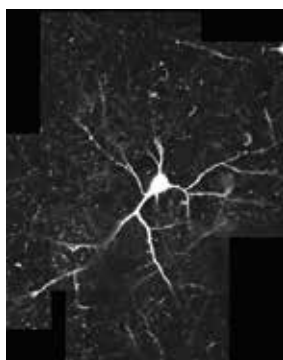
Hukommelse og minner

Implisitt hukommelse er ubevisste minner, som hvordan vi sykler eller strikker. Kunnskapen er lagret i hjernen, men det er ikke et minne vi kan hente fram og beskrive med ord.

Eksplisitt hukommelse er minner du bevisst kan hente fram og fortelle om. Eksplisitt hukommelse deles inn i to underkategorier:

- **Semantiske minner** er fakta-kunnskap og begreper.
- **Episodiske minner** er minner om egne opplevelser, og om hva som skjedde, hvor og når. Når vi henter fram et slikt minne, aktiveres et stort nettverk i hjernen.

Bildene viser hvordan forskerne kan følge hjerneaktiviteten i en mus. De lysende områdene viser hjerneceller som aktiveres under læring. I dette forsøket brukte forskerne ved Fyhns forskningsgruppe et kjemisk stoff til å styre aktiviteten i bestemte nerveceller. Foto: Kristian Lensjø/UIO



Hjelpsomme bakterier

Har du noen gang tenkt på hvem som renser vannet fra do, dusj og vaskemaskiner før det havner i sjøen? Det er det blant annet dine egne bakterier som gjør.

Av Tormod McLeod (11 år)

SmåGENjalts utsendte har blitt med Trude Haugen, kommunikasjonsrådgiver i Bergen Vann, på omvisning i Flesland avløpsrenseanlegg i Bergen. Her kommer avløpsvann fra dusj, do, vaskemaskiner og kjøkken, og fra både private hjem og store bedrifter, for å bli renset.

Hvorfor er det viktig å rense avløpsvannet?

Vannet på jorden er i et evig kretsløp. Det vannet du drikker i dag, var kanskje gjennom en dinosaur for millioner av år siden. Når vi da låner dette vannet til å vaske oss med, eller til å trekke ned i do, så må vi rense det før vi sender det tilbake til naturen.

Hvordan er det dere renser vannet?

Det er flere trinn vannet skal gjennom. Først går det gjennom ristene, der alt over seks millimeter, som våtservietter og maiskorn, skilles ut. Så fjerner vi sand, olje og fett. Fett og olje flyter opp til toppen, mens sanden synker til bunns. Da har vi fjernet det vi kan se av forurensning fra avløpsvannet. Men vannet er fortsatt forurensset, både med bakterier og organisk avfall som rester av avføring, og det må vi fjerne før vannet kan gå tilbake til naturen.

Avløpsvannet er altså fullt av bakterier vi ikke vil ha ut i sjøen, men samtidig er det bakterier som er med å rense vannet. Hvordan kan det ha seg?

I det siste rensetrinnet før vannet skal tilbake til naturen så er det bakteriene som gjør jobben. Bakteriene trenger luft og næring, så vi tilfører oksygen slik at bakteriene skal begynne å spise forurensningen i vannet. Bakteriene lever av nettopp det som er igjen i vannet av forurensning, som bæsje og skitt og annen organisk forurensning. På samme

måte som du og jeg trenger bakterier for å fordøye mat, så er det også her bakterier som spiser opp og bryter ned det vi ikke vil ha ut i sjøen.

Hvor kommer disse bakteriene fra?

De er i avløpsvannet, og kommer blant annet fra deg og meg. Av og til må vi tilføre bakterier (vi kaller det kultur), litt som om vi drikker yoghurt eller biola, men til vanlig bruker vi bakteriene som er i avløpsvannet.

Hva skjer med bakteriene når de har spist opp forurensningen?

Da blir de veldig tunge, og synker ned til bunnen og blir til slam. Vi har en slags støvsuger som suger opp slammet fra bunnen, så vannet blir gradvis renere og renere. Når det har kommet helt til motsatt ende av det som kalles sedimenteringsbassenget så har vi som regel fjernet rundt 90 prosent av all biologisk forurensning fra vannet.

Hvordan hjelper dere bakteriene med å rense vannet?

Vi har biologer og prosessingeniører her som passer på at det er passe mengde med bakterier i avløpsvannet, og at det er de rette bakteriene og organismene som er tilstede. De tar blant annet vannprøver hele tiden, og følger også med på dataskjermene. Da ser de både på hvilke bakterier, og hvor mye det er, men også på hvilke andre organismer som er i avløpsvannet. Noen organismer kan gjøre renseprosessen mindre effektiv, mens andre gjør at vi får renere vann, så det er viktig å følge med hele tiden.

Hva skjer hvis det ikke er nok bakterier?

Hvis det er for lite bakterier i avløpsvannet som kommer inn, så må vi la litt mer av bakterieslammet bli igjen



Trude Haugen, kommunikasjonsrådgiver i Bergen Vann, og SmåGENiALTs utsendte Tormod McLeod foran sedimenteringsbassenget ved Flesland avløpsrenseanlegg. Foto: Mette Risa

i bassenget, slik at det er nok bakterier til å spise opp det organiske materialet. Er det nok bakterier, så fjerner vi slam.

Hva skjer med bakterieslammet etterpå?

Slammet fortykkes vi og deretter vanner vi det ut i en sentrifuge. Til slutt sitter vi igjen med en brun masse som ser ut som våt jord som blir sendt til et biogassanlegg. For det er fortsatt mye næring i slammet, og det bruker vi til å lage biometan

Hva skjer med vannet når det er ferdig renset?

Da er det klart for å gå tilbake til naturen, og vi pumper det ut i fjorden nedenfor her, på ca. 40 meters dyp. Du kan se at det har blitt helt klart. Du vil nok ikke drikke det, men vi har fjernet så mye av forurensningen at det er trygt å slippe det ut i fjorden. Vi vil jo at sjøen skal være ren, sånn at vi ikke blir syke når vi bader, og at våre barn og barnebarn, og oldebarn, også skal ha rent vann i fremtiden. Da er det viktig at vi gjør en ordentlig jobb, sånn at vi ikke ødelegger for de som kommer etter oss. Og så er det viktig at alle bidrar, og passer på at vi ikke skyller ting ned i vask og do som ikke skal være der. Det er ingen som vil bade i olje og fett, eller brukte våtservietter.

Bakterier på godt vondt

Bakterier er bittesmå, encellede organismer som kan leve av å spise organisk materiale.

Vi har alle mange forskjellige bakterier i kroppen. Mange av dem er nyttige, og vi trenger for eksempel bakterier for å fordøye maten vi spiser.

Andre bakterier kan gjøre oss syke, som for eksempel hvis vi får tarmbakterier på mat vi skal spise.

Når vi vasker hender, eller går på do, blir noen av bakteriene med avløpsvannet til renseanlegget. Der bidrar de til å rense avløpsvannet slik at rent vann kan sendes tilbake til naturen.

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



Kommande frukostføredrag

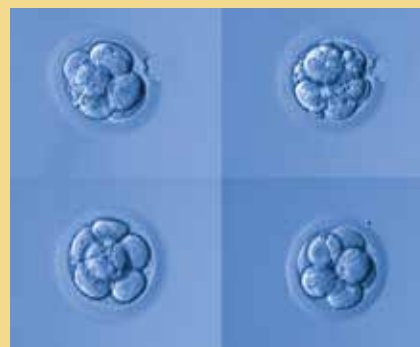
Kan vi velje det barnet vi ønskjer oss?

Stadig fleire barn blir til ved hjelp av assistert befrukting. Samstundes gjer nye genetiske testar (PGT) det mogleg å undersøkje embryo før graviditeten i det heile har starta. I Noreg er slike testar berre tillatne for å unngå alvorleg arveleg sjukdom, men andre stader i verda får ein tilbod om å velje embryo som har dei eigenskapane ein helst vil ha.

Med Aleksej Stevanovic, embryolog ved St. Olavs Hospital i Trondheim, ser vi nærare på kvar grensa går mellom førebygging av sjukdom og val av eigenskapar, kor mykje foreldre skal få bestemme sjølve, og kva eigenskapar ein skal kunne leite etter.

Onsdag 14. oktober kl. 08.30-09.15

Litteraturhuset i Bergen og på strøyming



Hud, brusk og bein i printaren

Kva om øydelagd hud kan dyrkast i eit laboratorium, eller skadd brusk og bein erstattast med vev laga ved hjelp av biologisk 3D-printing? Ved hjelp av stamceller, biomateriale og biologiske signalstoff prøver forskarar å utvikle nye måtar å reparere kroppen på. Biologisk 3D-printing er eit felt der biologi, medisin og teknologi møtest.

Åshild Johansen forskar på biomateriale til biologisk 3D-printing og kjem med ein tilgjengeleg introduksjon til kva vevsteknologi eigentleg er, korleis biologisk 3D-printing fungerer, og kva moglegheiter teknologien kan opne for i framtidas medisin.

Onsdag 4. november kl. 0830-0915

Litteraturhuset i Bergen og på strøyming



bioteknologiradet.no

Birotekquiz

Spørsmål

- | | | |
|--|--|---------------------------------------|
| 1. Kva er eit peptid? | 3. Kva heiter KI-programmet som analyserer | 4. Kva heiter hesten som blei klona? |
| 2. Kan ein lage spel-organismar i dag? | korleis det vi før kalla søppel-DNA, fungerer? | 5. Og kva heiter klonen som blei til? |

1. Ei kort kjede av aminosyrer 2. Nei 3. AlphaGenome 4. Donkey Boy 5. Donkey Double



Bioteknologirådet