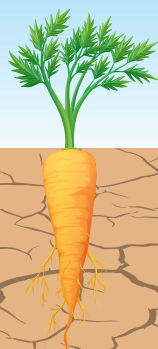
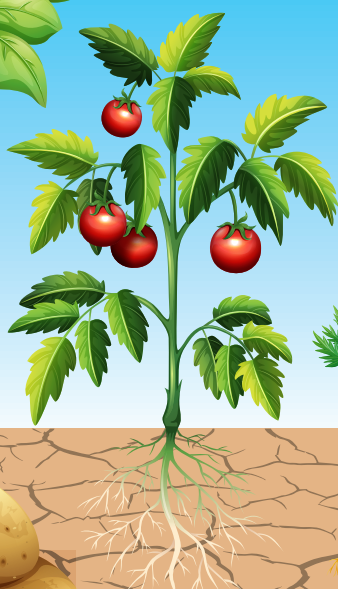


Udtalelse fra Det Ethiske Råd

# GMO

## OG ETIK I EN NY TID



DET  
ETISKE  
RÅD

# INDHOLD

## **GMO og etik i en ny tid / 4**

1. Introduktion / **4**
2. Hvorfor er der behov for at ændre hurtigt på de planter, vi spiser? / **5**
  - 2.1 Traditionel forædling / **7**
  - 2.2 Genteknologi og CRISPR / **8**
3. Europæisk modstand mod GMO / **8**
4. CRISPR som redskab til at tilføre positive klimaegenskaber / **11**
5. EU's GMO-lovgivning og mutagenese-undtagelsen / **14**
6. Etik: Er genmodifikation af planter forkert i sig selv – forkert i alle tilfælde? / **15**
  - 6.1 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt / **16**
    - 6.1.1. Genmodifikation er særligt risikabel / **17**
    - 6.1.2. Genteknologi er ikke (altid) risikabel / **17**
  - 6.2 Genmodifikation af planter er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål / **17**
    - 6.2.1. Positive konsekvenser for klima og bæredygtighed bør tælle med ved bedømmelsen af en GMO / **18**
    - 6.2.2. Bidraget til bæredygtighed kan ikke opveje problemerne ved GMO / **18**
  - 6.3 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er unaturligt / **19**
    - 6.3.1 Det er ikke forkert at ændre ved naturen, selv om naturen har værdi i sig selv / **19**
    - 6.3.2. At ændre ved naturen er i modstrid med den værdi, naturen har i sig selv / **20**
7. Rådets anbefalinger / **20**
  - 7.1 Det er etisk problematisk at afvise GMO-sorter, hvis de kan bidrage til at afbøde eller løse væsentlige problemer, og der ikke er gode argumenter for at afvise dem / **20**
    - 7.1.1 Fravær af særlige risici / **22**
    - 7.1.2 Bidrager til en bæredygtig udvikling / **22**
  - 7.2 Det er etisk problematisk at anvende genteknologi til at ændre ved planter / **23**

## FORORD

Denne udtalelse er udarbejdet af en arbejdsgruppe nedsat af Det Etske Råd i vinteren 2018-19.

Rådet vil gerne takke følgende eksperter for at have stillet deres viden til rådighed i arbejdsgruppen:

Mickey Gjerris, lektor i bioetik ved Københavns Universitet,  
Rikke Bagger Jørgensen, Seniorforsker emeritus ved Institut for Vand og Miljøteknologi, DTU,  
Klemens Kappel, professor i filosofi ved Københavns Universitet,  
Jørgen E. Olesen, professor ved Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet og  
Michael Broberg Palmgren, professor i plantefysiologi ved Institut for Plante- og Miljøvidenskab, Københavns Universitet.

Fra Det Etske Råd deltog Anne-Marie Axø Gerdes, Henrik Nannestad Jørgensen og Morten Bangsgaard (formand for arbejdsgruppen) i arbejdet.

Rådet vil desuden takke Andreas Christiansen, postdoc ved institut for medier, erkendelse og formidling ved Københavns Universitet, for at have udarbejdet baggrundsnotatet om etiske restriktioner på GMO og notatet *Skyldes GMO-modstand at naturlighed opfattes som godt i sig selv?* Torben Chrintz, videnskabelig rådgiver i Tænk tanken Concito, June Rebekka Bresson fra Noah, Friends of the Earth og Arne Holst-Jensen, medlem af Bioteknologirådet og seniorforsker ved Veterinærinstituttet i Norge takkes for at bidrage med oplæg på rådets møder.

Morten Andreasen og Anne Lykkeskov har arbejdet på udtalelsen i rådets sekretariat.

Udtalelsen er behandlet af rådet på tre møder i oktober 2018 samt i januar og februar 2019.

Anne-Marie Axø Gerdes  
Formand for Det Etske Råd

Christa Kjøller  
Sekretariatschef

# GMO OG ETIK I EN NY TID

*Meget er sket, siden de genmodificerede organismer gjorde deres indtog i Europa for over 30 år siden, og Det Etiske Råd mener, tiden er inde til en helt ny GMO-debat. Nye typer GMO'er kan potentielt spille en positiv rolle for arbejdet med flere af FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling fra 2015. I denne udtalelse er spørgsmålet om, hvorvidt GMO kan og bør være et redskab til at udvikle planter, som har gavnlige egenskaber i forhold til verdensmålet om at handle hurtigt for at bekæmpe klimaforandringer og deres konsekvenser brugt som eksempel på GMO's potentialer. Andre eksempler kunne være målene om at stoppe sult, om at støtte bæredygtig brug af økosystemer og om at sikre bæredygtigt forbrug og produktionsformer. Det Etiske Råd tager stilling til, om det ville være etisk problematisk at afvise GMO'er med nyttige egenskaber, hvis de ikke vurderes at være mere risikable end tilsvarende konventionelt udviklede sorter. Rådets stillingtagen har desuden betydning for overvejelser om at ændre EU's godkendelsessystem for GMO og andre nye sorter.*

## 1. INTRODUKTION

Den folkelige modstand, der har været rettet imod genmodificerede organismer (GMO), og især GMO-planter, siden de først blev introduceret i Europa for over 30 år siden<sup>1</sup>, har i høj grad været baseret på etiske argumenter. Genmodifikation blev set som en særligt indgribende teknik, der ændrer ved naturen på hidtil usete måder. Da man ikke havde erfaringer med så indgribende ændringer, har der også været frygt for, hvilke risici i form af utilsigtede hændelser, som kunne opstå på både kort og langt sigt.

I de 30 år har flere ting imidlertid ændret sig, og det gør det efter Det Etiske Råds mening aktuelt at tage en fornyet diskussion af de etiske implikationer ved at genmodificere planter:

- **Teknikkerne er blevet forbedret**, og især har CRISPR-metoden, som blev udviklet i 2012, muliggjort, at man langt enklere, hurtigere og mere præcist kan ændre gener uden at indsætte genmateriale fra andre arter. Man kan desuden lave små ændringer, såsom at tænde og slukke for gener<sup>2</sup>
- Der foreligger nu over 20 års forskning i **risici** som viser, at der ikke er videnskabelig evidens for, at GMO i sig selv er mere risikabelt at anvende, end konventionelle forædlingsteknikker<sup>3,4</sup>

1 Genetisk modificering af afgrødeplanter blev udviklet i 1970'erne og siden 1980'erne er teknologien anvendt til at tilføje nye egenskaber til planter, se National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press, 5

2 Ændring kan omfatte et eller flere af de følgende forhold ved genet: selve genets kode (baserne i DNA), dets funktionelle produkt (aminosyrer og/eller foldingsstruktur i protein), eller dets aktivitetsniveau (fra helt slukket til hyperaktivt)

3 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016

4 EU Commission. 2010. A decade of EU-funded GMO research (2001-2010), 16

- **Samfundsnytte:** Nogle udviklere, fx universiteter og mindre frøforædlere, er begyndt at udvikle GMO'er med relevans for håndtering af alvorlige samfundsmæssige problemer, herunder klimaudfordringen og biodiversitetsudfordringen

Der fremstår i dag et billede af, at alle GMO'er ikke bør falde ens ud i en etisk vurdering. Intet tyder på, at genmodifikation i sig selv har betydning for, hvor risikable nye planter er. Det aktualiserer spørgsmålet om hvorvidt EU's såkaldte udsætningsdirektiv<sup>5</sup> er tidssvarende med sit krav om, at alle genetisk modificerede organismer skal gennem samme omfattende og kostbare godkendelses-procedure, før de kan frigives til dyrkning i EU. Det rejser også spørgsmålet om, hvorvidt det er et etisk problem, hvis lovgivningen forhindrer udvikling og markedsføring af GMO'er, som fx har positive effekter, uden at de skønnes at være mere risikable, end tilsvarende konventionelle sorter.

**GMO** er ifølge EU: en organisme, bortset fra mennesker, hvori det genetiske materiale er blevet ændret på en måde, der ikke forekommer naturligt ved formering og/eller naturlig rekombination.

Såvel planter som dyr kan altså være GMO'er, men i denne udtalelse fokuseres på genetisk modificerede planter.

**I det følgende bruges klimaudfordringen som eksempel** på en alvorlig trussel, hvor GMO kunne yde et positivt bidrag. Samme principielle overvejelser vil gøre sig gældende i forhold til brug af GMO på andre områder. Klimaforandringerne udgør en akut trussel mod både nuværende og fremtidige menneskers livsgrundlag, og vinduet for handling i forhold til at undgå temperaturstigninger på over 1,5°C over det præindustrielle niveau er ganske snævert. Det står klart, at hverken GMO eller nogen anden enkeltløsning vil være tilstrækkelig til at løse dette problem, men stadig mere taler for, at vi står i en situation, hvor der ikke er råd til at afvise noget tiltag, der kan bidrage til at forebygge eller begrænse følgevirkningerne af klimaforandringerne, med mindre der er gode grunde til at afvise disse tiltag. Rådet mener derfor, det er tid til en fornyet diskussion af GMO.

## 2. HVORFOR ER DER BEHOV FOR AT ÆNDRE HURTIGT PÅ DE PLANTER, VI SPISER?

I oktober 2018 kom the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, med deres rapport<sup>6</sup> om, hvad det ville kræve at begrænse den globale opvarmning til 1,5°C over det præindustrielle niveau – det mål, som verdens ledere satte i Paris

5 Europaparlamentets og Rådets direktiv 2001/18/EF af 12. marts 2001 om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer og om ophævelse af Rådets direktiv 90/220/EØF

6 IPCC. 2018. *Global Warming of 1.5°C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers*

i 2015.<sup>7</sup> Svaret var, at det stadig kunne nås, men at det blandt andet ville kræve hidtil usete omlægninger i anvendelsen af klodens landareal, som vil betyde, at der bliver meget mindre areal til landbrugsproduktionen, fordi store arealer i stedet bør anvendes til permanent plantedække, fx med plantet eller selvsået skov og andre naturtyper. Mennesker har siden industrialiseringen udledt så store mængder CO<sub>2</sub>, at temperaturen allerede nu er steget med 1° C. Det er årsagen til de forandringer, vi allerede i dag ser i form af mere ekstremt vejr, smeltende is i de arktiske områder, stigende havvandstande, m.m.

### **Parisaftalen 2015**

På COP21 i Paris i december 2015 indgik de 196 medlemslande i FN's klimakonvention (UNFCCC) en juridisk bindende klimaafale – Parisaftalen. Den indebærer enighed om en langsigtet målsætning om at begrænse den globale temperaturstigning til under to grader – og om at arbejde for at begrænse temperaturstigningen til 1,5°C over det præindustrielle niveau

### **IPCC's rapport om global opvarmning på max 1,5°C**

Efter vedtagelsen af Parisaftalen i 2015 bad landene The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) om at bruge tiden frem til 2018 på at udarbejde en rapport om mulighederne for at nå målet om at holde den globale opvarmning på 1,5°C over det præindustrielle niveau.

De 91 eksperter bag rapporten slår fast, at skal målet nås, skal netto-udledningen af CO<sub>2</sub> være 0 i 2050. Men det er ikke tilstrækkeligt; derudover skal CO<sub>2</sub> fjernes fra atmosfæren. Et redskab er her at plante skov på meget store arealer og kombinere med såkaldt BioEnergy Carbon Capture and Storage (BECCS), hvor træet brændes af på kraftværker, hvor CO<sub>2</sub> suges op og pumpes ned i undergrunden. En yderligere mulighed kunne være at udvikle endnu mere højtydende afgrøder til biomasseproduktion, evt. vha. CRISPR og kombinere med BECCS. Det er dog omdiskuteret, om denne teknologi vil kunne virke.

Hvis temperaturstigningerne ikke skal accelerere, vil det blive nødvendigt ikke bare at nedbringe udledningerne af drivhusgasser fremover, men også at fjerne CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Da træer og andre planter kan optage CO<sub>2</sub>, er et centralt redskab mere natur i stor skala, herunder selvsået og plantet skov.<sup>8</sup> Beskyttelse af en række naturtyper, såsom tørvemoser, regnskov og havgræsbede kan have en positiv effekt i forhold til at begrænse klimaforandringerne ved at binde og oplagre

7 UN. 2015. Paris agreement, se: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

8 IPCC. 2018, s 22

kulstof og dermed reducere mængden af kuldioxid i atmosfæren.<sup>9</sup> Det globale areal til dyrkning af fødevarer vil derfor skulle reduceres meget betydeligt.<sup>10</sup> Det er en enorm udfordring, som kun bliver større af, at verdens befolkning ifølge FN vil vokse fra 7,5 mia. i 2017 til 11,2 mia. i 2100.<sup>11</sup> Der skal altså skaffes mad til en hastigt voksende global befolkning samtidig med, at der sker en dramatisk reduktion af landbrugsarealet. Det skal ske samtidig med, at klimaforandringerne mange steder udfordrer landbrugsproduktionen, fordi de fører til tørke eller oversvømmelse med havvand, så jorden ikke kan dyrkes.

En af forudsætningerne for, at der kan produceres flere fødevarer på mindre areal og med mere ekstremt vejr, som følge af klimaforandringerne, vil være, at man kan udvikle meget effektive og **højtydende** planter, som kan give større udbytte på mindre areal. Det vil også være gavnligt at udvikle planter, som i højere grad **binder CO<sub>2</sub>** i jordlaget eller kan klare sig med mindre gødning eller pløjning, da begge aktiviteter øger udledningen af CO<sub>2</sub> fra fossile kilder (**klimaforebyggelse**). Desuden skal der udvikles planter, som kan tilpasse sig de klimaforandringer, vi allerede ser også i Danmark, og som vi vil se meget mere af fremover, fx ved at kunne håndtere meget store udsving i nedbør mm (**klimatilpasning**). Den type planter vil måske kunne udvikles med traditionel forædling, men med CRISPR kan sorterne i mange tilfælde udvikles hurtigere og mere præcist.

## 2.1 Traditionel forædling

Henover de tusindvis af år, hvor mennesket har været agerbrugere, har man udvalgt de bedste eksemplarer blandt de høstede afgrøder, som man har krydset med hinanden for at samle de bedste egenskaber. På den måde har man via planternes naturgivne genetiske variation ændret på egenskaberne – og dermed den genetiske sammensætning – i afgrødeplanterne. At udvikle nye sorter gennem krydsning tager lang tid, normalt 12-16 år.

Udviklingen af nye, mere værdifulde plantesorter kaldes forædling. Man sonderer traditionelt mellem *konventionel* og *bioteknologisk* forædling. Det er dog lidt misvisende, da konventionel forædling også benytter bioteknologi, fx såkaldt DNA-markør baseret selektion, kromosomfordobling m.m.

De traditionelle mutagenese-teknikker, som stadig anvendes, blev udviklet i 1940'erne som svar på den udfordring, at man ofte ikke kunne finde den genetiske variation i arten selv, der muliggjorde de nødvendige fremskridt, vha. traditionel forædling. Man begyndte at ændre på levende organismers arvmasse ved at inducere mutationer fx ved at bestråle dem med en radioaktiv kilde eller udsætte

9 Barfod, A et al. 2019. Vi kan stadig nå at bremse klimakrisen, men uddør en art, er den væk for altid. *Politiken* 24. februar.

10 IPCC angiver, at det areal, som skal udgå af landbrugsproduktionen, er på størrelse med hele USA's areal (10 mio. km<sup>2</sup>), hvortil kommer, at de angiver, at der er behov for plantning af energifgrøder svarende til Australiens areal (op til 7 mio. km<sup>2</sup>)

11 UN. 2017. World population prospects. 2017 revision



dem for mutagene kemikalier.<sup>12</sup> Både spontane og inducerede mutationer øger den genetiske variation, som forædleren baserer sit arbejde på. I begge tilfælde er resultatet tilfældige mutationer, dvs. det er ikke muligt at styre, hvor de opstår. Induceret mutagenese udgør på den måde en ”upræcis genmodifikation”.

Langt de fleste mutationer er enten neutrale eller uhensigtsmæssige, både for plantens evne til at overleve i naturen og som afgrødeplante. Når man identificerer en attraktiv egenskab/mutation, må man derfor i gang med mange runder *tilbagekrydsning*, hvor man krydser mutant-planten med højtydende sorter og udvælger det afkom, der har bevaret det attraktive træk, men som så vidt muligt ikke har arvet de dårlige mutationer. Også denne metode er altså normalt tidskrævende og der er ingen garanti for, at alle dårlige mutationer fjernes. Genmodifikation, som ikke tilfører gener fra andre arter, kaldes under et for **mutagenese**.

## 2.2 Genteknologi og CRISPR

Det revolutionerende ved genteknologien, da den kom frem, var at den gjorde det muligt at ændre mere målrettet ved plantens gener. Det blev fx muligt at overføre gener fra andre planter inden for samme eller nært beslægtede arter – såkaldt **cis-genese** – og dermed har man mindsket eller helt undgået det efterfølgende forædlingsarbejde. Og det blev muligt at tilføre DNA fra organismer, planten ikke kan reproducere sig med naturligt – såkaldt **transgenese**.

De første teknikker til genmodificering var upræcise og tidskrævende at arbejde med, så udviklingen gik i starten betydeligt langsommere, end man først havde forventet. I de seneste år er der imidlertid sket en hurtig og omfattende teknologisk udvikling. Især har **CRISPR**-metoden, som blev udviklet i 2012, muliggjort, at man langt enklere, hurtigere og mere præcist kan ændre gener uden at indsætte genmateriale fra andre arter. CRISPR-teknikken kan altså bruges til alle de tre typer af modifikationer, men gør det muligt at modificere mere præcist, end man kunne med tidligere teknikker. Derfor bruger mange udtrykket ”genetisk editering” eller, når der er tale om ændringer, som ikke tilfører planten genetisk materiale udefra, men typisk blot slår et eller flere udvalgte gener i stykker: ”præcisionsmutagenese”, om ændringer frembragt med CRISPR.<sup>13</sup>

## 3. EUROPÆISK MODSTAND MOD GMO

Da det begyndte at blive kendt i offentligheden, at forskerne arbejdede på at ændre i generne, der blev opfattet som organismens ”grundopskrift”, vakte det en del bekymring. Særligt tanken om at flytte gener fra helt andre organismer ind i planterne vakte bekymring. Ville forskerne nu til at designe hele naturen, og kunne de overhovedet overskue de langsigtede konsekvenser af det, de var gået i gang med?

Der var også frygt for, at GMO fødevarer ville være farlige at indtage, og at de ændrede planter ville sprede sig ukontrollabelt i naturen. Men i 2016 udkom en

<sup>12</sup> van Harten AM. (1998). *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications*, 353 pp. Cambridge: Cambridge University Press.

<sup>13</sup> Landbrugsstyrelsen. 2018. *Hvad kan de nye planteforædlingsteknikker bruges til og hvordan skal de reguleres?*



omfattende amerikansk gennemgang af al forskning fra 20 år med GMO. Den viste, at de eksisterende GMO-planter hverken har vist sig at give helbredsskader hos de husdyr, der er blevet fodret med dem, eller de mennesker, som har spist dem.<sup>14</sup> Andre store undersøgelser har vist det samme: Genetisk modifikation er ikke i sig selv mere risikabel at anvende, end konventionelle forædlingsteknikker.<sup>15</sup> GMO-modstandere har flere gange fremført, at fodring af dyr med GM-foder har ført til sygdomme som sterilitet, tumorer eller tidlig død. I ingen tilfælde har den dokumentation, modstanderne fremlagde, kunnet leve op til kravene for videnskabelige undersøgelser.<sup>16</sup>

Man bør dog være opmærksom på, at risikovurderingerne er baseret på dyrkning af ganske få typer GMO'er. At der ikke her er fundet risici, er ingen garanti for, at man ikke vil finde dem fremover i andre typer af GMO. Eksempelvis er problemet med spredning (invasivitet) afhængig af de egenskaber, der ændres eller indsættes. Og indtil nu har man næsten udelukkende set typer af egenskaber, der kun giver en fordel i det dyrkede økosystem, hvor der fx sprøjtes med herbicider. Sådanne ændringer vil ikke klare sig godt uden for markerne. Men andre egenskaber, som fx salt- eller tørketolerance, kunne give en fordel i det fri og måske i højere grad give planterne et øget spredningspotentiale.

Så de hidtidige risikovurderinger viser, at *ikke alle* GMO'er er risikable for mennesker eller naturen – dvs. at der ikke er baggrund for at afvise alle GMO'er som risikable. Men undersøgelserne kan ikke tages til indtægt for, at *ingen* GMO'er vil være risikable. Man kan godt forestille sig, at der på et tidspunkt vil udvikles GMO'er med andre træk, som er risikable. På samme måde kunne der i fremtiden udvikles nye sorter med andre teknologier, som kunne være risikable.<sup>17</sup> Dette kunne tale for, at der er behov for et godkendelsessystem, som ikke behandler alle GMO'er som risikable og alle andre nye sorter som ikke-risikable. Et system som i højere grad ser på, hvilken type ændring, der er tilført, og ud fra det afgør, hvilke sorter der er behov for at risikovurdere.

Modstanden mod GMO fra befolkningerne især i Europa er imidlertid ikke blevet mindre med årene. Hvor accepten af at anvende genteknologi til at udvikle nye sygdomsbehandlinger til mennesker har været voksende siden genteknologiens barndom, har det samme ikke gjort sig gældende på planteområdet. Det ser der ud til at være flere grunde til, som vi skal komme tilbage til herunder.

Den største modstand findes i Europa, og der er indtil 2017 kun godkendt en enkelt afgrøde til dyrkning i EU. Det er en majssort (MON810), som har været dyrket på ca. 100.000 ha årligt i en række sydeuropæiske lande.<sup>18</sup>

14 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press,

15 EU Commission. 2010. A decade of EU-funded GMO research (2001-2010), 16

16 American Association for the Advancement of Science. 2012. *Statement by the AAAS Board of Directors On Labeling of Genetically Modified Foods*

17 Et eksempel på at også konventionel forædling kan give alvorlige og utilsigtede effekter er Lenape kartofflen, se Zitnak A and Johnston GR. 1970. Glycoalkaloid content of B5141-6 potatoes. *American Potato Journal*, Vol 47, no 7: 256-260

18 Landbrugsstyrelsen. 2018. *Hvad kan de nye planteforædlingsteknikker bruges til og hvordan skal de reguleres?*

I resten af verden vinder GMO frem. Hidtil har fire typer GMO-afgrøder (sojabønne, majs, bomuld og olieraps) og to typer træk (herbicid-tolerance og insekt-resistens) været helt dominerende. Tilsammen dækkede GMO med disse to træk 99 % af det areal, som er tilplantet med GMO i 2017.<sup>19</sup> Den globalt set mest udbredte GMO-afgrøde er RoundupReady soja, der ved hjælp af genmodifikation er gjort resistent over for ukrudtsmidlet glyfosat, som er det aktive stof i Roundup fra det multinationale frø- og kemikaliefirma, Monsanto. Resistensen betyder, at den genetisk modificerede soja ikke påvirkes, når landmanden sprøjter med Roundup, mens andre planter, ukrudt m.m, dør. Et eksempel på en insektresistent afgrøde er Bt bomuld, som udtrykker et gen fra en bakterie, der gør, at planten producerer giftstoffet Bt-toksin. Stoffet er giftigt for bestemte skadelige insekter, som dermed bekæmpes, uden at landmanden behøver anvende sprøjtemidler. Det er en fordel, fordi man dermed undgår at sprede giftstoffer, som vil ramme flere organismer i og uden for marken og ikke kun de insekter, der skader afgrøderne.<sup>20</sup>

Der er dog også problemer forbundet med denne brug af GMO. I nogle tilfælde har man set, at insekter og ukrudtsplanter har udviklet resistens mod et sprøjtemiddel, sandsynligvis som resultat af lokalt overforbrug af det pågældende middel.<sup>21</sup>

Fælles for mange af de rapporterede problemer er i det hele taget, at de ikke er resultatet af genmodifikation, sådan at de vil genfindes i enhver GMO. De angår kun nogle *bestemte GMO'er*, nemlig de i dag dominerende typer, som er udviklet til en bestemt type landbrug, karakteriseret ved monokultur. Den store popularitet af GMO-planter med egenskaber som fx RoundUp-tolerance, har endda givet anledning til monokulturer af planter med dette transgen.

Derfor er mange kritikere ikke imponerede over denne type GMO. De ser det som problematisk, at sorterne er udviklet af den agrokemiske industri, som henvender sig til landbrug baseret på stordrift, monokultur og et højt forbrug af eksterne ressourcer, og hvor salget af såsæd kobles til salget af kemikalier, hvilket langt hen ad vejen ikke er bæredygtigt. At disse GMO-sorter er patenterede, mens der ikke i Europa har været tradition for at patentere nye sorter, har også ført til udbredt kritik. Patenteringen gør, at landmænd, hvis de skulle ønske det, ikke kan tage såsæd fra til næste års såning, men er tvunget til at købe dem hos frøfirmaet. Dette kan især være problematisk for landmænd i ulande.

Det, at GMO-sorter med disse to træk er så dominerende, har gjort, at mange kritikere ser GMO som uløseligt forbundet med brug af sprøjtemidler, afhængighed af multinationale frø- og kemikaliefirmaer, mindre diverse dyrkningssystemer og patentering. Tilsammen har disse forhold bidraget til, at europæerne har haft svært ved at se GMO som et fremskridt, og modstanden har været uændret høj gennem alle årene.

19 ISAAA. 2017. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. ISAAA Brief 53, 105

20 ISAAA. 2017. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY, p 3

21 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016, 144

#### 4. CRISPR SOM REDSKAB TIL AT TILFØRE POSITIVE KLIMAEGENSKABER

Der er imidlertid i de senere år foregået en del forskning på universiteter og hos mindre producenter i at udvikle genmodificerede plantesorter, der er udviklet med helt andre træk og formål end de to nævnte. Her udvikles planter, som fx er mere modstandsdygtige mod sygdomme, som er sundere at spise, som holder sig længere (så madspildet nedbringes) m.m.<sup>22</sup>

Desuden udvikles der som nævnt sorter, som har gunstige klimaegenskaber, herunder:

- Sorter som er **højtydende** og dermed arealeffektive, samtidig med at de kan klare sig med **mindre gødning, sprøjtning eller pløjning** (fx re-domesticeret tomat) eller **lagre mere CO<sub>2</sub>** i rødderne (fx flerårige kornsorter) (**klimaforebyggelse**),
- Sorter som kan tilpasse sig klimaforandringerne, fx ved at være mere **tørkerobuste eller salttolerante (klimatilpasning)**.

Både konventionel og økologisk produktion er et godt stykke fra at leve op til behovet for at gøre planteproduktionen bedre klimatilpasset. Konventionel produktion er højtydende men klima- og miljøbelastende. Økologisk produktion er i mange tilfælde mere skånsomt over for miljøet,<sup>23</sup> men yder et mindre udbytte per hektar eller per dyr, og kræver derfor mere areal, der kunne være brugt til naturarealer, fx skov. Begge kan vise sig at opleve en betydelig udbyttenedgang, hvis der ikke udvikles sorter, der er mere klimarobuste. Genteknologi er en af flere metoder, der ser ud til at kunne bidrage med løsninger.<sup>24</sup>

Et nyt forskningsfelt tager udgangspunkt i, at mange af de egenskaber, der efterspørges for at opnå ovennævnte mål, allerede findes i planternes oprindelige vilde slægtninge, som de kommercielle varianter engang blev udviklet fra. Eller i vilde plantearter, der hidtil ikke er blevet udviklet til moderne fødevarerproduktion. Det har givet forskerne den idé, at man, frem for at avle videre på de nuværende afgrøder, tager udgangspunkt i disse vilde arter og forædler dem igen, men denne gang mere målrettet – såkaldt *de novo* domesticering eller oversat til dansk ”re-domesticering”.<sup>25,26</sup> Denne proces baserer sig på at mutere såkaldte domesticeringsgener i den endnu ikke kultiverede plante<sup>27,28</sup>.

22 Bioteknologirådet. 2018. *Genteknologiloven – invitation til offentlig debat. Sammendrag*

23 En vidensyntese fra 2015 viste dog fx, at kvælstofbelastningen fra økologiske svinebrug var væsentlige større end fra konventionelle svinebrug. [http://icrfs.dk/fileadmin/icrfs/Diverse\\_materialer\\_til\\_download/Vidensynte\\_WEB\\_2015\\_\\_Fuld\\_laengde\\_400\\_sider.pdf](http://icrfs.dk/fileadmin/icrfs/Diverse_materialer_til_download/Vidensynte_WEB_2015__Fuld_laengde_400_sider.pdf)

24 Af andre metoder kan nævnes moderne MAS, og ændret landbrugspraksis - fx rotationspraksis, afgrødevalg, 2 sorter per sæson etc.

25 Østerberg JT, Xiang W, Olsen LI, Edenbrandt AK, Vedel SE, Christiansen A, Landes X, Andersen MM, Pagh P, Sandøe P, Nielsen J, Christensen SB, Thorsen BJ, Kappel K, Gamborg C, Palmgren M. (2017) Accelerating the domestication of new crops: Feasibility and approaches. *Trends in Plant Science*. 22(5):373-384.

26 Zsögön A, Cermak T, Voytas D, Peres LE. (2017). Genome editing as a tool to achieve the crop ideotype and *de novo* domestication of wild relatives: Case study in tomato. *Plant Science*. 256:120-130.

27 Doebley JF, Gaut BS, Smith BD. (2006) The molecular genetics of crop domestication. *Cell*. 127(7):1309-21.

28 Comai L. (2018). The taming of the shrub. *Nature Plants*. 4(10):742-743

Et domesticeringsgen er et gen, der, når det muteres, resulterer i en plante med en fordelagtig egenskab for menneskelig udnyttelse af planten. Som regel resulterer mutationen i at genet eller dets delikate regulering ødelægges. Det giver et tab af en egenskab, der er vigtig for den vilde plante, men som kan være u hensigtsmæssig fra et dyrkningssynspunkt. Fx taber den vilde ris sine modne frø, når vinden blæser, medens de bliver siddende på den kultiverede ris. Det er et tab for planten i naturen, fordi den nu har svært ved at sprede sig, men en fordel for den landmand, der vil høste risen. Man kender efterhånden mange domesticeringsgener. Antallet af domesticeringsgener har været diskuteret<sup>29</sup>, men forsøg i efteråret 2018<sup>24,25</sup> har vist at man kan *de novo* domesticere vild tomat med bare seks mutationer. Det åbner for, at vilde eller semi-kultiverede afgrøder, der allerede har de positive egenskaber, man måtte være interesseret i, nu i princippet kan *de novo* domesticeres ved at mutere gener, der viser lighed med domesticeringsgener i nære slægtninge. Det forekommer fx tvivlsomt, at transgen- eller mutationsteknologier kan bruges til at få en given plante til at lagre mere CO<sub>2</sub> i roden. Men kender man en plante i naturen, der allerede har denne egenskab, vil man i princippet kunne domesticere den vha. mutationsteknologi samtidigt med, at den bevarer evnen til at lagre CO<sub>2</sub> i roden. I sidste ende vil øget kulstoflagring i roden dog kræve øget fotosyntese, hvis udbyttet skal opretholdes.

### **Domesticeringsgener**

Man har de senere år sekventeret planters arvmasse og fundet ud af, hvad det er for gener – såkaldte ”domesticeringsgener” – der gør dem kommercielt attraktive, fx frugtstørrelse og -antal, holdbarhed og form.

I baggrundsnotatet beskrives et eksempel på en sådan re-domesticeret sort, som er udviklet ved brug af CRISPR. Det drejer sig om helt ny forskning<sup>30,31</sup> hvor en oprindelig tomat har opnået flere, større og mere robuste frugter (vilde tomaters frugter er ganske små, så de er lavtydende) alene som følge af få og minimale CRISPR-inducerede mutationer i plantens DNA. Den oprindelige tomat har i sig selv en række af de egenskaber, der er eftertragtede, og som vanskeligt kan fremavles i moderne tomatsorter:

- Robusthed over for tørke, hvilket kan begrænse behovet for kunstvanding og øge udbyttet i perioder med tørke
- Robusthed over for skadedyr, hvilken kan begrænse behovet for brugen af bekæmpelsesmidler (pesticider)

29 Torkamaneh D, Laroche J, Rajcan I, Belzile F. (2018). Identification of candidate domestication-related genes with a systematic survey of loss-of-function mutations. *Plant Journal*. 96(6):1218-1227.

30 Li T, Yang X, Yu Y, Si X, Zhai X, Zhang H, Dong W, Gao C, Xu C. (2018). Domestication of wild tomato is accelerated by genome editing. *Nature Biotechnology*. doi: 10.1038/nbt.4273

31 Zsögön at al. 2018. De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nature Biotechnology* 1. Oktober, doi:10.1038/nbt.4272

- Et højt indhold af lycopener, som anses for sundhedsfremmende
- Salttolerance, der svarer til tolerance over for vandmangel, siden salt trækker vand ud af planten<sup>32</sup>

Her er CRISPR altså anvendt til at lave præcisionsmutagenese; dvs. 'interne' ændringer i plantens gener, men udført mere præcist, end ved traditionel mutagenese. Der er ikke tilført gener fra andre organismer.

Det andet eksempel vedrører arbejdet med at modificere det vilde græs *Thinopyrum intermedium* (på engelsk: *Intermediate wheatgrass* (på dansk ser man undertiden betegnelsen "hvedegræs" anvendt), hvor traditionel forædling hidtil er foregået meget langsomt, og hvor brugen af CRISPR sandsynligvis vil kunne fremskynde forædlingsprocessen. Også denne sort er mere lavtydende, end de fremavlede, moderne sorter, men har til gengæld en række attraktive klimaegenskaber, først og fremmest fordi den er flerårig og har et stort rodnet (op til 3 meter dybt). Den kan ligesom plænegræs "klippes", dvs. man høster ikke rødderne og pløjer ikke. Det giver en række fordele for både landmand, miljø og klima:<sup>33</sup>

- planten kan overleve lange perioder med begrænset nedbør og er dermed bedre tilpasset de vejrudsving, global opvarmning medfører
- planten er bedre til at optage næringsstoffer, hvilket stiller mere begrænsede krav om tilførsel af gødning og giver mindre udvaskning af næringsstoffer
- planten binder mere kulstof i jorden til gavn for klimaet
- ukrudtsplanter har sværere ved at finde fodfæste, hvilket reducerer behovet for ukrudtsmidler eller manuel lugning
- landmanden kan undgå mange ture gennem markerne med gødning, sprøjtning, pløjning, harvning, osv., der udleder CO<sub>2</sub> og er tidskrævende
- jordkvaliteten øges, fordi rødderne begrænser erosion og tilfører kulstof og struktur, og jorden ikke presses sammen af hyppig kørsel med maskiner

Med den første kortlægning af genomet for *T. intermedium* i 2018<sup>34</sup> og kendskab til hvedens domesticeringsgener, er der håb om en langt mere målrettet forædlingsproces. Det kan vise sig vanskeligt og tidskrævende gennem konventionel forædling at udvikle en sort, der har alle egenskaberne til at gøre den både kommercielt brugbar og klimavenlig. Man har på forskellige vis forsøgt at krydse *T. intermedium* med andre hvedevarianter som spelt, men de varianter, der har opnået en markant udbyttefremgang, har fx mistet flerårigheden. Igen her kunne man forestille sig, at man kunne bruge CRISPR til at domesticere afgrøden gennem målrettede mutationer i domesticeringsgener, og uden tab af gode gener som led i krydsningsarbejdet. At forædle et allerede flerårigt græs til at blive en flerårig kornsort

32 Zsögön et al. 2018

33 Lubofsky, E. 2016. The promise of perennials: Working through the challenges of perennial grain crop development. *CSA News* Vol. 61 No. 11, p. 4-7

34 Kantarski, T, Larson, S, Zhang, X et al. 2017. Development of the first consensus genetic map of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) using genotyping-by-sequencing. *Theoretical and Applied Genetics*, Vol 130, no 1: 137-150

kunne måske være nemmere end at få en enårig moderne kornsort som fx hvede til at blive flerårig.

Selv med brugen af CRISPR er det ikke givet, at man vil opnå sorter, der på én gang er både klima- og miljøvenlige, højtydende og kommercielt attraktive. Men uanset metode vil man formentlig kunne opnå fremskridt. Som det fremgår i det foregående, vurderes det, at man ved at kunne bruge CRISPR til at foretage præcisionsmutagenese vil kunne opnå fremskridt langt hurtigere end ellers.

Takket være CRISPR kan selv små forskningsmiljøer og firmaer i dag i endnu højere grad end før være med til at anvende genteknologisk forædling, som måske kan gøre fødevarerproduktionen væsentligt mere klimatilpasset. Problemet i forhold til at få udviklet GMO med samfundsnyttige egenskaber er imidlertid i Europa, at universiteter og mindre producenter ikke kan få godkendt deres planter til udsætning, fordi de ikke har råd til at gennemgå de omfattende sikkerhedsvurderinger, EU-lovgivningen kræver.

## 5. EU'S GMO-LOVGIVNING OG MUTAGENESE-UNDTAGELSEN

Modstanden i de europæiske befolkninger mod GMO førte i 2001 til, at EU vedtog det såkaldte udsætningsdirektiv,<sup>35</sup> som siger, at genetisk modificerede organismer skal gennem en godkendelses-procedure, før de kan frigives til dyrkning i EU. De skal altså opfylde en lang række krav, som nye sorter, der er blevet til ved andre metoder, ikke skal opfylde. Blandt andet skal producenten foretage omfattende miljø- og sundhedsmæssige risikovurderinger af at udsætte den pågældende GMO i det fri.

Da udførelsen af disse risikovurderinger er forbundet med store økonomiske omkostninger, opstår paradoksalt nok den situation, at det kun er de multinationale frøfirmaer, som har råd til at risikovurdere deres GMO'er. Forskere på universiteter og i mindre firmaer er reelt afskåret fra at søge godkendelse af deres planter i EU pga. omkostningerne ved at udføre risikovurderingerne.

Et andet paradoks ved lovgivningen har været diskuteret på det sidste. Fra starten har nye sorter, som har fået ændret deres gener gennem bestråling eller kemisk behandling, været undtaget fra godkendelsesproceduren ved den såkaldte mutagenese-undtagelse i direktivet. Begrundelsen er, at de "traditionelt er blevet brugt i en række anvendelser, og gennem lang tid har vist sig sikre."<sup>36</sup>

Der synes på den baggrund at brede sig en enighed om, at mutagenese ikke mere kan betragtes som risikabelt. Forskere har over for dette påpeget, at den type genetiske forandringer, man ville foretage, hvis man begyndte at bruge CRISPR til at indføre domesticeringsgener som beskrevet oven for, er langt mere begrænsede og kontrollerede. Man ville med andre ord ikke troværdigt kunne hævde, at den usikkerhed, der måtte knytte sig til brugen af CRISPR, gør teknikken mere risikabel

35 Europaparlamentets og Rådets direktiv 2001/18/EF af 12. marts 2001 om udsætning i miljøet af genetisk modificerede organismer og om ophævelse af Rådets direktiv 90/220/EØF

36 Ibid betragtning 17

end den praksis, vi allerede bruger og har brugt uden de store problemer i mange år – tvært imod synes usikkerheden langt mindre. I baggrundsnotatet neden for er dette mere uddybende beskrevet.

Sådanne overvejelser er EU-domstolen blevet bedt om at tage stilling til, og deres dom kom den 25. juli 2018. Til manges overraskelse udtalte domstolen, at det fortsat kun skal være organismer, der er fremstillet ved hjælp af traditionelle mutageneseteknikker, som er udelukket fra direktivets krav om sikkerheds-godkendelse.<sup>37</sup> Domstolens begrundelse var, at ”udviklingen af disse nye teknikker/ metoder gør det muligt at producere genetisk modificerede sorter i et tempo og i en størrelsesorden, der ikke står i forhold til dem, der følger af anvendelsen af traditionelle tilfældige mutagenesemetoder.”

Mens GMO-modstanderne generelt har været tilfredse med dommen, har den fået forskerverdenen til at kræve lovgivningen ændret. De ønsker, at lovgivningen skal ophøre med at tage udgangspunkt i, *med hvilken teknologi* planten er blevet fremstillet, og i stedet se på *hvilke egenskaber*, den har fået tilført.<sup>38</sup> Der kan være brug for fortsat at risikovurdere organismer, som har fået bestemte typer af egenskaber – det kunne fx være egenskaber med særlig risiko for uønskede effekter på miljø og helbred – før man tager dem i anvendelse. Men andre typer af ændringer, som tilfører egenskaber, man ved ikke medfører forhøjet risiko, bør ikke være omfattet af de omfattende risikovurderingskrav.<sup>39</sup>

## **6. ETIK: ER GENMODIFIKATION AF PLANTER FORKERT I SIG SELV – FORKERT I ALLE TILFÆLDE?**

Vi står i dag i en situation, hvor begge sider i debatten hævder, at etiske hensyn taler for deres synspunkt: Modstanderne fremfører, at det er etisk problematisk at ændre så grundlæggende ved naturen, som man gør med genteknologi, og at det er forkert at udsætte mennesker og natur for risici ved at dyrke GMO. Tilhængerne lægger vægt på, at hvis en teknologi kan hjælpe med at løse meget alvorlige problemer, som kan koste menneskeliv, og hvis der ikke er påvist særlige risici ved at gøre det, vil det være forkert ikke at tage den i brug.

Etisk set er det relevant at skelne mellem, om noget, fx en bestemt teknologi, er *forkert eller problematisk i sig selv*, uanset hvad den anvendes til. En del af kritikken mod GMO har haft den karakter, at *alle* anvendelser af genteknologi på planter anses for at være forkerte. Andre kritikere finder, at anvendelse af genteknologi på planter er forkert, men at der i nogle situationer er andre hensyn, der gør teknologien etisk acceptabel at anvende.

<sup>37</sup> Domstolens dom, sag C-528/16, 25. juli 2018

<sup>38</sup> Det er her vigtigt, at man her skelner mellem den rent fysiske ændring, fx om der er tale om en stor indsættelse eller en udskiftning af et enkelt basepar på den ene side, og den funktionelle (fænotypiske) ændring (selve egenskaben man tilfører), fx om egenskaben er godt kendt og allerede findes i den aktuelle fødevarerplante, eller om der er tale om en helt ny egenskab, som er hentet fra en anden art eller lavet syntetisk.

<sup>39</sup> The European Societies of Plant Biology. 2018. *Regulating genome edited organisms as GMO's has negative consequences for agriculture, the society and economy*



En anden tilgang kunne være at anse genteknologi for at være forkert eller problematisk i det omfang, den anvendes på bestemte måder, som *fører til forkerte udkommer*. På samme måde som de færreste formentlig anser knive for at være problematiske i sig selv, mens det naturligvis er forkert, hvis man anvender den til at stikke et menneske ned. Hvis kritikken af GMO har denne karakter, åbnes der for, at GMO kan anvendes til samfundsnyttige formål som fx at bidrage til bekæmpelse af klimaforandringerne, eller til formål, som ikke er risikable. Men ikke til anvendelser, som fx er risikable, fordi de har uønskede effekter på miljøet eller sundheden hos dyr og mennesker. Nogle GMO'er vil da være problematiske – fordi de er risikable, ikke fordi de er udført med genteknologi.

Mange af de kritikker, som er fremført mod GMO – fx at de fremmer sprøjtemidler, de er patenterede, de er udviklet af multinationale firmaer eller de plantes på områder, hvor der har vokset regnskov – er ikke en kritik af GMO som sådan, men af de forhold, der omgiver bestemte anvendelser af visse GMO'er. Disse argumenter angår altså problemer ved *nogle helt bestemte* GMO'er. Problemet opstår, når disse overvejelser bruges til at argumentere mod *alle* GMO'er

Det er betænkeligt, fordi en GMO sagtens kan være udviklet på et universitet, ikke være patenteret, ikke kræve fældning af regnskov, ikke være pesticidresistent m.m. Der er ikke tale om egenskaber, som skyldes genmodifikationen i sig selv, og som derfor alle GMO'er har. Derfor kan de ikke begrunde en generel modstand mod GMO. I stedet kan de være argumenter for det meget mindre omfattende udsagn, at nogle GMO'er er problematiske, fx dem der tolererer pesticider. Det, der gør dem problematiske, er altså, at de tolererer pesticider. Da alle GMO'er ikke tolererer pesticider, er der ikke tale om et generelt argument mod GMO'er; det har ingen relevans for GMO'er, som ikke tolererer pesticider.

I det følgende vil vi fokusere på generelle argumenter mod GMO; dvs. argumenter som ofte fremføres som begrundelse for at afvise brug af GMO som sådan, fordi genmodificering af planter ses som problematisk i sig selv. Vi vil dog også se på et 'modsat' argument som går på, at vi moralsk set bør anvende de typer GMO, som kan gavne fx ved at fremme verdensmålene, hvis der ikke er meget gode argumenter for ikke at gøre det. De tre argumenter er: 1. Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt, 2. Genmodifikation er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål og 3. Genmodifikation er forkert, fordi det er unaturligt.

### **6.1 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er særligt risikabelt**

Et flertal af europæerne opfatter GMO som risikabel at indtage (59 %) og skadelig for miljøet (53 %).<sup>40</sup> Hvis det er en egenskab ved alle genmodificerede planter, at de er risikable på denne måde, må det altid anses for forkert at udvikle GMO. Ved den hidtidige anvendelse af GMO er der imidlertid ikke påvist skader på mennesker eller natur, som skyldes genmodifikation. Det betyder naturligvis ikke, at der ikke i fremtiden vil blive udviklet GMO'er, som vil vise sig at være risikable at indtage, eller

40 European Commission. 2010. *Biotechnology report – Special Eurobarometer*

som vil kunne sprede sig ukontrollabelt i naturen. Nogle vil fremføre, at der kan være langtidseffekter ved de undersøgte GMO'er, som først vil vise sig på et senere tidspunkt, mens andre vil hævde, at 20 år er så lang tid, at man nu har tilstrækkelig sikkerhed til at sige, at der ikke er belæg for at anse alle genmodificerede planter for risikable – selvom de vil medgive, at der stadig kan være grund til at risikovurdere andre typer GMO, før de tages i brug. Argumenterne for og imod dette lyder ofte:

#### **6.1.1. Genmodifikation er særligt risikabel**

At der ikke er fundet særlige risici ved genmodificerede planter endnu betyder ikke, at der ikke på langt sigt vil dukke problemer op. At ændre på planters gener med genteknologiske metoder er risikabelt på måder, andre forædlingsmetoder ikke er. Og hvis der om nogle år opstår sygdomme hos mennesker eller skader på økosystemer, forskerne ikke havde forudset, er det for sent at skrue udviklingen tilbage. Det er en egenskab ved teknologien, at den bevæger sig ind på områder, mennesker ikke kan overskue. Derfor bør vi undlade at anvende den i planteavl ud fra det såkaldte *forsigtighedsprincip*. Princippet fortolkes ofte sådan, at hvis der er begrundet mistanke om, at en aktivitet vil kunne skade mennesker eller miljø alvorligt, må indgreb over for den ikke udsættes, alene fordi der er videnskabelig usikkerhed i forhold til en teknologisk risici.<sup>41</sup>

#### **6.1.2. Genteknologi er ikke (altid) risikabel**

Som ovenfor nævnt har 20 år med risikovurderinger af GMO ikke vist, at GMO generelt er risikabel. Der kan naturligvis ikke gives sikkerhed mod, at skader vil vise sig i fremtiden, hvis man laver andre typer af ændringer, end dem, man nu har erfaringer med. Men det kan der heller ikke, hvis andre typer ændringer tilføres med fx stråling eller kemi.

Det forekommer i dag ubegrundet fortsat at hævde, at der er videnskabelig usikkerhed om, hvorvidt genmodificering i sig selv fører særligt store risici med sig. Det er typen af ændring – den tilførte egenskab – der har betydning for risikoen, ikke teknikken, som er anvendt. Lige ting bør bedømmes ens, og en given ændring udført med CRISPR er ikke mere risikabel, end samme ændring udført med bestråling eller kemi (som giver utilsigtede mutationer, man ikke kender konsekvenserne af). Om der skal foretages risikovurderinger før ibrugtagning af en ny sort, bør derfor afhænge af den tilførte egenskab og ikke af teknologien, der er brugt til at foretage ændringen.

### **6.2 Genmodifikation af planter er værdifuldt, hvis det kan yde et bidrag til at opfylde FN's verdensmål**

Fokus i GMO-diskussionen er ofte på at undgå negative træk (som unaturlighed), eller uønskede konsekvenser (som helbredsrisici eller uønsket påvirkning af naturen).

Hvis man grundlæggende finder, at genmodifikation er en så risikabel eller unaturlig teknologi, at det er problematisk at anvende den, kan der være grund til at overveje, om brug af GMO i nogle situationer kan være gavnlige på en måde, som bør tælle

41 Peter Pagh i Gyldendals Store Danske Encyclopædi ([http://denstoredanske.dk/Samfund,\\_jura\\_og\\_politik/Jura/Landboret\\_og\\_milj%C3%B8ret/forsigtighedsprincip](http://denstoredanske.dk/Samfund,_jura_og_politik/Jura/Landboret_og_milj%C3%B8ret/forsigtighedsprincip))

tungere end betænkelighederne. Positive klimaegenskaber eller bæredygtighed generelt kunne udgøre sådanne gavnlige egenskaber. Hvis genmodifikation kan yde et væsentligt bidrag til at rette op på de bæredygtighedsproblemer, som på mange områder, herunder klimaområdet, er alvorlige, vil det i nogle opfattelser kunne opveje de problemer med manglende naturlighed, man oplever.

Et andet synspunkt kan være, at det er nødvendigt at se på de samlede konsekvenser ved at tage GMO i brug; det vil sige både se på konsekvensen af at anvende en given GMO og ved ikke at anvende den. Hvis konsekvenserne for bæredygtigheden (og dermed for menneskers livsvilkår) er bedre ved at tage en given GMO i anvendelse end ved ikke at gøre det, bør man tage den i brug.

Om – og i givet fald hvor meget – positive egenskaber som fx bæredygtighed bør tælle i bedømmelsen af givne GMO'er, er der delte meninger om:

#### **6.2.1. Positive konsekvenser for klima og bæredygtighed bør tælle med ved bedømmelsen af en GMO**

Hvis den globale temperaturstigning skal holdes under 1,5°C over det præindustrielle niveau, er det nødvendigt at producere meget mere mad på et meget mindre areal og med brug af færre ressourcer. Genmodifikation vil, brugt rigtigt, kunne bidrage til dette, selvom teknologien naturligvis ikke alene kan løse problemerne med at nedsætte landbrugets CO<sub>2</sub>-belastning og udfordringen med at føde en hastigt voksende global befolkning. Situationen er dog så alvorlig, at vi ikke kan undlade at bruge *alle* tilgængelige redskaber for at sikre den fremtidige fødevarereproduktion. Det er ikke et spørgsmål om at bruge genteknologi *eller* kostomlægninger; i den nuværende situation er vi nødt til at bruge alle redskaber, hvis der ikke er gode grunde til ikke at gøre det. Det samme gør sig gældende, hvis en given GMO kan bidrage til at løse andre alvorlige problemer, bør man anvende den.

#### **6.2.2. Bidraget til bæredygtighed kan ikke opveje problemerne ved GMO**

Det er rigtigt, at det på flere områder er et problem, at vores levevis ikke er bæredygtig, så fx klimaforandringerne truer livsvilkårene for mennesker og natur. Derfor kan det være nødvendigt at acceptere løsninger, man ellers finder problematiske, som det mindste onde. Men problemerne ved at anvende en så radikalt unaturlig teknologi som genmodifikation er så store, at det i den store sammenhæng beskedne bidrag til modvirkning af klimaforandringerne, nogle GMO'er kan yde, ikke kan opveje dem. Det er utroværdigt at sætte sin lid til, at genteknologi kan yde et vigtigt bidrag til klima eller bæredygtighed i og med, at vi efter 30 år med GMO ikke har set overbevisende resultater i den retning. Der er andre redskaber, som fx ændrede forbrugsmønstre i retning af mere plantebaseret kost, som antagelig vil bidrage langt mere til bæredygtigheden, end genmodifikation af planter. Der er en tendens til at sætte urealistiske forhåbninger til, at teknologien kan løse alle problemer, så vi ikke behøver at lave om på den levevis, vi har vænnet os til, baseret på et ikke bæredygtigt, højt forbrug. Det skygger for erkendelsen af, at det, der skal til, er en grundlæggende ændring i levevis, og at vi vænner os til et langt lavere og mere bæredygtigt forbrug.

### **6.3 Genmodifikation af planter er forkert, fordi det er unaturligt**

Når man spørger de europæiske borgere om deres syn på GMO, angiver 70 %, at de anser dette for at være unaturligt.<sup>42</sup> Andre undersøgelser peger på, at mange laver en kobling mellem, at noget er unaturligt, og at det er forkert.<sup>43</sup> Modstanden kan begrundes sådan, at naturen og det naturlige har en værdi, som gør, at mennesker ikke bør ændre på den. Der kan være flere opfattelser af, hvad det er, mennesker ikke bør ændre på. Et bud kan være, at mennesker slet ikke bør prøve at beherske naturen og udnytte den til egne formål. Et andet bud er mere begrænset; at visse processer i naturen bør få lov at foregå uforstyrret af mennesker. Så selvom en skov er plantet af mennesker, kan den godt være naturlig, hvis væksterne i den får lov at udvikle sig uden for megen menneskelig indgriben. Forstået på den måde behøver det ikke at være for unaturligt, hvis mennesker ændrer planter ved traditionel forædling, fordi den antages at ligge tæt op ad de ændringer, naturen selv kunne have udviklet. I den forståelse bliver det, mennesker ikke bør give sig af med, helt at fravige naturens processer fx ved at indsætte gener fra andre arter.<sup>44</sup>

Trods den store tilslutning til argumentet er det imidlertid vanskeligt at få præcis fat på, hvorfor det er forkert at gøre ting, som ændrer naturen eller bryder radikalt med dens normale evolution (se bilag om naturlige fødevarer). Det skyldes, at mennesker hver dag og hele tiden ændrer på naturen, fx ved at behandle sygdomme eller forædle planter og dyr, uden at det ses som forkert. Spørgsmålet bliver derfor, hvorfor genmodificering af planter er unaturligt på en måde, som er forkert, mens andre unaturlige handlinger ikke er forkerte. Herunder gengives nogle centrale argumenter for, at det er forkert at ændre radikalt ved naturen. Derefter nogle argumenter for det modsatte synspunkt: at det ikke i sig selv er forkert at ændre ved naturen:

#### **6.3.1 Det er ikke forkert at ændre ved naturen, selv om naturen har værdi i sig selv**

Vi ændrer hele tiden naturen, fx gennem traditionel forædling. Når der er klart naturlige ting, som fx kræftkuder eller flodbølger, vi anser for at være negative, og klart unaturlige ting, som fx blindtarmsoperationer eller computere, vi anser for at være positive, viser det, at naturlighed ikke kan anvendes som målestok for, om noget er godt eller dårligt. Dertil kommer, at det ikke er klart, hvordan man skal forstå 'det naturlige', endsige sætte en bestemt grænse og sige, at når vi overskrider den, bevæger vi os over i det 'for unaturlige'. Det er fx ikke sådan, at genteknologiske ændringer nødvendigvis er meget omfattende, og at den samme ændring aldrig ville kunne opstå af sig selv i naturen. CRISPR-teknologi kan anvendes til at lave store ændringer men også til ændringer, der svarer til dem, der laves i traditionel forædling (mutagenese) eller kan opstå spontant i naturen.

Men at naturen har værdi i sig selv, betyder ikke, at mennesker ikke kan ændre naturen. Det er et vilkår, at vi udnytter naturen, men vi skal selvfølgelig samtidig passe

42 European Commission. 2010. *Biotechnology report – Special Eurobarometer*

43 Scott S, Inbar Y, Wirz C, Brossard D and Rozin P. 2018. An Overview of Attitudes Toward Genetically Engineered Food. *Annual Review of Nutrition* no 38: 459–79

44 For mere om gradualistisk opfattelse af naturlighed se også: Sandin, Per. 2017. How to Label 'Natural' Foods: a Matter of Complexity. *Food Ethics*, Volume 1, Issue 2, pp 97–107

på den. Det betyder, at hvis vi påvirker naturen så meget, at det truer nuværende og kommende menneskers livsgrundlag, fx ved at forårsage temperaturstigninger over de 1,5°C over det præindustrielle niveau, eller hvis artsudryddelsen fortsætter med den eksisterende hastighed i biodiversitetskrisen, er det moralsk problematisk i alvorlig grad.

### **6.3.2. At ændre ved naturen er i modstrid med den værdi, naturen har i sig selv**

Mennesket bør i højere grad søge at indrette sig på at leve i den givne natur frem for hele tiden at forsøge at omforme den, så den passer til vores ønsker, og med at betragte naturen udelukkende som en ressource. Det er forkert i sig selv, at mennesker konstant søger at underkaste naturen og ændre på den, og det har bragt os derhen, hvor vi er nu, med klimakrise og andre bæredygtighedskriser. Det er korrekt, at mennesker ikke kan undgå at ændre på naturen og udnytte den for selv at leve, men jo mere vi fjerner os fra det naturlige, og jo mere højteknologiske hjælpemidler, vi udvikler, jo mere problematisk er det.

Genteknologi er forkert, fordi den er mere unaturlig end traditionel forædling, og dermed et skridt længere i den forkerte retning. I forhold til klimakrisen og de øvrige kriser, mennesker har skabt, er genteknologien snarere en del af problemet end af løsningen. Den eneste vej frem er, at menneskene besinder sig på, at vi er en del af naturen, ikke naturens beherskere. Vi bør finde en måde at leve med den, fremfor at ændre mere og mere ved naturens balancer med de alvorlige konsekvenser, vi kan iagttage omkring os.

Lov om Etisk Råd angiver, at ”Respekt for naturen og miljøet hviler på den forudsætning, at naturen og miljøet har værdi i sig selv.” Medlemmerne tilslutter sig dette på det overordnede plan, som dog ikke indebærer en forpligtelse på bestemte filosofiske tilgange for det enkelt rådsmedlem.

## **7. RÅDETS ANBEFALINGER**

### **7.1 Det er etisk problematisk at afvise GMO-sorter, hvis de kan bidrage til at afbøde eller løse væsentlige problemer, og der ikke er gode argumenter for at afvise dem**

Nogle medlemmer (Morten Bangsgaard, Anne-Marie Axø Gerdes, Kirsten Halsnæs, Mia Amalie Holstein, Poul Jaszczak, Henrik Gade Jensen, Bolette Marie Kjær Jørgensen, Henrik Nannestad Jørgensen, Rune Engelbreth Larsen, Eva Secher Mathiasen, Rico Mathiesen, Jacob Giehm Mikkelsen, Lise von Seelen, Karen Stæhr og Signild Vallgård) finder, at der i dag findes en række eksempler på GMO'er, som viser lovende tegn på at kunne afbøde eller løse væsentlige problemer; vi har her vist to.

Medlemmerne finder, at der skal indføres et godkendelsessystem, som ikke lægger hindringer i vejen for GMO'er alene på grund af den *teknologi*, der er anvendt for at fremstille dem (proceskrav). I stedet bør der lægges vægt på *typen af egenskab*, en ny sort er tilført, sådan at kravet om risikovurdering skal gælde sorter, som har

øget sandsynlighed for at udgøre en risiko for menneskers helbred eller miljøet (produktkrav).

Siden GMO kom frem for over 30 år siden er meget sket: teknikkerne til genmodifikation er blevet bedre og meget mere præcise. 20 års dyrkning af herbicid- og insektresistente planter har ikke vist dokumenterede tilfælde af skader på mennesker eller natur, som skyldes genmodifikationen i sig selv.

I de 30 år er en række bæredygtighedsproblemer blevet mere akutte. Fx truer den globale opvarmning allerede på kort sigt millioner af menneskers livsvilkår, og bringes temperaturstigningerne ikke under kontrol, vil konsekvenserne for vores børn og børnebørn blive uoverskuelige. Dette bør tælle tungt i en etisk afvejning. GMO kan ikke i sig selv løse klimaudfordringen, men situationen er i dag så alvorlig, at alle redskaber bør tages i brug, medmindre der er vægtige argumenter for ikke at gøre det.

Vi har her beskrevet to typer af GMO'er, re-domesticering af vild tomat og af vild hvedegræs, som har en række gavnlige klimaegenskaber, og som der ikke ser ud til at være gode argumenter for ikke at tage i brug. Den ene er ændret ved hjælp af CRISPR, men uden at få tilført gener fra andre arter, der er alene tale om at 'slukke for' gener i planten (præcisions-mutagenese). Den anden vil kunne udvikles på samme måde, men er det ikke endnu.

Sådanne ændringer er meget tæt på de mutationer, som hele tiden sker i naturen af sig selv, så det er vanskeligt at se, at de kan opfattes som radikalt unaturlige. De behøver ikke i sig selv under kontrollerede forhold kollidere med naturens egenverdi eller forværre effekterne af generelle menneskelige negative påvirkninger i en geologisk epoke, flere og flere forskere betegner som Antropocæn – den tidsalder, hvor mennesket påvirker naturen langt mere end omvendt – frem for Holocæn, som er den officielle betegnelse for perioden siden sidste istid.

Ændringerne kunne i princippet opnås med traditionelle mutagenese-teknikker (selvom disse teknikker typisk ville ændre mere upræcist og langsommeligt), og må derfor ikke anses for mere risikable end ændringer, man i dag accepterer uden at kræve risikovurdering, fordi de erfaringsmæssigt har vist sig ikke at være risikable. At nye sorter kan udvikles hurtigere vha. CRISPR kan måske udgøre et problem, hvis deres egenskaber ikke risiko-vurderes; men en øget hastighed i sortsudvikling kan netop ses som en styrke i en situation med hastige klimaforandringer, hvor der kan være behov for at udvikle nye sorter på kort tid.

Som nævnt er en række andre argumenter, som ofte fremføres mod GMO, heller ikke relevante for de GMO'er, som er beskrevet i denne udtalelse: de er ikke udviklet eller patenteret af multinationale firmaer, de vil antagelig nedbringe frem for at fremme brugen af pesticider, vand og andre naturressourcer, og de har desuden andre gavnlige miljøeffekter såsom at kunne øge jordkvaliteten, begrænse erosion og tilføre jorden kulstof og struktur.

Eksemplerne viser, at argumenterne om, at enhver form for genmodificerede planter er mere unaturlige eller mere risikable, end planter udviklet ved traditionelle metoder, er uholdbare.

### **7.1.1 Fravær af særlige risici**

*Nogle af disse medlemmer* (Morten Bangsgaard, Anne-Marie Axø Gerdes, Mia Amalie Holstein, Poul Jaszczak, Henrik Gade Jensen, Bolette Marie Kjær Jørgensen, Henrik Nannestad Jørgensen, Rune Engelbreth Larsen, Eva Secher Mathiasen, Jacob Giehm Mikkelsen, Lise von Seelen, Karen Stæhr og Signild Vallgård) *finder*, at fraværet af særlige risici er tilstrækkeligt til, at nye sorter bør godkendes.

### **7.1.2 Bidrager til en bæredygtig udvikling**

*Andre af medlemmerne* (Kirsten Halsnæs, Rico Mathiesen) *finder*, at det bør være et egentligt krav ved godkendelsen af nye GMO'er, at de både må anses for ikke at være risikable og at de samlet set vil bidrage til en bæredygtig udvikling. De lægger vægt på at GMO må vurderes ift. de mulige positive konsekvenser i form af at skabe øget adgang til fødevarer, til fattigdomsbekæmpelse, sundhed og andre af FN's verdensmål, og til en positiv virkning på klimaet i form af nye afgrøder med en høj kulstofbinding. Dette skyldes, at man i demokratiske samfund bør reagere, når der på et område i længere tid har været så massiv folkelig modstand mod en teknologi, som tilfældet har været på GMO-området. Politikerne bør ikke overhøre en sådan modstand og lempe GMO-kravene, medmindre der er særligt gode argumenter for at gøre det. I den situation er fraværet af forhøjet risiko ikke tilstrækkeligt til at fravige kravet om udvidet risikovurdering. Der bør tillige stilles krav om, at sorten vil kunne bidrage til en bæredygtig udvikling.<sup>45</sup> Et sådant godkendelseskriterium kendes fra den norske genteknologilov.<sup>46</sup>

*Et stort flertal af rådets medlemmer* *finder* således, at ikke alle GMO'er bør forbydes alene pga. den proces, genteknologi, som er anvendt til at fremstille dem. Nogle typer af GMO er forenelige med såvel fravær af særlige risici, som bidrag til bæredygtighed og respekt for naturens egne processer. Sådanne GMO'er bør man ikke afvise, eller lægge hindringer i vejen for ved at stille krav til risikovurdering af dem, som ikke stilles til lignende nye sorter udviklet med traditionelle metoder.

Derfor bør Danmark arbejde for, at godkendelsesprocedurerne ændres til at være *produktbaserede* (ser på organismens egenskaber og risici uanset tilblivelsesform) frem for *procesbaserede* (ser på metoden eller teknologien, som er anvendt til at modificere planten). Det bør være slutproduktet – kombinationen af egenskab, planteart og dyrkningsområde – som afgør, om en ny sort skal igennem en risikovurderingsproces, eller om den kan tages i brug efter en administrativ vurdering.

45 Se også Zetterberg, C and K Björnberg. 2017. Time for a New EU Regulatory Framework for GM Crops? *J Agric Environ Ethics* 30:325–347

46 Lov om framstilling og bruk av genmodifiserte organismer m.m. (genteknologiloven) fra 1993. Det angives i §10, at "Utsetting av genmodifiserte organismer kan bare godkjennes når det ikke foreligger fare for miljø- og helsemessige skadevirkninger. Ved avgjørelsen skal det dessuten legges vesentlig vekt på om utsettingen har samfunnsmessig nytteverdi og er egnet til å fremme en bærekraftig utvikling"



Et sådant system kan sammensættes på forskellig vis, og der er i de senere år fremkommet forskellige forslag. I Canada har man et godkendelsessystem, der er baseret på vurdering af slutproduktet. Alle såkaldte *planter med nye egenskaber* skal godkendes, uanset hvilken teknologi som er anvendt til at fremstille dem.<sup>47</sup> I Norge har man længe haft et godkendelsessystem, hvor krav til samfundsnytte, bæredygtighed og etik har central betydning for godkendelse af GMO. Det norske Bioteknologiråd har netop fremsat et forslag til en ny godkendelsesprocedure for GMO (såvel planter som dyr), der har tre niveauer for krav til godkendelse, afhængigt af den genetiske ændring, der er foretaget.<sup>48</sup> Andre forslag til ændring af godkendelsesprocedurerne er kommet fra den hollandske regering, som foreslår at undtage planter frembragt med såkaldte *New Plant Breeding Techniques* herunder CRISPR, hvis de må anses for mindst lige så sikre, som planter frembragt ved traditionel forædling.<sup>49</sup>

Det Etske Råd lægger vægt på, at hovedfokus i bedømmelsen af, hvilke nye sorter som skal risikovurderes, ligger på karakteren af den tilførte ændring, ikke på den anvendte teknik.

## **7.2 Det er etisk problematisk at anvende genteknologi til at ændre ved planter.**

Et medlem (Herdis Hansen) finder, at genteknologi er eksponent for en tankegang, der grundlæggende ser målet for mennesker som stadig at øge beherskelsen af naturen, og den muliggør en langt mere omfattende indgriben i naturens egne processer, end traditionel forædling.

Denne form for naturbeherskelse er forkert, fordi den ikke respekterer den værdi, naturen har i sig selv. Derfor bør teknologien ikke anvendes, og de europæiske politikere bør lytte til flertallene i deres befolkninger og respektere deres ønske om at undgå genmodificerede fødevarer.

Medlemmet anerkender, at klimaforandringerne er alvorlige, og at det er væsentligt at finde metoder til at holde de globale temperaturstigninger under 1,5°C over det præindustrielle niveau. Det betyder imidlertid ikke, at genmodifikation vil være et velegnet redskab til at nå dette mål.

Gennem historien har mennesker hele tiden øget deres beherskelse af naturen, og vi er nu nået et stade, hvor man har forslået at døbe vores tidsalder *antropocænen* – den tidsalder, hvor mennesket påvirker naturen langt mere end omvendt.

47 Se kriterierne her: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/eng/1300137887237/1300137939635>

48 Bioteknologirådet. 2018. *Forslag til oppmykning av regelverket for utsetting av genmodifiserte organismer.*

49 The Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment. 2017. *Proposal for discussion on actions to improve the exemption mechanism for genetically modified plants under directive 2001-18-EC.* Se desuden forslag fra Bioøkonomierat. 2018. *Genome editing, Europe needs new genetic engineering legislation - preliminary version*

Klimaforandringerne er kun ét af resultaterne af denne tilgang til naturen og den manglende respekt for dens balancer. Det er menneskers konstante forsøg på at underkaste naturen og ændre på den, der har bragt os derhen, hvor vi er nu. Genteknologi er eksponent for denne tilgang til naturen; den er mere unaturlig end traditionel forædling, fordi den muliggør et brud med de processer, som foregår i naturen. Med genteknologi kan mennesker 'kortslutte' de evolutionære mekanismer, og introducere ændringer, som ikke ville kunne opstå i naturen uden menneskelig indgriben. Ved at fjerne sig længere fra de naturlige processer, går genteknologi yderligere et skridt i den forkerte retning.

Naturen og det naturlige har værdi i sig selv, og mennesket bør i højere grad søge at indrette sig på at leve i den givne natur frem for hele tiden forsøge at omforme den, så den passer til vores ønsker.

Bekæmpelse af klimaforandringerne kræver et radikalt anderledes natursyn og en meget mindre materialistisk livsform. Det er nødvendigt med et opgør med den tankegang, der ser 'det gode liv' som afhængigt af forbrug, som er helt løsrevet fra, hvad naturgrundlaget kan bære. Den eneste løsning er, at vi begynder at tilpasse vores levevis til naturens balancer og respekterer de begrænsninger, naturgrundlaget sætter. En så grundlæggende unaturlig teknologi som genmodificering kan ikke tilbyde løsninger på disse problemer, for den er i sig selv eksponent for den tankegang, at naturen skal ændres for at imødekomme vores behov.

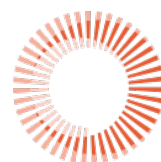
Der findes ingen lette løsninger eller teknologiske fix, som kan løse problemet med klimaforandringerne eller nogen af de øvrige komplekse kriser, som FN's klimamål adresserer. At foregive, at genteknologi kan udgøre sådan et teknologisk fix, risikerer bare at fjerne fokus fra det egentlige problem og forhale erkendelsen af, at helt grundlæggende ændringer er nødvendige.

Medlemmet kan således ikke støtte bestræbelser på at lempe på godkendelses-systemet for GMO. Et system baseret på produkt- frem for proces-godkendelse vil uvægerligt føre til, at en række GMO'er vil blive udsat i naturen med kun en overfladisk risikovurdering. Dette er ikke i overensstemmelse med forsigtigheds-princippet og respekterer ikke den store modstand, som borgerne i EU nærer mod genmodificerede fødevarer.

**DET ETISKE RÅD**

[kontakt@etiskraad.dk](mailto:kontakt@etiskraad.dk)

Tel: +45 72 21 68 70



**DET  
ETISKE  
RÅD**