

# Syntetisk biologi, ett framväxande teknikområde för Sverige

**Utgivare:** Vinnova – Sveriges innovationsmyndighet

**Titel:** Syntetisk biologi,  
ett framväxande teknikområde för Sverige

**Författare:** Lars Friberg

**Utgiven:** 10 oktober 2024

**IBSN-nummer:** 978-91-89905-16-0

**Diarienummer:** 2024-03595

# Innehållsförteckning

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Sammanfattning.....</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Syntetisk biologi – en introduktion.....</b>         | <b>5</b>  |
|          | 2.1 En kort introduktion .....                          | 5         |
|          | 2.2 Gensyntes – skriva.....                             | 6         |
|          | 2.3 Sekvensering – läsa .....                           | 6         |
|          | 2.4 Designa.....  | 7         |
|          | 2.5 Bioreaktorer och molnlabb .....                     | 7         |
|          | 2.6 Designade biologiska plattformar .....              | 8         |
|          | 2.7 Främja framväxten av kvalificerad arbetskraft.....  | 9         |
|          | 2.8 Skapandet av en sammanhållen branschidentitet ..... | 9         |
| <b>3</b> | <b>Potentialen för syntetisk biologi .....</b>          | <b>10</b> |
|          | 3.1 Hälsa och life science.....                         | 11        |
|          | 3.2 Livsmedel och foder .....                           | 14        |
|          | 3.3 Bioekonomi och cirkulära produktionsmetoder.....    | 15        |
|          | 3.4 Klimat och energi.....                              | 17        |
| <b>4</b> | <b>Vår omvärld storsatsar på syntetisk biologi.....</b> | <b>20</b> |
|          | 4.1 USA.....  | 22        |
|          | 4.2 Kina.....   | 23        |
|          | 4.3 Sydkorea .....                                      | 24        |
|          | 4.4 Storbritannien.....                                 | 24        |
|          | 4.5 Danmark .....                                       | 26        |
|          | 4.6 Europeiska unionen .....                            | 27        |
|          | 4.7 Utmaningar .....                                    | 28        |
| <b>5</b> | <b>SWOT-analys Sveriges position.....</b>               | <b>30</b> |

# 1 Sammanfattning

Vinnova har tagit fram den här rapporten som ett kunskapsunderlag om syntetisk biologi för en svensk läsekrets då detta saknats. Vinnova anser att det är viktigt att svenska forskare, företag och beslutsfattare uppmärksammar denna banbrytande teknologi och dess potential.

Syntetisk biologi kommer kunna förändra stora delar av världsekonomin, hur vi producerar och konsumerar produkter. Tekniken kan bidra med hållbara innovationer och lösningar för att hantera utmaningarna som klimatkrisen och ohållbart resursutnyttjande.

Strukturen av rapporten är följande:

- Inledningsvis, en översiktlig förklaring av vad syntetisk biologi är. Detta framväxande teknikområde har under de senaste tjugo åren snabbt utvecklats. Det tvärvetenskapliga området syntetisk biologi bygger på att använda ingenjörsmässiga designmetoder i framtagandet av nya mikrobiologiska system eller i förändringen av befintliga. Syntetisk biologi kombinerar vetenskaper som mikrobiologi, biokemi och ingenjörskonst för att underlätta och påskynda förståelsen, tillverkningen och/eller modifieringen av genetiskt material, levande organismer och biologiska system för att designa nyttskapande lösningar.
- Ge exempel på potentialen för den framväxande teknologin inom olika områden. Genom att utnyttja naturens egna verktyg och biologiska lösningar kan världen designa och använda mikroorganismer för att minska påverkan från livsmedelsproduktion, transport, energiförsörjning och industriella aktiviteter. Naturliga fibrer kan ersätta plaster. Vi kan eliminera skadliga kemikalier från våra dagliga liv. Avfall kan omvandlas till energi. Alternativa matproteiner kan produceras med betydligt mindre påverkan på jorden. Nya läkemedel kan tas fram, som till exempel mRNA vaccinet mot Covid-19.
- Beskriva några av de storskaliga satsningar som sker i länder som USA, Kina, Danmark och Storbritannien för att främja syntetisk biologi. Miljardsatsningar på forskning men också nationella strategier och reformer för att främja användningen av den nya teknologin.
- Slutligen en kort analys av Sveriges position, våra styrkor och svagheter inom detta snabbt växande teknikområde och vilka möjligheter som finns med den nya teknologin.

# 2 Syntetisk biologi

## – en introduktion

### 2.1 En kort introduktion

Syntetisk biologi (synbio) är ett tvärvetenskapligt teknikområde som inte har någon vedertagen definition, men det kan sammanfattas som ett framväxande område inom bioteknik som syftar till att utnyttja levande system (ofta bakterier eller jästsvampar) i forskning och produktutveckling.

Syntetisk biologi kombinerar vetenskaper som mikrobiologi, biokemi och ingenjörskonst för att underlätta och påskynda förståelsen, tillverkningen och/eller modifieringen av genetiskt material, levande organismer och biologiska system för att designa nyttskapande lösningar.

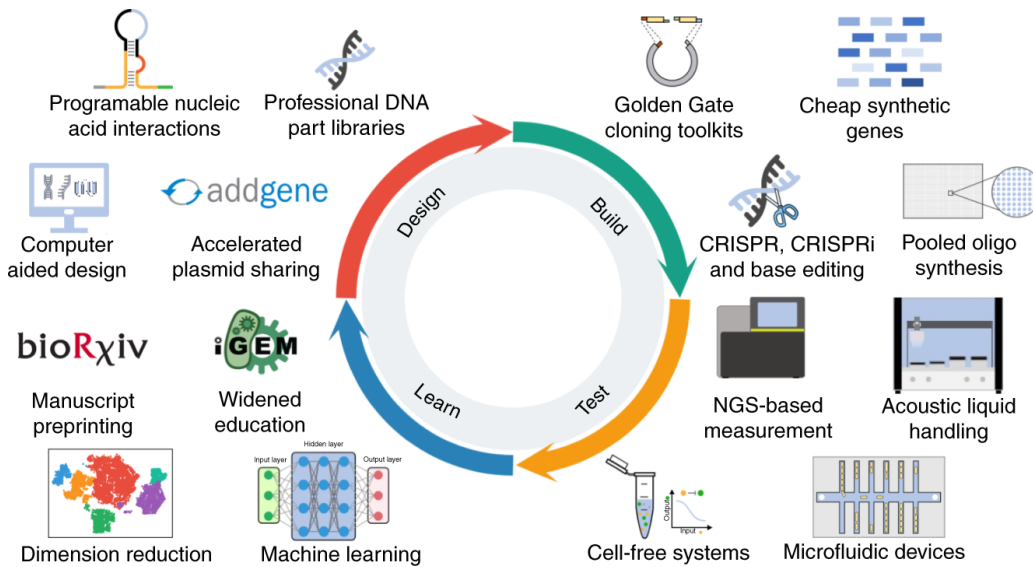
De senaste två decennierna har bevittnat en revolutionär utveckling av området. Till stor del genom grundläggande, stora framsteg som den miljonfaldiga minskningen av kostnaden för att sekvensera DNA.<sup>1</sup> Även kostnaden och tidsåtgången för att syntetisera, sekvensera, syntetisera och redigera gener har blivit radikalt billigare, enklare och snabbare. Den snabba framväxten av artificiell intelligens (AI) och andra digitala teknologier, och deras konvergens med synbio, påskyndar dessa transformativa framsteg.

Genom att utnyttja naturens egna verktyg och biologiska lösningar kan mikroorganismer designas för att minska påverkan från livsmedelsproduktion, transport, energiförsörjning och industriella aktiviteter.

---

<sup>1</sup> Amy Webb & Andrew Hessel (2022) *The Genesis Machine – Our Quest to Rewrite Life in the Age of Synthetic Biology* [The Genesis Machine by Amy Webb | Hachette Book Group](#)

**Figur 1. Utvecklingsloopen och några av de centrala teknologier som utvecklats inom syntetisk biologi<sup>2</sup>**



Bilden ovan lyfter fram utvecklingsloopen *Design->Build->Test->Learn*, som är central inom syntetisk biologi och kommer från hur ingenjörsvetenskaper arbetar med produktutveckling och som förts över till det gränsöverskridande framväxande forskningsområdet. I bilden återfinns också flera av de centrala verktyg och processer som utvecklats de senaste åren och som möjliggjort den snabba utvecklingen inom syntetisk biologi.

## 2.2 Gensyntes – skriva

Gensyntes refererar till processen att skapa eller syntetisera en ny DNA-sekvens genom att artificiellt sätta samman nukleotider, byggstenarna i DNA, i en specifik ordning för att matcha en önskad genetisk sekvens. Detta kan användas för att skapa anpassade gener för vetenskaplig forskning, bioteknik och tillämpningar av genbehandling. Med nya framsteg inom syntetisk biologi har gensyntes blivit en allmänt använd metod för att skapa nya genetiska sekvenser på ett kostnadseffektivt och precist sätt, med 100 procent sekvensnoggrannhet garanterad av vissa tjänsteleverantörer. De syntetiserade generna kan användas för en mängd olika tillämpningar som genredigering, genbehandling och biotillverkning.

## 2.3 Sekvensering – läsa

Om syntes är att skriva DNA är sekvensering att läsa det – att bestämma ordningen av baspar i en gen. Helgenomsekvensering (WGS) går utöver gener för att bestämma ordningen av baspar i hela genomet hos en organism i en process. De första kompletta mänskliga genomen sekvenserades för 20 år sedan, i april 2003. En enorm vetenskaplig

<sup>2</sup> Meng, F., Ellis, T. The second decade of synthetic biology: 2010–2020. *Nat Commun* 11, 5174 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19092-2>

bedrift som kostade cirka 3 miljarder dollar och tog årtionden. Idag har kostnaderna sjunkit miljonfaldigt: 2006 kostade det 25 miljoner dollar att sekvensera ett mänskligt genom, 2023 kostar det mindre än 100 dollar.<sup>3</sup> Helgenomsekvensering har blivit standardmetoden för att upptäcka och undersöka matburna utbrott associerade med bakterier, och blir alltmer utbredd inom cancerdiagnostik och andra medicinska tillämpningar.

## 2.4 Designa

Bio-CAD (datorstödd design) inkluderar programverktyg för bioingenjörskonst, som används för att designa och simulera biologiska vävnader, metabola vägar, genuttryck och för att modellera andra biologiska processer och strukturer.

## 2.5 Bioreaktorer och molnlabb

En bioreaktor ("biofoundry" på engelska) definieras som en integrerad anläggning som kombinerar biokemiska och tekniska processer med verktyg för automation. Genom att använda integrerad dataanalys, höggenomströmmande mätning och AI möjliggörs iterativa cykler av design, byggnation, test och lärande.<sup>4</sup>

Molnlabb är högt automatiserade, centraliserade forskningslaboratorier eller bioreaktorer som kan nås på distans via internet. Forskare kan utföra experiment genom att ge kommandon till molnlabbet via ett användargränssnitt, utan att behöva vara fysiskt närvarande i labbet. Experimenten utförs sedan med hjälp av automation och robotik i labbet. Syftet med ett molnlabb är att förbättra effektiviteten, reproducerbarheten och tillgången till avancerad forskningsutrustning för forskare som utför experiment inom bioteknik. Vissa företag erbjuder molnlabbplattformar som en tjänst till forskare inom bioteknikindustrin.

Bioreaktorer och molnlabb låter forskare genomföra experiment i en stor och snabb skala, vilket dramatiskt ökar takten och effektiviteten i forskningsprocessen.

En anledning till att syntetisk biologi utvecklas så fort är att alltmer avancerad AI, till exempel Interpretable machine learning (IML), används. Maskininlärningsmodeller analyserar de massiva datamängder som genereras när miljarder baspar i DNA- och RNA-sekvenser sekvenseras, vilket underlättar förståelsen av komplexa biologiska data och främjar framsteg inom till exempel precisionsmedicin.<sup>5</sup> Ett exempel är AI-modellen *Evo* som har beskrivits som Chat-GPT för genetik.<sup>6</sup> *Evo* är en avancerad biologisk AI-modell som kan förutsäga och generera DNA-, RNA- och proteinsekvenser på hela genomnivån, vilket kan påskynda förståelsen och utvecklingen inom biologi och medicin. Det som tidigare kunde ta sex månader av arbetsintensivt experimentellt laboratoriearbete kan nu göras i *Evo* på några timmar eller dagar. Googles AI-företag *DeepMind* har utvecklat

---

<sup>3</sup> Amy Webb & Andrew Hessel (2022) *The Genesis Machine – Our Quest to Rewrite Life in the Age of Synthetic Biology* *The Genesis Machine by Amy Webb | Hachette Book Group*

<sup>4</sup> *The Life Scientist's Guide to Building a Successful Biofoundry | eLabNext*

<sup>5</sup> Simon, E., Swanson, K. & Zou, J. Language models for biological research: a primer. *Nat Methods* 21, 1422–1429 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41592-024-02354-y>

<sup>6</sup> *Sequence modeling and design from molecular to genome scale with Evo | bioRxiv*

[AlphaFold](#). AI-modellen utklassar konkurrerande metoder i att förutspå hur proteiner viks i tre dimensioner, ett svårlöst problem som vetenskapen länge brottats med.<sup>7</sup>

## 2.6 Designade biologiska plattformar

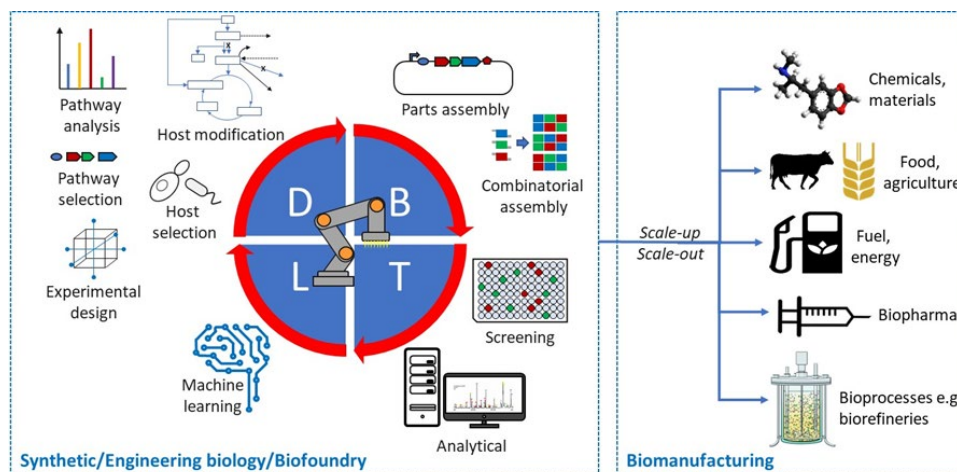
Designade biologiska plattformar refererar till verktyg och tekniker som används inom syntetisk biologi för att konstruera organismer för en mängd olika tillämpningar, såsom biotillverkning, miljösanering och hälso- och sjukvård. Dessa plattformar utnyttjar framsteg inom DNA-syntes, genredigering och genetisk teknik för att modifiera en organisms genetiska kod på ett precist och riktat sätt. Dessa plattformar är en central aspekt av syntetisk biologi och utvecklas ständigt när nya verktyg och tekniker utvecklas.

Några exempel på konstruerade organismer inkluderar

- enzymproducerande bakterier som används i industriella processer, såsom produktion av biobränslen och kemikalier
- bakterier konstruerade för att konsumera oljeutsläpp eller andra miljöföroreningar
- alger konstruerade för att producera biobränslen eller farmaceutiska produkter
- myggor konstruerade för att vara resistent mot sjukdomar som malaria
- växter konstruerade för att producera högre avkastning eller för att vara resistent mot skadedjur och sjukdomar.

Vetenskapsmän och ingenjörer använder de olika verktygen beskrivna ovan för att utveckla innovationer och praktiska tillämpningar såsom läkemedel, diagnostik, bioenergi och konsumentvaror. I takt med att syntetisk biologi har mognat blir allt fler av de tidiga experimenten marknadsfärdiga produkter, så denna kategori dominerar i nuläget i sin förmåga att attrahera riskkapital.

**Figur 2 Syntetisk biologi, integrerat med en bioreaktor (vänster) som kan kombineras med tillverkningsprocesser för att skala upp produktion av produkter inom olika sektorer.<sup>8</sup>**



<sup>7</sup> [Accurate structure prediction of biomolecular interactions with AlphaFold 3 | Nature](#)

<sup>8</sup> Anpassad från [Enabling the Advanced Bioeconomy through Public Policy Supporting Biofoundries and Engineering Biology: Trends in Biotechnology \(cell.com\)](#)



## 2.7 Främja framväxten av kvalificerad arbetskraft

Det stod tidigt klart att det skulle behövas många medarbetare, både forskare och labbtekniker, i denna framväxande bransch som förstod sig på tekniken, hantverket och potentialen. Av den anledningen startades Massachusetts Institute of Technology (MIT) 2003 iGEM (International Genetically Engineered Machine). Det är en årligt återkommande global tävling inom syntetisk biologi för studenter. Tävligen ger universitetsstudenter från hela världen möjlighet att designa, bygga och testa biologiska system med hjälp av standardiserade biologiska delar.<sup>9</sup>

Varje år deltar tusentals studenter i iGEM-projekt, även från Sverige, där de arbetar i lag för att utveckla innovativa lösningar på globala utmaningar, såsom miljöföroreningar, hälsoproblem och hållbarhet. Projekten presenteras vid en årlig konferens, kallad Jamboree, där lag från olika universitet visar upp sina resultat. Många av dagens ledande bolag inom synbio är grundade av studenter som först kom i kontakt med synbio genom att delta i iGEM.

## 2.8 Skapandet av en sammanhållen branschidentitet

*"The interesting thing to program in the 21st century isn't going to be computers – it's biology."*

Tom Knight, grundare, Ginkgo Bioworks

Det bolag som troligen gjort mer än något annat för att utveckla och främja syntetisk biologi som en framväxande bransch är [Ginkgo Bioworks](#). Bolaget som grundades 2008 av forskare vid MIT har utvecklat en plattform för att programmera celler lika enkelt som att programmera datorer. Ginkgo var det första biotech-bolag att stöttas av Silicon Valley-baserade startup-acceleratorn [Y combinator](#). Ginkgo har länge varit ett "poster child" för syntetisk biologi, och företagets VD Jason Kelly har agerat som en slags resande försäljare för hela branschen och har spelat en viktig roll i att samla branschens aktörer och skapa den självbild som nu finns. Bolaget var till exempel centralt i initiativ som utvecklingen av iGEM och branschkonferensen SynBio Beta.

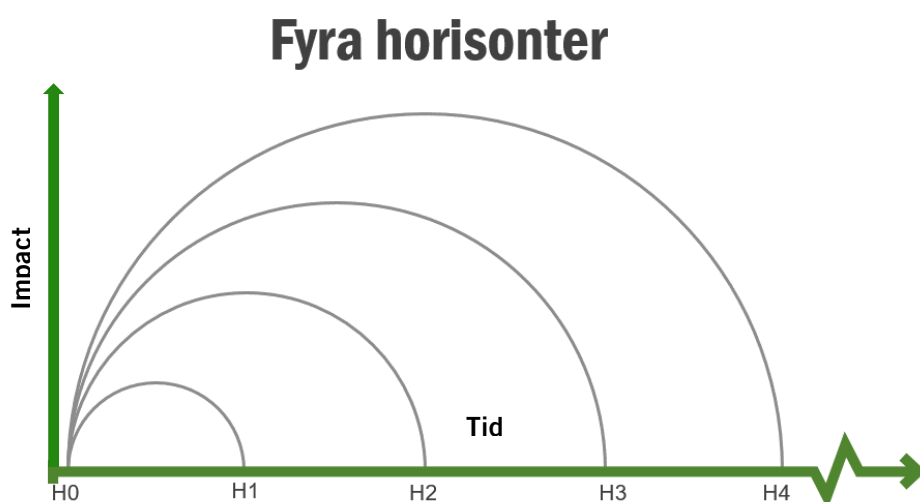
---

<sup>9</sup> [iGEM](#)

# 3 Potentialen för syntetisk biologi

Horisontskanning är en metod för förståelse av potentialen i en viss teknikutveckling i närtid, medium och på längre sikt. Det är ett strategiskt verktyg som Vinnova tillämpar när vi kartlägger framväxande teknologier.

Figur 3. Horisontskanning, fyra horisonter. Källa: Vinnova.



Det finns befintliga initiativ som utför horisontskanning och kartläggning inom syntetisk biologi. Till exempel utvecklar Environmental Law Institute (ELI) i USA, med stöd från USA:s jordbruksdepartement (USDA), en databas för bioteknikens framtid, som indexerar nya och framväxande produkter och tillämpningar.<sup>10</sup>

Även FN-konventionen om biologisk mångfald (CBD) har nyligen lanserat en horisontskanningsaktivitet inom syntetisk biologi, med fokus på konsekvenser för bevarande och biologisk mångfald.

Engineering Biology Research Consortium (EBRC), en organisation baserad i Kalifornien som samlar ledande forskarorganisationer inom syntetisk biologi, har arbetat fram forskningsfärdplaner för synbio-området generellt och även specifika färdplaner för klimat och hållbarhet.<sup>11</sup>

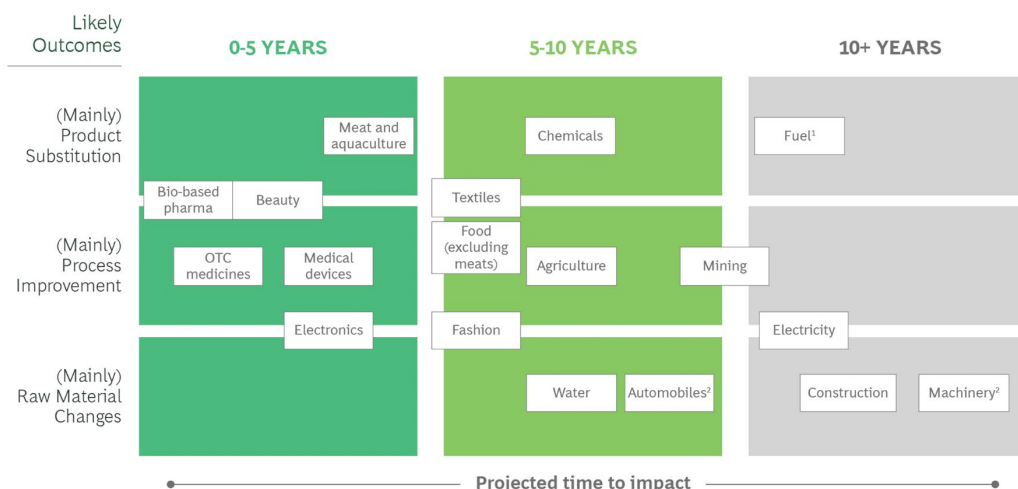
I Storbritannien finns Regulatory Horizons Council (RHC), en fristående expertkommitté skapad av Department for Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS), som har i uppdrag att ge råd till regeringen kring vilka regelverk som bör tas fram inom framväxande teknikområden. RHC tog 2021 fram en rapport (uppdaterad 2022) med råd om hur brittiska regeringen bör reglera genetiska teknologier.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> [Future bioengineered products](#)

<sup>11</sup> <https://roadmap.ebrc.org/engineering-biology-for-climate-sustainability/>

<sup>12</sup> [Regulatory Horizons Council report on Genetic Technologies \(publishing.service.gov.uk\)](#)

**Figur 4. Disruptiva effekten av syntetisk biologi – när och hur den kommer påverka olika sektorer.<sup>13</sup>**



Konsultbolaget Boston Consulting Group (BCG) gjorde 2022 följande prognos över när olika innovationer kommer till marknaden. BCG har även i en annan analys visat på en växande efterfråga men som även pekar på ett stort kapitalbehov för att kunna skala upp innovationer som i dagsläget finns i labbmiljö till fullskaliga produktionsmiljöer för precisionsfermentering.<sup>14</sup>

Följande kapitel är inte en fullödig horisontskanning, utan ett försök att visa på potentialen för syntetisk biologi inom några områden. Allt från färdiga produkter till lösningar som forskare fortfarande arbetar på, men där det ändå går att skönja potentialen för den nya tekniken att leverera substantiella bidrag till klimatomställningen och andra stora utmaningar mänskligheten står inför.

### 3.1 Hälsa och life science

Life science-sektorn är det område där syntetisk biologi har kommit längst, cirka 80 procent av alla investeringar inom synbio är också inom life science-sektorn.<sup>15</sup>

Det största genombrottet hittills var den revolutionerande snabbhet med vilket effektiva mRNA-vaccin utvecklades för covid-19, med hjälp av metoder och processer utvecklade inom syntetisk biologi.

*"Syntetisk biologi har varit avgörande för vårt snabba svar på covid-19-pandemin, och visat upp dess potential att hantera globala hälsokriser."*

Anthony Fauci, direktör för National Institute of Allergy and Infectious Diseases

<sup>13</sup> [Synthetic Biology Is About to Disrupt Your Industry \(bcg.com\)](https://www.bcg.com)

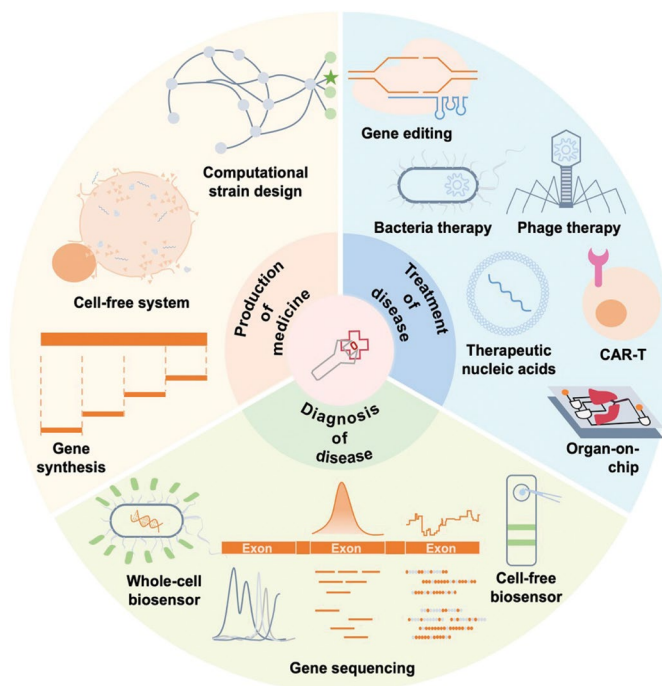
<sup>14</sup> [Breaking the Cost Barrier on Biomanufacturing | BCG 2024](https://www.bcg.com)

<sup>15</sup> [2024 Investment Report \(synbiobeta.com\)](https://www.synbiobeta.com)

Syntetisk biologi har alltså redan börjat att revolutionera life science genom att erbjuda innovativa lösningar för att bekämpa sjukdomar, förbättra diagnostik och utveckla nya terapier, men de största förändringarna ligger fortfarande i framtiden.

Genom att använda verktyg och tekniker från syntetisk biologi kan forskare designa och bygga biologiska system för att utföra specifika funktioner, vilket kan leda till betydande framsteg inom medicinsk forskning och behandling. Det är också den sektor som attraherar störst intresse från investerare inom syntetisk biologi. En anledning till det är att investerare inom life science är vana vid långa ledtider, höga R&D-kostnader och en lång och komplicerad tillståndsprocess innan en produkt kan komma ut på marknaden. En situation som synbio delar med life science.

**Figur 5. Exempel på tillämpningar av syntetisk biologi inom hälsa och life science.<sup>16</sup>**



**Genterapi:** Syntetisk biologi kan användas för att utveckla genterapier, där gener introduceras, tas bort eller ändras på cellulär nivå för att behandla sjukdomar. Detta kan vara särskilt effektivt för genetiska sjukdomar som cystisk fibros eller Duchennes muskeldystrofi. I december 2023 godkände U.S. Food and Drug Administration (FDA) den första genterapin någonsin, en behandling för sicklecellanemi som utvecklats av bolagen [Vertex](#) och [CRISPR Therapeutics](#).<sup>17</sup>

**Personlig medicin:** Genom att använda syntetisk biologi kan forskare skapa anpassade behandlingar baserade på en individs unika genetiska profil. Detta kan leda till mer effektiva behandlingar med färre biverkningar.

<sup>16</sup> *Life. Med.*, Volume 3, Issue 1, February 2024, Inae010, <https://doi.org/10.1093/lifemedi/Inae010>

<sup>17</sup> [FDA Approves First CRISPR Gene Editing Treatment for Sickle Cell Disease | Scientific American](#)

**Biologisk produktion:** Syntetisk biologi kan användas för att skapa organismer som kan producera läkemedel eller andra kemikalier som används i läkemedelsproduktion. Detta är ofta ett mer hållbart och kostnadseffektivt sätt att producera på jämfört med traditionella metoder.

**Regenerativ medicin:** Stamcellsbaserade terapier där stamceller kan användas för att reparera eller ersätta skadade vävnader och organ. Genom att använda konstruerade biomaterial kan forskare förbättra överlevnaden och retentionen av transplanterade stamceller, vilket kan leda till mer effektiva behandlingar.<sup>18</sup>

**Organoider och 3D-utskrivna organ:** Syntetisk biologi kan användas för att utveckla nya metoder för vävnadsingenjörskonst, där biologiska material används för att skapa eller reparera vävnader och organ. Forskare kan injicera stamceller eller förstadieceller som har erhållits genom riktad differentiering, inducera regeneration genom biologiskt aktiva molekyler, transplantera in vitro-odlade organ och vävnader, eller skapa organoider som kan användas för att studera sjukdomar och utveckla nya terapier. Till exempel har forskare vid amerikanska National Institutes of Health (NIH) skapat "miniatyrhjärtan" som slår rytmiskt i en odlingskål.<sup>19</sup>

**Mikrobiomforskning:** Syntetisk biologi kan användas för att studera och manipulera mikrobiomet, de miljarder av mikroorganismer som lever i och på vår kropp. Detta kan leda till nya insikter och behandlingar för sjukdomar som inflammatorisk tarmsjukdom, fetma och depression.

Dessa exempel visar den enorma potentialen för syntetisk biologi inom regenerativ medicin. Med fortsatt forskning och utveckling kan vi förvänta oss att se ännu fler innovativa tillämpningar i framtiden.

---

<sup>18</sup> [Engineered biomaterials in stem cell-based regenerative medicine | Life Medicine | Oxford Academic \(oup.com\)](#)

<sup>19</sup> [Mini hearts in a dish: A big win for cardiac research | NHLBI, NIH](#)

## 3.2 Livsmedel och foder

Syntetisk biologi har stor potential att omvandla livsmedelsindustrin genom att erbjuda hållbara och kostnadseffektiva lösningar. Dessa framsteg kan bidra stort till att möta framtidens globala livsmedelsbehov på ett hållbart sätt. Här är några exempel på lösningar som växer fram inom detta område.

### Djurfoder utan fiskmjöl eller soja

Flera bolag, som [Calysta](#) och [Novo Nutrients](#), utvecklar proteinrika foder för fisk och andra djur genom att använda metanotrofiska bakterier som omvandlar metan till protein. Denna metod erbjuder ett hållbart alternativ till traditionellt fiskmjöl och sojabaserat foder, vilket minskar trycket på marina ekosystem och jordbruksmark. Dessa innovationer kan bidra till att möta den växande efterfrågan på djurfoder på ett miljövänligt sätt.

### Mjök och kött utan kor eller kycklingar

Ett område som många bolag runt om i världen arbetar på är att skapa en process för att producera kött och mjölk utan att använda djur. Genom precisionsfermentering där jästkulturer designats för att producera proteiner och de olika beståndsdelarna i animalisk mjölk så framställer bolag som [Remilk](#) mjölkproteinet kasein och [Perfect Day](#) vassle med målsättningen att kunna producera animalisk mjölk och mejeriprodukter som är identiska i beståndsdelarna, utan att mjölken passerat något juver.<sup>20</sup> Detta minskar inte bara de omfattande metanutsläppen och vattenförbrukningen från djurhållningen, utan erbjuder också en lösning för laktosintoleranta och veganer.

### Växter som kommunicerar med bonden

Svampangrepp står för 80 procent av sjukdomarna som drabbar spannmål, till en kostnad av 100–200 miljarder dollar årligen enbart i USA. Bolaget [InnerPlant](#) har designat en variant av soja till att bli självlysande när växten utsatts för ett svampangrepp, vilket sensorer i drönare eller till och med satelliter kan registrera. Genom att signalera ett angrepp flera dagar innan mögelangreppet blir synligt för blotta ögat kan bonden begränsa skadan, och behöver inte bespruta alla sina fält, vilket är bra både för ekonomin och för miljön.

**Figur 6. Aleph Cuts, den första produkten av kultiverat nötkött som är godkänd för försäljning i världen.**



<sup>20</sup> [Biotech companies are trying to make milk without cows | MIT Technology Review](#)

Det finns många bolag som arbetar på att utveckla labbodlat, kultiverat kött. Bolaget [Aleph farms](#) tillverkar inte bara enskilda proteiner, utan har utvecklat en kultiverad stek utifrån stamceller från en ko som får växa till muskelceller och kollagen. Produkten blev godkänd för försäljning i Israel i december 2023. Bolaget [Upside food](#) har utvecklat odlad kyckling, som är godkänd för försäljning i USA, Singapore och i Israel. Det brittiska företaget [Meatly](#) har valt att fokusera på att odla kycklingkött för foder till husdjur. Tanken är att det är lättare att få djurfoder godkänt än kött för mänsklig konsumtion. Förhoppningen är också att acceptansen hos konsumenterna är högre.<sup>21</sup>

### 3.3 Bioekonomi och cirkulära produktionsmetoder

Syntetisk biologi har stor potential att bidra till klimatomställning och skapandet av en mer cirkulär ekonomi genom att härma naturens lösningar, hitta nya användningsområden för avfallsströmmar, kombinera egenskaper från olika organismer och designa nya material.

Företaget [Ginkgo Bioworks](#) som nämnts tidigare använder avancerad teknik för att designa och optimera mikroorganismer för olika industrier, inklusive läkemedel, jordbruk och industriella tillämpningar. Det som gör Ginkgo Bioworks världsledande är deras banbrytande roll i kombinationen av automatisering, stora datamängder, maskininlärning och AI-verktyg.

Deras "bio foundry" i Boston är en toppmodern anläggning där de utvecklar nya biologiska produkter från grunden. En av många tjänster bolaget erbjuder är att företagskunder kan komma med en värdefull molekyl och Ginkgo Bioworks designar en jästkultur som kan producera den molekylen.

Sammantaget har syntetisk biologi potentialen att revolutionera sättet som varor produceras på och att skapa nya hållbara lösningar för en mängd olika produkter. Till exempel används syntetisk biologi för att producera alternativ till djurläder eller för att utveckla biologiskt nedbrytbara förpackningsmaterial tillverkade av förnybara resurser. Andra tillämpningar inkluderar utveckling av kosmetika, personliga vårdprodukter, kosttillskott eller livsmedelsingredienser och smaker.

#### Återvinning: avgaser till flygbränsle

[LanzaTech](#) är ett företag som specialiserar sig på att omvandla koldioxidutsläpp till användbara produkter. Företaget har utvecklat en bioteknologisk process liknande bryggning, där bakterier omvandlar föroreningar till bränslen och kemikalier.<sup>22</sup> Företaget har varit verksamt i kommersiell skala sedan 2018 och arbetar med att skapa en hållbar framtid genom att ersätta fossila kolväten i konsumentprodukter och att ta fram hållbart flygbränsle. LanzaTech har till exempel ett samarbete med stålföretaget ArcelorMittal i en flaggskeppsanläggning för koldioxidinfångning och -användning (CCU) i Gent, Belgien. Anläggningen, som kostat 200 miljoner euro, är den första i sitt slag för den europeiska stålindustrin och har fått stöd av EU:s Horizon 2020.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> ['You don't need animals to make real meat': the man who grows chicken in a lab | Veganism | The Guardian](#)

<sup>22</sup> LanzaTech – Recycling carbon with biology. <https://lanzatech.com/>.

<sup>23</sup> [Home | Steelanol](#)

Att kunna skapa processer som återanvänder kolatomer från avgaser, i stället för att förlita sig på sockerlösningar som föda åt de designade jäst- och bakteriekulturerna, är ett viktigt genombrott. Om syntetisk biologi ska kunna skala upp globala lösningar så är det inte hållbart om alla processer förlitar sig på socker som föda.

### Nya material: spindelsilke

Människan har länge varit fascinerade av spindeltrådens egenskaper. Den är åtta gånger starkare än stål men ändå flexibel. Olika forskargrupper i USA och Storbritannien har infört gener i bakterier så att bakterier nu kan producera spindelsilke. Forskarna justerade proteinerna i silket och har kombinerat dessa med de proteiner musslor använder för att fästa sig vid underlag i havet.<sup>24</sup> Kombinerat så blir det ett starkare och segare material.

Denna upptäckt kan revolutionera klädtillverkningen genom att erbjuda ett mer miljövänligt alternativ till traditionella textilier. Närmare 10 procent av världens utsläpp av växthusgaser och ungefär 92 miljoner ton avfall skapas årligen till följd av den globala kläd- och textilproduktionen.<sup>25</sup>

### Bättre konsumentprodukter

Många synbiobolag har fått tänka om med vilka produkter de utvecklar, från lösningar på stora samhällsproblem till mer nischade men lönsamma konsumentprodukter. Till exempel har flera bolag som initialt siktade på att skapa biodrivmedel växlat om till att producera kosttillskott eller ingredienser till kosmetika.<sup>26</sup> Bolaget [Amyris](#) har till exempel designat en jästkultur som kan omvandla socker till squalene, en kosmetikaingrediens som traditionellt utvinns ur hajlever.<sup>27</sup>

**Figur 7. Zbioticz, genmanipulerade probiotika som lindrar "dagen efter"-symptom.**



Grundaren till bolaget Zbioticz ville egentligen utveckla vaccin, men den produkt som investerarna nappade på, och som hans bolag nått framgång med, är en genmanipulerad

<sup>24</sup> [Synthetic biology meets fashion in engineered silk - The Source - Washington University in St. Louis \(wustl.edu\)](#)

<sup>25</sup> [Scientists spin naturalistic silk from artificial spider gland - Phys.org. https://phys.org/news/2024-01-scientists-naturalistic-silk-artificial-spider.html](#)

<sup>26</sup> [Synthetic Biology in Everyday Life: From Lab to the Beauty Counter – SynBioBeta](#)

<sup>27</sup> [A fermentation-derived, natural molecule bioidentical to shark-derived squalene used in cosmetics and skincare – Amyris](#)



probiotika som lindrar de negativa effekterna av alkohol dagen efter genom att bryta ner acetaldehyd.<sup>28</sup>

### Öka takten i kemiindustrin

En viktig del av arbetet inom processindustrin görs med hjälp av enzymer, naturens katalysatorer. Ett svenskt bolag som ligger långt fram inom detta område är [EnginZyme](#). De tar ett helhetsgrepp på enzymatisk kemi, från att identifiera och anpassa enzymer till att designa och optimera hela produktionsprocessen. Kärnan i deras teknologi är en patenterad enzymimmobiliseringsteknik som gör det möjligt att skapa stabila och effektiva biokatalysatorer. Dessa biokatalysatorer kan användas enzymatiska reaktioner i flera steg, vilket minskar avfall och energiförbrukning jämfört med traditionella kemiska processer.

## 3.4 Klimat och energi

Syntetisk biologi potentiellt sett största bidrag för mänskligheten kan vara de innovationer som kommer och potentialen för lösningar som kan bidra till klimatomställningen, även om fältet ännu inte är så moget som hälsoområdet. Följande är några exempel på hur syntetisk biologi kan ge sådana bidrag.

### Minska behovet av fossil kvävegödsel

Produktion och användande av kvävegödsel står för cirka fem procent av de totala växthusgasutsläppen globalt, mer än flyget, och de utsläppen har ökat kraftigt de senaste årtionden. Att hitta hållbara alternativ till fossilintensiva processer för växtnäring är därför ett viktigt mål för klimatomställningen.<sup>29</sup>

**Figur 8. Mikroberna i *PROVEN 40* hjälper majs att tillgodogöra sig kväve från luften.**



Det amerikanska företaget [Pivot Bio](#) har efter att ha screenat miljontals olika jordlevande mikrober lyckats identifiera varianter som de designat så att de kan omvandla

<sup>28</sup> [Zbiotics | The World's First Genetically Engineered Probiotic](#)

<sup>29</sup> [Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizers could be reduced by up to one-fifth of current levels by 2050 with combined interventions | Nature Food](#)

atmosfäriskt kväve (N<sub>2</sub>) till ammoniak (NH<sub>3</sub>). De har inte genmodifierat mikroberna med gener från andra organismer, utan har ändrat i mikrobernas egna gener för att stärka den önskade förmågan till kvävefixering. Utsädet för majs eller vete betas med de designade mikroberna vid sådd så att rötterna kan tillgodogöra sig kvävet, vilket bidrar till minskat kväveläckage och lägre kostnader för jordbrukare.<sup>30</sup> Marknaden för syntetiska kvävegödselmedel, som Pivot Bio försöker ersätta är enorm och uppskattas till cirka 70 miljarder dollar globalt.

Ett område som det investerats mycket i inom syntetisk biologi är olika metoder för att ersätta fossila drivmedel med bränslen som härstammar från olika avfallsströmmar från jordbruk-, hushåll-, eller industrisektorn. *LanzaTech* är det mest framgångsrika, men är bara ett av många bolag inom detta område.

Metanutsläpp från kor står för fyra procent av den globala klimatpåverkan. Att minska dessa utsläpp är utmanande, då det finns mer än en miljard kor på vår planet. Ett svenskt bolag, [Volta Greentech](#), med forskare från Karolinska Institutet har utvecklat ett kosttillskott som minskar korns metanproduktion med upp till 90 procent. En utmaning med denna lösning är att kosttillskottet måste tas regelbundet, vilket försvåras av att många kor betar och inte utfodras regelbundet.

Forskare vid University of California at Davis och Innovative Genomics Institute arbetar på en ännu radikalare lösning på detta problem. Forskarnas målsättning är att utveckla en gendesignad probiotika för en engångskur som skulle förändra korns mikrobiom i vämmen, så att kor inte längre producerar metan i sin matsmältning.<sup>31</sup>

### **Minska utsläppen från byggindustrin**

Ett annat område där syntetisk biologi kan bidra är byggindustrin, där betongtillverkning står för cirka 8 procent av de globala koldioxidutsläppen. Här kan biomineralisering hjälpa till att minska utsläppen och leda till en mer motståndskraftig produkt. Syntetiskt modifierade bakterier kan användas för att skapa en form av betong som självläker sprickor och minskar behovet av reparationer.<sup>32</sup> Nederländska [Green Basilisk](#) är ett av flera bolag som utvecklat en produkt med dessa egenskaper.

### **Utveckla metoder för CDR (Carbon Dioxide Reduction)**

Behovet av att utveckla skalbara metoder som kan ge ett reellt bidrag för negativa utsläpp, att minska koncentrationen av växthusgaser i biosfären, är ett allvarligt eftersatt område. Offentligt finansierad forskning för att utveckla designade organismer som maximerar kolinbindning genom direkt sekvestrering av koldioxid och metan bör prioriteras. Detta då mekanisk infångning *Direct Air Capture* – (DAC), givet energi- och materialbehovet inblandat, kommer få det svårt att skala upp till meningsfulla nivåer av infångning av koldioxid. FN:s klimatpanel IPCC och forskningsrapporter pekar på behovet av negativa utsläpp på flera gigaton koldioxid årligen 2050 om världen ska ha

---

<sup>30</sup> [Our Technology | Pivot Bio](#)

<sup>31</sup> [Gene editors are modifying cow guts to stop their planet-warming burps – Washington Post](#)

<sup>32</sup> [Microbial self-healing in concrete: A comprehensive exploration of bacterial viability, implementation techniques, and mechanical properties – ScienceDirect](#)

en chans att undvika en uppvärmning på flera grader – en utveckling som skulle innebära slutet på vår civilisation.<sup>33</sup>

Engineering Biology Research Consortium (EBRC) har arbetat fram en forskningsfärdplan som identifierat vilka flaskhalsar syntetisk biologi behöver tackla på kort och lång sikt för att kunna leva upp till potentialen att skapa lösningar till detta existentiella problem.<sup>34</sup>

Utöver den tekniska utvecklingen av CDR är det viktigt att arbete kring affärsmodeller och juridiken för CDR påbörjas i förväg, innan det finns färdiga prototyper att påbörja storskaliga pilotprojekt med.

Användande av konstruerade mikrober eller växter för koldioxidbindning eller metankonsumtion i stor skala utanför kontrollerade labbmiljöer skulle troligen ses som kontroversiellt bland vissa grupper. Det är därför även viktigt att redan nu främja en internationell dialog och samarbete för att utveckla ett regelverk, för att säkerställa acceptans och ansvarsfull utveckling av CDR-teknologin. Vinnova har bidragit till att lyfta denna frågeställning inom OECD.

Trots den stora potentialen för syntetisk biologi inom en rad av tillämpningsområden finns det fortfarande utmaningar som måste övervinnas. Dessa inkluderar tekniska hinder, etiska frågor, acceptans för tekniken hos allmänheten och behovet av ett fungerande, harmoniserat tillvägagångssätt för att hantera tekniken och dess enorma potential.

För att fullt ut utnyttja potentialen för syntetisk biologi krävs fortsatt forskning och utveckling, samt internationellt samarbete för att utveckla ett fungerande, harmoniserat internationellt regelverk för att säkerställa säker och etisk användning av denna teknik.

---

<sup>33</sup> [The-State-of-Carbon-Dioxide-Removal-2Edition.pdf](#)

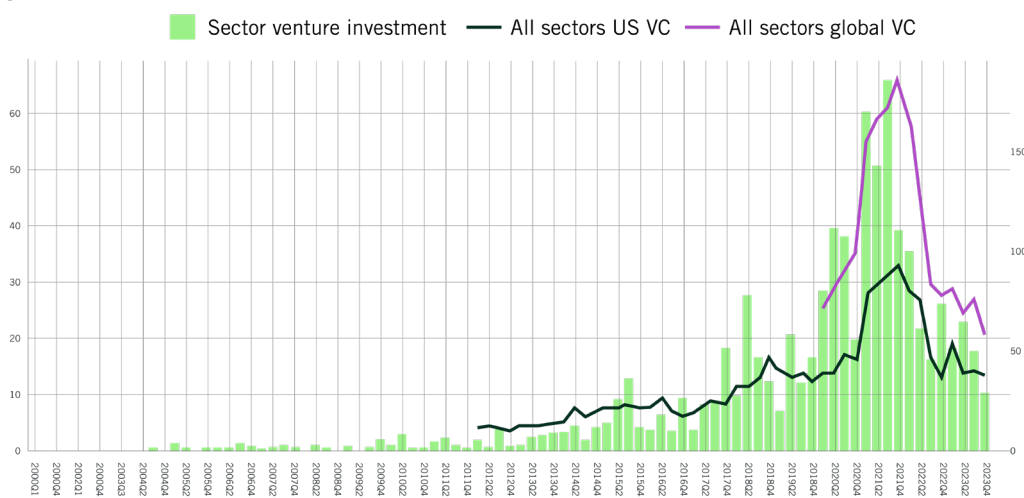
<sup>34</sup> [Enable and advance carbon sequestration from the environment. | EBRC Research Roadmap](#)

# 4 Vår omvärld storsatsar på syntetisk biologi

Redan 2009 skrev OECD att nyttan av den nya bioekonomin “will not become reality without attentive and active support from governments and the public at large”.<sup>35</sup>

De ledande länderna, såsom USA, Storbritannien, Japan och Kina, har antagit syntetisk biologi som en nationell strategisk teknik och utökar investeringar och stöd för att säkra

**Figur 9. Investeringar i syntetisk biologi jämfört med riskkapital till alla sektorer i USA och globalt.<sup>36</sup>**



För hela 2023 uppgår investeringar inom startups i syntetisk biologi till 6,9 miljarder dollar, jämfört med 10,0 miljarder dollar för hela 2022. Det representerar en minskning med 3,1 miljarder dollar.<sup>37</sup> Det är en dramatisk minskning men det bör ses i kontexten av att investeringsminskningen globalt i alla sektorer är omfattande och att syntetisk biologi klarar sig lite bättre än genomsnittet av startupbolag i andra sektorer, och är fortfarande över nivån från 2018.

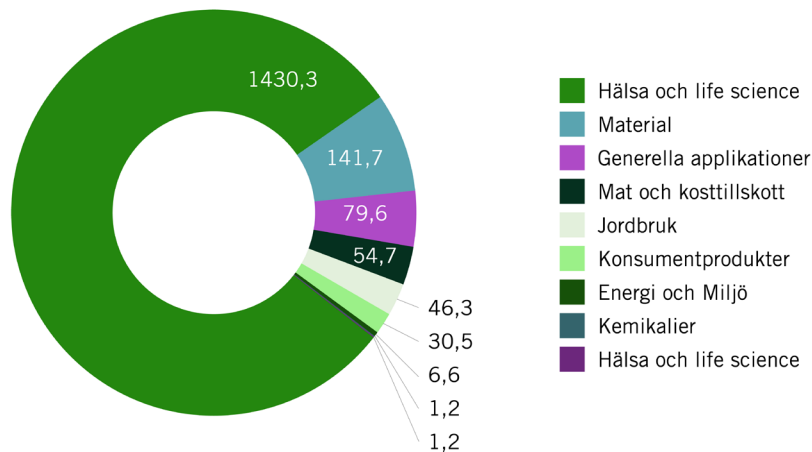
Grafen i figur 7 ovan visar riskkapitalinvesteringar inom syntetisk biologi globalt och visar även en jämförande graf med VC-investeringar för alla sektorer i USA och globalt, där en liknande vikande trend kan ses.

<sup>35</sup> Organization for Economic Cooperation and Development, The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, OECD Publishing, Paris, 2009, s. 3. [The Bioeconomy to 2030 : Designing a Policy Agenda | OECD iLibrary \(oecd-ilibrary.org\)](https://www.oecd-ilibrary.org/)

<sup>36</sup> [2024 Investment Report \(synbiobeta.com\)](https://synbiobeta.com/)

<sup>37</sup> Ibid.

**Figur 10. Fördelning av riskkapital (Miljoner USD) inom syntetisk biologi fördelat på sektorer, data för Q1 2023.<sup>38</sup>**

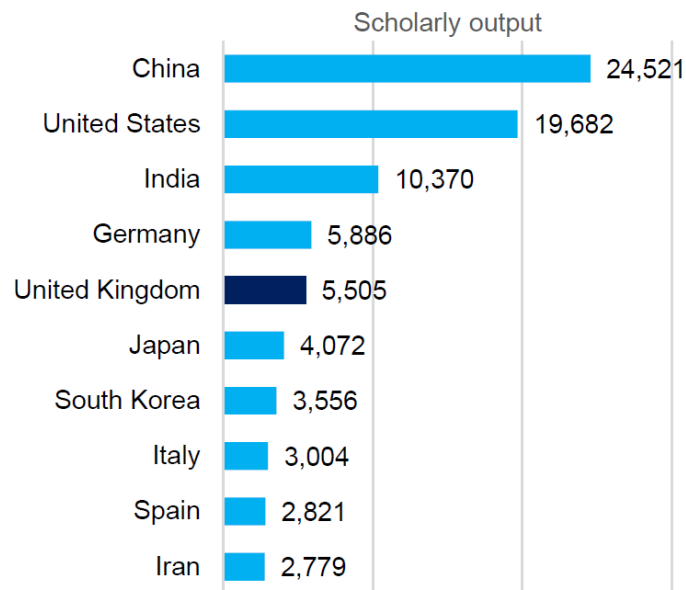


Som tidigare år så domineras investeringar inom syntetisk biologi av hälsa och life science-området. År 2023 utgjorde det 80 procent av alla investeringar, med satsningar på bolag inom materialområdet som näst största kategori med 8 procent.

Om vi ser till forskningen kring syntetisk biologi så dominerar USA och Kina publikationen av vetenskapliga artiklar, även om Kinas stora output inte motsvarar genomslaget, sett till vilka artiklar som har störst genomslag.

**Figur 11. Antal publicerade vetenskapliga artiklar inom syntetisk biologi (2018 - 2022).**

**Källa: UK DIST.<sup>39</sup>**



<sup>38</sup> [2023 SynBioBeta Investment Report](#)

<sup>39</sup> [National vision for engineering biology – GOV.UK \(www.gov.uk\)](#)

## 4.1 USA

USA är världsledande inom syntetisk biologi. Inget annat land har samma bredd och mognad av företag och riskkapital som USA. Bolag inom syntetisk biologi är särskilt klustrade kring Bostonområdet, där många life science-bolag skapats av forskare från MIT, och i Kalifornien kring Bay area. Några av de främsta amerikanska bolagen är Amyris, Ginkgo Bioworks, Zymergen, Perfect Day, Twist Bioscience, och Impossible Foods.

I september 2022 utfärdade Biden-administrationen Executive Order 14081, "*Advancing Biotechnology and Biomanufacturing Innovation for a Sustainable, Safe, and Secure American Bioeconomy*".<sup>40</sup> Syftet med ordern var att upprätthålla USA:s konkurrenskraft inom den globala bioekonomin, inklusive att öka biotillverkningskapaciteten, minska regulatorisk osäkerhet och uppdatera den nationella strategin för bioekonomin.

Genom att främja innovativa lösningar inom hälsa, klimatförändringar, energi, livsmedelssäkerhet och jordbruk – lösningar som kommer att förbättra motståndskraften i försörjningskedjor och nationell och ekonomisk säkerhet – avser administrationen att upprätthålla USA:s konkurrenskraft inom den globala bioekonomin. En del i satsningen är att US Department of Defense kommer investera 1 miljard dollar i inhemsk infrastruktur över de kommande fem åren, för att stärka den inhemska produktionsbasen.

För att ytterligare underlätta utveckling och kommersialisering av säkra bioteknikprodukter i USA – inklusive att öka biotillverkningskapaciteten, minska regulatorisk osäkerhet och uppdatera den nationella strategin för bioekonomin – beordrade Executive Order 14081 förnyade ansträngningar för att förbättra tydligheten och effektiviteten i regleringsprocesser för bioteknikprodukter och öka samordningen och kommunikationen mellan de federala regleringsmyndigheterna U.S. Food and Drug Administration (FDA), U.S. Environmental Protection Agency (EPA) och U.S. Department of Agriculture (USDA).<sup>41</sup>

I mars 2023 lanserade Biden-administrationen *BOLD GOALS for the BIOECONOMY*.<sup>42</sup> Initiativet syftar till att främja hållbarhet och innovation genom att investera i bioteknik och biobaserade produkter. Målen inkluderar att minska beroendet av fossila bränslen, skapa nya jobb inom gröna sektorer och förbättra miljön genom att utveckla och kommersialisera bioteknologiska lösningar. Initiativet betonar också vikten av forskning och utveckling för att driva framsteg inom områden som jordbruk, energi och hälsa, vilket ska bidra till en mer hållbar och resilient ekonomi.

USA är världsledande i att analysera säkerhetsimplikationer av den framväxande biotekniken. USA:s kongress har tillsatt en kommission, [\*National Security Commission\*](#)

---

<sup>40</sup> <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/09/12/executive-order-on-advancing-biotechnology-and-biomanufacturing-innovation-for-a-sustainable-safe-and-secure-american-bioeconomy/>.

<sup>41</sup> <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/epa-fda-and-usda-issue-joint-regulatory-plan-biotechnology>

<sup>42</sup> [FACT SHEET: Biden-Harris Administration Announces New Bold Goals and Priorities to Advance American Biotechnology and Biomanufacturing | OSTP | The White House](#)

[on Emerging Biotechnology](#), som följer frågan. I december 2023 publicerade de en första delrapport.<sup>43</sup> En slutgiltig rapport ska publiceras i december 2024. Kommissionen granskar risken för tekniker med dubbla användningsområden, *dual use*, både från våldbejakande icke-statliga aktörer och länder som Kina, som har uttalat intresse i att utveckla bioteknologi för att avancera sin militära förmåga.

Spänningarna mellan USA och Kina återfinns även inom bioteknikområdet. Representanthuset i amerikanska kongressen röstade i september 2024 igenom ett lagförslag, *BIOSECURE ACT*, som skulle förbjuda federala myndigheter att köpa life science-produkter och mediciner från bolag som använt sig av kinesiska bolag.<sup>44</sup> Lagförslaget går vidare för omröstning i senaten.<sup>45</sup> Amerikanska bolag använder sig av kinesiska forskningsföretag som [WuXi AppTec](#) och [WuXi Biologics](#). De utför läkemedelsforskning åt kinesiska och utländska life science-bolag.<sup>46</sup> Även det världsledande bolaget [BGI Genomics](#), vars produkter sekvenserar fler mänskliga genom än något annat bolag i världen, lyfts fram i lagförslaget.

## 4.2 Kina

Kina har investerat kraftigt i bioteknik och syntetisk biologi och har målsättningen att bli en ledande aktör inom området. Mellan 2000 och 2005 växte bioteknikindustrin i Kina med 30 procent årligen. Bioteknik var en av de sju pelarna i Kinas tolfte femårsplan (2010–2015). Kina har fokuserat på inhemsk innovation inom områden som stamceller, cancer och HIV. Landet har finansierat många projekt inom syntetisk biologi.

Kina har etablerat flera excellenscentra för forskning inom syntetisk biologi och lanserat flera initiativ och plattformar, såsom China National GeneBank (CNGB) och China National Center for Bioinformation (CNCB), för att främja samarbete och innovation inom syntetisk biologi. Forskning inom syntetisk biologi har också haft starkt politiskt stöd från regeringen, med Ministeriet för vetenskap och teknik (MOST) i spetsen, som har investerat kraftigt i forskning och utveckling sedan 2018, vilket har lett till en snabb tillväxt inom sektorn. Hittills har Kina gjort betydande framsteg inom utveckling av genredigeringstekniker, syntetiska organismer och biobaserade tillverkningsprocesser.

Den mesta utvecklingen och de flesta bolagen inom syntetisk biologi återfinns i regionerna Beijing, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, och Guangdong. Kinesiska bolag är världsledande på bulkproduktion av biobaserade produkter som aminosyror, enzymer och vitaminer, medan Kina fortfarande brottas med att utveckla bolag med spjutspetskompetens inom syntetisk biologi som kan tävla med de världsledande bolagen från USA och Storbritannien. Detta beror delvis på grund av de exportrestriktioner som nu finns för nyckelkomponenter, vilket hämmar innovationen i landet.

Målen som den kinesiska regeringen satt i sin nationella strategi inkluderar att utveckla omfattande databaser för syntetiska delar, kommersialisera tillämpningar av dessa delar

---

<sup>43</sup> [NSCEB-December-2023-Interim-Report.pdf \(senate.gov\)](#)

<sup>44</sup> [The BIOSECURE Act: Potential Implications for Biotechnology Collaborations with Chinese Companies – Global Sanctions and Export Controls Blog \(bakermckenzie.com\)](#)

<sup>45</sup> [China Biotech Companies BGI, WuXi AppTec Targeted by US House Bill – Bloomberg](#)

<sup>46</sup> [America hits Chinese biotech – and its own drugmakers \(economist.com\)](#)

och uppnå kliniska tillämpningsmål. Dessutom fokuserar Kina på att stärka sin nationella konkurrenskraft och säkerhet genom att integrera syntetisk biologi i sin policyagenda.<sup>47</sup>

### 4.3 Sydkorea

Sydkorea är det land i Asien, vid sidan av Kina och Japan, som visat störst intresse inom syntetisk biologi, även om de är relativa nykomlingar till området. I landets nationella teknikstrategi 2022 identifierades syntetisk biologi som ett prioriterat område och 2022 antog Ministry of Science and ICT (MIST) *Strategy to Develop and Disseminate Core Synthetic Biology Technologies* för att främja Koreas roll inom syntetisk biologi.

Den senaste utvecklingen för att konkretisera denna strategi är ett initiativ, *Biofoundry Infrastructure and Utilization Base Establishment Project*, som i januari 2024 passerat en preliminär genomförbarhetsstudie. Projektet, om det blir av, ska löpa mellan 2025 och 2029 och har en total budget på 126,3 miljarder won, motsvarande cirka en miljard svenska kronor.<sup>48</sup>

Projektet syftar till att etablera ett dedikerat biofoundry-center, utveckla automatiserade och standardiserade arbetsflöden för forskning inom syntetisk biologi och skapa en integrerad biofoundry-plattform. Denna infrastruktur kommer att utnyttja artificiell intelligens och robotik för att automatisera och påskynda processer inom syntetisk biologi, vilket avsevärt förbättrar forsknings- och utvecklingseffektiviteten.

Landet står även hösten 2024 värd för årsmötet av [Global biofoundries Alliance](#), en internationell sammanslutning av publikt finansierade bioreaktorer.

### 4.4 Storbritannien

Storbritannien är, efter USA, det land i världen som har kommit längst i att etablera syntetisk biologi som ett framväxande område. Storbritannien gjorde tidigt stora satsningar på att etablera flera starka forskningsmiljöer inom *Engineering biology* (EB), som brittena föredrar att kalla fältet, och har nu många företag inom området.

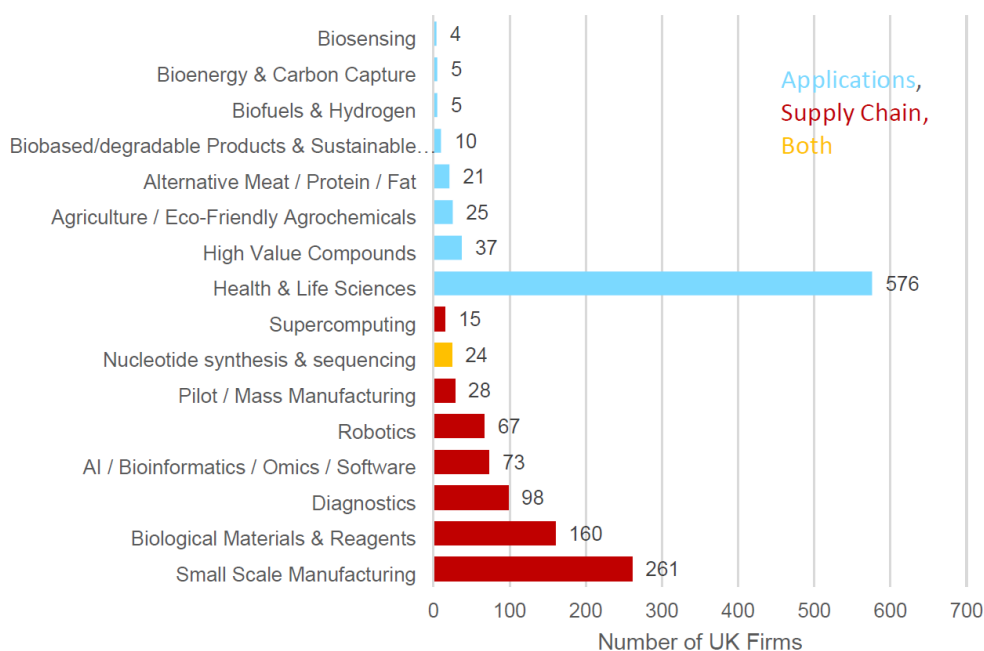
---

<sup>47</sup> [Synthetic Biology Industry in China: Current State and Future Prospects – Synthetic Biology and Engineering – Full-Text HTML – SCIEPublish](#)

<sup>48</sup> [Press Releases - 과학기술정보통신부 > \(msit.go.kr\)](#)



**Figur 12. Brittiska engineering biology-bolag utifrån kategori. Källa: DSIT-data från oktober 2023.<sup>49</sup>**



Den brittiska forskningsfinansiären *UK Research and Innovation* (UKRI) var tidigare aktörer och investerade 102 miljoner pund genom *Synthetic Biology for Growth*-program under åren 2014–2022.<sup>50</sup> Denna finansiering har stöttat forskning och utveckling inom syntetisk biologi och hjälpt till att etablera Storbritannien som en ledare inom detta område.

År 2023 publicerade den brittiska regeringen en omfattande nationell vision för syntetisk biologi.<sup>51</sup> Denna vision beskriver den transformativa potentialen hos ingenjörsbologi inom olika sektorer, inklusive hälso- och sjukvård, jordbruk och kemiindustrin. Den brittiska regeringen strävar efter att göra Storbritannien till en global ledare inom denna teknik genom att främja innovation och stödja kommersialisering.

Den brittiska regeringen har även reformerat hur dessa frågor hanteras inom Whitehall med skapandet av *Department for Science, Innovation and Technology* (DSIT) 2023, med en stor dedikerad enhet för engineering biology. Bildandet av DSIT understryker regeringens engagemang för att göra Storbritannien till en vetenskaplig supermakt. Ingenjörsbologi är en av de fem kritiska teknologier som identifierats av DSIT, tillsammans med kvantteknologier, AI, halvledare och framtida telekommunikation.<sup>52</sup>

Storbritannien har även utvecklat ett progressivt regelverk och uppmuntrat privata investeringar i ingenjörsbologi. Detta tillvägagångssätt har underlättat översättningen av grundläggande forskning till verkliga tillämpningar. Den 23 mars 2023 antog

<sup>49</sup> [National vision for engineering biology – GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/consultations/national-vision-for-engineering-biology)

<sup>50</sup> [Synthetic Biology for Growth – UKRI](https://www.ukri.org/our-work/strategic-programmes/synthetic-biology-for-growth/)

<sup>51</sup> [National vision for engineering biology – GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/consultations/national-vision-for-engineering-biology)

<sup>52</sup> [The UK Science and Technology Framework – GOV.UK \(www.gov.uk\)](https://www.gov.uk/government/consultations/the-uk-science-and-technology-framework)

Storbritannien en ny lag kallad *Genetic Technology (Precision Breeding) Act*.<sup>53</sup> Med den nya lagen vill man underlätta för forskare, förädlare och uppfödare som använder genomredigerande tekniker som CRISPR/Cas9 att ta sina innovationer till marknaden. Anledningen till att Storbritannien efter Brexit raskt lade fram lagförslaget är att man vill ha en reglering som är mer vetenskapligt grundad och proportionerlig till den risk som kan föreligga än vad man anser att EU:s GMO-lagstiftning är.

Regeringen har lovat att investera 2 miljarder pund under de kommande tio åren för att vidareutveckla och kommersialisera ingenjörsbologi. Denna investering syftar till att förbättra Storbritanniens infrastruktur, färdigheter och tillgång till företagsfinansiering, vilket säkerställer att landet förblir i framkant av detta snabbt utvecklande område.

Sammanlagt speglar dessa insatser Storbritanniens strategiska fokus på att utnyttja syntetisk biologi för att driva ekonomisk tillväxt, förbättra folkhälsan och hantera globala utmaningar. Landet arbetar även proaktivt genom sitt engagemang i olika internationella organisationer som OECD, och bilateralt med andra länder för att främja dialog och samarbete kring hur syntetisk biologi bör främjas och vilka ramverk och säkerhetssamarbeten som bör skapas för att undvika att illvilliga aktörer ska försöka missbruka tekniken.

## 4.5 Danmark

Danmark är en stormakt inom syntetisk biologi och landet har gjort betydande framsteg inom syntetisk biologi genom både statliga satsningar och insatser från företaget Novo Nordisk och Novo Nordisk-fonden.

Det är svårt att överskatta betydelsen av Novo Nordisk-fonden i detta. Fonden, som har funnits i 100 år, har länge varit en drivande kraft inom bioteknologi och syntetisk biologi i Danmark. Fonden har en ägarandel på cirka 28 procent i bolagen Novo Nordisk och i Novozymes. Då bolaget Novo Nordisk värde stigit till att stundtals vara det högst värderade bolagen i hela EU så gör det Novo Nordisk-fonden till en av världens rikaste stiftelser. Fonden delar ut cirka fem miljarder danska kronor årligen till forskning och välgörenhet.<sup>54</sup>

En tidig satsning inom syntetisk biologi från Novo Nordisk fonden var skapandet 2011 av forskningscentret *Biosustain – The Novo Nordisk Foundation Center for Biosustainability* vid Danmark Tekniska Universitet (DTU). Totalt har fonden finansierat centret med mer än två miljarder danska kronor i tidsperioden 2011–2025.<sup>55</sup>

Den danska regeringen och Novo Nordisk-fonden stöttar även deltagande av danska team i den internationella tävlingen iGEM (International Genetically Engineered Machine) genom att finansiera universitetslag.

Dansk industri har även skapat *Alliance for Biosolutions*, en branschorganisation för att främja bioteknologi. Organisationen spelar en viktig roll för att främja policyutvecklingen

---

<sup>53</sup> [Genetic Technology \(Precision Breeding\) Act 2023 – Parliamentary Bills – UK Parliament](#)

<sup>54</sup> [Frontpage – Novo Nordisk Fonden](#)

<sup>55</sup> [About \(dtu.dk\)](#)

både nationellt och på EU-nivån för den framväxande industrin.<sup>56</sup> Till exempel har alliansen tagit fram rapporter som visar att biobaserade lösningar har potentialen att minska de globala utsläppen av koldioxid med 8 procent, vilket är i paritet med hela USA:s utsläpp, och att sektorn globalt kan växa från 240 miljarder euro år 2020 till 640 miljarder euro år 2030.<sup>57</sup>

Dessa insatser visar på ett starkt engagemang från både stat och näringsliv för att främja syntetisk biologi i Danmark, vilket bidrar till landets position som en ledande aktör inom detta snabbt växande fält.

## 4.6 Europeiska unionen

EU främjar syntetisk biologi genom en rad olika initiativ och finansieringsprogram, men på grund av olika attityder hos medlemsländerna i EU till GMO och den framväxande tekniken så har EU inte levt upp till den ledande roll inom området som regionen har tekniska och vetenskapliga förutsättningar för.

I ett försök att växla upp EU:s position inom området så identifieras olika delar av bioteknologi, inklusive syntetisk biologi, som kritiska teknologier i den *europiska plattformen för strategisk teknik* (STEP) som ska stärka EU:s industriella konkurrenskraft genom att fokusera unionen på att utveckla kritisk teknik för en hållbar och konkurrenskraftig framtid.<sup>58</sup>

SYNBEE-projektet finansieras genom ramprogrammet Horizon Europe och fokuserar på att främja entreprenöriell expertis bland yrkesverksamma och studenter inom syntetisk biologi i Europa. En annan satsning är European Synthetic Cell Initiative (SynCellEU), ett nätverk av forskningslaboratorier, institutioner och företag som samarbetar inom syntetisk cellforskning.

EU stödjer också syntetisk biologi genom European Innovation Council (EIC), som finansierar innovativa projekt och startups inom detta område.

I mars 2024 lanserade EU-kommissionen ett åtgärds paket för att främja bioteknik och biotillverkning i EU. Bland åtgärderna återfinns satsningar för att dra fördel av forskningen och främja innovationer, för att stimulera efterfrågan och att effektivisera regleringsvägarna.<sup>59</sup>

Kommissionen kommer även under 2024 inrätta ett EU-centrum för bioteknik – ett operativt verktyg för bioteknikföretag som hjälper dem att navigera genom regelverket och identifiera stöd för expansion.

Kommissionen kommer vidare att stödja inrättandet av regulatoriska sandlådor som gör det möjligt att testa nya lösningar i en kontrollerad miljö under en begränsad tid under tillsyn av tillsynsmyndigheter, som ett sätt att snabbare få ut dem på marknaden. Inom ramen för initiativet GenAI4EU kommer kommissionen att stödja strukturerade utbyten

---

<sup>56</sup> [Alliance for Biosolutions](#)

<sup>57</sup> [Alliance for Biosolutions – The potentials of biosolutions](#)

<sup>58</sup> [Targeted investment areas – European Union \(europa.eu\)](#)

<sup>59</sup> [Åtgärder ska främja bioteknik och biotillverkning i EU \(europa.eu\)](#)

med berörda parter för att påskynda spridningen av generativ AI inom bioteknik och biotillverkning. Kommissionen kommer även under 2025 se över den existerande bioekonomistrategin.

EU-kommissionen lade i juli 2023 fram ett förslag om en ny förordning för växter som förädlats med vissa *nya genomiska tekniker* (NGT). Syftet med förordningen är att underlätta användningen av till exempel gensaxen CRISPR/Cas9 vid förädling av grödor inom Europa.

Med NGT kan grödor förädlas snabbare och effektivare för ett mer hållbart jordbruk, i linje med EU:s gröna giv och jord-till-bord-strategi. Specifika genetiska förändringar kan åstadkommas med NGT, som inte skiljer sig från naturliga förändringar eller förändringar som uppkommit via konventionella förädlingstekniker, vilka idag är undantagna i GMO-lagstiftningen.<sup>60</sup>

EU-kommissionen gör en balansakt i sitt arbete kring syntetisk biologi, då den måste förhålla sig till att vissa medlemsländer som Italien, som förbjudit försäljning av labbodlat kött och andra som Danmark som ser en enorm potential med den nya tekniken. EU kommissionen har en självinsikt om att EU halkar efter andra delar av världen inom detta område då regelverket för att få innovativa synbio-produkter godkända på den inre marknaden är en komplicerad och utdragen process.

## 4.7 Utmaningar

Syntetisk biologi har potential att revolutionera många sektorer i samhället genom att erbjuda hållbara, klimatsmarta och kostnadseffektiva lösningar.

Några av de främsta utmaningarna är utdragna och komplicerade regulatoriska processer för att få produkter godkända för försäljning. Här ligger länder som Israel, Singapore, Storbritannien och USA i framkant. EU däremot uppfattas som svårarbetat, med omodern GMO-lagstiftning som tillämpas på olika sätt av de 27 medlemsländerna, och inte tar hänsyn till den snabba teknikutvecklingen inom syntetisk biologi.

Acceptans hos konsumenter är ett annat stort hinder för dessa produkter, vilket är en anledning varför många bolag väljer att inrikta sig på att utveckla foder snarare än matprodukter för direkt mänsklig konsumtion. Den konventionella matindustrin lobbade även för att begränsa vad som får kallas mjölk, ost eller kött, vilket har lett till förbud för försäljning av kultiverat kött i Italien och i de amerikanska delstaterna Florida och Alabama.<sup>61</sup>

Ännu en stor utmaning är att utveckla tillverkningsprocesser som lyckas skala upp produktionen av den molekyl som är målet med processen. Många startups brottas med att framgångsrikt skala upp produktion av en lovande jäst- eller bakteriekultur från några milliliter i ett provrör i labbet till storskalig produktion på hundratals liter. Det är inte bara utmanande att få jämn och bra kvalitet i en storskalig produktion. Det är även

---

<sup>60</sup> [Ny reglering kring växer förädlade med nya genomiska tekniker föreslås – Gentekniknämnden New techniques in biotechnology – European Commission \(europa.eu\)](#)

<sup>61</sup> [How a livestock industry lobbying campaign is turning Europe against lab-grown meat – Unearthed](#)

väldigt kostsamt att bygga fullskaliga produktionsanläggningar och utmanande att hitta investerare som är villiga att satsa betydande belopp på att bygga fullskaliga anläggningar.

Detta kopplar till utmaningen att lyckas skapa en tillverkningsprocess som inte bara fungerar rent tekniskt utan en som även kan konkurrera prismässigt med konventionella odlings- och uppfödningmetoder. Detta är särskilt utmanande givet att jordbruks- och livsmedelssektorn i de flesta länder har omfattande system för subventioner och skydd.<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> [The global power of Big Agriculture's lobbying \(ft.com\)](https://www.ft.com)

# 5 SWOT-analys Sveriges position

Sverige har goda förutsättningar, men är i dagsläget inte ett framstående land inom syntetisk biologi. Följande är en kort analys av Sveriges styrkor och svagheter och en bild av vilken potential vi som land har.

## STYRKOR

- En stark life science-sektor som använder många av verktygen och metoderna som syntetisk biologi använder.
- En stark IT- och robotiksektor och en processindustri van vid höga kvalitetskrav.
- Flera ledande forskningsuniversitet inom biomedicin.
- Starkt innovations-ekosystem med utvecklad forskningsinfrastruktur, till exempel SciLifeLab och Testa-center.

## SVAGHETER

- Sverige är sena på bollen och har jämförelsevis få bolag inom syntetisk biologi.
- Investerare fokuserar på life science och läkemedelsutveckling och är mindre intresserade av ett nytt, framväxande fält.
- Historiskt svagt stöd från offentliga finansiärer för att stötta detta område.
- Den nationella bioekonomi-strategin fokuserar framför allt på skogsindustrin och dess behov.

## MÖJLIGHETER

- Goda förutsättningar för life science-sektorn att växla upp och föra över sitt kunnande till andra områden.
- Novo Nordisk har ett omfattande behov av kompetent personal, så det borde vara möjligt att få investeringar till Sverige.
- Stora delar av synbio drivs av potentialen för grön omställning. Sverige har en stark ställning inom detta område.
- Sverige kan bidra och leda initiativ inom negativa utsläpp (CDR) där potentialen för syntetisk biologi att bidra förverkligas.

## FAROR

- Investerare väljer att fortsätta investera i redan etablerade, starka miljöer inom syntetisk biologi och Sverige och EU får svårt att attrahera talang och kapital.
- EU misslyckas med att reformera sitt regelverk och allt fler länder förbjuder och försvårar etableringen av den nya tekniken.
- Etablerade industriintressen beroende av nuvarande affär försenar etableringen av alternativa produkter och lösningar.