BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Vejledning til Bioteknologi A stx

Juli 2023

Vejledning til Bioteknologi A stx
Juli 2023

2023
ISBN nr. [xxx xxx xxx] (web udgave)

Design: Center for Kommunikation og Presse
Denne publikation kan ikke bestilles.
Der henvises til webudgaven.

Publikationen kan hentes på:
www.uvm.dk
Børne- og Undervisningsministeriet
Departementet
Frederiksholms Kanal 21
1220 København K

Indhold

Indledning ... 5

1 Identitet og formål ... 6
1.1 Kort om bioteknologi A, stx ... 6
1.2 Identitet ... 7
1.3 Formål ... 7

2 Faglige mål og fagligt indhold ... 8
2.1 Faglige mål ... 8
2.1.1 Repræsentations- og modelleringskompetencer ... 8
2.1.2 Empirikompetencer ... 8
2.1.3 Formidlingskompetencer ... 9
2.1.4 Perspektiveringskompetencer ... 9
2.2 Kernestof ... 10
2.3 Supplerende stof ... 13
2.4 Omfang ... 13

3 Tilrettelæggelse ... 14
3.1 Didaktiske principper ... 14
3.2 Arbejdsformer ... 15
3.2.1 Eksperimentelt arbejde, herunder risiko-, sikkerhedsforhold og faremærkningen ... 16
3.2.2 Skriftligt arbejde ... 18
3.3 It ... 19
3.4 Samspil med andre fag ... 20
3.4.1 Studieretningsprojektet ... 20

4 Evaluering ... 23
4.1 Løbende evaluering ... 23
4.2 Prøveform ... 23
4.2.1 Skriftlig prøve ... 23
4.2.2 Mundtlig prøve ... 24

4.3 Bedømmelseskriterier 25
4.3.1 Den skriftlige prøve 26
4.3.2 Den mundtlige prøve 26
4.3.3 Oversigt over karakterskalaen 26
4.3.4 Eksempel på karakterbeskrivelser for skriftlig og mundtlig prøve 27
4.4 Selvstuderende 28

5 Nyttige links 30
5.1 Nyttige links 30
5.2 Lovstof 30
5.3 Skriftlige prøver bioteknologi A 30
5.4 Vejledende materialer til læreplanen m.m. 30
5.5 IUPAC 30
5.6 Arbejdsmiljø og kemikalier 30

Indledning

Vejledningen præciserer, kommenterer, uddyber og giver anbefalinger vedrørende udvalgte dele af læreplanens tekst, men indfører ikke nye bindende krav.

Citater fra læreplanen er anført i citationstegn.

Følgende ændringer er foretaget i vejledningen i juli 2023:

- Der er tilføjet link til formular i forbindelse med censorindberetning.
- Der er tilføjet et afsnit vedrørende undervisningsbeskrivelse.
- Der er tilføjet et afsnit omhandlende interne prøver

1 Identitet og formål

1.1 Kort om bioteknologi A, stx

Bioteknologi A, stx findes kun på A-niveau, og læreplanen omfatter således forløbet 0 → A. Læreplanen i bioteknologi A, stx bør endvidere læses sammen med Lov om de gymnasiale uddannelser, den tilknyttede bekendtgørelse, almene eksamensbekendtgørelsen, bekendtgørelse om visse regler om prøver og eksamen i de gymnasiale uddannelser og karakterbekendtgørelsen.

Alle links er samlet i afsnittet Nyttige links.

Undervisningstiden i bioteknologi A, stx er 400 timer. Der er forhåndstildelt mindst 95 timers fordybelsestid. Bioteknologi A, stx indgår altid i en fast studieretning sammen med matematik A og fysik B, og faget kan ikke tages som valgfag i de gymnasiale uddannelser. Faget bioteknologi A kan ikke samlæses på tværs af htx og stx.

Bioteknologi A, stx er et samlet fag i den givne timeramme, og det er ikke muligt at trække dele af undervisningen ud af bioteknologi A, stx's timeramme. Bioteknologi A kan **ikke** samlæses med andre fag, fx biologi C eller kemi C. Bioteknologi A, stx kan indgå i naturvidenskabeligt grundløb og kan således også bidrage til timetallet i naturvidenskabeligt grundforløb.

Elever kan tage kemi A, men ikke biologi A, som valgfag parallelt med bioteknologi A, stx.

I bioteknologi A, stx indgår både mundtlig og skriftlig prøve, og der gives både mundtlig og skriftlig standpunktskarakter. Elever i bioteknologi A, stx kommer enten til skriftlig eller mundtlig eller både skriftlig og mundtlig prøve i faget.

Lærere, som skal varetage undervisningen i bioteknologi A, stx alene, skal have undervisningskompetence i bioteknologi A, stx, herunder opfylde de faglige mindstekrav i bioteknologi A, stx. Undervisning i bioteknologi A, stx kan dog deles af flere lærere i en tolærerordning. Undervisning i bioteknologi A, stx kan i en tolærerordning varetages af lærere, der tilsammen dækker de faglige mindstekrav i faget. Det omfatter lærere med undervisningskompetence i biologi eller kemi. Man skal være opmærksom på, at der er forskel på fagene bioteknologi A, stx og bioteknologi A, htx, herunder krav til lærernes faglige kompetencer.

Af den almene eksamensbekendtgørelse §26 fremgår det at institutionen er ansvarlig for at påse, at de censorer, der indstilles af institutionen, er kvalificerede til at gennemføre et undervisningsforløb frem til den pågældende prøve jf. https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2016/343. En censor skal således have faglig kompetence i bioteknologi på stx.

I vejledningsfasen af studieretningsprojektet (SRP) er det ministeriets opfattelse, at eleven skal have adgang til vejledning af vejledere, der tilsammen har undervisningskompetence i de indgående fag. Det betyder, at eleven ift. bioteknologi enten skal have én vejleder med fuld kompetence i bioteknologi eller to vejledere, der tilsammen har fuld kompetence i bioteknologi. Hvis skolen er nødt til at give eleven to vejledere, så kan de godt vægte vejledningstiden, forstået på den måde, at den ene biotek-vejleder er hovedvejleder, og den anden er back-up. Eleven har ikke krav på samlet set at få mere vejledning alene af den grund, at skolen har knyttet to vejledere til et fag.

Endvidere kan henvises til §30 stk 1 og 3 i den almene eksamensbekendtgørelse, hvoraf det fremgår at den eller de lærere, der er ansvarlig for den enkelte elevs undervisning og SRP-vejledning, er eksaminator ved prøverne. Det betyder at "eksaminator" skal opfylde de faglige mindste krav, og hvis to lærere gør det til sammen skal de dermed begge være tilstede ved prøven.

Ved optagelse på videregående uddannelser er bioteknologi A, stx et selvstændigt adgangskrav, hvor bioteknologi A, stx vil erstatte biologi B eller kemi B.

1.2 Identitet

I læreplanens afsnit Identitet beskrives bioteknologi som et naturvidenskabeligt fag, hvis genstandsområde er "*teknologisk udnyttelse af biologiske systemer*". Bioteknologi "*integrerer og anvender biologisk og kemisk viden, metoder og teknikker og omfatter fagdiscipliner som biologi, kemi, biokemi, molekylærbiologi og bioteknologi*".

1.3 Formål

Læreplanens formålsbeskrivelse angiver, at undervisningen både bidrager til elevernes almendannelse, og at de opnår faglige forudsætninger for at kunne vælge videregående uddannelser inden for naturvidenskabelige, sundhedsvidenskabelige og tekniske områder. Da bioteknologi A, stx er et specifikt adgangskrav til lang række videregående universitetsuddannelser skal undervisningen derfor give faglig baggrund for valget af disse uddannelser. Endvidere skal undervisningen bidrage til, at eleverne opnår relevante studiekompetencer og får en viden om karrieremuligheder inden for fagets områder.

2 Faglige mål og fagligt indhold

2.1 Faglige mål

Fagets mål angiver, hvad eleverne skal kunne ved undervisningens afslutning. Kompetencerne opnås gennem undervisningens temaer ved arbejde med kernestof, supplerende stof, varierede arbejdsformer og samspil med andre fag. Det er derfor vigtigt, at faglige mål tænkes sammen med fagligt indhold og arbejdsformer ved tilrettelæggelsen af undervisningens temaer. Målbeskrivelserne danner baggrunden for evalueringen af elevernes faglige standpunkt.

Bioteknologifagets faglige mål kan kategoriseres i følgende fire generelle naturvidenskabelige kompetenceområder:

1. Repræsentations- og modelleringskompetencer
2. Empirikompetencer
3. Formidlingskompetencer
4. Perspektiveringskompetencer

2.1.1 Repræsentations- og modelleringskompetencer

Fx målene:

- *"anvende fagbegreber, fagsprog, relevante repræsentationer og modeller til beskrivelse og forklaring af iagttagelser og til analyse af bioteknologiske problemstillinger*
- *gennemføre, vurdere og dokumentere beregninger ved behandling af problemstillinger med bioteknologisk indhold*
- *anvende relevante matematiske repræsentationer, modeller og metoder til analyse og vurdering*
- *anvende digitale værktøjer, herunder fagspecifikke og matematiske, i en konkret faglig sammenhæng"*

Fagets repræsentationer omfatter de fremstillingsformer, som benyttes til at strukturere og formidle fagets indhold og sammenhænge, eksempelvis kemiske symboler og formler, matematiske forskrifter, datatabeller, procesdiagrammer, skemaer, stamtavler, figurer, animationer og lignende.

Fagets repræsentationer skal ses i sammenhæng med fagets formidlingsformer, og repræsentationskompetence omfatter derfor også elementer af faglig læsning og skrivning, jf. målene.

Fagets modeller omfatter kvalitative og kvantitative modeller, som repræsenterer processer og sammenhænge, der undersøges, og som giver mulighed for fx at analysere, modellere eller simulere det modellen repræsenterer. Kvalitative modeller kan fx være procesdiagrammer, feedbackdiagrammer, strukturformler, modeller af molekyler og proteiner. Kvantitative modeller kan fx være matematiske forskrifter, grafer, formler og krydsningsskemaer. Ved modellering anvendes modellen til analyse, fremskrivning eller lignende, og modellen tilpasses eventuel situationen.

Repræsentations- og modelleringskompetence spiller ud over de nævnte mål en vigtig rolle i databehandling og generelt i fagets kvantitative aspekter.

2.1.2 Empirikompetencer

Empirikompetencer omfatter elevernes evne til at arbejde eksperimentelt og undersøgende. Omdrejningspunktet i bioteknologi A er naturvidenskabelige eksperimenter, principper for tilrettelæggelse af disse og vurdering af den viden, der kommer ud af det eksperimentelle arbejde, jf. målene:

- *"tilrettelægge og udføre eksperimenter og undersøgelser under hensyntagen til laboratoriesikkerhed og til risikomomenter ved arbejde med biologisk materiale*
- *analysere og diskutere eksperimentelle data med inddragelse af faglig teori, fejlkilder, usikkerhed og biologisk variation"*

I analyse og diskussion af eksperimentelle data forventes det, at eleverne kan skelne mellem usikkerhed, fejlkilder og biologisk variation, og har indsigt i, hvordan disse har betydning for tilrettelæggelse af eksperimenter og for databehandling. Risikomomenter ved arbejde med biologisk materiale omfatter viden om de risici, man tager hensyn til ved vurdering af arbejde med genetisk modificerede organismer.

Undervisningen omfatter desuden, i tråd med dets teknologiske aspekt, evnen til at kunne anvende disse principper til dataindsamling ved undersøgelse og behandling af problemer med afsæt udenfor faget, jf. læreplansafsnittet "arbejdsformer" og målene:

- *"anvende fagets viden og metoder til vurdering og perspektivering i forbindelse med samfundsmæssige, teknologiske, miljømæssige og etiske problemstillinger med bioteknologisk indhold og til at udvikle og vurdere løsninger*
- *behandle problemstillinger i samspil med andre fag"*

Empiriske kompetencer omfatter både konkrete målemetoder og fremgangsmåder, evnen til at kunne anvende og vurdere tilrettelæggelsen og en mere overordnet forståelse af fagets identitet og metoder, jf. målet:

- *"demonstrere viden om fagets identitet og metoder"*

2.1.3 Formidlingskompetencer

Formidlingskompetencer er elevens evne til at formidle fagligt indhold mundtligt og skriftligt og dokumentere sit eksperimentelle arbejde, jf. målene:

- *"bearbejde data fra kvalitative og kvantitative eksperimenter og undersøgelser og dokumentere eksperimentelt arbejde hensigtsmæssigt*
- *indsamle, vurdere og anvende faglige tekster og informationer fra forskellige kilder*
- *formulere sig struktureret såvel mundtligt som skriftligt om bioteknologiske emner og give sammenhængende faglige forklaringer"*

Formidlingskompetencen knytter sig til fagområdets sprog og kommunikationsformer, og indeholder derfor evnen til at dokumentere og forklare struktureret og sammenhængende og benytte relevant faglig argumentation.

Formidlingskompetencer omfatter desuden relevant anvendelse af fagbegreber, fagsprog, repræsentationer og modeller.

2.1.4 Perspektiveringskompetencer

Perspektiveringskompetencer omfatter både evnen til at perspektivere mellem fagets områder og ud af faget.

- *"demonstrere forståelse af sammenhænge mellem fagets forskellige delområder*
- *anvende fagets viden og metoder til vurdering og perspektivering i forbindelse med samfundsmæssige, teknologiske, miljømæssige og etiske problemstillinger med bioteknologisk indhold og til at udvikle og vurdere løsninger"*

Perspektivering mellem fagets områder kan komme til udtryk, som evnen til at inddrage og kombinere relevante faglige elementer i en given problemstilling og operere på flere af fagets niveauer, fx både kemisk, cellulært og fysiologisk eller produktionsmæssigt.

Perspektivering ud af faget kan både omfatte arbejde med overvejelser om anvendelsesmuligheder, problemløsning af innovativ karakter og faglige vurderinger, jf. det faglige mål.

Perspektiveringskompetencer kommer til udtryk på en særlig måde, når faget anvendes i samspil med andre fag. I samspillet med andre fag sættes selve faget desuden i perspektiv:

- *"demonstrere viden om fagets identitet og metoder*
- *behandle problemstillinger i samspil med andre fag"*

På denne måde bidrager undervisningen i faget til den generelle forståelse af naturvidenskabernes identitet og metoder, deres muligheder og begrænsninger.

2.2 Kernestof

Undervisningens faglige indhold udgøres af både kernestof og supplerende stof. Kernestoffet fremstilles i læreplanen systematisk fra det kemiske niveau over det biokemiske og cellulære til organisme og økosystemniveau. I undervisningen fordeles det imidlertid på undervisningens temaer, hvor det er relevant i forhold til temaets problemstilling, og der lægges vægt på en sammenhængende forståelse mellem de forskellige organisationsniveauer.

Den skriftlige prøve tager udgangspunkt i "*kernestoffet … og problemstillinger i tilknytning hertil*". I det følgende afgrænses derfor, med særligt henblik på den skriftlige prøve, visse aspekter af kernestoffet.

- *"Kemiske bindingstyper, tilstandsformer, opløselighedsforhold, struktur- og stereoisomeri"*

Kemiske bindinger omfatter ion- og elektronparbindinger, samt kendskab til intermolekylære bindinger, herunder beskrivelse af bindingerne mellem fx et substrat og det tilknyttede enzym. Af IUPAC goldbook fremgår det hvilke bindingstyper der betragtes som intermolekylære. På bioteknologi A omfatter intermolekylære bindinger, hydrogenbindinger, dipol-dipolbindinger, london bindinger såvel som ion-ionbinding.

Endvidere omfatter kemisk binding også kendskab til intermolekylære bindingers betydning for kemiske forbindelsers fysiske egenskaber, fx tilstandsformer og blandbarhed.

- *"Uorganisk kemi: opbygning og egenskaber for udvalgte uorganiske forbindelser, herunder ionforbindelser*
- *Organisk kemi: stofkendskab, herunder navngivning, opbygning, egenskaber og isomeri, og anvendelse for stofklasserne alkoholer, carboxylsyrer og estere, samt opbygning af og relevante egenskaber for stofklasserne carbonhydrider, aldehyder, ketoner, aminer, amider og aminosyrer"*

Uorganisk kemi sættes især i relation til de kemiske forbindelsers betydning i biologiske systemer.

I organisk kemi begrænses de funktionelle grupper til hydroxy-, carbonyl-, carboxyl-, ester- og aminogrupperne, samt dobbelt- og tripelbindinger mellem C-atomer. Introduktionen til carbonhydrider skal primært give et grundlæggende kendskab til organisk kemi. For aldehyder, ketoner og aminer kan kendskabet begrænses til de tilknyttede funktionelle grupper, deres mulighed for at danne intermolekylære bindinger og som strukturer i visse makromolekyler, samt for aminer deres egenskab som baser. Amider og aminosyrer skal primært ses i relation til dannelse af proteiner ved peptidbinding, dog omfatter aminosyrer også kendskab til deres syre-baseegenskaber.

Navngivning af kemiske forbindelser i bioteknologi følger de samme principper, som benyttes i den gymnasiale kemiundervisning og tager i videst muligt omfang udgangspunkt i IUPAC's anbefalinger og den tilpasning til dansk, som Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg står for. Det er vigtigt at holde fast i, at anbefalingerne ikke kun peger på et enkelt system til navngivning af kemiske forbindelser, men at der kan være tale om flere systemer, som principielt kan accepteres som "systematisk navngivning". Dette ses især inden for navngivning i uorganisk kemi, jf. Dansk oversættelse af uorganisk-kemisk nomenklatur, IUPAC i 2015.

Inden for den organiske kemi kan forbindelser også have ikke-systematiske eller halvsystematiske navne, og IUPAC-anbefalinger tillader desuden ofte flere systematiske navne.

I organisk kemi i gymnasieskolen benyttes primært substitutiv nomenklatur, men accepterede og ofte benyttede trivialnavne på kemiske forbindelser benyttes, hvor det er mere naturligt, fx for aminosyrer, carbohydrater, nucleinsyrer og lipider. Ved navngivning af cis-trans-isomeri benyttes både *cis*, *trans* og *E, Z*-navngivning. For proteiner anvendes ét- og tre-bogstavsforkortelser for aminosyrer.

Ved anvendelse af substitutiv nomenklatur til navngivning behandles en kemisk forbindelse som en kombination af en "*stamforbindelse* og *karakteristiske grupper*", af hvilke én tildeles rollen som "*principal karakteristisk gruppe*". Nogle traditionelle navne (fx styren, urinstof) bruges også i den systematiske nomenklatur. Læs mere i Dansk oversættelse af organiske kemisk nomenklatur IUPAC.
På enkelte område afviger de seneste IUPAC anbefalinger revideret i 2013 fra (nogle af) de nuværende lærebøger til gymnasiet.

Af interesse for bioteknologielever drejer det sig om navngivningen af ester. I esternavngivningen indføres parenteser om syrerestdelen i esternavnene for at undgå misforståelser om det er en ester eller baseformen af en given syre. Fx kan phenylacetat være baseformen af phenyleddikesyre, men det kunne også være en ester. Phenyl(acetat) vil således være esteren, som er fremstillet fra phenol og eddikesyre. Estere kan også navngives efter modellen 'Ethansyrephenylester'. Denne navnetype er ofte bekvem på dansk, men bruges ikke af IUPAC længere. Særligt ved oversættelse fra engelske navne skal man være opmærksom på at parentesen om syrerestdelen i esternavnene erstatter det mellemrum, der er på engelsk i fx 'methyl acetate'. IUPAC's anbefaling vil blive fulgt, i fald der bliver behov for dette i forbindelse med de skriftlige prøver i bioteknologi.

- *"Makromolekyler: opbygning, egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater, lipider, nucleinsyrer og proteiner, herunder enzymer, transportproteiner og receptorer"*

Enzymers funktion som biologiske katalysatorer inkluderer nonkompetitiv, kompetitiv, reversibel og irreversibel inhibering, samt eksempler på cofaktorers funktion. Blandt lipider er særligt fokus på triglycerider og phospholipider. Receptorer omfatter intracellulære og membranbundne receptorer, herunder ionkanalreceptorer og receptorer med koblet intracellulær virkemekanisme, samt begreberne agonist og antagonist.

- *"Mængdeberegninger i relation til reaktionsskemaer og opløsninger"*

Kemiske mængdeberegninger omfatter anvendelse af begreberne stofmængde, molarmasse, formel og aktuel stofmængdekoncentration og densitet ved kvantitative beregninger, samt i tilknytning hertil brug af enheder og betydende cifre. Kernestoffet omfatter ikke mængdeberegninger for ideal gasser.

- *"Homogene kemiske ligevægte og fordelingsligevægte, herunder forskydning af disse på kvalitativt og simpelt kvantitativt grundlag"*

Kemisk ligevægt omfatter anvendelse af begreberne reaktionsbrøk, ligevægtskonstant og ligevægtsloven, herunder anvendelse af Le Chateliers princip ved forskydning i en ligevægt. Beregninger af reaktionsbrøk tager udgangspunkt i stofmængdekoncentrationer. Ved simpelt kvantitativt grundlag forstås, at forskydning i en ligevægt skal kunne afgøres ud fra en beregnet reaktionsbrøk og en tilknyttet ligevægtskonstant, men det omfatter ikke beregning af koncentrationer, efter at den nye ligevægt har indstillet sig. Fordelingsligevægt omfatter et stofs opløselighed i to ikke blandbare opløsninger, herunder kunne benytte fordelingskonstanten *P* henholdsvis fordelingsforholdet *D* ved diskussion af fx stoffers passage af membraner i levende organismer.

- *"Syre-basereaktioner, herunder beregning af pH for vandige opløsninger af syrer, baser, blandinger af disse og puffersystemer samt bjerrumdiagrammer*
- *Redoxreaktioner, herunder anvendelse af oxidationstal*
- *Organiske reaktionstyper: kondensation og hydrolyse"*

Syre-basereaktioner tager udgangspunkt i Brøndsteds definition af syrer og baser, samt at reaktionstypen er karakteriseret som en hydronoverførsel. Begrebet pH introduceres ud fra vands selvionisering.

pH-beregninger omfatter beregninger af pH i vandige opløsninger af såvel stærke som ikke-stærke syrer henholdsvis baser og i puffersystemer.

Redoxreaktioner omfatter både eksempler fra organisk og uorganisk kemi, men vælges med fokus på redoxreaktioner, som har betydning i biologiske systemer. Anvendelse af oxidationstal betyder, at disse skal kunne tilknyttes atomer i en forbindelse, samt at oxidationstal skal kunne indgå i en vurdering af, om en reaktion kan karakterises som en redoxreaktion Anvendelsen omfatter ikke en systematisk afstemning af redoxreaktioner ved brug af oxidationstal.

- *"Enzymer: enzymatiske hovedklasser og enzymkinetik"*

Enzymkinetik er begrænset til Michaelis-Menten kinetik, herunder lineær omskrivning af det tilknyttede hastighedsudtryk og anvendelse i forbindelse med kompetitiv og nonkompetitiv inhibering.

- *"Biokemiske processer: fotosyntesens overordnede delprocesser, respiration og gæring, herunder carbohydraternes intermediære stofskifte"*

Biokemiske processer omfatter fotosyntesens opdeling i lys- og mørkeprocesser og rollen af ATP og NADPH. Der skelnes mellem respirationsprocesser, hvor der indgår en ekstern elektronacceptor i reaktionen, og gæringsprocesser, hvor det ikke er tilfældet. I forbindelse med carbohydraternes intermediære stofskifte skal delprocesser i glycolyse, alkoholgæring, citronsyrecyklus og elektrontransportkæde kunne identificeres. Endvidere indgår kendskab til cofaktorernes roller, herunder ATP, NAD^+ og FAD, coenzym-A.

- *"Virus: opbygning og formering*
- *Celler: opbygning af pro- og eucaryote celler, eucaryote celletyper, stamceller og membranprocesser"*

Stamceller omfatter embryonale stamceller.

- *"Mikrobiologi: vækst, vækstmodeller og vækstfaktorer"*

Vækstmodeller omfatter bestemmelse og anvendelse af forskrifter for eksponentiel vækst, samt kendskab til logistisk vækst.

- *"Genetik og molekylærbiologi: nedarvningsprincipper, mitose, meiose, replikation, proteinsyntese, genregulering, mutation, genteknologi, anvendt bioinformatik og evolutionsmekanismer"*

Ved opgaver, der kræver anvendelse af den genetiske kode, vil nucleotidsekvensen være opgivet som den kodende DNA-streng eller RNA-sekvensen. Genregulering omfatter kendskab til geners regulatoriske sekvenser og eksempler på transkriptionsfaktorers betydning. Anvendt bioinformatik omfatter at kunne sammenligne og analysere nucleotid- og proteinsekvenser fx i forhold til mutationstyper og restriktionssites i en udleveret fil med nucleotid- eller aminosyresekvenser. Evolutionsmekanismer omfatter mutation, variation og selektion.

- *"Fysiologi på organismeniveau og biokemisk niveau: hormonel regulering, nervesystem, forplantning og immunsystem"*

Fysiologi omfatter viden om de nævnte organsystemers fysiologi og centrale cellulære og biokemiske mekanismer, samt deres funktion i kroppen som system.

- *"Økologiske grundbegreber: energistrømme og produktion, eksempler på samspil mellem arter og mellem arter og deres omgivende miljø, biodiversitet"*

Økologiske grundbegreber repræsenterer det nødvendige overblik på økosystemniveau for at forstå eksempler på dyre- og planteproduktion og vurdere eksempler på produktionsmæssige og miljømæssige aspekter af produktionsformer, herunder fødekæder, abiotiske og biotiske faktorer og brutto- og nettoproduktion.

- *"Eksperimentelle metoder: celledyrkning, kloning, transformation, PCR, elektroforese, DNA-sekventering, ELISA, separation, titrering, spektrofotometri og chromatografi"*

Eleverne forventes at have kendskab til de nævnte metoder, således at de kan tage stilling til en beskreven procedure eller eksperimentelle resultater herfra, samt skitsere eksperimenter eller foreslå relevante metoder til undersøgelse af en eksperimentel problemstilling. Det forudsættes ikke, at eleverne selv har arbejdet med alle metoderne, men det vil være en fordel, at de afprøver så mange af metoderne i praksis, som det er muligt.

Elektroforese omfatter eksempler på DNA-elektroforese og proteinelektroforese. Titrering omfatter syre-base-titrering for monohydrone syrer og baser, herunder anvendelse af titrerkurver til kvantitative undersøgelser. Der er ikke krav om kendskab til en bestemt type af chromatografisk metode, men metodens centrale begreber som fx stationære og mobile faser og hvordan stofblandinger kan adskilles, skal kunne benyttes.

2.3 Supplerende stof

Kernestoffet og det supplerende stof udgør tilsammen det faglige indhold i undervisningen i bioteknologi. Temaet er det organiserende princip for undervisningen. I det enkelte tema vælges relevant kernestof og supplerende stof, således at det udgør en indholdsmæssig helhed. Det kan være hensigtsmæssigt at vælge temaer med inspiration i områderne:

- *"sundhed, sygdom og medicin, herunder udvikling af medicin, fremstilling og virkemåde*
- *bæredygtig produktion af fødevarer, energi og kemiske stoffer*
- *bioteknologisk anvendelse af planter, dyr og mikroorganismer*
- *miljøteknologi og miljøbeskyttelse*
- *ny forskning og nye bioteknologiske metoder*
- *bioetik."*

Et tema kan omfatte flere af de nævnte områder.

- *"Der skal indgå materiale på engelsk samt, når det er muligt, på andre fremmedsprog"*

I bioteknologi A, stx skal undervisningsmaterialer på engelsk indgå. Det kan fx være i form af læsning af engelsksprogede artikler eller websider, brug af engelsksprogede YouTube videoer eller lignende materialer. En mulighed er også at gennemføre et flerfagligt forløb med engelskfaget. Forskel i fagsproget på dansk og engelsk kan gøre en "oversættelse" fra det engelske fagsprog til dansk nødvendig. Det er centralt, at bioteknologis faglige viden og metoder bringes i spil ved brugen af engelsksprogede tekster. Også andre fremmedsprog end engelsk kan indgå i undervisningen. Fremmedsproget materiale, som har indgået i bioteknologiundervisningen, kan også benyttes til den mundtlige prøve.

2.4 Omfang

- *"Forventet omfang af fagligt stof er normalt svarende til 500-700 sider".*

Undervisningen i bioteknologi A, stx bygger på en bred vifte af faglige materialer, fx traditionelle lærebøger, i-bøger, artikler fra tidsskrifter og websider, vejledninger til eksperimentelt eller andet empiribaseret materiale, YouTube videoer med eksperimenter eller visualiseringer. Omfanget af fagligt stof anføres i beskrivelsen af den gennemførte undervisning (undervisningsbeskrivelsen), der færdigredigeres ved afslutningen af undervisningen. Omfanget angives normalt med en sådan detaljeringsgrad, så det af undervisningsbeskrivelsen fremgår, hvordan det faglige stof har været vægtet i undervisningsforløbet. Dette kan fx ske ved at angive et skønsmæssigt sidetal eller en procentvis fordeling af stoffet.

3 Tilrettelæggelse

3.1 Didaktiske principper

"*Undervisningen skal tage udgangspunkt i et fagligt niveau svarende til elevernes biologi- og kemifaglige viden og metodekendskab fra grundskolen*".

Undervisningen i grundskolen har udgangspunkt i de forenklede fælles mål. Gennem undervisningen i grundskolen har eleverne arbejdet med biologi og fysik-kemi ud fra kompetenceområderne: undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation, og undervisningen, som paralleliserer de faglige mål for bioteknologi A. For hvert kompetenceområde er der inden for forskellige indholdsområder formuleret færdigheds- og vidensmål.

Selv om eleverne erfaringsmæssigt møder med ret forskellige forudsætninger, er der god grund til at orienterer sig om de forenklede fælles mål for biologi og fysik-kemi, der beskrives på EMU'en.

Læreplanen præciserer, at undervisningen er tematisk og tager udgangspunkt i bioteknologiske problemstillinger, der har betydning for hverdag og omverden, teknologi og samfund. Eleverne kan introduceres til temaets problemstilling på mange måder, gennem film, tekster, studiebesøg, eller de kan selv søge information om problemstilingen, hvis den fx indgår i en aktuel debat i medierne.

Udgangspunkt i en bioteknologisk problemstilling kan lægge op til en udforskende og undersøgende undervisning i nogle af temaerne, fx med inspiration fra inquirybaseret læring. Eleverne kan ved introduktionen stille spørgsmål til problemstillingen, som kunne være interessante at få besvaret. Derefter kan man på klassen tilrettelægge temaet som en kombination af elevernes egne praktiske undersøgelser eller teoretiske fordybelse og eksperimentelt arbejde, kernestof og supplerende stof, som læreren udvælger og begrunder relevansen af.

Tematisk undervisning aktualiserer og begrunder det faglige indhold. Efterfølgende kan der imidlertid være behov for systematiske opsamlinger på det faglige indhold med udgangspunkt i fagområdernes traditionelle systematik og sammenhænge til tidligere behandlet indhold.

"Det teoretiske og eksperimentelle arbejde skal støtte hinanden og integreres, således at eleverne opøves i ikke blot at kombinere iagttagelser og teori, men inspireres til selv at kunne foreslå relevante undersøgelsesmetoder og problemløsninger".

Integration af det teoretiske og eksperimentelle arbejde opnås erfaringsmæssigt bedst ved, at eleverne kommer så hurtigt i gang med det eksperimentelle arbejde som muligt. Dele af det eksperimentelle arbejdes teoretiske baggrund og perspektiver kan uddybes efterfølgende.

Nogle typer af eksperimentelt arbejde i bioteknologi fx inden for mikrobiologi, fermentering og enzymer er teknisk overskuelige, og man kan ved at introducere teknikker, give dem redskaber til at planlægge eller variere eksperimenter. De kan fx tidligt i et tema om "fødevarer fra jord til bord" få til opgave at designe eksperimenter, som undersøger, aktiviteten af forskellige enzymer fra køleskabet eller i depotet i forhold til temperatur eller pH, de kan få til opgave at teste forskellige konserveringsmetoder, eller de kan ud fra en mappe med undersøgelsesmetoder måle indholdet af bestemte stofgrupper i fødevarer, som grupperne selv udvælger. Med udgangspunkt i resultaterne uddybes den bagvedliggende teori, fx vækstmodeller, enzymkinetik eller dele af organisk kemi som bestemte stofklasser, lipider og polaritet eller carbohydrater og isomeri. Ved gruppernes fremlæggelser drøftes ligeledes eksperimentel tilrettelæggelse og trækkes tråde tilbage til naturvidenskabeligt grundforløb.

Eksperimenter inden for disse områder, hvor den tekniske tærskel er lav, egner sig godt som afsæt i temaer, hvor de derefter uddybes med faglig teori. Senere i temaet kan man udbygge med mere krævende og længerevarende eksperimentelt arbejde, hvor klassen følger forsøgsprotokoller.

Man kan med fordel overveje områder, der skal introduceres tidligt i det treårige forløb, så eleverne har metodiske redskaber til senere, fx målemetoder som spektrofotometri, titrering, bestemmelse af celleantal og lignende. De kan også inddrages i fagligt samspil eller i arbejde med at udvikle og vurdere løsninger.

Eksempler på forløb kan findes på EMU.dk under faget.

3.2 Arbejdsformer

- *"Elevaktiverende, individuelle og kollaborative arbejdsformer"*

Undervisningen tilrettelægges så elevernes aktive og forpligtende deltagelse i undervisningen fremmes. Målet er et godt læringsmiljø og læringsfællesskab, hvor den enkelte har lyst til at deltage og lære, fastholdes og hjælpes i gang.

Kollaborative arbejdsformer kan omfatte korte sekvenser, hvor eleverne parvis bearbejder et eller nogle få faglige begreber eller planlægning, gennemførelse og behandling af eksperimentelt arbejde. Det kan også omfatte længerevarende projektorganiserede eller produktive forløb, som eventuel organiseres sideløbende med øvrige klasseaktiviteter.

Det kan anbefales at tilrettelægge det treårige forløb med en god digital platform for samarbejde og gode vaner omkring læringsorienteret kommunikation på klassen. Gode vaner kan omfatte, at eleverne som faste indslag i undervisningen bidrager til de enkelte temaer med gode links, referater fra lektionerne, deler data, deler fordybelsesopgaver og præsentationer fra gruppearbejde. I nogle temaer kan der arbejdes på, at klassen producerer en "temabog" eller "temawiki". Der findes en række webbaserede redskaber til strukturering af elevernes bidrag, webdokumenter, wikis, digitale opslagstaver mv.

- *"Mundtlig formidling"*

I den daglige undervisning kan elevernes mundtlige udtryksevne trænes gennem aktiviteter der understøtter brugen af fagsproget og faglige argumenter.

Mundtlige kompetencer læres gennem at tale selv. For at få så mange elever inddraget som muligt, kan der planlægges med matrixorganisering eller kortere sekvenser med inspiration fra cooperative learning. Det kan være i form af summegrupper om dagens lektie, hvor eleverne finder frem til nye fagudtryk, og hvordan de udtales og forstås. Det kan være gruppedialoger, hvor eleverne beskriver, analyserer og forklarer figurer, modeller, data og lignende. Det kan være ved læsning af artikler og lignende, hvor elevernes mundtligt skal perspektivere deres faglige viden til samfundsmæssige, teknologiske, miljømæssige eller etiske problemstillinger.

En del af dette er arbejdet med faglig argumentation. Der kan arbejdes med argumentationsmodeller, fx i samarbejde med dansk. Man kan bede eleverne skitsere årsagssammenhænge ved hjælp af kasser og pile, og på den baggrund formulere sammenhængende forklaringer, mundtligt eller skriftligt, hvor de skal inddrage sammenbindene ord som "det skyldes", "årsagen er", "det medfører", "det sker fordi". I dialogen kan man spørge ind til svage punkter i forklaringskæderne, eller lade eleverne overveje, hvordan "svage led" kunne undersøges nærmere.

- *"Faglig læsning"*

Faglig læsning er forudsætningen for at kunne opfylde de faglige mål som fx indsamling, vurdering og anvendelse af faglige tekster, analyse og vurdering af bioteknologiske problemstillinger.

Det kan anbefales fra starten at arbejde med, hvordan man læser konkrete tekster, fx fra lærebøger. Hvordan ekstraherer man det vigtigste? Hvordan læser man figurer? Hvordan tager man noter? Eleverne kan eksempelvis lave mindre skriveøvelser, hvor et udsnit af en faglig tekst opdeles efter ordtyper og førfaglige ord mv, ordne navngivere og procesord i begrebskort eller mindmaps, eller de kan skrive figurtekster til bogens grafiske repræsentationer

Udover relevant lærebogsmateriale kan der indgå andre former for faglitteratur som avisartikler, populærvidenskabelige artikler, opslagsværker etc. Det anvendte materiale bør være tilpasset elevernes faglige niveau med en stigende progression i emner og problemstillinger. Den faglige læsning er en vigtig forudsætning for den mundtlige prøve. Derfor kan artikellæsning i den sidste del af forløbet tilrettelægges med dette fokus.

Informationssøgning omfatter et systematisk element, fx at søge og udvælge det relevante. Det kan både involvere søgning på nettet, anvendelse af biblioteket og eksempelvis at søge i databaser. Det indeholder også et kritisk perspektiv, fx kendskab til kriterier for materialets faglige kvalitet og pålidelighed. Systematisk informationssøgning er en vigtig faglig forudsætning fx for at anvende faget i studieretningsprojekter.

Endelig omfatter det at kunne læse og sætte sig ind forskellige teksttyper og medier. I bioteknologi A arbejdes bl.a. med at kunne læse faglige artikler på et passende niveau, kunne uddybe deres indhold fagligt og formidle dette, se den mundtlige prøve, 4.2.

- *"Udvikling af løsninger"*

Bioteknologi er grundlæggende orientere mod udvikling af løsninger spænder fagligt bredt med mange samfundsfaglige, sundhedsmæssige, etiske og globale problemstillinger.

I temaer, hvor eleverne arbejder med udvikling af innovative løsninger, er det hensigtsmæssigt at konkretisere problemstillingen til en bestemt sammenhæng. Det kan være udvikling af nye fødevarer, eller en case, hvor en aftager fx en produktionsvirksomhed, ønsker løsninger på en problemstilling.

Arbejdet kan være sigtet med et tema, men kan også være kortere sekvenser i et tema. Det kan være hensigtsmæssigt at indtænke struktureret arbejde med idégenereringsværktøjer, eventuel i samspil med andre fag.

- *"Karrieremuligheder og udadrettede aktiviteter"*

Bioteknologi er et anvendelsesorienteret fag, og det er en vigtig del af vores dagligdag og spiller en central rolle i den teknologiske udvikling, industrielle produktion og løsning af fx miljø- eller sundhedsmæssige problemstillinger. Besøg på virksomheder, forskningsinstitutioner, analyselaboratorier og inddragelse af gæstelærere giver eleverne en indsigt i dette, samtidig med at det kan bevidstgøre dem om kommende uddannelses- og karrieremuligheder. Det kan være en god ide at italesætte dette, ved at bede fagpersoner klassen møder, kort forklare deres karrierevej, og hvordan de endte, hvor de er nu.

3.2.1 Eksperimentelt arbejde, herunder risiko-, sikkerhedsforhold og faremærkningen

Elevernes eget eksperimentelle arbejde skal udgøre ca. 20 % af fagets undervisningstid, og elevernes tid til efterbehandling i form af fx databehandling, udarbejdelse af screencast eller skrivning af rapporter kan ikke medregnes i de 20 %. Mindre dele af forarbejdet til et eksperiment kan medregnes, hvis det udgør et centralt element til gennemførelsen af det konkrete eksperiment, fx opstilling af en hypotese eller selvstændig planlægning af eksperimentet. Men arbejde med faglig teori eller metoder, som kan danne en generel baggrund for et eksperimentelt arbejde, indgår ikke. Der er i bioteknologi ikke

krav om feltarbejde, men det kan indgå som en del af elevernes eget eksperimentelle arbejde. Arbejde med virtuelle eksperimenter, andet empiribaseret arbejde, molekylmodeller og lignende aktiviteter udgør ikke en del af elevernes eget eksperimentelle arbejde.

Andet empiribaseret arbejde indgår ikke i de 20 %, men kan inddrages i spørgsmålene til den mundtlige prøve på linje med eksperimentelt arbejde. Det gælder fx søgning i bioinformatiske databaser og arbejde med data.

Man skal være opmærksom på, at eksperimentelt arbejde så vidt muligt bør indgå i alle forløb, såvel enkelt- som flerfaglige, på en sådan måde, at det eksperimentelle arbejde og forløbene uden problemer kan inddrages i forbindelse med en eventuel mundtlig prøve.

Det eksperimentelle arbejde omfatter både kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde. Kvantitative metoder kan blandt andet omfatte stofmængdeberegninger tilknyttet en titrering eller analyse af enzymreaktioner, men kan også være brug af standardkurver til kvantitative undersøgelser. Der er ikke krav til, at eleverne selv arbejder med alle typer af eksperimentelt arbejde, som er angivet i kernestoffet, fx hvis skolen ikke råder over et specielt apparatur. Men eleverne bør i videst muligt omfang selv arbejde med de forskellige eksperimentelle metoder bl.a. for at opnå konkret sammenknytning mellem det praktiske arbejde i laboratoriet og teoretisk viden, og for at få en konkret forståelse for eksperimentelt arbejdes betydning for naturvidenskabs arbejdsmåde, identitet og metoder. Den tematiske undervisning kan endvidere styrkes ved at inddrage eksperimentelt arbejde, der perspektiverer fagets anvendelse i forskellige sammenhænge.

Hvis det er hensigtsmæssigt og praktisk muligt, kan eksperimenter også udføres som en udadrettet aktivitet på en uddannelsesinstitution eller en virksomhed. Der kan være adgang til faciliteter, som ikke er mulige på skolen og kan dermed gøre det muligt at vise eleverne andre og måske mere avancerede metoder. I forskning og udvikling inden for bioteknologi anvendes metoder, som kan være meget avancerede og tidskrævende at udføre og vil ikke være mulige for eleverne at udføre. Her kan mere simple eksperimenter, udført af eleverne, bruges som supplement til forståelsen og perspektivering af den moderne bioteknologis muligheder og udfordringer.

Ved eksperimentelt arbejde er eleverne omfattet af **arbejdsmiljølovens udvidede område**. Bestemmelserne i dette område retter sig mod arbejdet, uanset hvem der udfører arbejdet, og hvor det udføres. De gælder således også selv om arbejdet ikke udføres for en arbejdsgiver (Arbejdsmiljølovens § 2 stk. 3), hvorimod eleverne ikke er omfattet af arbejdsmiljøloven, når de modtager teoretisk undervisning.

Rammer for det eksperimentelle arbejde er beskrevet i Arbejdstilsynets **At-meddelelse nr. 4.01.9** Elevers praktiske øvelser på de gymnasiale uddannelser. I meddelelsen står følgende: "Ved planlægningen af undervisningen skal skolen sørge for, at eleverne kan udføre arbejdet med de praktiske øvelser sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt i forhold til elevernes alder, indsigt, arbejdsevne og øvrige forudsætninger. … Derfor skal der ikke alene tages hensyn til, om der er truffet de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger. Det skal også inddrages, om eleverne har opnået rutine i god laboratoriepraksis, og om arbejdet kan foregå under tilstrækkelig instruktion". Skolen, herunder ledelse og lærere, skal sikre at det eksperimentelle arbejde kan foregå sikkerhedsmæssigt forsvarligt for eleverne, hvilket bl.a. omfatter planlægning og udførelse af øvelser, forsvarligt tilsyn, egnede lokaler og apparatur, anvendte kemikalier og underviserens viden om det eksperimentelle arbejde, der skal udføres, se eventuel DCUM-vejledning om "Arbejdsmiljølovens udvidede område i relation til elever og studerende".

Eksperimentelt arbejde igennem hele undervisningen skal planlægges således, at eleverne kan opnå gode laboratorievaner og kan færdes med omtanke og sikkerhedsmæssigt forsvarligt under det praktiske arbejde. Eleverne bør i den forbindelse kende til mærkning af kemikalier og vurdering af sikkerhedsrisici ved eksperimentelt arbejde, herunder bortskaffelse af kemikalier fra eksperimentelt arbejde og arbejde med genteknologske forsøg i ikke-klassificerede laboratorier og biologiske materialer og

agenser. De bør således kende til H- og P-sætninger, samt de tilknyttede faresymboler, som et vigtigt element ved omgang med kemikalier. Der bør altid knyttes overvejelser om kemikaliemærkning og sikkerhedsvurderinger til elevernes eget eksperimentelle arbejde.

Visse godkendte genteknologiske forsøg kan efter aftale mellem Arbejdstilsynet og Undervisningsministeriet udføres i ikke-klassificerede laboratorier i gymnasiet. En betingelse er, at den ansvarlige lærer opfylder de faglige mindstekrav i biologi eller bioteknologi, har været på det obligatoriske kursus, at aftalens procedurer følges og forsøget anmeldes til fagkonsulenten i biologi. Aftale og indberetningsskema kan findes på ministeriets hjemmeside under bioteknologi, stx.

Arbejde med mikroorganismer og med blod og vævsvæsker i undervisningen er omfattet af reglerne i Arbejdstilsynets meddelelse nr. 4-01-9 (se ovenfor) og uddybes i Branchemiljørådets vejledning Når klokken ringer. Eleverne skal orienteres om sundheds- og smitterisici, de må kun tage blodprøver på sig selv i små mængder, svarende til blodtypebestemmelse. Der skal træffes forholdsregler, som mindsker hud- og slimhindekontakt til blod- og legemsvæsker og procedurer omkring bortskaffelse skal følges. Blodprøvetagning betragtes som et operativt indgreb, idet huden gennembrydes, og må ikke foretages på andre, heller ikke af læreren. Lærerens håndtering af blod- og vævsvæsker er omfattet af AT-vejledning om AIDS og forebyggelse af HIV-infektion.

Regelsættet, der regulerer eksperimentelt arbejde i gymnasieskolen, er omfattende bl.a. fordi der findes regler for indretning og brug af laboratorier og for indkøb, opbevaring og brug af kemikalier, herunder mærkning af kemikalier, jf. miljøstyrelsens hjemmeside og udarbejdelse af instruktioner m.v. Ansvaret for, at reglerne overholdes, er fordelt på arbejdsgiveren, den lokale sikkerhedsgruppe og på de enkelte lærere. I forbindelse med kemikaliemærkning er der udarbejdet en kemikaliedatabase specielt rettet mod de gymnasiale uddannelser, som skolerne kan abonnere på. Kemikaliedatabasen opdateres af Joblife. Ud over de allerede nævnte hjemmesider med informationer om forskellige aspekter af regelsættet om eksperimentelt arbejde i gymnasieskolen skal også henvises til Giftlinjen.

3.2.2 Skriftligt arbejde

Arbejdet med skriftlighed har både sigte mod elevens læring gennem skriveprocesser og elevens evne til at formidle fagligt. Dette dobbelte formål tænkes ind på forskellig vis. Nogle gange skriver eleven til sig selv, andre gange arbejdes med omskrivninger eller der er fokus på fx formel korrekthed.

I det skriftlige arbejde i bioteknologi trænes skrivekompetencer rettet mod strukturerede faglige fremstillinger med brug af faglig argumentation, beregninger, analyse af data, figurer, tabeller. Arbejdet med faglig skrivning tilrettelægges med en progression, så der lægges stigende vægt på brug af generelle sprogfærdigheder og korrekt fagsprog, så eleverne bliver opmærksomme på forskelligheden af faglige udtryksformer og lærer at skelne mellem fagsprog og mere hverdagsagtige udtryksformer. Arbejdet omfatter også, at eleverne trænes i hensigtsmæssig brug af fx CAS-værktøjer og andre faglige digitale værktøjer i forbindelse med skriftlig formidling af en faglig tekst i bioteknologi, hvor formidlingen tager udgangspunkt i bioteknologifagets fagsprog og ikke de digitale værktøjers.

Journaler og rapporter over eksperimentelt arbejde er en af fagets grundlæggende genrer, som strukturerer arbejdet med eksperimentelt arbejde, beskrivelse af eksperimentet, opsamling, strukturering og behandling af resultater og diskussion af resultater med inddragelse af faglig teori. Der knytter sig ikke nødvendigvis journaler eller rapporter til alle forsøg, og eksperimentelt arbejde kan også behandles og kommunikeres på andre måder.

Ved arbejde med skriftlige opgaver kan der med fordel ske en progression gennem forløbet. Vægten i de enkelte opgaver kan lægges på beskrivende eller forklarende fremstillinger af et fagligt område, beregninger eller konkrete analyser og vurderinger af forelagte data. I opgavebesvarelserne bør eleverne vænnes til at inddrage forklarende tekst, reaktionsskemaer og figurer i et sådant omfang, at tankegangen klart fremgår. Systematisk træning i arbejdet med de typeord, som benyttes i de skriftlige opgaver, kan være en god hjælp. Oversigt over typeord kan findes i lærerens hæfte.

Det anbefales stærkt, at man som lærer følger med i kommunikation og evalueringer fra Undervisningsministeriet vedrørende den skriftlige eksamen, så man til stadighed følger udviklingen i opgaverne. Læs yderligere gode råd og tydeliggørelse af forventningerne til den skriftlige prøve i Lærerens hæfte, som er en lærervejledning til brug ved de digitale skriftlige prøver. Træning med de skriftlige prøveopgaver og de tilhørende typeord kan også give eleverne gode forudsætning for at skrive deres studieretningsprojekt.

I forbindelse med samspil med andre fag sættes fagets genrer ind i en større sammenhæng. Det er en vigtig træning i forhold til elevernes studieretningsopgave, studieretningsprojekt og elevernes studieforberedende skrivekompetencer.

3.3 It

Eleverne skal kunne anvende et bredt udvalg af digitale værktøjer, og der bør ske en progression fra helt simple anvendelser til en mere omfattende udnyttelse af mulighederne. Anvendelse af digitale værktøjer kan, udover at understøtte elevernes faglige læring, medvirke til at udvikle elevernes generelle digitale kompetencer og bidrage til deres digitale dannelse.

Et oplagt område for anvendelse af digitale værktøjer er i forbindelse med eksperimentelt arbejde. Her udgør opsamling af data fra eksperimenter og viderebehandling frem til skrivning af rapporter eller lignende produkter en naturlig arbejdsgang med anvendelse af digitale værktøjer.

Specielt bør elevernes trænes i anvendelse af matematiske hjælpemidler, som CAS-værktøjer, på en hensigtsmæssig måde, så de udvikler deres evne til at dokumentere den faglige tankegang, der ligger bag en skriftlig besvarelse. Eleverne trænes i at vælge relevant repræsentation af forsøgsdata som fx korrekt tegnede grafer med aksetitler og enheder. Eleverne trænes i at oversætte mellem matematiske udtryk fra CAS-værktøjerne til naturvidenskabelige udtryk, hvori indgår særlige symboler for fysiske størrelser, enheder m.m. samt brugen af betydende cifre Et konkret eksempel på anvendelse af digitale værktøjer i undervisningen er ved pH-beregninger. Her kan elevernes kendskab til brug af digitale værktøjer fra matematik til løsning af ligninger med fordel benyttes, således at skelnen mellem pH-beregninger i opløsninger af svage syrer (baser) og middelstærke syrer (baser) ikke er nødvendig, en skelnen som der ellers eksplicit skal inddrages ved besvarelse af skriftlige opgaver.

Kendskab til digitale værktøjer, der bl.a. anvendes til tegning af kemiske strukturformler i roterbare 2D- og 3D-formater, anbefales, da de træner forståelsen af stoffernes opbygning og egenskaber. Denne type digitale værktøjer kan også benyttes i forbindelse med elevernes arbejde med analyser af kemiske forbindelser egenskaber, fx ved beregning af fordelingsforholdet *D* afhængighed af pH.

I arbejdet med proteiner kan det anbefales at eleverne lærer at hente 3D-modeller ned fra databaser fx på baggrund af PDB-ID, foretager markeringer af enkelte aminosyrer og lignende. Arbejde med proteiner i 3D-modeller kan eksempelvis indgå i studieretningsprojekter og lignende.

I forløb med bioinformatik, sammenlignes biologiske data med informationer i større databaser. Disse databaser kan være DNA-, RNA- eller proteindatabaser. Det forventes, at eleverne får kendskab til princippet i at sammenligne sekvenser, så de fx kan foretage søgninger i sekvenser i en fil for at finde bestemte matches, Single Nucleotid Polymorphism (SNP'er), restriktionssites eller lignende. De forventes dog ikke nødvendigvis at have foretaget egentlige søgninger i webbaserede databaser, idet disse ofte kræver indgående kendskab til databasernes opbygning og betegnelser, men det vil givetvis være en fordel for dem at have prøvet det i praksis.

Fagets skriftlige dimension stiller krav om formidling af faglige informationer, og i den forbindelse vil de forskellige it-færdigheder naturligt indgå. I forhold til den del af fagets skriftlige dimension, som fører frem til den skriftlige prøve, kan det være en fordel så tidligt som muligt at arbejde med, at eleverne

benytter deres digitale værktøjer fra fx matematikundervisningen i behandling af fagets kvantitative aspekter, og at de bliver bekendte og fortrolige med anvendelsen af fx it-baseret tegneprogrammer til tegning og analyser af kemiske strukturer, samt skrivning af kemisk symbolsprog.

Anvendelse af digitale værktøjer fra matematik omfatter organisering af data, at vælge relevante afbildninger med korrekt angivelse af aksebetegnelser og enheder, at indsætte og benytte modeller, anvende både viden fra faget og matematisk viden til at vurdere en models berettigelse og forholde sig til variation. Vurderingen kan ud over en visuel bedømmelse inddrage fx spredning, konfidensintervaller, residualplot eller R^2-værdier, og skal som hovedregel begrundes i faglig viden.

3.4 Samspil med andre fag

Bioteknologi er i studieretning med matematik A og fysik B. I lærerplanen er der krav om mindst et forløb, hvor bioteknologi indgår i et samarbejde med matematik. Her kan mulighederne være: Lineære, eksponentielle og logistiske modeller, epidemimodeller, regression, normalfordelinger, teststørrelse og vurdering, differentialligninger. I fysik kan der samarbejdes med bioteknologi om fx lys og farver, energiformer, stråling.

Perspektivering af bioteknologi og belysning af fagets almendannende sider kan ske i samarbejde med flere fag fx etik i samarbejde med religion, epidemier i historie, miljømæssige problemstillinger i samfundsfag og/eller historie, og fremstillingsformer i dansk.

3.4.1 Studieretningsprojektet

I forbindelse med studieretningsprojektet skal der som bekendt inddrages basal videnskabsteori og metode overvejelser. For yderligere information om studieretningsprojektet henvises til læreplan og vejledning på uvm.dk samt de supplerende vejledninger. De supplerende vejledninger til studieretningsprojektet findes på emu.dk.

Det er vigtigt at være opmærksom på at *"der kan være forskelle i skolernes praktiske udmøntning af arbejdet med basal videnskabsteori og faglige metoder, hvilket kan være nødvendigt at tage højde for i forbindelse med den afsluttende mundtlige prøve"*, jf. supplerende vejledning om "Basal videnskabsteori i studieretningsprojektet".

Et løft til kemi A, som foretages på baggrund af studieretningsfaget bioteknologi A vil kunne betragtes som et løft af studieretningsfag. Kemi A kan i denne sammenhæng betragtes som studieretningsfag.

Elever kan desuden forsat kombinere kemi A og bioteknologi A, idet det er to forskellige fag.

Enkeltfaglige studieretningsprojekter i bioteknologi A følger i den sammenhæng de samme retningslinjer, som er gældende for andre fag.

Det skal bemærkes, at hvis eleven skriver enkeltfagligt i bioteknologi A, er det bioteknologi læreplanen, som følges uanset om eleven også har kemi A.

Hvad er fokus for en opgave i SRP, hvori bioteknologi A indgår?
Identiteten i bioteknologi viser at faget har stor bredde. Bioteknologi er teknologisk udnyttelse af biologiske systemer og har rødder i anvendelse af kemisk og biologisk forskning til forbedring af traditionel produktion og forarbejdning af fødevarer baseret på planter, dyr og mikroorganismer.
Bioteknologien har ligeledes baggrund i de muligheder mikrobiologiens fremkomst og den kemiske forskning åbnede inden for sundhedsvidenskab, sygdomsbehandling og medicin.
Faget bioteknologi integrerer og anvender biologisk og kemisk viden, metoder og teknikker og omfatter fagdiscipliner som biologi, kemi, biokemi, molekylærbiologi og bioteknologi. Der arbejdes teoretisk og praktisk med bioteknologi i relation til både lokale og globale forhold.

En SRP, hvori bioteknologi A indgår, kan ikke forventes altid at indeholde teknologi.

En opgave der har fokus på fagdisciplinen biologi må også forventes at integrere og anvende kemisk viden, ligesom en opgave der har fokus på fagdisciplinen kemi må forventes at integrere og anvende biologisk viden.

Et par eksempler på en måde bioteknologi A SRP opgaveformulering adskiller sig fra en opgaveformulering i biologi A eller Kemi A, kunne være:

Eksempel 1) en opgave omhandlende syntese af medicin forventes også at indeholde afsnit omkring hvordan medicinen virker i kroppen,

Eksempel 2) en opgave om fysiologisk virkning af kemiske forbindelser i kroppen forventes at indeholde afsnit om kemisk opbygning, egenskab samt andet relevant i relation til den fysiologiske virkning af forbindelsen.

Basal videnskabsteori

Bioteknologi er et naturvidenskabeligt fag, hvor viden i faget fremkommer, som følge af en vekselvirkning mellem teoretisk forståelse, arbejde med modeller og eksperimentelt arbejde i faget. *"I arbejdet med basal videnskabsteori sættes arbejdet med fagene og de anvendte metoder i et mere overordnet, videnskabeligt perspektiv."* jf. vejledning studieretningsprojektet. Det kan eksempelvis dreje sig om hvilke typer af viden, der opnås ved at bruge en række konkrete kvantitative og kvalitative metoder, der kan anvendes med en induktiv eller hypotetisk-deduktiv tilgang.

I samspillet med det andet fag indgår Bioteknologi A med sin egen identitet. Bioteknologi A er et bredt fag, som kan give ophav til både kemisk, biologisk og teknisk orienterede opgaver. Der er ikke et krav om at det enkelte projekt skal omfatte alle stofområder i bioteknologi A, men projektet bør have en bioteknologisk dimension. En bioteknologisk opgave kan godt have hovedvægt i det kemiske. På samme måde som en opgave kan have hovedvægt i det biologiske.

Metoder

Metode er den faglige måde, eleven har arbejdet med stoffet på. Forskellige metoder kan give forskellige svar. Det er derfor vigtigt, at eleven kan redegøre for valg af metoder.

På et konkret niveau omfatter fagets metoder blandt andet fagets mange forskellige typer af eksperimentelle metoder og teknikker, arbejde med modeller til beskrivelse og forklaring af iagttagelser og til analyse af bioteknologiske problemstillinger, repræsentationer af fænomener og processer fx brugen af kemis særlige formel- og symbolsprog, procesdiagrammer, flowdiagram, billeder og arbejde med forskellige beregningsmetoder herunder inddragelse af matematik.

Eksperimentelle metoder:

Metoderne i bioteknologi omfatter en lang og varieret række af eksperimentelle metoder og teknikker til:

- analyse, fx titrering, chromatografi, spektrofotometri, separation, ELISA, elektroforese og DNA-sekventering.
- dyrkning eller fremstilling, fx celledyrkning, kloning, transformation.

I studieretningsprojektet kan der således arbejdes med opstilling, afprøvning og vurdering af kemiske, biologiske og matematiske modeller. Der inddrages digitale værktøjer eksempelvis til databehandling af de kvantitative aspekter.

Bioteknologi A kan, når det indgår i studieretningsprojektet, bidrage med empiri. Enten i form af resultater fra eget eksperimentelt arbejde eller ved kritisk gennemgang af andres eksperimentelle arbejde.

Det er vigtigt, at det empiriske materiale har en kvalitet således, at eleven kan demonstrere empirikompetencen, jf. afsnit 2.1.2 tidligere i vejledningen. I samarbejde med et andet fag kan et empirisk materiale ikke alene være fiktion som eksempelvis en roman eller en novelle.

Hvis eleven har udført eget individuelt eksperimentelt arbejde, skal de centrale resultater præsenteres i selve opgaven, mens supplerende resultater og anvendte materialer kan fremgå af bilag. Bemærk dog

som beskrevet nedenfor under studieretningsprojektets skriftlige produkt, er bilag uden for bedømmelse. Eksempelvis har eleven foretaget en række målinger. Punkterne der ligger til grund for denne graf fremgår af et bilag, mens den grafiske afbildning er placeret inden for de 15-20 sider i studieretningsprojektets skriftlige produkt. Dokumentationen bør have et omfang således, at der i det skriftlige produkt er en rød tråd, og at det er muligt at følge fremkomst af resultater og beregninger.

Det er ikke et formelt krav, at der skal indgå eksperimentelt arbejde i studieretningsprojektet, selvom om der er en lang tradition for dette. Det er op til det konkrete projekt, om der skal udføres eksperimentelt arbejde i forbindelse med projektet eller ej. Fordele ved at inddrage eksperimentelt arbejde kan være, at det fx vil give eleven gode muligheder for at demonstrere selvstændighed og vise sit faglige niveau i bioteknologi inklusiv at kunne analysere og vurdere data. Derudover kan man relativt nemt variere opgaver til elever, der har samme emneområde.

Hvis det er praktisk muligt, kan det eksperimentelle arbejde helt eller delvist afvikles på en videregående uddannelsesinstitution eller en virksomhed.

Studieretningsprojektets skriftlige produkt

"Forside, indholdsfortegnelse, noter, litteraturliste, figurer, tabeller og lignende materialer medregnes ikke i omfanget. Eventuelle bilag betragtes ikke som en del af den skriftlige opgave" jf. Læreplan Studieretningsprojektet. Derfor placeres figurer i det skriftlige produkt der, hvor det er hensigtsmæssigt, som en del af teksten. Elever kan have en tendens til at placere figurer, tabeller og lignende materiale i bilag for ikke at overskride de 15-20 sider. Det ville i så fald være uden for bedømmelse. Figurer, tabeller og lignende materiale inkluderer også elevernes egne grafer og datatabeller. *"Ved studieretningsprojekter, hvor den skriftlige besvarelse indeholder større mængder symbolsprog, kan disse dele af besvarelsen opgøres ud fra deres omfang på givne sider uden at tælle antal enheder"*, jf. Læreplan Studieretningsprojektet. Dvs. "en-side-er-en-side" på disse sider.

Bedømmelsen til den mundtlige prøve afhænger i høj grad af eksaminandens evne til både skriftligt og mundtligt at vise både faglig og flerfaglig tyngde og demonstrere opfyldelse af de faglige mål for studieretningsprojektet.

4 Evaluering

4.1 Løbende evaluering

Formålet med den løbende evaluering er dels at give den enkelte elev mulighed for at vurdere sit eget faglige niveau, for derigennem at tilpasse sin indsats, og dels at justere undervisningens form og indhold.

Evaluering af undervisningen tilpasses den enkelte skoles evalueringsplan.

Ved afslutning af temaer kan der samles op på temaets indhold ved at opdatere studieplanen og lave mindre prøver i faglig viden og begreber, f. eks som multiple choice-tests eller elektroniske quizzer. I forhold til fx analyse og evne til at udvælge relevant stof til dette, kan udvalgte dele af prøveopgaver fra skriftlige prøver benyttes.

Ved lærer/elev-samtaler kan der afdækkes forhold af betydning for den enkelte elevs udbytte af undervisningen, som ikke kan synliggøres på anden vis. Eleverne bør tidligt i undervisningen præsenteres for, hvilke krav der vil blive stillet til dem ved den afsluttende mundtlige prøve. Senere kan der løbende trænes ved arbejde med prøveopgaver, fx ved at eleverne udarbejder en disposition som forberedelse til eksamination i en prøveopgave eller ved, at der gennemføres en prøve under prøvelignende forhold i klassen.

Ifølge gymnasielovens §28 stk. 4 skal eleverne i studieretninger med bioteknologi A til mindst en årsprøve i (blandt andet) bioteknologi med henblik på, at eleverne får træning i de forskellige prøveformer, der indgår i uddannelsen. Der afholdes derfor mindst en skriftlig eller en mundtlig årsprøve ved afslutningen af 1.g eller 2.g.
En skriftlig årsprøve ligner i form og indhold den afsluttende skriftlige prøve i bioteknologi A.
En mundtlig årsprøve skal, som den afsluttende prøve, har både eksperimentelle og teoretiske elementer og skal være egnet til at bedømme hver elev individuelt

4.2 Prøveform

I forbindelse med den mundtlige og skriftlige prøve er det vigtigt både at være orienteret i de generelle bestemmelser for afholdelse af prøver og de specifikke for det enkelte fag. De generelle bestemmelser findes beskrevet i eksamensbekendtgørelsen og karakterbekendtgørelsen, og de specifikke bestemmelser i læreplanen for bioteknologi A, stx.

Regler vedrørende eksaminandernes brug af internettet for at tilgå tilladte hjælpemidler ved prøverne fremgår af § 6 i Bekendtgørelse om visse regler om prøver og eksamen i de gymnasiale uddannelser. I vejledningen til denne bekendtgørelse er der givet eksempler på, hvilke hjælpemidler der må, og hvilke der ikke må tilgås via internettet.

4.2.1 Skriftlig prøve

Den skriftlige prøves varighed er 5 timer. Opgavesættet udarbejdes centralt, og der stilles opgaver inden for kernestoffet. De skriftlige opgavesæt består normalt af fire opgaver, hvoraf de to første er obligatoriske, mens der er valgfrihed mellem de to sidste. Hvis en eksaminand afleverer begge de to valgfrie opgaver, er det kun den først forekommende, som indgår i bedømmelsen. Der tages udgangspunkt i, at eleverne har matematik på A-niveau i studieretningen, samt kan benytte fagspecifikke digitale værktøjer og matematikprogrammer til løsning af opgaverne. Tidligere opgavesæt kan give inspiration

til forberedelsen af eleverne til den skriftlige prøve. I de skriftlige prøvers evalueringsrapporter kan findes gode råd til forventninger til elevernes besvarelser. Se i øvrigt Lærerens hæfte, som er en vejledning til den skriftlige prøve. Lærerens hæfte kan findes på UVM.dk samme sted som læreplan. Links til materiale til brug for forberedelse af den skriftlige prøve kan findes i afsnittet Nyttige links.

4.2.2 Mundtlig prøve

En prøveopgave "*tager udgangspunkt i en problemstilling, som har sammenhæng med et eller flere af undervisningens temaer*". Problemstillingen kan angives overordnet i opgavens overskrift eller i den korte præciserende tekst. Den korte præciserende tekst angiver, hvad eleven skal gøre, og kan omfatte en kort liste med stikord, som viser fagligt indhold, der skal indgå. Det er vigtigt, at dele af opgaven giver eksaminanden mulighed for selv at udvælge faglig viden og metoder, som er relevant for at behandle bilagsmaterialet og opgavens problemstilling. Bilagsmaterialet skal således *"kunne danne basis for faglig uddybning og perspektivering ved inddragelse af faglige metoder, kernestof og supplerende stof"*.

Opgaven *"inddrager eksperimentelt arbejde eller andet empiribaseret arbejde fra undervisningen"*. Opgaven kan angive bestemte eksperimenter, som skal inddrages, eller den kan angive, at der skal inddrages relevante eksperimentelt arbejde efter eksaminandens valg. Andet empiribaseret arbejde kan fx være elevens arbejde med databaser og lignende., se 3.2. arbejdsformer.

I bioteknologi A indeholder opgaverne *"bilag i form af en artikel eller en case, som ikke er behandlet i undervisningen, og supplerende materiale i form af figurer, forsøgsdata og lignende"*. Artiklen eller casen skal have et omfang og sværhedsgrad, så eksaminanden kan behandle den i forberedelsestiden. Artiklen må ikke være på fremmedsprog. De øvrige bilag kan fx anvendes til faglig uddybning af kernestof, metoder eller lignende, som er relevant for artiklen eller casen, eller de supplerer artiklen eller casen med datamateriale eller materiale til perspektivering. Det er ikke hensigtsmæssigt at vedlægge regneopgaver og lignende som bilag, da det skal fremgå af opgaveteksten, hvad eksaminanden skal gøre. Eksaminanden kan herudover inddrage fx eksperimentelle resultater fra undervisningen. Der eksamineres dog ikke i elevens dokumentation af det eksperimentelle arbejde, men i forståelsen af det eksperimentelle arbejde. Eksempler på prøveopgaver kan ses på EMU.dk under faget.

Opgaverne uden bilag er kendte af eksaminanden inden prøven. De kan derfor angive retning og rammer for eksamenslæsningen, men eksaminanderne skal være opmærksomme på, at det er opgavens bilag, der danner *udgangspunkt* for eksaminandens fremlæggelse, og at samtalen ved prøven kan inddrage andet relevant indhold fra undervisningen. Det kan derfor ikke anbefales, at eksaminanderne på forhånd udarbejder præsentationer af teori og lignende, som de tænker at fremlægge til prøven.

Prøvegrundlaget er beskrevet i holdets undervisningsbeskrivelse. Undervisningsbeskrivelsen dokumenterer, at undervisningen har været tilrettelagt i overensstemmelse med læreplanen. Undervisningsbeskrivelsens hovedformål er at sikre, at eleverne har den nødvendige information vedrørende eksamen, og at censor kan forberede sig til at varetage sit hverv som censor. Med henblik herpå udfyldes en undervisningsbeskrivelse, hvis hovedformål er at beskrive de temaer, som det samlede undervisningsforløb har været organiseret i. Der er ikke centralt fastlagte formkrav til undervisningsbeskrivelser. Det er således muligt at anvende de forskellige studieadministrative systemer til at udfærdige undervisningsbeskrivelser, eller der kan anvendes lokalt udformede skabeloner. Styrelsen for Undervisning og Kvalitet har udarbejdet en skabelon, som eventuelt kan anvendes. Det er vigtigt, at det fremgår hvad der er arbejdet med i hvert forløb. Det indebærer, at det tydeligt fremgår hvilke materialer, eksperimenter og hvilket tematisk fokus, der er i hvert forløb. Beskrivelsen kan med fordel være kort, men skal kunne sætte en udenforstående ind i det overordnede indholdsmæssige og tematiske fokus i de enkelte forløb. Vejledningen til undervisningsbeskrivelser kan findes her.. Samlet skal prøveopgaverne dække det, som der har været undervist i: "*Opgaverne … skal tilsammen i al væsentlighed dække faglige mål, kernestoffet og supplerende stof*." Derfor skal man også være påpasselig med at lave meget få prøveopgaver til små hold, da det vil betyde, at den enkelte prøveopgave ofte bliver for bred. Man bør endvidere have en fornuftig spredning i prøveopgaverne, således at faglige områder hverken bliver for kraftigt

over- eller underrepræsenteret i det samlede sæt af prøveopgaver. Dog under hensyntagen til den gennemførte undervisning.

Der skal være så mange opgaver, at den sidste eksaminand har **mindst** fire opgaver at vælge imellem. Opgaverne fordeles ved lodtrækning, og alle trækningsmuligheder skal fremlægges ved prøvens start (se eventuel eksamensbekendtgørelsen). Det betyder, at hvis prøven fx strækker sig over to dage, må prøveopgaver, der har været benyttet på første dag, ikke lægges tilbage i bunken af opgaver, der kan trækkes på anden prøvedag.

Opgaverne og bilagsmaterialet sendes til censor mindst fem hverdage før prøvens afholdelse, medmindre særlige forhold er til hinder herfor. Det kan betyde, at udsendelsen må foretages, før eksamensplanen er offentliggjort. Det er god praksis, allerede ved eksamensplanens offentliggørelse at kontakte censor for at aftale nærmere om udveksling af opgaver mv., samt at sende opgaverne til censor i så god tid som muligt, således at censor har en reel mulighed for at gennemse opgaverne inden offentliggørelsen. Endvidere bør censor også give en tilbagemelding til eksaminator så hurtigt som muligt, således at offentliggørelsen til elever kan foregå på en måde, der giver eleverne mulighed for at benytte opgaverne i deres forberedelser. Censor skal ikke godkende prøveopgaverne, men censor kan henstille til eksaminator, at opgaver udelades, ændres eller tilføjes, hvis der efter censors vurdering er mangler ved den enkelte opgave eller det samlede sæt af opgaver. Det anbefales at tage en konstruktiv dialog om opgaverne. Såfremt der fortsat er uenighed mellem censor og eksaminator henvises til bestemmelserne i eksamensbekendtgørelsen (censor kan eksempelvis udarbejde en censorindberetning via formular på uvm.dk. Eksaminanderne skal inden prøven kende opgaver *uden* bilagsmaterialet. Kendskab til prøveopgaverne på forhånd er et "tilbud" til eksaminanderne i deres forberedelse til prøven, men den egentlige forberedelsestid er den, som fremgår af læreplanen. Derfor skal man ikke gøre de mundtlige prøveopgaver mere omfattende, bare fordi de er kendte på forhånd. Der aftales en procedure med eksaminanderne om, hvordan offentliggørelsen skal foregå. Udleveres opgaveskitser (uden bilag) til eksaminanderne inden censor har haft disse til gennemsyn, må det understreges over for eksaminanderne, at censors kommentarer kan føre til ændringer i de endelige prøveopgaver.

Der er i læreplanen i bioteknologi ikke stillet specielle krav til hjælpemidler ved de mundtlige prøver, og derfor er brugen af hjælpemidler til den mundtlige prøve reguleret af bestemmelserne i eksamensbekendtgørelsen samt i Bekendtgørelse om visse regler om prøver og eksamen i de gymnasiale uddannelser.

"Eksaminationen indledes med eksaminandens fremlæggelse med udgangspunkt i bilagsmaterialet", men herefter må eksaminationen ikke have form af en enetale fra eksaminandens side. Eksaminator skal sørge for et stykke inde i eksaminationen, senest efter 10 minutter, at inddrage eksaminanden i en egentlig faglig samtale, men det må ikke medføre, at eksaminanden forhindres i en selvstændig præstation. Samtalen inddrager "*øvrige relevante dele af kernestof og supplerende stof*", og skal sikre, at eksaminanden får lejlighed til at vise hele sin viden og forståelse, og at eventuelle mangler i viden og forståelse afdækkes, således at der dannes et sikkert og nuanceret grundlag for bedømmelsen af præstationen. Dette gælder uanset eksaminandens faglige niveau.

4.3 Bedømmelseskriterier

Bedømmelseskriterierne (jf. læreplanen afsnit 4.3) beskriver de relevante faglige mål, som kan indgå i en skriftlig henholdsvis mundtlig prøve i faget. Ved bedømmelse af eksaminandens samlede præstation må bedømmelseskriterierne og den enkelte eksaminands færdigheder afvejes for at nå frem til helhedsvurderingen.

4.3.1 Den skriftlige prøve

Bedømmelsen af en skriftlig opgavebesvarelse er en helhedsbedømmelse på baggrund af de faglige mål og bedømmelseskriterierne, og der gives én karakter. Den bygger altså ikke alene på en opgørelse af korrekte henholdsvis fejlagtige svar på de enkelte stillede opgaver.

Ved bedømmelsen lægges der vægt på, at eksaminanden er i stand til at vise overblik og inddrage og anvende relevant kernestof og relevante metoder i besvarelsen af de givne problemstillinger. Der lægges vægt på at tankegangen fremstår klart ved "*sammenhængende faglige forklaringer*", anvendelse af fagbegreber, fagsprog, grafer, figurer, modeller, beregninger, digitale værktøjer og forklarende tekst. For de enkelte opgaver er det således ikke tilstrækkeligt, hvis den nok indeholder det korrekte resultat, men ikke indeholder dokumentation eller begrundelser i tilstrækkeligt omfang.

Ved brug af digitale værktøjer, herunder matematiske, skal dokumentationen også være af en sådan karakter, at eksaminandens tankegang er forståelig uden specifikt kendskab til disse digitale værktøjer. Det er fx vigtigt, at opskrivning af kemiske formler, symboler og enheder følger fagets definitioner og ikke blot de digitale værktøjers umiddelbare brug af symboler m.m. Ved navngivning af kemiske forbindelser lægges primært systematisk navngivning til grund for bedømmelsen. Eksaminandens talforståelse i form af brug af betydende cifre og enheder indgår også i bedømmelsen.

Opgaveløsning kræver ofte antagelser, som forenkler en problemstilling. Nogle gange er disse antagelser anført i opgaveteksten, men i andre tilfælde kan det være en del af opgaven at vælge en rimelig model for den givne problemstilling, og der tages i bedømmelsen hensyn til, i hvilket omfang den valgte model diskuteres og dokumenteres.

4.3.2 Den mundtlige prøve

Opgaverne tildeles ved lodtrækning. Det kan derfor ikke forventes, at den enkelte prøveopgave ved den mundtlige prøve lægger op til en ligelig inddragelse af alle de faglige mål og bedømmelseskriterierne, og ligeledes kan det heller ikke forventes, at den enkelte eksaminands præstation vil berøre alle faglige mål med lige vægt.

Ved den mundtlige prøve lægges vægt på eksaminandens evne til at anvende relevant faglig viden, fagbegreber og fagsprog til "*beskrivelse, forklaring og analyse af bilagsmaterialets problemstilling*".

Ved helhedsvurderingen lægges vægt på "*analyse* af data, *sammenhængende faglige forklaringer og argumentation*" og på "*perspektivering*". Eksaminandens samlede overblik og indsigt har større vægt end detaljen. Det er vigtigt at hæfte sig ved det, eksaminanden kan og ikke udelukkende være fokuseret på "fejl og mangler". Det er vigtigt at kunne skelne mellem en overfladisk og en mere dybtgående besvarelse af prøveopgaven og kunne skelne mellem sjuskefejl, som jo bl.a. kan skyldes prøvesituationen, og egentlige forståelsesfejl. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på det positive og ikke trække systematisk ned, hver gang der forekommer en fejl.

Der gælder, at oplæsning fra notater, bøger, powerpoint og lignende ikke tæller positivt i bedømmelsen, mens det vil være i orden at inddrage relevante grafer, figurer og tabeller fra rapporter eller andet materiale til at uddybe bilagsmaterialet.

Hvis bioteknologi A, stx indgår i et studieretningsprojekt kan bedømmelseskriterierne for samspil mellem fagene, jf. læreplanen afsnit 3.4, inddrages i den samlede bedømmelse.

4.3.3 Oversigt over karakterskalaen

Karakter	Betegnelse	Beskrivelse
12	Fremragende	Karakteren 12 gives for den fremragende præstation, der demonstrerer udtømmende opfyldelse af fagets mål, med ingen eller få uvæsentlige mangler.
7	God	Karakteren 7 gives for den gode præstation, der demonstrerer opfyldelse af fagets mål, med en del mangler.
02	Tilstrækkelig	Karakteren 02 gives for den tilstrækkelige præstation, der demonstrerer den minimalt acceptable grad af opfyldelse af fagets mål.

4.3.4 Eksempel på karakterbeskrivelser for skriftlig og mundtlig prøve

Karakter	Betegnelse	Skriftlig prøve	Mundtlig prøve
12	Fremragende	Eksaminanden demonstrerer fagligt overblik ved inddragelse af relevant kernestof og relevante metoder i besvarelsen af de givne problemstillinger. Besvarelsen er struktureret og præcis med sammenhængende forklaringer og argumentation. Tankegangen fremstår klart ved anvendelsen af fagsprog, grafer, figurer, modeller, beregninger, digitale værktøjer og forklarende tekst. Eksaminanden kan med uvæsentlige mangler gennemføre kvalitative og kvantitative analyser af givne problemstillinger, og demonstrerer metodisk overblik ved analyse og vurdering af eksperimentelt arbejde og data. Eksaminanden inddrager relevant faglig viden ved diskussion af bioteknologiske metoder, anvendelser og problemstillinger.	Eksaminandens fremlæggelse er velstruktureret og formidles med sikker anvendelse af fagsprog. Eksaminanden inddrager kvalificeret relevante faglige elementer herunder metoder og resultater fra eksperimentelt eller andet empiribaseret arbejde i den aktuelle problemstilling. Eksaminanden tolker og analyserer sikkert data, så stort set alle væsentlige aspekter inddrages. I den faglige samtale demonstrerer eksaminanden omfattende kendskab til fagets viden, begreber og metoder. Eksaminanden kan perspektivere sin faglige viden og i høj grad forholde sig til relevante bioteknologiske problemstillinger med faglig indsigt.

Karakter	Betegnelse	Skriftlig prøve	Mundtlig prøve
7	God	Eksaminanden inddrager med en del mangler relevant kernestof og relevante metoder i besvarelsen af de givne problemstillinger. Besvarelsen er sammenhængende, men med mangler i præcision. Tankegangen fremstår nogenlunde klar ved anvendelsen af fagsprog, grafer, figurer, modeller, beregninger, digitale værktøjer og forklarende tekst. Eksaminanden kan med en del mangler gennemføre kvalitative og kvantitative analyser af givne problemstillinger, demonstrerer en vis grad af metodisk forståelse og kan med en del mangler gennemføre analyse og vurdering af eksperimentelt arbejde og data. Eksaminanden inddrager med en del mangler relevant faglig viden ved diskussion af bioteknologiske metoder, anvendelser og problemstillinger.	Eksaminandens fremlæggelse er sammenhængende og formidles med anvendelse af fagsprog. Eksaminanden inddrager i rimelig grad relevante faglige elementer herunder metoder og resultater fra eksperimentelt eller andet empiribaseret arbejde i den aktuelle problemstilling. Eksaminanden tolker og analyserer i rimelig grad data men mangler forekommer. I den faglige samtale demonstrerer eksaminanden godt kendskab til fagets begreber og metoder. Eksaminanden perspektiverer i rimelig grad sin bioteknologiske viden og forholder sig til bioteknologisk problemstillinger.
02	Tilstrækkelig	Eksaminanden inddrager kun i et minimalt acceptabelt omfang relevant kernestof og relevante metoder i besvarelsen af de givne problemstillinger. Besvarelsen er usammenhængende. Tankegangen fremstår uklar og upræcis ved anvendelsen af fagsprog, grafer, figurer, modeller, beregninger, digitale værktøjer og forklarende tekst. Eksaminanden kan kun i et minimalt omfang gennemføre kvalitative og kvantitative analyser af givne problemstillinger, og kan kun med væsentlige mangler benytte metoder til analyse og vurdering af eksperimentelt arbejde og data. Eksaminanden kan kun i meget begrænset omfang og med væsentlige mangler inddrage relevant faglig viden ved diskussion af bioteknologiske metoder, anvendelser og problemstillinger.	Eksaminandens fremlæggelse er noget usammenhængende og formidles med usikker anvendelse af fagsprog. Eksaminanden inddrager i mindre grad relevante faglige elementer herunder metoder og resultater fra eksperimentelt eller andet empiribaseret arbejde i den aktuelle problemstilling og adskillige væsentlige mangler forekommer. Eksaminandens tolkning og analyse af data er usikker og mangler præcision. I den faglige samtale viser eksaminandens kendskab til fagets begreber og metoder væsentlige mangler. Eksaminanden kan kun i begrænset omfang perspektivere relevante bioteknologiske problemstillinger samt koble til andre fagområder og fag.

4.4 Selvstuderende

Ved en selvstuderende forstås en person, der ikke som elev på et sammenhængende uddannelsesforløb eller som enkeltfagskursist har krav på undervisning, men som har tilmeldt sig prøve i et gymnasialt fag, jf. § 53 i i lov om de gymnasiale uddannelser og § 8 den almene eksamensbekendtgørelse.

Selvstuderende skal tilmeldes og "*have gennemført laboratoriekursus i bioteknologi (stx)*", medmindre den selvstuderende tidligere har gennemført "*eksperimentelt arbejde i et omfang svarende til niveauets eksperimentelle arbejde fra tidligere undervisning i bioteknologi A (stx)*", samt kan dokumentere det tidligere gennemførte arbejde. Det er skolens ledelse, der afgør om dokumentationen udgør "*et tilstrækkeligt grundlag for den selvstuderendes prøve*".

5 Nyttige links

5.1 Nyttige links

- Børne- og Undervisningsministeriets hjemmeside: www.uvm.dk

5.2 Lovstof

- Læreplaner på uvm.dk
- Faglige kompetencer – se vejledning om undervisningskompetence i de nye gymnasiale fag på uvm.dk
- Lov om de gymnasiale uddannelser (LOV nr 1716 af 27/12/2016) på retsinformation.dk
- Bekendtgørelse om de gymnasiale uddannelser (BEK nr 497 af 18/05/2017) på retsinformation.dk
- Eksamensbekendtgørelsen (BEK nr 343 af 08/04/2016) på retsinformation.dk
- Bekendtgørelse om visse regler om prøver og eksamen i de gymnasiale uddannelser (BEK nr 1276 af 27/11/2017) på retsinformation.dk
- Bekendtgørelse om adgang til at medbringe og anvende udstyr, herunder digitale hjælpemidler, under prøver i de gymnasiale uddannelser (BEK nr 224 af 19/03/2018) på retsinformation.dk
- Bekendtgørelser og orientering relevant i forbindelse med prøver og eksamen på uvm.dk
- Karakterbekendtgørelsen (BEK nr 262 af 20/03/2007) på retsinformation.dk

5.3 Skriftlige prøver bioteknologi A

- Lærerens hæfte (under bioteknologi) på uvm.dk
- prøvebanken.dk (skriftlige prøve- og eksamensopgaver fra 2010 og frem)
- Evaluering af skriftlige prøver (fra 2020 og frem)

5.4 Vejledende materialer til læreplanen m.m.

- EMU sider på emu.dk
- FIP materialer på googlesites.com
- Vejledning til studieplan og undervisningsbeskrivelse – skabelon
- Censorindberetning

5.5 IUPAC

- Kemisk forenings nomenklaturudvalgs hjemmeside
- Dansk oversættelse af uorganisk-kemisk nomenklatur, IUPAC i 2015 på kemisknomenklatur.dk
- Dansk oversættelse af organisk-kemisk nomenklatur, IUPAC i 2020 på kemisknomenklatur.dk
- Kemisk forenings nomenklaturudvalgs hjemmeside, blog

5.6 Arbejdsmiljø og kemikalier

- Arbejdstilsynet.dk På arbejdstilsynets hjemmeside især
  - At-meddelelse nr. 4.01.9 Elevers praktiske øvelser på de gymnasiale uddannelser, 2019
  - At-vejledning C.0.1 Grænseværdier for stoffer og materialer, 2007
  - At-vejledning C.1.3 Arbejde med stoffer og materialer, opdateret 2020

    - Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftrisikoen ved arbejde med stoffer og materialer, Arbejdstilsynets bekendtgørelse, 2015
    - At-vejledning C.0.14
- Dansk Center for Undervisningsmiljø: Pjece om Arbejdsmiljølovens udvidede område (december 2016), ungdomsuddannelser på dcum.dk
- Når klokken ringer (Branchearbejdsmiljørådet, vejledning til grundskolen og det almene gymnasium) på arbejdsmiljøweb.dk
- Miljøstyrelsen.dk. Om klassificering, mærkning, liste over uønskede stoffer m.m.
- Kemikaliedatabasen til gymnasier
- Giftlinjen: Hjemmeside og landsdækkende telefonrådgivning med råd og hjælp i tilfælde af forgiftning på bispebjerghospital.dk

BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET