

Bioteknologi A

Vejledning/Råd og vink

Februar 2011

Skoler med htx og stx kan som forsøg udbyde en studieretning, der omfatter bioteknologi A. Forsøget kan gennemføres med optagelse af elever i skoleårene 2008/09, 2009/10, 2010/11, 2011/12 og 2012/13. Skoler, der ønsker at deltage i forsøget, skal meddele dette til Undervisningsministeriet. Skolerne vil efter optagelse af eleverne i studieretningen blive bedt om en række oplysninger, der skal indgå i evalueringen af forsøget.

I stx skal bioteknologi A indgå i en studieretning, der også omfatter matematik A og fysik B. I htx er kravet alene, at studieretningen også omfatter matematik A, idet fysik B er obligatorisk i htx.

Bioteknologi A ækvivalerer både biologi og kemi på B-niveau i forbindelse med adgangskrav til videregående uddannelser.

Forsøgslæreplanen er udformet, så den omfatter 400 timers undervisning, og så den inkluderer biologi og kemi på C-niveau. Eleverne skal således ikke afslutte disse fag særskilt og skal derfor ikke have afsluttende standpunktskarakterer (årskarakterer) i disse fag. I htx skal kemi B heller ikke afsluttes.

Til forsøgslæreplanen er udarbejdet denne korte vejledning. Vejledningen indeholder uddybende og forklarende kommentarer til forsøgslæreplanens enkelte punkter, men indfører ikke nye bindende krav til undervisningen. Derudover indeholder vejledningen en række råd og vink, der kan tjene som inspiration.

I resten af vejledningen benyttes ordet læreplan i stedet for forsøgslæreplan. Citater fra læreplanen er anført i kursiv.

1. Identitet og formål

I afsnittene om identitet og formål beskrives genstandsfeltet for bioteknologi A og fagets formål set i relation til uddannelsernes overordnede målsætning.

1.1 Identitet

Bioteknologi er teknologisk udnyttelse af biologiske systemer til forskning, analyse, produktion og sygdomsbehandling. Bioteknologi tager udgangspunkt i biologi og kemi og integrerer viden og metoder fra begge fag. Der arbejdes teoretisk og praktisk med bioteknologi i relation til både lokale og globale forhold.

I moderne naturvidenskab, de tekniske videnskaber og sundhedsvidenskab spiller bioteknologi en stadig vigtigere rolle inden for væsentlige områder som sundhed og sygdom, fødevareteknologi, forædling, biologisk og kemisk produktion på et bæredygtigt grundlag.

Anvendelse af bioteknologiske metoder bidrager til forståelse af mennesket som biologisk organisme i det moderne samfund og giver faglig baggrund for udvikling af ansvarlighed, stillingtagen og handling i forhold til bioteknologiske emner.

1.2 Formål

Bioteknologi bidrager til uddannelsens overordnede formål ved, at eleverne opnår viden om og indsigt i metoder, begreber og lovmæssigheder inden for biologi, kemi, biokemi og bioteknologi. Faget giver grundlag for at forstå og vurdere bioteknologiens betydning for den teknologiske udvikling, det enkelte menneske og samfundet.

Faget bidrager til at give eleverne forudsætninger for ansvarlig og kritisk stillingtagen til anvendelse og udvikling af bioteknologi.

Elevernes studiekompetencer udvikles gennem arbejdet med faget såvel teoretisk som eksperimentelt. Eleverne opnår viden og kompetencer, som kan danne grundlag for videre uddannelse især inden for naturvidenskabelige, sundhedsvidenskabelige og tekniske uddannelser.

2. Faglige mål og fagligt indhold

De faglige mål for faget angiver, hvad eleverne skal kunne – elevernes kompetencer - ved undervisningens afslutning. Kompetencerne opnås gennem arbejde med kernestof, supplerende stof, varierede arbejdsformer og samspil med andre fag. Det er derfor vigtigt, at disse forhold sammentænkes ved tilrettelæggelsen af undervisningen.

2.1 Faglige mål

Eleverne skal kunne

- formulere og analysere bioteknologiske problemstillinger under anvendelse af fagsprog, symboler og nomenklatur*
- beskrive cellers opbygning og redegøre for sammenhæng mellem struktur, egenskaber og funktion*
- beskrive stoffers opbygning og redegøre for sammenhæng mellem struktur, egenskaber og funktion*
- relatere observationer, model- og symbolfremstillinger til hinanden*
- opskrive og afstemme kemiske reaktionsskemaer*
- foretage kvantitative beregninger*
- tilrettelægge og gennemføre kvantitative og kvalitative eksperimenter og undersøgelser*
- foretage risiko- og sikkerhedsvurderinger i forhold til anvendt apparatur, kemikalier og biologisk materiale*
- opsamle, efterbehandle og vurdere resultater fra eksperimenter og undersøgelser under hensyntagen til fejlkilder, usikkerhed og biologisk variation*
- dokumentere og formidle eksperimenter og undersøgelser både mundtligt og skriftligt*
- indsamle, vurdere og anvende information fra kilder, der omhandler biologiske, kemiske og bioteknologiske emner og problemstillinger*
- demonstrere viden om fagets identitet og metoder*

- *analysere, vurdere og perspektivere bioteknologiske metoder inden for udvalgte områder som sundhed og sygdom, fødevareteknologi, forædling, biologisk og kemisk produktion på et bæredygtigt grundlag*
- *vurdere, hvordan konkret anvendelse af bioteknologi kan påvirke samspillet mellem levende organismer og deres omgivelser*
- *analysere og diskutere bioteknologiske problemstillinger i et samfundsmæssigt, miljømæssigt og etisk perspektiv.*

2.2 Kernestof

De enkelte pinde i kernestoffet er ikke udtryk for forskellige faglige discipliner. Der vil være mange muligheder for at kombinere indholdet i flere af kernestoffets pinde. Ofte kan det være hensigtsmæssigt at udvælge det supplerende stof som det samlede udgangspunkt for et tematisk forløb.

I det følgende uddybes kernestoffet i forhold til den skriftlige prøve i faget. Der er ikke tale om en fyldestgørende beskrivelse af prøvernes indhold, men en konkretisering af områder, hvor der kan være tvivl om niveau og indhold.

Uddybningen tjener som en afklaring af kernestoffet i forhold til de første årgange i forsøgsperioden, og den vil blive revideret.

I de skriftlige prøvesæt anvendes typeordlisten for bioteknologi.

Kernestoffet bygger overordnet på sammenhæng mellem struktur og funktion på alle organisationsniveauer og på levende organismers dynamiske opretholdelse af ligevægt.

Kernestoffet bygger på grundlæggende biologisk viden om cellens opbygning og funktion, kemisk viden om stoffers struktur og egenskaber i relation til biologiske systemer og bioteknologiske metoder, der blandt andet kan anvendes inden for områder som sundhed, medicin, fødevarerproduktion, miljøbeskyttelse og produktion.

De naturvidenskabelige metoder med vægt på bioteknologi er en væsentlig og integreret del af kernestoffet.

Kernestoffet er:

virus og pro- og eukaryote cellers opbygning, funktion og vækst

biologisk og kemisk fagsprog, herunder kemiske symboler, nomenklatur og reaktionsskemaer

stoffers opbygning og egenskaber i relation til bindingstyper, tilstandsformer, opløselighed og isomeri, herunder stereoisomeri for organiske forbindelser

Strukturformler tegnes både med og uden angivelse af H- og C-atomer.

kemiske reaktionstyper, herunder syre- og basereaktioner, redoxreaktioner og organiske reaktionstyper af betydning for de enkelte stofklasser

kemiske mængdeberegninger, herunder kvantitativ analyse, kemiske ligevægte, puffere og beregning af pH

Eleven forventes at kunne beregne reaktionsbrøken størrelse for simple systemer, vurdere ligevægtsforskydning i relation hertil og opstille ligevægtsudtryk for kemiske ligevægte på basis af stofmængdekoncentrationer. Ved heterogene ligevægte vil fokus være på fordelingsligevægte mellem polære og upolære opløsningsmidler.

Eleven forventes at kunne beregne pH i opløsninger af syre eller base ud fra ligevægtsudtrykket ved brug af fx CAS værktøjer. Ved brug af tilnærmede formler til pH-beregninger skal der argumenteres for brug af formlerne.

Eleverne forventes at kunne benytte et Bjerrumdiagram.

udvalgte uorganiske forbindelser og de organiske stofklasser alkoholer, oxoforbindelser, carboxylsyrer, estere og aminosyrer

enzymmer

- opbygning og funktion, herunder de enzymatiske hovedgrupper
- enzymkinetik, herunder reaktionshastighed og aktiveringsenergi

Eleven forventes at kunne genkende elementær Michaelis-Mentenkinetik, kunne skitsere de relevante grafer og bestemme V_{\max} og K_{\max} .

biokemiske forbindelser med særlig vægt på deres struktur og egenskaber

- carbohydrater
- lipider
- proteiner
- DNA og RNA

biokemiske processer

- fotosyntese
- aerobe og anaerobe stofomsætninger
- carbohydraternes intermediaære stofskifte

Eleven forventes at kende til fotosyntesens opdeling i lys- og mørkeprocesser.

Der skelnes mellem respirationsprocesser, hvor der indgår en ekstern elektronacceptor i reaktionen og gæringsprocesser hvor dette ikke er tilfældet.

Eleven forventes at kunne karakterisere forelagte delreaktioner i glycolysen og sætte dem ind i en sammenhæng. De skal have et overordnet kendskab til citratcyklus og elektrontransportkæde.

genetikens molekylære og cellulære grundlag, herunder nedarvningsprincipper, genetisk variation, genregulering og proteinsyntese

Ved opgaver der kræver anvendelse af den genetiske kode, vil nukleotidsekvensen være angivet som en RNA-sekvens.

menneskets fysiologi

- oversigt over menneskets organsystemer
- opbygning og funktion af fordøjelsessystemet
- menneskets forplantning, herunder forplantningsteknologier

udvalgte dele af menneskets fysiologi på cellulært niveau, herunder membrantransport, hormonelle og neurologiske reguleringsystemer

immunsystemet, herunder vaccination, seksuelt overførte sygdomme og epidemier

undersøgelse af et økosystem, herunder organismers tilpasning og samspil, biologisk produktion og biodiversitet

genteknologi, herunder gensplejsning, kloning, genmodificerede organismer og miljøpåvirkning

eksperimentelle arbejdsmetoder der anvendes inden for bioteknologi, herunder celledyrkning, transformation, elektroforese, ELISA, kromatografiske metoder, PCR, separations- og oprensningsmetoder, spektrofotometri og titrering.

Eleven skal kunne skitsere eksperimenter og foreslå relevante metoder til undersøgelse af en eksperimentel problemstilling.

2.3 Supplerende stof

Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Kernestoffet og det supplerende stof udgør tilsammen en helhed. Det supplerende stof omfatter emner eller problemstillinger, som uddyber og perspektiverer kernestoffet. Det supplerende stof vælges inden for områderne sundhed og sygdom, fødevareteknologi, forædling, biologisk og kemisk produktion, miljøbeskyttelse og etik. Det supplerende stof skal omfatte både forsknings- og anvendelsesaspekter.

Der skal inddrages aktuelle eksempler, der belyser bioteknologiens betydning for det enkelte individs stillingtagen til individuelle, lokale og globale sammenhænge.

Det supplerende stof skal give mulighed for samspil med studieretningsfagene.

Dele af det supplerende stof vælges i samarbejde med eleverne.

Ofte kan det være hensigtsmæssigt at udvælge det supplerende stof som det samlende udgangspunkt for et tematisk forløb. De områder, inden for hvilke det supplerende stof vælges, giver mulighed for at arbejde med kernestoffet i en anvendelsessammenhæng, fx i produktion af fødevarer, sygdomsbehandling, forskning. Det supplerende stof kan med fordel vælges, så det i højere grad gør det muligt at tone studieretningens obligatoriske fag, fx dansk, i forhold til studieretningsfagene.

3. Tilrettelæggelse

Undervisningen i faget bioteknologi A tilrettelægges som et samlet forløb, der inkluderer biologi og kemi på C niveau.

Bioteknologi A tager udgangspunkt i biologi og kemi og integrerer viden og metoder fra begge fag. Undervisningen i bioteknologi A kan varetages af én eller to lærere, således at den faglige kompetence i både biologi og kemi er dækket ind.

3.1 Didaktiske principper

Undervisningen er tematisk opbygget. I undervisningen kan faglig viden indlæres systematisk enten som en del af temaundervisningen eller i kortere selvstændige forløb. Dette skal sikre, at der er sammenhæng mellem basal viden og anvendelse af denne i forskellige sammenhænge. Nogle temaer vælges, så de indgår i samspil med andre fag.

Eksperimentelt arbejde, herunder feltarbejde, og teori indgår integreret i undervisningen. Eleverne arbejder med naturvidenskabelig metode med stigende grad af selvstændighed. Det skal tydeliggø-

res for eleverne, at kombination af iagttagelser og teori er et vigtigt element i forbindelse med naturvidenskabeligt arbejde.

Udadrettede aktiviteter, herunder samarbejde med eksterne parter, indgår i undervisningen. Der lægges vægt på at styrke elevernes mundtlige og skriftlige formidlingsevne.

Undervisningen opbygges med tematiske forløb, der kan veksle med undervisning af mere kursuslignende karakter. Dele af indholdet i flere af kernestoffets pinde kan kombineres i de enkelte tematiske forløb, som er en syntese af faglige discipliner fra såvel kemi som biologi. Nogle temaer inddrager herudover discipliner fra studieretningens øvrige fag, fx matematik.

Temaerne bør vælges, så der er progression i såvel det faglige indhold som i de arbejdsformer, der anvendes. Ved systematiske forløb forstås, at stoffet tilrettelægges i en fagligt systematisk sammenhængende struktur, hvilket ofte med fordel kan anvendes ved indførelsen af grundlæggende begreber og metoder.

Det eksperimentelle arbejde omfatter både eksperimentelt arbejde i laboratoriet og undersøgelser i felten. Elevernes eksperimentelle arbejde kan tilrettelægges induktivt, hvor eleverne opstiller generelle teorier ud fra en række eksperimentelle undersøgelser, eller deduktivt, hvor eksperimenterne bruges til at uddybe elevernes forståelse af den bagvedliggende teori. Eksperimenterne kan udvælgges, således at de danner udgangspunkt for et emne, efterviser og/eller uddyber og perspektiverer nogle teoretiske problemstillinger. Ved såvel tilrettelæggelsen af elevernes forberedelse af det eksperimentelle arbejde som ved selve afviklingen af det eksperimentelle arbejde bør variation og progression tilstræbes. Der bør veksles mellem forskellige former for eksperimenter, ligesom der veksles mellem forskellige typer af vejledninger til eksperimenter. I forbindelse med det eksperimentelle arbejde kan der differentieres i den vejledning, eleverne får til eksperimentets udførelse og til efterbehandling.

Den daglige undervisning bør afspejle, at bioteknologi er en del af vores dagligdag og udgør en væsentlig del af den industrielle produktion. Endvidere skal det fremgå, at bioteknologi spiller en central rolle i den teknologiske udvikling og ved løsning af diverse opgaver - fx inden for miljø og energi - i samfundet. Besøg på medicinalvirksomheder, miljøanlæg, forskningsinstitutioner, analyselaboratorier (fx miljø- og levnedsmiddelkontrollen og på sygehuse) samt anvendelse af gæstelærere kan være med til at skabe sammenhæng mellem fagets teori og praktiske anvendelser. Besøg er en integreret del af undervisningen.

Når bioteknologi A indgår i studieretningsprojektet, vil der normalt indgå eksperimentelt arbejde. Hvis det er praktisk muligt, kan det eksperimentelle arbejde helt eller delvist afvikles på en virksomhed eller en videregående uddannelsesinstitution.

3.2 Arbejdsformer

Der veksles mellem forskellige arbejdsformer, som bringer eleverne i en aktiv læringsrolle, og som gradvist øger kravene til elevernes selvstændighed for derigennem at virke studieforbereende for eleverne. Projektorienteret arbejde indgår som en naturlig del af undervisningen, enkeltfagligt eller i samarbejde med andre fag. Der skal være progression i såvel arbejdsformer som i faglige krav.

Eksperimentelt arbejde og teori skal integreres i såvel tematiske som systematiske forløb. Elevernes eksperimentelle arbejde i laboratoriet skal udgøre mindst 20 % af fagets uddannelsestid. Det eksperimentelle arbejde skal tilrettelægges således, at der sker en udvikling fra styrede eksperimenter til eksperimenter med større grad af selvstændighed. Der skal indgå et længerevarende eksperimentelt forløb af mindst 10 timers varighed.

Elevernes fagsprog og mundtlige formidlingsevne udvikles ved at variere forskellige mundtlige formidlingsformer i undervisningsformer, som blandt andet par- og gruppediskussioner, fremlæggelse af gruppearbejde og selvstændige elevoplæg.

Skriftlighed i faget omfatter arbejde med fagets forskellige skriftlige genrer og er en væsentlig del af læreprocessen. Det skriftlige arbejde omfatter bl.a. følgende:

- journaler over eksperimentelt arbejde og feltarbejde*
- rapporter udarbejdet på baggrund af journaler*
- forskellige opgavetyper, bl.a. med henblik på træning af faglige elementer, samspil med andre fag og skriftlig prøve*
- andre produkter som fx præsentationer, posters og projektrapport*

Det skriftlige arbejde i bioteknologi skal give eleverne mulighed for at fordybe sig i bioteknologiske problemstillinger og styrke tilegnelsen af bioteknologisk viden og arbejdsmetoder. Arbejdet med løsning af skriftlige opgaver skal tydeliggøre kravene til elevernes beherskelse af de faglige mål i forbindelse med den skriftlige prøve i bioteknologi. Det skriftlige arbejde tilrettelægges, så der er progression i fagets skriftlighed og sammenhæng til skriftligt arbejde i andre fag i udviklingen af den enkelte elevs skriftlige kompetencer.

I mindst 20 % af fagets uddannelsestid foretager eleverne eksperimentelt arbejde. Det eksperimentelle arbejde kan foregå i laboratoriet, i felten, på en virksomhed eller på en videregående uddannelsesinstitution. Elevernes forberedelse til og efterbehandling af det eksperimentelle arbejde ligger ud over de 20 % af fagets uddannelsestid.

Det længerevarende eksperimentelle forløb kan enten være et større eksperiment eller en række mindre eksperimenter, der udgør en sammenhæng. Når eleverne arbejder med et større sammenhængende forløb, kan de med fordel formulere delspørgsmål og fremlægge delresultater for hinanden.

Risiko- og sikkerhedsforhold

Forud for det eksperimentelle arbejde bør læreren sammen med eleverne overveje og vurdere mulige risikomomenter. Der skal foretages de fornødne sikkerhedsforanstaltninger i forbindelse med arbejdet med apparatur, kemikalier og biologiske materialer. Bortskaffelse af affald fra det eksperimentelle arbejde skal ske efter gældende regler, og sikkerhedsovervejelserne skal omfatte såvel beskyttelse af personer som af det omgivende miljø. Det skal sikres, at eleverne opnår rutine i god laboratoriepraksis, samt at arbejdet foregår under tilstrækkelig instruktion.

Ved eksperimentel undervisning i bioteknologi A vil der altid være risiko for ulykker, og der er derfor en række regler, som skal minimere risikoen for, at elever og lærere kommer til skade under arbejdet. Den bedste sikring mod skader og ulykker er, at lærerne ved hvilke risici, der kan være

forbundet med det eksperimentelle arbejde samt at de har overblik over hvilke sikkerhedsforanstaltninger, der kan tages i den konkrete situation.

Udførelse af genteknologiske forsøg i undervisningen i ikke-klassificerede laboratorier kræver særlig tilladelse fra Arbejdstilsynet. Der er udarbejdet en aftale mellem Arbejdstilsynet og Undervisningsministeriet i henhold til den nugældende Bekendtgørelse om genteknologi og arbejdsmiljø, bek. nr. 910 af 11. september 2008 om retningslinjer for udførelse af godkendte forsøg med genteknologi i biologi, bioteknologi A, teknikfag og teknologi A på det almene gymnasium (stx), højere tekniske gymnasium (htx) og højere forberedelseseksamen (hf) og vedrører nærmere beskrevne genteknologiske forsøg, som gennemføres i ikke-klassificerede laboratorier. I aftalen indgår, at undervisningen skal varetages af en gymnasielærer med uddannelsesmæssig baggrund mindst svarende til faglige mindstekrav i biologi og som har gennemgået en af Arbejdstilsynet godkendt efteruddannelse i eksperimentel genteknologi.

Aftalen med Arbejdstilsynet omfatter en beskrivelse af alle de tilladte forsøg samt en nøje beskrivelse af de sikkerhedsforanstaltninger, som skal foretages i forbindelse med forsøgene. I aftalen indgår desuden en kort overordnet beskrivelse af indholdet for det efteruddannelseskursus i ”eksperimentel genteknologi”, som gymnasielæreren skal have gennemgået for at kunne få tilladelse til at gennemføre forsøgene med transformererede organismer i ikke-klassificerede laboratorier i stx, htx og hf.

De genteknologiske forsøg må kun udføres, dersom der senest 3 uger forud for arbejdet med forsøgene (herunder forarbejdet) er sendt en indberetning til Undervisningsministeriets fagkonsulent i biologi på det indberetningsskema, der indgår som en del af aftalen. Ved indberetning indsendes altid en udfyldt forside og mindst ét udfyldt bilag. Indberetningsskemaets forside skal underskrives af både den for forsøgenes udførelse ansvarlige lærer og skolens rektor/leder og sendes til Undervisningsministeriets fagkonsulent i biologi 3 uger inden forarbejdet påbegyndes. Aftalen og indberetningsskema kan findes på de respektive fags sider på Undervisningsministeriets hjemmeside <http://www.uvm.dk/Uddannelse/Gymnasiale%20uddannelser/Fagenes%20sider.aspx>.

Skriftligt arbejde

Skriftligt arbejde indgår som en vigtig del i elevernes læreprocesser. Det skriftlige arbejde tilrettelægges så det både tænkes ind i den daglige undervisning og i skolens progressionsplan. I den daglige undervisning kan fx indgå små skriveopgaver, som der kan arbejdes med individuelt, i par eller grupper. I forhold til skolens progressionsplan indgår det skriftlige arbejde i bioteknologi A på lige fod med andre fag med henblik på at træne eleverne mod at kunne skrive et studieretningsprojekt.

I tilrettelæggelsen af elevernes skriftlige arbejde er det vigtigt også at træne eleverne mod den skriftlige prøve. Det kan dels omfatte træningsopgaver i det behandlede stof og dels opgaver af repeterende art. I takt med den øvrige undervisning skal der tilstræbes en passende progression i de opgaver, der stilles til eleverne. I en besvarelse af en opgave skal elevernes tankegang fremgå tydeligt. Derfor bør eleverne vænnes til at skrive forklarende tekst i besvarelsene, hvor det skønnes nødvendigt. Det er ikke hensigtsmæssigt, at en besvarelse indeholder en afskrift af opgavens ordlyd. Det er vigtigt, at eleverne er bekendt med de krav, der stilles til den skriftlige prøve. Eleverne skal være fortrolige med almindelige typeord fra opgaveformuleringer som fx: ”forklar”, ”redegør”, ”angiv”.

Det eksperimentelle arbejde bør altid efterbehandles. Det anbefales, at eleverne under det eksperimentelle arbejde fører laboratoriejournal over deres iagttagelser, måleresultater samt eventuelle risikomomenter og sikkerhedsforhold i form af præcise notater.

Der gælder samme regler for tildeling af elevtid til bioteknologi A, som er gældende for de øvrige naturvidenskabelige fag på A niveau.

3.3 It

I forbindelse med såvel eksperimentelt arbejde som ved elevernes arbejde med det faglige stof inddrages et bredt udvalg af it-værktøjer til blandt andet dataopsamling, modellering, visualisering, animation og bioinformatik.

It integreres i undervisningen på linje med andre hjælpemidler, når det giver en faglig og pædagogisk fordel. It har således oplagte anvendelsesmuligheder i forbindelse med fx dataopsamling og visualisering af biologiske makromolekylers tredimensionelle struktur.

Grafisk lommeregner og lignende computerbaserede matematiske hjælpemidler kan med stor nytte inddrages i den daglige undervisning, fx i forbindelse med det skriftlige arbejde. I den sammenhæng er det vigtigt, at eleverne lærer at dokumentere deres brug af disse matematiske hjælpemidler på en sådan måde, at elevens faglige tankegang fremstår klart i den skriftlige besvarelse. Eleverne kan i deres besvarelser ikke forvente, at læseren har et indgående kendskab til det specifikke matematiske hjælpemiddels notations- og funktionsmåde.

3.4 Samspil med andre fag

Bioteknologi A er omfattet af det generelle krav om samspil mellem fagene for det pågældende uddannelsesområde. Dele af kernestof og supplerende stof vælges og behandles, så det bidrager til styrkelse af det faglige samspil i studieretningen.

I studieretningen med bioteknologi A skal undervisning i studieretningsfagene samordnes, hvor det er fagligt relevant. Der skal i undervisningen indgå forløb, hvor der er samspil mellem bioteknologi A og matematik blandt andet ved statistisk databehandling af eksperimentelle data eller matematisk modellering af biologiske, kemiske eller biokemiske systemer med bioteknologisk relevans.

Faget bioteknologi A har internt mange naturlige muligheder for samspil mellem fagområderne biologi og kemi. Faget giver også mulighed for samspil med en række andre fag i de gymnasiale uddannelser. Samspillet med de andre fag i studieretningen kan med fordel benyttes til at tone fagene efter studieretningen. Der stilles i læreplanen krav om, at der skal forekomme mindst ét forløb, hvor samspillet mellem studieretningsfagene bioteknologi A og matematik er i fokus. Enzymkinetik er et eksempel på et emneområde, hvor de to fag kan have et frugtbart samspil, men mere generelt kan anvendelse af matematiske modeller i forbindelse med bioteknologisk baseret produktion eller forskning være interessante områder at arbejde med.

Det faglige samspil bør ikke kun knyttes til studieretningsfagene. De obligatoriske fag på de gymnasiale uddannelser kan give mulighed for en række interessante samspil med bioteknologi A. Fx

kan der til visse bioteknologiske problemstillinger knyttes en række formidlingsmæssige og etiske spørgsmål, som kan inddrages i et samspil med blandt andet dansk, religion (stx) eller samfundsfag.

4. Evaluering

4.1 Løbende evaluering

Der gennemføres løbende evaluering, som sikrer, at eleverne jævnlige får mulighed for at vurdere deres udbytte samt medvirke ved evaluering og justering af undervisningen.

Elevernes udbytte af undervisningen evalueres mundtligt og skriftligt i den daglige undervisning.

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

4.2 Prøveformer

Der afholdes en skriftlig og en mundtlig prøve.

Den skriftlige prøve

Skriftlig prøve på grundlag af et centralt stillet opgavesæt. Prøvens varighed er 5 timer. Det faglige grundlag for opgaverne er det under pkt. 2.2 beskrevne kernestof og problemstillinger i tilknytning hertil.

Den skriftlige prøve er individuel. Der udsendes to vejledende opgavesæt i foråret 2010.

Opgaverne tester elevernes kompetencer i forhold til fagets faglige mål og tager udgangspunkt i, at elever, der går til skriftlig prøve på A-niveau, alle har haft matematik A. Opgaver, hvori der indgår metoder udenfor kernestoffet, vil indeholde de oplysninger om metoden, der er nødvendige for besvarelsen.

Den mundtlige prøve

Mundtlig prøve på grundlag af en opgave udarbejdet af eksaminator/eksaminatorerne. Opgaven omhandler en problemstilling i tilknytning til et eller flere af de i undervisningen behandlede temaer. Opgaven inddrager teoretisk stof og så vidt muligt eksperimentelt arbejde samt indeholder bilag som fx figurer, data, en artikel eller en teknik i tilknytning til bioteknologi. Anvendt apparatur kan inddrages under prøven.

Hver opgave må bruges to gange. Alle opgaver – op til to eksemplarer af hver – skal være til stede fra og med første eksaminand trækker sin opgave. Bilag må genbruges flere gange efter eksaminators valg.

Opgaverne uden bilag skal være kendt af eksaminanderne senest 5 arbejdsdage før prøven, dog først efter prøveplanens offentliggørelse.

Opgaven tildeles ved lodtrækning ved prøvens start.

Eksaminationstiden er ca. 30 minutter pr. eksaminand. Der gives ca. 30 minutters forberedelsestid. Prøven former sig som en samtale mellem eksaminand og eksaminatorer.

Den mundtlige prøve afholdes på grundlag af en opgave udarbejdet af eksaminator/eksaminatorerne. Opgavens problemstilling, de faglige mål og bedømmelseskriterierne bør tænkes ind i udformning af både den enkelte opgave og det samlede opgavesæt. Eksperimentelt udstyr kan inddrages, hvor

det er relevant. Det er ikke tanken, at der skal udføres eksperimenter i forbindelse med den mundtlige prøve.

Opgavens formulering og omfang af bilagsmateriale udformes, så eksaminanden har mulighed for at leve op til læreplanens faglige mål og bedømmelseskriterier. Den enkelte opgave vil ikke kunne indeholde alle faglige mål, som derfor dækkes af det samlede opgavesæt.

Variation mellem opgaver inden for samme tema kan fx skabes ved nuancering af teksten i opgaven eller ved udskiftning af enkelte bilag.

Opgaverne uden bilag skal være kendt for eksaminanderne i god tid før prøven. Eksaminator aftaler med eleverne, hvor og hvordan de kan se opgaverne fx på skolens intranet. Hvis opgaverne offentliggøres inden censor har haft mulighed for at kommentere dem, bør det oplyses, at der er mulighed for justeringer indtil en bestemt dato. Det vil være god praksis, at eksaminator fastsætter datoen sammen med censor.

Prøven former sig som en samtale mellem eksaminand og eksaminator. Eksaminationen må ikke have form som en enetale fra eksaminandens side. Eksaminator skal sørge for et stykke inde i eksaminationen at inddrage eksaminanden i en egentlig faglig samtale, men det må ikke medføre, at eksaminanden forhindres i en selvstændig præstation.

Eksaminationsgrundlaget er holdets undervisningsbeskrivelse, der dækker det samlede forløb fra 0 til A, og som omfatter såvel teoretisk som eksperimentelt arbejde. Undervisningsbeskrivelsen bør udformes, så den er informativ og overskuelig for både elever og censor.

4.3 Bedømmelseskriterier

Ved både den skriftlige og den mundtlige prøve bedømmes det, i hvilket omfang eksaminandens præstation lever op til de faglige mål, som er angivet i pkt. 2.1.

Ved den skriftlige prøve lægges der vægt på, at eksaminanden er i stand til at anvende sin faglige viden på konkrete problemstillinger, og at besvarelsen er formidlet med anvendelse af korrekt fagsprog og indeholder forklarende tekst i et sådant omfang, at tankegangen klart fremgår. Der gives én karakter på baggrund af en helhedsvurdering.

Ved bedømmelsen af den skriftlige prøve lægges der vægt på, at

- eksaminandens besvarelse er ledsaget af forklarende tekst, reaktionsskemaer, figurer og formler i et sådant omfang, at eksaminandens tankegang klart fremgår. Ved brug af grafisk lommeregner eller lignende matematiske hjælpemidler skal dokumentationen også være af en sådan karakter, at eksaminandens tankegang er forståelig uden specifikt kendskab til disse matematiske redskaber.
- eksaminanden anvender biologisk, kemisk og bioteknologisk viden på nye problemstillinger

Ved den mundtlige prøve lægges der vægt på, at eksaminanden:

- *udtrykker sig klart, præcist og forståeligt under anvendelse af fagets terminologi*
- *demonstrerer fagligt overblik og forståelse for sammenhængen mellem forskellige stofområder og inddrager relevante emner i den faglige samtale*
- *sætter opgavens problemstilling i relation til relevant faglig teori*

- inddrager metoder og/eller resultater fra eksperimentelt arbejde
- perspektiverer opgavens problemstilling i et samfundsmæssigt, miljømæssigt og/eller etisk perspektiv.

Der gives én karakter på baggrund af en helhedsvurdering.

Det kan ikke forventes, at den enkelte eksamensopgave ved den mundtlige prøve lægger op til en ligelig inddragelse af alle faglige mål.