

Revision af laboratorieøvelse for større engagement og udbytte

Camilla Sichlau Bruun

Institut for Basal Husdyr- og Veterinærvidenskab, LIFE, Københavns Universitet

Introduktion

Kurset ”Molekylær genetik / Genetik” består af forelæsninger, teoretiske øvelser og (for Molekylær genetik – delen) laboratorieøvelser inkl. rapportskrivning. Molekylær genetik-holdet består af ca. 60 studerende – heraf de fleste bioteknologistuderende på bachelorniveau. Jeg har undervist på kurset i en enkelt laboratorieøvelse sidste år (sekventeringsøvelsen), og skulle have samme øvelse igen i år. For at inkludere mest muligt pensum i én og samme øvelse, skulle de sidste år sekventere på klonede PCR-produkter og dermed forholde sig til både kloning og sekventering. Denne øvelse ligger før de forelæsninger, hvor sekventerings- og kloningsteknikken bliver gennemgået, så teorien er ny for de studerende. Formålet med denne øvelse er, at de studerende skal prøve sekventeringsteknikken og selvfølgelig beskæftige sig med teorien bag og anvendelsen af denne teknik. I tråd med traditionen på kurset var øvelsen delt op i 1) en kort teoretisk introduktion 2) selve laboratoriearbejdet og 3) resultatanalyse og rapportskrivning, som inkluderede nogle opgaver til øvelsen. Min erfaring fra sidste år er, at de studerende mødte mere eller mindre uforberedte op til den teoretiske introduktion med et print af øvelsesvejledningen under armen. De arbejdede koncentreret i laboratoriet, men med fokus på at håndtere udstyr og materialer rigtigt og få genereret et resultat til deres rapport. Først til resultatanalyse og rapportskrivningen blev de studerende tvunget til at forholde sig til teorien og hvad de egentlig havde foretaget sig i laboratoriet. Det var her tydeligt at de fleste ikke havde forstået formålet med øvelsen, teorien bag de emner, øvelsen adresserede og hvad der foregik i de enkelte trin. Li-

geledes var der generelt en ringe forståelse for det eksperimentelle design. Alt dette fremgik tydeligt af deres rapporter, som afslørede et middelmådigt udbytte af øvelsen.

Analyse af problemet og teoretisk baggrund

Samlet set kan man sige, at øvelsesforløbet sidste år var præget af overfladiske læringsstrategier og et relativt lavt udbytte. Det kan der være flere grunde til. For at få identificeret oplagte indsatsområder er det nødvendigt at kigge på de enkelte elementer i øvelsen og reflektere over de TLA'er (Teaching/Learning Activities) der var i brug.

Mange studerende mødte uforberedte op til øvelsen og manglede det teoretiske grundlag til resultatanalysen og rapportskrivningen. Eksisterende viden er det fundament, den nye viden skal bygges på og som enhver undervisningssituation bør tage udgangspunkt i. Desuden er det værdifuldt at have noget at referere til i undervisningen – både som studerende og underviser. Det at møde forberedt op til en undervisningssituation, giver også de studerendes motivation et skub i den rigtige retning, ikke mindst når de får bekræftet brugbarheden af den viden de allerede besidder (Biggs & Tang; 2007). Så især når den teori, der skal adresseres i øvelsen, er nyt stof, er en vis grad af forberedelse meget relevant.

Øvelsen var ikke problembaseret sidste år, og var egentlig blot en række teknikker og procedurer, som de studerende fik lejlighed til at prøve. Dermed bliver den nye viden de skal tilegne sig en række urelaterede detaljer, som jo egentlig har en struktur når de ses i sammenhæng med et problem. Når undervisningen er problembaseret, skal de studerende strukturere deres viden således at den kan anvendes til at løse en problemstilling. Desuden sættes de studerende i en situation, der kræver deres umiddelbare engagement for løsning af opgaven, og er niveauet passende, er dette i sig selv motiverende (Biggs & Tang; 2007).

Øvelsens faglige niveau var nok lidt for højt sidste år. Her skulle de sekventere på klonede PCR-produkter, og dermed forholde sig ikke bare til sekventering men også til kloning. Især under resultatanalyse/opgavedelen blev det tydeligt, at denne øvelse introducerede mere ny teori end de studerende kunne overskue. Det er vigtigt for de studerendes motivation, at de føler, de har en rimelig chance for at "komme i mål". Afstemning af det faglige niveau er derfor vigtig (Biggs & Tang; 2007). Af rapporterne frem-

gik det tydeligt, at den faglige ”bredde” i øvelsen gik ud over forståelsen af både kloning og sekventering – at vi havde ”sat os mellem 2 stole”.

De studerende arbejdede effektivt i laboratoriet, men tilsyneladende uden forståelse for det eksperimentelle design og hvad der foregik i hvert enkelt trin. Men som studerende og nybegynder i laboratoriet kan det være stressende og uoverskueligt på samme tid at skulle forholde sig til håndtering af udstyr, have overblik over øvelsens teoretiske formål og at samle data sammen. Nye materialer og udstyr kan også let stjæle de studerendes opmærksomhed fra de vigtige videnskabelige koncepter, som burde have været i fokus. Resultatet bliver derfor ofte ”køgebogsarbejde” uden forståelse for sammenhængen mellem formålet med undersøgelsen og eksperimentets design (Lunetta et al. (2007); Wood (1996)). Den teoretiske introduktion sidste år var meget kort, med fokus på den teoretiske baggrund og uden studenteraktiviteter. Lunetta et al. (2007) understreger fordelene ved at adskille øvelsens forskellige discipliner i separate afdelinger således, at de studerende arbejder med og opnår en forståelse for øvelsens formål og teori i en pre-lab session og får koblet og anvendt deres resultater i en post-lab rapportskrivning og diskussion.

Det eksperimentelle design eller metoden, var af praktiske grunde fastlagt (lukket) forud for øvelsen. Metoden var altså heller ikke noget de forholdt sig aktivt til, og deres forståelse for den var tilmed begrænset. Udbyttet af en laboratorieøvelse kan til dels afhænge af graden af åbenhed i de forskellige dele af øvelsen. Ved at lade f.eks. methodedelen i øvelsen stå åben – altså lade de studerende selv forholde sig til valg af metode til at løse et givent problem – kan man styrke deres forståelse og udbytte på dette felt (Tamir; 1989).

Mål

Formålet med dette projekt var – med udgangspunkt i sidste års erfaringer – at revidere en laboratorieøvelse for at styrke de studeres udbytte. Jeg ville primært undersøge hvordan en høj vægtning af det teoretiske forarbejde incl. forberedelse påvirkede de studerendes overblik, motivation og intellektuelle engagement i alle dele af øvelsen, dvs. både forarbejdet, laboratoriedelen og resultatanalysen. For at forbedre de studerendes forståelse for metoden, ville jeg desuden gerne ”åbne” øvelsen ved – på et teoretisk plan – at lade de studerende tage stilling til det eksperimentelle design.

Desuden ville jeg justere øvelsens faglige niveau med det formål at sikre en forståelsesmæssig dybde af en mindre del af pensum. Samtidig skulle øvelsen i år være problembaseret for både at gavne udbytte og motivation.

Ved at sammenligne egne observationer under øvelsen med sidste års observationer og ved gennemgang af rapporterne samt evalueringerne ville jeg vurdere, om ændringerne havde en gunstig effekt på de studerendes udbytte, motivation og engagement sammenlignet med øvelsen sidste år.

Metode og TLA'er

Med de planlagte ændringer, kom øvelsen til at forløbe således:

1. Forberedelse til øvelsen (individuel)
2. Teoretisk forarbejde (i plenum/grupper mandag 9-10.30)
3. Laboratoriearbejde (i grupper, resten af mandag + onsdag formiddag)
4. Resultatanalyse/opgaver (i grupper, onsdag 13-17)
5. Evaluering

ad 1) Jeg havde besluttet at de studerende i år skulle lave PCR på cDNA og sekventere deres eget PCR-produkt for dermed at undgå kloningsdelen. I stedet skulle de så forholde sig til PCR og cDNA, hvilket jeg vurderer som mindre kompliceret end kloning.

For at de studerende skulle være bedst muligt rustet til at arbejde teoretisk med opgaven og for at signalere en forventning til deres engagement, havde jeg ugen forinden sendt en liste over ”anbefalet læsestof” (ca. 10 sider i deres lærebog). Som tidligere nævnt er det, at møde op med en portion basal viden et optimalt udgangspunkt for at anvende dybe læringsstrategier og et vigtigt fundament for opbygning af ny viden (Biggs & Tang; 2007). Samtidig fik de et oplæg til øvelsen bestående af en problembeskrivelse, som dækkede en lille, velafgrænset del af mit eget forskningsprojekt (appendiks A). I modsætning til sidste år, havde jeg i år valgt en problembaseret øvelsesform med det formål at skabe bedre sammenhæng mellem de forskellige dele af øvelsen, at sikre de studerende en mere konceptuel arbejdsform samt en mere struktureret brug af deres viden. Samtidig forventede jeg også, at denne øvelsesform ville styrke motivationen (Biggs & Tang; 2007). Øvelsens læringsmål (appendiks A) blev også lagt ud på intranettet.

ad 2) For at lægge større vægt på teorien bag øvelsen, koblingen mellem teorien og deres arbejde i laboratoriet og for samtidig at engagere dem i

metoden, havde jeg sat $1\frac{1}{2}$ time af til det teoretiske forarbejde mandag morgen. Her var jeg alene om undervisningen. Jeg tog et kort udgangspunkt i casen og satte de studerende i gang med gruppearbejde. De skulle her snakke om, hvordan man kunne gribe sådan en opgave an i laboratoriet. De fik desuden nogle hjælpespørgsmål, som skulle lede dem i den rigtige retning og hjælpe med at dele opgaven op i overskuelige bidder (appendiks A). Sådan en opgave kan naturligvis løses på flere måder. Men af pædagogiske årsager og af hensyn til tiden syntes jeg, det var hensigtsmæssigt at (via hjælpespørgsmålene) spore dem i retning af den metode, som jeg havde forberedt materialer og instrumenter til i laboratoriet. Ud over det faglige udbytte af arbejdet med metoden, sigtede jeg også efter at styrke deres følelse af ejerskab samt motivation i forhold til øvelsen. Desuden havde jeg en forventning om at et bedre fagligt overblik over øvelsen inden laboratoriedelen ville "frigøre" kapacitet til at tænke over teorien i hvert enkelt trin under laboratoriedelen.

Undervisningsformen var i denne del problembaseret med gruppearbejde og opsamling på tavlen. Det var mit mål, at de studerende skulle finde frem til nogle overordnede trin i metoden, og at det var deres bud på opgaven, der skulle på tavlen. Vi lavede opsamling på tavlen efter de første 2 spørgsmål og igen efter de sidste 4. Derefter gik jeg – i dialog med de studerende – i dybden med hvert enkelt trin med fokus på materialer og metode og kobling til teorien. Tavleproduktet blev hermed et flowdiagram over øvelsens trin samt uddybende punkter og tegninger til de enkelte trin.

- ad 3) Inden selve laboratoriedelen, fik de studerende udleveret en protokol, som egentlig blot var en lidt mere detaljeret udgave af tavleproduktet fra del 2. I denne del af øvelsen var der 2 laboranter ud over mig selv til at hjælpe de studerende i laboratoriet. Jeg havde lagt vægt på, at de studerende ikke skulle være tidspressede i laboratoriet samt, at de ikke skulle konfronteres med for mange nye redskaber og udstyr. Alle hold skulle som sidste punkt onsdag formiddag have deres prøve i sekventeringsmaskinen, som befinder sig i et lille laboratorium i den anden ende af campus. Der var derfor ikke mulighed for at de selv kunne se maskinen og sætte deres prøve i. Maskinen udfører det centrale i øvelsen, og kan ikke erstattes af andet udstyr. Samtidig er den ikke særlig "visuel" forstået på den måde, at den "bare" spytter sekvenserne ud på en computer efter endt kørsel. Sådan en maskine kan komme til at vir-

ke som en ”black box” der hindrer de studerendes forståelse af det, der egentlig foregår i maskinen (Lunetta et al.; 2007).

- ad 4) For at understrege læringsmålene, blev de gennemgået onsdag eftermiddag. Herefter skulle de studerende arbejde med deres resultater vha. en række opgaver. Her var vi igen de samme 3 til at hjælpe de studerende. De 2 laboranter er rutinerede i sekvensanalyse og de havde sat sig grundigt ind i opgaverne. Målet med opgaverne var, at få de studerende til igen at beskæftige sig med teorien bag øvelsen, at få dem igennem en analyse af egne resultater og anvende deres resultat til at ”løse” problemet. Derudover skulle de studerende komme med et bud på hvordan deres resultat kunne anvendes i en større forskningsmæssig sammenhæng, som problemformuleringen også havde lagt op til. Formålet med netop disse opgaver var, at de studerende ud over at få opfyldt læringsmålene, skulle kunne se den praktiske anvendelighed af øvelsens disciplin i forskningsmæssig sammenhæng. Hermed bliver øvelsens læringsmål sat i en ramme, som på autentisk vis illustrere brugbarheden. Dette kan have stor betydning for motivationen og engagementet og dermed også for udbyttet.
- ad 5) Til slut evaluerede de studerende øvelsen vha. et evalueringsskema, som primært drejede sig om forberedelse, sværhedsgraden, udbytte, engagement og motivation (se appendiks B. De fleste mødte op til resultatanalysen/opgavedelen og heraf var der 34 studerende, der evaluerede øvelsen. Nogle besvarede ikke alle spørgsmål. Desuden er kommentarer fra den obligatoriske kursusevaluering inddraget i denne opgave til belysning af de studerendes oplevelse af øvelsen.

Resultater og diskussion

- 1.+2. De studerende var generelt tilbageholdende med at deltage i dialogen omkring hvordan opgaven kunne gribes an i laboratoriet. Så dialogen foregik mellem mig og de samme 3-4 studerende. Da vi havde fået de overordnede trin på plads og gik i dybden med hver enkelt trin kom der lidt mere gang i dialogen. Stort set alle havde læst noget af eller alt det anbefalede læsestof, som de generelt vurderede som en hjælp til arbejdet (appendiks B). De vurderede også opgavens sværhedsgrad som passende og hjælpespørgsmålene som en god hjælp til at dele opgaven op i små bidder (appendiks B). Uden evalueringerne, ville jeg have opfattet den sparsomme feedback fra de studerende som tegn på,

at de ikke havde læst og/eller, at niveauet var for højt. Men man må konkludere, at de bare ikke havde mod på at stå frem i forsamlingen og sige noget mens alle lyttede. Her er det vigtigt at huske, at dialogbaseret undervisning kræver tilvænning for de studerende og det at skulle forholde sig til det eksperimentelle design var helt uvant for dem. Men samtidig må man som underviser ikke glemme, at selvom dialogen er lidt tung er det ikke ensbetydende med at de studerende ikke tænker – hvilket jo er det egentlige formål.

De studerende syntes, de havde et godt overblik over øvelsen efter den teoretiske start. Sammenlignet med kursets andre øvelser (dette svarer til at sammenligne med samme øvelse, som den var tilrettelagt sidste år) havde de en bedre forståelse af teorien. Dette blev også kommenteret i den obligatoriske kursusevaluering:

“Rigtig godt med en grundig gennemgang af tingene inden øvelserne, nu når teorien ikke kom før til forelæsningsne.”

“Selv gennemgang af basale ting var godt, idet det var godt at få det sat i forbindelse med lige netop det forsøg vi lavede.”

Intentionen med det teoretiske forarbejde var også at “åbne” denne del af øvelsen og få de studerende til at tænke over det eksperimentelle design. Det at give de studerende hjælpespørgsmål i det teoretiske forarbejdet med øvelsen kan give anledning til, at de studerende forsøger at finde ud af hvilken måde underviseren mener, de skal tænke på i stedet for at bruge den viden, de har og deres kreativitet. Men der var flere hensyn at tage. Dels havde de ikke fået gennemgået stoffet til forelæsning. Derfor mente jeg, at en smule hjælp var nødvendig for at tilpasse niveauet og sikre en vis følelse af succes. Vi havde heller ikke havde ubegrænset tid til rådighed og desuden skulle materialer og instrumenter være klar i laboratoriet. Selvom man som underviser har tænkt og planlagt en bestemt metode, som dermed fordrer lukket tænkning (“convergent”), kan processen jo godt være åben (“divergent”), da alle teoretiske bud på løsningen af opgaven starter en faglig diskussion og sætter tanker i gang. Dette var overvejende tilfældet i den del, hvor vi gik i dybden med de enkelte trin. Her bidrog de studerendes bud således til at få diskuteret nogle muligheder og afklaret nogle misforståelser. Disse ting var muligvis ikke blevet bragt på banen under en sædvanlig øvelsesintroduktion, som den forgik sidste år. Så til trods for en vis styring via hjælpespørgsmål og opsamlings, var denne del af øvelsen i sammenligning med sidste år mere åben og med større vægning af studentaktiviteter.

3. De studerende tænkte en del eller ind imellem over teorien i hvert enkelt trin, mens de arbejdede i laboratoriet (appendiks B). Mit indtryk fra laboratoriet var at de studerende havde styr på hvor i øvelsen de var, og at opmærksomheden var ligeligt fordelt mellem det praktiske/håndteringen og det teoretiske. Dette vurderer jeg som en optimal balance – især fordi de i forvejen havde arbejdet grundigt med det teoretiske. Dette indtryk kan understøttes af nogle kommentarer fra den obligatoriske kursusevaluering:

“...gik så grundigt igennem stoffet inden lab øvelsen – det gjorde at man bare havde tjek på hvad man lavede i lab øvelsen...”

“...på grund af den gode struktur og dine gode briefinger inden lab, så vi tænkte over hvilke ting vi arbejdede med, når vi så kom op i lab...”

“...grundig gennemgang af hvad der skulle foregå i laboratoriet, så man ikke gik og famlede i blinde...”

Det er altså min klare fornemmelse, at dette er en forbedring i forhold til sidste år.

Det at de studerende ikke selv så og anvendte sekvensmaskinen, gik i varierende grad ud over forståelsen for halvdelen af de studerende. For de øvrige var det uden betydning (appendiks B). Dette bekræfter til dels, at det kan være problematisk med apparatur, som udgør en “black box” og understreger nødvendigheden af undervisningsaktiviteter, der kan kompensere i forhold til de studerendes forståelse.

4. + 5. Efter egen vurdering var resultatanalyse/opgavedelen et godt redskab til at få anvendt teorien, deres egne resultater og erfaringer fra laboratoriet simultant. Casen byggede som forventet bro mellem øvelsens 3 dele og var samtidig befordrende for de studerendes engagement og motivation. De studerende giver således også udtryk for, at der har været god kobling mellem teori og praksis, at deres motivation har været stor/mellem og at det har været vigtigt for deres motivation, at øvelsen var problembaseret (appendiks B).

De studerende havde i høj grad eller til dels lært det, der stod i læringsmålene, som spændte over flere niveauer i SOLO taxonomien (Biggs & Tang; 2007) (appendiks B). For at kunne differentiere mellem de enkelte læringsmål hos dem, der svarede “til dels”, skulle de tage stilling til hvert enkelt læringsmål. Det var overvejende “planlægge og udføre PCR og sekventering” som en lille gruppe studerende ikke følte sig sikre i. Selvom læringsmålene generelt blev indfriet, er denne evaluering god at skele til inden næste års øvelse.

Sammenlignet med øvelsen sidste år, var de studerende langt bedre klædt på til den sidste del af øvelsen. De havde bedre overblik over den grundlæggende teori og kom derfor lettere gennem analysen samt opgaverne.

Den hjælp, de havde brug for undervejs, drejede sig overvejende om softwaren til sekvensanalysen og det spørgsmål, der drejede sig om anvendelse af resultatet i større forskningsmæssig sammenhæng. Det fik vi så nogle gode diskussioner ud af. Det at skifte kloning ud med cDNA og PCR har sikkert også bidraget til en højere succesrate hos de studerende. Et argument imod denne prioritering kunne være, at kloning dermed ikke bliver “dækket” af en laboratorieøvelse. Men hvis målet er fagligt udbytte, engagement og motivation, er det hensigtsmæssigt at satse på dybde i stedet for bredde.

Rapporterne havde generelt højere standard i år end sidste år. Teorien bag sekventering volder kvaler på alle genetikkurser, men langt de fleste grupper leverede en overbevisende gennemgang heraf. Større eller mindre dele af tavleproduktet fra mandag morgen (tegninger/flowdiagram) gik igen i mange rapporter, hvilket bekræfter at de har haft et godt forståelsesmæssigt udbytte af denne del af øvelsen. Dette kommenteres også i den obligatoriske kursusevaluering:

“Strukturen var rigtig god, så jeg vidste hele tiden hvor i øvelsen jeg var, og det gjorde det også meget lettere at skrive en overskueligt rapport”

Konklusion og perspektivering

At dømme ud fra både min egen oplevelse af øvelsens forløb, evalueringerne og rapporterne, har de relativt få og enkle omprioriteringer jeg har gjort i forhold til sidste år haft en god effekt.

Den primære ændring har været en højere vægtning af det teoretiske forarbejde: De studerende har fået en opfordring til forberedelse hjemme, $1\frac{1}{2}$ time blev sat af til denne del af øvelsen mod 20 minutter sidste år, metodedelen var “åben” og dermed genstand for studenteraktiviteter i form af gruppearbejde og dialog omkring det eksperimentelle design og øvelsens forskellige trin. Til trods for en lidt tung dialog skabte denne del af øvelsen et godt overblik over teorien og sammenhængen med laboratoriearbejdet. I laboratoriet var der ikke kun fokus på håndtering af materialer

og instrumenter men også på teorien i det, de arbejdede med. De studerende var godt rustet til arbejdet med resultatanalysen og opgaverne, hvilket også fremgik af rapporterne, som afslørede et højere fagligt niveau i forhold til sidste år. Fordelen ved en problembaseret øvelse blev især tydelig under resultatanalysen, hvor de studerende både anvendte deres teoretiske viden og egne resultater til at "løse problemet". Kloningsaspektet, som er relativt komplekst, blev i år skiftet ud med cDNA og PCR. Denne disponering har kostet en smule faglig bredde men sandsynligvis bidraget til de studerendes forståelsesmæssige dybde. Alt i alt har ændringerne styrket de studerendes engagement og udbytte af sekventeringsøvelsen.

Der bruges generelt mange ressourcer på en laboratorieøvelse, og skal de studerendes udbytte af øvelsen stå mål med disse ressourcer, er det vigtigt, at man som underviser tager udgangspunkt i de studerendes forudsætninger og behov når undervisningen tilrettelægges. Omstrukturering af en øvelse koster tid, men da mange af principperne for de studerendes læring i øvelsessammenhæng er universelle, kan en del af strukturen genanvendes på tværs af øvelser og kurser. Fokus på det teoretiske forarbejde med studenteraktivering, adskillelse af øvelsens discipliner og dybde på bekostning af bredde har således haft en positiv indflydelse på de studerendes engagement og udbytte af denne øvelse, men er samtidig universelle tiltag, der med fordel kan – og bør – ekstrapoleres til andre laboratorieøvelser.

A Oplæg til teoretisk forarbejde + læringsmål

Relevant læsestof (EG, 5.ed.)

S. 213-16 (PCR + sekventering)

S. (266-)268-73 (transkription, RNA, mRNA, genstruktur (exon/intron), fig. 8.16!)

S. 337-39 (cDNA. Prøv at se bort fra kloningen i dette afsnit. cDNA kan bruges til meget andet!)

Introduktion til case

I en besætning af grise har man observeret en afvigende fænotype, der bl.a. er karakteriseret ved lungeemfysem (progressiv nedbrydning af lungevæv). Fænotypen har en autosomal, codominant arvegang. Fra musestudier

ved man, at fejl i genet ITGB6 (koder for Integrin $\beta 6$, som er en del af en receptor) kan medføre lungeemfysem. ITGB6 er derfor et oplagt kandidatgen for et mutationsstudie hos grisene. Den fulde genomiske ITGB6 sekvens er mange kb lang, men den kodende sekvens (Open Reading Frame, ORF) er kun ca. 2.5 kb fordelt på 15 exons. Denne øvelse går ud på at sekventere (“læse rækkefølgen af baser”) en del af den kodende sekvens af genet ITGB6 hos en syg gris og derefter sammenligne med sekvensen fra en rask (denne ”raske” sekvens er tilgængelig og bliver “udleveret” d. 12.). Den sidste del (exon 11-15) koder for nogle vigtige sites i proteinet/receptoren, og det er derfor denne del af sekvensen der skal sekventeres.

Oplæg til teoretisk arbejde med dagens øvelse

Diskutér i grupper hvordan man kan gribe opgaven an. Brug gerne bogen. Hvilke overordnede trin skal man igennem i laboratoriet?

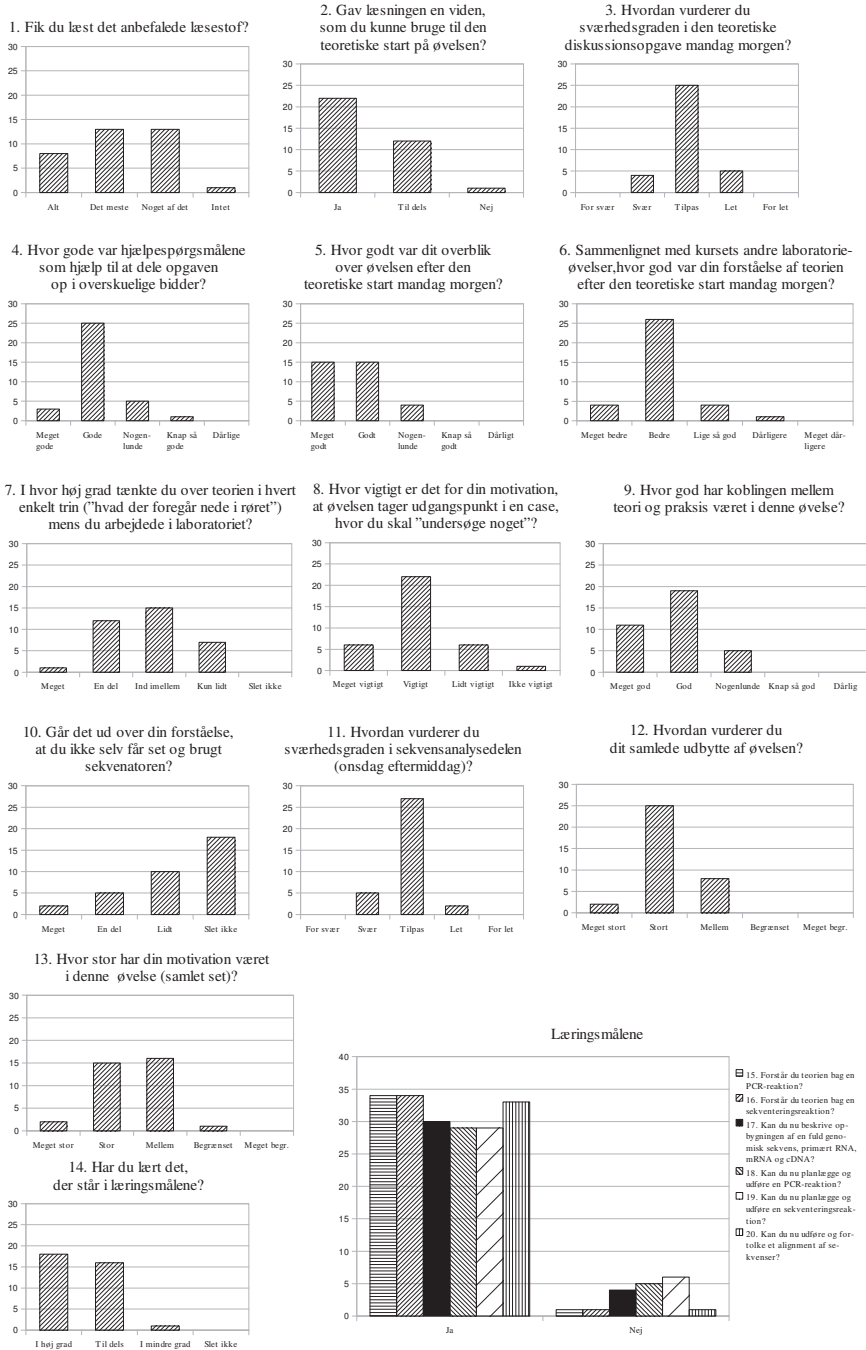
Hjælpespørgsmål: Hvad er forskellen på den fulde genomiske sekvens og den kodende sekvens? I hvilken type molekyler i cellen har vi udelukkende den kodende sekvens repræsenteret? Brug 10 minutter på de første 2 spørgsmål – herefter samler vi op på tavlen i fællesskab . Disse molekyler er svære at håndtere i laboratoriet – hvorfor? Kan vi gøre dem “håndterbare”? Forud for sekventering skal man lave en opformering/amplifikation af den sekvens man skal sekventere. Hvorfor? Hvilken metode til amplifikation vil I vælge? Opsamling på tavlen igen.

Læringsmål til sekventeringsøvelsen

- Forstå teorien bag PCR og sekventering
- Planlægge og udføre en PCR-reaktion og en sekventeringsreaktion
- Beskrive opbygningen af (og forskellen på) en fuld genomisk sekvens, primært RNA, mRNA og cDNA
- Udføre og fortolke alignment af sekvenser

B Evaluering

Appendiks B: Evaluering



All contributions to this volume can be found at:

http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/2009-2-1/

The bibliography can be found at:

http://www.ind.ku.dk/publikationer/up_projekter/kapitler/2009_vo12_nr1_bibliography.pdf/