

Biologielevers syn på modern genetik

En inblick i undervisning av moderngenetik från
svenska biologielevers perspektiv.

Felix Palmgren
Ämneslärarprogrammet



Uppsats/Examensarbete: 15 hp
Kurs: LGBI2A
Nivå: Avancerad nivå
Termin/år: VT2026
Handledare: Kai Sattler
Examinator: Ola Nordqvist

Nyckelord: Genetik, Modern genetik, Biologi, Biologielever, Gymnasiet, Undervisningsstrategier, Förståelse, Upplevelser, Kvalitativ, Intervjuer.

Abstract

Modern genetics is considered one of the most complex areas of biology taught in Swedish upper secondary education. Previous research has shown that the subject is perceived as difficult due to its abstract nature, high level of complexity, and the extensive amount of concepts and information students are expected to learn. In addition, many genetic concepts, processes, and mechanisms have overlapping names, functions, and descriptions, which may further complicate students' understanding. At the same time, a solid understanding of modern genetics is essential for comprehending other areas of biology, such as evolution and genetic engineering, and is increasingly important for students' future studies and participation in societal discussions related to biotechnology and genetic modification. The aim of this qualitative interview study was to investigate upper secondary students' perceptions of why modern genetics is difficult to understand and how teaching can be designed to support understanding. The study was conducted with seven students from a Swedish upper secondary school. Data were collected through semi-structured interviews and analysed using thematic analysis. The results indicate that students primarily perceived modern genetics as difficult because of its abstract concepts and processes, as well as difficulties visualising genetic mechanisms. Students also described how teaching methods and educational resources could sometimes contribute to confusion, particularly when visual aids lacked clear explanations, were overly complex, or used a language other than the students' native language. At the same time, visual aids such as images, animations, and physical models were perceived as important tools for concretising and visualising genetic concepts and processes. Furthermore, the findings suggest that students perceived teacher-centred instruction as particularly important for introducing topics and establishing foundational understanding, provided that the teaching was well-structured and supported by visual aids. Student-centred learning, on the other hand, was perceived as beneficial for developing deeper understanding and reinforcing knowledge through active processing and application. The study therefore indicates that teaching in modern genetics should incorporate variation in instructional approaches, clear structure, and carefully considered use of visual learning resources.

Sammanfattning

Modern genetik betraktas som ett av de mest komplexa områdena inom gymnasiebiologin. Tidigare forskning visar att ämnet upplevs som svårt på grund av dess abstrakta natur, höga komplexitet samt stora mängd begrepp och information. Många genetiska begrepp, koncept och processer har dessutom överlappande namn, funktioner och beskrivningar, vilket ytterligare kan försvåra förståelsen. Samtidigt är kunskap om modern genetik central för förståelse av andra biologiska områden, såsom evolution och genteknik, och viktig för elevers framtida studier och deltagande i samhällsrelaterade frågor kopplade till genmodifiering och bioteknik. Syftet med denna kvalitativa intervjustudie var att undersöka biologielevers upplevelser av varför modern genetik är svårt att förstå samt hur undervisning kan utformas för att främja förståelse. Studien genomfördes med sju elever från en svensk gymnasieskola. Datainsamlingen skedde genom semistrukturerade intervjuer och materialet analyserades med tematisk analys. Resultatet visar att eleverna främst upplever modern genetik som svårt på grund av ämnets abstrakta begrepp och processer samt svårigheter att visualisera genetiska skeenden. Eleverna beskrev även att undervisning och hjälpmedel ibland kunde bidra till förvirring, exempelvis när visuella hjälpmedel saknade tydliga förklaringar, hade hög komplexitet eller använde ett annat språk än elevernas modersmål. Samtidigt framkom att visuella hjälpmedel såsom bilder, animationer och fysiska modeller upplevs som viktiga för att konkretisera och visualisera genetiska processer och begrepp. Resultatet visar vidare att eleverna upplever lärarcentrerad undervisning som särskilt viktig för introduktion och grundläggande förståelse, förutsatt att undervisningen hade tydlig struktur och innehöll visuellt stöd. Elevcentrerat lärande upplevs däremot som gynnsamt för fördjupad förståelse och beäftande av kunskap genom aktiv bearbetning och tillämpning. Studien indikerar därför att undervisning i modern genetik bör präglas av variation i arbetssätt, tydlig struktur och genomtänkt användning av visuella hjälpmedel.

Förord

Sommaren närmar sig, solen värmer lägenheten och ljuset på andra sidan av den metaforiska tunneln som är detta examensarbete syns alltmer tydligt. Det har blivit många sena kvällar och en del stress som resultat av att intervjuerna dröjde innan de kunde genomföras. Sådant händer såklart men jag är glad att det börjar närma sig färdigt. Låt er som läsare inte få intrycket att jag tyckt det varit jobbigt eller att jag är frustrerad över hur arbetet gått. Jag tycker det har varit mycket intressant, skoj och givande att göra detta arbete. Jag är också tacksam till de elever som deltagit och deras lärare för att jag fick komma och låna deras elever.

Detta arbete syftar till att bygga på mitt förra och försöka besvara en fråga som jag tog med mig från det arbetet, nämligen vad har eleverna själva för upplevelser av genetikundervisning. Även om fynden inte var revolutionerande så har det ändå varit mycket givande att genomföra och det fanns tydlig nyans att finna i elevernas erfarenheter och upplevelser. Förhoppningsvis kan detta arbete tjäna som lite utav en guide till mig själv och andra kring vad elever tycker och tänker om undervisning i moderngenetik och hur de kan planera lektionerna för att bäst tjäna elevernas behov.

Innehållsförteckning

Abstract.....	1
Sammanfattning.....	2
Förord	3
Innehållsförteckning.....	4
1 Inledning.....	6
1.1 Syfte	6
1.2 Frågeställningar.....	6
2 Bakgrund	7
2.1 Modern genetik.....	7
2.2 Kognitiv Överbelastning	7
2.3 Tidigare forskning.....	8
2.3.1 Svåra aspekter av modern genetik.....	8
2.3.2 Didaktik för att förbättra förståelse av modern genetik.....	8
2.4 Modern genetik inom biologi i den svenska gymnasieskolan	10
3 Metod.....	10
3.1 Urval av deltagare.....	11
3.2 Etiskgrund	11
3.3 Insamling av data	12
3.4 Analys	13
4 Resultat.....	14
4.1 Undervisning för begreppsförståelse	14
4.2 Undervisning av abstrakta processer	15
4.3 Hjälpmedel för visualisering	16
4.3.1 Bilder och fysiska modeller	17
4.3.2 Animationer/filmer.....	17
4.4 Upplevd lämplighet i olika lärandesituationer	18
4.4.1 Lärarcentrerat lärande	19
4.4.2 Elevcentrerat lärande.....	20
5 Diskussion	21
5.1 Reflektion om resultatet	21
5.1.1 Användbara hjälpmedel.....	21

5.1.2	Kognitiv överbelastning	23
5.1.3	Lärarcentrerat vs elevcentrerat lärande	25
5.2	Metoddiskussion.....	25
5.2.1	Implikationer från urvalet	26
5.3	Framtida forskning	26
5.4	Slutsatser.....	27
6	Referenslista.....	29
7	Bilagor	35
7.1	Bilaga 1	35
7.2	Bilaga 2.....	39

1 Inledning

Modern genetik studerar de biokemiska processer som sker i cellen och cellkärnan. Dessa processer och molekyler utgör arvsmassan som reglerar cellens och organismens struktur och funktion. Modern genetik behandlar även hur den genetiska informationen uttrycks genom den genetiska koden och proteinsyntesen samt hur arvsmassan replikeras vid celledelning. Förståelse av modern genetik är central för förståelsen av både genetiken som helhet och evolutionsteorin.

Gymnasieelever i Sverige studerar modern genetik inom biologi, naturkunskap och fördjupningskurser såsom bioteknik. Genom dessa studier får eleverna kunskap om arvsmassans uppbyggnad och hur genetisk information påverkar organismers egenskaper och funktioner. Kunskapen förbereder eleverna för framtida samhällsdebatter och beslut som berör genetik och genteknik, vilket är betydelsefullt i ett demokratiskt samhälle. Den utgör även en grund för vidare studier inom området.

Modern genetik har länge betraktats som ett av de mest utmanande kunskapsområdena inom biologiämnet (Cimer, 2012; Fauzi et al., 2021; Gericke, 2018; Palmberg et al., 2015). Forskning visar att ämnets många överlappande begrepp samt dess abstrakta koncept och processer bidrar till att elever har svårt att utveckla förståelse för innehållet (Cimer, 2012; Fauzi et al., 2021; Gericke, 2018; Palmgren, 2024). Detta kan leda till missuppfattningar och ofullständig förståelse av modern genetik (Duncan et al., 2009; Gericke, 2018).

Tidigare studier har efterlyst mer forskning om elevers svårigheter inom genetikens olika områden (Fauzi et al., 2021). Det har även identifierats ett behov av studier som undersöker elevers perspektiv på genetikundervisning (Aivelo & Uitto, 2021). En stor del av den befintliga forskningen är kvantitativ och fokuserar främst på elevers prestationer och resultat (Palmgren, 2024). Sådan forskning kan bidra med kunskap om vilka områden inom genetiken som elever upplever som särskilt utmanande och där undervisningen kan behöva utvecklas.

Studier som belyser elevers erfarenheter och reflektioner kring undervisningens upplägg och didaktiska utformning kan samtidigt bidra med ytterligare perspektiv på hur undervisningen kan planeras och genomföras. Tidigare forskning har exempelvis visat att variation i undervisningsmetoder samt inslag av elevstyrt lärande, såsom projektarbeten, kan främja elevers lärande inom området (Palmgren, 2024). Genom att undersöka elevers perspektiv kan tidigare resultat både nyanseras och stärkas, samtidigt som nya aspekter av undervisningen kan synliggöras.

1.1 Syfte

Ge inblick i biologielevers inställning till modern genetikundervisning, specifikt vad tycker de är svårast och hur upplever de att de lär sig bäst om modern genetik. Studien syftar även till att bidra med kunskap som kan ge biologilärare underlag för didaktiska val vid planering och genomförande av undervisning i modern genetik.

1.2 Frågeställningar

1. Vad upplever biologielever är svårast att förstå i modern genetik?
2. Hur upplever biologielever att undervisningen kan vara upplagd för att underlätta förståelse av modern genetik?

2 Bakgrund

Bakgrunden syftar till att ge den grundläggande informationen som sätter arbetet i sitt sammanhang. Den innehåller en redogörelse av modern genetik samt de aspekter av modern genetik som elever upplever är svåra. Det finns också information om tidigare forskning om didaktiska metoder som kan användas för att förse elever med bättre förutsättningar för lärande om modern genetik.

2.1 Modern genetik

Modern genetik, även benämnd molekylär genetik, omfattar de molekyler och biologiska processer som ligger till grund för arvsmassans struktur, funktion och uttryck samt för proteinsyntesen och celledelning (Sadava et al., 2017). Dessa molekyler och processer förklarar hur den genetiska informationen är organiserad och hur gener reglerar organismers egenskaper och funktioner genom uttryck av proteiner (Sadava et al., 2017). De proteiner som bildas genom proteinsyntesen har specifika kemiska strukturer och funktioner som bestäms av den gen som kodar för dem (Sadava et al., 2017). Proteiner utgör de huvudsakliga funktionella produkterna av många gener och påverkar cellulära strukturer, funktioner och biologiska processer (Sadava et al., 2017).

Processen där genetisk information i en gen avläses och används för att producera ett protein benämns proteinsyntes (Sadava et al., 2017). Gener utgör specifika sekvenser av DNA vars ordning av kvävebaser innehåller den information som krävs för att bilda ett visst protein. Modern genetik bidrar även till förståelsen av evolutionära processer på molekylär nivå genom att förklara hur variationer i den genetiska koden kan påverka individers överlevnad och reproduktiva framgång (Sadava et al., 2017).

Modern genetik fokuserar på arvsmassans molekylära struktur, funktion och uttryck, medan klassisk, eller mendelsk, genetik huvudsakligen behandlar hur egenskaper nedärvs mellan generationer (Waters, 2007). I denna studie ligger fokus på modern genetik och de molekylära processer som ligger till grund för geners funktion och uttryck.

2.2 Kognitiv Överbelastning

Cognitive Load Theory utvecklades ursprungligen av Sweller (1988) för att förklara hur information bearbetas i hjärnan samt de kognitiva krav och den belastning som denna process medför. Kognitiv överbelastning uppstår när mängden information som en elev behöver hantera överstiger arbetsminnets kapacitet att bearbeta den (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011). Ett sådant tillstånd kan försämra individens förmåga att tillägna sig ny information, fatta beslut och dra nytta av undervisningen (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011). Modern genetik, liksom naturvetenskapliga ämnen i allmänhet, omfattar komplex information som ställer höga krav på elevernas informationsbearbetning. Elever kan därför hamna i ett tillstånd av kognitiv överbelastning när de kognitiva krav som ämnesinnehållet ställer överstiger deras förmåga att bearbeta informationen (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011).

Enligt Sweller et al. (2011) kan kognitiv belastning delas in i två huvudtyper: inneboende kognitiv belastning och ovidkommande kognitiv belastning. Den inneboende kognitiva belastningen är kopplad till informationens eller uppgiftens inneboende komplexitet och struktur (Sweller et al., 2011). Den ovidkommande kognitiva belastningen uppstår däremot till följd av hur information eller uppgifter presenteras för eleven (Sweller et al., 2011). Båda formerna av belastning bearbetas av arbetsminnet och kan tillsammans bidra till en ökad total kognitiv belastning.

Sweller et al. (2011) betonar vikten av att minimera den ovidkommande kognitiva belastningen för att undvika att elevernas kapacitet att bearbeta information överskrids. Detta är särskilt relevant inom modern genetik, där undervisningen ofta innehåller ett stort antal abstrakta begrepp och komplexa koncept. Många av dessa begrepp liknar varandra till både stavning och benämning, samtidigt som de representerar molekyler eller processer med tydligt skilda funktioner och betydelser. Detta kan bidra till ökade krav på elevernas informationsbearbetning och därmed öka risken för kognitiv överbelastning.

2.3 Tidigare forskning

Tidigare forskning om undervisning av modern genetik har etablerat att många aspekter av ämnet är svårt för elever att begripa (Aivelo & Uitto, 2021; Duncan et al., 2009; Fauzi et al., 2021; Fisher, 1985; Gericke, 2018; Kilic, 2021; Machová & Ehler, 2023; Ojo, 2024; Saka et al., 2006; Shaw et al., 2008; Tsui & Treagust, 2010). Konsensusen av dessa studier är att alla delar av modern genetik är relativt svårt för elever att begripa och ger ofta upphov till missuppfattningar hos eleverna.

Det finns också gott om tidigare forskning från ett resultat perspektiv om olika didaktiska metoder och lärosätt som gynnar elevers förståelse av modern genetik (Palmgren, 2024). Dessa studier finner att elever gynnas av ökad variation i undervisningen, mer bilder och animationer för att illustrera komplicerade processer och mer elevaktivt lärande (Duncan et al., 2009; Ellefson et al., 2008; Marra et al., 2014; Mintz, 1993; Wright et al., 2017).

2.3.1 Svåra aspekter av modern genetik

Modern genetik betraktas som ett av de mest utmanande områdena inom biologiundervisningen (Cimer, 2012; Fauzi et al., 2021; Gericke, 2018). Svårigheterna kan i stor utsträckning kopplas till ämnets inneboende karaktär och de kunskapskrav som krävs för att utveckla en fullständig förståelse. Modern genetik omfattar ett stort antal komplexa begrepp och processer som är abstrakta till sin natur och ofta nära relaterade till varandra (Cimer, 2012; Fauzi et al., 2021; Gericke, 2018). Exempel på sådana begrepp är DNA, gener och kromosomer, vilka är starkt sammankopplade men representerar olika biologiska fenomen. Även centrala processer, såsom proteinsyntes, replikation och celledelning, kännetecknas av en hög grad av abstraktion. Detta innebär att många elever har svårt att visualisera processerna, vilket kan leda till missuppfattningar och ofullständig förståelse (Fisher, 1985; Tsui & Treagust, 2010).

Att elever upplever genetiska begrepp som svåra framgår bland annat av Saka et al. (2006), som visade att en majoritet av gymnasieeleverna hade antingen alternativa föreställningar eller begränsad förståelse av begrepp som DNA, gener och kromosomer. Liknande resultat rapporterades av Shaw et al. (2008), där genetiskt material identifierades som ett särskilt utmanande område inom genetikundervisningen.

Fisher (1985) visade vidare att translation och aminosyror är områden där elever ofta utvecklar missuppfattningar. Ett exempel är föreställningen att aminosyror produceras genom translationsprocessen. En bidragande orsak till denna missuppfattning var den starka kopplingen mellan aminosyror och translation, tillsammans med en begränsad förståelse av aminosyornas ursprung samt en oklar uppfattning om enzymernas roll som både produkter av och aktörer i cellulära processer (Fisher, 1985). Ytterligare stöd för att proteinsyntesen utgör ett svårt område ges av Tsui och Treagust (2010). Deras studie visade att elever ofta kunde förstå gener som bärare av information om egenskaper, men att de hade betydligt svårare att förklara hur denna information omsätts till biologiska strukturer och funktioner genom proteinsyntesen.

Missuppfattningar uppstår ofta när elever försöker förstå komplexa fenomen genom förenklingar, feltolkningar eller egna förklaringsmodeller. De kan även grundas i tidigare erfarenheter och kunskaper och blir ofta svåra att förändra när de väl har integrerats i elevens föreställningsvärld (Hewson & Hewson, 1984). Missuppfattningar förekommer på samtliga utbildningsnivåer och är inte begränsade till yngre elever (Duncan & Reiser, 2007). Inom modern genetik är vanliga missuppfattningar relaterade till hur gener uttrycker sin information, hur biokemiska processer genomförs i cellen samt hur genetiska mekanismer kan kopplas till evolutionära förändringar över generationer (Duncan & Reiser, 2007; Tsui & Treagust, 2010).

2.3.2 Didaktik för att förbättra förståelse av modern genetik

Tidigare forskning om didaktiska metoder för undervisning i modern genetik omfattar ett brett spektrum av perspektiv, från utveckling av traditionell lärarcentrerad undervisning till mer genomgripande förändringar av undervisningens utformning (Duncan et al., 2009; Ellefson et al., 2008; Marra et al., 2014; Mintz, 1993; Thörne & Gericke, 2014; Wright et al., 2017; Yang et al., 2018).

En grundläggande men betydelsefull didaktisk faktor är lärarens språkbruk (Thörne & Gericke, 2014). Hur lärare beskriver genetiska begrepp, såsom gener och proteiner, påverkar hur elever tolkar och förståelsemässigt organiserar informationen. Thörne och Gericke (2014) visade att elever från olika skolor utvecklade skilda uppfattningar om gener trots att de använde samma läromedel, vilket indikerar att lärarens sätt att presentera innehållet har stor betydelse för elevernas kunskapsutveckling.

Duncan et al. (2009, 2016) förespråkar att undervisningen i modern genetik organiseras enligt principen om learning progressions för att skapa kontinuitet och progression genom hela skolgången. Genom att tydliggöra vilka centrala idéer som ska behandlas på olika utbildningsnivåer kan undervisningen byggas vidare på tidigare kunskaper, samtidigt som eleverna får möjlighet att återkomma till viktiga genetiska koncept i successivt mer avancerade sammanhang (Duncan et al., 2009, 2016).

Fysiska modeller utgör ett annat verktyg för att stödja elevers förståelse av genetiska strukturer och processer. Exempelvis kan molekylmodeller, byggsatser eller modeller av DNA dubbelhelix användas för att konkretisera abstrakta fenomen. Forskning visar att särskilt elevaktiva modeller kan förbättra förståelsen av genetiska strukturer och processer (Newman et al., 2018; Roberg, 2004; Wright et al., 2022). Wright et al. (2022) beskriver exempelvis hur modeller av kromosomer kan användas för att visualisera rekombination under meiosen och därigenom göra processen mer begriplig för eleverna.

För att stödja visualisering och förståelse av abstrakta genetiska koncept används även bilder, animationer och digitala undervisningsprogram (Chi-Yan Tsui & Treagust, 2007; Kara & Yesilyurt, 2007; Law & Lee, 2004; Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010). Flera studier visar att sådana hjälpmedel kan fungera som värdefulla komplement till traditionell undervisning. Interaktiva datorprogram har exempelvis visats vara effektiva för att utveckla förståelse av gener, kromosomer och DNA (Chi-Yan Tsui & Treagust, 2007; Ebenezer Yeboah Owusu et al., 2023; Kara & Yesilyurt, 2007; Law & Lee, 2004; Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010; Yang et al., 2018). Chi-Yan Tsui och Treagust (2007) fann att elever som arbetade med interaktiva datorprogram utvecklade en bättre förståelse för gener och kromosomer än elever som inte använde sådana verktyg.

Digitala program har även visats vara användbara för undervisning om komplexa processer såsom celledelning och proteinsyntes (Law & Lee, 2004; Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010). Samtidigt framhåller forskning att olika hjälpmedel lämpar sig för olika aspekter av genetiken. Marbach-Ad et al. (2008) menar exempelvis att bilder och animationer ofta är mer effektiva än interaktiva program för att visualisera molekylära strukturer och processer.

Vidare visade Kara och Yesilyurt (2007) att handledningsorienterade program generellt var mer tidseffektiva än spelbaserade alternativ, eftersom de senare innehåller moment som inte direkt bidrar till lärandet.

Flera studier har visat att både bilder och animationer kan stödja elevers förståelse av genetiska begrepp (Chi-Yan Tsui & Treagust, 2007; Marbach-Ad et al., 2008; Yang et al., 2018). Yang et al. (2018) fann dock att animationer gav bättre resultat än statiska bilder vid undervisning om modern genetik. Fördelen tycks främst ligga i animationernas förmåga att visualisera dynamiska och abstrakta processer, såsom replikation och transkription, på ett mer konkret sätt. Detta stöds även av forskning som visar att digitala verktyg kan underlätta visualisering av genetiska processer och därigenom främja lärande (Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010).

Sammantaget visar tidigare forskning att väl valda bilder, animationer, fysiska modeller och interaktiva digitala verktyg kan bidra till att underlätta elevers förståelse av genetiska strukturer och processer genom att göra abstrakta fenomen mer konkreta och visuellt tillgängliga.

2.4 Modern genetik inom biologi i den svenska gymnasieskolan

Modern genetik utgör en central del av både biologiämnet och flera kurser inom naturkunskap. Detta gäller såväl de tidigare ämnesplanerna i Gyll (Skolverket, 2022) som de nya ämnesplanerna i Gy25, vilka trädde i kraft 2025 (Skolverket, 2023). Kunskaper inom modern genetik är betydelsefulla för att elever ska kunna uppnå flera av de syften som Skolverket anger för biologiämnet. Enligt ämnesplanen ska undervisningen bland annat ge eleverna möjlighet att utveckla kunskaper om biologins teorier och modeller, en naturvetenskapligt grundad världsbild samt förståelse för evolutionsteorin. Undervisningen ska även bidra till att eleverna utvecklar förmågan att skilja mellan vetenskapliga och icke-vetenskapliga påståenden (Skolverket, 2023). Förståelse av modern genetik är central för dessa mål, då genetiska mekanismer exempelvis utgör en grund för att förklara hur evolutionära processer verkar på molekylär och cellulär nivå.

Genetik och modern genetik framhålls även explicit i det centrala innehållet för biologiämnets båda nivåer (Skolverket, 2023). I nivå 1 ingår områden såsom ärftlighet, genuttryck, proteinsyntes, mutationer och genteknik (Skolverket, 2023). Det centrala innehållet omfattar även etiska frågor kopplade till biologins påverkan på individ och samhälle, där såväl modern genetik som genteknik utgör relevanta kunskapsområden (Skolverket, 2023). I nivå 2 ligger fokus i högre grad på gentekniska metoder och deras tillämpningar (Skolverket, 2023). Denna nivå ger därmed eleverna möjlighet att vidareutveckla de kunskaper som etablerats i nivå 1 samt att fördjupa sin förståelse för olika gentekniska metoder och de etiska frågor som är förknippade med deras användning. En god förståelse av modern genetik är därför en viktig förutsättning för att kunna föra välgrundade resonemang om genteknikens möjligheter, begränsningar och etiska implikationer, eftersom sådana diskussioner bör vila på kunskap om den underliggande vetenskapen.

3 Metod

Studien har genomförts med en kvalitativ forskningsansats där data samlades in genom semistrukturerade intervjuer med gymnasieelever om deras upplevelser av och perspektiv på undervisning i modern genetik. Kvalitativa intervjustudier är en lämplig metod när syftet är att undersöka människors erfarenheter, uppfattningar och resonemang på ett djupgående och nyanserat sätt (Hallin & Helin, 2018). Eftersom studien syftar till att belysa elevers perspektiv på undervisning i modern genetik valdes ett kvalitativt upplägg för att möjliggöra utförliga beskrivningar och reflektioner från deltagarna.

Intervjuerna genomfördes individuellt och det insamlade materialet analyserades med hjälp av tematisk analys. Studiens deltagare bestod av sju biologielever från en gymnasieskola i Göteborg.

3.1 Urval av deltagare

Urvalet genomfördes som ett tvåstegsurval enligt den process som beskrivs av Hallin och Helin (2018). Metoden innebär att den målgrupp som är relevant för studiens syfte först identifieras, varefter deltagare rekryteras inom denna grupp. När flera grupper kan betraktas som relevanta kan urvalet ytterligare avgränsas genom specifika kriterier.

I denna studie utgjordes målgruppen av gymnasieelever som hade studerat modern genetik. För att avgränsa urvalet tillämpades kriterier avseende både ämnesstudier och geografisk placering. Det ämne som bedömdes vara mest relevant var Biologi 1, eftersom elever på denna kursnivå hade behandlat modern genetik enligt de då gällande kursplanerna. Vid tiden för studiens genomförande hade elever som följde de nya ämnesplanerna ännu inte nått de kursnivåer där modern genetik behandlas i motsvarande omfattning. Urvalet begränsades till elever som läste biologi eftersom dessa förväntades ha arbetat med genetiska begrepp och processer på en mer fördjupad nivå än elever som enbart läser naturkunskap.

Skolornas geografiska placering utgjorde ytterligare ett urvalskriterium. Eftersom intervjuerna planerades att genomföras fysiskt snarare än digitalt behövde deltagarna vara lokaliserade inom ett geografiskt område där datainsamlingen var praktiskt genomförbar.

För att rekrytera deltagare kontaktades gymnasieskolor i Göteborgsregionen samt i närliggande kommuner såsom Lerum, Alingsås och Vårgårda. Urvalsförfarandet hade därmed inslag av bekvämlighetsurval, då deltagare rekryterades från de skolor där tillgång till lämpliga deltagare fanns. När en skola med tillgängliga elever hade identifierats genomfördes ett ytterligare urval. Elever som hade läst modern genetik under det aktuella läsåret prioriterades framför elever som hade läst området under föregående läsår. Detta motiverades av antagandet att ett mer färskt minne av undervisningen skulle ge mer detaljerade och relevanta beskrivningar av elevernas upplevelser.

Urvalskriterierna kan sammanfattas enligt följande:

- Läser Biologi 1 på gymnasienivå.
- Går på en gymnasieskola inom Göteborgsregionen.
- Är tillgänglig för en fysisk intervju.

Antalet deltagare uppskattades utifrån en avvägning mellan behovet av ett tillräckligt omfattande empiriskt material och de praktiska förutsättningarna för genomförande, transkribering, analys och rapportskrivning inom ramen för examensarbetet. I samråd med handledare bedömdes ett lämpligt antal deltagare vara mellan fem och tio personer. Det slutliga urvalet omfattade sju deltagare, vilket låg inom det eftersträlvade intervallet.

Antalet deltagare bedömdes vara tillräckligt för att möjliggöra en kvalitativ analys inom examensarbetets ramar. Resultaten bör dock tolkas med hänsyn till det begränsade urvalet.

Majoriteten av deltagarna studerade på naturvetenskapsprogrammet, medan en deltagare gick på teknikprogrammet och hade valt att läsa Biologi 1 som individuellt val.

3.2 Etiskgrund

En kvalitativ intervjustudie bör genomföras i enlighet med etablerade forskningsetiska principer. Som vägledning för detta användes Vetenskapsrådets (2024) publikation *God forskningssed*, vilken beskriver de riktlinjer som forskare bör följa för att säkerställa att forskning bedrivs på ett transparent och etiskt försvarbart sätt. Riktlinjerna betonar bland annat vikten av informerat samtycke, konfidentiell hantering av deltagarnas uppgifter och ansvarsfull användning av insamlade data. Hallin och Helin (2018) sammanfattar dessa forskningsetiska principer i fyra huvudkrav.

Informationskravet innebär att deltagarna ska informeras om studiens syfte och genomförande (Hallin & Helin, 2018). För att uppfylla detta krav fick deltagarna både muntlig information före intervjun och skriftlig information om studiens syfte, genomförande och vilken typ av data som skulle samlas in innan den ljudinspelade delen av intervjun påbörjades.

Samtyckeskravet innebär att deltagarna frivilligt ska ge sitt samtycke till att medverka i studien utifrån den information som har presenterats (Hallin & Helin, 2018). För att säkerställa detta fick samtliga deltagare underteckna en samtyckesblankett innan intervjun inleddes. Blanketten innehöll även forskarens kontaktuppgifter samt information om deltagarnas rätt att när som helst avbryta sitt deltagande och få sina uppgifter borttagna ur studien. Den informationsblankett och samtyckesblankett som användes baserades på mallar från Göteborgs universitet och anpassades för studiens syfte. Dokumenten återfinns i bilaga 1.

Konfidentialitetskravet innebär att deltagarnas identitet och personuppgifter ska skyddas så att enskilda individer inte kan identifieras genom det material som presenteras (Hallin & Helin, 2018). För att uppfylla detta krav anonymiserades samtliga deltagare genom numrering, och ingen information om vilken skola deltagarna gick på redovisas i studien. Därmed är det inte möjligt att identifiera enskilda deltagare eller koppla specifika utsagor till en viss person.

Nyttjandekravet innebär att insamlad data endast får användas för det forskningsändamål som deltagarna har informerats om och samtyckt till (Hallin & Helin, 2018). Den data som samlades in inom ramen för studien används därför enbart för att besvara studiens forskningsfrågor. Som en ytterligare åtgärd kommer allt insamlat intervjumaterial att raderas efter att studien har avslutats och kommer inte att lagras i någon databas eller användas i framtida forskningssammanhang.

Genom att beakta och uppfylla dessa fyra forskningsetiska krav har studien genomförts i enlighet med de forskningsetiska principer som beskrivs av Vetenskapsrådet (2024).

3.3 Insamling av data

Intervjuguiden utformades med utgångspunkt i ett induktivt perspektiv. Intervjuerna genomfördes därför som semistrukturerade intervjuer, där frågorna organiserades utifrån de teman som framkom i studiens frågeställningar (Hallin & Helin, 2018). Detta val möjliggjorde att elevernas reflektioner kunde relateras till studiens centrala teman samtidigt som utrymme gavs för en mer öppen och flexibel dialog. En induktiv ansats är fördelaktig eftersom den ger intervjuaren möjlighet att följa upp intressanta resonemang och anpassa frågorna efter deltagarnas svar under intervjuns gång (Hallin & Helin, 2018).

För att stödja detta utformades frågorna som öppna frågor, vilket innebar att den data som genererades genom deltagarnas svar fick styra den fortsatta analysen (Hallin & Helin, 2018).

Inledningsvis fick deltagarna information om studiens etiska utgångspunkter och möjlighet att underteckna samtyckesblanketten. Den inspelade delen av intervjun inleddes därefter med en kort introduktion för att skapa en avslappnad samtalssituation. Intervjun utgick sedan från fem övergripande teman som låg till grund för frågorna.

Varje tema introducerades genom en huvudfråga som ställdes till samtliga deltagare. Dessa kompletterades med en uppsättning förberedda följdfrågor som användes beroende på deltagarnas initiala svar. Därutöver ställdes vid behov spontana följdfrågor för att fördjupa eller förtydliga deltagarnas resonemang. Den intervjuguide som användes återfinns i bilaga 2.

Ljudinspelningarna genomfördes med hjälp av en mobiltelefon. För transkriberingen användes den inbyggda transkriberingsfunktionen i Microsoft Word, vilken omvandlade ljudfilerna till text. Den automatiskt genererade transkriptionen granskades därefter manuellt och korrigerades för att åtgärda eventuella felaktigheter som uppstått under transkriberingsprocessen.

3.4 Analys

För analysen av det empiriska material som samlades in genom intervjuerna användes tematisk analys enligt den metod som beskrivs av Hallin och Helin (2018). Tematisk analys innebär att meningsbärande ord, uttryck och textavsnitt identifieras i det transkriberade materialet och markeras. Därefter organiseras dessa i grupper utifrån innehållsmässiga likheter för att identifiera återkommande teman i materialet. De framväxande temana förtydligas genom att överlappande eller mindre relevanta kategorier bearbetas och avgränsas. När temana har etablerats relateras de till studiens forskningsfrågor för att undersöka hur de bidrar till att besvara dessa. Analysen kan därefter övergå till en teoretiserande fas, där fokus riktas mot att identifiera samband mellan olika teman, undersöka hur de förhåller sig till varandra och formulera mer övergripande påståenden som förenar flera delar av materialet (Hallin & Helin, 2018). I denna fas eftersträvas även mer generella utsagor om temana i relation till studiens frågeställningar (Hallin & Helin, 2018). Det är dock viktigt att sådana tolkningar och teoretiska slutsatser har sin grund i det empiriska materialet och är förankrade i de data som samlats in (Martin & Turner, 1986).

Analysen av intervjumaterialet genomfördes genom att centrala och återkommande utsagor identifierades i de transkriberade intervjuerna. Dessa skrevs ned på post-it-lappar tillsammans med information om vilken deltagare som uttryckt utsagan. De utsagor som valdes ut berörde främst elevernas upplevelser av vad som upplevs som svårt inom modern genetik och varför, samt deras erfarenheter av undervisningen. Exempel på återkommande uttryck kopplade till svårigheter inom modern genetik var "virrigt", "mycket information" och "svårt att se framför sig". Beskrivningar av undervisningsupplevelser var ofta mer komplexa och sammanfattades därför i kortare fraser. Ett exempel på en sådan formulering var att animationer upplevs som ett stöd för visualisering av abstrakta processer.

Samtliga lappar placerades därefter på ett bord och sorterades utifrån innehåll och återkommande mönster. Utsagor som behandlade liknande aspekter grupperades tillsammans och bildade preliminära teman. Exempelvis samlades utsagor som berörde förståelse av genetiska begrepp, koncept och processer inom samma tema. När materialet hade organiserats tematiskt analyserades respektive tema för att identifiera återkommande mönster i deltagarnas svar samt eventuella likheter och skillnader mellan deltagarnas upplevelser.

4 Resultat

Resultatet redovisar den data som samlades in under intervjuerna utifrån de fyra tema som gavs från analysen. De sju deltagarna var relativt eniga i sina svar men det fanns en del nyans mellan vad olika deltagarnas upplevelser av undervisning och förståelse av modern genetik. Alla deltagare pekade ut delar av eller allt som ingår inom modern genetik som svårt på grund av en rad återkommande faktorer. Två deltagare uttryckte att genetiska processer och koncept, som proteinsyntes och replikation, var svårast. Tre deltagare uttryckte att allt var ungefär lika svårt. Två deltagare uttryckte att begreppsförståelse var svårast. Vad som de olika deltagarna upplever ligger till grund för att ämnet är svårt att förstå var också relativt universellt. Många komplicerade begrepp som ofta är mycket lika i både betydelse och stavning samt att ämnet i sin helhet är mycket abstrakt och svårt att intuitivt visualisera gör det svårt att förstå modern genetik.

4.1 Undervisning för begreppsförståelse

Eleverna beskriver att svårigheter med att förstå begrepp inom modern genetik dels beror på den stora mängden begrepp som behöver läras in, dels på att många begrepp liknar varandra till stavning eller betydelse. Begrepp som återkommande lyfts fram är DNA, RNA och mRNA. Problematiken kring dessa begrepp beskrivs av Elev 6, som i relation till DNA, RNA och mRNA uttrycker att "...man rör ihop DNA, RNA och mRNA för att de låter lika men de har olika betydelse, så det är väl det som gör det till det svåraste" och att "...det blir mycket att hålla koll på". Även Elev 4, som upplever begrepp som den svåraste delen av modern genetik, beskriver en liknande utmaning: "Jag är själv lite dålig på att komma ihåg begrepp och det är väldigt många begrepp".

Den abstrakta karaktären hos begreppen framhålls också som en bidragande faktor till svårigheterna. Som Elev 4 uttrycker det: "Det är inga vanliga namn. Det är ju begrepp som låter väldigt konstiga... men också väldigt lika". Elevernas beskrivningar visar att svårigheterna med begreppsförståelse främst kopplas till mängden begrepp, deras abstrakta och komplexa karaktär samt likheter i både stavning och betydelse. Ett återkommande uttryck i elevernas beskrivningar av genetiska begrepp är att de upplevs som "förvirrande" eller "virriga".

Eleverna påpekar även att det blir svårare att förstå och tillägna sig nya begrepp när lärarens terminologi skiljer sig från den som används i kurslitteraturen eller i andra undervisningsmaterial. Detta beskrivs av Elev 6: "...lärare använder inte alltid samma begrepp som boken, man vill ha egna exempel så det är väl inte det lättaste för eleverna att förstå".

Flera elever upplever att det blir svårare att förstå genetiska begrepp när undervisningen sker i ett högt tempo och när tydliga förklaringar eller visualiseringar saknas. Detta beskrivs främst i samband med lärarledda genomgångar där läraren talar mycket men skriver begränsat på tavlan. När läraren skriver och visualiserar innehållet upplever eleverna att tempot blir lättare att följa, förutsatt att mer än enstaka stödord används. Som Elev 5 uttrycker det: "När läraren bara pratar och inte visar tydliga exempel ...då kan det bli väldigt svårt ...man kanske inte helt hänger med och zoomar ut". Eleverna beskriver också att ett begränsat användande av tavlan gör det svårare att förstå sammanhanget kring de begrepp som behandlas och att avgöra vad som är särskilt viktigt att fokusera på. Elev 5 beskriver detta genom att säga: "Ok men vad var det jag skulle kunna om detta ord? Det kan försvåra".

Samtidigt uttrycker eleverna att de inte nödvändigtvis föredrar att enbart arbeta självständigt. Elev 2 och Elev 7 beskriver att fritt och ostrukturerat arbete utan tydligt syfte

eller mål upplevs som mindre gynnsamt för lärandet. De beskriver också att det kan vara svårt att tillägna sig kunskap om genetiska begrepp och processer enbart genom läsning av kurslitteraturen. Som Elev 7 uttrycker det: "Det är mycket, mycket ord ...mycket att ta in och det är jobbigt att själv läsa och verkligen ta in det jag läser". På liknande sätt beskriver Elev 2 att "Det blir ineffektivt eftersom det är många begrepp som kommer fram som man inte vet och inte har fått förklarat".

Eleverna upplever att förståelsen av genetiska begrepp gynnas av välstrukturerade genomgångar där nya begrepp introduceras med hjälp av bilder, illustrationer och andra visuella stöd. De beskriver även att planerade repetitionstillfällen, särskilt i början eller slutet av lektioner, underlättar förståelsen av begreppens innebörd. Som Elev 6 uttrycker det: "Det är lättare om man så ritade på tavlan, för då kan man ändå föreställa sig det".

Repetitionstillfällen kan enligt eleverna genomföras på olika sätt. Ett exempel är kortare diskussioner i par eller så kallade bikupor under lektionens gång. Elev 6 beskriver detta som: "Att en lärare först har genomgång, men sen att man tar fem minuter med sin bänkkamrat och får gå igenom det som läraren sagt för att se om man har missat något". Ett annat upplägg som beskrivs är att läraren först introducerar grunderna genom en genomgång och att eleverna därefter får tid för repetition och arbete med instuderingsfrågor. Elev 4 beskriver detta arbetssätt på följande sätt: "...genomgångar då man hinner fråga läraren men man förstår ändå grunden, men sen att liksom fördjupa sig genom att läsa och svara på frågor."

4.2 Undervisning av abstrakta processer

De elever som upplevde genetiska processer och koncept som särskilt svåra att förstå angav att detta berodde på en kombination av processernas abstrakta karaktär, deras höga komplexitet samt kravet på förståelse av ett stort antal underliggande begrepp. Elev 2 beskriver exempelvis att processernas abstrakta natur försvårar förståelsen eftersom "Visualiseringen är väldigt svårt. Man kan inte ta fram en (cell)kärna och visa". Svårigheten att visualisera processerna upplevs göra det svårt att förstå och minnas vad som sker i exempelvis replikation, transkription och andra genetiska processer.

De elever som uppgav att samtliga delar av modern genetik var ungefär lika svåra att förstå gav ytterligare kontext till hur begreppsförståelse och processförståelse samverkar. Som Elev 1 uttrycker det: "Man kan blanda ihop när DNA kopierar sig och när mRNA bildas. Det som är svårt är när allting blandas ihop". Bristande begreppsförståelse framstår således som en faktor som ytterligare ökar komplexiteten i processerna. Som framgått i föregående avsnitt upplever eleverna att många genetiska begrepp liknar varandra både till stavning och innebörd, vilket gör det svårt att koppla rätt begrepp till rätt process eller funktion. Elev 6 beskriver detta som att "Det är svårt att koppla rätt begrepp till rätt sammanhang". Sammantaget beskriver eleverna två huvudsakliga faktorer som gör genetiska processer svåra att förstå: dels att de är abstrakta och svåra att visualisera intuitivt, dels att de är komplexa och bygger på ett stort antal begrepp som i sig redan upplevs som utmanande. Detta illustreras av Elev 6, som beskriver att "...om man inte sett det innan så är det liksom svårt att veta hur det går till och det är mycket sådana små beståndsdelar av begrepp som man ska hålla koll på".

De elever som deltog i studien upplever att traditionell katederundervisning i form av föreläsningar inte alltid ger de bästa förutsättningarna för förståelse av genetiska processer. En återkommande förklaring var att undervisningen ofta sker i ett högt tempo och att visuella hjälpmedel används i begränsad utsträckning. I likhet med elevernas beskrivningar av begreppsinnläring upplevs detta göra det svårare att följa undervisningen, vilket kan leda till minskad koncentration och förståelse.

”Ja, det tycker jag när man mest bara pratar och inte riktigt visar tydliga exempel. Det tycker jag kan bli väldigt svårt för då kanske man inte helt hänger med när de pratar och det är ju lätt att man zoomar ut när man liksom inte fattar. För då blir man så här, jag fattar ändå inget liksom.” (Elev 5)

Samtidigt beskriver eleverna att visuella hjälpmedel såsom bilder, filmer och animationer inte alltid är oproblematiska. Flera elever framhåller att sådana resurser ibland kan bidra till förvirring snarare än förståelse. Elev 3 beskriver exempelvis att språkvalet kan utgöra ett hinder: ”Ibland är det lite videos så man får se lite hur det fungerar. Men oftast är de ju på engelska ...då blir det också svårare att förstå”. Andra elever upplever att filmer och animationer ibland är så komplexa att de blir svåra att tolka, särskilt när de saknar förklarande kommentarer eller berättarröst. Som Elev 5 uttrycker det: ”På komplicerade (animationer), då har det varit typ man har sett en DNA kopiering. Det var helt tyst i videon. Det är ingen som förklarar något ...då kan man lätt blanda ihop det”.

De lektionsupplägg som eleverna upplever främjar förståelsen av genetiska processer kännetecknas av tydlig struktur, variation i undervisningsformer samt ett genomtänkt användande av visuella hjälpmedel såsom bilder och animationer. Även schemalagd tid för repetition och bearbetning av innehållet upplevs som betydelsefull för förståelsen. Elev 3 beskriver ett lektionsupplägg som upplevdes särskilt gynnsamt:

”Börja med att han (läraren) skriver upp på tavlan och så berättar man lite och förklarar då och sen kanske ja måla upp en del bilder. Sen så kan man ju kolla på en film och så kan man så ja, men det här kommer jag ihåg från när jag hade gjort då och sen. Även jobba med många uppgifter själva, för jag tror det är en stor del för man hittar ju ofta sitt eget sätt till att lära sig någonting och om man får en egen uppgift så har man fått lite hjälp på traven och sen så kan man hitta sitt eget sätt att kunna tänka.” (Elev 3)

Flera elever upplever även att tid för fördjupande arbete, antingen som ett avslutande moment under lektionen eller som en mer omfattande arbetsform, bidrar till att utveckla en djupare förståelse av genetiska processer. Dessa arbetsformer ger eleverna möjlighet att bearbeta informationen aktivt och skapa en mer självständig förståelse av innehållet. Som Elev 2 beskriver det handlar detta om ”...att man behöver hitta sin egen källa aktivt, läs om den källan och sammanfattar den på ett bra sätt”.

4.3 Hjälpmedel för visualisering

Eleverna beskriver att möjligheten att visualisera ämnesinnehållet, såväl begrepp som processer, underlättar deras förståelse av modern genetik. Flera elever framhåller att avsaknaden av visuella hjälpmedel försvårar förståelsen av grundläggande koncept och gör det svårare att följa undervisningen. Detta illustreras av elev 1, som uttrycker att: ”När det inte finns mycket bilder och man bara memorerar fakta utan att förstå då blir det svårt ...det blir svårt att fastna i hjärnan”. På liknande sätt beskriver elev 6 att: ”Om läraren bara pratar och pratar då får man svårt att hinna ta del och koppla all information”. Eleverna upplever att visuella hjälpmedel, såsom bilder, animationer och fysiska modeller, bidrar till att göra genetiska begrepp och processer mer konkreta, vilket i sin tur underlättar både förståelse och minnesbildning.

4.3.1 Bilder och fysiska modeller

Samtliga elever nämnde bilder som ett betydelsefullt stöd för visualisering och förståelse av genetiska begrepp och processer. Statiska bilder upplevs vara särskilt användbara för begreppsförståelse, och kurslitteraturen lyftes fram som en värdefull källa till bilder tack vare dess tydliga struktur och nära koppling till undervisningsinnehållet. Detta illustreras av elev 3, som beskriver att: ”De förklarar ändå ganska bra och det finns många bilder som man kan kolla på och det är oftast en struktur på det”.

Flera elever framhåller även att bilder kan underlätta förståelsen av de olika stegen i genetiska processer, särskilt när de kompletteras med förklarande text. Elev 3 beskriver detta på följande sätt: ”...oftast när det är stilla så står det ofta 1, 2, 3 typ så då kanske man ska börja läsa det och så fattar man olika stegen sen så man förstår”. Ett liknande resonemang förs av elev 7, som föredrar statiska bilder framför animationer eftersom animationer ibland upplevs gå för snabbt: ”...bilder med lite text bredvid. Då känner jag att jag kan hänga med bättre.”

Bilder beskrivs även som ett stöd för att återkalla information vid provtillfällen. Genom att associera kunskap till visuella representationer upplever eleverna att det blir lättare att minnas och återskapa information. Elev 3 beskriver detta enligt följande: ”...viktigaste är ju bilder för det tror jag det är många kommer ihåg bilder och färger och sådant. Det är oftast det man kopplar ihop minnet med”.

För förståelsen av genetiska begrepp och molekylära strukturer framhålls även fysiska modeller, såsom molekylbyggsatser som ofta används i kemiundervisningen, som värdefulla hjälpmedel. Eleverna beskriver att möjligheten att fysiskt manipulera modellerna bidrar till att göra abstrakta begrepp mer konkreta och begripliga. Detta uttrycks av elev 6: ”...om man har sådana molekyler som man kan sitta, mecka lite och ta av och koppla på. Då kan jag se det framför mig”.

Vidare beskriver eleverna att visuella representationer fungerar som ett stöd för minnesbildning. Genom att studera bilder och koppla dem till specifika sammanhang upplever de att kunskap blir lättare att återkalla. Detta beskrivs som särskilt gynnsamt vid provsituationer, där eleverna kan återskapa bilder från minnet och använda dessa för att förklara genetiska begrepp och processer. Dessa visuella representationer kan hämtas från såväl kurslitteraturen som från illustrationer som läraren har ritat upp under undervisningen.

Bilder när han ritar på tavlan. hur kanske en RNA molekyl bildas från DNA och ... när man får se det på en bild på det så kan jag tycka att det är lättare också att komma ihåg det, för då kan jag föreställa mig det när jag tänker och det har underlättat otroligt mycket när jag sitter på ett prov och då kan jag rita ner och sen så kan jag förklara utifrån bilderna. Det tycker jag är lättare. (Elev 6)

4.3.2 Animationer/filmer

Animationer och filmer används ofta för att illustrera genetiska processer, såsom replikation och translation. Dessa processer upplevs av eleverna som särskilt svåra att förstå eftersom de är abstrakta och svåra att intuitivt visualisera. Detta illustreras av elev 2, som uttrycker att: ”Visualiseringen är väldigt svår. Man kan inte lätt ta fram en kärna och visa”. Animationer och filmer kan därför fungera som värdefulla hjälpmedel för att synliggöra hur dessa processer genomförs, vilka steg de innefattar och vilket syfte de fyller. De intervjuade eleverna beskriver att animationer och filmer bidrar till att göra abstrakta processer mer konkreta och därmed lättare att förstå. Som elev 2 uttrycker det: ”Filmerna som man visar hjälpte oss, typ hela klassen förstod jag det som”.

Majoriteten av eleverna upplever att rörliga animationer och filmer är mer gynnsamma för förståelsen av genetiska processer än statiska bilder. Särskilt framhålls möjligheten att

visualisera processernas förlopp och riktning. Elev 5 beskriver exempelvis hur filmer underlättade förståelsen av DNA-replikation: ”Det är därför det här var bra...liksom att se när DNA kopiering, då i början var jag så här, vilket håll rör det sig åt?”. Även elev 4 jämför statiska bilder och animationer och beskriver fördelarna med rörligt material:

”Ja, men jag skulle ändå säga om man ser rörelsen, alltså bild kan vara lite så här, OK, men det står ju still. Man förstår inte riktigt om de går åt höger och vänster eller hur gör de sen? Men videos då ser man ju hela processen så det skulle jag ändå säga är lite bättre.” (Elev 4)

Ett konkret exempel på hur animationer och filmer kan användas i undervisningen ges av elev 3, som beskriver att visuellt material med fördel kan användas efter en lärargenomgång. En sådan kombination upplevs underlätta visualiseringen av det innehåll som precis har behandlats: ”...om man först står och pratar lite ...och sen kanske ha någon video för då som man får se också hur det verkligen ser ut”.

Samtidigt framhåller eleverna att valet av film eller animation är betydelsefullt för hur användbart materialet upplevs vara. Ett återkommande problem som lyfts är att många filmer och animationer är producerade på engelska snarare än svenska. Detta upplevs som problematiskt eftersom det skapar ytterligare en barriär för förståelse när terminologin skiljer sig från den som används i kurslitteratur och undervisning. Som elev 3 beskriver: ”Men oftast är de ju på engelska. Finns inte mycket på svenska... då blir det också svårare att förstå. Det är ju begrepp på engelska som man inte fattar”.

Även komplexiteten i det visuella materialet framhålls som en faktor som påverkar elevernas förståelse. När filmer eller animationer innehåller många moment eller saknar tydliga förklaringar upplever eleverna att det blir svårt att följa och tolka innehållet korrekt. Detta illustreras av elev 5, som beskriver en situation där avsaknaden av förklaringar försvårade förståelsen: ”Det var helt tyst i videon. Det är ingen som förklarar något ...då blir det så här, då kan man lätt kan blanda ihop det”.

Eleverna upplever att de får störst nytta av filmer och animationer som presenterar innehållet på ett tydligt, strukturerat och förenklat sätt. Flera elever betonar vikten av att materialet förklarar processerna steg för steg och använder ett språk som är lätt att följa. Detta framkommer bland annat i följande citat från elev 4 och elev 5:

”Man behöver videos och bilder som är väldigt så här typ för barn... så man verkligen förstår” (Elev 4).

”Men om vi säger att det är en alltså nu är det verkligen barnfilmnivå, men att någon säger jag är ett enzym och nu gör jag detta. Då får man ju liksom en väldigt tydlig bild” (Elev 5).

Dessa utsagor indikerar att eleverna värdesätter visuella hjälpmedel som reducerar komplexiteten i innehållet och presenterar genetiska processer på ett tydligt och lättillgängligt sätt.

4.4 Upplevd lämplighet i olika lärandesituationer

Majoriteten av eleverna var eniga om att lärarcentrerat lärande i form av traditionella föreläsningar, där undervisningen huvudsakligen består av att läraren förmedlar information muntligt, inte alltid ger de bästa förutsättningarna för att förstå modern genetik. Samtidigt framhöll eleverna flera aspekter som gör denna undervisningsform betydelsefull och värdefull för lärandet. Framför allt beskrevs lärarcentrerat lärande som lämpligt för att etablera en grundläggande förståelse av nya begrepp, koncept och processer.

Elevcentrerat lärande, exempelvis i form av fördjupningsarbeten och presentationer inför klasskamrater, upplevdes däremot vara särskilt gynnsamt för att utveckla en djupare förståelse av ämnesinnehållet. Dessa arbetssätt gav eleverna möjlighet att bearbeta, tillämpa och

vidareutveckla sina kunskaper, vilket bidrog till mer fördjupad förståelse. Elevcentrerade undervisningsformer beskrevs också generellt som uppskattade av eleverna.

4.4.1 Lärarcentrerat lärande

Elevernas upplevelser av lärarcentrerat lärande omfattade både positiva och negativa aspekter. De positiva aspekterna som lyftes fram var att lärarcentrerade undervisningsformer bidrar till en tydlig och strukturerad introduktion av nytt ämnesinnehåll, ger möjlighet att ställa frågor samt skapar förutsättningar för en grundläggande förståelse av begrepp och koncept. Samtidigt beskrev eleverna situationer där dessa fördelar minskade eller försvann, vilket ledde till att undervisningen upplevdes som mindre tydlig och mer svårbegriplig.

Flera elever framhöll att lärarcentrerat lärande är särskilt värdefullt eftersom det möjliggör direkt återkoppling när svårigheter uppstår. Detta illustreras av elev 1, som beskriver att: "Det (lärarcentrerat lärande) brukar hjälpa mig. När man läser själv och stöter på begrepp som man inte vet så kan man inte få det förklarat fort". Eleverna betonade även betydelsen av att lärare använder tavlan aktivt genom att skriva och rita under genomgångar. Som tidigare redovisats upplevs detta underlätta förståelsen genom att synliggöra centrala begrepp och bidra till visualisering av abstrakta processer och samband.

Att föreläsningar och genomgångar fyller en viktig funktion för att introducera nya områden och etablera en grundläggande kunskapsbas framkommer tydligt i elevsvaren. Elev 4, som samtidigt uttrycker positiva erfarenheter av elevcentrerade arbetssätt, beskriver betydelsen av lärarledda genomgångar på följande sätt: "Man behöver verkligen många genomgångar för att förstå exakt vad det handlar om". Liknande uppfattningar uttrycks av andra elever, som framhåller att den struktur som lärarcentrerad undervisning kan erbjuda är gynnsam för lärandet. Exempelvis uttrycker elev 7 att: "Jag tror det är bättre att vi alltså får tydligare genomgångar".

En ytterligare fördel med välstrukturerade genomgångar där läraren aktivt skriver och illustrerar på tavlan är att eleverna upplever att det blir tydligare vilket innehåll som är centralt för kursen. Detta beskrivs av elev 3: "När han stod förklara så vet man ju ungefär vad som kommer på provet och vad han förväntar sig på provet så är det ju lättare så". Att läraren skriver och ritar för hand på tavlan upplevs även bidra till ökat engagemang och koncentration. Enligt elev 1 blir det lättare att följa undervisningen eftersom det "känns mer viktigt".

Samtidigt framhåller eleverna att de positiva aspekterna av lärarcentrerat lärande riskerar att försvagas när undervisningen huvudsakligen består av muntliga genomgångar utan stöd av skriftliga eller visuella representationer. Ett återkommande problem som lyfts är att det blir svårt att följa undervisningens tempo när läraren enbart talar. Detta illustreras av elev 6, som beskriver att: "Om man bara pratar och pratar som lärare då får man (eleverna) svårt att hinna med ... Mycket information, men lite skrivs ner". Andra elever uttrycker att de saknar visuella hjälpmedel, såsom bilder och illustrationer, som stöd för förståelsen. Elev 7 beskriver detta genom att säga: "Ja, det tycker jag (blir svårt) ... när man mest bara pratar och inte riktigt visar tydliga exempel".

I dessa situationer upplever eleverna att undervisningen blir mindre strukturerad och mer svåröverskådlig. Som elev 1 uttrycker det: "Om en lärare bara pratar utan att skriva ner många saker. Då brukar man glömma bort". Eleverna beskriver även att avsaknaden av en tydlig struktur och progression mellan undervisningsmoment försvårar förståelsen av hur olika begrepp och processer hänger samman.

4.4.2 Elevcentrerat lärande

Elevcentrerat lärande, där eleverna själva har en aktiv roll i att söka, bearbeta och tillägna sig kunskap, beskrevs av eleverna som särskilt gynnsamt för att utveckla en djupare förståelse av ämnesinnehållet. De erfarenheter som eleverna redogjorde för var främst kopplade till ett fördjupningsarbete där de fick fördjupa sig inom områden såsom vacciner och genteknik samt därefter presentera sitt arbete för sina klasskamrater. Eleverna upplevde att detta arbetssätt bidrog till fördjupade kunskaper inom det tilldelade ämnesområdet och att själva undervisningssituationen, där de fick förklara innehållet för andra, stärkte deras förståelse. Detta illustreras av elev 4, som uttrycker att: "När vi väl gjorde fördjupning, det gjorde så att jag fick i alla fall en större förståelse. För då kunde jag använda mig av det jag hade lärt mig".

Vidare framhöll eleverna att elevcentrerade arbetssätt skapar naturliga möjligheter till diskussion och kunskapsutbyte mellan klasskamrater. Dessa samtal upplevdes bidra positivt till förståelsen av ämnesinnehållet. Som elev 7 beskriver: "Man känner att man lärs sig mer när man talar fram och tillbaka".

Utöver det fördjupande arbetet beskrev vissa elever att även kortare perioder av självständigt arbete och reflektion kunde vara värdefulla för lärandet. Exempelvis upplevdes så lite som tio minuters egen repetition och bearbetning av innehållet i slutet av en lektion bidra till ökad förståelse. Detta uttrycks av en elev på följande sätt: "Tid att genomarbeta materialet. Kanske ägna tio minuter av en lektion, kanske tio minuter av slutet av den."

Trots de positiva erfarenheterna av elevcentrerat lärande betonade eleverna samtidigt betydelsen av lärarcentrerade undervisningsformer. Flera elever uttryckte att föreläsningar och genomgångar är nödvändiga för att etablera den grundläggande förståelse som krävs för att elevcentrerade aktiviteter ska vara meningsfulla och effektiva. Detta framgår tydligt i följande citat:

"Jag tror inte vår fördjupning hade gått om vi inte vår lärare först hade lärt oss. Men när vi väl gjorde fördjupning då gav det en större förståelse. Man behöver verkligen många genomgångar för att förstå exakt vad det handlar om." (Elev 4)

5 Diskussion

Följande diskussionskapitel syftar till att reflektera över studiens resultat och analys samt att relatera dessa till tidigare forskning inom området. Vidare diskuteras metodvalets och urvalets implikationer för studiens resultat och trovärdighet. Kapitlet innehåller även reflektioner kring framtida forskningsmöjligheter och förslag på fortsatt forskning. Avslutningsvis presenteras de slutsatser som dragits utifrån studiens resultat och analys.

5.1 Reflektion om resultatet

Resultatet av intervjuerna och den efterföljande analysen visar att eleverna upplever vissa eller samtliga delar av modern genetik som svåra att förstå fullt ut. De svårigheter som beskrivs kan kopplas till en kombination av ämnets höga komplexitet, den omfattande mängden begrepp samt dess abstrakta karaktär. De erfarenheter och reflektioner som framkommit i intervjuerna vittnar återkommande om ett ämnesområde som upplevs som utmanande och som ställer höga krav på både elever och lärare för att undervisningen ska skapa goda förutsättningar för förståelse.

De faktorer som eleverna beskriver som särskilt utmanande överensstämmer i stor utsträckning med tidigare forskning. Att eleverna upplever den stora mängden begrepp som en bidragande orsak till ämnets svårighetsgrad ligger i linje med resultaten från Cimer (2012) och Gericke (2018). Även elevernas beskrivningar av ämnets abstrakta natur överensstämmer med tidigare forskning, där genetikens abstrakta processer har identifierats som en central förklaring till att området upplevs som svårt samt till att missuppfattningar ofta uppstår bland elever (Fisher, 1985; Tsui & Treagust, 2010).

Eftersom flera olika aspekter av modern genetik upplevs som svåra att förstå, och eftersom, som elev 1 uttrycker det, "alla lär sig olika", framstår det som osannolikt att en enskild undervisningsstrategi skulle kunna möta samtliga elevers behov. I stället indikerar resultaten att en variation av undervisningsformer och pedagogiska hjälpmedel kan vara betydelsefull för att skapa goda förutsättningar för lärande. Elevernas önskemål om ökad visualisering, fler möjligheter till repetition samt fler fördjupande arbetsformer där de själva ges en aktiv roll i läroprocessen belyser vikten av variation i undervisningen. Detta resonemang ligger i linje med Palmberg et al. (2015), som i en nordisk studie fann att elever gynnas av en variation av undervisningsmetoder och pedagogiska hjälpmedel för att utveckla sin förståelse av genetik.

5.1.1 Användbara hjälpmedel

5.1.1.1 Bilder och modeller

Bilder som illustrerar molekylära strukturer och olika steg i genetiska processer är vanligt förekommande inom undervisningen i modern genetik. Elever möter ofta sådana visuella representationer i sin kurslitteratur, där de används för att förklara centrala begrepp, strukturer och processer. Fysiska modeller är sannolikt inte lika lättillgängliga som bilder i läromedel, men många skolor har tillgång till molekylbyggsatser inom kemiundervisningen som även skulle kunna användas i undervisning om genetik. Resultaten från denna studie indikerar att bilder upplevs vara särskilt användbara för begreppsförståelse, medan både bilder och fysiska modeller bidrar till förståelsen av molekylära strukturer och visualiseringen av abstrakta koncept.

Tidigare forskning har visat att både bilder och fysiska modeller kan fungera som effektiva hjälpmedel för att stödja elevers förståelse av genetiska begrepp och koncept (Chi-Yan Tsui & Treagust, 2007; Marbach-Ad et al., 2008; Newman et al., 2018; Roberg, 2004; Wright et

al., 2022; Yang et al., 2018). Yang et al. (2018) fann att bilder utgjorde ett värdefullt stöd för lärandet, men att animationer var ännu mer effektiva när det gällde att hjälpa elever att visualisera processers förlopp. Detta överensstämmer med resultaten i föreliggande studie. De intervjuade eleverna tenderade att föredra animationer framför statiska bilder vid visualisering av genetiska processer. Samtidigt framhöll flera elever att bilder har stor potential som pedagogiskt stöd, och en elev uttryckte att bilder i många fall ”räcker” för att förstå genetiska begrepp och strukturer. Sammantaget visar elevsvaren ett tydligt mönster där bilder främst upplevs som lämpliga för att stödja förståelsen av begrepp och strukturer.

Fysiska modeller nämndes inte av samtliga elever som ett hjälpmedel de hade erfarenhet av, men de elever som beskrev sådana erfarenheter gjorde det genomgående i positiva ordalag. Modeller, såsom molekylbyggsatser, ger elever möjlighet att konkretisera abstrakta och komplexa fenomen genom att omvandla dem till något som kan observeras och manipuleras fysiskt. Därigenom kan modeller bidra till att minska abstraktionsgraden och underlätta visualiseringen av centrala delar av modern genetik. Detta stöds även av tidigare forskning som visat att fysiska modeller kan främja elevers förståelse av abstrakta koncept och processer inom genetik (Newman et al., 2018; Roberg, 2004; Wright et al., 2022).

Eleverna i denna studie uttryckte att bilder i regel är betydligt mer hjälpsamma än avsaknaden av visuellt stöd, och de elever som hade erfarenhet av fysiska modeller var mycket positiva till deras användning. Tillsammans med resultaten från tidigare forskning indikerar dessa fynd att elever gynnas av undervisning som inkluderar både bilder och modeller. Bilder utgör ett lättillgängligt och praktiskt hjälpmedel eftersom de redan finns integrerade i elevernas läromedel. Användningen av fysiska modeller kräver däremot sannolikt mer undervisningstid för att samtliga elever ska få möjlighet att arbeta med dem på ett meningsfullt sätt. Samtidigt tyder både resultaten från denna studie och tidigare forskning på att de potentiella vinsterna i form av ökad förståelse och förbättrat lärande kan motivera en sådan tidsinvestering. Ett möjligt sätt att integrera modeller i undervisningen är genom laborativa moment, eftersom både eleverna i denna studie och tidigare forskning pekar på att praktiska undervisningsformer kan främja lärandet inom genetik (Roberg, 2004; Wright et al., 2022).

5.1.1.2 Animationer

Elevernas upplevelser och reflektioner kring användningen av filmer och animationer är särskilt intressanta eftersom de ger värdefulla insikter i vilka faktorer lärare bör beakta vid val av visuella hjälpmedel i undervisningen. Utifrån elevernas beskrivningar framstår filmer och animationer som effektiva verktyg för att visualisera abstrakta processer, begrepp och koncept inom modern genetik. Detta resultat överensstämmer med tidigare forskning som visat att filmer och animationer kan bidra till ökad förståelse av abstrakta genetiska fenomen (Chi-Yan Tsui & Treagust, 2007; Kara & Yesilyurt, 2007; Law & Lee, 2004; Marbach-Ad et al., 2008; Starbek et al., 2010; Yang et al., 2018).

Samtidigt innebär dessa resultat inte att lärare kan förlita sig uteslutande på filmer och animationer eller att alla visuella resurser är lika ändamålsenliga. Tvärtom indikerar elevernas utsagor, särskilt från elev 4 och elev 5, att filmer och animationer även kan fungera som källor till förvirring om de inte väljs med omsorg. Två faktorer framträder som särskilt problematiska: användningen av engelska i stället för svenska samt avsaknaden av berättarröst eller andra förklarande inslag. När språket i det visuella materialet skiljer sig från det språk som används i undervisningen och kurslitteraturen riskerar eleverna att möta ytterligare en nivå av komplexitet. I sådana situationer behöver eleverna samtidigt tolka innehållet och översätta centrala begrepp, vilket kan försvåra förståelsen av det som presenteras. Thörne och Gericke (2018) betonar betydelsen av lärarens språkval när

undervisning sker på elevernas modersmål. Mot denna bakgrund framstår det som rimligt att även beakta språkvalet i de undervisningsresurser som används.

Elevernas önskemål om förenklade och ”barnsliga” filmer och animationer kan tolkas som ett uttryck för behovet av pedagogiskt tydliga visualiseringar. Enligt elevernas beskrivningar underlättade animationer där enzymer och molekyler tillskrevs mänskliga egenskaper, handlingsförmåga eller personligheter förståelsen av komplexa begrepp, processer och funktioner. Sådana visualiseringar kan därmed utgöra ett sätt att göra abstrakta fenomen mer begripliga och tillgängliga för eleverna. Samtidigt är denna typ av förenkling inte oproblematisks. När centrala aspekter av begrepp eller processer utelämnas för att göra innehållet mer lättförståeligt finns en risk att elever utvecklar eller befäster missuppfattningar. Tidigare forskning har visat att missuppfattningar kan uppstå när elever internaliserar förenklade modeller som inte tillräckligt väl representerar den underliggande biologiska verkligheten (Fisher, 1985; Gericke et al., 2013). Lärare behöver därför göra en medveten avvägning mellan att erbjuda pedagogiskt tillgängliga förklaringar och att säkerställa att de modeller och representationer som används inte riskerar att skapa felaktiga föreställningar.

Sammantaget indikerar elevsvaren i denna studie att animationer generellt föredras framför statiska bilder vid undervisning om genetiska processer såsom proteinsyntes och transkription. Detta resultat överensstämmer väl med tidigare forskning som visat att animationer inte bara kan bidra till djupare förståelse utan även medföra lägre kognitiv belastning än statiska bilder (Yang et al., 2018). Resultaten antyder därmed att filmer och animationer har stor potential som pedagogiska hjälpmedel inom undervisningen av modern genetik, förutsatt att de väljs och används med omsorg.

5.1.2 Kognitiv överbelastning

Begreppet kognitiv överbelastning, såsom det beskrivs av Sweller (1988) och Sweller et al. (2011), utvecklades ursprungligen i samband med matematisk problemlösning. Flera av de egenskaper som kännetecknar områden med hög kognitiv belastning är emellertid även relevanta för modern genetik. Såväl matematik som modern genetik kännetecknas av hög komplexitet, många samverkande komponenter och en betydande grad av abstraktion. Elevernas beskrivningar av modern genetik som ett förvirrande och svåröverskådligt ämne, präglad av ett stort antal begrepp och processer, indikerar därför att kognitiv överbelastning kan vara en bidragande faktor till de svårigheter som upplevs i undervisningen.

Enligt Sweller (1988) och Sweller et al. (2011) uppstår kognitiv överbelastning när mängden information som behöver bearbetas överstiger arbetsminnets kapacitet. Flera av de erfarenheter som eleverna beskriver kan tolkas i ljuset av detta perspektiv. Exempelvis uttrycker eleverna att de har svårt att följa undervisningen när tempot är högt eller när stora mängder information presenteras under kort tid. I sådana situationer riskerar eleverna att förlora överblicken och tappa fokus. Även elevernas upplevelser av att undervisningsmaterial på andra språk än deras modersmål försvårar förståelsen kan ses som en potentiell källa till ökad kognitiv belastning.

Sammantaget tyder elevernas utsagor på att undervisning i modern genetik kan innebära både hög inneboende och hög ovidkommande kognitiv belastning. Ett exempel på ovidkommande kognitiv belastning är användningen av flera språk i undervisningen. När elever behöver hantera genetiska begrepp på både svenska och engelska ökar mängden information som arbetsminnet behöver bearbeta, vilket riskerar att försvåra lärandet. Sweller et al. (2011) argumenterar för att den inneboende kognitiva belastningen är svår att eliminera eftersom den är knuten till innehållets komplexitet. Däremot kan den ovidkommande kognitiva belastningen reduceras genom medvetna didaktiska val. För att uppnå detta kan

lärare exempelvis välja undervisningsmaterial på elevernas modersmål, använda tydligt strukturerade resurser och presentera innehållet på ett så överskådligt sätt som möjligt.

Elevernas önskemål om förenklade och till och med ”barnsliga” filmer och animationer kan också tolkas som ett uttryck för behovet av att minska den ovidkommande kognitiva belastningen. En viss grad av didaktisk reduktion kan underlätta förståelsen genom att rikta elevernas uppmärksamhet mot de mest centrala aspekterna av innehållet. Vidare kan variation i undervisningsformer och hjälpmedel bidra till att reducera den kognitiva belastningen. Sweller et al. (2011) beskriver bland annat modalitetseffekten, där information presenteras genom flera kompletterande representationsformer såsom text och bild, samt överflödseffekten, som innebär att onödigt information avlägsnas. Båda dessa principer syftar till att minska den ovidkommande kognitiva belastningen. En tillämpning av dessa principer i undervisningen kan ge elever bättre möjligheter att bearbeta information och utveckla förståelse för komplexa genetiska begrepp och processer.

Det är även tänkbart att ökade möjligheter till repetition samt fler undervisningstillfällen skulle kunna minska risken för kognitiv överbelastning. Ett större antal lektioner skulle ge lärare möjlighet att introducera nytt innehåll i ett lägre tempo och säkerställa att eleverna har utvecklat en grundläggande förståelse innan ytterligare information tillförs. På så sätt kan den kognitiva belastningen fördelas över en längre tidsperiod i stället för att koncentreras till ett fåtal undervisningstillfällen. Detta resonemang stöds av Sweller et al. (2011), som beskriver hur komplex information kan göras mer hanterbar genom att delas upp i mindre delar samt genom förberedande undervisning inför särskilt krävande moment. Samtidigt innebär en ökad tidsåtgång för genetikundervisning potentiella utmaningar ur ett planeringsperspektiv, eftersom mer tid för ett innehållsområde ofrånkomligen innebär mindre tid för andra delar av kursen. Det finns därmed en risk att problemet med kognitiv överbelastning förskjuts till andra moment snarare än elimineras.

En potentiellt mer praktiskt genomförbar strategi är att stärka den struktur och sammanhållning i undervisningen som eleverna själva efterfrågar. Om undervisningen planeras med en tydlig och logisk progression mellan lektionerna samt kompletteras med återkoppling till tidigare innehåll i början av varje lektion kan eleverna ges bättre förutsättningar att följa undervisningen och förstå hur olika moment relaterar till varandra. Detta kan även minska risken för att eleverna upplever osäkerhet eller förvirring inför nya undervisningsmoment. Resonemanget stöds av Duncan et al. (2016), som betonar betydelsen av sammanhang och progression mellan olika undervisningsmoment. Att skapa en tydlig struktur och en röd tråd genom undervisningen framstår därför som en central didaktisk princip inom undervisningen av modern genetik. Även om detta sannolikt är något många lärare redan eftersträvar kan resultaten indikera att särskild uppmärksamhet bör ägnas åt planeringen av progression och sammanhang inom detta ämnesområde.

Användningen av bilder, animationer och fysiska modeller har också visats kunna påverka den kognitiva belastningen, även om tidigare forskning presenterar delvis motstridiga resultat. Yang et al. (2018) fann att elever som arbetade med animationer upplevde lägre kognitiv belastning än elever som arbetade med statiska bilder. Newman et al. (2018) visade däremot att fysiska modeller kunde medföra lägre kognitiv belastning än animationer, vilket förklarades av att eleverna själva kunde kontrollera tempot i sitt lärande. Dessa resultat, tillsammans med elevsvaren i föreliggande studie där flera elever uttrycker att bilder ofta är tillräckliga och att de uppskattar möjligheten att styra sitt eget lärande, kan ses som ytterligare indikationer på behovet av variation i undervisningsformer och pedagogiska hjälpmedel. Detta ligger även i linje med Sweller et al. (2011), som framhåller multimodala representationer och varierade presentationsformer som strategier för att reducera ovidkommande kognitiv belastning. Sammantaget talar resultaten därför för att en varierad

undervisning, där olika typer av visuella och praktiska hjälpmedel kombineras, kan bidra till att skapa bättre förutsättningar för elevers förståelse av modern genetik.

5.1.3 Lärarcentrerat vs elevcentrerat lärande

Elevsvaren visar ett tydligt mönster där elevcentrerade undervisningsformer, särskilt fördjupningsarbeten, upplevs bidra till en djupare och mer fullständig förståelse av modern genetik. Samtidigt uttrycker eleverna att sådana arbetssätt är svåra att genomföra utan att först ha etablerat grundläggande kunskaper genom lärarcentrerade undervisningsmoment, såsom föreläsningar och genomgångar. Dessa lärarcentrerade moment tycks dessutom gynnas av inslag av elevaktivitet, exempelvis frågeställningar, pardiskussioner och instuderingsfrågor. Trots sådana inslag utgör den lärarledda undervisningen kärnan i dessa moment.

Resultaten indikerar således att eleverna upplever störst nytta när lärarcentrerade och elevcentrerade undervisningsformer används som komplement till varandra. Utifrån studiens analys framstår det därför som betydelsefullt att undervisningen organiseras så att eleverna ges möjlighet att ta del av båda dessa arbetssätt. Detta ligger även i linje med behovet av variation i undervisningens hjälpmedel och didaktiska upplägg, då olika elever upplever nytta av olika typer av stöd. Som tidigare redovisats framstår olika hjälpmedel som särskilt lämpade för olika aspekter av modern genetik.

Betydelsen av att kombinera lärarcentrerade och elevcentrerade undervisningsformer uttrycks tydligt av elev 4: "Allting handlar om att blanda liksom självarbete och med läraren". Detta stöds även av tidigare forskning, där variation i undervisningen lyfts fram som en central faktor för elevers lärande (Palmberg et al., 2015). Palmberg et al. (2015) fann att många elever upplever föreläsningar som ett effektivt sätt att lära sig genetik. Tillsammans med de nyanserade beskrivningar som framkommit i denna studie av hur och när elever upplever att föreläsningar är mest gynnsamma, indikerar detta att elever har behov av varierade undervisningsformer och pedagogiska hjälpmedel. Resultaten tyder således på att variation i undervisningen är en viktig förutsättning för att stödja elevers förståelse av modern genetik. Även Palmberg et al. (2015) betonar vikten av variation i genetikundervisningen för att främja elevers förståelse.

Under analysen av intervjuerna och genomgången av tidigare forskning identifierades ett flertal studier som behandlar variation i genetikundervisningen. Däremot påträffades få studier som direkt undersöker skillnader mellan lärarcentrerat och elevcentrerat lärande, eller som analyserar vilka undervisningsmoment och syften respektive undervisningsform är mest lämpad för. Detta kan antingen bero på att forskningsområdet är begränsat eller på att relevanta studier inte identifierades genom de databaser och sökstrategier som användes.

Resultaten från föreliggande studie indikerar att elever upplever lärarcentrerat lärande som särskilt värdefullt vid introduktion av nya fakta, begrepp och koncept. Elevcentrerade undervisningsformer tycks därefter möjliggöra en djupare förståelse genom att eleverna ges möjlighet att bearbeta, tillämpa och vidareutveckla de kunskaper som etablerats under de lärarcentrerade momenten. En jämförelse mellan dessa resultat och framtida forskning som specifikt undersöker relationen mellan lärarcentrerat och elevcentrerat lärande inom genetikundervisning skulle kunna bidra med värdefulla insikter. Utifrån det forskningsunderlag som identifierats kan det i nuläget konstateras att resultaten i denna studie överensstämmer väl med tidigare forskning som framhåller betydelsen av variation i genetikundervisningen samt variation i de pedagogiska hjälpmedel som används.

5.2 Metoddiskussion

Valet att genomföra en kvalitativ studie med intervjuer grundades i metodens lämplighet för att generera nyanserade beskrivningar av deltagarnas upplevelser och reflektioner. För

studiens syfte visade sig detta tillvägagångssätt vara ändamålsenligt, då deltagarna bidrog med omfattande och innehållsrika beskrivningar av sina erfarenheter av undervisning i modern genetik. Samtidigt innebar metodvalet att antalet deltagare blev betydligt lägre än vad som sannolikt hade varit möjligt i en kvantitativ studie baserad på enkäter.

Det är därför relevant att reflektera över hur urvalets storlek och sammansättning kan ha påverkat studiens resultat och analys. Eftersom intervjuerna bygger på elevernas egna upplevelser och minnesbilder av undervisningen i modern genetik är resultaten nära knutna till deltagarnas individuella erfarenheter. Detta innebär att studier av denna typ kan generera resultat som skiljer sig från eller nyanserar tidigare forskning, särskilt när deltagarnas upplevelser och tolkningar utgör den primära datakällan.

5.2.1 Implikationer från urvalet

Samtliga elever som deltog i studien rekryterades från samma skola, och sex av de sju deltagarna tillhörde samma klass och undervisades av samma lärare. Detta berodde på att det var den enda kontext där studiens intervjuer kunde genomföras enligt den planerade designen. Urvalet kännetecknas därmed av en begränsad variation avseende skolmiljöer, undervisningskontexter och lärarerfarenheter, vilket innebär att den insamlade empirin i hög grad speglar erfarenheter från en specifik klass och dess förutsättningar.

Mot denna bakgrund bör studiens resultat tolkas med viss försiktighet vad gäller generaliserbarhet till andra elevgrupper och undervisningskontexter. Detta utgör dock inte någon avgörande begränsning för studiens syfte, eftersom avsikten inte har varit att generera statistiskt generaliserbara resultat utan att undersöka elevers upplevelser av undervisning i modern genetik.

Samtidigt är det rimligt att anta att ett bredare urval, bestående av elever från flera skolor och med erfarenheter av olika lärare, hade kunnat bidra till ett mer varierat empiriskt underlag. Det är möjligt att elever från andra undervisningskontexter hade beskrivit andra erfarenheter av genetikundervisning, särskilt vad gäller undervisningens utformning och användningen av olika pedagogiska hjälpmedel.

Det är däremot mindre sannolikt att ett mer varierat urval i någon större utsträckning hade förändrat vilka delar av genetiken som elever upplever som svåra eller varför dessa upplevs som utmanande. Genetik har sedan länge identifierats som ett av de mest komplexa ämnesområdena inom biologiundervisningen, och tidigare forskning har återkommande visat att elever möter liknande svårigheter relaterade till abstrakta begrepp, processer och koncept (Fauzi et al., 2021; Fisher, 1985; Gericke, 2018; Ojo, 2024; Saka et al., 2006).

Det som sannolikt hade kunnat nyanseras genom ett mer varierat urval är elevernas upplevelser av undervisningen. Detta beror dels på att elever har individuella erfarenheter och preferenser, dels på att lärare skiljer sig åt i fråga om undervisningsmetoder, användning av pedagogiska hjälpmedel och organisering av undervisningen. En större variation av deltagare hade därför kunnat bidra med ytterligare perspektiv på vilka undervisningsformer och stödstrukturer som elever upplever som mest gynnsamma för lärandet inom modern genetik.

5.3 Framtida forskning

Som diskuterats i avsnittet om studiens begränsningar utifrån urvalet så har resultaten sannolikt påverkats av att samtliga deltagare rekryterades från samma skola och att majoriteten av eleverna undervisades av samma lärare. Framtida studier som avser att undersöka liknande frågeställningar bör därför eftersträva ett mer heterogent urval genom att inkludera elever från flera skolor. Ett sådant urval skulle möjliggöra att fler perspektiv representeras samt minska påverkan från enskilda klassrumsdynamiker och

undervisningspraktiker. Genom att inkludera deltagare från olika skolmiljöer och undervisningskontexter skulle resultaten sannolikt bli mer representativa och generaliserbara.

Vidare skulle det vara intressant att, med ett större och mer varierat urval, undersöka eventuella samband mellan elevers upplevelser av undervisningen och hur lärare organiserar och genomför undervisningen. En särskilt relevant aspekt att studera är hur klassens storlek påverkar elevers upplevelser av olika undervisningsformer, såsom föreläsningar och projektbaserat arbete. Intresset för denna fråga väcktes av de erfarenheter som elev 4 beskrev i föreliggande studie. Som framgått tidigare antydde elev 4 att klassens storlek sannolikt påverkade deras upplevelse av lärarcentrerad undervisning. Enligt elevens beskrivning upplevdes lärarcentrerade moment som särskilt värdefulla för att etablera grundläggande förståelse inför mer elevcentrerade aktiviteter, eftersom läraren hade större möjligheter att ge individuellt stöd. Detta kan indikera att klassens storlek påverkar hur elever uppfattar och drar nytta av olika didaktiska metoder. Även om detta inte utgör en ny observation, är det möjligt att vissa av de svårigheter elever upplever i relation till modern genetik kan mildras genom mindre undervisningsgrupper. Mindre klasser skulle teoretiskt kunna ge lärare bättre möjligheter att identifiera individuella svårigheter och anpassa sitt stöd efter elevernas behov.

En annan aspekt som bör beaktas i framtida forskning är inkluderingen av klassisk genetik och genteknik. I föreliggande studie avgränsades undersökningen till modern genetik, dels på grund av områdets omfattande förekomst av abstrakta begrepp och processer, dels för att studiens omfattning skulle vara praktiskt genomförbar. Med mer tid, större resurser och ett större antal deltagare hade det varit möjligt att inkludera samtliga delar av det centrala innehållet inom genetik. En sådan utvidgning hade sannolikt bidragit till ett mer representativt och generaliserbart resultat.

Eftersom analysen i denna studie indikerar en tydlig koppling mellan elevers upplevelser av undervisning i modern genetik och centrala begrepp inom Cognitive Load Theory framstår fortsatt forskning inom området som relevant. Framtida studier skulle exempelvis kunna undersöka hur undervisningsstrategier som syftar till att reducera kognitiv belastning påverkar elevers förståelse av modern genetik och deras möjligheter att tillägna sig ämnesinnehållet.

Då få tidigare studier med direkt relevans för lärarcentrerat respektive elevcentrerat lärande inom undervisning av modern genetik identifierades, framstår ytterligare forskning inom området som motiverad. Framtida studier skulle exempelvis kunna undersöka vilka delar av modern genetik som i störst utsträckning gynnas av lärarcentrerade respektive elevcentrerade undervisningsformer. Vidare skulle forskning kunna belysa hur dessa undervisningsformer mest effektivt kan kombineras avseende ordningsföljd, omfattning och pedagogisk funktion.

5.4 Slutsatser

Den insamlade empirin indikerar att modern genetik upplevs som ett svårt ämnesområde av eleverna, främst på grund av förekomsten av ett stort antal abstrakta begrepp, koncept och processer. Kombinationen av informationsmängd och innehållets komplexitet tycks försvåra elevernas möjligheter att intuitivt förstå och tillägna sig ämnesinnehållet. Resultaten antyder även att eleverna upplever höga nivåer av kognitiv belastning i undervisningen om modern genetik, vilket kan förstås som en konsekvens av ämnets inneboende komplexitet.

Resultaten har flera didaktiska implikationer. För att skapa gynnsamma förutsättningar för elevers förståelse av modern genetik framstår en variation av undervisningsformer och pedagogiska hjälpmedel som betydelsefull. Undervisningen kan med fördel växla mellan lärarcentrerade och elevcentrerade arbetssätt. Lärarcentrerade moment kan användas för att introducera nya begrepp, koncept och processer, medan elevcentrerade moment ger eleverna möjlighet att bearbeta informationen och utveckla en djupare förståelse. I dessa situationer kan läraren fungera som stöd genom att besvara frågor och vägleda elevernas lärandeprocess.

Lärarcentrerade moment, exempelvis föreläsningar och presentationer, kan även kompletteras med elevaktiva inslag såsom pardiskussioner för att främja elevernas engagemang och bearbetning av innehållet. Resultaten indikerar också att visualiserande hjälpmedel har en viktig funktion i undervisningen av modern genetik. För att stödja lärandet bör sådana hjälpmedel vara tydliga, välstrukturerade och anpassade efter elevernas förutsättningar. Om hjälpmedlen upplevs som otydliga eller komplexa riskerar de att bidra till ökad kognitiv belastning och därmed motverka sitt syfte. En variation av hjälpmedel framstår dessutom som betydelsefull för att tillgodose olika elevers behov och preferenser.

För att främja en djupare förståelse av ämnesinnehållet tycks elevcentrerade undervisningsformer vara särskilt värdefulla. Exempel på sådana arbetssätt är laborationer och fördjupningsuppgifter, vilka ger eleverna möjlighet att tillämpa och bearbeta sina kunskaper i praktiken. Genom att aktivt använda sina kunskaper kan eleverna utveckla en mer fördjupad förståelse av genetiska begrepp, processer och samband.

Sammantaget indikerar resultaten att samtliga delar av modern genetik kan vara svåra för elever att intuitivt förstå. Elevernas lärande tycks gynnas av en kombination av lärarcentrerade och elevcentrerade undervisningsformer, en tydlig struktur och logisk progression mellan lektioner samt en variation av hjälpmedel som underlättar visualisering av abstrakta begrepp och processer. Lärarcentrerade undervisningsformer framstår som särskilt betydelsefulla för att etablera grundläggande begreppsförståelse och introducera nya koncept, medan elevcentrerade undervisningsformer ger möjligheter att bearbeta, tillämpa och fördjupa dessa kunskaper. Resultaten pekar även på vikten av att minimera den ovidkommande kognitiva belastning som elever exponeras för genom undervisningens utformning och det material som används.

Tackord

Jag vill uttrycka stort tack till min handledare Kai Sattler. Kai har varit generös med sin tid, alltid varit tillgänglig och kontaktbar trots ett fullt schema och andra åtaganden. Kai har också varit ett ovärderligt bollplank och har gett bra råd och insikt. Jag vill också tacka alla deltagare och deras lärare som generöst gav mig tre möjligheter att komma till deras arbetsplats för att intervju elever. Tack till er alla.

6 Referenslista

- Aivelo, T., & Uitto, A. (2021). Factors explaining students' attitudes towards learning genetics and belief in genetic determinism. *International Journal of Science Education, 43*(9), 1408–1425. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1917789>
- Chi-Yan Tsui, & Treagust, D. F. (2007). Understanding Genetics: Analysis of Secondary Students' Conceptual Status. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(2), 205–235. <https://doi.org/10.1002/tea.20116>
- Cimer, A. (2012). What Makes Biology Learning Difficult and Effective: Students' Views. *Educational Research and Reviews, 7*(3), 61-. <https://doi.org/10.5897/ERR11.205>
- Duncan, R. G., Castro-Faix, M., & Choi, J. (2016). Informing a Learning Progression in Genetics: Which Should Be Taught First, Mendelian Inheritance or the Central Dogma of Molecular Biology? *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*(3), 445–472. (Springer. 233 Spring Street, New York, NY 10013. Tel: 800-777-4643; Tel: 212-460-1500; Fax: 212-348-4505; e-mail: service-ny@springer.com; Web site: <http://www.springerlink.com>). <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9568-3>
- Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(7), 938–959. <https://doi.org/10.1002/tea.20186>
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 655–674. <https://doi.org/10.1002/tea.20312>
- Ebenezer Yeboah Owusu, Joel Azuure Adongo, Emmanuel Boateng Agyare, & Kwaku Appiah-Kubi. (2023). Assessing the Impact of Integrating Information and Communication Technology on Senior High School Students' Achievement in Genetics. *International Technology and Education Journal, 7*(1), 18–27. (International

Technology and Education Journal. Available from: Sayim Aktay, Mugla Sitki Kocman University, Educational Faculty, Mentese, Mugla 48000, Turkey. Tel: +90 252 211 22 25; e-mail: itejournal@gmail.com; Web site: <http://itejournal.com/>).

Ellefson, M. R., Brinker, R. A., Vernacchio, V. J., & Schunn, C. D. (2008). Design-based learning for biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 36(4), 292–298. <https://doi.org/10.1002/bmb.20203>

Fauzi, A., Rosyida, A. M., Rohma, M., & Khoiroh, D. (2021). The difficulty index of biology topics in Indonesian Senior High School: Biology undergraduate students' perspectives. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 7(2), 149–158. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v7i2.16538>

Fisher, K. M. (1985). A Misconception in Biology: Amino Acids and Translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53–62. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220105>

Gericke, N. (2018). *Teaching biology in schools: Global research, issues, and trends*. <https://www-taylorfrancis-com.ezproxy.ub.gu.se/books/edit/10.4324/9781315110158/teaching-biology-schools-kostas-kampourakis-michael-reiss>

Gericke, N., Hagberg, M., & Jorde, D. (2013). Upper Secondary Students' Understanding of the Use of Multiple Models in Biology Textbooks—The Importance of Conceptual Variation and Incommensurability. *Research in Science Education*, 43(2), 755–780. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9288-z>

Hallin, A., & Helin, J. (2018). *Intervjuer* (1st ed.). Studentlitteratur AB.

Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.1007/BF00051837>

- Kara, Y., & Yesilyurt, S. (2007). Assessing the Effects of Tutorial and Edutainment Software Programs on Students' Achievements, Misconceptions and Attitudes towards Biology. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(2). (Hong Kong Institute of Education. 10 Lo Ping Road, Tai Po, New Territories, Hong Kong. Tel: +011-852-2948-7650; Fax: +011-852-2948-7726; e-mail: apfslt@sci.ied.edu.hk; Web site: <http://www.ied.edu.hk/apfslt>).
- Kilic, D. (2021). What do Students Really Understand? Secondary Education Students' Conceptions of Genetics. *Science Insights Education Frontiers*, 10, 1405–1422. <https://doi.org/10.15354/sief.21.or061>
- Law, N., & Lee, Y. (2004). Using an Iconic Modelling Tool to Support the Learning of Genetics Concepts. *Journal of Biological Education*, 38(3), 118–124. (Routledge. Available from: Taylor & Francis, Ltd. 325 Chestnut Street Suite 800, Philadelphia, PA 19106. Tel: 800-354-1420; Fax: 215-625-2940; Web site: <http://www.tandf.co.uk/journals>). <https://doi.org/10.1080/00219266.2004.9655918>
- Machová, M., & Ehler, E. (2023). Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions. *Journal of Biological Education*, 57(3), 633–646. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136>
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using Computer Animation and Illustration Activities to Improve High School Students' Achievement in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 273–292. <https://doi.org/10.1002/tea.20222>
- Marra, R. M., Jonassen, D. H., Palmer, B., & Luft, S. (2014). Why Problem-Based Learning Works: Theoretical Foundations. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3/4), 221–238.

- Martin, P. Y., & Turner, B. A. (1986). Grounded Theory and Organizational Research. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 22(2), 141–157.
<https://doi.org/10.1177/002188638602200207>
- Mintz, R. (1993). Computerized Simulation as an Inquiry Tool. *School Science and Mathematics*, 93(2), 76–80. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1993.tb12198.x>
- Newman, D. L., Stefkovich, M., Clasen, C., Franzen, M. A., & Wright, L. K. (2018). Physical models can provide superior learning opportunities beyond the benefits of active engagements. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(5), 435–444.
<https://doi.org/10.1002/bmb.21159>
- Ojo, A. T. (2024). Examination of secondary school students' conceptual understanding, perceptions, and misconceptions about genetics concepts. *Pedagogical Research*, 9(1), em0185. <https://doi.org/10.29333/pr/14095>
- Palmberg, I., Björk, J., Kronlund, K., Lindén, M., Sandkvist, M., & Sandström, S. (2015). Gymnasiets genetik – Svårt eller bara ett didaktiskt problem? *Lumat: International Journal of Math, Science and Technology Education*, 3(5), 606–626.
<https://doi.org/10.31129/lumat.v3i5.1009>
- Palmgren, F. (2024). *Genetic confusion. Gymnasieelevers missuppfattningar om genetik och undervisningsstrategier för att motverka dem*. <https://hdl.handle.net/2077/84219>
- Roberg, E. (2004). Genetic Building Blocks. *Science Teacher*, 71(6), 24–29. (National Science Teachers Association. 1840 Wilson Boulevard, Arlington, VA 22201-3000. Tel: 800-722-6782; Fax: 703-243-3924; e-mail: membership@nsta.org; Web site: <http://www.nsta.org>).
- Sadava, D. E., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Hacker, S. D. (2017). *Life: The science of biology* (Eleventh edition). Sinauer Associates ; Macmillan Education.

- Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 192–202.
<https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>
- Shaw, K. R., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*, 178(3), 1157–1168. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- Skolverket. (2022). *Biologi-BIO*.
<https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/program-och-amnen-i-gymnasieskolan/hitta-program-amnen-och-kurser-i-gymnasieskolan-gyl1/hitta-program-och-amnesplaner-i-gymnasieskolan-gyl1/search/subjects/BIO?v=2#BIO>
- Skolverket. (2023). *Biologi*
<https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/program-och-amnen-i-gymnasieskolan/hitta-program-och-amnen-i-gymnasieskolan-gy25/hitta-program-och-amnen-i-gymnasieskolan-gy25/search/subjects/BIOG?v=1#course-plan>
- Starbek, P., Erjavec, M. S., & Peklaj, C. (2010). Teaching Genetics with Multimedia Results in Better Acquisition of Knowledge and Improvement in Comprehension. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(3), 214–224. (Wiley-Blackwell. 350 Main Street, Malden, MA 02148. Tel: 800-835-6770; Tel: 781-388-8598; Fax: 781-388-8232; e-mail: cs-journals@wiley.com; Web site: <http://www.wiley.com/WileyCDA/>).
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00344.x>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>

- Thörne, K., & Gericke, N. (2014). Teaching Genetics in Secondary Classrooms: A Linguistic Analysis of Teachers' Talk about Proteins. *Research in Science Education*, 44(1), 81–108. (Springer, 233 Spring Street, New York, NY 10013. Tel: 800-777-4643; Tel: 212-460-1500; Fax: 212-348-4505; e-mail: service-ny@springer.com; Web site: <http://www.springerlink.com>). <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9375-9>
- Tsui, C., & Treagust, D. (2010). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073–1098. <https://doi.org/10.1080/09500690902951429>
- Waters, K. (2007). *Molecular Genetics*.
<https://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/molecular-genetics/#WhaGen>
- Wright, L. K., Catavero, C. M., & Newman, D. L. (2017). The DNA Triangle and Its Application to Learning Meiosis. *CBE—Life Sciences Education*, 16(3), ar50.
<https://doi.org/10.1187/cbe.17-03-0046>
- Wright, L. K., Cortez, P., Franzen, M. A., & Newman, D. L. (2022). Teaching meiosis with the DNA triangle framework: A classroom activity that changes how students think about chromosomes. *Biochemistry & Molecular Biology Education*, 50(1), 44–54.
<https://doi.org/10.1002/bmb.21583>
- Yang, C., Jen, C.-H., Chang, C.-Y., & Yeh, T.-K. (2018). Comparison of Animation and Static-Picture Based Instruction: Effects on Performance and Cognitive Load for Learning Genetics. *Educational Technology & Society*, 21(4), 1–11. (International Forum of Educational Technology & Society. Available from: National Sun Yat-sen University. Department of Information Management, 70, Lien-Hai Rd, Kaohsiung, 80424, Taiwan. Web site: <http://www.ifets.info>).

7 Bilagor

7.1 Bilaga 1

Information om behandling av personuppgifter i utbildningssyfte vid Göteborgs universitet och samtycke till deltagande i arbetet

Dataskyddsförordningen (GDPR) ställer krav på att du ska få information om hur dina personuppgifter behandlas. I detta dokument beskrivs hur behandlingen går till och vilka rättigheter du har som registrerad. På sista sidan i detta dokument finns även en samtyckesblankett rörande deltagande i nedan beskrivna arbete.

Vem är ansvarig för behandlingen av dina personuppgifter?

Göteborgs universitet är personuppgiftsansvarig för den behandling studenter utför inom ramen för sina studier.

Om du har frågor om behandlingen kan du vända dig till studenten som utför behandlingen (fylls i av studenten).

Kurskod	LGBI2A
Titel/benämning på studentens arbete	En inblick i undervisning av moderngenetik från gymnasieelevers perspektiv.
Studentens namn	Felix Palmgren
Studentens e-post	guspalmfe@student.gu.se

Rättslig grund och ändamål med behandlingen

Universitetet har enligt 1 kap. 2 § högskolelag (1992:1434) i uppdrag att anordna utbildning. Detta innebär att universitetet har rätt att behandla personuppgifter enligt den rättsliga grunden allmänt intresse när det är nödvändigt för att utföra sitt utbildningsuppdrag, enligt artikel 6.1 e GDPR.

Detta innebär även att enskilda studenter behandlar personuppgifter i utbildningssyfte. Studenter behandlar personuppgifter i sin utbildning, t.ex. vid genomförande av självständiga arbeten (examensarbeten), uppsatser eller fältstudier. Studenten ska då formulera ett tydligt och avgränsat syfte med arbetet. Studenten har nedan fyllt i syftet med arbetet.

Studentens syfte (Fylls i av studenten)

Här kan studenten utgå från sitt formulerade syfte med arbetet och klistra in det från exempelvis uppsatsen. Av syftet ska det framgå vilken eller vilka personkategorier deltagarna tillhör som omfattas av personuppgiftsbehandlingen. Exempel på detta kan vara studenter inom ett visst program, personer med en specifik diagnos eller anställda på en specifik arbetsplats. Det ska även framgå vilka typer/kategorier av personuppgifter som kommer att behandlas, såsom exempelvis namn, kontaktuppgifter eller åsikter. OBS! Studenten ska bara beskriva vilka typer/kategorier av personer/personuppgifter som kommer att behandlas och ska INTE ange riktiga personuppgifter.

Studenten ska också uppge om undersökningen kommer behandla känsliga personuppgifter eller uppgifter om lagöverträdelser.

Syfte: Ge inblick i gymnasieelevers inställning till modern genetikundervisning, specifikt vad tycker de är svårast och hur upplever de att de lär sig bäst om modern genetik.

Frågeställningar:

1. Vad upplever gymnasieelever är svårast med modern genetik?
2. Hur upplever gymnasieelever att de lär sig best i förhållande till vad de upplever är svårast med moderngenetik?

Studenten kommer behandla följande uppgifter om dig (Fylls i av studenten)

Studenten har kryssat i de uppgifter som studenten kommer att behandla om dig:

- ☒ namn, kontaktuppgifter och/eller adressinformation
- ☒ enbart indirekta personuppgifter såsom exempelvis svar på intervjufrågor m.m.
- ☐ etniskt ursprung
- ☐ politiska åsikter
- ☐ religiös eller filosofisk övertygelse
- ☐ medlemskap i en fackförening
- ☐ hälsa
- ☐ uppgifter om sexualliv eller sexuell läggning
- ☐ genetiska uppgifter
- ☐ biometriska uppgifter som används för att entydigt identifiera en person
- ☐ uppgifter om lagöverträdelser
- ☐ andra typer av personuppgifter, ange i fritext:

Metod för insamling (fylls i av studenten)

Nedan har studenten kryssat i vilken eller vilka metoder som kommer att användas för insamlingen i studentens arbete.

- ☐ Bild- eller videoupptagning
- ☒ Ljudupptagning
- ☐ Enkät
- ☒ Intervju
- ☐ Observation
- ☐ Annan, ange i fritext:

Vem kommer att kunna ta del av personuppgifterna?

Enbart de personer som är involverade i det arbete som studenten utför i utbildningssyfte vid Göteborgs universitet ska kunna ta del av dina personuppgifter. Det innebär exempelvis att

studenten själv och eventuell handledare till studenten kommer att ta del av dina personuppgifter.

Uppgifter kan begäras ut med stöd av offentlighetsprincipen

Dina personuppgifter eller handlingar som dina personuppgifter förekommer i kan, om de lämnas in till universitet av studenten, komma att bli föremål för en begäran om allmän handling i enlighet med offentlighetsprincipen. Det innebär att enskilda kan ta del av allmänna handlingar och därmed få tillgång till uppgifter där dina personuppgifter förekommer, om dessa inte omfattas av sekretess. Sådana utlämnanden hanteras därför i enlighet med bestämmelserna i tryckfrihetsförordning (1949:105) och offentlighets- och sekretesslag (2009:400).

Studenter uppmanas att inte lämna in direkt identifierande uppgifter (namn, kontaktuppgifter m.m.) om dig när studenten lämnar in sitt färdigställda arbete. På så vis kommer det i det flesta fall enbart vara möjligt att begära ut indirekta personuppgifter om dig från universitetet.

Hur länge kommer personuppgifterna att behandlas?

Dina personuppgifter kommer enbart att behandlas under den tid som studentens arbete i utbildningssyfte pågår. Efter att arbetet har avslutats kommer studenten att radera personuppgifterna. Detta gäller dock inte sådana uppgifter som har lämnats in till universitetet och som därmed blir en allmän handling (se ovan).

Kommer dina personuppgifter behandlas utanför EU/EES?

Universitetet kan i verksamheten komma att föra över personuppgifter till tredje land, det vill säga till länder utanför EU/EES. Under sådana förhållanden gäller särskild lagstiftning. Universitetet kommer under sådana förhållanden att vidta alla rimliga juridiska, organisatoriska och tekniska åtgärder som krävs för att uppnå en lämplig skyddsnivå för dessa personuppgifter. En överföring till USA kan komma att ske vid behandling i universitetets verktyg för textredigering och fillagring som studenten använder. Universitetet använder Microsofts tjänster för detta.

Dina rättigheter enligt GDPR

Dataskyddsförordningen anger att den enskilde har ett antal rättigheter. Nedan anges de mest relevanta rättigheterna. Om du vill läsa en mer utvecklad beskrivning av dina rättigheter enligt GDPR kan du gå in på www.gu.se/om-webbplatsen/behandling-av-personuppgifter.

Rätten till tillgång (registerutdrag)

Som enskild har du rätt att kostnadsfritt en gång per år begära information om vilka personuppgifter som universitetet behandlar om dig. Kontakta oss via dataskydd@gu.se för att begära ett utdrag av dina personuppgifter hos oss.

Rätten till radering

Som enskild har du rätt att få dina personuppgifter raderade i de fall som personuppgifterna inte längre behövs för att uppfylla det ändamål som de samlades in för (rätten att bli bortglömd).

Det kan finnas bestämmelser som anger att personuppgifterna inte får raderas, vilket gör att det då är dessa bestämmelser som gäller och att uppgifterna därför inte kan raderas.

I de fall det finns rättsliga hinder mot radering av personuppgifterna kommer universitetet att begränsa behandlingen av dessa personuppgifter till att endast omfatta behandling i den utsträckning som det finns rättsligt stöd för.

Rätten att invända mot behandling

Som enskild har du i vissa fall rätt att invända mot att universitet behandlar dina personuppgifter. Om det inte finns tvingande skäl för universitetet att fortsätta behandla personuppgifterna, som till exempel för att uppfylla rättsliga krav, kommer universitetet att upphöra med behandlingen.

Kontaktuppgifter till dataskyddsombudet

Har du frågor om den specifika behandlingen kan du vända dig till studenten som har samlat in uppgifterna. Studenten har fyllt i sitt namn och kontaktuppgifter under rubriken "Vem är ansvarig för behandlingen av dina personuppgifter?" i detta dokument.

Om du har frågor om behandlingen eller har klagomål kan du även vända dig till universitetets dataskyddsombud på e-post dataskyddsombud@gu.se.

Om du vill läsa mer om hur Göteborgs universitet behandlar personuppgifter generellt och en utvecklad beskrivning av dina rättigheter enligt GDPR kan du gå in på www.gu.se/om-webbplatsen/behandling-av-personuppgifter.

Du har rätt att klaga till

Integritetsskyddsmyndigheten (IMY)

Om du anser att universitetet behandlar dina personuppgifter i strid med dataskyddsförordningen har du rätt att lämna in ett klagomål till

Integritetsskyddsmyndigheten. Närmare information om hur du går till väga för att lämna ett klagomål finns på Integritetsskyddsmyndigheten webbplats, www.imy.se.

Samtycke till deltagande

Det är frivilligt för dig delta i studentens arbete och du kan närsomhelst återkalla ditt samtycke fram till dess att arbetet har lämnats in. Vänligen läs igenom informationen ovan innan du samtycker till deltagande. Om du har frågor om informationen ovan eller studentens arbete kan du kontakta studenten. Studentens kontaktuppgifter finns på första sidan i informationen samt nedan.

Kurskod	LGBI2A
Titel/benämning på studentens arbete	En inblick i undervisning av moderngenetik från gymnasieelevers perspektiv.
Studentens namn	Felix Palmgren
Studentens e-post	guspalmfe@student.gu.se

Samtycke

Jag samtycker till deltagande i ovanstående arbete som utförs av studenten.

Jag samtycker till att de personuppgifter som nämns ovan behandlas om mig i arbetet.

Jag har tagit del av informationen som presenterades tillsammans med denna samtyckesblankett.

Underskrift

Datum

Namnförtydligande

Kontaktuppgifter (E-post och/eller telefonnummer)

7.2 Bilaga 2

Intervjuguide/manus

Tack för att du vill delta i min studie om svenska gymnasieelevers upplevelser av moderngenetikundervisning. Syftet med studien är att få elevperspektiv på vad som är svårt att förstå med moderngenetik, varför det är svårt och hur undervisningen skall kunna anpassas för att underlätta. Syftet är inte att mäta era kunskaper eller utvärdera er lärare. Intervjun utgår utifrån 5st tema och beräknas ta mellan 15–20 minuter. Intervjun spelas in och all information hanteras i enlighet med universitetets etiska riktlinjer och den samtyckes blankett som du (deltagaren) skrivit under. Din identitet kommer förbli anonym i det slutliga arbetet.

Introduktion:

- Vad heter du?
 - Vilket program läser du på?
 - Varför valde du det programmet?
 - Vilka ämnen (om några) tycker du om/är intressanta?
 - Vad (om något) upplever du är intressant i biologiämnet i sin helhet?
 - Vad (om något) upplever du är lättförstått i biologiämnet?
 - Vad (om något) upplever du är svårförstått i biologiämnet?
-
- **Tema 1: Aspekter av modern genetik som bidrar till att det är svårt att lära sig och varför.**

Om du tänker på modern genetik, vad är det som är svårt att förstå och varför?

Följdfrågor: vad är det som gör det svårt att förstå? På vilket sätt? Bidrar mängden begrepp eller den abstrakta naturen av begreppen och processerna mer till att det blir svårare att förstå? Varför upplever du att det blir svårt som resultat av det?

- **Tema 2: Undervisningsformer som inte hjälper/försvårar**

Var det något sätt som undervisningen gick till på som gjorde det svårare att förstå modern genetik?

Följdfrågor: Varför gör det så att det blir svårare? Upplever du att lärarledda föreläsningar kan göra det svårt att förstå och på vilket sätt? Hur tror du att egna studier/läs i boklektioner hade påverkat dina fortsättningar att förstå modern genetik?

- **Tema 3: Undervisningsformer som hjälper/underlättar**

Vad i undervisningen har hjälpt dig att förstå och hur hjälpte det? Hur hade du önskat att undervisningen skulle gå till för att hjälpa dig förstå modern genetik bäst?

Följdfrågor: Vad för typ av lektionsmoment kan underlätta förståelse och varför är de bra moment? Hur upplever du att animationer/filmer påverkar din förmåga att förstå de olika processerna och begreppen? Hur hade du velat att läraren lär ut? Hur upplever du att praktiska eller laborativa arbetsmetoder påverkar din förståelse och tror du det hade varit applicerbart för modern genetik?

- **Tema 4: Förslag på hjälpmedel för visualisering av abstrakta koncept.**

Vad för slags hjälpmedel skulle du önska för att bättre kunna visualisera de abstrakta koncepten och processerna i modern genetik? Motivera varför.

Hjälper bilder, animationer, filmer och dylikt för att det blir lättare att förstå? Upplever du att du får mer nytta av ett av dessa hjälpmedel eller ungefär samma?

- **Tema 5: Lärarledd vs elevledd lärande.**

Hur arbetade ni när ni lärde er om modern genetik?

Vilka delar av en elevcentrerad process upplever du är bättre för ditt lärande? Vilka delar upplever du är sämre för ditt lärande? Vad, om något, saknar du från en elevcentrerad läroprocess som du skulle vilja göra mer?

Något övrigt som du vill tillägga om dina upplevelser av vad som kan göra modern genetik svårt att lära sig och/eller hur undervisningen skulle kunna läggas upp för att underlätta?

Tack för att du deltagit i min studie.