Stockholms universitet

Ämnesspecifik instruktion i biologi för grundskolan

Dokumentdatum: 2025-10-15
Diarienummer Skolverket: 2025:871
Diarienummer Stockholms universitet: dnr SU-130-0640-25

Solna 2025

Förord

Denna ämnesspecifika instruktion är framtagen på uppdrag av Skolverket i samband med de läroplansreformer som planerades under 2025. Den ska tjäna som underlag för utarbetande av kursplaner i biologiämnet i grundskolan, anpassade grundskolan, specialskolan och sameskolan.

Arbetsgruppen för ämnesspecifika instruktioner i biologi har bestått av Karim Hamza, professor i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet och huvudskribent, Charlotta Billing, universitetsadjunkt i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet och Peter Rejhed, förstelärare vid Kungsholmens grundskola, Stockholms Stad.

Arbetsgruppen har haft två möten med experter i biologididaktik, Möte 1 den 22 augusti 2025 där Ammie Berglund, föreståndare för Nationellt resurscentrum för biologiundervisning vid Uppsala universitet och Niklas Gericke, professor i naturvetenskapernas didaktik vid Karlstads universitet deltog, och Möte 2 den 4 september 2025 där Claes Malmberg, professor i naturvetenskapernas didaktik vid Högskolan i Halmstad, Clas Olander, professor vid Malmö universitet och Christina Ottander, professor i naturvetenskapernas didaktik vid Umeå universitet deltog. Vidare har gruppen haft ett möte med experter i biologi den 1 september där Niklas Janz, professor i evolutionär insektsekologi vid Stockholms universitet och Ann-Kristin Iréne Östlund Farrants, professor i molekylär cellbiologi vid Stockholms universitet deltog. Slutligen har arbetsgruppen haft ett möte med Skolverkets referensgrupp den 23 september där Lisa Stoltz, lärare vid Carlshöjdsskolan, Umeå och Sara Waage, lärare vid Milboskolan, Gävle samt Marie Israelsson, undervisningsråd på Skolverket deltog. Samtliga möten dokumenterades. I texten refereras arbetsgrupperna som övriga referenser, med deltagarnas efternamn (till exempel Berglund & Gericke, 2025). Vi vill också tacka Susanna Ankner, Leena Arvanitis, Anton Banemark, Isabelle Berglin, Veronica Flodin, Ellinor Löfving, Michelle Roman, Carl-Johan Rundgren, Sofie Stenlund och Zeynep Ünsal för värdefulla synpunkter under arbetet.

Rapporten är uppdelad i tre delar vilka behandlar de tre teman som beskrevs i Skolverkets *Raminstruktion för ämnesspecifika instruktioner 2025* (Dnr: 2.7.4-2025:871). De tre delarna är: En övergripande beskrivning av skolämnet (Del 1), Ämnets mål och innehåll (Del 2) samt Undervisningsstrategier i biologiämnet (Del 3). Underrubrikerna under respektive del benämns i texten ”avsnitt”.

Innehåll

Ämnesspecifik instruktion i biologi för grundskolan 1

Förord 3

Innehåll 4

1. Övergripande beskrivning av skolämnet 6

1.1 Biologiämnet 7

1.2 Ämnets avgränsning 9

1.3 Biologiämnets bidrag till läroplanens övergripande mål 10

1.4 Övergripande förändringar av biologiämnet 13

2. Biologiämnets mål och innehåll 13

2.1 Naturmöten och relationer till naturen 14

2.2 Anpassningar och evolution 16

2.3 Artkunskap och systematik 18

2.3.1 Biologisk variation 19

2.4 Ekologi 20

2.4.1 Materiens kretslopp 21

2.4.2 Övriga delar av kunskapsområdet 24

2.5 Hållbar utveckling 25

2.6 Cellbiologi 28

2.7 Genetik 30

2.8 Människokroppen 32

2.9 Hälsa 34

2.10 Sexualitet, identitet, samtycke och relationer 35

2.11 Systematiska undersökningar och granskning av information 36

2.11.1 Naturvetenskapliga undersökningar 38

2.11.2 Biologiska undersökningar 39

2.11.3 Naturvetenskapens karaktär 43

2.11.4 Biologins karaktär 44

2.11.5 Naturvetenskap och beslutsfattande 46

2.11.6 Biologi och beslutsfattande 47

3. Undervisningsstrategier i biologiämnet 49

3.1 Övergripande utmaningar i naturvetenskaplig undervisning 50

3.2 Det ”klassiska” biologiinnehållet 53

3.2.1 Språk, representationer och estetik 54

3.2.2 Undersökande arbetssätt 57

3.3 Samhällsfrågor med naturvetenskapligt (biologiskt) innehåll och pluralistisk hållbarhetsundervisning 59

3.4 Biologins karaktär, biologiska undersökningar och beslutsfattande 62

Referenser 65

1. Övergripande beskrivning av skolämnet

En beskrivning av syftet med skolämnet biologi och hur det bidrar till elevernas utbildning under den obligatoriska grundskolan behöver ta sin utgångspunkt i de motiveringar och syften som diskuterats generellt för naturvetenskapsämnena i det moderna skolsystemet. Grovt sett kan man urskilja tre övergripande syften. Ett syfte har att göra med naturvetenskapen som en väsentlig och betydelsefull del av den mänskliga kulturen, såväl historiskt som idag (Sjøberg et al., 2010). Utifrån detta syfte är det väsentligt att elever får tillgång till de kulturella tillgångar ("cultural assets", se Roth, 2000) – i form av kunskapsprodukter och sätt att resonera om och närma sig världen – som skapats och skapas av den naturvetenskapliga verksamheten, just för att den utgör en av mänsklighetens stora intellektuella landvinningar i analogi med exempelvis vårt humanistiska kulturarv (Kind & Osborne, 2017; Rudolph, 2023; Wickman & Persson, 2015). Ett andra syfte har att göra med behovet av att försörja samhället med framtida naturvetare och ingenjörer, och brukar kallas för ett ekonomiskt eller instrumentellt syfte för naturvetenskapsämnena (Rudolph, 2023; Sjøberg et al., 2010). I Sverige blev detta syfte tydligt i läroplanerna i och med införandet av grundskolan 1962 (Hultén, 2008). Enligt det tredje övergripande syftet (som egentligen utgörs av en grupp av tre sammanhängande argument för naturvetenskap i skolan) behöver alla medborgare ha grundläggande kunskaper i naturvetenskap för att fungera i det moderna samhället, dels för att klara av mötet med naturvetenskap och teknik i vardagen, dels för att vara rustade mot desinformation genom ett vetenskapligt förhållningssätt till olika påståenden i exempelvis media, och dels för att kunna delta som kunniga, aktiva och ansvarstagande medborgare i demokratiska processer och beslut (Osborne & Allchin, 2024; Sjøberg et al., 2010; Wickman & Persson, 2015).

Det första och tredje övergripande syftet kan sammanfattas i begreppet *naturvetenskaplig allmänbildning* (eng. Scientific Literacy). Naturvetenskaplig allmänbildning är idag allmänt accepterat, i såväl internationell policy som inom den naturvetenskapsdidaktiska forskningen, som det viktigaste och rimligaste syftet för den obligatoriska skolan, även om det samtidigt har varit och fortfarande är föremål för diskussion avseende innebörd och implementering (Osborne & Allchin, 2024; Rudolph, 2023). Det andra syftet, att förse samhället med naturvetare, avvisas ibland på grund av att, hur man än räknar, kommer den stora majoriteten av eleverna att välja andra karriärvägar än naturvetenskap och teknik (Osborne & Allchin, 2024). Å andra sidan är detta sannolikt en onödig motsättning, i och med att en konsekvent genomförd undervisning för naturvetenskaplig allmänbildning också borde vara gynnsam för att utveckla såväl relevanta kunskaper som intresse för naturvetenskap, och på så sätt öppna upp dessa karriärvägar för fler elever (Osborne & Allchin, 2024). I den här rapporten är utgångspunkten således att grundskolans naturvetenskapliga ämnen syftar till

att alla elever ska bli naturvetenskapligt allmänbildade, men att denna undervisning samtidigt ska möjliggöra för alla elever att överväga en naturvetenskaplig (biologisk) karriär.

En klargörande och användbar distinktion avseende naturvetenskaplig allmänbildning är den mellan två visioner, Vision I och Vision II (Roberts, 2007). Enligt Vision I räcker det med goda kunskaper om naturvetenskapens produkter och processer för att elever ska bli naturvetenskapligt allmänbildade och exempelvis kunna urskilja osakliga argument i media eller förstå och bedöma argumentationen och kunna fatta beslut i olika samhällsfrågor där naturvetenskaplig kunskap krävs. Enligt Vision II behöver elever genom undervisningen ges möjlighet att lära sig att använda de naturvetenskapliga kunskaperna för att hantera sådana utmaningar. Det mesta tyder på att det inte räcker med Vision I för att uppnå samtliga mål med naturvetenskaplig allmänbildning. Samtidigt är det osannolikt att samtliga mål, exempelvis det kulturella (syfte 1 ovan), kan nås uteslutande genom Vision II. Båda behöver finnas och utvecklas tillsammans och ska ses som övergripande betoningar av vilket syfte undervisningen i naturvetenskap har, inte som färdiga fack att placera in den i och heller inte som ömsesidigt uteslutande (Roberts, 2010; Wickman & Persson, 2015). I en kursplan såväl som för lärares undervisningspraktik fungerar de främst som riktningsgivare, som hjälp för att överväga och peka ut huruvida ett visst innehåll och ett visst undervisningsupplägg är "'mer som Vision I' eller 'mer som Vision II'" (Roberts, 2010, s. 34, vår övers.). Det är också så distinktionen används i denna rapport.

Slutligen behövs här i inledningen en not om begreppet progression. I den här rapporten, och i synnerhet i Del 2, används progression i den tämligen begränsade bemärkelsen av den *innehållsliga* progression som kan uttryckas i kursplanen. Detta innefattar resonemang om målen för undervisningen, vad eleverna på ett övergripande plan ska vara med om i undervisningen, liksom när (i synnerhet avseende stadium) under grundskoletiden ett visst innehåll ska behandlas. Det är också detta som utgör uppdraget för arbetsgruppen. Men progressionen hos en enskild elev är naturligtvis en kontinuerlig process som sker som ett resultat av interaktionen mellan eleven och läraren (och andra klasskamrater) och är således primärt en fråga om undervisning (Wickman, 2014). Några enstaka dimensioner av hur undervisning kan planeras så att det leder till progression (i denna bredare, didaktiska bemärkelse) för (alla) elever behandlas i Del 3.

1.1 Biologiämnet[1]

Biologiämnet i grundskolan berör i hög utsträckning områden som ligger nära elevernas egna liv, erfarenheter och intressen. Det gör att kunskaper om den egna kroppen, hälsa, föda och reproduktion kan undervisas och göras relevanta för eleverna genom samtliga stadier. På samma sätt finns ett naturligt och spontant

[1] I texten under den här rubriken har referenser uteslutits eftersom dessa återfinns i den detaljerade genomgången av biologiämnets mål och innehåll samt undervisningsstrategier i Del 2 och 3.

intresse hos unga elever för ”allt som lever” som biologiämnet behöver ta vara på och utveckla upp i åldrarna. Här kan eleverna utveckla en grundläggande organismkännedom, i början med fokus på individer, arter och deras naturhistorier och efterhand genom ökad kunskap om mångfalden av livsformer och deras olika livsfunktioner. Dessa erfarenheter utgör också grund för successivt fördjupade kunskaper om organismernas interaktioner med varandra och den abiotiska miljön. Eleverna ska successivt få kunskap om biologiska system på olika organisationsnivåer samt hur de samverkar, från celler, vävnader och organ över organismer till ekologiska system. En väsentlig kunskap är relationen mellan cellernas funktion och arvsmassan, och hur detta i sin tur hänger ihop med hur kroppen fungerar. Efter hand ska kunskaper om de olika organisationsnivåerna länkas samman på olika sätt. Exempelvis kan undervisning om sambandet mellan produktionen i ekosystem, den egna kroppens funktioner och cellernas behov ge eleverna förutsättningar att förstå hur deras dagliga liv är beroende av och påverkar såväl naturliga som av människan skapade ekosystem.

Genom biologiundervisningen får eleverna kunskaper om evolutionen som fenomen och, så småningom, om evolutionsteorin som en förklaringsmodell av detta fenomen. Dessa kunskaper är centrala i biologiämnet av två skäl: För det första utgör de ett sammanhållande ”kitt” i undervisningen i förhållande till andra kunskapsområden[2], exempelvis organismers anpassningar, biologisk mångfald och genetik. För det andra ger kunskaper om evolution eleverna ett viktigt perspektiv på livet på jorden liksom på deras egen relation till naturen.

Biologiämnet spelar en viktig roll för att eleverna ska få möjlighet att utveckla positiva och varaktiga relationer till naturen, genom såväl mer direkta och erfarenhetsbaserade möten med naturen som genom mer systematiska fältstudier. Sådana relationer utvecklas under hela grundskoletiden men ändrar förstås karaktär allteftersom eleverna blir äldre. De utgör en väsentlig del av kunskapsområdet hållbar utveckling, där tidiga möten med och relationer till naturen i kombination med biologiska kunskaper kan utvecklas mot förståelse för och engagemang i successivt mer komplexa hållbarhetsfrågor.

Biologiämnet har också en väsentlig funktion för att eleverna ska lära sig ett naturvetenskapligt förhållningssätt liksom förståelse för hur naturvetenskaplig kunskap skapas. Eleverna ska både få kunskaper som gäller naturvetenskaplig verksamhet mer generellt och kunskaper om några sätt på vilka biologiska undersökningar och biologisk kunskap skiljer sig från fysik och kemi – exempelvis att biologisk kunskap formuleras i form av modeller, som näringsvävar, snarare än i form av naturlagar, att variationen i resultat från biologiska undersökningar inte enbart beror på mätfel utan på att organismer varierar sinsemellan, eller betydelsen av historiska förklaringar inom evolutionsteori. På det här sättet bidrar biologiämnet till en nyanserad förståelse av naturvetenskaplig verksamhet, genom kunskap om att naturvetenskaplig

[2] Med kunskapsområden avser vi i rapporten dels det centrala innehållet i nuvarande kursplan (inte enbart de tre sammanfattande rubrikerna), dels de kunskapsområden som formuleras i rapporten under rubrikerna 2.1–2.11. Kunskapsområdena i nuvarande kursplan kursiveras för tydlighetens skull.

verksamhet inte utgörs av en fastlagd metod och att olika sinsemellan ganska olika metoder alla kan vara naturvetenskapliga.

Slutligen erbjuder biologiämnet rika möjligheter att undervisa eleverna om hur biologisk kunskap kan användas i olika sammanhang. På ett personligt plan handlar det om att hantera sådant som möten med sjukvården, olika typer av påverkan i media eller relationer till andra människor. På ett samhälleligt plan handlar det om att hantera komplexa och ofta kontroversiella samhällsfrågor där biologisk kunskap behöver användas i olika former av beslut, exempelvis avseende fiske- eller klimatpolitik.

Sammanfattningsvis bidrar biologiämnet till att eleverna får kunskaper om de grundläggande förutsättningarna och processerna för biologiska system, och en förståelse för människans roll i ekosystemet. Ämnet bidrar till att de utvecklar en personlig relation till naturen, ett naturvetenskapligt förhållningssätt samt en etisk orientering i frågor som rör hälsa och hållbarhet i vid bemärkelse.

1.2 Ämnets avgränsning

Biologiämnet har innehållsmässigt en lång historia i svensk obligatorisk skola. Under hela folkskoletiden ingick kunskaper som vi idag hänför till biologi i ämnet Naturkunnighet (i en tidig lärobok exempelvis genom temana ”Människan”, ”Djuren” och ”Växterna”). Under en period slogs Naturkunnigheten samman med Geografi, men blev återigen ett eget ämne, Naturkunskap, 1955. Samtidigt flyttades fysik- och kemidelarna av ämnet upp till klass 6 respektive 7 vilket innebär att de biologiska delarna blev ensamma kvar i de lägre klasserna. Det kan också noteras att innehållsområden som sexualkunskap och naturvård tidigt ingick i naturkunnigheten och fick tydligare betoningar i 1955 års undervisningsplan. Intressant är också att undervisningen skulle öka elevernas känsla för naturen och dess skönhet och därför skulle förläggas ute i naturen, bland annat i syfte att inprägla naturvett och ansvar för naturen. I och med grundskolereformen 1962 infördes ämnet Naturorientering och i högstadiet blev biologi, fysik och kemi självständiga ämnen (biologi lästes i årskurs 7–9 medan fysik lästes i årskurs 7 och 8 och kemi enbart i årskurs 8). Samtidigt bibehölls flera av ämnesområdena från Naturkunnigheten, som sexualkunskap. I och med Lgr 80 fick miljöfrågor samt demokratiska dimensioner en ökad betoning i de tre naturvetenskapliga ämnena (ovanstående genomgång byggd på Hultén, 2008). I Lpo 94 separerades de tre naturvetenskapliga ämnena som ett slags ”delämnen” inom ramen för för kursplanen ”Biologi, fysik och kemi” och från Lgr 11 finns separata kursplaner för alla tre ämnena genom hela grundskolan.

Biologiämnet har som framgår av ovanstående en historia och successiv formering som härrör från en rad ämnesområden och överväganden utöver den akademiska ”moderdisciplinen” (jfr Hultén, 2008, s. 259). Ett fokus på människan och hälsoaspekter har således en historia som sträcker sig från folkskolans tidigaste dagar, och det medicinska kunskapsområdet har om något ännu större aktualitet idag, i ljuset av utmaningar som multiresistens, pandemier och

hälsoaspekter knutna till den globala uppvärmningen. Däremot har kunskapsområdet om hälsa i de två senaste kursplanerna preciserats till att omfatta både psykisk och fysisk hälsa. På samma sätt har ”sexualkunskapen” en etablerad plats i ämnet sedan folkskoletiden, och återigen är argumenten för att stärka detta innehåll minst lika starka idag som när kunskapsområdet infördes. Här vill vi emellertid betona att det, med tanke på att kunskapsområdet vidgats och rört sig bort från reproduktion, idag finns starka skäl att sexualitet, samtycke och relationer får en motsvarande roll även i andra ämnen, i synnerhet samhällskunskap och religion. Givet det vidgade innehållet och förståelsen för dessa frågor, ter det sig orimligt att hela ansvaret för ett så brett och komplext område ska falla uteslutande på biologiämnet.

På det hela taget ter sig ämnesinnehållet i grundskolans biologi okontroversiellt från både professionens och akademins håll och det är också arbetsgruppens hållning.

1.3 Biologiämnets bidrag till läroplanens övergripande mål

Beskrivningen av hur biologiämnet bidrar till de övergripande mål för läroplanen som föreslås i betänkandet presenteras nedan som direkta kommentarer till respektive mål.

En reflektion som gjordes i arbetsgruppen är att de föreslagna övergripande målen tycks strida mot ambitionen att undvika dubbelreglering i den nya läroplanen. Även om det inte är arbetsgruppens uppgift, vill vi ändå betona detta, liksom att det torde gå att säkerställa innehållet i dessa mål genom att inkludera dem som kunskapsområden i de ämnen som anses beröra respektive mål.

Skolans mål är att varje elev

- inser värdet av kunskap för möjligheterna att forma sitt liv samt för att förstå och intressera sig för sin omvärld lokalt, nationellt och internationellt

Biologiämnet bidrar till att eleverna inser värdet av kunskap, i synnerhet naturvetenskaplig och biologisk kunskap, för att forma sina liv på åtminstone två sätt: (1) Ett övergripande fokus på naturvetenskaplig allmänbildning innebär att de grundläggande kunskaper om exempelvis människokroppen som eleven undervisas i (avsnitt 2.8–2.9) också relateras till sammanhang där eleven lär sig och får erfarenhet av att använda kunskaperna (exempelvis genom att ta ställning till påståenden i annonser eller andra texter om olika kostråd). (2) Genom kunskapsområdena Naturvetenskapliga/Biologiska undersökningar och Naturvetenskapens/Biologins karaktär (avsnitt 2.11.1–2.11.4) får eleverna kunskap om hur biologisk kunskap skapas och etableras, vilket bland annat syftar till att hjälpa dem att avgöra om ett biologiskt påstående är trovärdigt eller inte, exempelvis genom att identifiera graden av konsensus om den aktuella kunskapen.

Biologiämnet bidrar också i hög grad till elevernas möjligheter att förstå och intressera sig för sin omvärld, dels genom de perspektiv som ämnet bidrar med exempelvis avseende den biologiska variationen både lokalt och globalt (avsnitt 2.3.1), dels genom kunskapsområdet Hållbar utveckling (avsnitt 2.5), som ju i hög utsträckning behandlar sådan förståelse och även syftar till att eleverna ska få verktyg och förmåga att engagera sig i frågor som de värnar om. Dessutom lägger de möten med naturen som innefattas i biologiundervisningen (avsnitt 2.1) en ytterligare, relationell, känslomässig och estetisk grund för att sådant intresse ska etableras hos eleverna.

- tidigt lär sig läsa, skriva och räkna samt vidareutvecklar sin förmåga att använda språk i tal och skrift och att i övrigt dra nytta av språk och matematiskt tänkande

Avseende detta mål bidrar biologiämnet framför allt till att eleverna vidareutvecklar sin förmåga att använda språk i tal och skrift. Som klargörs senare i rapporten är strängt taget alla undervisningsstrategier i biologi (naturvetenskap mer allmänt) kommunikativa till sin karaktär (avsnitt 3.2.1), i och med att lärande av naturvetenskap i så hög utsträckning är en fråga om att utveckla språket, i synnerhet att röra sig från ett vardags- till ett mer naturvetenskapligt språkbruk.

- har grundläggande kunskaper och färdigheter inom de humanistiska, naturvetenskapliga, praktiskestetiska, samhällsvetenskapliga och tekniska kunskapsområdena

Detta kunskapsområde är svårt att förhålla sig till då det ter sig uppfyllt enbart genom att ämnet finns i grundskolan. Grundläggande kunskaper utgör huvuddelen av det stoff som undervisas i biologiämnet. Grundläggande färdigheter innefattar kunskaper om biologiska undersökningar liksom att kunna delta på ett kunnigt och kompetens sätt i samtal och beslut där biologisk kunskap har betydelse, exempelvis avseende konsumtion av mat i relation till hållbarhetsfrågor (avsnitt 2.5 och 2.11).

- kan bygga uppfattningar på kunskap och kritisk grund samt förmår hantera mångbottnade sammanhang på ett ansvarsfullt sätt utifrån en bred historisk, samtida och kulturell referensram

Här bidrar biologiämnet genom att Biologi och beslutsfattande (avsnitt 2.11.5–2.11.6) är ett kunskapsområde som explicit behandlar ställningstaganden avseende komplexa och ofta kontroversiella frågor som rör enskilda individer eller samhället. Givet omfattningen på och den snabba utvecklingen av biologisk kunskap, är det emellertid inte givet att alla ställningstaganden kan grundas i de grundläggande kunskaper som undervisas på grundskolan. Av bland annat den anledningen inkluderar biologiundervisningen färdigheter och förhållningssätt för att kunna bedöma trovärdigheten i biologiska påståenden även då själva faktakunskaperna ligger bortom det som en naturvetenskapligt allmänbildad medborgare förväntas kunna.

- känner till demokratins förutsättningar och villkor, kan arbeta i demokratiska former och ta ställning på demokratisk grund samt är förberedd för delaktighet och medansvar utifrån de rättigheter och skyldigheter som präglar ett demokratiskt samhälle

Målet är nära knutet till kunskapsområdet Hållbar utveckling (avsnitt 2.5) och en pluralistisk hållbarhetsundervisning (avsnitt 3.3). En sådan innebär ett starkt fokus på att elever bearbetar hållbarhetsfrågor i demokratiska, så kallade deliberativa, samtal som syftar både till att öka förståelsen för olika perspektiv och intressekonflikter knutna till exempelvis miljöfrågor, och till att lära sig att ta ställning med utgångspunkt i dessa samtal.

- har kunskaper om förutsättningar och dilemman som relaterar till hållbar utveckling ur ekologiska, ekonomiska och sociala aspekter, har insikt i den egna livsstilens betydelse för hälsan, miljön och samhället samt visar respekt för och omsorg om både närmiljön och miljön i ett vidare sammanhang

Även detta mål är nära knutet till kunskapsområdet Hållbar utveckling (avsnitt 2.5). Utöver det som sagts i relation till föregående mål, innefattar undervisning för hållbar utveckling samtliga tre dimensioner av hållbarhet. I biologiämnet är det emellertid den ekologiska dimensionen som är i fokus i relation till vilka andra kunskapsområden som knyts till hållbarhetsfrågorna, främst Ekologi (avsnitt 2.4) men även Artkunskap och systematik (avsnitt 2.3) och Natumöten och relationer till naturen (avsnitt 2.1). Naturmöten och fältstudier syftar i hög grad till att elever, utöver kunskaper, också ska utveckla just omsorg om naturen både lokalt och globalt. Insikter om sambandet mellan livsstil och hälsa utvecklas som en konsekvens av att innehållet undervisas med fokus på naturvetenskaplig allmänbildning och eventuellt utifrån ett Vision II-perspektiv.

- kan förstå, samspela med och respektera andra människor oavsett olikheter samt tar avstånd från våld, förtryck, diskriminering och kränkande behandling

Biologiämnet bidrar till detta mål framför allt i samband med undervisningen om sexualitet, samtycke och relationer (avsnitt 2.10), där bland annat kunskaper om och attityder till identitet och sexuell läggning behandlas. En annan aspekt som potentiellt kan bidra är undervisningen om biologisk variation på olika nivåer (avsnitt 2.3.1) samt inom kunskapsområdet Genetik (avsnitt 2.7).

- tar ansvar för sitt lärande genom egen ansträngning, uthållighet och delaktighet samt visar respekt för och hänsyn mot skolans personal och andra elever som en del av det gemensamma ansvaret för arbetsmiljön på skolan

Inte något specifikt bidrag från just biologiämnet, utöver generella aspekter av att studera och interagera i olika gruppkonstellationer.

- kan göra väl underbyggda val av fortsatt utbildning och yrkesinriktning samt har inblick i kultur-, arbets- och föreningsliv.

Som beskrevs ovan är inriktningen mot naturvetenskaplig allmänbildning en potentiell väg att bidra till att eleverna får ökad möjlighet att göra väl underbyggda val av fortsatt utbildning och yrkesinriktning. Förväntan är att när undervisningen görs relevant för fler elever, kommer också fler elever från olika bakgrund att ges möjlighet att identifiera sig som potentiella ”biologer” och därmed överväga biologi som möjlig karriärväg.

1.4 Övergripande förändringar av biologiämnet

Som helhet föreslås inga omfattande förändringar av ämnet, eftersom det såväl av professionen som av de tre expertgrupperna bedöms fungera väl.

Den mest genomgripande förändring som föreslås avser det kunskapsområde som idag benämns *Systematiska undersökningar och granskning av information*. Här föreslår vi dels andra benämningar som ligger mer i linje med befintlig terminologi i naturvetenskapsdidaktiken, även ur en internationell synvinkel (avsnitt 2.11). Dels föreslår vi att kunskapsområdet Naturvetenskapens/Biologins karaktär (avsnitt 2.11.3–2.11.4) ges ökad betoning i den nya kursplanen jämfört med nuvarande. Vi inför också några distinktioner mellan att lära sig *att genomföra* och att lära sig *om* naturvetenskapliga/biologiska undersökningar (avsnitt 2.11.1–2.11.2) vilka vi bedömer inte är helt självklara för många lärare. Slutligen föreslår vi att kunskapsområdet kritisk granskning av information i stället ges en tydligare inramning av ämnets roll i beslutsfattande (avsnitt 2.11.5-2.11.6) Av den anledningen för vi något längre resonemang under dessa kunskapsområden, och det är möjligt att motsvarande kanske bör ske i en ny kursplan. Detta är också ett område där ytterligare stöd, i form av exemplariska undervisningsexempel, skulle kunna vara till särskild nytta för professionen.

Utöver detta föreslås ett antal förskjutningar mellan stadierna, varav de två mest framträdande är att celler (avsnitt 2.6) och smittspridning och infektionssjukdomar (avsnitt 2.9) behandlas tidigare än i dagens kursplan. Nya betoningar som föreslås innefattar framför allt naturmöten och artkunskap genom hela grundskoletiden (avsnitt 2.1), biologisk variation som ett tydligt centralt begrepp för ämnet (avsnitt 2.3.1), samt ett minskat fokus på ”mendelsk genetik” (avsnitt 2.7). Slutligen finns flera förslag på förtydliganden av visst innehåll, såsom materiens och särskilt kolets kretslopp (avsnitt 2.4.1) och hållbar utveckling (2.5).

2. Biologiämnets mål och innehåll

Det är viktigt att inledningsvis återigen slå fast att kursplanen i biologi på det stora hela fungerar väl för lärarna och att dess kunskapsområden och (mer eller mindre explicita) innehållsliga progressioner mellan stadierna ter sig rimliga,

utifrån såväl aktuell forskning som synpunkter från möten med Skolverkets referensgrupp (Stoltz & Waage, 2025), ämnesexperter (Janz & Östlund Farrants, 2025), experter i biologididaktik (Berglund & Gericke, 2025; Malmberg et al., 2025) och vår egen analys av kursplanen. Av exempel på läsårsplaneringar över årskurs 1–9 framgår vidare att den innehållsliga progressionen inom respektive stadium hanteras väl av lärare och därmed inte behöver preciseras ytterligare i någon högre utsträckning. Det är exempelvis sannolikt vanligt att man inleder lågstadiets biologiundervisning med kunskapsområdet *Året runt i naturen*, med en progression från årstidsväxlingar och livscykler i årskurs 1 mot kretslopp och indelning av organismer i årskurs 2, medan *Kropp och hälsa* behandlas i slutet av lågstadiet. Rimligen varierar den innehållsliga progressionen mer i efterföljande stadier, men exempelvis behandlas sannolikt ekologi ofta i tidigare och genetik i senare delar av högstadiet. Det finns inte några entydiga resultat från forskningen avseende den typen av detaljerad progression. I stället är det tämligen entydigt från metastudier att det är lärarens förmåga att anpassa undervisningen (inklusive den ordning i vilken ett visst innehåll behandlas) efter aktuell kontext som är central för framgångsrik undervisning (Hirsh et al., 2022). Det här innebär således att vi med vissa förslag till nya uppdelningar av ett kunskapsområde, inte avser att dessa innehåll ska undervisas separat från varandra. På motsvarande sätt innebär inte eventuella sammanslagningar av innehåll att dessa måste undervisas tillsammans. Den typen av beslut om i vilken ordning, i vilka sammanhang och på vilka sätt ett visst innehåll ska undervisas inom ett stadium, avgörs bäst av läraren i relation till aktuell kontext. I den mån det finns entydigt forskningsstöd (vilket alltså är tämligen sällan) lyfter vi därför sådana överväganden avseende ”intern” progression inom stadier i huvudsak under det sista avsnittet om centrala undervisningsstrategier. Här i Del 2 fokuserar vi därför huvudsakligen, med några undantag som rör frågan om särskilda betoningar av visst innehåll, på frågor om progression *mellan* stadierna och resonerar om huruvida vissa kunskapsområden kan behöva delas upp eller på andra sätt förtydligas för att åstadkomma en mer precis progression. Dessutom förs resonemang om eventuella förskjutningar av kunskapsområden, exempelvis att införa visst innehåll tidigare eller fortsätta en progression genom hela grundskolan.

Behandlingen nedan utgår från ordningen i vilken det centrala innehållet är skrivet i nuvarande kursplan. Samtidigt leder resonemangen med nödvändighet bort från denna ordning med jämna mellanrum, dels i och med att vi resonerar om alternativa uppdelningar av kunskapsområden och modifierade progressioner, dels i och med att biologins olika kunskapsområden i hög utsträckning hänger samman (och behöver fås att hänga samman i såväl undervisning som i elevers förståelse av biologi, se vidare under Del 3, Undervisningsstrategier i biologiämnet).

2.1 Naturmöten och relationer till naturen

Biologiämnet har en viktig roll i att ge förståelse för att människan är en del av naturen ur ett stort antal (relaterade) synvinklar, alltifrån livets kontinuitet (som

evolutions-, cellbiologi- och genetikundervisningen bidrar med kunskap om), till de ömsesidiga samband som utgör villkor för ekosystemens och därmed mänskliga samhällens funktion och fortlevnad. Många elever har mycket begränsade erfarenheter av såväl ”naturliga” som av människan skapade ekosystem (Barthel et al., 2018). Erfarenheter av och upplevelser i naturen är därför ett viktigt inslag i biologiundervisningen och bör ha som mål såväl att bygga upp elevernas kunskaper om levande organismer och deras ekologi (se vidare nedan) som att de utvecklar emotionella och estetiska relationer till naturen (Berglund & Gericke, 2025; Lundegård & Hasslöf, 2022). Det är vidare tämligen väl belagt att naturmöten som del av skolans undervisning har positiva effekter på elevers lärande generellt (d.v.s. inte enbart i ämnet biologi), liksom på utvecklingen av mer generiska färdigheter och förhållningssätt, så som problemlösning, samarbetsförmåga och uthållighet, samt starkare känslomässig anknytning till och vilja att bevara naturen (Kuo et al., 2019). I en studie från USA utvecklade eleverna (Åk 5–6, 10–12 år) nya relationer till naturen (vilja att skydda levande organismer, minskad rädsla för naturen, ökat intresse för naturen) efter endast tre utomhuslektioner med fokus på levande organismer och deras interaktioner (Ayotte-Beaudet et al., 2023). Resultaten från denna studie är särskilt intressanta givet att interventionen var tämligen kort samt medvetet undvek att behandla miljöproblem och omsorg om naturen.

Det första kunskapsområdet i nuvarande kursplan för lågstadiet rör *årstidsväxlingar i naturen* och *djurs och växters livscykler och anpassningar till olika livsmiljöer och årstider*. Det behandlas sannolikt i nära samband med nästa kunskapsområde, som handlar om *djur, växter och svampar i närmiljön*, *hur de kan grupperas samt namn på några vanligt förekommande arter*. Vidare fokuseras i Förskoleklass *sortering och gruppering av växter och djur samt namn på några vanligt förekommande arter* liksom *vistelse i olika naturmiljöer*. Alla dessa kunskapsområden förutsätter att eleverna får möta djur, växter och svampar ute i naturen och ligger således helt i linje med ovanstående resonemang om naturmöten. Det är vidare tämligen vanligt att lärare i samband med sådan utomhusundervisning även berör kunskapsområdet om människans *sinnen*, på så sätt att man låter naturupplevelserna inkludera inte bara syn utan även hörsel, känsel, lukt osv, vilket stödjer de emotionella och estetiska aspekterna av naturmötet (Lundegård et al., 2024).

Vi menar att båda dessa kunskapsområden är väsentliga att bibehålla (se vidare nedan avseende detaljer av respektive kunskapsområde), men att emotionella och estetiska aspekter av elevernas möten med naturen skulle kunna betonas starkare som ett undervisningsinnehåll och mål med biologiundervisningen. De relationer till naturen som på så sätt skapas utgör en viktig grund för senare lärande i ekologi och hållbar utveckling, och för elevers förmåga att tänka i termer av att människan är en integrerad del av jordens ekosystem (Grotzer & Solis, 2023; Lundegård & Hasslöf, 2022). Vår uppfattning är att denna integrering av kognitiva, emotionella och estetiska aspekter också är i samklang med hur de flesta lärare på lågstadiet redan idag arbetar med kunskapsområdena, och att ett

tydliggörande av detta i kursplanen därmed ligger i linje med ämnets tradition avseende lågstadiets biologiundervisning liksom förskoleklassens undervisning i *Natur, teknik och samhälle* samt *Lekar, fysiska aktiviteter och utevistelse*. Det kunde vidare vara rimligt att på något sätt låta elevernas relation till naturen finnas med genom hela grundskolan, genom att betona att naturmöten ska återkomma i samtliga stadier (Barthel et al., 2018; Sandell & Öhman, 2013). Detta kan ju göras i samband med såväl ekologi- som hållbarhetsundervisning, samt som del av ett eventuellt utökat kunskapsområde som avser kunskaper om arter och organismernas huvudgrupper (se avsnitt 2.3).

2.2 Anpassningar och evolution

Vad gäller det första kunskapsområdet i lågstadiet (”årstidsväxlingar, livscykler, anpassningar”) ter det sig kunskapsmässigt väl avpassat för åldrarna 6–9 år (F–3). Att tidigt möta undervisning om cykler är viktigt för elevernas fortsatta förståelse av ekologi (Helldén, 2004). Här pekar kursplanen tydligt ut en cykel (årstider) som eleverna redan har viss erfarenhet av och att de genom biologiundervisningen ska knyta dessa erfarenheter till nya kunskaper om djurs och växters *livscykler*. Att tidigt arbeta med livscykler har flera fördelar: det bidrar till elevernas förståelse av livets kontinuitet och – i förlängningen – vad liv är, det lägger grunden för att eleverna ska utveckla positiva relationer till olika organismer, det är ett lämpligt sammanhang för att göra enkla undersökningar och lära sig att iaktta och urskilja biologiska fenomen, och det bidrar till intresse och engagemang hos elever (Andersson & Nyberg, 2006). Samtidigt är livscykler förstås inte något lätt område för elever att förstå, inte heller högre upp i åldrarna. Forskning visar, inte oväntat, att elever inte har någon intuitiv förståelse av vare sig växters eller insekters livscykler, medan de har en något bättre initial förståelse för däggdjur och människan (Andersson & Nyberg, 2006; Cinici, 2013). Elever behöver få konkreta erfarenheter av flera olika organismers livscykler så att de kan jämföra dem och se såväl likheter som skillnader, och de behöver också få möjlighet att sätta in organismerna de studerar i deras ekologiska sammanhang (Andersson & Nyberg, 2006; Cinici, 2013). På samma sätt kan eleverna genom den typ av nära och individ-/organismbaserade, utforskande studier av djur och växter som är vanligt att göra inom ramen för detta kunskapsområde få inledande kunskaper och erfarenheter av organismers *anpassningar* till olika livsmiljöer.

Progressionen av detta kunskapsområde pekar ”grafiskt” (d.v.s. hur kunskapsområdena räknas upp i respektive stadium liksom återkommande begrepp, som *anpassningar*) främst mot kunskapsområdet om evolution i mellan- och högstadiet. I dagens kursplan förs evolutionsteorin in som förklaringsmodell för livets utveckling redan i mellanstadiet. Detta är en skillnad mot föregående kursplan (Lgr 11) där progressionen tydligare pekade ut en behandling av livets historia i narrativ form i mellanstadiet, medan evolutionen som förklaringsmodell infördes först i högstadiet. Det är väl belagt att elever och till och med biologistudenter på universitetet har problem med att förstå mekanismerna bakom

naturligt urval (Driver, Squires, et al., 1994, s. 52-53; McLure et al., 2020). Dessutom tyder forskning på att det krävs tydligt identifierade grundkunskaper för att förstå mekanismerna bakom naturligt urval, framför allt avseende biologisk variation och arv, men även att evolutionen först behöver accepteras och förstås som ett fenomen som kan likställas med andra biologiska och naturvetenskapliga fenomen (Gregory, 2009; Wallin, 2004, s. 230). Detta skulle tala för ett senareläggande av evolutionsteorin som förklaringsmodell till högstadiet, där genetiken behandlas ingående, för att under mellanstadiet i stället fokusera på livets historia och evolutionen som ett fenomen i naturen, d.v.s. ett ”faktum” i Goulds (1981) bemärkelse på samma sätt som gravitation eller kemisk förändring (se även Gregory, 2008). Elever kan tillgodogöra sig en hel del meningsfull evolutionär kunskap, som idén om att arter förändras med tiden liksom de rika och fascinerande berättelserna om livets utveckling på jorden inom olika utvecklingslinjer, utan ett behov av orsaksförklaringar av dessa förändringar (Pedersen, 1992). Å andra sidan går det att argumentera för att naturligt urval som förklaringsmodell bör föras in redan i mellanstadiet så att idén inte kommer som en total överraskning först i högstadiet (Malmberg et al., 2025). Det finns i Sverige visst undervisningsmaterial som stöd för undervisning om evolutionsteorin som förklaringsmodell på mellanstadiet (Nationellt_resurscentrum_för_biologiundervisning, 2025). Det finns vidare studier som tyder på att elever så tidigt som årskurs 1 kan förstå evolution genom naturligt urval genom undervisning via bilderböcker och konkreta narrativer om djur och hur deras anpassningar har uppkommit (Emmons et al., 2016; Shtulman et al., 2016). Sammantaget anser vi emellertid att nuvarande kursplan har en rimlig progression i och med att evolutionens mekanismer förs in formellt och explicit först i högstadiet, där genetiken kan lägga en nödvändig grund för att förstå ärftlig variation. Huruvida enklare förklaringar av livets utveckling i termer av evolutionsteorin ska införas redan i mellanstadiet är en öppen fråga. Om det inte är fråga om ”mekanismer” uppstår frågan vad det är för slags förklaringar som avses för mellanstadiet i nuvarande kursplan. Det kan finnas poänger med att under mellanstadiet fokusera i huvudsak dels på grundläggande kunskaper om biologisk variation (se avsnitt 2.3.1) och en enkel idé om arv (se avsnitt 2.7), liksom på att initialt fokusera på elevers erfarenheter av evolutionen som fenomen, analogt med att låta elever få erfarenhet av andra naturvetenskapliga fenomen, som friktion eller ämnens egenskaper, innan de behöver förklara fenomenen. Detta är också i linje med traditionen för hur evolution undervisas i mellanstadiet (Stoltz & Waage, 2025). Det kan å andra sidan finns poänger med att integrera grundkunskaper om variation och arv tidigt till en enkel evolutionär förklaringsmodell, analogt med att elever får möta enklare förklaringsmodeller av kemiska reaktioner redan i mellanstadiet. Sådana evolutionära förklaringar innebär emellertid oundvikligen någon typ av enkel ”mekanism”, och i så fall bör skrivningarna i kursplanen förtydligas, så att det framgår att det är de evolutionära mekanismerna som ska utgöra grunden för elevernas förklaringar även i mellanstadiet, men på en enklare nivå. Rimligen är det då fråga om den typ av narrativa förklaringar av organismers anpassningar som prövats för yngre elever

(Emmons et al., 2016; Shtulman et al., 2016). Sammantaget menar vi att oavsett om ”förklaringar av evolutionen” bibehålls i mellanstadiet, bör *evolutionen som fenomen* betonas som det primära undervisningsinnehållet och kunskapsmålet i mellanstadiet. Att lära sig om evolutionen som ett biologiskt fenomen är inte beroende av att vi samtidigt förklarar den, utan rymmer i sig själv väsentliga grundkunskaper avseende organismernas olika utvecklingslinjer liksom stora möjligheter till fascination över livets utveckling. Vad gäller evolutionsundervisningen i högstadiet ter sig det centrala innehållet i nuvarande kursplan rimligt. Detta gäller särskilt om undervisningen om biologisk variation (avsnitt 2.3.1) får en ökad betoning genom hela grundskolan.

Vad gäller den allra första delen av detta kunskapsområde för mellanstadiet, *Vad liv är*, se vidare under Cellbiologi (avsnitt 2.6).

2.3 Artkunskap och systematik

Vad gäller det andra kunskapsområdet i förskoleklass och lågstadiet (*sortering, gruppering av växter och djur, djur, växter, svampar i närmiljön*) ter sig även detta väl anpassat för åldersgruppen. Att lära sig att urskilja och benämna organismer i naturen är sannolikt en viktig grund för att senare lära sig om interaktioner, cykler och flöden i ekologiska system (Le et al., 2018). I lågstadiet är det rimligt att eleverna lär känna enskilda organismer i närområdet och lär sig att de kan sorteras och grupperas på olika sätt och för olika syften, vilka här inte behöver vara enbart de vetenskapliga. Progressionen i kunskapsområdet utgörs i nuvarande kursplan av ett starkare fokus på [art]*identifiering* (”bestämning” kanske är en vanligare term inom biologin) och systematisk indelning i mellanstadiet. *Namn på några vanligt förekommande arter* upprepas mellan låg- och mellanstadiet, men kan rimligen förstås som ”ytterligare” arter i mellanstadiet jämfört med lågstadiet, även om det troligen inte förekommer någon systematisk progression avseende vilka arter som behandlas i respektive stadium (Stoltz & Waage, 2025). Däremot försvinner kunskapsområdet i högstadiet. Med tanke på den möjliga kopplingen mellan förståelse för interaktioner i ekosystem och antalet arter elever kunde benämna i sammanhanget (d.v.s. när de resonerade om interaktioner, inte frikopplat från detta) (Le et al., 2018), skulle man kunna överväga att fortsätta progressionen även till högstadiet. Å andra sidan innebär en sådan fortsättning av kunskapsmålet en viss utökning av stoffmängden i högstadiet. Samtidigt lyfter expertgrupperna fram vikten av att bibehålla ett visst fokus på sortering och kategorisering genom hela högstadiet, vilket kunde motivera en sådan utökning (Malmberg et al., 2025). Expertgrupperna betonar emellertid samtidigt vikten av att inte undervisa artkunskap och systematik frikopplat från bredare sammanhang, i synnerhet evolution och ekologi. Det är således viktigt att ”artkunskapen” redan tidigt sätts i ett sammanhang och knyts till kunskaper om exempelvis ekologi (jfr. Le et al., 2018; Magntorn & Helldén, 2007) och biologisk mångfald (Berglund & Gericke, 2025; Malmberg et al., 2025). Således skulle en annan möjlighet vara att, snarare än att lägga till skrivningar om detta kunskapsområde även i högstadiet, i stället på andra sätt i

kursplanen betona vikten av att eleverna lär sig att knyta verkliga arter/organismgrupper till sina resonemang inom ekologin, exempelvis när de arbetar med näringsvävar eller olika interaktioner som konkurrens och predation. Ytterligare en fördel med denna lösning, utöver att stoffmängden inte lika uppenbart utökas med specifik artkunskap och kunskap om systematik och bestämning, skulle vara att den sannolikt kräver att ekologikunskaperna undervisas i närmre anslutning till ekosystem i närområdet, där eleverna kan få konkreta erfarenheter av de organismer som förväntas ”befolka” deras mer teoretiska ekologiska resonemang (jfr. Le et al., 2018). Det skulle vidare ligga i linje med arbetsgruppens förslag om att betona naturmöten och relationer till naturen ända upp i högstadiet (avsnitt 2.1).

Lärare i de yngre åren vet att elevers möten med djur i den tidiga biologiundervisningen är viktigt då det innebär att deras naturliga omsorg om djur tas till vara och kan utvecklas mot mer generell omsorg om och intresse för naturen, och det finns också visst stöd för dessa iakttagelser i forskning (Cinici, 2013; Longbottom & Slaughter, 2016; Uitto et al., 2006). Vi vet vidare att kunskaperna om djur initialt är tämligen begränsade till exempelvis vanliga husdjur och inte inkluderar andra djurgrupper, som insekter. Exempelvis förknippar elever oftare insekter med deras negativa inverkan på mänsklig verksamhet (som exempelvis skadedjur) än med deras positiva effekter (som exempelvis pollinerare) (Barrow, 2002). Av den här anledningen är det, som tidigare nämnts, viktigt att elever får erfarenheter av och kunskaper om exempelvis olika insekters livscykler (Cinici, 2013). Med tanke på att djur lätt blir det naturliga fokuset i den tidigare biologiundervisningen, finns det skäl att överväga att i kursplanen ytterligare betona att elever även ska få grundläggande kunskaper även om växter och svampar. Dels vet vi att människor i alla åldrar tenderar att förbise växter, både i resonemang om vad liv är och i resonemang om ekologiska samband, så kallad ”plant blindness” (Parsley, 2020), vilket skulle kunna motivera en ökad betoning på växter i undervisningen. Motsvarande blindhet finns sannolikt avseende svampar (Waller, 2025). Dels tyder viss forskning på att växter kan utgöra ett lämpligt fokus för den tidiga ekologiundervisningen (Manz, 2012; Zangori & Forbes, 2015), bland annat då samband mellan växter och abiotiska faktorer är mindre komplext att förstå än växt-djurinteraktioner (vilka är ett vanligt inledande fokus i ekologiundervisningen, se vidare nedan om Ekologi, avsnitt 2.4). Skrivningarna i nuvarande kursplan inkluderar tydligt samtliga tre organismgrupper för såväl låg- som mellanstadiet och lärare tycks också i hög utsträckning behandla samtliga (Stoltz & Waage, 2025), men i en ny kursplan, där såväl undervisning som lärandemål väntas beskrivas mer extensivt, skulle vikten av kunskaper om växter och svampar ändå möjligen kunna betonas ytterligare.

2.3.1 Biologisk variation

I expertintervjuerna framkom att elever under skoltiden bör få en god förståelse för biologisk variation (Berglund & Gericke, 2025; Janz & Östlund Farrants, 2025). En sådan förståelse har flera dimensioner, inte minst i förhållande till

Biologiska undersökningar och Biologins karaktär (denna aspekt av biologisk variation diskuteras under dessa två kunskapsområden, avsnitt 2.11.1–2.11.4). Men variation på olika biologiska organisationsnivåer är också centralt inom de flesta av biologins kunskapsområden (det är strängt taget därför variation är en central aspekt av Biologins karaktär och Biologiska undersökningar). Det finns inget tydligt forskningsstöd för vare sig när kunskaper om biologisk variation ska införas eller i vilka sammanhang. Vi för därför ett mer principiellt resonemang om detta här. Det är uppenbart att förståelse av såväl fenotypisk som genetisk variation är avgörande för att kunna förklara evolution genom naturligt urval (Alred et al., 2019; Emmons et al., 2016; Shtulman & Schulz, 2008; Wallin, 2004). Evolutionsundervisningen är således ett naturligt och självklart sammanhang för att undervisa om biologisk variation. Men andra naturliga sammanhang är genetik, cellbiologi, systematik och biologisk mångfald samt ekologi. Genetiken är det rimliga sammanhanget för att undervisa om grunderna för genetisk variation. Ekologin i mellan- och högstadiet är rimligen ett lämpligt sammanhang för att få förståelse för olika nivåer av variation, bland annat genom begreppet biologisk mångfald. Men redan genom de studier av arter och närmiljöer som lågstadieeleverna möter finns möjligheter att påbörja en progression avseende biologisk variation som kan fördjupas inom ramen för det aktuella kunskapsområdet om Artkunskap och systematik. En möjlig fördel med att lägga en progression av begreppet variation här i detta kunskapsområde är att det enkelt kan utformas så att elever får konkreta och direkta erfarenheter av biologisk variation, inte minst genom olika naturmöten, där uppmärksamheten särskilt kan riktas mot detta kunskapsinnehåll. Direkta erfarenheter av fenotypisk variation inom och mellan arter torde utgöra en god grund att bygga på för att senare förstå genetisk variation och i förlängningen selektion. Direkta erfarenheter av variation inom och mellan ekosystem torde på samma sätt utgöra en god grund för ekologiundervisningen och för förståelse av biologisk mångfald. Redan idag behandlar lärare såväl fenomenet som begreppet variation redan under lågstadiet, i hög utsträckning genom att låta elever själva undersöka variation i naturen (Stoltz & Waage, 2025). Vi föreslår därför att variation som begrepp förs in i biologikursplanen på flera ställen, och ges en viss särställning som ett mål att arbeta med genom samtliga stadier (Janz & Östlund Farrants, 2025). Begreppet skulle kunna få sin hemvist under kunskapsområdet Artkunskap och systematik i enlighet med vårt resonemang ovan, men andra lösningar av progressionen är också möjliga att föreställa sig.

2.4 Ekologi

Progressionen i det kunskapsområde som tydligast handlar om ekologi i nuvarande kursplan går från att i lågstadiet fokusera på *enkla näringskedjor* och *samband mellan organismer*, över att i mellanstadiet införa *kretslopp i närmiljön* och *samspel mellan organismer* samt påverkan av *miljöfaktorer*. I mellanstadiet införs också *fotosyntes och cellandning*. På högstadiet införs *lokala och globala ekosystem* och *samband mellan populationer och tillgängliga resurser*.

Fotosyntes och cellandning återkommer, men nu kopplat till *materiens kretslopp och energins flöden*. Denna progression är i stort rimlig men kan behöva modifieras i några delar, dels utifrån några interna oklarheter (notera dock att vi inte fått några signaler om sådana oklarheter från lärarprofessionen), dels i ljuset av vad som sannolikt är rådande ämnestradition i låg- och mellanstadiet, dels i ljuset av forskning om progression i elevers förståelse av ekologiska samband, i synnerhet kolets kretslopp. Vi behandlar inledningsvis materiens kretslopp och därefter övriga delar av kunskapsområdet (så som det är formulerat i nuvarande kursplan).

2.4.1 Materiens kretslopp

Det anges ingen uppenbar progression avseende fotosyntes och cellandning i nuvarande kursplan, om inte distinktionen *kretslopp* (mellanstadiet) och *materiens kretslopp* (högstadiet) ska tolkas som en sådan. Det är dock troligen mer regel än undantag att åtminstone kolets kretslopp behandlas redan i mellanstadiet i samband med att fotosyntes och cellandning behandlas. Vad som annars skulle avses med ”kretslopp” i mellanstadiet är oklart. Nedan fokuserar vi på frågan om en tydligare progression avseende materiens kretslopp.

Internationell forskning ger en tämligen nedslående bild av elevers förståelse av kolets kretslopp och dess relation till hållbarhetsfrågor även i slutet av gymnasietiden (Mohan et al., 2009; Pedrera et al., 2024; Wennersten et al., 2023). Mohan et al. (2009) identifierade en övre målbild för vad gymnasieelever (”grade 12”) behöver förstå om kolets kretslopp för att kunna förhålla sig till frågor om exempelvis klimatförändringar, men endast 10 % av eleverna i deras studie (USA) nådde detta mål. Det verkar som att elever visserligen tenderar att föra in fler och fler detaljer i sina resonemang, men ändå inte använder grundläggande principer för energins och materiens omvandlingar genom biogeokemiska processer i sina resonemang (Mohan et al., 2009). De flesta når heller inte, i slutet av motsvarande högstadiet (USA), fram till en förståelse av hur dessa processer hänger samman mellan olika biologiska organisationsnivåer (t.ex. hur cellens fotosyntes hänger ihop med växters metabolism, eller med kolets kretslopp i ekosystemen) (Düsing et al., 2019). Samtidigt visar svensk forskning att det är möjligt för elever att förstå vissa grundläggande principer för kolets kretslopp så tidigt som i slutet av lågstadiet beroende på hur undervisningen genomförs (Vikström, 2008). Därför kan materiens, och kanske i synnerhet kolets, kretslopp behöva förstärkas i en tydligare progression i kursplanen.

Det är tänkbart att några övergripande naturvetenskapliga idéer behöver ges en tydligare progression mellan stadierna än i nuvarande kursplan, för att i sin tur ge bättre förutsättningar för en progression avseende materiens kretslopp. Sådana övergripande idéer kallas ibland för ”cross-cutting concepts”, d.v.s. idéer som gäller på tvärs över flera ämnen. För ekologins del är massans bevarande samt partikelmodellen två sådana idéer som är centrala för att förstå hur materia omvandlas genom biogeokemiska processer i ekosystemen, och därmed för att

förstå förutsättningarna för socio-ekologiska[3] system och i förlängningen de ekologiska villkoren för hållbar utveckling (Düsing et al., 2019; Mohan et al., 2009). Här är det således rimligt att progressionerna i samtliga tre naturvetenskapliga skolämnen hänger samman, liksom att undervisningen hjälper eleverna att använda kunskaperna i de specifika sammanhang som ges i respektive ämne. Det är felaktigt att dra slutsatsen att ett ”cross-cutting concept” som partikelmodellen först ska undervisas i kemin, för att därefter appliceras i biologin. En viktig poäng är i stället att dessa övergripande idéer behandlas i båda ämnena och att lärare hjälper eleverna att etablera kontinuitet, d.v.s. sammanhang, mellan de kunskaper som undervisas i kemi respektive biologi (Düsing et al., 2019). Ett av flera lämpliga områden för att skapa sådan kontinuitet är Hållbar utveckling (se vidare om detta kunskapsområde i avsnitt 2.5).

Specifikt för ekologiundervisningen finns ett antal slutsatser om vad som sannolikt är väsentligt för att stödja progressionen av elevers förståelse av kretslopp och flöden i socio-ekologiska system. Det verkar således viktigt att tidigt införa resonemang om cykler (kretslopp) i undervisningen, så att elever lär sig att exempelvis maten vi äter inte slutar i våra kroppar (Helldén, 2004). För ekologiska resonemang (om än kanske inte i fysik) är det vidare viktigt att eleverna kan skilja mellan energi och materia och deras olika vägar (energins flöde vs. materiens kretslopp) i ekosystemen (Wennersten et al., 2023). En närliggande distinktion, som är knuten till införandet av fotosyntes och cellandning, är mellan socker som byggmaterial och socker som energikälla (Vikström, 2008). Generellt visar forskning sedan långt tillbaka i tiden att fotosyntesen, och relationen mellan denna och cellandningen, är en stor utmaning för elever och att vissa alternativa sätt att resonera på sannolikt uppkommer som ett resultat av biologiundervisningen (Canal, 1999; Driver, Squires, et al., 1994). Exempel på alternativa uppfattningar är att fotosyntesen är växternas andning, att den primärt är en process för att producera syre, eller för att omvandla koldioxid till syre (Pedrera et al., 2024). Det sista exemplet innebär att elever i sina resonemang hoppar över det organiskt bundna kolet och i stället fokuserar direkt på växlingen mellan syre och koldioxid (Düsing et al., 2019). Det verkar vara särskilt utmanande för elever att resonera om att gaser är en form av materia, liksom att en gas som koldioxid kan omvandlas till fast materia i exempelvis ett träd. Således är det vanligt att elever långt upp i åldrarna svarar att växter får sitt huvudsakliga byggmaterial från marken snarare än från luftens koldioxid (Driver, Squires, et al., 1994, s. 30-31). Samtidigt går det att spåra resonemang hos elever om att även växternas byggmaterial kommer från solenergi (Pedrera et al., 2024). Sammantaget gör den här typen av resonemang att elever riskerar att förbise fotosyntesens, och därmed växternas, betydelse för kolets kretslopp, liksom deras primära betydelse för att binda organiskt kol och därmed som bas för de flesta av jordens ekosystem, inklusive människans produktion av föda och andra resurser

[3] Vi använder termen socio-ekologiska system eftersom den är tämligen vanlig i science education-forskning om lärande i ekologi kopplat till hållbar utveckling. Innebörden är att den mänskliga dimensionen formar och formas av miljön, så att sociala och ekologiska system är sammankopplade och utvecklas gemensamt över olika skalor i både tid och rum. Petrosillo, I., Aretano, R., & Zurlini, G. (2015). Socioecological Systems. In *Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09518-X .

genom jord-, skogs- och vattenbruk. Slutligen behöver elever hjälp att förstå nedbrytning som en biologisk process snarare än något som sker spontant eller genom fysikaliska processer (Helldén, 2004). Det verkar vanligt att nedbrytare generellt förbises som delar av näringskedjor och näringsvävar, och elever behöver också hjälp med att koppla ihop nedbrytarnas aktivitet till metaboliska processer som cellandning (Düsing et al., 2019).

Sammantaget kan det finnas skäl att precisera kunskapsområdet om ekologi mer, för att få en tydligare progression avseende materiens kretslopp (och energins flöde) i ekosystemen:

I slutet av lågstadiet är det rimligt att eleverna kan resonera utifrån cykliska resonemang om såväl enskilda organismers liv (livscykler) som i naturen (vart mat, döda organismer etc tar vägen). Fokus bör således ligga på cykler och kretslopp på en makroskopisk nivå. När näringskedjor behandlas behöver dessa tydligt knytas till sådana kretslopp. Det är möjligen rimligt att eleverna kan få möta en mycket enkel partikelmodell för att resonera om vart mat, döda organismer etc tar vägen, i synnerhet idén om att materia alltid finns kvar och bara omvandlas genom omkombinationer av olika partiklar. Detta gäller i synnerhet om kursplanen i kemi kommer att innehålla en enkel idé om partikelmodellen redan i lågstadiet. Det är vidare rimligt att den tidiga undervisningen om materiens kretslopp fokuserar på fasta ämnen, eftersom idén om att även gaser är materia och har massa är utmanande att greppa. Nedbrytning och kretslopp av materia via marken bör således föregå resonemang om kretslopp mellan organismer och atmosfären (d.v.s. kolets kretslopp) (Driver, Leach, et al., 1994).

I slutet av mellanstadiet bör eleverna kunna resonera om fotosyntes som en process som binder kol i form av koldioxid – en gas i atmosfären – i en ny form, socker, vilket i sin tur utgör byggmaterial och energikälla för dem. Denna insikt är betydligt viktigare än kunskapen om att fotosyntesen bildar syre som biprodukt. Fokus i undervisningen bör således ligga på kolets omvandlingar, medan syret kan tonas ner. Cellandningen behöver beskrivas som en process för att utvinna energi från socker som både växter och de flesta andra organismer har, och att den processen leder till att kol i socker frigörs igen. För detta krävs en enkel partikelmodell. Med tanke på tendensen att elever fyller på sina resonemang med fler och fler detaljer om exempelvis fotosyntes och cellandning högre upp i åldrarna utan att för den skull förstå grundläggande kretslopp, är det en fördel att hålla undervisningen, och därmed även de kunskaper eleverna ska uppvisa, på en principiell nivå och inte på en detaljnivå (Düsing et al., 2019). De olika molekyler som deltar i fotosyntesen kan möjligen till och med tas upp först i högstadiet, medan mellanstadiets undervisning fokuserar på ”kolpartiklar” som binds och frigörs (och naturligtvis åtföljande bindning respektive frigörelse av energi).

I slutet av högstadiet bör eleverna kunna resonera om fotosyntes och cellandning både utifrån kemiska omvandlingar i celler och utifrån kolets kretslopp i socio-ekologiska system. De bör kunna röra sig mellan olika organisationsnivåer i sina

resonemang, så att cellulära processer relateras till organismers metabolism och vidare till organismernas roll i kretslopp och flöden i ekosystem. Även här bör elevernas resonemang hållas på en principiell nivå. Även om de nu bör kunna benämna centrala molekyler som deltar i kretsloppen och omvandlingarna, bör tonvikten ligga på att kunna följa viktiga grundämnens väg genom kretsloppen, snarare än att känna till detaljer om de molekyler och kemiska processer som dessa ingår i.

2.4.2 Övriga delar av kunskapsområdet

Det är osäkert i vilken utsträckning det ligger en tanke om progression bakom ordvalet ”miljöfaktorer” i mellanstadiet och ”tillgängliga resurser” i högstadiet. Inom ekologin är det emellertid en viktig distinktion, då det kan råda konkurrens om resurser till skillnad från miljöfaktorer (Begon et al., 2006). Det är möjligt att kopplingen till populationer i högstadiet antyder ett starkare fokus på populationsdynamik, konkurrens och miljöns bärkraft, medan man i mellanstadiet snarare förväntas fokusera på hur sådant som förhållanden i mark och vatten, temperatur och ljus inverkar på organismer. Det finns visst stöd för att inleda undervisningen i ekologi med växters interaktion med abiotiska faktorer snarare än med växt-djurinteraktioner (Zangori & Forbes, 2015). Det är dock osäkert i vilken utsträckning distinktionen mellan miljöfaktorer och resurser verkligen implementeras i undervisningen utifrån dagens kursplan. Vi menar att distinktionen kan vara relevant, men att den i så fall behöver skrivas ut tydligare i kursplanen. Vi vill också betona att det inte finns något otvetydigt forskningsstöd för denna ordning och att lärare därför bör ha ett stort friutrymme för att välja vilka ekologiska samband man vill arbeta med, givet övrig kontext (jfr. Hirsh et al., 2022).

Ytterligare en progression som skulle kunna preciseras ytterligare, mest av språkliga skäl, är den från *näringskedjor och kretslopp i närmiljön* i mellanstadiet till *lokala och globala ekosystem* i högstadiet. Termen ”globala ekosystem” är tvetydig – ska den förstås som ”ekosystemet jorden”, som de stora biomen på jorden, eller som ekosystem som inte är lokala (Janz & Östlund Farrants, 2025)? Det är å ena sidan rimligt att lärare tar upp alla dessa aspekter av ”globala ekosystem”, men att det å andra sidan inte skulle vara någon nackdel att ytterligare precisera progressionen. Inom ekologin skulle det således vara rimligt att progressionen gick från kännedom om lokala ekosystem i mellanstadiet till att inkludera variationen av ekosystem, och jämförelser mellan dem, på högstadiet (Janz & Östlund Farrants, 2025). Idén om jorden som ett (nästan) slutet system kan behandlas inom ramen för progressionen i Hållbar utveckling (avsnitt 2.5) men naturligtvis i undervisningen knytas till elevernas förståelse för lokala och andra ekosystem.

2.5 Hållbar utveckling

Det kunskapsområde som i nuvarande kursplan berör hållbar utveckling uppvisar några diskontinuiteter i progressionen från förskoleklass till åk 9. I förskoleklass ska undervisningen behandla *hur människors olika val i vardagen kan bidra till en hållbar utveckling*. Därefter återkommer kunskapsområdet först i mellanstadiet, där *hållbar utveckling* emellertid snarare utgör en aspekt till vilken *människans beroende av och påverkan på naturen* ska kopplas (övriga två aspekter är *naturbruk* och *ekosystemtjänster*). I högstadiet sluts cirkeln från förskoleklass, då fokus återigen är på *hur hållbar utveckling kan främjas* genom mänsklig handling *på individ- och samhällsnivå*. Vidare pekar det centrala innehållet på högstadiet endast mot människans *påverkan* på naturen, medan beroendet av densamma inte finns kvar. Slutligen betonas *betydelsen av biologisk mångfald och*, återigen, *ekosystemtjänster* (implicit sannolikt för hållbar utveckling). För det första saknas således kunskapsområdet hållbar utveckling i lågstadiets centrala innehåll, vilket vi ser som problematiskt, även om lärare i lågstadiet idag ändå arbetar med området eftersom det är ett övergripande mål för skolan (se vidare nedan). För det andra nämns *hållbar utveckling* i mellanstadiet på samma nivå som *naturbruk* och *ekosystemtjänster*, vilket kan betraktas som ett slags ”kategorimisstag” – naturbruk och ekosystemtjänster är snarare begrepp som kan användas för att diskutera hållbar utveckling – som åtminstone i princip riskerar att skifta fokus för kunskapsområdet. För det tredje är det problematiskt att fokus i högstadiet styrs mot människans påverkan på, till förfång för beroende av, naturen, då det i princip riskerar att uppmuntra en undervisning om hållbar utveckling med fokus på problem snarare än på lösningar (se vidare nedan samt avsnitt 3.3). Slutligen är *betydelsen av biologisk mångfald och ekosystemtjänster* opreciserad, även om det rimligen läses som deras betydelse för *hållbar utveckling*.

Hållbar utveckling utgör ett av de nio övergripande mål för skolan som föreslås i betänkandet (SOU2025:19). Som vi redan diskuterat i det inledande avsnittet av denna rapport, utgör hållbar utveckling ett centralt kunskapsområde i biologiundervisningen, samtidigt som det behöver ges likvärdig tyngd i några andra ämnen, i synnerhet samhällskunskap men även de övriga två naturvetenskapliga ämnena (oavsett om den slutgiltiga läroplanen kommer att innehålla övergripande mål eller inte). Hållbar utveckling innefattar tre dimensioner, ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet (Ruggerio, 2021). I undervisning för hållbar utveckling brukar vidare en politisk dimension läggas till för att betona vikten av demokratiska samtal och beslut för att hantera komplexa hållbarhetsfrågor, där olika alternativ och intressekonflikter behöver vägas mot varandra (Håkansson et al., 2018; Lundegård, 2018; Lundegård & Wickman, 2012). Slutligen finns en etisk dimension av hållbar utveckling som rör frågor om de värden och rätta handlingar som människor värnar om, och som spelar, och behöver spela, en väsentlig roll när elever möter hållbarhetsfrågor i undervisningen (Öhman & Östman, 2019). Det är väsentligt att samtliga dimensioner behandlas i undervisning för hållbar utveckling. Samtidigt är det

rimligt att de kunskaper som kan bidra till elevernas förståelse av hållbarhetsfrågor får olika betoning i olika ämnen. I hållbarhetsundervisningen i biologiämnet ska således eleverna möta och hantera hållbarhetsfrågor utifrån samtliga dimensioner. Inte minst behöver eleverna erfara och delta i demokratiska processer och samtal där samtliga dimensioner får betydelse för resonemang och beslut (Lundegård & Caiman, 2019). Samtidigt behöver det kunskapsmässiga fokuset i biologiämnet ligga på den ekologiska dimensionen, liksom det i samhällskunskapsämnet ligger på den sociala och/eller ekonomiska. Så ser det också ut i dagens kursplaner, i och med att begrepp som naturbruk, ekosystemtjänster och biologisk mångfald knyts till kunskapsområdet.

Liksom för naturvetenskaplig allmänbildning generellt (se inledande text i avsnitt 1) är det väl belagt att det inte finns något direkt samband mellan elevers grundläggande kunskaper om ekologiska system och orsakerna till miljöproblem å ena sidan, och deras förhållningssätt till miljö- och hållbarhetsfrågor å den andra (Braun & Dierkes, 2019). Grundkunskaper i exempelvis ekologi är oundgängliga för att kunna delta i diskussioner och ta ställning till hållbarhetsfrågor, men leder inte i sig själva till ökad förståelse för eller engagemang i hållbarhetsfrågor. En rent så kallad *faktabaserad* undervisning för hållbar utveckling är således otillräcklig och har idag också i princip övergivits av majoriteten av lärarprofessionen (Rudsberg & Öhman, 2010). I stället krävs, som antytts ovan, en holistisk undervisning där samtliga dimensioner av hållbarhet behandlas, och där eleverna själva får erfarenhet av att delta i demokratiska samtal och beslut. En sådan undervisning benämns *pluralistisk*, och skiljer sig därigenom också från en *normerande* hållbarhetsundervisning, där rätta, ”hållbara” attityder och handlingar är avgjorda på förhand och förmedlas till eleverna. I en pluralistisk undervisning för hållbar utveckling spelar i stället förståelse för de olika intressekonflikter och värdesystem som möts i hållbarhetsfrågor en väsentlig roll, liksom att eleverna genom demokratiska processer får lära sig att hantera sådana komplexa problem (Lundegård & Caiman, 2019; Östman et al., 2019). Kunskapsområdet hållbar utveckling anknyter slutligen starkt till de kunskapsområden som rör möten med och relationer till naturen (avsnitt 2.1.), såväl kognitiva som känslomässiga och estetiska (Lundegård & Hasslöf, 2022; Lundegård et al., 2024).

Sammantaget behöver kunskapsområdet Hållbar utveckling ges en tydligare progression över samtliga grundskolans stadier, där progressionen dels bibehåller helheten av de olika dimensionerna av hållbar utveckling, dels integreras med andra kunskapsområden i biologiämnet (Ekologi, avsnitt 2.4, Naturmöten, avsnitt 2.1, Artkunskap, avsnitt 2.3). Vi finner skäl att ifrågasätta om ett så starkt fokus på *människors val* i relation till *hållbar utveckling* som återfinns i nuvarande skrivning för förskoleklass är en lämplig utgångspunkt för undervisning om hållbar utveckling i lågstadiet (F-3). Även om elever redan i lågstadiet bör få erfarenhet av att göra olika val i frågor som har med naturvetenskap att göra (se nedan under avsnitt 2.11.6, Biologi och beslutsfattande), är det osannolikt att ett fokus på miljöproblem och miljöhot är en lämplig ingång för små barn (jfr. Ojala, 2012). I linje med resonemangen under rubrikerna 2.1–2.3 torde en lämpligare

ingång till kunskapsområdet vara just att eleverna i lågstadiet ska utveckla kognitiva, känslomässiga och estetiska relationer till naturen, inte minst genom olika naturmöten (Berglund & Gericke, 2025). Vi misstänker att frånvaron av ett eget centralt innehåll i lågstadiet är ett uttryck för en liknande idé, nämligen att elever först behöver skapa den typen av relationer till naturen innan mer ”klassiska” hållbarhetsfrågor tas upp. Vi instämmer således i denna tanke, men menar att kunskapsområdet trots detta bör göras explicit redan i lågstadiet, även om det i stor utsträckning genomförs integrerat med kunskapsområdena under rubrikerna 2.1–2.4. Naturmötena bör inkludera såväl ”naturliga” som ”brukade” ekosystem, för att eleverna ska få en förståelse för människans beroende av och delaktighet med naturen, inte minst i relation till naturbruk (som i nuvarande kursplan införs först i mellanstadiet). Förståelse för, och erfarenheter av, hur mat och andra produkter från naturen produceras torde utgöra en god grund för senare undervisning om ekosystemtjänster. Som tidigare påpekats torde kunskaper om och erfarenheter av variationen i naturen på motsvarande sätt utgöra en god grund för senare mer explicit undervisning om biologisk mångfald och hur hoten mot denna kan hanteras.

Det är utmanande för barn att förstå komplexa interaktioner på systemnivå, i synnerhet där effekterna verkar över avstånd i tid och rum (Grotzer & Solis, 2023; Hayes et al., 2017). Icke desto mindre behöver undervisning för hållbar utveckling successivt stödja elever i att utveckla förståelse för hur egna och kollektiva handlingar och val får konsekvenser bortom det närliggande och omedelbara (Grotzer & Solis, 2023). På ett principiellt plan menar vi att det centrala innehållet för mellanstadiet i nuvarande biologikursplan är lämpligt, just genom att *människans beroende av och påverkan på naturen* lyfts fram. *Hållbar utveckling* bör emellertid utgöra huvudfokus för kunskapsområdet, medan begrepp som *naturbruk* och *ekosystemtjänster* bör få den roll som de faktiskt har i hållbar utveckling, d.v.s. för att beskriva och förstå människans interaktioner med naturen (utöver det som kunskapsområdet ekologi bidrar med). Valet av just *naturbruk* och *ekosystemtjänster* är för övrigt lämpligt, dels då de två hänger nära samman[4], dels då båda kan utgöra naturliga fortsättningar på undervisningen i lågstadiet, där eleverna har erfarit olika typer av naturmiljöer och därmed fått en grundläggande förståelse för och personliga relationer till dessa. Avseende ekologi och kolets kretslopp betonade vi vikten av att i mellanstadiet etablera en förståelse för fotosyntesen som en process som binder kol och producerar byggmaterial och energireserver i form av socker. Detta hänger nära ihop med den roll som jord- och skogsbruk har för produktion av föda och andra resurser. I nuvarande kursplan förs begreppet biologisk mångfald in först i högstadiet. Med tanke på att vi föreslår ett ökat fokus på biologisk variation genom hela grundskolan samt den nära relationen mellan biologisk mångfald och ekosystemtjänster, är det rimligt att även biologisk mångfald blir ett kunskapsinnehåll redan på mellanstadiet. Eleverna torde ha god erfarenhet av

[4] Jordbruk och skogsbruk är försörjande ekosystemtjänster och bidrar också till kulturella ekosystemtjänster, men är samtidigt beroende av reglerande och stödjande ekosystemtjänster som pollinering och ämnens kretslopp, vilka vidare ofta härrör från naturliga ekosystem.

variation på både art- och ekosystemnivå en bit in i mellanstadiet vilket bör stödja en sådan idé.

För högstadiet följer utblicken mot ett globalt perspektiv motsvarande progression i ekologin. Det är också rimligt att frågor om hur individuellt och kollektivt handlande påverkar hållbar utveckling förs in först på högstadiet. Även om idéer om gemensamt ansvar och ”kollektiv agens” mycket väl kan diskuteras även i lägre stadier, är det svårt för många elever ända upp på gymnasiet (och vidare!) att resonera om effekter på systemnivå annat än i termer av linjär kausalitet (Driver, Leach, et al., 1994; Grotzer & Solis, 2023). Hållbarhetsundervisningen på högstadiet erbjuder ett lämpligt sammanhang för att hjälpa elever att resonera om effekter på systemnivå och relatera dessa till såväl biologins organisationsnivåer (jfr. Ekologi, avsnitt 2.4) som till mänskliga sociala och ekonomiska system.

2.6 Cellbiologi

Det har i samtliga tre expertgrupper (Berglund & Gericke, 2025; Janz & Östlund Farrants, 2025; Malmberg et al., 2025; Stoltz & Waage, 2025) rått konsensus om att kunskaper om celler bör och/eller kan komma in tidigare i progressionen än vad som nu är fallet enligt kursplanen, där *kroppens celler* förs in som ett innehåll först på högstadiet. Argumenten för detta har varit flera och av olika karaktär. Mycket av kunskapsutvecklingen de senaste decennierna har skett inom cell- och molekylärbiologin, och möjligen skulle denna förskjutning i det akademiska ämnets fokus återspeglas i skolans biologiundervisning (Berglund & Gericke, 2025). Ett annat argument är att själva idén om att våra kroppar består av mindre beståndsdelar, liksom att det också finns självständiga organismer som vi inte kan se, borde kunna föras in på liknande grunder som en enkel partikelmodell eventuellt förs in tidigt i kemiundervisningen (Janz & Östlund Farrants, 2025). Det handlar då inte om att lära sig någonting specifikt om celler i åtminstone lågstadiet, utan enbart bibringas denna ”tankefigur”, vilken sedan kan byggas på enkelt under mellanstadiet och mer i detalj under högstadiet. Argumentet ovan hänför sig dock inte enbart till att lägga grunden för en senare förståelse av celler, utan det kan också ses som ett viktigt perspektiv som biologin kan erbjuda eleverna när det gäller vad liv är – exempelvis att det finns liv som vi inte ser. Ytterligare en dimension här är att en sådan förståelse skulle vara viktig för att förstå smittspridning och grunderna för infektionssjukdomar (Malmberg et al., 2025) (något som också av expertgrupperna föreslås föras in redan i mellanstadiet, se vidare Hälsa, avsnitt 2.9).

Däremot finns inget direkt stöd i forskningen för att behandla celler tidigare än högstadiet. Strängt taget har vi helt enkelt inte hittat några studier som explicit förhåller sig till denna fråga. I exempelvis USA förs celler in i motsvarande åk 6–8 (NGSS_Lead_States, 2013c). Å andra sidan skulle man kunna anföra indirekt stöd i termer av den forskning som gjorts om vikten av att hjälpa elever att hantera biologins många organisationsnivåer (Knippels & Waarlo, 2018). De

flesta studier som gjorts avseende detta har emellertid fokuserat på att hantera flera organisationsnivåer parallellt under kortare, avgränsade undervisningssekvenser (Knippels & Waarlo, 2018) snarare än på frågan om när under den obligatoriska skolgången som olika organisationsnivåer ska föras in. De flesta studier är således gjorda på högstadiet och gymnasiet, där eleverna redan har mött dessa nivåer i undervisningen, från atomär till ekosystemnivå, men behöver hjälp att integrera dem i sina resonemang. Ytterligare ett potentiellt stöd för förslaget att införa idén om celler tidigt är att det åtminstone inte är så ovanligt att celler införs av lärare redan på mellanstadiet, helt enkelt därför att de gör bedömningen att det är nödvändig kunskap inom ramen för undervisning om exempelvis kropp och hälsa och ibland kanske även livets utveckling (Stoltz & Waage, 2025). Även lågstadielärare är intresserade av möjligheten att föra in celler i undervisningen, som ett ännu inte slutfört projekt (som Rejhed i projektgruppen leder) på Kungsholmens grundskola visar. En enkel sökning på webben ger vidare vid handen att det finns flera undervisningsmaterial (företrädesvis i anglo-saxisk kontext) som utgår ifrån att celler hanteras även i de lägre årskurserna. Även om vi inte kan uttala oss generellt, tycks det alltså i viss mån finnas stöd hos professionen och i ämnets traditioner för att hantera viss kunskap om celler redan i de tidigare årskurserna.

Sammantaget bedömer vi att det kan finnas skäl att öppna för att införa idén om celler mycket försiktigt redan i slutet av lågstadiet, i form av beståndsdelar i alla makroskopiska organismer och som självständiga, för det mesta osynliga, organismer. Om partikelmodellen för materiens byggnad kan föras in som sådan ”idé” redan i lågstadiet, så bör motsvarande rimligen gälla även för idén om celler. I mellanstadiet skulle undervisningen av innehållet *Vad liv är* kunna knytas mer explicit till cellteorin. Kanske är det också läge att i det sammanhanget införa en distinktion mellan bakterier (celler) och virus, för att ytterligare lägga en grund för förståelse av infektionssjukdomar och smittspridning (Janz & Östlund Farrants, 2025). Här har expertgrupperna vidare resonerat om betydelsen av att knyta undervisningen till direkta erfarenheter som eleverna kan få, och övervägt i vilken utsträckning lärare i mellanstadiet skulle kunna ha tillgång till sådan utrustning att man kan visa verkliga celler för eleverna (Malmberg et al., 2025). Traditionella mikroskop är sannolikt förbehållet högstadiet, men ett enklare USB-mikroskop för en hel mellanstadieinstitution, där läraren har möjlighet att projicera verkliga celler för hela klassen, skulle kunna vara rimligt. I övrigt skulle sannolikt förutsättningarna variera starkt mellan skolor, exempelvis beroende på om det är möjligt att låna utrustning från högstadiets biologiinstitution (Stoltz & Waage, 2025). Oavsett vilket beslut avseende celler som slutligen fattas rörande de lägre stadierna, är det i högstadiet viktigt att behandla celler bredare än bara i relation till människokroppen (*kroppens celler*) som är fallet i nuvarande kursplan. Eleverna bör i slutet av högstadiet veta att celler bygger upp allt liv, att de kan se olika ut och vara självständiga eller delar av större system (kroppar). Vidare är det viktigt att eleverna inte endast knyter bakterier till infektion och sjukdom, utan även har kunskap om deras betydelse i ekosystemen (Janz & Östlund Farrants, 2025), något som dock tycks göras av lärare redan i de yngre

åldrarna genom att man pratar om ”nyttiga bakterier” (Stoltz & Waage, 2025). Slutligen kan ett viktigt perspektiv vara de stora likheterna i grundläggande funktion mellan alla celler (detta återkommer förstås även i genetiken), även om själva de processer och strukturer som utgör dessa likheter rimligen kan vänta till gymnasiebiologin. På motsvarande sätt kan kunskaper om den stora variationen av celler (inte minst metaboliskt), liksom relationen mellan livets huvudgrupper och olika celltyper, rimligen vara något som kan vänta till gymnasiebiologin.

2.7 Genetik

Kunskaper i genetik kommer i dagens kursplan in i högstadiet, och är en del av kunskapsområdet om *evolutionen mekanismer* och *arvsmassans egenskaper*. Vår uppfattning är att traditionen inom biologiämnet är att undervisa genetiken som ett separat område snarare än ihop med evolutionen. Det finns väsentliga styrkor med att knyta ihop de två områdena i undervisningen, men givet såväl den svenska ämnestraditionen som hur den didaktiska forskningen ser ut ser vi att det kan vara rimligt att i kursplanen ändå lyfta ut genetik som ett separat kunskapsområde. Som framgår av resonemanget nedan skulle detta i synnerhet vara en fördel i den mån som kunskaper om arvet ska införas i tidigare åldrar än vad som är fallet idag, för att tydliggöra progressionen inom kunskapsområdet. Vi inleder resonemanget med innehållet i genetikundervisningen på högstadiet, eftersom det oaktat eventuella tidigarelägganden ändå kommer att vara där som huvuddelen av genetiken kommer att ligga.

Ett tema i såväl samtal med expertgrupperna som i forskningen är den ”klassiska” eller ”mendelska” genetikens roll och position i undervisningsinnehållet. En tämligen entydig slutsats är att ett alltför stort och ensidigt fokus på monogena egenskaper, monohybrid nedärvning och korsningsscheman riskerar att leda till en snedvriden bild av hur arvet fungerar (Janz & Östlund Farrants, 2025). Dels gäller det bilden av hur arvsanlag/gener relaterar till egenskaper, där vanliga uppfattningar hos elever exempelvis är att de flesta egenskaper bestäms av enskilda gener och att gener direkt leder till dessa egenskaper (d.v.s. frånvaro av mekanistiska förklaringar och förståelse för att gener verkar via genprodukter) (Duncan et al., 2009). Dels gäller det den mer generella bilden av arv vs. miljö, där elever, sannolikt som ett resultat av undervisning, har en deterministisk snarare än dynamisk bild av hur arvet fungerar, genom att exempelvis resonera i dikotomier om att egenskaper antingen är genetiskt bestämda eller bestäms av miljön (Duncan et al., 2009; Gericke & Mc Ewen, 2023). Det rådde därför stor konsensus i expertgrupperna om att tona ner den ”mendelska” genetiken. Här behöver det dock noteras att nuvarande kursplan på intet sätt uppmuntrar ett sådant innehåll, utan i stället tämligen tydligt pekar mot kunskaper av det slag som forskningen och expertgrupperna betonar, nämligen mekanismer och dynamisk förståelse av arvet. Detsamma gäller aktuellt kommentarmaterial till biologiämnet. Här har vi således sannolikt att göra med en ämnestradition som bibehålls trots andra intentioner i styrdokumenten. Det kan i sammanhanget även noteras att denna tradition upprätthålls även i de nationella proven. Det verkar

därför viktigt att formuleringarna i den nya kursplanen ännu tydligare uttrycker ett fokus på bärande idéer inom genetiken (se t ex Duncan et al., 2009) så att inte eleverna möter förenklade monogena, icke-mekanistiska och deterministiska modeller hämtade från mendelsk genetik. Med detta sagt vi vill samtidigt betona att varken vi eller expertgrupperna förespråkar att klassisk genetik och korsningsscheman helt tas bort från undervisningen. De utgör en del av ämnets tradition och erfarenheterna från professionen visar också att den typen av genetik engagerar eleverna genom att de kan relatera till sig själva. Det är också möjligt att den klassiska genetiken lättare anknyter till de uppfattningar om arv som barn utvecklar tidigt och sannolikt därför bär med sig in i genetikundervisningen (Springer & Keil, 1989). Slutligen är Mendel naturligtvis väsentlig på samma sätt som Darwin i biologins undervisning om Biologins karaktär och hur biologisk kunskap har vuxit, och växer, fram (Malmberg et al., 2025).

I biologididaktisk forskning har det under senare år förts fram starka rekommendationer om att utnyttja kunskaper om genreglering och epigenetik för att ge elever en mer dynamisk förståelse av arvet (Gericke & Mc Ewen, 2023) och högstadieelevers lärande av epigenetik har också studerats i en svensk kontext (Thyberg et al., 2025). Detta visar att det är möjligt att undervisa om detta innehåll i högstadiet. Samtidigt restes från mötet med biologiexperterna vissa förbehåll mot att i alltför hög utsträckning vrida genetikinnehållet i grundskolan mot ett så nytt och fortfarande tämligen öppet och dynamiskt forskningsfält (Janz & Östlund Farrants, 2025). Vi menar därför att om kunskaper i epigenetik överhuvudtaget ska införas i kursplanen bör detta vara i form av översiktliga kunskaper om epigenetik som fenomen (snarare än mekanismer här alltså). Vi vill emellertid betona att även om epigenetik inte införs som innehåll och mål, så är det både önskvärt och rimligt att enskilda lärare kan göra professionella överväganden om huruvida detta (och annat) innehåll bör föras in, givet de specifika förutsättningar som kan råda både avseende elever och förhållanden utanför klassrummet.

Frågan om huruvida kunskaper om arvet bör komma in i tidigare stadier har liksom frågorna ovan olika dimensioner. En dimension är återigen ämnets tradition, där det är sannolikt att ett visst resonemang om ärftlig variation rimligen behöver införas på mellanstadiet i den mån lärarna verkligen undervisar om *hur livets utveckling kan förklaras med evolutionsteorin*. Det tycks emellertid som att lärare på mellanstadiet dels (1) inte fokuserar särskilt starkt på naturligt urval och på att förklara evolutionen, dels (2) inför tankar om arv snarare i samband med undervisning om människokroppen (Stoltz & Waage, 2025). Det verkar som att redan ganska små barn utvecklar en intuitiv förståelse för släktskap som gör att de spontant skiljer mellan biologiskt och kulturellt arv (Springer & Keil, 1989). Däremot verkar det som att elever är redo att resonera om gener och att dessa utgör instruktioner för organismers egenskaper först runt årskurs 5–6 (Duncan et al., 2009). I USA införs kunskaper om att egenskaper ärvs och att organismer varierar beroende på skillnader i arv redan i årskurs 3–5 (NGSS_Lead_States, 2013a). Värt att betona här är att variation införs så här tidigt. Det ligger i linje

med vårt tidigare resonemang om variation som en väsentlig idé för biologin (se avsnitt 2.3.1). Kunskaper om gener, kromosomer, mutationer och mekanistiska förklaringar av genuttryck införs USA i årskurs 6–8 (NGSS_Lead_States, 2013b), alltså möjligen något tidigare än i nuvarande kursplan i svensk skola (där vår uppfattning är att genetik vanligen undervisas i åk 9). I exempelvis Tjeckien behandlas genetiken i huvudsak först i årskurs 10–13 vilket motsvarar gymnasienivå i Sverige, och i Taiwan introduceras genetiken (dock tydligen i tämligen snäv bemärkelse med stark ”mendelsk” profil) i motsvarande årskurs 7 (13 år). Expertgruppen i biologi förordade ett tidigt införande av genetik på en principiell nivå (Janz & Östlund Farrants, 2025) medan ingen tydlig hållning utkristalliserades hos experterna i biologididaktik.

Sammantaget föreslår vi att kunskaper om arvet förs in i mellanstadiet, d.v.s. tidigare än i dagens kursplan men ändå inte redan i lågstadiet. Detta ligger i linje med hur det ser ut internationellt. Däremot menar vi att man bör skapa en progression avseende kunskaper om biologisk variation som börjar redan i lågstadiet, i enlighet med resonemanget om variation ovan (avsnitt 2.3.1). I lågstadiet handlar det således om fenotypisk variation, alltså vad eleverna kan se, men möjligen kan lärarna prata med eleverna om ärftlighet utifrån deras intuitiva förståelse av denna (Springer & Keil, 1989). I mellanstadiet kan det vara rimligt att införa gener som begrepp och som biologisk term, främst för att kunna behandla evolutionsteorin (särskilt om kravet på att införa evolutionsteorin som förklaringsmodell i mellanstadiet bibehålls, men se vårt resonemang om detta ovan, avsnitt 2.2), men även för att bygga vidare på elevernas kunskaper om och erfarenheter av biologisk variation. I princip kan samma innehåll som nu behållas i högstadiet, möjligen med ett resonemang om vikten av att lägga starkare fokus på mekanistiska förklaringar och arvets dynamiska karaktär, och mindre på klassisk genetik och monogen nedärvning.

2.8 Människokroppen

Den sammanhängande progressionen från låg- till högstadiet rör människokroppens byggnad och funktion. I lågstadiet ska eleverna således lära sig *några av människans organ, deras namn och översiktliga funktion*. Detta innehåll ter sig på det stora hela rimligt och inga uppenbara invändningar mot det lyftes i expertgrupperna, förutom möjligheten att peka ut vilka organsystem som kan vara lämpliga att ta upp och att eventuellt rörelseapparaten och matsmältning kunde vara lämpliga i lågstadiet (Malmberg et al., 2025). Elever som börjar lågstadiet har generellt en förståelse för att magen har en roll för att smälta/bryta ner mat (Arnaudin, 1985) vilket skulle kunna stödja ett fokus på matsmältning här. Samtidigt visar forskningen generellt att funktionen hos kroppens organ är utmanande att lära sig, inte minst eftersom den snabbt kräver resonemang på flera organisationsnivåer (till exempel för att prata om matsmältningssystemets funktion). Ur den synvinkeln skulle man även kunna tänka sig att lågstadiets undervisning har fokus på just översikt, både avseende organen och deras namn, och avseende deras funktion. En sådan översikt, som ju redan uttrycks för

funktionen, skulle innebära att eleverna i lågstadiet får en helhetsbild över kroppens huvudsakliga organ, snarare än att fokusera på ett eller ett par system. Utan att ha någon direkt forskning som stöd, lutar arbetsgruppen åt det senare alternativet, vilket även innebär att den skrivning som nu är fungerar väl. Till yttermera visso skulle en sådan lösning bättre sammanfalla med den generella kunskap vi har om betydelsen av att läraren har frihet att anpassa undervisningen efter klassrumskontext (Hirsh et al., 2022). Vår bild är att lågstadielärare förmår hantera frågan om urval av organ på ett tillfredsställande sätt och att några ytterligare preciseringar därför inte behövs i detta fall (Stoltz & Waage, 2025).

Progressionen till mellanstadiet är också rimlig, med ett fokus på *organsystem* liksom på deras *funktion och samverkan*. Däremot är progressionen till högstadiet inte lika tydlig utöver att ytterligare en organisationsnivå införs, nämligen *kroppens celler*. Utöver detta kan man snarare urskilja en återgång till *några organ och organsystem*, från mellanstadiets *människans organsystem*, vilken innebär en viss otydlighet. Det är möjligt att denna progression (från mellanstadiet till högstadiet) i högre grad borde fokusera på att eleverna ska kunna urskilja och hantera fler organisationsnivåer (vilket ju antyds, om än vagt, genom tillägget *kroppens celler*). Vi vet sedan lång tid tillbaka att vissa sätt att resonera om organsystem som cirkulations-, andnings- och matsmältningssystem, liksom deras relation, förblir oförändrade ända upp på universitetsnivå, trots undervisning (Arnaudin, 1985; Driver, Squires, et al., 1994, s. 29-30). Nyare forskning tyder vidare på att förmågan att förklara exempelvis kroppens funktion på relevant organisationsnivå, och kunna röra sig mellan nivåer, är minst lika centralt som att använda korrekta begrepp, samt att det är möjligt att lära sig för elever förutsatt att de får möta och resonera om organisationsnivåerna i undervisningen (Knippels & Waarlo, 2018; Olander, 2010; Olander et al., 2018). Om det är organens (som eleverna lärt sig på lågstadiet) samverkan i system som är fokus på mellanstadiet, skulle med andra ord organsystemens (som eleverna lärt sig på mellanstadiet) inbördes samverkan, hur denna samverkan relaterar till molekyl- och cellnivå samt systemnivå (hela kroppens funktion) kunna utgöra progressionen till högstadiet. På motsvarande sätt som för vårt resonemang om fotosyntesen ovan, vill vi dock betona vikten av att innehållet hålls på en principiell nivå snarare än på en detaljnivå. Elever kan mycket väl lära sig cellers och organs byggnad i detalj, utan att för den skull förstå hur dessa hänger samman.

I lågstadiet finns ytterligare ett kunskapsområde som rör människans *sinnen*, men som inte har någon uttryckt progression i mellan- och högstadiet, sannolikt för att sinnesorganen då tas upp inom ramen för föregående kunskapsområde om människans organsystem. Vi bedömer att detta är rimligt, samt att kunskapsområdet kan kvarstå för lågstadiet, då det är ett väsentligt område där undervisningen kan knyta samman fysik, kemi och biologi för eleverna, avseende *ljus, ljud, värme, smak och doft*. Det öppnar därmed upp för att i undervisningen erbjuda sinnliga och kroppsliga erfarenheter av olika naturvetenskapliga fenomen

och naturmöten för de yngsta eleverna. Området har inte varit föremål för någon diskussion eller några förslag i expertgrupperna.

Slutligen vill vi föregripa en föreslagen förändring som relaterar till kunskapsområdet om sexualitet, samtycke och relationer (se avsnitt 2.10), nämligen att även människans reproduktionsorgan och deras funktion behandlas i samband med människans organ och organsystem. Vi menar att en sådan ordning framför allt kan stärka ”sexualundervisningen” genom att inte direkt förknippa frågor om sexualitet, relationer och identitet med reproduktion. Huruvida detta är något som framkommer i en kommande kursplan är emellertid inte uppenbart, i synnerhet som vi inte föreslår någon specifik uppräkning av vilka organ och organsystem som undervisningen ska behandla. Återigen bör det i slutänden vara upp till den professionella läraren att bedöma i vilka sammanhang olika delar av ämnets innehåll tas upp.

2.9 Hälsa

Kunskapsområdet avseende hälsa fokuserar i förskoleklass och lågstadiet helt på vad vi behöver för *hälsa och välbefinnande* och för att *må bra*. Detta ter sig, återigen, som en rimlig nivå för åldersgruppen, d.v.s. att ett explicit fokus på sjukdomar får vänta till högre stadier (se emellertid nedan om infektioner och smittspridning). I mellanstadiet införs *några vanliga sjukdomar och hur de kan förebyggas och behandlas*, och *psykisk och fysisk hälsa* införs tillsammans med tillägget om *beroendeframkallande medel*. Även detta verkar rimligt, liksom progressionen att på högstadiet inkludera *stress* samt att införa en *samhällsnivå* när det gäller att förebygga ohälsa. En viss diskussion om bestämningen psykisk och fysisk hälsa har förts både i arbetsgruppen och med expertgrupperna. Lärare i låg- och mellanstadiet ser inga problem med att undervisa om sociala relationer (årskurs 1–3) och psykisk hälsa (årskurs 4–6), och menar att det dessutom är regel att man knyter sådana resonemang till det aktuella ämnet, exempelvis genom att jämföra med andra djurs sociala beteenden (Stoltz & Waage, 2025). Biologilärare i högstadiet tycks däremot något mer tveksamma till bestämningen ”psykisk hälsa”, i synnerhet om det blir ett generellt innehåll snarare än knutet till biologi, liksom om läraren får rollen som ”psykolog/kurator”. Hållningen hos biologididaktikerna var att bestämningarna kan kvarstå och det finns också numera en del undervisningsmaterial för att stödja undervisning om psykisk hälsa inom biologin (Berglund & Gericke, 2025). Vår bedömning är därför att skrivningen kan kvarstå, men att det bör framgå att innehållet bör ges en biologisk innebörd snarare än att undervisas som psykologi. Vi menar vidare att läroplanen bör precisera att elevhälsan har ansvar för mer generella aspekter av undervisning och information om elevers hälsa, eftersom detta är en expertis som varken biologi- eller andra ämneslärare i allmänhet besitter.

Det som mest entydigt kommit fram i samtalen med expertgrupperna är att kunskaper om smittspridning och infektioner bör komma in åtminstone redan i mellanstadiet (Berglund & Gericke, 2025; Malmberg et al., 2025). Lärare tycks

behandla bakterier redan i lågstadiet, både i relation till smittspridning och, som tidigare nämnts, för att tydliggöra att det också finns ”goda bakterier” både i naturen och i/på våra kroppar (Stoltz & Waage, 2025). I lågstadiet bör det i så fall handla om personlig handhygien, vikten av att inte nysa eller hosta rakt ut etcetera (något som redan behandlas i förskolan). I mellanstadiet kan fokus förflyttas till spridning och förebyggande av vanliga *infektionssjukdomar* som eleverna känner till, och det är då rimligt att också införa distinktionen mellan *bakterier* och *virus*. Här intar undervisning av vaccination en central plats – eleverna bör i mellanstadiet förstå att vaccination har två viktiga funktioner, att skydda individer och att förebygga smittspridning. Detta innebär således att delar av det centrala innehållet i nuvarande kursplan flyttas ner från högstadiet till mellanstadiet. På högstadiet är det rimligt att införa antibiotikaresistens liksom skillnader i hur olika infektionssjukdomar kan behandlas. Det är vidare rimligt att tänka sig en progression avseende relationen mellan individuella och samhälleliga aspekter av hälsa, där undervisningen i högstadiet kan införa mer komplexa frågor om individuellt och kollektivt ansvar för hälsa (Malmberg et al., 2025; Malmberg & Urbas, 2019).

2.10 Sexualitet, identitet, samtycke och relationer

Sexualitet, samtycke och relationer är ett tvärvetenskapligt ämne som i dagsläget ingår i många av skolans ämnen, så som språk, samhällsorienterande ämnen, estetiska ämnen (se kursplaner (Skolverket, 2025)). Området är både ett värde- och kunskapsuppdrag då många av frågorna som rör sexualitet är komplexa och både innehåller aspekter av fakta/kunskap och av värden. Av den anledningen bör, som vi redan påpekat i det inledande avsnittet, ansvaret för att området tas upp i undervisningen ligga på hela skolan och fördelas och spridas på fler lärare och ämnen. Varje ämne har sin särart men det finns också områden som överlappar. Vikten av att kunskapsområdet behandlas just ämnesövergripande och dessutom återkommande och med progression under hela grundskolan betonas i litteraturen (Pound et al., 2017; UNESCO, 2018).

I biologikursplanen finns ämnet i nuvarande kursplaner mest tydligt utskrivet i det centrala innehållet för årskurs 4 – 9 men förekommer också som delar i det centrala innehållet för årskurs 1 – 3. I F – 3 kan ämnet med fördel tas upp inom området ”*Betydelsen av kost, sömn, hygien, motion och* ***sociala relationer*** *för att må bra”* samt området *”Några av människans organ, deras namn och översiktliga funktion”.* Här bör fokus ligga på elevens egna frågor och på så sätt säkra en åldersadekvat och åldersanpassad undervisning (Goldfarb & Lieberman, 2021; Pound et al., 2017; Skolinspektionen, 2018). Innehållet skulle till exempel kunna kopplas till elevens frågor/intressen kring kropp, relationer, känslor och identitet. Även i detta sammanhang är det angeläget att lyfta begreppet variation, då det finns en variation vad gäller kroppar, känslor, relationer och samlevnadsformer. Att påvisa variation kan motverka stereotypa uppfattningar och på så sätt, hos eleven, utveckla en trygg och sund uppfattning av kropp och känslor.

I mellanstadiet fortsätter fokus att ligga på individen och ett innehåll som behandlar *människans pubertet, reproduktion, sexualitet och identitet samt frågor om relationer, kärlek och ansvar*. Vi förespråkar att man tar bort begreppet reproduktion (även i årskurs 7 – 9) och låter det ligga som en del av innehållet ”*Människans organsystem. Några organs namn, utseende, placering, funktion och samverkan” (se avsnitt 2.8)*. Att fortsätta förhålla sig åldersanpassat och att ligga nära elevernas egna erfarenheter och frågor är viktigt (Goldfarb & Lieberman, 2021; Pound et al., 2017; Skolinspektionen, 2018). Likaså att i undervisningen ger utrymme för samtal och reflektion där både värden och fakta inbegrips. På så sätt kan undervisningen ge en helhetssyn på vad sexualitet kan vara.

I högstadiet återkommer innehållet *människans pubertet, reproduktion, sexualitet och identitet samt frågor om relationer, kärlek och ansvar* men omfattar även begreppen *samtycke och ömsesidighet* och *sexuellt överförbara sjukdomar och preventivmedel*. Tanken är att begreppen *samtycke* och *ömsesidighet* kan bredda och fördjupa innehållet från mellanstadiet. Innehållet sexuellt överförbara sjukdomar och preventivmedel möjliggör att undervisningen även behandlar individens ansvar för både sin egen och andras sexuella hälsa.

2.11 Systematiska undersökningar och granskning av information

De tre sista kunskapsområdena i nuvarande kursplan omfattar flera skilda lärandemål och ett brett innehåll. I vår mening är innehållet något för brett för att samlas under en enda rubrik, även om detta naturligtvis är ett beslut under arbetet med de faktiska kursplanerna. Vad vi menar med denna bredd utvecklas under respektive underrubrik nedan.

I mellan- och högstadiet återfinns de tre kunskapsområdena under var sin punkt i det centrala innehållet. Den första punkten motsvarar rubrikens ”systematiska undersökningar” medan den tredje punkten motsvarar rubrikens ”granskning av information”. Den andra punkten i det centrala innehållet motsvarar ett kunskapsområde som inte syns i rubriken och som brukar benämnas Naturvetenskapens karaktär eller, tydligare, den naturvetenskapliga kunskapens karaktär (Nature of Science/NOS eller Nature of Scientific Knowledge/NOSK) (Lederman, 2019). Naturvetenskapens karaktär tycks vara den aspekt av den naturvetenskapliga undervisningen som prioriteras lägst (Zetterqvist & Bach, 2023) och det tycks finnas en tendens även internationellt att låta detta specifika kunskapsområde sorteras in under det som på engelska benämns Scientific *Inquiry* (och som i nuvarande kursplan således sorteras in under ”Systematiska undersökningar”) eller, i synnerhet i USA, *Science [and Engineering] practices* (Furtak & Penuel, 2019; Lederman, 2019). Det kan därför finnas skäl att tydligare lyfta fram detta kunskapsområde som ett eget innehåll i undervisningen (Lederman, 2019).

Vidare finns i nuvarande kursplan en progression från *granskning av information* i mellanstadiet till *argumentation och ställningstaganden* i högstadiet. Vi noterar att detta möjligen ligger i linje med hur Läroplansutredningen (SOU2025:19) argumenterar avseende så kallade grundläggande kunskaper tidigt och mer kritik och analys (”analys” förekommer dock inte som begrepp i biologikursplanen) senare. Vi finner här anledning att överväga en möjlig förskjutning mot ett fokus på beslutsfattande snarare än kritisk granskning av information, samt en möjlig progression genom hela grundskolan avseende detta kunskapsområde.

Till skillnad från de tidigare genomgångarna av kunskapsområden (2.1 – 2.10) har vi för varje kunskapsområde två underrubriker som förekommer ”i par” men på samma rubriknivå, där den första rubriken i paret resonerar allmänt i termer av Naturvetenskapliga undersökningar, Naturvetenskapens karaktär och Naturvetenskap och beslutsfattande, medan den andra underrubriken i varje par fokuserar på Biologiska undersökningar, Biologins karaktär och Biologi och beslutsfattande. Detta beror på att vi förordar att kunskapsområdena benämns i relation till ämnet snarare än i relation till naturvetenskap i allmänhet. Även om många aspekter av dessa kunskapsområden onekligen sammanfaller mellan de tre naturvetenskapliga ämnena, menar vi att en precisering mot respektive ämne tydliggör och öppnar upp för att också behandla särdrag för ämnt. Detta är också ett skäl till att vi föreslår att ”systematiska undersökningar” utgår som rubrik för hela kunskapsområdet, utöver att det inte fungerar i en internationell kontext. Att vi ändå behandlar respektive kunskapsområde på två nivåer beror på att vi bedömer att de först behöver utredas på ett mer generellt plan innan vi kan gå in på den mer detaljerade analys av progressionen i relation till nuvarande kursplan som således genomförs under rubrikerna där kunskapsområdet preciseras mot biologi. Notera dock att allt som behandlas under exempelvis Biologins karaktär inte handlar om det som är unikt för biologin, utan att progressionen behandlas under den rubriken eftersom vi föreslår att det är så benämningen i den nya kursplanen bör se ut.

Inom den naturvetenskapsdidaktiska forskningen diskuteras de kunskaper som det här gäller oftast generiskt, som ”naturvetenskapliga” undersökningar, ”naturvetenskapens” karaktär och ”naturvetenskap” och beslutsfattande. Samtidigt är en viktig komponent avseende kunskaper *om* naturvetenskapliga undersökningar (se vidare om detta under Biologiska undersökningar, avsnitt 2.11.2) att det inte finns en enda naturvetenskaplig Metod (med stort ”M”), utan att detta varierar både inom och inte minst mellan olika naturvetenskaper (Hodson, 1996). I gymnasiets ämnesplaner lyfts respektive ämne fram på detta sätt (t.ex. ”Biologins arbetsmetoder”). Samtidigt är det rimligt att grundskolan i första hand lyfter fram sådant som är gemensamt för naturvetenskapliga undersökningar och kunskaper och låta mer specifika skillnader snarare fungera som illustrationer av variationen snarare än utgöra ett viktigt kunskapsinnehåll i sig själva (Kloser, 2012). Vi utvecklar dessa resonemang ytterligare nedan.

2.11.1 Naturvetenskapliga undersökningar

Naturvetenskapliga undersökningar (eng. generellt ”Scientific Inquiry”) är en term som används i flera olika bemärkelser i relation till den naturvetenskapliga undervisningen, av såväl lärare som forskare. För det första används termen både som en pedagogisk och en naturvetenskaplig verksamhet/metod. Lärare i naturvetenskap pratar framför allt om naturvetenskapliga undersökningar som en pedagogisk metod, med målet att eleverna genom den i första hand ska lära sig naturvetenskapens begrepp, modeller och teorier, men även som ett sätt att variera undervisningen och skapa engagemang och intresse hos eleverna (Gyllenpalm et al., 2010; Högström et al., 2006). Att lärare i första hand tänker på naturvetenskapliga undersökningar som en pedagogisk metod är inte så konstigt givet att så kallad Inquiry Based Science Education, IBSE, utgör ett centralt, forskningsbaserat paradigm för hur elever bäst bör undervisas i naturvetenskap. Den aspekten är inte alls i fokus här utan behandlas i mer detalj under avsnittet ”Undervisningsstrategier i biologi” (avsnitt 3.2.2), där vi väljer att använda den svenska benämningen Undersökande arbetssätt för IBSE, för att betona denna skillnad. Här är det viktiga i stället att naturvetenskapliga (”systematiska” i nuvarande kursplan) undersökningar också är ett innehåll som elever ska lära sig, d.v.s. motsvarande att de ska lära sig ekologi eller genetik. Inom forskningen görs därför ibland en skillnad mellan att ”lära sig naturvetenskap” och att ”lära sig *om* naturvetenskap” (”learning science” och ”learning about science”) (Hodson, 1996). Med ”lära sig naturvetenskap” menar man då det som traditionellt betraktats som naturvetenskapens produkter, d.v.s. dess begrepp, modeller och teorier. Med ”lära sig *om* naturvetenskap” avses i stället att lära sig hur naturvetenskaplig verksamhet bedrivs och vad som kännetecknar sådan kunskap. Det senare, vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap, behandlas vidare under rubrikparet Naturvetenskapens/Biologins karaktär.

När det gäller kunskapsområdet (alltså inte den pedagogiska metoden!) Naturvetenskapliga undersökningar, finns dock ytterligare en viktig distinktion som måste göras, nämligen mellan att lära sig *om* och att lära sig att *genomföra* naturvetenskapliga undersökningar (Gyllenpalm et al., 2022). Båda dessa mål är sannolikt legitima i den naturvetenskapliga undervisningen, men ur olika synvinklar. Även om det inte nödvändigtvis varit syftet från dem som formulerade den nuvarande kursplanen, kan skrivningarna lätt läsas som färdigheter som eleverna ska utveckla (som att kunna genomföra *experiment*, *formulera undersökningsbara frågor*, *planera* undersökningar etc), d.v.s. ett fokus på den andra aspekten ovan, att lära sig att *genomföra* naturvetenskapliga undersökningar. Den första aspekten ovan, d.v.s. att lära sig *om* naturvetenskapliga undersökningar, innebär emellertid en kognitiv förståelse av vad naturvetenskapliga undersökningar innefattar och att med den kunskapen kunna värdera och jämföra olika aspekter av en naturvetenskaplig undersökning i mötet med naturvetenskapliga påståenden i exempelvis media och den allmänna politiska debatten (Gyllenpalm et al., 2022; Lederman, 2019) (se även det inledande avsnittet i Del 1 om naturvetenskaplig allmänbildning och de övergripande syftena med biologiundervisningen).

Det är tämligen entydigt i forskningen att elever inte lär sig *om* naturvetenskapliga undersökningar enbart genom att *genomföra* dem. Uttryckt på ett annat sätt: vad som kännetecknar naturvetenskapliga undersökningar behöver utgöra ett *explicit* innehåll i undervisningen, och kan inte likställas med att enbart låta eleverna genomföra sådana undersökningar (Gyllenpalm et al., 2022). Även om detta i hög utsträckning är en fråga om hur undervisningen planeras och genomförs, exempelvis att lärare tydliggör vilket syfte en viss naturvetenskaplig undersökande aktivitet har (Hodson, 2014), menar vi att det kan vara viktigt att i den nya kursplanen ytterligare betona dessa dubbla syften avseende detta kunskapsområde.

Det finns åtta karaktärsdrag för naturvetenskapliga arbetssätt som tagits fram delvis utifrån befintlig forskning, men primärt med utgångspunkt i nationella dokument för naturvetenskapsundervisning i USA (Lederman et al., 2014). Det har då bedömts rimligt att elever förstår samtliga dessa aspekter i slutet av gymnasiet, medan de i årskurs 3 borde känna till att (1) frågor inleder naturvetenskapliga undersökningar, (2) frågorna styr vilka metoder man kan använda, (3) att man behöver samla in empiriska data för att besvara frågorna, (4) tidigare kunskaper spelar roll för hur de besvaras samt (5) det inte finns en enda ”naturvetenskaplig metod” (Lederman et al., 2024). Å andra sidan verkar elever generellt (och globalt) inte riktigt svara upp mot dessa förväntningar och det sker visserligen en viss, men inte alls ”tillräcklig” (i förhållande till de extraherade karaktärsdragen) progression genom årskurserna (återigen, generellt och globalt) (Lederman et al., 2024). Samma nedslående trend syns också mellan årskurs 7 i grundskolan och årskurs 3 i gymnasiet i en svensk kontext (Gyllenpalm et al., 2022). Jämfört med Naturvetenskapens karaktär (se avsnitt 2.11.3) råder inte samma konsensus om av vad som är relevant respektive möjligt för elever att lära sig avseende kunskaper *om* naturvetenskapliga undersökningar (Johansson & Wickman, 2012; Lederman et al., 2014). Givet detta menar vi att en rimlig hållning avseende detta första kunskapsområde (Naturvetenskapliga undersökningar) är att i stort utgå ifrån den befintliga progressionen i nuvarande kursplan, men med det viktiga tillägget att det tydliggörs att kunskapsområdet innefattar två parallella syften; att lära sig *genomföra* och lära sig *om* naturvetenskapliga (biologiska) undersökningar. Den nuvarande progressionen uppfattas som funktionell av professionen, men tycks vara lättare att implementera i fysik och kemi än i biologi (Stoltz & Waage, 2025). I nästa avsnitt, Biologiska undersökningar (avsnitt 2.11.2), diskuterar vi progressionen i nuvarande kursplan specifikt och dessutom med visst fokus på vad som är typiskt för just biologin.

2.11.2 Biologiska undersökningar

Kunskapsområdet som motsvarar Biologiska undersökningar är det ena av de två kunskapsområden som har en innehållslig progression över samtliga tre stadier i nuvarande kursplan (det andra är Biologins karaktär, som dock alltså inte syns i rubriken för dessa tre centrala innehåll). I samtliga tre stadier ingår *fältstudier och experiment*, medan lågstadiet även har med *observationer* som en egen

verksamhet. Fältstudier har i samtliga expertgrupper bekräftats vara en viktig komponent i biologiundervisningen (se även avsnitt 2.1 om naturmöten utifrån andra aspekter). Avseende syftet att lära sig genomföra biologiska undersökningar, ter sig *enkla fältstudier* därför som en rimlig startpunkt för biologiundervisningen i lågstadiet, liksom att det följer med upp till högstadiet. Möjligen skulle en ytterligare progression kunna innefatta fältexperiment (”fältstudier och fältexperiment”) i högstadiet. När det gäller experiment, är vi emellertid tveksamma till att införa detta begrepp redan i lågstadiet. Detta hänger nära samman med ovanstående resonemang om att lära sig *om* naturvetenskapliga undersökningar, och att en aspekt då är att vara lika noggrann med terminologi och begreppsanvändning när det gäller dessa kunskapsområden som när det gäller de mer traditionella områdena, som ekologi eller evolution (Gyllenpalm & Wickman, 2011). Ett experiment (kontrollerat experiment) har en specifik betydelse och bör således inte likställas med ett ”försök”, en ”laboration” eller liknande. Det är inte uppenbart att elever i grundskolan behöver lära sig vad ett kontrollerat experiment innebär (den kunskapen ingår exempelvis inte i de åtta karaktärsdragen för naturvetenskapliga undersökningar, jfr Lederman et al., (2014)), men det hindrar inte att man försöker styra upp terminologin, åtminstone i officiella styrdokument. Eventuellt kunde man här i stället tala om just ”enkla fältstudier och laborationer”. Utöver detta ska eleverna i lågstadiet lära sig att utföra undersökningar samt dokumentera dessa med olika medier, vilket vi också bedömer är lämpligt och väl fungerande i dagens undervisningspraktik.

Givet den osäkerhet som fortfarande råder avseende lämplig progression avseende kunskaper *om* naturvetenskapliga undersökningar, menar arbetsgruppen att en lämplig hållning är att kursplanen tydliggör att de ”moment” som ingår i det biologiska undersökandet (i lågstadiet fältstudier och laborationer, utförande och dokumentation av undersökningar) också behandlas explicit i undervisningen. Således behöver eleverna veta *att* de genomför en [enkel] fältstudie och att den benämns just så, att det är ett sätt att undersöka på i biologin men att ett annat sätt är att göra undersökningar i laboratoriet, att dokumentation är viktigt i alla undersökningar och att den kan göras på olika sätt osv. Med andra ord behöver det ”görande” som eleverna genomlever också behandlas så att eleverna lär sig någonting också *om* detta görande, inte bara själva färdigheten.

Det verkar inte orimligt att elever i slutet av lågstadiet ska ha kunskaper om de aspekter som föreslås i Lederman m. fl. (2024). Vi ser att några av dessa lätt kan komma in genom att lyftas upp explicit utifrån befintligt ”görande”, som olika typer av undersökningar och olika typer av dokumentation. När det gäller de aspekter som rör frågeställningar (t.ex. att en undersökning börjar med en frågeställning och att det krävs empiri för att besvara den) är vår bedömning att dessa kan behandlas utifrån premissen att elever redan i lågstadiet bör få möjlighet att även pröva på enkla, men helt öppna, undersökningar där dessa aspekter behandlas (Hodson, 2014). Detta ligger så vitt vi kan bedöma också i linje med ämnets tradition, d.v.s. att redan i tidig ålder låta elever utforska naturen och dess fenomen tämligen öppet, och i dessa verksamheter successivt föra in mer

och mer systematiska moment. Utmaningen, utifrån ovanstående resonemang, är att tydliggöra att momenten inte enbart förblir ”görande”, utan även görs explicita så att barnen lär sig någonting *om* vad de just har varit med om att göra.

I nuvarande progression tillkommer *planering* och *värdering av resultat* i mellanstadiet, samt *formulering av undersökningsbara frågor* i högstadiet. Det är en möjlig progression. Vi vet emellertid att även elever i årskurs 2 kan lära sig att värdera resultat på enkla sätt (Åkerlind Paulsson et al., 2024) och mycket tyder på att en lämpligare progression handlar om att gå från enkelt till mer komplext i fråga om de olika aspekterna av naturvetenskapliga undersökningar samt att det går att starta progressionen redan från årskurs 1 (till och med tidigare) (Hodson, 2014; Lazonder & Harmsen, 2016). I avsaknad av tydliga förslag avseende denna långsiktiga progression menar vi dock att kursplanen bör hållas öppen i detta avseende, och inte begränsa lärares frihet att arbeta enligt den senare principen (från enkelt till komplext snarare än att lägga till aspekter).

I mellanstadiet och högstadiet införs tillägget att fältstudier och experiment ska genomföras *med såväl analoga som digitala verktyg*. Detta har inte diskuterats i expertgrupperna, men vi har indikationer på att denna formulering är svår för lärare att tränga igenom. Det är möjligt att formuleringen syftar mot att eleverna ska få erfarenhet av olika typer av simuleringar av biologiska fenomen, något som ju ofta sker digitalt (dock inte alltid). Om det är syftet, vilket kan vara rimligt, menar vi att det vore bättre att skriva ut detta så att det blir explicit. Utan att ha något direkt stöd, menar vi vidare att man kan överväga om simulering i så fall kan vänta till högstadiet, i synnerhet som vårt ovanstående resonemang om att också undervisa *om* biologiska undersökningar i viss mån kommer att innebära ett utökat innehåll.

I internationell litteratur utgör vidare modellering en aspekt av naturvetenskapliga undersökningar som särskilt betonats under senare år (Furtak & Penuel, 2019). Tyvärr råder här motsvarande sammanblandning som ovan beskrivits för ”Inquiry”, d.v.s. modellering ses både som en metod för att elever bättre ska lära sig annat ämnesinnehåll, och som ett eget ämnesinnehåll som eleverna ska lära sig, både *om* och *att göra*. Det finns skäl både för och emot att införa även denna aspekt som ett mål inom Biologiska undersökningar. Det som talar emot är främst att det skulle innebära ytterligare stoff att behandla på högstadiet. Å andra sidan är det möjligt att modellering som undervisningsmetod kan få snabb spridning i skolan, och i ett sådant läge skulle det kunna vara viktigt att urskilja de två innebörderna av begreppet (och verksamheten). Dessutom dyker termen ”förklaringsmodeller” upp på högstadiet inom det kunskapsområde som kan hänföras till Biologins karaktär (se vidare avsnitt 2.11.4). I den mån elever förväntas förstå att och hur sådana förklaringsmodeller förändras över tid, och varför, skulle det kunna vara rimligt att de också får erfarenhet av hur enkla modeller kan se ut och byggas som en del i en biologisk undersökning.

Slutligen vill vi lyfta en aspekt som tagits upp i samtalen med expertgrupperna och som relaterar till ”variation” som ett viktigt innehåll i biologiundervisningen

(Janz & Östlund Farrants, 2025) (se ovan under rubriken ”Biologisk variation”). En väsentlig skillnad mellan biologi å ena sidan, och fysik och kemi å den andra, är innebörden och betydelsen av variation i de naturvetenskapliga undersökningarna (Mayr, 1982, s. 36; Montévil et al., 2016). Medan variation i fysik och kemi mest handlar om oönskad variation runt ett medelvärde, orsakad av mätfel och olika typer av yttre störningar på mätinstrument, är variation i biologiska undersökningar dels någonting oundvikligt och förväntat, dels ibland det som är undersökningens intresse. På så sätt får också själva begreppet medelvärde en annan innebörd. Medan ett medelvärde i fysik och kemi kan sägas utgöra en bättre och bättre approximation av ett fenomen, är ett medelvärde i biologin snarast en förenkling av verkligheten, eller till och med en abstraktion, i och med att i stort sett alla mätpunkter (till exempel individer i en population) i någon mån avviker ifrån medelvärdet. Dessutom är ju medelvärdet (liksom förstås själva variationen) inte heller fast när det gäller biologiska fenomen, utan det förändras över tid, som ett resultat av evolution (såväl neutral som adaptiv). Denna skillnad kan även uttryckas på följande sätt: Fysikens och kemins objekt är vad man kan kalla ”generiska”, medan biologins objekt är ”specifika” (Montévil et al., 2016). En elektron eller en vattenmolekyl skiljer sig således inte från andra elektroner eller vattenmolekyler, och eventuella förändringar i en vattenmolekyl får inga konsekvenser för framtida molekyler – de har så att säga inte någon historisk kontinuitet, just för att de är generiska objekt. Organismer däremot, som specifika objekt, skiljer sig alltid åt, som ett resultat av deras individuella såväl som evolutionära historia. En konsekvens av detta är att biologin inte kan uttrycka samband i form av lagar i samma mening som fysik och kemi (Parke & Plutynski, 2020). En annan konsekvens är att även ett evolutionärt fenomen som konvergens (d.v.s. evolution av likartade anpassningar inom olika utvecklingslinjer) inte leder till exakt samma egenskap (exempel är fysiologi och anatomi hos kaktusar och törelväxter eller hos ryggradsdjurens och bläckfiskarnas kameraögon).

Vi tror att detta är en väsentlig insikt avseende biologins karaktär (se avsnitt 2.11.4), men som även kan ha konsekvenser för undervisning genom och om biologiska undersökningar. Åtminstone på högstadiet skulle det således kanske vara befogat att förhålla sig till biologiska medelvärden som erhålls genom elevernas undersökningar på ett annat sätt än dem de erhåller i fysik och kemi, i enlighet med resonemanget ovan om variationens ursprung och innebörd. En annan konsekvens är att studier av biologiska system alltid är ”nya” i en bemärkelse som studier av fysikaliska och kemiska system inte är, just därför att individer, populationer, arter och ekosystem är specifika objekt med en unik historia och därmed skiljer sig från varandra i åtminstone någon aspekt (Montévil et al., 2016). Det öppnar för andra möjligheter till autentiska undersökningar jämfört med fysik och kemi. I ett sådant sammanhang öppnas även möjligheter att särskilt betona intresset för variation i biologin, och att det exempelvis finns (och inte minst historiskt har funnits) ett stort värde i noggranna och detaljerade beskrivningar av organismer och hur individer inom en art såväl liknar som skiljer sig åt sinsemellan. Den typen av ingående observationer av organismer börjar redan i lågstadiet (jfr avsnitt 2.1 om naturmöten), och här kan således eleverna

successivt lära sig mer och mer om betydelsen av att studera biologisk variation i olika sammanhang.

2.11.3 Naturvetenskapens karaktär

När det gäller kunskapsområdet Naturvetenskapens karaktär (*Eng. Nature of Science, NOS*) råder inte samma sammanblandning mellan kunskapsinnehåll och metod för undervisning som för Naturvetenskapliga undersökningar. Snarare är det så att stora delar av Naturvetenskapens karaktär tenderar att glömmas bort i såväl styrdokument som undervisning (Johansson & Wickman, 2012), i hög utsträckning därför att detta kunskapsområde ofta slås samman med Naturvetenskapliga undersökningar, medvetet eller omedvetet (Lederman, 2019; Stoltz & Waage, 2025). Kombinerat med att undervisning och styrdokument ofta betonar ”görandet” snarare än att lära sig *om* naturvetenskapliga undersökningar (se avsnitt 2.11.1), blir kunskapsområdet Naturvetenskapens karaktär ytterligare osynliggjort.

Ironiskt nog vet vi betydligt mer om såväl innehållslig progression som konkret undervisning om Naturvetenskapens karaktär än om Naturvetenskapliga undersökningar. Även om det finns konkurrerande ramverk, finns det en gedigen vetenskaplig grund för den så kallade ”consensus view” för Naturvetenskapens karaktär (McComas, 2020). Detta ramverk inkluderar sju aspekter av Naturvetenskapens karaktär som dels (1) det råder relativ konsensus om vetenskapsteoretiskt, dels (2) empiriskt har visats möjliga för elever från lågstadiet till gymnasiet att lära sig (Lederman, 2006). Enligt ”consensus view” är naturvetenskaplig kunskap: (1) föränderlig, (2) empiriskt grundad, (3) subjektiv och objektiv (d.v.s. beroende av tolkningar av data, vilka dock kontrolleras kollektivt i vetenskapssamhället), (4) beroende av mänsklig slutledningsförmåga, fantasi och kreativitet samt (5) utvecklad i sociala och kulturella sammanhang. Utöver dessa fem anses elever behöva känna till (6) att det är skillnad mellan observationer och slutledningar och (7) hur teorier och lagar förhåller sig till varandra (Lederman, 2006; Wickman & Persson, 2015).

Liksom för Naturvetenskapliga undersökningar (se avsnitt 2.11.1) är det väl belagt att elever inte lär sig vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap om de inte undervisas om detta explicit (McComas et al., 2020). Detta är också huvudskälet till att de sju aspekterna formulerats, d.v.s. så att de kan utgöra ett tydligt innehåll i undervisningen. Historiskt har svenska kursplaner inkluderat Naturvetenskapens karaktär i ökande grad, men med en variation i vilka delar av denna (inte nödvändigtvis utgående ifrån de sju aspekterna ovan) som betonats (Johansson & Wickman, 2012). Som vi beskriver i mer detalj under Biologins karaktär (avsnitt 2.11.4) bedömer vi att detta kunskapsområde bör ges en tydligare beskrivning och betoning i en ny biologikursplan, företrädesvis med utgångspunkt i de sju väl etablerade aspekterna av naturvetenskaplig kunskap (Lederman, 2006). Liksom när det gäller kunskaper om Naturvetenskapliga undersökningar, innebär kunskaper om Naturvetenskapens karaktär en kognitiv förståelse av villkor för, styrkor med och begränsningar av naturvetenskapliga kunskaper. I

slutänden ska eleverna med hjälp av kunskaper om Naturvetenskapens karaktär kunna värdera naturvetenskapliga påståenden som framförs i olika media och i den politiska debatten. Inte minst är kunskaper om Naturvetenskapens karaktär viktiga för att elever ska utveckla en tillit till naturvetenskaplig kunskap, och exempelvis förstå hur kunskap samtidigt kan vara väletablerad, trovärdig och användbar samtidigt som den kan vara föremål för revidering.

2.11.4 Biologins karaktär

Kunskapsområdet Biologins karaktär uttrycks i nuvarande kursplan egentligen explicit först i högstadiets centrala innehåll, där eleverna ska förstå *sambandet mellan biologiska undersökningar och utvecklingen av begrepp och förklaringsmodeller*, samt *förklaringsmodellernas historiska framväxt, användbarhet och föränderlighet*. Vi kan för det första notera att detta innehåll anknyter till två eller möjligen tre av de sju aspekterna av naturvetenskaplig kunskap (Lederman, 2006), nämligen att den är föränderlig och empirisk (punkt 1 och 2 ovan), samt möjligen att den är socialt och kulturellt inbäddad (”historiska framväxt”, punkt 5 ovan). För det andra är det alltså först i högstadiet som dessa aspekter aktualiseras; i låg- och mellanstadiet ligger fokus i stället på *berättelser om hur naturvetenskaplig kunskap vuxit fram* (årskurs 1–3) och *upptäckter inom biologiområdet och deras betydelse för människans levnadsvillkor och syn på naturen* (årskurs 4–6). Det är emellertid väl etablerat att elever kan börja förstå delar av Naturvetenskapens karaktär redan från årskurs 1. Här finns två tydliga progressionslinjer: (1) Aspekterna bör undervisas med tilltagande fördjupning, så att exempelvis den biologiska kunskapens föränderlighet behandlas med ökande komplexitet och med ökade kopplingar till andra aspekter av naturvetenskapens karaktär, liksom till specifikt biologiinnehåll (McComas et al., 2020). Mer konkret: I lågstadiet kan undervisningen begränsas till att kunskaper i biologi kan förändras, medan för äldre elever kan man även börja resonera om hur och varför vissa kunskaper har förändrats eller ersatts. (2) Även om alla sju aspekter kan börja undervisas redan från årskurs 1, är vissa av dem svårare för yngre elever att förstå. Exempelvis har lågstadieelever svårare att utveckla förståelse för aspekterna (3) och (5) ovan, d.v.s. kunskapens subjektiva/objektiva natur och att den utvecklas i ett socialt och kulturellt sammanhang (McComas et al., 2020).

Vi föreslår med utgångspunkt i ovanstående att en ny biologikursplan uttrycker kunskapsområdet Biologins karaktär mer explicit än vad nuvarande kursplan gör, företrädesvis med utgångspunkt i de sju aspekterna av naturvetenskaplig kunskap. Vi menar vidare att det inte finns något stöd i forskningen för att vänta med mer explicit undervisning av Biologins karaktär ända till högstadiet. Lärare tycks göra skilda bedömningar avseende vilka av de sju aspekterna som är lämpliga att införa i yngre åldrar, men det finns stöd både för en progression i termer av att vänta med vissa av aspekterna och för att undervisa samtliga med ökande komplexitet (McComas et al., 2020). I ljuset av detta är det rimligt att kursplanen öppnar för att lärare i låg- och mellanstadiet själva får bedöma när och hur enskilda aspekter av Naturvetenskapens karaktär ska föras in i undervisningen. Aspekterna kan således finnas med i ett möjligt innehåll redan för lågstadiet,

tillsammans med ett resonemang om ökande komplexitet liksom vilka aspekter som i forskningen pekas ut som svårare för yngre elever att lära sig.

Det verkar rimligt att punkt (1), (2) och (4) kan behandlas redan i lågstadiet, både genom att lyfta upp de erfarenheter eleverna gör i egna undersökningar och dokumentation av dessa (till exempel empiri och kreativitet), och genom den typ av berättelser om hur biologisk (i nuvarande kursplan ”naturvetenskaplig”) kunskap vuxit fram som redan torde ingå i lågstadielärares repertoar. Det finns generellt tämligen gott vetenskapligt stöd för att använda sig av historiska berättelser och exempel för att undervisa om naturvetenskapens karaktär, vilket gör att historiska berättelser om biologins utveckling inte alls behöver begränsas till lågstadiet (Allchin, 2003; Clough & Olson, 2004; Schiffer & Guerra, 2015). Däremot är det viktigt att berättelserna är korrekta och inte utgör de sedvanliga ”myter” som kontinuerligt upprepas ända upp på universitetsnivå (Allchin, 2003). Eventuellt kan resonemang om den biologiska kunskapens subjektiva/objektiva karaktär (punkt 3 ovan) vänta till högstadiet liksom distinktioner och samband mellan teorier och lagar (punkt 6 ovan; se nedan för hur modeller kommer in i biologins karaktär). Slutligen bör möjligen även den kollektiva kritiska granskningens betydelse för etablerandet av naturvetenskaplig och biologisk kunskap betonas. Denna aspekt är tyvärr inte tydliggjort i de sju aspekterna av Naturvetenskapens karaktär, men har betonats särskilt i andra studier (Allchin, 2011; Osborne & Allchin, 2024) och är också den aspekt som även gymnasieelever på naturvetenskapsprogrammet tycks ha svårast att förstå innebörden av till fullo (Hamza et al., 2023). Förmåga att avgöra hur etablerad den biologiska kunskapen bakom ett visst påstående i exempelvis media är har till och med framförts som ett av de viktigaste egenskaperna hos en naturvetenskapligt allmänbildad person (Osborne & Allchin, 2024).

Vi bedömer som tidigare nämnts att fokus i grundskolan bör vara på aspekter av naturvetenskapens karaktär som är mer eller mindre gemensamma för de tre naturvetenskapliga ämnena. Samtidigt har vi i denna text valt att använda oss av benämningarna Biologiska undersökningar och Biologins karaktär. Vi menar att det trots allt rimligen finns några särskiljande drag som skulle kunna lyftas upp i respektive ämne. För biologins del har vi redan behandlat ett sådant tämligen ingående, nämligen variation (avsnitt 2.11.2). Utan att vi har något direkt vetenskapligt stöd från biologididaktisk forskning, ser vi det som åtminstone en möjlighet att överväga, att elever i slutet av högstadiet har fått en grundläggande förståelse för biologisk kunskap utgår ifrån specifika snarare än generiska objekt (organismer vs. t. ex. atomer), att detta innebär att kunskaperna behöver hantera (och framgångsrikt hanterar) kumulativ, historiskt och kontextuellt betingad variation i biologiska system, och att denna variation inte är en svaghet utan en grundläggande dimension av biologisk kunskap. Det kan eventuellt vara rimligt att i högstadiet även lyfta skillnaden avseende lagars betydelse i biologin jämfört med fysik och kemi.

I nuvarande kursplan förekommer termen förklaringsmodeller inom detta kunskapsområde. Relationen mellan hypoteser, modeller, teorier och lagar inom

biologin är tämligen komplex och inte uppenbart ett fokus i högstadiets biologiundervisning. Det är möjligen rimligt att i undervisningen resonera om att biologiska teorier inte bygger på lagar (eftersom det inte finns några lagar i samma bemärkelse som i fysik och kemi) (Parke & Plutynski, 2020). I stället kan biologiska teorier sägas byggas upp av hypoteser och modeller för olika aspekter av ett område (Parke & Plutynski, 2020). Det råder inte brist på exempel på biologiska modeller av olika slag, som fysiska modeller över celler eller DNA:s struktur och begreppsliga och dynamiska modeller av ekosystem eller organismers fysiologi. Matematiska modeller är rimligtvis något som kommer först i gymnasiet. Men biologin innehåller ytterligare en typ av modeller, nämligen modellorganismer (Parke & Plutynski, 2020). Eventuellt kan kunskap om att biologins kunskapsutveckling i hög utsträckning bygger på studier av modellorganismer vara ett mål för högstadiets senare del.

2.11.5 Naturvetenskap och beslutsfattande

Det är på sätt och vis passande att texten om biologiämnets mål och innehåll avslutas med rubrikerna om Naturvetenskap/Biologi och beslutsfattande. Som beskrevs i inledningen till Del 1, är den viktigaste motiveringen av naturvetenskap i den obligatoriska skolan att alla medborgare ska uppnå en sådan grad av naturvetenskaplig allmänbildning (scientific literacy) att de kan fungera som medvetna och ansvarsfulla medborgare, och kunna delta aktivt i demokratiska processer och beslut som rör dem själva och samhället i allt från lokala till globala frågor. De kunskaper som eleverna tillgodogör sig, i och om biologi, i enlighet med resonemangen i Del 2, har således som huvudsyfte att på olika sätt bli funktionella i elevernas nuvarande och framtida liv (Ryder, 2001). Det blir de emellertid inte per automatik. Elever behöver lära sig att använda sina naturvetenskapliga kunskaper för att fatta beslut i den typen av komplexa, ostrukturerade frågor som möter oss i samhället (Zeidler, 2014). Detta lärande har flera dimensioner. För det första kräver de flesta vardagliga såväl som politiska beslut att man tar hänsyn till fler aspekter än rent naturvetenskapliga (Zeidler et al., 2005). Det rör sig dels om andra kunskapsområden, exempelvis avseende ekonomiska eller sociala faktorer, dels om etiska och estetiska aspekter som alltså har med värderingar att göra (Chang Rundgren & Rundgren, 2010; Östman & Almqvist, 2010). Förståelse av att beslut i samhället som inkluderar naturvetenskap är avvägningar mellan olika kunskaper, värden och intressen, behövs för att exempelvis förstå hur samma grundläggande naturvetenskapliga kunskaper ändå kan leda till motsatta ståndpunkter (exempelvis avseende behovet av eller riskerna med kärnkraft) även hos experter (Rundgren et al., 2017). För det andra, och nära kopplat till ovanstående, behöver de resonemang och samtal som föregår sådana beslut inkludera alla dessa aspekter av kunskaper och värden. Men det är inte uppenbart för elever hur argument av olika slag, exempelvis faktabaserade och värdebaserade, kan vägas mot varandra och hur den kunskap de fått i skolans naturvetenskap kan användas i olika typer av överväganden som föregår ett beslut (Lundström et al., 2012; Sadler & Zeidler, 2005). Elever behöver få både kunskaper om och erfarenheter av hur argument byggs upp,

försvaras och kritiseras, liksom vilken roll naturvetenskapliga argument kan ha i förhållande till andra slags argument (Grace & Ratcliffe, 2002; Lundegård et al., 2022; Osborne et al., 2016). För det tredje är den naturvetenskap som elever lär sig under sina tio år i den obligatoriska skolan för det mesta otillräcklig som grund för att i sak värdera alla påståenden, argument och råd som de möter i media eller andra sammanhang (Osborne & Allchin, 2024). I stället behöver elever verktyg för och erfarenheter av att bedöma graden av trovärdighet i olika, kanske motstridiga (förment eller faktiskt) naturvetenskapliga påståenden som relaterar till viktiga beslut, exempelvis avseende klimatförändringar eller vaccination (Allchin, 2011; Janz & Östlund Farrants, 2025; Wiblom et al., 2020).

Ovanstående resonemang motiverar ett separat kunskapsområde som handlar om den biologiska kunskapens roll i beslutsfattande på olika nivå, från individers beslut om att vaccinera sina barn, lita eller inte lita på en annons om de positiva effekterna av ett kosttillskott, eller låta gentesta sig, till politiska beslut om energiförsörjning, jord-, skogs- och vattenbruk eller artbevarande. Poängen är, i linje med Vision II för naturvetenskaplig allmänbildning (Roberts, 2007) att kunskaperna från de olika kunskapsområdena i 2.1-2.10 (möjligen med undantag av 2.5) behöver göras funktionella för eleverna genom att sättas i rörelse, användas, för att hantera samma slags komplexa frågor som de själva kommer att möta i samhället.

2.11.6 Biologi och beslutsfattande

Kunskapsområdet som relaterar till Biologi och beslutsfattande uppträder i nuvarande kursplan först på mellanstadiet, men då med en tämligen snäv inriktning mot *kritisk granskning och användning av information som rör biologi*. *Argumentation och ställningstaganden* införs först på högstadiet, med precisering mot *aktuella frågor som rör miljö och hälsa*. Den kritiska granskningen utökas vidare med *informationssökning*. Givet den avgränsning som kunskapsområdet givits i nuvarande kursplan är det rimligt att det inte finns med i lågstadiet, då källkritik av lärare uppfattas som alltför svårt för så unga elever (Stoltz & Waage, 2025). Vi menar emellertid att kunskapsområdet borde breddas och ha Biologi och beslutsfattande som huvudsakligt fokus. *Kritisk granskning av information* är en väsentlig del av att fatta beslut, men är precis som kunskaper om ekologi, genetik, naturvetenskapliga undersökningar eller naturvetenskapens karaktär inte ett självändamål, utan tjänar ytterst syftet att förbereda eleverna för att hantera olika val och beslut där kunskaper i biologi spelar en roll och som de ställs inför som medborgare i ett demokratiskt samhälle, nu och i framtiden (Priest, 2013). Vidare är *kritisk granskning* ett mångbottnat begrepp som, om det tolkas alltför individuellt, kan leda till obefogad misstro och skepticism mot naturvetenskapens kunskaper och arbetsmetoder (Fensham, 2014). Strängt taget är kritisk granskning som kollektiv process inom naturvetenskapen, eller ”peer-review” som det ofta benämns även på svenska, det främsta (enda?) sättet på vilket naturvetenskapliga resultat och slutsatser i slutänden blir till etablerad kunskap inom en disciplin. Denna systematiska och institutionaliserade form av kritisk granskning, som är en viktig del av naturvetenskapens karaktär (även om den tyvärr inte är explicitgjord

i den s.k. ”consensus view”, se ovan avsnitt 2.11.4) (Allchin, 2011), är således en viktig grund för att människor, inklusive forskare, kan ha tilltro till naturvetenskaplig kunskap (Osborne & Allchin, 2024; Whyte & Crease, 2010). Att utveckla sådan tilltro till biologisk kunskap, utan att den för den skull blir ”blind”, är ett viktigt mål för biologi (och naturvetenskaps-) undervisningen (Fensham, 2014).

Med detta breddade syfte av kunskapsområdet menar vi att det är rimligt att det införs försiktigt redan i lågstadiet, naturligtvis utifrån de förutsättningar som gäller för åldersgruppen (vilket förstås gäller för samtliga stadier). Grundläggande förmågor avseende beslutsprocesser finns hos barn från tidig ålder, avseende såväl kognitiva som affektiva aspekter av beslutsfattande (Schlottmann & Wilkening, 2011). Det som tydligast utvecklas först i senare ålder är förmågan att förutse konsekvenser av beslut och därmed att fatta beslut som är långsiktigt fördelaktiga (Crone & Van Der Molen, 2007; Schlottmann & Wilkening, 2011). Även om underlaget är svagt, verkar det ändå möjligt att involvera elever i årskurs 1 och 2 i frågor som involverar beslut om samhällsfrågor där naturvetenskap spelar en roll (Gunansyah et al., 2021; Kahn, 2021). Elever i årskurs 1 i USA kunde således undersöka och resonera om hur man kan hantera problem med en bäverdamm som hotar att översvämma byn liksom om konsekvenser av olika sätt att utveckla ett våtmarksområde (Kahn, 2021). Det finns vidare andra möjliga mer individuella teman, som val angående den egna hälsan, för att arbeta med kunskapsområdet i lågstadiet. Kunskapsområdet bör redan från början peka mot att lära sig resonera utifrån såväl värden (moral och estetik) som fakta, där fakta naturligtvis i huvudsak hämtas från kursplanens övriga kunskapsområden. I mellanstadiet är det rimligt att införa *kritisk granskning av information* som en ny komponent i att resonera om, och argumentera för, ställningstaganden i samhällsfrågor som rör biologi, men de förbehåll avseende kritisk granskning som nämnts ovan behöver tydliggöras i kursplanen. Vidare kan kunskaper från Biologins karaktär och Biologiska undersökningar i högre grad, och mer formellt, knytas till förmågan till *kritisk granskning*. Det är med andra ord viktigt att den kritiska granskningen handlar om i vilken utsträckning specifika påståenden och resultat som involverar biologisk kunskap är trovärdiga eller inte, snarare än att främst handla om generell källkritik i form av att spåra vem som skrivit vad, i vilket intresse osv, även om detta förstås också har en viktig roll i sammanhanget (Osborne & Allchin, 2024; Wiblom et al., 2020). Samtidigt är det väsentligt att undervisningen även här inkluderar såväl kunskapsmässiga som värdemässiga resonemang, och att eleverna får erfarenhet av hur dessa olika aspekter kan samverka i en argumentation. Med ovanstående resonemang blir nuvarande skrivning för högstadiet därmed redundant, i och med att *ställningstaganden i aktuella frågor* utgör kärnan i kunskapsområdet över hela grundskolan i vårt förslag. Progressionen till högstadiet bör i stället handla om att ytterligare knyta kunskaper om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär till resonemangen. I slutet av högstadiet bör eleverna exempelvis kunna resonera om olika påståenden som rör biologi med utgångspunkt ifrån bedömningar av vilken konsensus som råder om dessa kunskaper, och skilja på påståenden som

grundar sig på enstaka studier och sådana som grundar sig på sådan konsensus (Osborne & Allchin, 2024). De bör också kunna bedöma enskilda studiers design utifrån kunskaper om Biologiska undersökningar, och utifrån detta resonera om resultatens trovärdighet (Allchin, 2011). Slutligen behöver eleverna, återigen, få fortsatt och fördjupad erfarenhet av hur biologisk kunskap samspelar med annan kunskap och med värderingar när olika slags beslut fattas.

Även om kunskapsområdet i den här rapporten inkluderar ”beslutsfattande”, vill vi slutligen betona att slutmålet för en undervisning om Biologi och beslutsfattande inte alltid behöver vara att eleverna själva tar ställning, även om sådana erfarenheter också är viktiga för att de ska utveckla agens och handlingskompetens (Lundegård & Caiman, 2019). Men det är också viktigt att eleverna lär sig att det kan vara viktigt att avvakta med att fatta ett beslut, och i stället får erfarenheter av och verktyg för att bättre förstå orsakerna till olika intressekonflikter och hur värderingsmässiga och vetenskapliga argument kan samverka och leda till olika, men likafullt rimliga, beslut (Oulton et al., 2004; Solli et al., 2019).

3. Undervisningsstrategier i biologiämnet

En viktig avgränsning i den här avslutande delen av de ämnesspecifika instruktionerna är att en sådan här text inte kan ersätta lärarutbildning och lärarfortbildning. Det innebär att den inte på långt när är heltäckande avseende de NV-didaktiska kunskaper som är tillämpliga i biologiundervisningen. Utgångspunkten har i stället varit att läsaren har en lärarutbildning med inriktning mot naturvetenskap i bagaget, oavsett om läsaren är den som ska skriva kursplanen eller en verksam lärare som läser texten i ett senare skede, som ett slags förarbete till styrdokumenten. I avsnitt 3.1–3.4 har vi därmed gjort en bedömning av vad som kan vara särskilt viktigt att betona i förhållande till aktuellt forskningsläge, de justeringar som vi föreslagit, och de intentioner som kan urskiljas i betänkandet (SOU2025:19).

Ett medskick från Skolverkets referensgrupp var att vi inte skulle vara rädda för att skriva lärare på näsan om deras biologiundervisning. Detta påpekande har påverkat urvalet i så måtto att vi vågat oss på att lyfta upp centrala undervisningsstrategier som med all sannolikhet är kända för de flesta lärare (och således i viss mån ändå formulerat texter som påminner om delar av en lärobok i didaktik), samt i vissa fall vågat beskriva enskilda undervisningsmetoder mer i detalj. I avsnitt 3.1 har vi valt att beskriva de övergripande utmaningar för lärande av naturvetenskap som identifierats inom forskningsfältet. Dessa utmaningar är mycket väl belagda i forskningen och är dessutom något som erfarna lärare i

naturvetenskap känner väl till från klassrumspraktiken. Den kunskap om undervisning som utvecklats i den naturvetenskapsdidaktiska forskningen och inom lärarprofessionen är i hög utsträckning svar på dessa utmaningar. I avsnitt 3.2–3.4 har vi därefter gjort en tämligen fyrkantig uppdelning, där vi resonerar om undervisningsstrategier utifrån huruvida de i första hand fokuserar på det ”traditionella” innehållet (i till exempel ekologi och genetik) i avsnitt 3.2, på innehåll med ett särskilt fokus på Vision II i avsnitt 3.3, och slutligen på innehåll som rör Naturvetenskapliga/Biologiska undersökningar och Naturvetenskapens/Biologins karaktär i avsnitt 3.3. Det är viktigt att uppmärksamma läsaren på att denna indelning gjorts av tämligen pragmatiska skäl (på något sätt måste presentationen struktureras). I praktiken är det högst tillrådligt att tänka in undervisningsstrategierna i samtliga kunskapsområden i varierande grad. Det finns således ingenting som säger att inte större delen av ekologin och genetiken kan undervisas utifrån Vision II och inom ramen för så kallade Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI, se avsnitt 3.3). Tvärtom finns många forskningsbaserade exempel på, och argument för, ett sådant fokus. Detsamma gäller integrering av Naturvetenskapens/Biologins karaktär och Naturvetenskapliga/Biologiska undersökningar med mer ”klassiskt” innehåll. Avsnitt 3.2 kan därför i viss mån ses som en mer övergripande beskrivning av naturvetenskaplig undervisning, medan avsnitt 3.3 och 3.4 fokuserar på två områden som fått en något utökad betoning i våra resonemang i Del 2. Vidare uppmärksammar vi läsaren på att ”beslutsfattande” (som i 2.11.5 och 2.11.6) faller in under både 3.3 och 3.4.

Slutligen vill vi återigen betona det som vi då och då påpekat under Del 2, och som också framhålls i betänkandet, nämligen vikten för undervisningens kvalitet av att lärare ytterst åtnjuter förtroende att fatta beslut utifrån sina samlade professionella kunskaper och erfarenheter (SOU2025:19, s. 283).

3.1 Övergripande utmaningar i naturvetenskaplig undervisning

I det här avsnittet presenterar vi fyra utmaningar som tycks mer eller mindre universella när det gäller lärande av skolans naturvetenskap. De utmaningar vi beskriver har varit, och är, vägledande för stora delar av den naturvetenskapsdidaktiska forskningen och de former för undervisning som föreslagits och prövats för att hantera utmaningarna. De är inte specifika för biologiämnet utan gäller naturvetenskapsämnena över lag. Utmaningarna presenteras av retoriska skäl som påståenden (vilket kanske gör dem aningen mer förenklade än vad som vore önskvärt), och utvecklas därefter något.

1. Elever kommer till undervisningen med föreställningar om fenomen i naturen, och i många fall lämnar de [till och med universitets-] utbildningar i naturvetenskap med föreställningar som inte överensstämmer med etablerad naturvetenskaplig kunskap.

Den här kunskapen härrör från en oerhört omfattande forskningslitteratur (Duit, 2009) som intresserat sig för och beskrivit hur alltifrån små barn till elever i skolåldern och vuxna resonerar om och förklarar i det närmaste alla tänkbara fenomen i naturen. Om vi delar upp det inledande påståendet i något mer detaljerade resultat från denna forskning innefattar dessa:

- att barn från tidig ålder utvecklar vissa intuitiva sätt att förstå världen på, som inverkar (positivt eller negativt) på det de senare ska lära sig i naturvetenskapsundervisningen (Carey, 1992; Driver & Easley, 1978). Exempel från biologin är att objekt som rör sig, inklusive eld och solen, är levande liksom en tidig insikt om förekomsten av biologiskt arv (Driver, Squires, et al., 1994),
- att elever tolkar och ger mening åt de begrepp och förklaringar de möter i naturvetenskapsundervisningen utifrån sina tidigare erfarenheter och sin tidigare förståelse av fenomen i naturen, och att dessa tolkningar (som i forskningen ofta benämnts ”alternativa uppfattningar”) stämmer mer eller mindre bra överens med de naturvetenskapliga förklaringarna (Driver & Easley, 1978),
- att såväl intuitiva uppfattningar som de alternativa sätt att förklara världen på som uppkommer som ett resultat av undervisningen är tämligen stabila över tid, och inte på något enkelt eller förutsägbart sätt ändras vare sig av direkta erfarenheter (d.v.s ”bevis för motsatsen till det eleven ’tror’”) eller direkta och korrekta förklaringar som förmedlas av läraren (Driver & Easley, 1978; Potvin, 2023).
- att det inte finns några tydliga samband mellan elevers kognitiva utveckling (till exempel utifrån Piagets stadieteori) och deras alternativa uppfattningar, utan att den individuella variationen är stor både avseende kvalitet på förklaringar och progressionen i lärande över tid (Driver & Easley, 1978).

Såväl resultaten som deras orsaker samt slutsatser om undervisning från dessa studier har diskuterats intensivt i den naturvetenskapsdidaktiska forskningen (t.ex. Hamza & Wickman, 2008; Kelly & Green, 1998; Schoultz et al., 2001; Scott et al., 2007). Icke desto mindre utgör denna forskning en viktig bakgrund till de teorier om och modeller för undervisning som finns idag. Dess viktigaste roll är kanske att den så tydligt visar att elever inte är vita blad som kan fyllas på med kunskap, utan tänkande och tolkande subjekt som behöver hjälp att skapa reda och mening i de naturvetenskapliga kunskaper de möter i skolan. Dessa utmaningar möter lärare i naturvetenskap dagligen, och några av undervisningsstrategierna som presenteras i avsnitt 3.2, särskilt de som rör kommunikationen i klassrummet, utgör moderna sätt att hantera denna första utmaning på.

2. Om elever uppfattar naturvetenskapsundervisningen som fragmentarisk och utan tydliga sammanhang och syften inverkar det negativt på deras lärande.

Det råder omfattande konsensus inom det naturvetenskapsdidaktiska fältet om vikten av att elever uppfattar relevansen i det innehåll de möter i undervisningen och ser syftet med det i ett större sammanhang (Stuckey et al., 2013). En tidig anekdot om detta kommer från Guy Claxton (1991) som relaterar en berättelse från en flicka i högstadiet som liknar undervisningen i naturvetenskap vid en tågresa med fördragna gardiner. Man vet inte vart man är på väg, men tvingas hoppa av vid varje station och utföra några uppgifter enligt instruktion från lokföraren, utan att förstå varför man gör dem eller vad de leder till. Man förstår inte hur stationerna hänger ihop med varandra och den enda som vet vart man är på väg är lokföraren. Utan karta och utan att kunna se landskapet mellan stationerna, uppger flickan att det är svårt att få ihop resan som helhet till någonting meningsfullt. Flickans upplevelse stöds av forskning som visar ett samband mellan lärande och upplevelsen av syfte och mening i undervisningen, såväl i naturvetenskap (Alhadabi, 2021; Hulleman & Harackiewicz, 2009; Wan, 2021) som mer generellt (Eccles & Wigfield, 2002; Hulleman et al., 2010). Flera av de undervisningsstrategier som beskrivs nedan, särskilt avseende hur progression inom en lektion eller mellan en sekvens av lektioner kan skapas samt undervisning genom samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI) relaterar till denna utmaning (men också till andra).

3. Elevers intresse för och engagemang i naturvetenskapsundervisningen minskar under grundskoletiden, och huruvida de sedermera väljer en naturvetenskaplig karriär är knutet till socio-ekonomisk bakgrund och föräldrars utbildningsbakgrund.

Det går att se såväl en successiv minskning av elevers intresse och engagemang i relation till naturvetenskapen i skolan med åren, i synnerhet under slutet av mellanstadiet och högstadiet (Lindahl, 2003; Lyons, 2006), som ett mer dramatiskt fall i övergången till högstadiet (Tytler et al., 2008). Även om biologiämnet ibland betraktas som lättare att engagera elever i jämfört med fysik och kemi, är detta sannolikt en förenkling; i en av de tidiga ROSE-studierna hamnade vissa områden i biologi väldigt högt upp i elevers rankning medan andra biologiområden hamnade lågt (Jidesjö, 2008).

Vidare är sambandet mellan val av fortsatt utbildning och social bakgrund väl belagt, både för svenska förhållanden (Lidegran, 2009; Svensson, 2002) och internationellt (Archer et al., 2015).

4. Elever lär sig inte bara den naturvetenskap som undervisas i klassrummet, utan även om sig själva och sin relation till naturvetenskap.

Observationen att elever lär sig ett stort antal saker som inte utgör det som läraren faktiskt undervisar om gjordes redan av John Dewey (Dewey, 1938/1996). Ett brett begrepp för detta är ”den dolda läroplanen”, som innefattar i princip allt det lärande som inte har med ämnet att göra men som elever ändå lär sig i mötet med skolmiljön (Broady, 2007). Men vi vet idag att elever också lär sig en hel del om ämnet trots att det inte är en del av det avsedda och medvetet undervisade innehållet, vad som kallats ”den levda läroplanen” (Andrée, 2007) eller ett

socialisationsinnehåll (Östman, 1995). Ofta sker detta lärande som ett resultat av vad läraren och/eller läro-/kursplanen väljer att inkludera respektive exkludera i undervisningen. Om exempelvis biologi undervisas utan någon som helst relation till frågor som har med etiska eller estetiska värden att göra, kan en så kallad följemening (Östman, 1998) till ämnet bli att biologisk kunskap inte har någonting med estetik och etik att göra.

Nära kopplat till ovanstående är elevers lärande om sig själva i relation till naturvetenskap och biologi. Beroende på såväl undervisningens innehåll som hur den genomförs, lär sig elever vad som räknas eller inte i naturvetenskap och det naturvetenskapliga klassrummet, och i slutändan om de själva hör hemma där eller inte (Anderhag, 2014). På så sätt formas elevers identitet av de erfarenheter, mer eller mindre positiva eller negativa, som de gör inom ramen för naturvetenskapsundervisningen (Carlone et al., 2014). Naturligtvis hänger dessa processer nära samman med den bakgrund och de erfarenheter elever har med sig in i biologiundervisningen, och på så sätt finns det mycket nära kopplingar mellan den här avslutande utmaningen och den föregående.

Flera av de undervisningsstrategier som presenteras nedan behöver således också förstås utifrån ett behov av att hantera de utmaningar som beskrivits i punkt 3 och 4. De har åtminstone ytligt sett mindre att göra med det begreppsliga lärandet, men hanteras de inte inverkar de definitivt på detta lärande, liksom på elevers möjligheter att självständigt göra väl underbyggda val av fortsatt utbildning och yrkesinriktning, som ju är ett av nio föreslagna övergripande mål i betänkandet (SOU2025:19).

3.2 Det ”klassiska” biologiinnehållet

Insikterna om elevers alternativa resonemang och förklaringar av fenomen i naturen var en anledning till att det naturvetenskapsdidaktiska fältet tidigt förkastade naiva ”empiricistiska” idéer om att kunskaper om omvärlden uppkommer genom direkta erfarenheter och observationer av densamma (Driver & Easley, 1978). Elever kan således inte ”upptäcka” naturvetenskapens förklaringsmodeller och teorier genom att på egen hand undersöka sin omvärld, utan det krävs undervisning av en lärare (Driver, Squires, et al., 1994). Här kan man kanske säga att naturvetenskapsdidaktiken, som i hög utsträckning utvecklades i en anglo-saxisk kontext, ”återupptäckte” det som alltid varit en grundläggande insikt i den europeiska didaktiktraditionen; lärarens unika kompetens i, och ansvar för, att planera undervisningen så att den leder till meningsfullt lärande, och blir bildande, för eleven (Roth, 2000). Men insikterna hade ytterligare en sida: lika lite som direkta erfarenheter leder till förståelse, kan information eller kunskaper överföras direkt från läraren till eleven (Furtak et al., 2012). Forskningen tydde på att det händer saker på vägen då elever försöker passa in de nya kunskaperna i sina befintliga sätt att tänka och resonera. Kort sagt: En förklaring från läraren till klassen – en uppsättning tolkningar av denna förklaring bland eleverna.

3.2.1 Språk, representationer och estetik

Ovanstående är ett av flera skäl till att i princip alla ”undervisningsstrategier” (notera att detta är ett sällan använt begrepp i forskningen men som vi använder eftersom det används i betänkandet) i naturvetenskap är *kommunikativa* till sin natur. Ur lärarens synvinkel behöver elevernas tankar och idéer bli ”synliga” så att de är möjliga att bearbeta i fortsatt undervisning (Anderson et al., 2007). Ur elevernas synvinkel behöver de få möjlighet att uttrycka och pröva sina försök till förklaringar och resonemang, liksom att använda de nya termer och begrepp som undervisningen behandlat, i egna samtal och resonemang (Mercer, 2008). Enligt en tämligen väletablerad modell (Scott et al., 2006) bör undervisningen i naturvetenskap utgöra en ”rytm” mellan olika slags kommunikativa mönster, där omväxlande den naturvetenskapliga kunskapen och elevernas resonemang och försök till förklaringar är i fokus, och där samtalen i helklassundervisningen växlar mellan mer av envägskommunikation från läraren och interaktiva samtal som involverar flera elever. Det här är ett exempel på ett tillfälle då vi är tämligen övertygade om att vi slår in öppna dörrar (men förhoppningsvis inte skriver erfarna lärare på näsan). Den här typen av växling är regel i svenska klassrum, även om betoningarna och rytmen kan variera. Till ovanstående ska förstås läggas den växling som erfarna lärare gör mellan helklassundervisning (som ovanstående modell handlar om) och aktiviteter och samtal i mindre grupper. Att elever får möjlighet att samtala öppet och utforskande om det de erfarit i undervisningen, exempelvis en tidigare genomgång av läraren eller en undersökning de genomfört, har visat sig vara gynnsamt för lärandet i naturvetenskap (Mercer et al., 2004; Mercer & Wegerif, 2004). På ett mer övergripande plan är det förstås så att kommunikation är det enda sättet vi har att förstå varandra på, inklusive förstå vad elever lär sig i undervisningen. Elever behöver i slutänden kommunicera sina kunskaper på ett eller annat sätt, om det så är i ett skriftligt prov eller muntligt. På så sätt spelar språket en konstitutiv roll för vad det innebär att lära sig naturvetenskap (Lemke, 1990). Detta är ju en central insikt i Språk- och kunskapsutvecklande arbetssätt (SKUA), som vi inte går in på ytterligare här i och med den stora spridning det har i skolans pågående systematiska kvalitetsarbete.

Vad vi däremot vill betona ytterligare i relation till språkets konstitutiva roll för lärande i naturvetenskap, är att elever behöver lära sig att använda ett naturvetenskapligt språk för olika syften (och i olika genrer) genom att delta i sociala sammanhang där detta språk används (Wickman & Östman, 2002). Att försätta elever i aktiviteter som de förstår syftet med, och där de får använda såväl sitt kända ”vardagsspråk” som det naturvetenskapliga språket för att uppnå dessa syften, är således väsentligt för att de successivt ska lära sig vad de kan göra med den naturvetenskapliga kunskapen (som de inte kunde utan den) (Wickman & Ligozat, 2010). När elever på detta sätt försätts i aktiviteter där de redan från början har möjlighet att hantera dem utifrån sina befintliga kunskaper och sitt befintliga språkbruk, ser de lättare poängen med att införa och förfina vissa ord och begrepp som hör till den naturvetenskap de ska lära sig (Wickman & Ligozat, 2010). Det är då naturligt att elever, precis som när vi lär oss ett andraspråk, får

använda nya begrepp på ett trevande och ”ofullständigt” sätt till att börja med (Olander, 2010; Rundgren, 2006). Det innebär nämligen att eleverna med lärarens hjälp successivt lär sig att få de nya begreppen att hänga samman, göras kontinuerliga, med sina kända sätt att tänka och tala (Jakobson & Wickman, 2007b; Johansson & Wickman, 2011; Olander et al., 2018; Wickman & Östman, 2002). Den här modellen för att planera och undervisa naturvetenskap benämns *Organiserande syften* (Johansson & Wickman, 2011) och har prövats i naturvetenskapsundervisning för såväl yngre som äldre elever (Johansson & Wickman, 2018; Lavett Lagerström et al., 2021; Seifeddine Ehdwall & Wickman, 2018; Weiland, 2019). En viktig poäng med modellen är att inte anta att elever först behöver förstå en uppsättning begrepp fullständigt innan de får pröva att använda dem i samtal med varandra och med läraren. Men en lika viktig poäng är att läraren medvetet hjälper eleverna att etablera kontinuitet mellan de nya begreppen och det de redan kan säga med hjälp av sitt mer vardagliga språk, exempelvis genom att i samtal med eleverna föra in det naturvetenskapliga begreppet när eleverna använder andra termer eller metaforer (som ”pistiller” när eleverna ’ser’ ”små maskar” eller att maten ”bryts ner och tas upp” när eleverna säger ”går genom kroppen”). Eftersom modellen fokuserar på att planera och genomföra undervisningen så att elever ska se behovet av den nya naturvetenskapliga kunskapen och att kunskapen hjälper dem att hantera någon del av verkligheten på nya sätt som de också kan uppskatta, relaterar den förstås inte enbart till utmaning (1) ovan, utan i hög utsträckning också till utmaning (2). Den är således ett sätt att minska risken för att elever ska uppleva den fragmentering, såväl under en lektion som mellan lektioner, som flickan i exemplet under punkt (2) ovan uttryckte.

Det talade och skrivna språket är förstås inte det enda sättet på vilket naturvetenskap kommuniceras. Här vill vi betona två aspekter av detta. För det första behöver elever lära sig att förstå och använda de representationer som spelar en central roll i ämnet (Nitz et al., 2014). Exempel på representationer i biologi (i ökande abstraktionsgrad) är organismers, organs, cellers och kanske vissa makromolekylers (som DNA) byggnad, funktioner (till exempel blodcirkulationen), näringsvävar, energipyramiden och grafer som uttrycker samband. En väl belagd modell för att undervisa i naturvetenskap med utgångspunkt i dess representationer är den så kallade ”Representation construction approach” (Tytler et al., 2013). Modellen har tydliga anknytningspunkter till de idéer som presenterades ovan avseende Organiserande syften och att etablera kontinuitet mellan elevers befintliga språk och kunskaper och det nya de ska lära sig. Utgångspunkten är att elever i mindre grupper får i uppdrag att representera (gestalta, illustrera, visa) ett fenomen, som hur daggmaskar rör sig (Tytler & Hubber, 2016; årskurs 5– 6 i Australien) eller hur matens beståndsdelar till slut når enskilda celler (Olander et al., 2018; årskurs 8 i Sverige). Eleverna får alltså lösa uppgiften utifrån sin befintliga förståelse och det de kan ta reda på exempelvis genom att observera riktiga daggmaskar som de samlat in. Nästa steg är att samla representationerna från grupperna och gemensamt jämföra och värdera styrkor och svagheter med dem i förhållande till

syftet. Även om eleverna vanligen brukar kunna komma överens om de ”bästa” representationerna, spelar läraren en viktig roll för att på olika sätt föra in biologiska förklaringsmodeller och representationer. Ofta kan det ske genom att utgå ifrån de representationer eleverna föredrar, och sedan jämföra med en formell naturvetenskaplig representation. Liksom för etablerandet av språklig kontinuitet ovan, etableras på det här sättet kontinuitet mellan elevernas egna och naturvetenskapens representationer och förklaringar, vilket gör att eleverna lättare har möjlighet att förstå poängen och styrkan med de naturvetenskapliga kunskaperna.

Utöver denna specifika modell, som kanske inte är så väl känd bland lärare i Sverige, är användning av olika typer av gestaltningar viktiga som stöd för elevernas lärande. För yngre barn i synnerhet, men inte enbart, gäller det inte minst den kontinuitet som kan etableras mellan naturvetenskapen och olika estetiska verksamheter, som bildskapande, dramatisering och lek. Den typen av verksamheter är vanliga i de flesta lågstadieklassrum och stödjer såväl de unga elevernas möjligheter att kommunicera om exempelvis det de ser i en undersökning, som att fantasi och kreativitet får utvecklas i nära relation till elevernas erfarenheter av naturvetenskap (Andrée & Lager-Nyqvist, 2013; Caiman & Jakobson, 2019; Jakobson & Wickman, 2007a, 2007b). Men även för äldre elever kan den här typen av mer pedagogiskt motiverade gestaltningar (i motsats till att arbeta med naturvetenskapens mer etablerade representationer som i ”representation construction approach” ovan), som dramatisering eller tecknande, stödja lärandet (Danckwardt-Lillieström et al., 2020; Stieff & DeSutter, 2021), även om det samtidigt är rimligt att sådana estetiska inslag spelar en större roll i låg- och mellanstadiet.

Estetiska aspekter av lärande i naturvetenskap har emellertid även en mer generell innebörd än att enbart knyta naturvetenskapen till ”klassisk” estetisk verksamhet, som teckning eller drama. Då handlar det om den estetik som finns inbyggd i den naturvetenskapliga verksamheten, och som gör att en biolog kan urskilja ett ”bra” exemplar av en insamlad insekt, ett ”snyggt” upplagt fältexperiment, ett ”läckert” exempel på snabb artbildning eller en ”häftig” observation av en sällsynt trädlevande svamp. Det visar sig således att den typen av naturvetenskaplig estetik har flera viktiga funktioner i undervisningen. De kan fungera som stöd för kognitivt lärande just genom att hjälpa elever att göra relevanta urskiljningar när de observerar naturen (Wickman, 2006). Men de har också betydelse för det lärande som har att göra med elevernas relation till naturvetenskap. Genom att uppmärksamma och erkänna estetiska dimensioner i naturvetenskapsundervisningen kan lärare kan på så sätt stötta utvecklingen av såväl elevers intresse och smak för naturvetenskap som deras känsla av tillhörighet till ämnet, genom att etablera kontinuitet mellan det som elever värdesätter och naturvetenskapens värden (Anderhag et al., 2014). Detta gäller såväl för yngre (Siry & Brendel, 2016) som för äldre (Anderhag, 2014) elever. Här har vi således ett exempel på undervisningsstrategier som hanterar samtliga utmaningar (1–4 i avsnitt 3.1) parallellt.

3.2.2 Undersökande arbetssätt

Som vi redan har sett avfärdades redan under 1970-talet en naiv version av undersökande arbetssätt i naturvetenskapsundervisningen, nämligen det som brukar benämnas ”discovery learning” och som hade sin storhetstid under 1960-talet (Driver & Easley, 1978; Lazonder & Harmsen, 2016). Det betyder emellertid inte att idén om att elever behöver få göra egna, direkta undersökningar av fenomen i naturen övergavs. Inom naturvetenskapsundervisningen, och inte minst biologin, är det centralt att elever får möta och själva undersöka och utforska fenomen i naturen, så att dessa inte bara fungerar som exempel på begrepp, modeller och teorier utan snarare utgör en utgångspunkt (det finns dock andra, se nedan under avsnitt 3.3) för att lära sig dessa begrepp och teorier (se även avsnitt 2.1 för andra värden av att möta och utforska naturen). Slutsatsen var i stället att elever inte kan lämnas åt sig själva i detta undersökande (Driver, Squires, et al., 1994). Analogt med att skapa kontinuitet mellan elevernas mer vardagliga språk och det naturvetenskapliga språket, behöver läraren i det undersökande arbetet hjälpa eleverna att etablera kontinuitet mellan de erfarenheter eleverna gör och de naturvetenskapliga begrepp och teorier som de kan använda för att förstå och tala om det som händer. På så sätt utgör undersökande arbetssätt en god grund för den typ av undervisning som beskrevs ovan i relation till elevers språkutveckling (avsnitt 3.2.1). Som svar på den kritik som riktats mot alla former av undervisning där elever själva undersöker naturen som en del i att lära sig naturvetenskap (Kirschner et al., 2006), har termen ”guided inquiry” börjat användas, men idén om lärarens centrala roll har funnits med ända från början. Idag finns tämligen gott stöd för att sådant undersökande arbetssätt, på engelska Inquiry Based Science Education (IBSE) är en framgångsrik undervisningsstrategi i naturvetenskap, både jämfört med ”discovery” och ”överföringspedagogik” (Furtak et al., 2012; Hmelo-Silver et al., 2007). Det finns dock olika starka versioner av undersökande arbetssätt i naturvetenskapsundervisningen, från en idé om att elever måste engageras i ”epistemologiskt autentiska undersökningar” (Chinn & Malhotra, 2002) till de betydligt mer pragmatiska sätt som det har visat sig att lärare generellt använder sig av, nämligen att välja ut enstaka aspekter av undersökande arbetssätt och anpassa dessa efter såväl syftet med undervisningen som de ramar och förutsättningar de har (Aditomo & Klieme, 2020). En omfattande studie som grundar sig på resultat från PISA 2015 (Aditomo & Klieme, 2020) tyder på att IBSE i form av s.k. ”guided inquiry” korrelerar positivt med ökat begreppsligt lärande såväl som med positiva känslor för naturvetenskap, medan s.k. ”independent inquiry” (d.v.s. där lärarens undervisande roll varit mindre) korrelerar negativt. Men studien tyder också på att det inte spelar någon roll vilka eller hur många aspekter av IBSE som eleverna får möta och att de inte behöver erfara de mer ”starka” versionerna av arbetssättet. En annan omfattande meta-studie (Lazonder & Harmsen, 2016) tyder vidare på (1) att man kan börja arbeta undersökande redan från årskurs 1 och (2) att det inte finns några tydliga samband mellan vilken typ av stöd som är effektivt och elevernas ålder. Det viktiga är *att* läraren stöder eleverna i deras undersökande, i enlighet med vad som sagts ovan. Lärarens roll innefattar att välja ut ett material som är relevant,

spännande och utforskningsbart och sedan hjälpa eleverna att hantera både det biologiska materialet och relevant utrustning. Under själva det undersökande arbetet kan läraren stödja undersökandet genom att uppmärksamma eleverna på viktiga aspekter i förhållande till undervisningens syfte. Läraren kan till exempel hjälpa eleverna att observera specifika egenskaper och variationer hos materialet genom att ställa produktiva frågor, d.v.s. frågor som är öppna och undersökningsbara och som leder till fortsatta observationer, urskiljningar och jämförelser eller andra typer av undersökningar (Elstgeest et al., 1996).

Att få möjlighet till direkta upplevelser av biologiska fenomen och processer är inte minst viktigt för yngre elevers (låg- och mellanstadiet) meningsskapande i biologi (Barthel et al., 2018; Berglund & Gericke, 2025; Stoltz & Waage, 2025), men även för äldre elever. Därför utgör fältstudier en viktig del av biologiundervisningen genom hela grundskolan. Konkreta upplevelser av naturen skapar förutsättningar för att göra noggranna studier där eleverna till exempel kan observera detaljer, upptäcka specifika egenskaper hos organismer eller annat insamlat material, och göra jämförelser och (andra) undersökningar som i sin tur kan väcka elevernas vidare intresse och frågor. På så sätt går det att stödja elevernas undersökande mot successivt mer övergripande frågor, från studier av enskilda organismer till frågor om samband i ekosystem (Magntorn & Helldén, 2007; årskurs 3–5 i Sverige). Att erbjuda ett rikt och konkret biologiskt material främjar också elevernas engagemang och deltagande i biologiundervisningen. Såväl materialet som platsen kan öka möjligheten till att skapa sammanhang och också synliggöra biologiska samband och processer. Det biologiska materialet kan med fördel hittas direkt ute i naturen/skolgården/skogsdungen i närheten av skolan och studeras på plats men kan också plockas in för studier inne i klassrummet. Det kan handla om att samla in och studera olika växter och växtdelar som frö och frukt eller småkryp och olika typer av djurspår. Det kan också handla om att studera och genomföra olika biologiska processer som odling, skogsbruk, nedbrytning eller följa en fjärils livscykel, liksom att använda den egna kroppen för att erfara olika sinnesupplevelser eller utforska olika kroppsdelar och organsystem genom att till exempel göra jämförelser med andra djurs morfologi. För att underlätta insamlandet och undersökningar behövs här enklare (fält)utrustning så som insamlingskärl/burkar olika typer av håvar, luppar så som fält- eller stereolupp (även digitala alternativ), digitala appar, simuleringsprogram och enklare mätinstrument som tidtagarur och termometer. Det är väsentligt att inte tillgången till material begränsar lärares möjligheter att genomföra en undervisning i enlighet med ovanstående. Detta gäller hela grundskolan, men problemet tenderar att vara störst i mellanstadiet, där behovet av material ökar samtidigt som klasstorlekar ökar och tillgången till resurser (exempelvis i form av fritidshemslärare) minskar jämfört med lågstadiet (Stoltz & Waage, 2025). I högstadiet krävs tillgång till tämligen avancerad utrustning, som mikroskop. I mellan- och högstadiet krävs möjlighet att genomföra såväl laborationer som fältstudier i mindre grupp (”halvklass”). I samtliga stadier kräver biologiundervisningen tillgång till vatten, om än inte nödvändigtvis inne i klassrummet på låg- och mellanstadiet.

Att arbeta undersökande innebär också att elever behöver få möjlighet att kommunicera kring det de observerar. Läraren behöver därför organisera undervisningens så att kommunikation blir möjlig genom dialoger, elevsammarbeten, dokumentationer och redovisningar. Som vi beskrivit ovan (avsnitt 3.2.1) gynnas kommunikationen och språkutvecklingen av att samtalet är av mer utforskande karaktär där det finns utrymme för eleven att tillsammans med läraren och andra också pröva och diskutera idéer i förhållande till det material eller undersökningar som är aktuella (Mercer, 2008; Mercer & Wegerif, 2004). Här finns särskilt möjlighet att stödja kommunikation också genom andra modaliteter än språket, som bildskapande, lekar och gestaltningar. Det undersökande arbetet erbjuder läraren många möjligheter att införa biologiska begrepp för att hjälpa eleverna att successivt röra sig från sitt vardagsspråk till ett mer biologiskt språk (se avsnitt 3.2.1 om kontinuitet). Begreppskartor där begreppen sorteras och där relationen mellan begreppen synliggörs kan sedan vara ytterligare exempel på hur läraren kan hjälpa eleverna att utveckla sitt språk inom biologiämnet.

Slutligen vill vi påminna om den viktiga distinktion som gjordes under avsnitt 2.11.1 mellan naturvetenskapliga undersökningar som pedagogisk metod och som ett eget kunskapsområde. I det här avsnittet har vi således beskrivit den pedagogiska metoden, och för tydlighetens skull benämnt den som Undersökande arbetssätt och på engelska IBSE (terminologin är dock tyvärr inte stringent vare sig internationellt eller i svensk kontext). Den pedagogiska metoden har här i första hand behandlats i relation till elevers lärande av det ”klassiska” biologiinnehållet, men även i förhållande till utveckling av relationer till naturen, estetiskt lärande och intresse för biologi. Under avsnitt 3.4 diskuterar vi undervisningsstrategier för att lära sig *om* biologiska undersökningar, alltså med ett annat syfte än här (Hodson, 2014).

3.3 Samhällsfrågor med naturvetenskapligt (biologiskt) innehåll och pluralistisk hållbarhetsundervisning

Undervisningsstrategierna för de kunskapsområden som det här avsnittet berör är sammanvävda. Å ena sidan har vi ett utpekat kunskapsområde, Hållbar utveckling (2.5), som ligger tillsammans med övriga mer ”klassiska” kunskapsområden för biologiämnet. Detta kunskapsområde ligger per automatik inom en undervisning i linje med Vision II. Å andra sidan har vi idén att även övriga kunskapsområden (2.1 – 2.4, 2.6 –2.10) kan undervisas utifrån Vision II, d.v.s. genom att utgå ifrån de frågor och beslut som eleverna ställs, och kommer att ställas, inför som medborgare i en demokrati. Så kallad SNI-undervisning, där SNI står för Samhällsfrågor med Naturvetenskapligt Innehåll (Ekborg et al., 2016), är ett internationellt etablerat ramverk för att undervisa naturvetenskap i enlighet med Vision II (Zeidler, 2014). Å tredje sidan har vi det kunskapsinnehåll som beskrivs i avsnitt 2.11.5 och 2.11.6, d.v.s. Naturvetenskap/Biologi och beslutsfattande.

Även om vissa enskilda aspekter av detta kunskapsområde kanske kan undervisas separat, är det främst genom undervisning för hållbar utveckling och genom SNI som det kan bli meningsfullt för eleverna. Gränserna är heller inte strikta mellan SNI och undervisning för hållbar utveckling. För det första överlappar kunskapsinnehållet, så att exempelvis miljö- och hållbarhetsfrågor utgör det dominerande innehållet i SNI-undervisning internationellt, följt av hälsa och teknologi (Högström et al., 2024). För det andra är såväl mål som vissa centrala begrepp gemensamma mellan SNI och undervisning för hållbar utveckling, såsom fokus på autenticitet, intressekonflikter, värderingar och moraliska/etiska resonemang, deliberation, argumentation och debatt, samt på utveckling av agens och handlingskompetens hos eleverna. SNI betonar, förstås, att de samhällsfrågor som behandlas måste ha en naturvetenskaplig komponent. Hållbarhetsfrågor i sin tur har, som vi har sett, tre dimensioner av vilka den ena är den ekologiska. Undervisning för hållbar utveckling har en starkare betoning av den politiska dimensionen, liksom att eleverna inte bara utvecklas som moraliska (Sadler & Zeidler, 2004) utan även som politiska subjekt (Lundegård & Wickman, 2012). Vidare är betoningen av demokratiskt deltagande i själva undervisningen starkare i undervisning för hållbar utveckling (Lundegård & Caiman, 2019) medan SNI-undervisningen tenderar att snarare lägga fokus på att eleverna utvecklar färdigheter som gör att de kan fungera som aktiva medborgare i en demokrati i framtiden.

Sammantaget innebär detta alltså att de modeller för SNI- och hållbarhetsundervisning som finns också överlappar varandra. Sådana modeller finns tämligen lätt tillgängliga för såväl SNI (Ekborg et al., 2016) som undervisning för hållbar utveckling (Öhman et al., 2025). Vi menar vidare att lärare i praktiken kan hämta goda idéer och inspiration från båda ramverken när de planerar och genomför undervisning i biologi. Vi beskriver därför inte dessa mer övergripande undervisningsstrategier här, utan väljer att i stället lyfta upp några aspekter som vi bedömer vara särskilt viktiga att ta hänsyn till vid undervisning om SNI, hållbarhet, och beslutsfattande.

Den första aspekten avser den så kallade pluralistiska undervisningstraditionen för hållbar utveckling. Att betona pluralism i hållbarhets- eller SNI-undervisning innebär att eleverna får utforska och erfara många olika perspektiv på den fråga de arbetar med, såväl utifrån olika intressekonflikter som olika typer av kunskap och argument. Det innebär också att eleverna får delta i så kallade deliberativa samtal (Lundegård & Wickman, 2007) där de får möta olika perspektiv och har möjlighet att ta ställning i relation till det som utvecklas i samtalen, men där inget ställningstagande priviligieras framför något annat. Detta innebär inte en relativistisk hållning dock, vilket är viktigt att framhålla (Östman et al., 2019). I de deliberativa samtalen hanteras både biologisk (liksom annan) kunskap och olika värden. Kunskaperna är definitivt inte relativa och argument baserade på felaktiga fakta kan och ska granskas och kritiseras. Men en inbyggd egenskap i såväl hållbarhetsfrågor som SNI är att beslut inte är möjliga att fatta enbart på kunskapsmässiga grunder, just för att frågorna är komplexa och ostrukturerade

och involverar värden såväl som kunskaper. Olika kunskaper kan värderas olika högt – ska vi exempelvis värdera kunskapen att en åtgärd gör att en hotad art försvinner från området högre än kunskapen att åtgärden leder till nya arbetstillfällen och att människor därmed inte behöver flytta från sin hembygd? För att göra det valet krävs en värdering. Det är i den meningen de behandlas pluralistiskt. Som kanske är uppenbart innebär pluralistisk undervisning också att elever möter en central aspekt av kunskapsområdet Biologi och beslutsfattande (avsnitt 2.11.6), nämligen att, och kanske hur, kunskaper och värden kan samverka i olika former av beslut. En pluralistisk undervisning tycks inverka positivt på hur hållbart elever agerar (mätt som enkätsvar på frågor om sitt beteende) (Boeve-de Pauw et al., 2015). Samma studie, som omfattade 52 skolor och 2413 elever i årskurs 6, 9 i grundskolan och årskurs 3 i gymnasiet, tyder också på att elevernas kunskaper om hållbarhet ökar ju mer holistisk undervisning de fått, i bemärkelsen att samtliga tre dimensioner av hållbarhet (ekologisk, ekonomisk och social) behandlades i undervisningen. Slutligen är ett intressant och potentiellt viktigt resultat av studien att medan årskurs 9-elevers ”hållbarhetsbeteende” gynnas ju mer pluralistisk undervisningen är, så tycks det finnas ett optimum för elever i årskurs 6 för hur mycket pluralism de kan hantera. Över den gränsen vänder sambandet mellan pluralistisk undervisning och elevers beteende för hållbarhet i studien.

Den andra aspekten som vi vill lyfta fram rör den inramning som SNI- och hållbarhetsundervisningen bör ges. Att i undervisningen skapa tilltro till vetenskapen är som tidigare påpekats viktigt i en osäker värld där det kan vara svårt att skilja etablerade fakta från mindre etablerade fakta eller rena osanningar (Fensham, 2014). Samtidigt är det viktigt att undervisningen visar hur olika utmaningar, som klimatförändringarna, kan lösas, för att skapa hopp och motverka misströstan och ett alltför starkt problemfokus (jfr. Ojala, 2012). Direkta upplevelser av biologiskt material och naturmöten är viktigt i samband med lärande för hållbar utveckling i synnerhet hos yngre elever, och bör åtminstone i lågstadiet starkt dominera framför ett fokus på miljöproblem. Arbete med mer explicita hållbarhetsfrågorlever i årskurs 1 och 2 ledde å ena sidan till att eleverna kände stolthet över att ha kunnat hantera en komplex och viktig fråga. De blev också engagerade i såväl biologin som de moraliska aspekterna av SNI:n. Å andra sidan hade en del elever svårt att skilja SNI-scenarierna från verkligheten vilket i enstaka fall också ledde till uttalad oro som behövde hanteras av läraren (Kahn, 2021). Att i den åldern i stället rikta fokus mot naturmöten och andra positiva erfarenheter kan således vara ett lämpligare sätt att undervisa SNI och hållbar utveckling på. Att få titta noga på ett småkryp och fundera på vad det äter, var det trivs, hur det bor och vilka fienden det har, att följa en ärta från det att den gror, via att den växer till och slutligen bildar nya ärtor, eller att bara erfara naturen direkt vid en bäck eller en skogsglänta kan vara ett sätt att lära sig viktiga kunskaper inom biologin men också skapa relationer till samt omsorg och engagemang för naturen som är viktiga för att kunna förhålla sig till hållbarhetsfrågor senare i utbildningen (Lundegård & Hasslöf, 2022). I slutet av lågstadiet och mellanstadiet bör eleverna däremot få möjlighet att samtala och

överlägga kring olika hållbarhetsdilemman, då de i den åldern är högst medvetna om förekomsten av hållbarhetsproblem och till och med känner personligt ansvar för att lösa dem (Dolan et al., 2009). För de yngre eleverna skulle det kunna handla om mer närliggande och för dem kända områden/dilemman som till exempel frågor kring biologisk mångfald, (odling, pollinering), kretslopp, naturresurser, återvinning och återbruk. Läraren behöver här stötta eleverna att urskilja problem, viktiga perspektiv och intressekonflikter som finns men samtidigt vara öppen för elevernas egna tankar, kritik, idéer, initiativ och förslag på lösningar (jfr. pluralism ovan). I detta sammanhang kan läraren också lyfta fram goda exempel på människans drivkraft, lösningar och hur såväl biologisk som annan kunskap kan bidra till ökad kunskap men också utveckling av olika lösningar (Braun & Dierkes, 2019). Att kunna föreställa sig en bättre värld blir viktigt för att minska oro och hopplöshet och att öka elevernas känsla av att kunna bidra. Läraren kan också organisera undervisningen så att det finns utrymme för eleverna att engagera sig i olika hållbarhetsfrågor där de faktiskt kan få ett reellt inflytande, till exempel att hitta på olika sätt att öka den biologiska mångfalden på skolgården/närmiljön, minska matsvinnet, minska på energiförbrukning, anordna klädbytardagar, driva olika typer av återbruksprojekt osv. Slutligen kan kreativitet vara ett viktigt inslag i undervisning för hållbar utveckling (Lundegård & Caiman, 2019). Exempelvis kan olika typer av skapande verksamheter och drama vara ett sätt för såväl yngre som äldre elever att tillsammans med läraren pröva olika idéer och lösningar för en mer hållbar framtid (Caiman & Lundegård, 2018; Danckwardt-Lillieström, 2025).

3.4 Biologins karaktär, biologiska undersökningar och beslutsfattande

Vi har redan (avsnitt 2.11.1 och 2.11.3) betonat att i princip all tillgänglig forskning stöder att kunskapsområdena Biologiska undersökningar och Biologins karaktär behöver undervisas explicit (Lederman, 2006). Det betyder emellertid varken att innehållet bäst förmedlas genom ”direct instruction” (”överföringspedagogik”) eller att kunskapsområdena ska behandlas enskilt och avskilt från övriga kunskapsområden i biologiämnet (McComas et al., 2020). I detta avsnitt utvecklar vi särskilt dessa insikter, i ljuset av de många sammanblandningar av begrepp och undervisningsmetoder som är knutna till dessa kunskapsområden (Gyllenpalm, 2010). Biologi och beslutsfattande behandlas också, även om en väsentlig del av detta även har berörts i avsnitt 3.3. Här fokuserar vi på sådana aspekter som knyter särskilt an till Biologiska undersökningar och Biologins karaktär.

Till att börja med är det viktigt att klargöra att även om det är centralt att skilja mellan Biologiska undersökningar och Biologins karaktär som två distinkta kunskapsområden (2.11.1–2.11.4), kan undervisningsstrategierna för dem diskuteras som en helhet. Nedan beskriver vi de tre centrala strategierna för

undervisning om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär: att undervisningen är explicit, reflekterande och genomförs i olika sammanhang.

Att Biologiska undersökningar och Biologins karaktär bör undervisas explicit innebär först och främst att man planerar för dem som lärandemål för en lektion eller en undervisningssekvens. Motsatsen, d.v.s. implicit undervisning av kunskapsområdena, är att exempelvis genomföra en biologisk fältundersökning med målet att eleverna ska lära sig om näringskedjor, men bara anta att de samtidigt lär sig någonting om biologiska undersökningar (som hur man observerar eller vilken roll observationer har i fältstudier). Genom att formulera lärandemål också för dessa kunskapsområden, och inte enbart för det mer ”klassiska” biologiinnehållet, blir det lättare för läraren att planera för undervisning där också detta innehåll uppmärksammas. Det kan sedan göras på olika sätt, exempelvis genom att inför fältarbetet prata om observationer i biologi och vad man behöver tänka på för att de ska bli rättvisande och objektiva, att uppmärksamma eleverna på sådana aspekter under själva fältarbetet, eller att i efterhand låta eleverna reflektera över och kanske dela med sig av sina erfarenheter av utmaningar med sina observationer. Det sistnämnda för oss över till den andra nyckelstrategin som visat sig vara framgångsrik för att undervisa Biologiska undersökningar och Biologins karaktär, nämligen reflektion.

En reflekterande undervisning om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär är nära knuten till en explicit undervisning, genom att den innebär att eleverna inte bara ”gör” exempelvis observationer utan också pratar om och förstår idéerna bakom det de har gjort. Det är möjligt att reflektera över delar av en genomförd biologisk undersökning, som i exemplet ovan, men det är förstås också möjligt att reflektera över studier som andra har gjort. Andra tillfällen för explicit och reflekterande undervisning fins i samband med övriga kunskapsområden. Exempelvis kan man undervisa om att biologisk kunskap bygger på empiri och är föränderlig i samband med undervisning om sambandet mellan gener och egenskaper.

Att undervisa Biologiska undersökningar och Biologins karaktär i olika sammanhang har egentligen två innebörder. Den första innebörden är helt enkelt att det är lämpligt att inkludera dessa två kunskapsområden återkommande i övrig biologiundervisning, så att de knyts till flera olika delar av biologin. Den andra innebörden handlar snarare om *i vilken grad* de två kunskapsområdena knyts eller inte knyts till övriga kunskapsområden i biologiämnet. Man kan då skilja mellan dekontexualiserad och kontextualiserad undervisning (Clough, 2006). Dekontextualiserad undervisning om Naturvetenskapens/Biologins karaktär utgörs av olika övningar som särskilt utformats för att så tydligt som möjligt illustrera någon eller några aspekter av kunskapsområdet (Lederman & Abd-El-Khalick, 2002). Ett exempel är så kallade ”svarta lådor” där eleverna får göra observationer och dra slutsatser från dessa för att formulera hypoteser och/eller föreslå och pröva modeller som förklarar deras observationer. Exempel på sådana svarta lådor-övningar är ”hinken” (Wickman & Persson, 2015), ”röret” (”the tube”) (Lederman & Abd-El-Khalick, 2002), ”hypotesbollen” (ett hemligt föremål

i en klump modellera som undersöks med hjälp av tandpetare) och ”tändsticksasken” (en stor tändsticksask som läraren ”inrett” med olika avgränsningar och som innehåller olika material, t ex magnetiska och icke-magnetiska, och som sedan är inlindad i pakettejp). Motsvarande dekontextualiserade övningar när det gäller Naturvetenskapliga/Biologiska undersökningar är exempelvis att testa vilket toalettpapper eller vilken disktrasa som är ”bäst”, och låta eleverna utforma undersökningar som kan svara på detta. En styrka med dekontexualiserade övningar av det här slaget är att Biologins karaktär eller Biologiska undersökningar blir det enda lärandemålet för aktiviteten, vilket förstås är i linje med en explicit och reflekterande undervisning. En svaghet är att elever kan ha svårt att göra de förväntade kopplingarna till hur autentisk biologisk/naturvetenskaplig forskning går till.

I kontextualiserad undervisning om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär undervisas kunskapsområdena i direkt anslutning till undervisning om exempelvis genetik (se ovan) eller evolution. Detta kan göras på tre övergripande sätt (McComas et al., 2020): genom att eleverna genomför biologiska undersökningar, genom historiska och nutida exempel på hur biologisk kunskap vuxit fram, samt genom SNI-undervisning (som behandlas för sig längre ner).

Det första fallet, att eleverna genomför biologiska undersökningar, har vi redan givit exempel på ovan; det viktiga här är således att lyfta upp det eleverna gör i undersökningarna så att det också blir ett explicit, reflekterat innehåll. Att anknyta till historiska och aktuella exempel låter sig ofta göras helt integrerat i den mer traditionella undervisningen, genom att inkludera berättelser om hur kunskaperna tagits fram, förändrats, fortfarande i viss mån är i förändring, har påverkats av den tidens värderingar etc. (Allchin, 2003). I biologiämnet kan detta göras både med mer klassiska och kända exempel, som Darwins och Mendels arbete, och med mindre kända exempel inklusive nutida. Både kontextualiserad och dekontextualiserad undervisning om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär har en roll att spela och den generella rekommendationen är att de används omväxlande med varandra och för olika syften och vid olika tidpunkter i progressionen (McComas et al., 2020). Det går också att tänka sig mellanformer mellan dessa två extremer (Clough, 2006). Exempelvis kan en ”svarta-lådan”-övning, som ofta handlar om undervisning om modeller, genomföras i nära anslutning till undervisning om celler eller ekologiska modeller som energipyramiden. Det öppnar för att göra explicita kopplingar mellan det eleverna var med om i den dekontextualiserade övningen och det biologiska innehållet.

Att knyta Biologiska undersökningar och Biologins karaktär till SNI-undervisning innebär att kunskaperna från dessa två kunskapsområden så att säga sätts i rörelse för att eleverna ska kunna hantera samhällsfrågorna på ett insiktsfullt och kritiskt sätt. Det finns tämligen goda belägg för att SNI-undervisning bidrar till elevers förståelse av Naturvetenskapliga/Biologiska undersökningar och Naturvetenskapens/Biologins karaktär (McComas et al., 2020). Men det går som vi sett också att argumentera för att kunskaper om och erfarenhet av hur biologisk kunskap kan användas i beslut om komplexa, ostrukturerade samhällsfrågor är det

viktigaste skälet till att undervisa om Biologiska undersökningar och Biologins karaktär (Allchin, 2011), och att kunskapsområdena därmed behöver integreras med hållbarhetsfrågor (avsnitt 2.5) liksom, mer övergripande, med en undervisning enligt Vision II med fokus på SNI.

Referenser

Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, *42*(4), 504-525. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093

Alhadabi, A. (2021). Science Interest, Utility, Self-Efficacy, Identity, and Science Achievement Among High School Students: An Application of SEM Tree [Original Research]. *Frontiers in Psychology*, *Volume 12 - 2021*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.634120

Allchin, D. (2003). Scientific Myth-Conceptions. *Science Education*, *87*(3), 329-351. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ666955&site=ehost-live

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, *95*(3), 518-542. https://doi.org/10.1002/sce.20432

Alred, A. R., Doherty, J. H., Hartley, L. M., Harris, C. B., & Dauer, J. M. (2019). Exploring student ideas about biological variation. *International Journal of Science Education*, *41*(12), 1682-1700. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1635289

Anderhag, P. (2014). *Taste for science : how can teaching make a difference for students' interest in science?* Department of Mathematics and Science Education, Stockholm University. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-108074

Anderhag, P., Hamza, K. M., & Wickman, P.-O. (2014). What can a teacher do to support students' interest in science? A study of the constitution of taste in a science classroom. *Research in Science Education*, *45*(5), 749-784. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9448-4

Anderson, K. T., Zuiker, S. J., Taasoobshirazi, G., & Hickey, D. T. (2007). Classroom Discourse as a Tool to Enhance Formative Assessment and Practise in Science. *International Journal of Science Education*, *29*(14), 1721-1744. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ781193&site=ehost-live

Andersson, B., & Nyberg, E. (2006). *Att undervisa om livscykler i skolår 1-5 : kunskapsbas och undervisningsförslag*. Inst. för pedagogik och didaktik, Göteborgs univ.

Andrée, M. (2007). *Den levda läroplanen : en studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan / Maria Andrée*. HLS Förlag. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=87519138-feff-3f7f-bca9-117e9b545c41

Andrée, M., & Lager-Nyqvist, L. (2013). Spontaneous Play and Imagination in Everyday Science Classroom Practice. *Research in Science Education*, *43*(5), 1735-1750. https://doi.org/10.1007/s11165-012-9333-y

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(7), 922-948. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21227

Arnaudin, M. W., Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross age study. *Science Education*, *69*, 721-733.

Ayotte-Beaudet, J.-P., Chastenay, P., Beaudry, M.-C., L'Heureux, K., Giamellaro, M., Smith, J., . . . Paquette, A. (2023). Exploring the impacts of contextualised outdoor science education on learning: the case of primary school students learning about ecosystem relationships. *Journal of Biological Education*, *57*(2), 277-294. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1909634

Barrow, L. H. (2002). What do elementary students know about insects? *Journal of Elementary Science Education*, *14*(2), 53-60. https://doi.org/10.1007/BF03173848

Barthel, S., Belton, S., Raymond, C. M., & Giusti, M. (2018). Fostering Children's Connection to Nature Through Authentic Situations: The Case of Saving Salamanders at School [Original Research]. *Frontiers in Psychology*, *Volume 9 - 2018*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00928

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology : from individuals to ecosystems / Michael Begon, Colin R. Townsend, John L. Harper* (4. ed.). Blackwell Publishing. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=87a0b879-f758-334b-b002-1ea9f7286d62

Berglund, A., & Gericke, N. (2025). *Möte 1 med biologididaktiker, 2025-08-22*.

Boeve-de Pauw, J., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, *7*(11), 15693-15717. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su71115693

Braun, T., & Dierkes, P. (2019). Evaluating Three Dimensions of Environmental Knowledge and Their Impact on Behaviour. *Research in Science Education*, *49*(5), 1347-1365. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9658-7

Broady, D. (2007). Den dolda läroplanen. *Kritisk utbildningstidskrift* nr 127, s. 11-98.

Caiman, C., & Jakobson, B. (2019). The role of art practice in elementary school science. *Science & Education*, *28*(1-2), 153-175. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00036-2

Caiman, C., & Lundegård, I. (2018). Young children's imagination in science education and education for sustainability [article]. *Cultural Studies of Science Education*, *13*(3), 687-705. https://doi.org/10.1007/s11422-017-9811-7

Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, *21*(4), 363-371. https://doi.org/10.1080/095006999290598

Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 89-128). University of Minnesota Press.

Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science [Periodical]. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(7), 836-869. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbl&AN=RN357749485&site=eds-live&scope=site

Chang Rundgren, S.-N., & Rundgren, C.-J. (2010). SEE-SEP : From a separate to a holistic view on socio-scientific issues [article]. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *11*(1), Article 2. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-57918

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175-218. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.10001

Cinici, A. (2013). From caterpillar to butterfly: a window for looking into students' ideas about life cycle and life forms of insects. *Journal of Biological Education*, *47*(2), 84-95. https://doi.org/10.1080/00219266.2013.773361

Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind: The challenge for school science*. Harvester Wheatsheaf.

Clough, M., & Olson, J. (2004). The nature of science: Always part of the science story. *Science Teacher*, *71*, 28-31.

Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective Nature of Science instruction [Original Paper]. *Science & Education: Contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*, *15*(5), 463-494. https://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7

Crone, E. A., & Van Der Molen, M. W. (2007). Development of Decision Making in School-Aged Children and Adolescents: Evidence From Heart Rate and Skin Conductance Analysis. *Child Development*, *78*(4), 1288-1301. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01066.x

Danckwardt-Lillieström, K. (2025). Drama workshop: The journey to Dystoplastica. In *Sustainability Teaching for Impact* (pp. 225-232). https://doi.org/10.4324/9781003496359-33

Danckwardt-Lillieström, K., Andrée, M., & Enghag, M. (2020). The drama of chemistry – supporting student explorations of electronegativity and chemical bonding through creative drama in upper secondary school [article]. *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1792578

Dewey, J. (1938/1996). Experience and education. In L. Hickman (Ed.), *Collected works of John Dewey, 1882 - 1953: The electronic edition (Later Works, Volume 13)*. InteLex Corporation. (1938)

Dolan, T. J., Nichols, B. H., & Zeidler, D. L. (2009). Using socioscientific issues in primary classrooms. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(3), 1-12. https://doi.org/10.1007/BF03174719

Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, *5*, 61-84.

Driver, R., Leach, J., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1994). Young People's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, *24*(1), 75-100. https://doi.org/10.1080/03057269408560040

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.

Duit, R. (2009, 2009-03-23). *Bibliography - Students' and teachers' conceptions and science education*. Retrieved May 2016 from https://archiv.leibniz-ipn.de/stcse

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/https://doi.org/10.1002/tea.20312

Düsing, K., Asshoff, R., & Hammann, M. (2019). Students' conceptions of the carbon cycle: identifying and interrelating components of the carbon cycle and tracing carbon atoms across the levels of biological organisation. *Journal of Biological Education*, *53*(1), 110-125. https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1447002

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, *53*(Volume 53, 2002), 109-132. https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Ekborg, M., Ideland, M., Lindahl, B., Malmberg, C., Ottander, C., & Rosberg, M. (2016). *Samhällsfrågor i det naturvetenskapliga klassrummet*. Gleerups.

Elstgeest, J., Harlen, W., & Moback, M. (1996). *Våga språnget! : om att undervisa barn i naturvetenskapliga ämnen*. Almqvist & Wiksell.

Emmons, N., Smith, H., & Kelemen, D. (2016). Changing Minds With the Story of Adaptation: Strategies for Teaching Young Children About Natural Selection. *Early Education and Development*, *27*(8), 1205-1221. https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1169823

Fensham, P. J. (2014). Scepticism and trust: two counterpoint essentials in science education for complex socio-scientific issues. *Cultural Studies of Science Education*, *9*(3), 649-661. https://doi.org/10.1007/s11422-013-9560-1

Furtak, E. M., & Penuel, W. R. (2019). Coming to terms: Addressing the persistence of "hands-on" and other reform terminology in the era of science as practice. *Science Education*, *103*(1), 167-186. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21488

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *82*(3), 300-329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Gericke, N., & Mc Ewen, B. (2023). Defining epigenetic literacy: How to integrate epigenetics into the biology curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, *60*(10), 2216-2254. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21856

Goldfarb, E. S., & Lieberman, L. D. (2021). Three Decades of Research: The Case for Comprehensive Sex Education. *Journal of Adolescent Health*, *68*(1), 13-27. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2020.07.036

Gould, S. J. (1981, May). Evolution as fact and theory. *Discover*, 34-37.

Grace, M. M., & Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues [Article]. *International Journal of Science Education*, *24*(11), 1157-1169. https://doi.org/10.1080/09500690210134848

Gregory, T. R. (2008). Evolution as Fact, Theory, and Path. *Evolution: Education and Outreach*, *1*(1), 46-52. https://doi.org/10.1007/s12052-007-0001-z

Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, *2*(2), 156-175. https://doi.org/10.1007/s12052-009-0128-1

Grotzer, T. A., & Solis, S. L. (2023). Thinking Like an Earthling: Children's Reasoning About Individual and Collective Action Related to Environmental Sustainability. *Topics in Cognitive Science*, *15*(3), 433-451. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/tops.12650

Gunansyah, G., Zuhdi, U., Suprayitno, S., & Aisy, M. (2021). Sustainable development education practices in elementary schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, *15*, 178-187. https://doi.org/10.11591/edulearn.v15i2.17091

Gyllenpalm, J. (2010). *Teachers' Language of Inquiry: The Conflation Between Methods of Teaching and Scientific Inquiry in Science Education* [Doctoral Thesis]. Department of Mathematics and Science Education, Stockholm University. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsswe&AN=edsswe.oai.DiVA.org.su.42694&site=eds-live&scope=site

Gyllenpalm, J., Rundgren, C.-J., Lederman, J., & Lederman, N. (2022). Views About Scientific Inquiry: A Study of Students' Understanding of Scientific Inquiry in Grade 7 and 12 in Sweden. *Scandinavian Journal of Educational Research*, *66*(2), 336-354. https://doi.org/10.1080/00313831.2020.1869080

Gyllenpalm, J., & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the inquiry emphasis conflation in science teacher education. *Science Education*, *95*(5), 908-926. https://doi.org/10.1002/sce.20446

Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O., & Holmgren, S.-O. (2010). Teachers' language on scientific inquiry: Methods of teaching or methods of inquiry? *International Journal of Science Education*, *32*(9), 1151-1172. http://www.informaworld.com/10.1080/09500690902977457

Hamza, K., & Wickman, P.-O. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, *92*(1), 141-164. http://dx.doi.org/10.1002/sce.20233

Hamza, K., Wojcik, A., Arvanitis, L., Haglund, K., Lundegård, I., & Schenk, L. (2023). Nature of science in students' discussions on disagreement between scientists following a narrative about health effects of the Fukushima Daiichi accident. *International Journal of Science Education*, *45*(1), 22-42. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2151327

Hayes, M. L., Plumley, C. L., Smith, P. S., & Esch, R. K. (2017). A Review of the Research Literature on Teaching about Interdependent Relationships in Ecosystems to Elementary Students. *Horizon Research, Inc.*

Helldén, G. F. (2004). A Study of Recurring Core Developmental Features in Students' Conceptions of Some Key Ecological Processes. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *4*(1), 59-76. https://doi.org/10.1080/14926150409556597

Hirsh, Å., Nilholm, C., Roman, H., Forsberg, E., & Sundberg, D. (2022). Reviews of teaching methods – which fundamental issues are identified? *Education Inquiry*, *13*(1), 1-20. https://doi.org/10.1080/20004508.2020.1839232

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, *42*(2), 99-107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, *28*(2), 115-135. https://doi.org/10.1080/0022027980280201

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, *36*(15), 2534-2553. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722

Hulleman, C. S., Godes, O., Hendricks, B. L., & Harackiewicz, J. M. (2010). Enhancing interest and performance with a utility value intervention. *Journal of Educational Psychology*, *102*(4), 880-895. https://doi.org/10.1037/a0019506

Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting Interest and Performance in High School Science Classes. *Science*, *326*(5958), 1410-1412. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=47156600&site=ehost-live

Hultén, M. (2008). *Naturens kanon : formering och förändring av innehållet i folkskolans och grundskolans naturvetenskap 1842–2007* (Publication Number 145) [Doctoral thesis, monograph, Stockholms universitet]. DiVA. Stockholm. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-92317

Håkansson, M., Östman, L., & Van Poeck, K. (2018). The political tendency in environmental and sustainability education. *European Educational Research Journal*, *17*(1), 91-111. https://doi.org/10.1177/1474904117695278

Högström, P., Gericke, N., Wallin, J., & Bergman, E. (2024). Teaching Socioscientific Issues: A Systematic Review. *Science & Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00542-y

Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2006). Lärares mål med laborativt arbete: Utveckla förståelse och intresse. *NorDiNa*, *5*, 54-66.

Jakobson, B., & Wickman, P.-O. (2007a). The roles of aesthetic experience in elementary school science. *Research in Science Education*, *38*(1), 45-65.

Jakobson, B., & Wickman, P.-O. (2007b). Transformation through language use: Children's spontaneous metaphors in elementary school science. *Science & Education*, *16*, 267-289.

Janz, N., & Östlund Farrants, A.-K. (2025). *Möte med forskare i biologi, 2025-09-01*.

Jidesjö, A. (2008). Different content orientations in science and technology among primary and secondary boys and girls in Sweden : Implications for the transition from primary to secondary school? [article]. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, *4*(2), 192-208. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-43624

Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2011). A pragmatist approach to learning progressions. In B. Hudson & M. A. Meyer (Eds.), *Beyond Fragmentation: Didactics, Learning, and Teaching* (pp. 47–59). Barbara Budrich Publishers.

Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2012). Vad ska elever lära sig angående naturvetenskaplig verksamhet?: En analys av svenska läroplaner för grundskolan under 50 år. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, *8*(3), 197-212.

Johansson, A.-M., & Wickman, P.-O. (2018). The use of organising purposes in science instruction as a scaffolding mechanism to support progressions: a study of talk in two primary science classrooms. *Research in Science & Technological Education*, *36*(1), 1-16. https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1318272

Kahn, S. (2021). No Child Too Young: A Teacher Research Study of Socioscientific Issues Implementation at the Elementary Level. In W. A. Powell (Ed.), *Socioscientific Issues-Based Instruction for Scientific Literacy Development* (pp. 1-30). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4558-4.ch001

Kelly, G. J., & Green, J. (1998). The social nature of knowing: Toward a sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction. In B. Guzzetti & C. Hynd (Eds.), *Perspectives on conceptual change: Multiple ways to understand knowing and learning in a complex world* (pp. 145-181). Lawrence Erlbaum.

Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? *Science Education*, *101*(1), 8-31. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21251

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-Based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75-86. http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

Kloser, M. (2012). A Place for the Nature of Biology in Biology Education. *Electronic Journal of Science Education*, *16*(1), 1-18. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=b470dd39-4f95-3e78-ae62-fac14b1d505d

Knippels, M.-C. P. J., & Waarlo, A. J. (2018). Development, Uptake, and Wider Applicability of the Yo-yo Strategy in Biology Education Research: A

Reappraisal. *Education Sciences*, *8*(3), 129. https://www.mdpi.com/2227-7102/8/3/129

Kuo, M., Barnes, M., & Jordan, C. (2019). Do Experiences With Nature Promote Learning? Converging Evidence of a Cause-and-Effect Relationship [Mini Review]. *Frontiers in Psychology*, *Volume 10 - 2019*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00305

Lavett Lagerström, M., Piqueras, J., & Palm, O. (2021). "Should we be afraid of Ebola?" A study of students' learning progressions in context-based science teaching [article]. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, *17*(1), 64-78. https://doi.org/10.5617/nordina.7658

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning:Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, *86*(3), 681-718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Le, P. T., Hartley, L. M., Doherty, J. H., Harris, C. B., & Moore, J. C. (2018). Is being familiar with biodiversity related to reasoning about ecology? *Ecosphere*, *9*(12), e02532. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecs2.2532

Lederman, J. S., Bartels, S., Jimenez, J., Lederman, N. G., Acosta, K., Adbo, K., . . . Zhu, Q. (2024). Completing the progression establishing an international baseline of primary, middle and secondary students' views of scientific inquiry. *International Journal of Science Education*, *46*(7), 715-731. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2256458

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(1), 65-83. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21125

Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science* (pp. 301-317). Springer Netherlands.

Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the Relationship Between Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry. *Science & Education*, *28*(3), 249-267. https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8

Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education : Rationales and Strategies* (pp. 83-126). Springer. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=66721&site=ehost-live&scope=site

Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation.

Lidegran, I. (2009). *Utbildningskapital [Elektronisk resurs] : om hur det alstras, fördelas och förmedlas*. Acta Universitatis Upsaliensis :. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-100328

Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Acta Universitatis Gothoburgensis.

Longbottom, S. E., & Slaughter, V. (2016). Direct Experience With Nature and the Development of Biological Knowledge. *Early Education and Development*, *27*(8), 1145-1158. https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1169822

Lundegård, I. (2018). Personal authenticity and political subjectivity in student deliberation in environmental and sustainability education [article]. *Environmental Education Research*, *24*(4), 581-592. https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1321736

Lundegård, I., Arvanitis, L., Hamza, K., Schenk, L., Wojcik, A., & Haglund, K. (2022). Facts and values in students' reasoning about gene technology in the frame of risk – a thick comprehension. *Environmental Education Research*, *28*(9), 1283-1296. https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2031900

Lundegård, I., & Caiman, C. (2019). Didaktik för naturvetenskap och hållbar utveckling - Fem former av demokratiskt deltagande [Education for science and Sustainable Development - Four forms of Democratic Participation]. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, *15*(1), 38-53. https://doi.org/10.5617/nordina.4822

Lundegård, I., & Hasslöf, H. (2022). Antropocen och utbildning: direkta naturmöten och demokratiska processer. *Pedagogisk forskning i Sverige*, *27*(3), 54-72. https://doi.org/10.15626/pfs27.03.04

Lundegård, I., Nyberg, A. C., & Wiklund, E. (2024). *Utomhusdidaktik - två dimensioner av kunskap*. Linköpings universitet. https://doi.org/10.3384/9789180755672

Lundegård, I., & Wickman, P.-O. (2007). Conflicts of interest: An indispensable element of education for sustainable development. *Environmental Education Research*, *13*(1), 1-15. http://ejournals.ebsco.com/direct.asp?ArticleID=4C988039EE38C5FFE435

Lundegård, I., & Wickman, P.-O. (2012). It takes two to tango: studying how students constitute political subjects in discourses on sustainable development. *Environmental Education Research*, *18*(2), 153-169. https://doi.org/10.1080/13504622.2011.590895

Lundström, M., Ekborg, M., & Ideland, M. (2012). To Vaccinate or Not to Vaccinate: How Teenagers Justified Their Decision. *Cultural Studies of Science Education*, *7*(1), 193-221. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ956303&site=ehost-live&scope=site

http://dx.doi.org/10.1007/s11422-012-9384-4

Lyons, T. (2006). Different Countries, Same Science Classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, *28*(6), 591-613. https://doi.org/10.1080/09500690500339621

Magntorn, O., & Helldén, G. (2007). Reading nature from a 'bottom-up' perspective. *Journal of Biological Education*, *41*(2), 68-75. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656065

Malmberg, C., Olander, C., & Ottander, C. (2025). *Möte 2 med biologididaktiker, 2025-09-04*.

Malmberg, C., & Urbas, A. (2019). Health in school: stress, individual responsibility and democratic politics. *Cultural Studies of Science Education*, *14*(4), 863-878. https://doi.org/10.1007/s11422-018-9882-0

Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, *96*(6), 1071-1105. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.21030

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. The Belknap Press of Harvard University Press.

McComas, W. F. (2020). Principal Elements of Nature of Science: Informing Science Teaching while Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Ed.), *Nature of Science in Science Instruction : Rationales and Strategies* (pp. 35-65). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_4

McComas, W. F., Clough, M. P., & Nouri, N. (2020). Nature of Science and Classroom Practice: A Review of the Literature with Implications for Effective NOS Instruction. In W. F. McComas (Ed.), *Nature of Science in Science Instruction : Rationales and Strategies* (pp. 67-111). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_4

McLure, F., Won, M., & Treagust, D. F. (2020). Students' understanding of the emergent processes of natural selection: the need for ontological conceptual change. *International Journal of Science Education*, *42*(9), 1485-1502. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1767315

Mercer, N. (2008). Talk and the Development of Reasoning and Understanding. *Human Development*, *51*(1), 90-100. http://dx.doi.org/10.1159/000113158

Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a Scientist: Ways of Helping Children to Use Language to Learn Science. *British Educational Research Journal*, *30*(3), 359-377. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ680363&site=ehost-live

Mercer, N., & Wegerif, R. (2004). Is "exploratory talk" productive talk? In H. Daniels & A. Edwards (Eds.), *RoutledgeFalmer Reader in Psychology of Education (Readers in education)* (pp. 67-85). Routledge.

Mohan, L., Chen, J., & Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 675-698. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.20314

Montévil, M., Mossio, M., Pocheville, A., & Longo, G. (2016). Theoretical principles for biology: Variation. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, *122*(1), 36-50. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2016.08.005

Nationellt_resurscentrum_för_biologiundervisning. (2025). *Evolutionens mekanismer*. Retrieved Sept 04 from https://bioresurs.uu.se/resurser/evolution/evolutionens-mekanismer/

NGSS_Lead_States. (2013a). *Next Generation Science Standards: For States, By States: 3-LS3-1 Heredity: Inheritance and Variation of Traits*. https://www.nextgenscience.org/pe/3-ls3-1-heredity-inheritance-and-variation-traits

NGSS_Lead_States. (2013b). *Next Generation Science Standards: For States, By States: MS-LS3-1 Heredity: Inheritance and Variation of Traits*. https://www.nextgenscience.org/pe/ms-ls3-1-heredity-inheritance-and-variation-traits

NGSS_Lead_States. (2013c). *Next Generation Science Standards: For States, By States: MS.Structure, Function, and Information Processing*. https://www.nextgenscience.org/topic-arrangement/msstructure-function-and-information-processing

Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., & Prechtl, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction*, *31*, 13-22. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.003

Ojala, M. (2012). How do children cope with global climate change? Coping strategies, engagement, and well-being. *Journal of Environmental Psychology*, *32*(3), 225-233. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.02.004

Olander, C. (2010). *Towards an interlanguage of biological evolution: Exploring students' talk and writings as an arena for sense-making* Göteborgs universitet]. Gothenburg.

Olander, C., Wickman, P.-O., Tytler, R., & Ingerman, Å. (2018). Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body. *International Journal of Science Education*, *40*(2), 204-226. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1407464

Osborne, J., & Allchin, D. (2024). Science literacy in the twenty-first century: informed trust and the competent outsider. *International Journal of Science Education*, 1-22. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2331980

Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S.-Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(6), 821-846. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21316

Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 411-423. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ682074&site=ehost-live&scope=site

Parke, E. C., & Plutynski, A. (2020). What Is the Nature of Theories and Models in Biology? In K. Kampourakis & T. Uller (Eds.), *Philosophy of Science for Biologists* (pp. 55-78). Cambridge University Press. https://doi.org/DOI: 10.1017/9781108648981.005

Parsley, K. M. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *Plants, People, Planet*, *2*(6), 598-601. https://doi.org/10.1002/ppp3.10153

Pedersen, S. (1992). *Om elevers förståelse av naturvetenskapliga förklaringar och biologiska sammanhang : [Students' understanding of scientific explanations in relation to biological contexts] / Svend Pedersen*. Almqvist & Wiksell International. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=3b3d1431-f1ae-38a5-85ea-19658bb88ea4

Pedrera, O., Barrutia, O., & Díez, J. R. (2024). Rooting out teaching-learning difficulties of plant nutrition: a systematic literature review. *Studies in Science Education*, 1-36. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2442243

Petrosillo, I., Aretano, R., & Zurlini, G. (2015). Socioecological Systems. In *Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09518-X

Potvin, P. (2023). Response of science learners to contradicting information: a review of research. *Studies in Science Education*, *59*(1), 67-108. https://doi.org/10.1080/03057267.2021.2004006

Pound, P., Denford, S., Shucksmith, J., Tanton, C., Johnson, A. M., Owen, J., . . . Campbell, R. (2017). What is best practice in sex and relationship education? A synthesis of evidence, including stakeholders' views. *BMJ Open*, *7*(5), e014791. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014791

Priest, S. (2013). Critical science literacy: What citizens and journalists need to know to make sense of science. *Bulletin of Science, Technology & Society*, *33*(5-6), 138-145. https://doi.org/10.1177/0270467614529707

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Lawrence Erlbaum.

Roberts, D. A. (2010). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11-27). Routledge.

Roth, H. (2000). The art of lesson preparation. In I. Westbury, S. Hopmann, & K. Riquarts (Eds.), *Teaching as a reflective practice : the German Didaktik tradition* (pp. 127-138). L. Erlbaum Associates.

Rudolph, J. L. (2023). *Why We Teach Science (and Why We Should)*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780192867193.001.0001

Rudsberg, K., & Öhman, J. (2010). Pluralism in practice – experiences from Swedish evaluation, school development and research. *Environmental Education Research*, *16*(1), 95-111. https://doi.org/10.1080/13504620903504073

Ruggerio, C. A. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of The Total Environment*, *786*, 147481. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481

Rundgren, C.-J. (2006). Att börja tala biokemiska: Betydelsen av metaforer och hjälpord för meningsskapande kring proteiner. *NorDiNa*, *5*, 30-42. https://www.isv.liu.se/fontd/filarkiv_publikationer/2008/1.155206/Nordina_506_Rundgren.pdf

Rundgren, C.-J., Eriksson, M., & Chang Rundgren, S.-N. (2017). Investigating the intertwinement of knowledge, value and experience of upper secondary students' argumentation concerning socioscientific issues [article]. *Science & Education*, *25*(9-10), 1049-1071. https://doi.org/10.1007/s11191-016-9859-x

Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, *36*, 1-44. https://ezp.sub.su.se/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ633625&site=ehost-live&scope=site

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004). The Morality of Socioscientific Issues: Construal and Resolution of Genetic Engineering Dilemmas. *Science Education*, *88*(1), 4-27. http://dx.doi.org/10.1002/sce.10101

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(1), 112-138. http://dx.doi.org/10.1002/tea.20042

Sandell, K., & Öhman, J. (2013). An educational tool for outdoor education and environmental concern. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, *13*(1), 36-55. https://doi.org/10.1080/14729679.2012.675146

Schiffer, H., & Guerra, A. (2015). Electricity and vital force: Discussing the nature of science through a historical narrative. *Science & Education*, *24*(4), 409-434. https://doi.org/10.1007/s11191-014-9718-6

Schlottmann, A., & Wilkening, F. (2011). Judgment and decision making in young children. In M. K. Dhami, A. Schlottmann, & M. R. Waldmann (Eds.), *Judgment and Decision Making as a Skill: Learning, Development and Evolution* (pp. 55-84). Cambridge University Press. https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9781139015684.007

Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. (2001). Conceptual knowledge in talk and text: What does it take to understand a science question? *Instructional Science*, *29*(3), 213-236. http://ezproxy.lhs.se:2048/login?url=http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=eric&an=EJ626778

Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 31-56). Lawrence Erlbaum.

Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, *90*(4), 605-631. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sce.20131

Seifeddine Ehdwall, D., & Wickman, P.-O. (2018). Hur lärare kan stödja andraspråkselever på gymnasiet att tala kemi. *NorDiNa*, *14*(3), 299-316. https://doi.org/10.5617/nordina.5870

Shtulman, A., Neal, C., & Lindquist, G. (2016). Children's Ability to Learn Evolutionary Explanations for Biological Adaptation. *Early Education and Development*, *27*(8), 1222-1236. https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1154418

Shtulman, A., & Schulz, L. (2008). The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. *Cogn Sci*, *32*(6), 1049-1062. https://doi.org/10.1080/03640210801897864

Siry, C., & Brendel, M. (2016). The inseparable role of emotions in the teaching and learning of primary school science. *Cultural Studies of Science Education*, *11*(3), 803-815. https://doi.org/10.1007/s11422-016-9781-1

Sjøberg, S., Andersson, S., Claesdotter, A., & Strömdahl, H. (2010). *Naturvetenskap som allmänbildning : en kritisk ämnesdidaktik / Svein Sjøberg ; översättning: Sten Andersson och Annika Claesdotter ; bearbetning: Helge Strömdahl* (3., rev. uppl. ed.). Studentlitteratur. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=f8d90fc4-95f4-3b9d-ace2-6d6ba10e93a2

Skolinspektionen. (2018). *Sex- och samlevnadsundervisning*.

Skolverket. (2025). *Sexualitet, samtycke och relationer*. Retrieved 2025-09-16 from https://www.skolverket.se/kompetensutveckling/stod-i-arbetet/sexualitet-samtycke-och-relationer

Solli, A., Hillman, T., & Makitalo, A. (2019). Navigating the Complexity of Socio-scientific Controversies-How Students Make Multiple Voices Present in Discourse [Article]. *Research in Science Education*, *49*(6), 1595-1623. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9668-5

SOU2025:19. *Kunskap för alla - nya läroplaner med fokus på undervisning och lärande*.

Springer, K., & Keil, F. C. (1989). On the development of biologically specific beliefs: the case of inheritance. *Child Dev*, *60*(3), 637-648.

Stieff, M., & DeSutter, D. (2021). Sketching, not representational competence, predicts improved science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *58*(1), 128-156. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.21650

Stoltz, L., & Waage, S. (2025). *Möte med Skolverkets referensgrupp i biologi, 2025-09-23*.

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, *49*(1), 1-34. https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463

Svensson, A. (2002). *Den sociala snedrekryteringen till högskolan - när och hur uppstår den?* Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet. https://www.finna.fi/Record/uef.993807483705966

Thyberg, A., Schönborn, K., & Gericke, N. (2025). Phases of Progression: Students' meaning-making of Epigenetic Visual Representations within and between Levels of Organization. *Research in Science Education*, *55*(2), 399-423. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10196-z

Tytler, R., & Hubber, P. (2016). Constructing Representations to Learn Science. In B. Hand, M. McDermott, & V. Prain (Eds.), *Using Multimodal Representations to Support Learning in the Science Classroom* (pp. 159-181). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16450-2_9

Tytler, R., Osborne, J., Williams, G., Tytler, K., & Cripps Clark, J. (2008). *Opening up pathways: engagement in STEM across the primary-secondary school transition*. Australian Department of Education, Employment and Workplace Relations.

Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (2013). *Constructing representations to learn in science [Elektronisk resurs]*. SensePublishers.

Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., & Meisalo, V. (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, *40*(3), 124-129. https://doi.org/10.1080/00219266.2006.9656029

UNESCO. (2018). *International technical guidance on sexuality education*. UNESCO.

Vikström, A. (2008). What is Intended, What is Realized, and What is Learned? Teaching and Learning Biology in the Primary School Classroom. *Journal of Science Teacher Education*, *19*(3), 211-233. https://doi.org/10.1007/s10972-008-9090-y

Waller, A. (2025). Mycelial education to cure fungal awareness disparity syndrome. *Journal of Biological Education*, *59*(3), 391-392. https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2493398

Wallin, A. (2004). *Evolutionsteorin i klassrummet. På väg mot en ämnesdidaktisk teori för undervisning i biologisk evolution* [Monography, University of Gothenburg]. Gothenburg.

Wan, Z. H. (2021). Exploring the Effects of Intrinsic Motive, Utilitarian Motive, and Self-Efficacy on Students' Science Learning in the Classroom Using the Expectancy-Value Theory. *Research in Science Education*, *51*(3), 647-659. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9811-y

Weiland, M. (2019). *Hänsyn till helheten : extrahering av en didaktisk modell för det komplexa innehållet i den naturorienterande undervisningen på lågstadiet* [Licentiate thesis, monograph, DiVA. Uppsala. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-394108

Wennersten, L., Wanselin, H., Wikman, S., & Lindahl, M. (2023). Interpreting students' ideas on the availability of energy and matter in food webs. *Journal of Biological Education*, *57*(1), 3-23. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1858935

Whyte, K. P., & Crease, R. P. (2010). Trust, expertise, and the philosophy of science. *Synthese*, *177*(3), 411-425. https://doi.org/10.1007/s11229-010-9786-3

Wiblom, J., Andrée, M., & Rundgren, C.-J. (2020). Navigating alarming media messages about nutrition and health: How students engage in critical examination of science in news media. *Science & Education*, *29*(1), 75-100. http://dx.doi.org/10.1007/s11191-019-00099-1

Wickman, P.-O. (2006). *Aesthetic experience in science education: Learning and meaning-making as situated talk and action*. Lawrence Erlbaum.

Wickman, P.-O. (2014). Teaching learning progressions: An international perspective. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (2nd ed., pp. 145-163). Routledge.

Wickman, P.-O., & Ligozat, F. (2010). Scientific literacy as action: Consequences for content progression. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P. O. Wickman, & G. Erickson (Eds.), *Exploring the Landscape of Scientific Literacy* (pp. 145-159). Routledge.

Wickman, P.-O., & Persson, H. (2015). *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan: En ämnesdidaktisk vägledning [Science and nature-oriented subjects in compulsory school: A subject didactics guide]* (2 ed.). Liber.

Wickman, P.-O., & Östman, L. (2002). Learning as discourse change: A sociocultural mechanism. *Science Education*, *86*(5), 601-623.

Zangori, L., & Forbes, C. T. (2015). Exploring Third-Grade Student Model-Based Explanations about Plant Relationships within an Ecosystem. *International Journal of Science Education*, *37*(18), 2942-2964. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1118772

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research, and practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Routledge.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, *89*(3), 357-377. http://dx.doi.org/10.1002/sce.20048

Zetterqvist, A., & Bach, F. (2023). Epistemic knowledge – a vital part of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, *45*(6), 484-501. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2166372

Åkerlind Paulsson, M., Weiland, M., Björnhammer, S., & Anderhag, P. (2024). Hur kan vi organisera undervisningen på lågstadiet så att eleverna lär sig att värdera resultat i egna undersökningar? *ATENA Didaktik*, *6*(2). https://doi.org/10.3384/atena.2024.5482

Öhman, J., Sund, L., & Tryggvason, Á. (2025). *Didaktiska modeller för miljö- och hållbarhetsutbildning / Johan Öhman, Louise Sund, Ásgeir Tryggvason*. Studentlitteratur AB. https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=76700933-9a0c-38e7-86db-2c9f1344645f

Öhman, J., & Östman, L. (2019). The ethical tendency typology. In *Ethical and moral situations in environmental and sustainability education* (1 ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351124348-7

Östman, L. (1995). *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem* [monograph]. Acta Universitatis Upsaliensis.

Östman, L. (1998). How companion meanings are expressed by science education discourse. In D. A. Roberts & L. Östman (Eds.), *Problems of Meaning in Science Curriculum* (pp. 54-71). Teachers College Press.

Östman, L., & Almqvist, J. (2010). What do values and norms have to do with scientific literacy? In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P. O. Wickman, & G. Erickson (Eds.), *Exploring the Landscape of Scientific Literacy* (pp. 160-175). Routledge.

Östman, L., Van Poeck, K., & Öhman, J. (2019). Principles for sustainable development teaching. In *Sustainable Development Teaching* (pp. 40-55). Routledge.