

Elevers uppfattningar av systemmodellering i arbete med hållbarhetsfrågor

Lotta Dessen Jankell

Stockholms universitet

Artikeln utforskar svenska gymnasieelevers uppfattningar av att använda systemmodeller som ett sätt att arbeta med hållbarhetsfrågor i geografiundervisning. Systemtänkande lyfts fram av forskare som ett angreppssätt elever kan lära sig för att hantera komplexa frågor som rör systemförändringar med påverkan på en hållbar framtid. Geografiundervisning anses ha potential att utveckla elevers systemtänkande genom ämnets tvärvetenskapliga karaktär där natur, människa, samhällen och platser och kan vävas samman och förstås som en helhet. Det är dock få studier som introducerat systemmodellering i geografiundervisning och än mer sällsynt är undersökningar som fokuserar på elevernas röster om fenomenet att använda systemmodeller för att ta sig an komplexa hållbarhetsfrågor. Artikeln baseras på 32 intervjuer och 138 skriftliga reflektioner där elever beskriver hur de uppfattar att använda en specialdesignad systemmodell, kallad sambandsväven under två undervisningsmoment. Elevernas uppfattningar analyserades fenomenografiskt och visar tre kvalitativt skilda sätt att uppfatta arbetet med sambandsväven som ett sätt att: a) modellera ett komplext innehåll med systemredskap, b) representera ett innehåll som system med verkliga exempel och c) utforska verkligheten som system. Resultatet visar också att vid det första tillfället då eleverna arbetade med sambandsvävarna upplevdes de som redskap och det fanns ett glapp mellan modellarbetet och de verkliga problemen. Den andra gången uppfattades fenomenet som ett sätt att utforska verkligheten som system och fler aspekter av systemtänkande utvecklades. Artikeln bidrar vidare med kunskap om vad elever behöver ges möjlighet att urskilja för att kunna utveckla systemtänkande genom geografiundervisningen.

Nyckelord: systemtänkande, geografiundervisning, hållbarhetsfrågor

1 Introduktion

Artikeln grundar sig i en geografididaktisk utmaning som handlar om att lära elever om komplexa systemförändringar. Ämnesinnehållet, som är centralt i skolämnet geografi, berör förändringar i de jordsystem som inbegriper naturprocesser i jordens olika sfärer (atmosfären, biosfären, hydrosfären, kryosfären, geosfären, litosfären), som påverkar och påverkas av människor. Det är förändringar som får effekter för samhällen på olika platser på jorden och påverkar en hållbar framtid, vilket gör att innehållet ofta betraktas som hållbarhetsfrågor (sustainability issues) (Block et al., 2019). Den mest akuta och komplexa frågan handlar om klimatförändringar, som i sin tur påverkar alla de jordsystem som människor är beroende av (Rockström et al.,

ARTIKEL

LUMAT Special Issue
Vol 11 No 1 (2023), 25–51

Mottagen 31 oktober 2022
Accepterad 26 maj 2023
Publicerad 22 juni 2023

Sidor: 27
Referenser: 50

Kontakt: lotta.jankell@su.se

[https://doi.org/10.31129/
LUMAT.11.1.1883](https://doi.org/10.31129/LUMAT.11.1.1883)



2009; Steffen et al., 2015). Människan är dessutom en starkt pådrivande kraft till de förändringar som sker (Armstrong Mc Kay et al, 2022).

För att förstå förändringarna och kunna orientera sig i de här frågorna menar forskare att systemtänkande är en viktig förmåga för framtidens medborgare (Lezak & Thibodeau, 2016; Richmond, 1993). Därför anser forskare att systemtänkande bör ingå som en del av utbildningen av en ung generation, från undervisningen i skolan (Roychoudhury et al., 2017; Wiek et al., 2011) till högre utbildning (Rieckmann, 2012). Systemtänkande har därför definierats som en nyckelkompetens av UNESCO (2018) kopplat till Agenda 2030 och de Globala målen (globalamalen.se). Forskare menar att om elever får möjlighet att erfara komplexa hållbarhetsfrågor *i termer av system* kan det utveckla förmågan att förstå samband och kunna bedöma långsiktiga konsekvenser, samt sin egen och andras roll i relation till systemförändringarna (Jacobson et al., 2014; Rieckmann, 2012; Sæther, 2019). Problemet är att det finns begränsad kunskap om hur det kan gå till och vad eleverna behöver få lära sig i olika skolämnen.

Ett skolämne som har potential att utveckla elevers systemtänkande utifrån naturvetenskapliga, samhällsvetenskapliga samt rumsliga perspektiv är skolämnet geografi. Geografiämnet är som skolämne i många länder ett tvärvetenskapligt, integrerat syntesämne med fokus på samband mellan natur och människor med målet att lära unga om jorden som en integrerad helhet (IGU-CGE, 2016; Maude, 2022). Genom geografiämnet kan elever lära sig hur natur och människa interagerar i sammanflätade system samt att orsaker, konsekvenser och lösningar på komplexa problem är platsbundna (Maude, 2022). Det är dock få studier som undersökt vad systemtänkande i geografi kan innebära och hur elever kan lära sig det genom undervisning i skolan (Cox et al., 2018; Dessen Jankell & Johansson, 2022; Mehren et al., 2018). De studier som gjorts har främst fokuserat på vad systemkompetens är (Mehren et al., 2018), vad systemgeografiskt kunnande kan innebära (Dessen Jankell & Johansson, 2022) och vilka utmaningar elever tycks ha att hantera komplext geografiskt innehåll genom att använda systemmodeller (Cox et al., 2018; Dessen Jankell, 2023). Resultaten ger ett splittrat intryck, men visar ändå att om elever ges möjlighet att använda systemmodeller för att ta sig an komplexa hållbarhetsfrågor, så kan de utveckla olika aspekter av tvärvetenskapligt och rumsligt systemtänkande, så kallat systemgeografiskt kunnande (Dessen Jankell, 2023; Dessen Jankell & Johansson, 2022;). Det kan också bidra till deras förståelse av komplexa hållbarhetsfrågor. Samtidigt visar resultaten att det är utmanande för eleverna att lära sig olika aspekter av systemtänkande och det finns indikationer på att utformningen av undervisningen har stor betydelse

för vad eleverna lär sig (Cox et al., 2018; Dessen Jankell & Johansson, 2022). Därför behövs mer kunskap om hur eleverna erfar att arbeta med systemmodeller vid analys av komplexa hållbarhetsfrågor eftersom deras röster saknas i den tidigare forskning som genomförts (se Cox et al., 2018; Dessen Jankell, 2023). Därmed saknas en viktig aspekt som kan förklara hur eleverna uppfattar arbetet, vad de anser är svårt och vad de behöver ges möjlighet att erfar för att kunna utveckla systemtänkande. Syftet med artikeln är därför att utifrån intervjuer med gymnasieelever undersöka på vilka sätt de erfar fenomenet att arbeta med specialdesignade systemmodeller, kallade *sambandsvävar*, som ett sätt att ta sig an komplexa hållbarhetsfrågor som rör systemförändringar. Mer precist undersöks följande två forskningsfrågor:

- Vilka kvalitativt skilda uppfattningar av arbetet med sambandsvävar ger eleverna uttryck för?
- Vad behöver eleverna urskilja för att kvalificera sina uppfattningar av att arbeta med sambandsvävar?

Artikeln önskar bidra med kunskap om vad som är utmanande för elever att urskilja och vad de behöver erfar för att utveckla systemtänkande i relation till tvärvetenskapliga hållbarhetsfrågor som rör systemförändringar, vanliga som ämnesinnehåll i geografi. Artikeln ger därmed inte bara ett bidrag till geografilärare eller forskare inom geografididaktik, utan berör även andra skolämnen där hållbarhetsfrågor om systemförändringar är en del av ämnesinnehållet.

2 Bakgrund och tidigare forskning

Forskning visar att människan har stor del i de förändringar som sker i jordsystemen genom hur vi använder naturresurser genom våra energisystem, ekonomiska system, livsmedelssystem, konsumtionssystem, handelssystem och transportsystem bland annat (Steffen et al., 2015). Människan är därmed en kraft som påverkar naturens processer som i sin tur påverkar människors framtid (Sörlin, 2017). Unga som är framtidens makthavare och beslutsfattare behöver därför ges möjlighet att bli medvetna om hur systemen fungerar och om sin egen och andra aktörers roll och förstå hur de beslut som tas idag påverkar systemen och vilka konsekvenserna blir utifrån olika perspektiv (Sæther, 2019; Wetlesen & Eie, 2019).

Didaktisk forskning, som undersökt hur systemtänkande kan utvecklas hos elever genom undervisning har ofta fokuserat på naturvetenskapliga ämnen exempelvis i

relation till evolutionära processer (Centola et al., 2000), ekosystem (Hmelo-Silver et al., 2007; Mambrey et al., 2020), vattnets kretslopp (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2010), dynamiska processer i jordskorpan (Stieff & Wilensky, 2003) och klimatförändringar (Jacobson et al., 2014) för att nämna några. Det finns färre studier kopplade till samhällsvetenskapliga ämnen, men Bermudez (2015) bland andra lyfter fram betydelsen av att elever genom samhällsvetenskapliga ämnen kan lära sig hantera systemaspekter som redskap för att förstå bakomliggande orsaker och zooma in och ut i komplexa samhällsproblem. Sæther (2019) menar också att systemtänkande kan öka elevers förståelse av de system de är en del av och hur allt hänger samman till en helhet. Systemtänkande anses därför även kunna bidra till kritiskt tänkande, eftersom det möjliggör ett undersökande av vilka faktorer som samspekar i relation till ett större komplext problem och därmed kan handlingsalternativ värderas och välgrundade beslut tas (Sæther, 2019; Wetlesen & Eie, 2019).

Systemtänkande kan ses som en kontrast till ett reduktionistiskt tänkande, där ett fenomen plockas isär i sina beståndsdelar som sedan studeras separat. Systemtänkaren undersöker istället helheten genom delarna och interaktionerna emellan dem (Arnold & Wade, 2015), där emergensen är större än summan av delarna (Flood, 2010). Det är genom systemtänkande det går att förstå hur komplexa processer fungerar, vad som driver dem och hur de kan påverkas (Meadows, 2008). Det går också att förstå bakomliggande orsaker till komplexa problem genom att modellera fram dem som system, vilket elever kan lära sig genom systemmodellering (Mehren et al., 2018).

Tidigare forskning har dock visat att när uppgifter som involverat systemtänkande introducerats i undervisningen har det skapat utmaningar (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2005; Hmelo-Silver et al., 2007; Karkdijk, 2022). Exempelvis har elever svårigheter att förstå underliggande kausalitet (Grotzer & Bell Basca, 2003) och koppla samman komponenter till ett komplext integrerat system (Favier & van der Schee, 2014; Jacobson & Wilensky, 2006; Karkdijk, 2022). Det har också visat sig vara utmanande för elever att urskilja indirekta interaktioner och deras effekter på systemnivå (Barman et al., 1995; Mambrey et al., 2020; Palmer, 1996). Elever tenderar att fokusera på omedelbara effekter samtidigt som de förbiser indirekta konsekvenser (Mambrey et al., 2020). Forskningen visar att om eleverna inte kan identifiera variationen av kausala mönster (ex. direkta, indirekta, dynamiska, multikausala), är sannolikheten stor att de konstruerar och tolkar linjära mönster med enkla orsak-verkan-samband, vilket är otillräckligt i mer komplexa frågor (Grotzer & Bell Basca, 2003). Forskare beskriver också elevers tendenser att resonera lokalt samtidigt som de bortser från den större

bilden (t.ex. Penner, 2000; Resnick & Wilensky, 1999) eller tvärtom, att elever fokuserar på en holistisk nivå och har svårt att urskilja orsakssamband på en kontextuell nivå (Jordan et al., 2014). Elever har också svårt att förklara orsakssamband som sträcker sig över rum och tid (Grotzer & Bell Basca, 2003). Det råder därför tveksamheter kring i vilken utsträckning elever kan lära sig systemtänkande och hur det bidrar till förståelse av komplext innehåll då systemkunnandet är utmanande att lära sig.

Kunskapen är särskilt begränsad när det gäller frågor som innefattar såväl samhällsvetenskapliga som naturvetenskapliga och rumsliga aspekter, där natur, mänskliga och samhällen behöver integreras. Forskning visar att det finns potential med att introducera systemmodellering som ett sätt att lära elever förstå även dessa frågor med hög komplexitet, bland annat i geografiundervisningen (Cox et al., 2018; Dessen Jankell, 2023). Samtidigt är det endast få studier som prövat att introducera systemmodellering konkret i geografiundervisningen.

Den här artikeln baseras på en längre studie som genomförts på två gymnasieskolor i Sverige (Dessen Jankell, 2023; Dessen Jankell & Johansson, 2022). Under två moment fick eleverna arbeta med systemmodellering i form av så kallade *systemgeografiska sambandsvävar* (kallade sambandsvävar i artikeln) som ett sätt att hantera komplexa hållbarhetsfrågor. Sambandsvävarna bygger på systemdynamisk modellering för att hantera dynamiska och kausala aspekter (Mehren et al., 2018) och mjuka systemmetoder för att göra det möjligt att hantera öppna frågor, mänskligt agerande och osäkra relationer (Checkland, 1981). Modellarbetet innefattar även geografiska aspekter, som att kunna kartlägga och förankra komponenter i platskontexter och i relation till rumslig skala (Dessen Jankell & Johansson, 2022). Genom att studera hur eleverna arbetat med sambandsvävarna har slutsatser dragits om att det kan bidra till elevers förståelse för komplexa hållbarhetsfrågor (Dessen Jankell, 2023). Samtidigt är det utmanande och mer kunskap behövs för att förstå hur eleverna uppfattar arbetet, vad de anser är svårt och vad de behöver erfara för att utveckla systemkunnande.

3 Teoretiska utgångspunkter

3.1 Fenomenografi

För att kunna analysera hur elever erfår arbetet med att hantera en komplex hållbarhetsfråga genom att modellera med hjälp av sambandsvävar används fenomenografi. Fenomenografi är en forskningsansats med inriktning mot att studera och beskriva olika sätt att uppfatta eller erfara fenomen (Marton, 1981). Fenomenografi kan

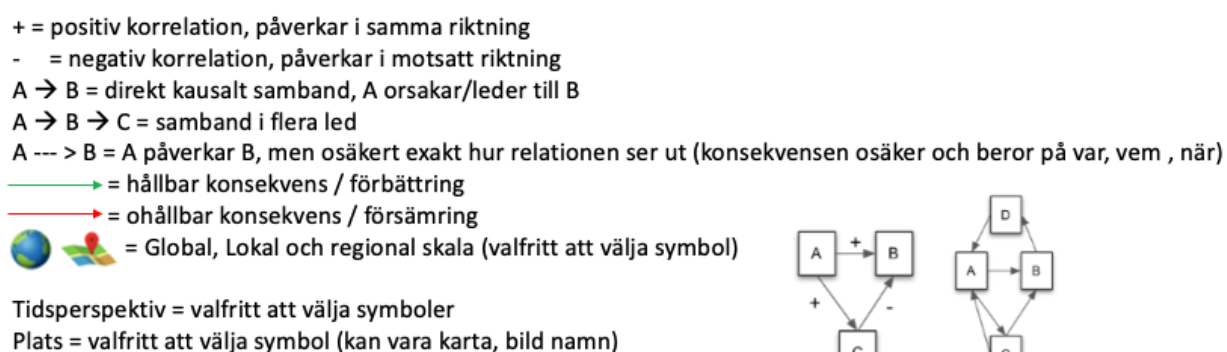
relateras till en *epistemologi* där kunskap utvecklas i samspel med omgivningen och att vi lär oss genom att urskilja allt fler dimensioner, vilket sker genom handling (Carl-gren, 2015; jfr Eriksson, 2017). Ett grundantagande inom fenomenografi är att människor kan förstå eller 'uppfatta' ett fenomen på kvalitativt olika sätt (Marton, 2015). Uppfattningar kan skifta beroende på kontext och därför anses inte en individ ha en viss uppfattning av ett fenomen. En individ kan istället uttrycka olika *uppfattningar* av ett fenomen i olika sammanhang. Det innebär att en förändring av sammanhanget kan leda till att en individ uppfattar samma fenomen på ett annorlunda sätt (Marton & Pong, 2005). Att lära sig något möjliggörs genom ett förändrat erfارande av fenomenet i världen, vilket kan ske genom undervisning (Marton, 2015; Pang & Ki, 2016). Anledningen till att använda den här teoretiska ingången är för att kunna analysera skillnader mellan kvalitativt olika sätt hos en elevgrupp att erfara fenomenet, det vill säga det kunskapsinnehåll som eleverna ska lära sig. Eftersom det i en elevgrupp oftast förekommer mer eller mindre komplexa uppfattningar och erfanden, blir det ett sätt att studera kunnanden (Marton, 2015). Resultatet i en fenomenografisk analys är *beskrivningskategorierna*, som försöker fånga innebörden i erfandet (uppfattningen). De olika beskrivningskategorierna kännetecknas av de aspekter av fenomenet som eleverna urskiljer, vilka kan vara mer eller mindre komplexa.

Beskrivningskategorierna presenteras i ett *utfallsrum*, som tillsammans strävar efter att ge en så fullständig bild som möjligt av en grupps uppfattningar av ett fenomen (Marton, 2015). De skillnader som framträder i jämförelsen *mellan* olika sätt att uppfatta ett fenomen brukar kallas *kritiska aspekter* när fenomenografi används i kombination med *variationsteori* (Pang & Ki, 2016). Resultatet kan användas för att identifiera vad elever behöver urskilja för att utveckla ett mer kvalificerat erfande (kunnande) av fenomenet (Collier-Reed & Ingerman, 2013; Marton, 2015).

3.2 Fenomenet att använda en systemgeografisk sambandsväv för att analysera ett komplext problem

I den här artikeln används fenomenografisk analys för att beskriva kvalitativt skilda sätt i elevers erfande av fenomenet att kunna hantera en anpassad systemmodell som sambandsväven för att analysera komplexa hållbarhetsfrågor. Med hållbarhetsfrågor avses ämnesinnehåll som är tvärvetenskapligt (innefattar naturprocesser och mänskligt agerande) och rumsligt och rör systemförändringar som påverkar och påverkas av människan. Modellen har som ovan nämndes utformats och prövats i tidigare forskning (Dessen Jankell, 2023; Dessen Jankell & Johansson, 2022). Den

bygger dels på systemdynamisk modellering, som handlar om att kunna: organisera ett komplext innehåll *som* system, konstruera en modell som återspeglar systemets beteende och tolka systemet (Mehren et al., 2018). Grunden handlar om att kunna skapa kausala samband, där A orsakar B vilket illustreras ($A \rightarrow B$). Det är också viktigt att kunna synliggöra positiva korrelationer (något påverkar något annat i *samma* riktning (+) eller negativa korrelationer (*motsatt* riktning (-)). Sambandsväven innehåller även redskap för att hantera så kallade mjuka aspekter av systemtänkande (Checkland, 1981). De används för att hantera öppnare frågor och förklara osäkra samband där mänskligt agerande är iblandat och relationerna ses som möjliga påverkansrelationer, illustrerat med streckade eller böjda pilar (Checkland & Scholes, 1990). Sambandsväven var anpassad för geografiämnet och eleverna kunde lägga in specifika platskontexter och rumslig skala (Dessen Jankell & Johansson, 2022). Dessutom var modellen anpassad för arbetet med hållbarhetsfrågor och innefattade symboler för att tolka konsekvenser ur olika perspektiv (Dessen Jankell & Johansson, 2022). **Figur 1** visar alla symboler.



Figur 1. Visar de symboler som eleverna kunde använda i sambandsväven

Systemredskapen skulle göra det möjligt att skilja på säkra och osäkra relationer där orsakssamband beror på var något sker, när och vem som är inblandad, vilket är centralt i de hållbarhetsfrågor (Block et al., 2019; Dessen Jankell, 2023). Arbetet syftade till att göra det möjligt för eleverna att erfara hur hållbarhetsfrågorna kunde studeras som en helhet genom att konstruera innehållet som system och genom att förklara hur systemet fungerar förstå en komplex verklighet (Meadows, 2008).

4 Metod

4.1 Deltagare

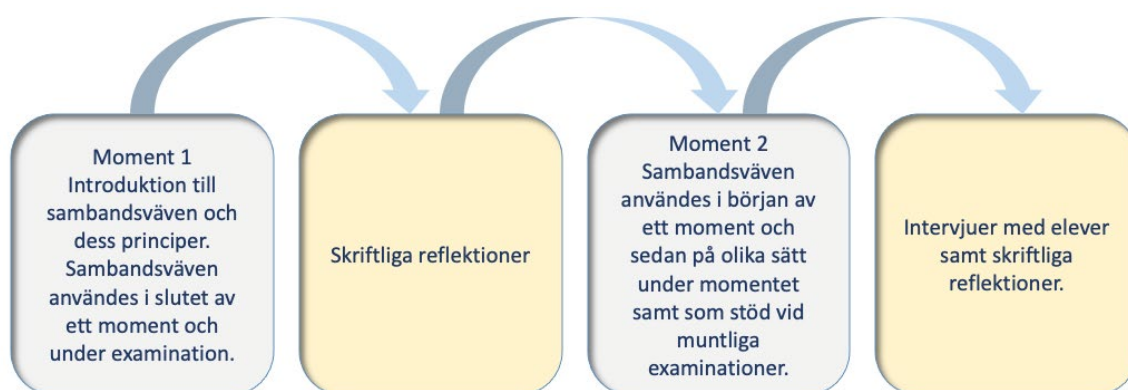
Deltagare var elever på två gymnasieskolor, med de fingerade namnen *Äppelskolan* och *Päronskolan*, i en större svensk stad. Eleverna som intervjuades ($n=32$) hade deltagit i den längre studien (1,5 år) och arbetat med sambandsvävar vid minst två tillfällen. Eleverna gick i de klasser där sambandsvävarna prövats, vilket hade bestämts av undervisande lärare som ingick i forskargruppen. Forskningen är etikprövad och godkänd av Etiknämnden. Eleverna fick information om forskningen innan den genomfördes och ombads ge sitt skriftliga medgivande att delta i intervjuer. Elevsvar från dem som gett sitt medgivande utgör datamaterial i studien. I datamaterialet återfinns också elevsvar som genomförts som skriftliga reflektioner. Elevernas namn är fingerade med äppel- och päronnamn beroende på skola. [Tabell 1](#) sammanfattar deltagare och det datamaterial som samlades in.

Tabell 1. Deltagande elever samt insamlat datamaterial

| Skolor | Antal klasser | Elever | | Insamlat material |
|-------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|
| | | | Moment | |
| Äppelskolan | 1 | 6 Intervjuer | Tropisk skog | 1h 36 min |
| | | 17 Reflektioner | Tropisk skog | Skriftlig enkät |
| | | 16 Reflektioner | Arktis | Skriftlig enkät |
| Päronskolan | 2 | 26 Intervjuer | Klimat | 4h 21 min |
| | | 14 Reflektioner | Klimat | Skriftlig enkät |
| | | 91 Reflektioner | Global Handel | Skriftlig enkät |

4.2 Metod vid genomförande

Data samlades in genom semistrukturerade intervjuer och skriftliga reflektioner efter att eleverna använt sambandsvävarna i två moment om komplexa hållbarhetsfrågor ([Figur 2](#)). I Päronskolan användes sambandsvävar i momenten *Global handel* och *Klimat*. Intervjuerna skedde efter det andra momentet där modellen använts som underlag vid ett seminarium om klimatförändringar och varför det är svårt att komma överens i klimatfrågan. I Äppelskolan hade sambandsväven använts i momenten *Arktis* och *Tropisk skog* och intervjuerna skedde efter det andra momentet där modellen använts under flera veckor samt vid en muntlig presentation om hur konsumtion av olika varor påverkade tropisk skog.



Figur 2. Schematisk bild som visar designen och när intervjuer och skriftliga reflektioner samlats in.

Frågorna som ställdes hade formulerats för att fånga hur eleverna uppfattat arbetet med sambandsväven över de båda momenten, där de fått använda modellerna på olika sätt. I första momentet användes modellen i slutet av ett längre moment och i det andra i början. I första momentet användes modellen vid ett tillfälle, men i det andra återkommande. Frågorna riktades därför mot hur eleverna uppfattade redskapen de använt i de olika momenten och hur de upplevde syftet med att använda dem på de olika sätten. Nedan är de frågor som ställdes till eleverna.

1. Hur har du konstruerat din sambandsväv?
2. Vilka symboler har du valt och varför?
3. Hur använde du sambandsväven och hur fungerade den?
4. Jämför med första gången du gjorde en sambandsväv, vad är skillnaden?
5. Vad har du fått syn på när det gäller frågorna du arbetat med?
6. Hur tänker du kring en systemanalys, vad innebär det för dig?
7. Vad är fördelarna eller nackdelarna med att göra en systemanalys?
8. Vad är skillnaden mellan en systemanalys och en 'vanlig' analys?
9. Om du ska ta dig an ett nytt hållbarhetsproblem, hur skulle du gå tillväga?
10. Har din syn på din roll i relation till de frågor du arbetat med förändrats?
11. Hur tänker du kring att du kan påverka problemet som du undersökt?

4.3 Datamaterial

Intervjuerna spelades in med ljud och bild. De flesta intervjuer visar inte ansikten utan bara händer och modeller. Eleverna svarar på frågorna och visar i modellerna hur de arbetat. På Pärönskolan intervjuades 26 elever. Några elever (n=14) valde att istället ge en skriftlig reflektion, vilken genomfördes i ett rum bredvid. På Äppelskolan

intervjuades 6 elever. Skriftliga reflektioner samlades även in från ytterligare 17 elever. Totalt innefattar datamaterialet för den kvalitativa analysen 63 elevers erfarenheten av att arbeta med sambandsväven vid analys av komplexa hållbarhetsfrågor. En kvantitativ sammanställning har också gjorts för att jämföra erfarenheten i relation till de olika momenten. Förutom ovanstående datamaterial ingår där även skriftliga reflektioner som samlades in efter första gången de prövade att arbeta med sambandsväven. På Äppelskolan utgörs det av 16 svar och Päronskolan 91 svar.

4.4 Analys av data

Datamaterialet transkriberades först i sin helhet. Därefter fenomenograferades materialet, vilket innebar att alla variationer av hur eleverna erfor fenomenet identifierades. Det var uppfattningarna i elevsvaren som kategoriserades och analysen utgår ifrån att en individ kan ge uttryck för fler uppfattningar. Författaren och ytterligare två forskare i didaktik genomförde analysen vid två tillfällen. Först enskilt och när allt material kategoriserats diskuterades kategorierna. Om det fanns överlappande uppfattningar slogs kategorier samman. Antalet kategorier reducerades till tre beskrivningskategorier (se resultat). Den första beskrivningskategorin består av elevsvar som uppehåller sig i förklaringar av hur redskapen användes och beskriver modellarbetet som ett sätt att organisera och strukturera innehåll. Exempelvis: ”Man ser med hjälp av pilar hur olika saker påverkar varandra.”. I denna kategori placerades även svar som förklarade arbetet som ett sätt att skapa en struktur för att få en generell överblick utan att precisera *vad* strukturen representerade. Exempelvis: ”Den visar hur allt hängde ihop”. Den andra kategorin innehöll elevsvar som uttryckte fenomenet som ett sätt att representera och exemplifiera konceptuella idéer om centrala samband, fenomen och problem. Exempelvis: ”...sambandsväven visar faktorer som påverkar väderfenomen”. I kategorin återfinns förklaringar av hur sambandsväven gjorde det möjligt att synliggöra samband, som annars var abstrakta och hur modellen användes för att förklara med hjälp av exempel från verkligheten. Den tredje kategorin innehöll elevsvar som uttryckte arbetet med sambandsväven som ett sätt att undersöka och analysera verkliga, processer och problem som går att studera *i* verkligheten. Förklaringarna rymde beskrivningar av hur eleverna uppfattade att specifika problem kunde uppfattas som system, hur de fungerar, vad som är drivkrafter och vad som kan hända om systemet förändras. Exempelvis: ”Modellen visar det internationella politiska systemet och hur det fungerar med styrmedel och stater som försöker påverka och lagarna som styr och driver systemet, vilket jag upplevde som aktör i

rollspelet”. Eleverna uttryckte att de sökte efter faktorer och information i verkligheten vilket tyder på att de såg modellarbetet som ett sätt att ta reda på hur verkliga system fungerade. I elevsvaren framgår hur modellen användes för att förklara ett specifikt problem relaterat till specifika platskontexter. Beskrivningskategorin innefattar även svar där eleverna såg sig själva och andra aktörer i relation till de system de konstruerade och hur de i verkligheten kunde eller inte kunde påverka.

När kategorierna hade bestämts gjordes analysen om för att pröva att alla varianter av uttalanden fanns med i en beskrivningskategori som skiljde sig från de andra. Validiteten i fenomenografiska studier bedöms i relation till i vilken grad underlaget kan visa på stor spridning av erfarenen (Larsson, 1986). I den här studien utgörs datamaterialet av 170 elevsvar från informanter på två olika skolor, som fått möjlighet att uppleva fenomenet på olika sätt, i flera moment över tid samt kunnat uttrycka sig om fenomenet på olika sätt. Spridningen anses därmed som god.

Sista delen av analysen syftade till att avgöra vilka erfarenen som var mer avancerade och bedöma vad eleverna behövde urskilja. Beskrivningskategorierna jämfördes därför med definitioner av systemgeografiskt kunnande uttryckt i att kunna; (i) konstruera kausala samband, (ii) beskriva sambandens karaktär, (iii) kartlägga och kontextualisera konsekvenser i relation till plats och (iv) tolka systemet och värdera konsekvenser utifrån olika perspektiv (Dessen Jankell & Johansson, 2022). Den första beskrivningskategorin kunde relateras till de mindre komplexa aspekterna av kunnandet medan de andra två kunde relateras till de mer komplexa aspekterna. Alla exempel i den sista beskrivningskategorin kopplades till de mer komplexa aspekterna.

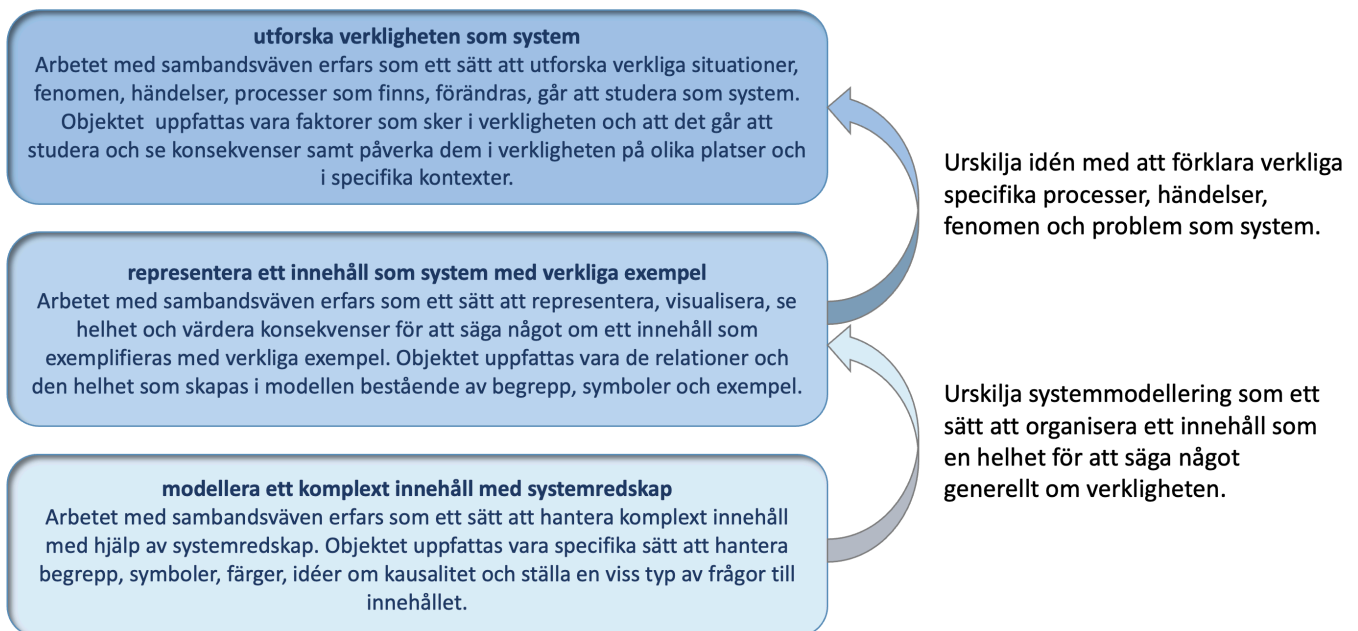
De utsagor i elevsvaren som valdes bort var när fenomenet erfors som ett sätt att minnas innehållet till provet eller att koppla samman skolämnen som ingick i momenten. De aspekterna ansågs inte vara kvalitativa varianter av fenomenet att använda sambandsväven som ett sätt att analysera en hållbarhetsfråga.

5 Resultat

Analysen av datamaterialet resulterade i tre kvalitativt skilda beskrivningskategorier som sammantaget beskriver elevernas erfarenen av fenomenet *att arbeta med en sambandsväv vid analys av hållbarhetsfrågor* (Figur 3). Utfallsrummet i figur 3 presenterar de kvalitativt skilda sätten att erfara fenomenet som ett sätt att: 1) modellera ett komplext innehåll med hjälp av systemredskap, 2) representera ett innehåll som system med verkliga exempel och 3) undersöka verkligheten som system. Den tredje beskrivningskategorin inbegriper de två andra och den andra aspekten inbegriper den

första, men inte tvärtom. Kategorierna kan därför ses som hierarkiska, även om det troligen går att erfara dem i olika ordning och det behövs en rörelse emellan för att utveckla helhetsförståelse av fenomenet. De olika sätten att uppfatta fenomenet blir därför nödvändiga för varandra och utgör ett utfallsrum av erfaren. Tillsammans ger de en sammansatt och komplex bild av vad det innebär att använda en systemgeografisk sambandsväv vid analys av hållbarhetsfrågor. Nedan beskrivs beskrivningskategorierna och exemplifieras med elevers utsagor från datamaterialet. I slutet jämförs elevernas uppfattningar i relation till de olika momenten och de kritiska aspekter som eleverna behöver urskilja för att utveckla ett mer kvalificerat kunnande diskuteras.

Fenomenet att *arbeta med sambandsvävar för att analysera komplexa hållbarhetsfrågor* erfars av eleverna som ett sätt att...



Figur 3. Tre beskrivningskategorier av hur eleverna erfår fenomenet att använda en sambandsväv för att analysera en hållbarhetsfråga. Den minst komplexa kategorin är underst och den mest komplexa överst. Till höger är kritiska aspekter som eleverna behöver urskilja för att utveckla mer avancerat kunnande.

5.1 Ett sätt att modellera ett innehåll med hjälp av systemredskap

I denna beskrivningskategori uppfattades arbetet med sambandsväven som ett sätt att modellera och organisera ett komplext innehåll med hjälp av systemredskap. Med systemredskap avses hur eleverna erfår specifika sätt att ställa frågor (vad påverkar vad), använda begrepp som komponenter som påverkar varandra, använda symboler (\rightarrow , $+/-$), färger (rött/grönt) och erfara olika aspekter av kausalitet (direkta och indirekta kausala samband, dynamiska samband, multikausala samband), osäkra

relationer (streckade pilar). Erfarandet kan tolkas som instrumentellt, då det är förknippat med hur redskapen fungerade och tolkades (se [figur 1](#)). Modellarbetet och systemanalysen uppfattades i första hand som ett sätt att organisera och bearbeta innehållet synonymt med att konstruera sambandsväven. Excerpt 1–2 nedan visar vanligt förekommande utsagor inom beskrivningskategorin.

Ja, systemanalys är som sambandsväven. Man ser med hjälp av pilar hur olika saker påverkar varandra. (Excerpt 1, Elise, Äppelskolan)

Systemanalysen hjälper mig att tänka på hur saker påverkar varandra och plus och minus används för att visa vad som minskar och vad som ökar liksom. (Excerpt 2, Stina, Äppelskolan).

I excerpten ges uttryck för ett erfalande av att se ”hur olika saker påverkar varandra”, ”vad som påverkar vad och hur något ökar och minskar”. Andra elevbeskrivningar visar elevernas uppfattningar av hur konstruktionen av sambandsväven gick till. Det kommer till uttryck i förklaringar av hur komponenter kopplades samman, vilka symboler som användes, vilken struktur som skapades och hur den tolkades. Excerpten 3–4 exemplifierar hur arbetet uppfattas som en process med fokus på konstruktion och struktur.

När du påbörjar arbetet så börjar man med en faktor och sen kopplas den ihop och sprider ut sig till massor av komponenter. Men efter att man diskuterat med nån eller att man kanske läser på mer och reflekterar över väven så inser man att det går tillbaka. I min väv går mycket till den globala uppvärmningen, som i sin tur också genererar något tillbaka. (Excerpt 3, Melba, Äppelskolan)

Jag utvecklar från varje begrepp, vad leder det här till, så det blir som en orsak och konsekvensmodell fast jag inte alltid använder pilar. Men jag tänker som kausala samband, att det här leder till det här. (Excerpt 4, Carola, Pärönskolan)

Eleverna uttryckte det som att sambandsväven bidrog till att synliggöra vilka faktorer som återkopplade till vilka och de erfar hur vissa faktorer kunde ha särskild betydelse om de var sammankopplade i flera led med flera olika konsekvenser.

Excerpt 4 indikerar en medvetenhet om att pilar var det ’vanliga sättet’ att visa vad som leder till vad, fast eleven valde att använda streck för att konstruera en ”orsak-konsekvens-modell”. På liknande sätt förklarar eleverna hur de varierar mellan att använda streckade pilar eller böjda pilar för att visa osäkra samband eller att göra dubbelpilar för att visa dynamiska samband. Det visar en medvetenhet om att karaktären på sambanden är olika och kan visualiseras olika. Hur redskapen uppfattas tycktes påverka komplexiteten i erfalandet. När eleverna erfar betydelsen av +/- som ett

sätt att visualisera hur en faktor påverkar en annan i samma eller motsatt riktning erfar de också skillnaden mellan att synliggöra sambandens karaktär och att visualisera tolkningar av konsekvenser (excerpt 5).

Jag gjorde pilar och plus och minustecken för att visa hur något ökade och minskade och färger för att visa vilka konsekvenser som var bra, alltså hållbara eller de som var en försämring, ohållbara. (Excerpt 5, Carola, Pärönskolan)

Andra erfar inte denna skillnad, utan symbolerna uppfattades i första hand vara till för att värdera konsekvenser (positiva = hållbara/negativa = ohållbara, se [figur 1](#)) baserat på olika perspektiv (ekologiskt, ekonomiskt, socialt). Sambandsväven erfars då i första hand som ett redskap för att värdera konsekvenser snarare än att precisera och beskriva orsakssamband. Det innebar också att arbetet med sambandsväven uppfattades som ett sätt att ge en översiktlig eller generell bild av innehållet där det vanligaste sättet att beskriva arbetet var att visa ”hur allt hänger samman” (Excerpt 6–7).

Ja, man ser pilarna i huvudet...en större bild och att det här kommer påverka det och så vidare i flera steg. (Excerpt 6, Mio, Äppelskolan)

Det gav en bra bild av hur saker hänger samman, en överblick och helhet. (Excerpt 7, Agnes, Pärönskolan)

Vissa elevsvar kan också tolkas som att fenomenet uppfattas som ett sätt att ge en *förenklad* bild av komplexa relationer. När sambandsväven uppfattades som ett redskap för att ge en översiktlig bild eller förenkla en komplex fråga uppfattades fenomenet inte som ett sätt att förklara hållbarhetsproblemen på en fördjupad nivå. Det saknades platsspecifika exempel och specifika aktörer och det som lyftes fram var strukturen i modellen och hur de konstruerat den. Det framgår inte vad modellen representerade specifikt eller innebörden i de samband som konstruerades. Eleverna tycktes uppfatta det som att sambanden och systemet uppstod i modellen. Inte att det fanns ett problem som de försökte återskapa som system. Fenomenet kretsade kring vad begreppen betydde, hur komponenterna kunde kopplas samman, vilka redskap som kunde användas och vad strukturen visade. Relationen mellan sambandsväven och det specifika problemet uttrycktes diffust och kopplingen till verkligheten framstod som oklar.

5.2 Ett sätt att representera system med verkliga exempel

Denna beskrivningskategori visar ett erfارande av arbetet med sambandsväven som en abstrakt representation av ett innehåll som rör en hållbarhetsfråga där verkliga exempel vävs in. Arbetet uppfattas som ett sätt att modellera fram en representativ skiss av ett innehåll med hjälp symboler, begrepp, färger, bilder och kartor. Det kan förstås som ett konceptuellt erfارande där sambandsväven och dess inbyggda redskap uppfattas som en representation som säger något *om* ett problem och sen används exempel för att förtydliga. Att konstruera den abstrakta representationen uppfattades som det centrala, men även att använda modellen för att förklara en viss typ av problem. Excerpt 8–9 är exempel på erfaranden där sambanden som konstruerades och tolkades i modellen kopplas till generella problem med verkliga exempel.

Ja, sambandsväven visar hur en plats påverkar en annan plats. Alltså hur i-länderna, alltså USA och länder i Europa, släpper ut avgaser som påverkar Arktis. På samma sätt så påverkar efterfrågan på räkor i Sverige att mangroveskog skövlas i Bangladesh. När du ser relationerna här, så blir det mer trovärdigt (Excerpt 9, Stina, Äppelskolan).

Sambandsväven eller systemanalysen visar hur klimat fungerar och varför det blir en påverkan på klimat. Varför det är monsun i Indien till exempel och varför monsunen påverkas och då förstår man hur det kommer kunna bli eller är redan nu (Excerpt 9, Hardy, Pärönskolan).

Exemplen visar ett erfarande av hur sambandsväven representerade geografiska, rumsliga samband mellan platser som påverkade varandra. Hur någon komponent på en viss plats (ex. utsläpp av avgaser i USA och Europa) påverkar en annan plats (Arktis) eller hur efterfrågan på räkor leder till påverkan i Bangladesh mangroveskog. Förklaringarna inkluderade rumsliga nivåer (lokalt, globalt) och hur redskapet kunde användas för att synliggöra samband mellan dem. Eleverna visar ett erfarande av hur modellen kunde användas som ett sätt att synliggöra konsekvenser beroende på *var* något skedde. Eleverna uppfattade också vikten av att kunna skilja på kortsiktiga och långsiktiga konsekvenser, och att kunna synliggöra förändringar som annars kunde te sig abstrakta (Excerpt 10 och 11).

Små saker som händer kan förändra jättemycket på lång sikt. Som en fjärilseffekt...alltså vi kunde belysa att handel har så många olika steg så att något påverkar något väldigt mycket på ett steg men inte på ett annat...det visar att det är svårt och komplicerat. Det är nog huvudsaken som jag lärde mig. Man kan inte veta exakta följder från hela kedjan, vem som tjänar på vad. (Excerpt 10, Elstar, Äppelskolan)

Ja, man är ganska van vid att gör jag en sak kommer det leda till det här. Punkt. Tar jag bussen i tid kommer jag i tid. Det leder till det. /.../ Här öppnar sig större och fler konsekvenser och möjliga saker som kan hända. (Excerpt 11, Melba, Äppelskolan)

Uttalandena visar en förståelse för att det inte alltid går att veta ”vem som tjänar på vad” eller ”hur konsekvenserna blir”, men de uppfattar att arbetet med sambandsväven öppnade upp för att visualisera vad som teoretiskt *kan* hända. Själva konstruktionen av den abstrakta modellen uttrycks som ett sätt att analysera en fråga och få syn på annars abstrakta idéer *om* verkligheten i termer av kausalitet, återkopplingar, direkta och indirekta effekter som påverkar i flera steg. Det vittnar om en medvetenhet om att frågorna var komplexa och inte gick att förklara genom enkla orsakssamband. Elevernas erfارande av att arbeta med sambandsväven kommer till uttryck som ett teoretiskt sätt att modellera och representera en komplex verklighet. Det kan ses som ett sätt att synliggöra det som inte går att få syn på *i* verkligheten. De uttrycker även arbetet med sambandsväven och systemanalysen som ett sätt att koppla samman olika perspektiv till en representativ helhetsförståelse av ett problem (Excerpt 12).

Jag tänker att systemanalys också är att ta in globala målen, för då förstår man hur väsentligt alla dom här målen är för varandra och hur dom hör ihop. För något som påverkar naturen påverkar även oss och samhället. Det tänker jag är systemanalys. (Excerpt 12, Topaz, Äppelskolan)

Exemplen visar att i den här beskrivningskategorin erfars komponenter, samband och system inte som generella utan för att kunna uttala sig om konsekvenser erfara eleverna att de behöver exemplifiera och precisera samband mellan komponenter, skalnivåer, perspektiv och platser. Skillnaden mellan den första och andra beskrivningskategorin innefattar därmed en innehållslig kvalité. I den andra beskrivningskategorin vävdes det specifika innehållet in i modellarbetet och bearbetades genom sambandsväven. Eleverna uttrycker sig däremot inte som att systemen finns, utan modellen vill säga något *om* ett problem och exempel från verkligheten förtydligar.

5.3 Ett sätt att undersöka verkligheten som system

Denna beskrivningskategori visar ett erfارande av arbetet med sambandsväven som ett sätt att studera och utforska verkligheten i termer av system. I den här kategorin uppfattades systemen som konstruerades som något som finns *i* verkligheten och går att studera och påverka *i* verkligheten. Systemmodellering uppfattades då inte som en abstrakt idé. De uppfattar istället att systemen finns *i* verkligheten och systemmodeller behövs för att förstå hur verklighetens processer fungerar och hur problem kan

förstås. Excerpt 13–14 nedan är exempel på hur eleverna talade om systemanalysen och sambandsväven vilket indikerar att de uppfattar det som ett sätt att undersöka verklighetens problem som system:

Systemanalysen hjälper oss att förklara hur köttet fraktas till andra system i en annan stad. Där nya myndigheter påverkar vad som händer där. Systemanalysen gör det inte så lokalt utan visar fler nivåer (Excerpt 13, Elise, Äppelskolan).

I sambandsväven har jag byggt upp en problembild över världen. Och här har jag då en massa styrmedel som ingår i systemet av internationell politik med lagar och sen olika exempel. Du ser här hur det internationella systemet styrs av de suveräna staterna och de kan ju kopplas direkt till geografiskt läge och sårbarhet när det kommer till egenintressen. (Excerpt 14, Carola, Pärönskolan)

I exemplen uppfattas modellarbetet som ett sätt att beskriva verkligheten med faktorer som påverkar varandra i befintliga system. Exempelvis att det finns ett transportsystem som påverkas av olika myndigheter på olika platser eller hur det faktiska politiska systemet fungerar med styrmedel. På liknande sätt beskrivs hur något som sker på en specifik plats skapar sårbarhet lokalt för specifika grupper och en specifik miljö och hur det är kopplat till konsekvenser globalt (Excerpt 15–15):

Mindre mangrove ökar sårbarheten lokalt och socialt i Khulna med mer räkodlingar, som jag visar här och att fler fiskar utrotas. Det kan kopplas globalt för systemet går ju runt så här och man kan tänka mer samband som inte riktigt får plats här (Excerpt 15, Stina, Äppelskolan).

Min grupp arbetade med ursprungsbefolkningen i Arktis och hur de påverkas, både samer och eskimåer. [...] Hur deras hus förstörs på grund av markerosion, att dom inte kan ha renskötsel för att klimatet ändras och de kan inte få mat, fiske osv. De lokala sambanden var väldigt påtagliga eftersom dom får direkta konsekvenser. Medan global uppvärmning är del av system som går långsammare, som vi kommer märka av. Det påverkar samtidigt dom i Arktis direkt, så dom reagerar för det märks direkt (Excerpt 16, Melba, Äppelskolan)

Arbetet med att konstruera eller förklara systemverkligheten som uttrycks i exemplen visar hur eleverna uppfattar att arbetet med sambandsväven rör sig mellan de verkliga situationerna och det som tar form och visualiseras i modellen. Eleverna uttrycker hur modellerna används för att tolka konsekvenserna av sambanden och hur de kan kolla av modellerna mot verkligheten. Deras uttalanden indikerar ett erfalande av att de bygger upp sambandsväven för att kunna förklara det verkliga problemet i form av ett system och hur det påverkas.

De system som konstrueras erfars som komplexa, vilket syns i hur eleverna beskriver detaljerade återkopplingar, ömsesidig påverkan, påverkan i flera steg, indirekta och cirkulära samband och flera nivåer och dimensioner. De uttalar sig om komplexiteten i systemen och att det kan vara svårt att få med alla aspekter. Förklaringarna flyttar ut i verkligheten och blir precisa när komponenter relateras till specifika platser och tolkningar görs på olika skalnivåer. Handelssystem, konsumtionssystem, klimatsystem uttrycks inte som något abstrakt, utan som ett sätt att beskriva verkligheten för att förstå vilka faktorer som samverkar och påverkar varandra och hur konsekvenserna kan bli. Eleverna uttrycker sig därmed på ett sätt som visar att de erfar modellarbetet som ett sätt att undersöka verkligheten som system för att förstå den. Genom att ställa frågor om det som sker i verkligheten och konstruera de faktiska förhållandena kalibreras modellen, så att den blir en så snarlik rekonstruktion av de verkliga förhållandena som möjligt. När eleverna erfar systemet som en verklighet framträder också möjligheterna att förändra och påverka och eleverna uppfattar att de kan se sig själva och andra aktörer i det verkliga systemet (Excerpt 17–18).

Nån som konsumerar kött i Sverige eller Europa påverkar att man föder upp mer boskap i Amazonas, då behöver man skövla mer skog och då påverkas regnskogen och urbefolkningen. Det som sker i Amazonas påverkar även andra områden med tropisk skog, alltså inte bara i Sydamerika, utan påverkar ekosystemen i andra tropiska zoner som du ser här i Sydostasien. Det hänger ihop och går därför att påverka (Excerpt 17, Elstar, Äppelskolan).

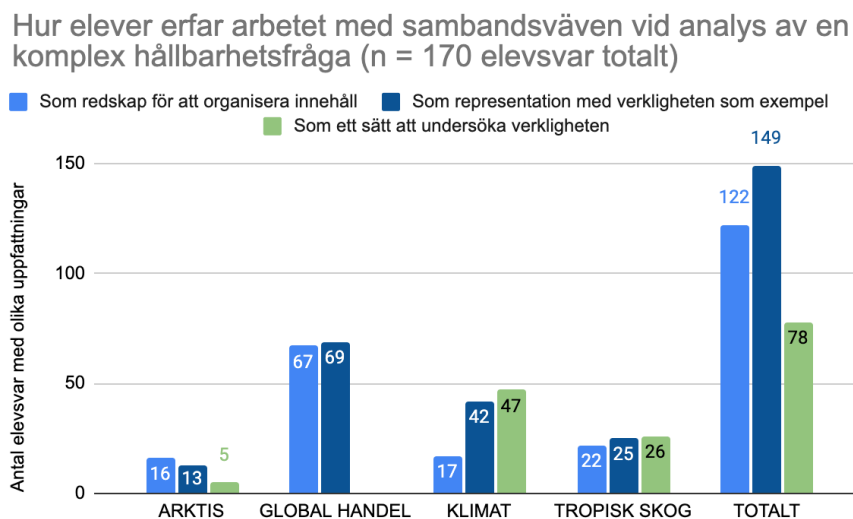
Vi lever i en globaliserad värld, vi är ett oss och vi är globaliserade. Om det finns ett problem sprids det till alla. Även om du tror att något litet inte påverkas eller har med dig att göra så har det. Som när jag hörde min kompis berätta om Nigeria och oljeresurser tänkte jag att jag inte hade tänkt på att när jag sitter i vår bil bidrar vi till det som händer i Nigeria. (Excerpt 18, Melba, Äppelskolan)

Eleverna uppfattade att de genom sin systemanalys kunde synliggöra verklighetens samband och system och upplevde ibland att de var i systemet och att det gick att förändra verkligheten, som individ, genom politiska system, som land eller företag. När resonemangen flyttade ut i verkligheten minskade glappet mellan modellen och problemen och de beskriver faktorerna i systemet som konkreta och påtagliga. Exempelvis hur de som konsumenter kunde påverka någon annans liv, på en annan plats genom att inte köpa en viss vara.

6 Fördelning av erfarenen i olika moment

För att undersöka om och i så fall hur elevernas erfarenhet av fenomenet skiljde sig åt i relation till de moment som de deltagit i eller om erfarenheten förändrats under studiens gång gjordes en sammanställning av hur uppfattningarna fördelades mellan de olika momenten. Det ska ses som ett komplement till resultatet ovan. Som grund för sammanställningen var intervjusvaren, men också de skriftliga reflektioner som samlats in efter varje moment (totalt 170 elevsvar, se figur 2). Analysen av de skriftliga svaren skedde på samma sätt som med intervjusvaren.

Resultatet (Figur 4) visar fördelningen av uppfattningar i relation till momenten eleverna deltog i och hur uppfattningarna förändrats över tid. Fler elevsvar berör momenten Global Handel och Klimat än Tropisk skog och Arktis, vilket beror på att fler elever deltagit i dessa moment.



Figur 4. Fördelning av hur eleverna erfar arbetet med sambandsväven i de olika momenten.

Resultatet visar att deltagandet i momentet Klimat och Tropisk skog, som är det andra momentet för respektive elevgrupp, tycks ha gjort det möjligt att erfara fenomenet utifrån alla tre aspekterna (som redskap, som representation, som ett sätt att undersöka verkligheten). De första momenten (Arktis och Global Handel) tycks ha bidragit till ett erfarenhet av fenomenet som ett redskap för att organisera innehåll och som en representation av problem. Sammanställningen indikerar att det är först i det andra momentet, som arbetet med sambandsväven erfars som ett sätt att analysera verklighetens problem som system. Sammanställningen visar också att det är vanligast att uppfatta arbetet med sambandsväven som ett sätt att representera ett problem

och använda verkliga exempel för att förtydliga. Det är färre elevsvar från de som deltagit i momentet Klimat som innehåller uppfattningar om redskapsaspekten. I stället erfars fenomenet främst som ett sätt att undersöka och förklara hur verkligheten fungerar och kan påverkas. Eleverna refererar till det globala politiska systemet, klimat-system, ekonomiska system och sociala system. I momentet har eleverna deltagit i ett rollspel där de agerat ett land i FN förhandlingar och arbetat med sambandsvävar före och efter rollspelet. Därför antas att rollspelet bidragit till deras erfارande av modellarbetet som ett sätt att förklara hur de verkliga systemen fungerar och hur de går att påverka. Elevsvaren relaterat till Tropisk skog visar elevernas erfارande av fenomenet på ett mer avancerat sätt än i de första momenten (Arktis och Global Handel).

Det gemensamma för de sista momenten var att eleverna bjöds in att undersöka komponenter och konstruera samband och fick tid och stöttning att göra det. Antingen genom att agera som ett land i ett rollspel och undersöka landets förutsättningar eller att utforska hur en specifik konsumtionsvara påverkade en specifik plats med tropisk skog. De undersökte samband genom artiklar, kartor, satellitbilder, föreläsningar och gemensamma diskussioner och sambandsväven fanns med genom arbetet. Det kan förklara varför eleverna hade lättare att urskilja arbetet som ett sätt att undersöka en specifik verklighet som system under dessa moment.

Det skiljer sig ifrån de första momenten, Arktis och Global Handel där sambandsväven användes i slutet av ett moment, för att sammanställa innehållet. Även om eleverna förklarade hur arbetet bidrog med frågor om vad som påverkade vad och hur sambanden kunde konstrueras, så tycktes det svårare för dem att urskilja modellarbetet som ett sätt att undersöka verklighetens problem. De uppfattade främst sambandsväven som ett redskap so gav en översikt och representation av innehållet.

Det kan också konstateras att deltagandet i Arktisprojektet skapade något bättre förutsättningar för elever att erfara modellarbetet som ett sätt att undersöka och förklara verkligheten som system. Det kan ha berott på att momentet berörde ett specifikt system, förankrat på en specifik plats till skillnad mot Global Handel där problemet hade en mer generell karaktär, med endast få specifika platsexempel.

7 Diskussion

Forskare menar att om elever får möjlighet att utveckla systemtänkande kan det bidra till förståelse för komplexa samband, långsiktiga konsekvenser samt sin egen och andras roll i relation till systemförändringar (Jacobson et al., 2014; Rieckmann, 2012; Sæther, 2019). Genom geografiundervisning finns potential att utveckla olika

aspekter av systemtänkande, genom att kunna konstruera och tolka samband mellan natur, människa, samhällen och platser i sammanflätade system (IGU-CGE, 2016). Systemmodellering anses vara en viktig aspekt av systemkunnandet och elever behöver därför få möjlighet att lära sig det genom undervisning (Mehren et al., 2018; (Dessen Jankell & Johansson, 2022). Det är dock få som introducerat systemmodellering som ett sätt att ta sig an komplexa hållbarhetsfrågor i geografi och undersökt hur elever erfar modelleringsarbetet samt vilket lärande som möjliggörs. Utan den kunskapen blir det svårt för lärare att veta vad som är viktigt för elever att urskilja och hur modellarbetet kan bidra till förståelse av de komplexa problemen.

Den här artikeln har undersökt på vilka kvalitativt skilda sätt elever erfar fenomenet att arbeta med en systemmodell kallad sambandsväv i geografiundervisning vid analys av hållbarhetsfrågor. Resultatet visar att eleverna uppfattar fenomenet på tre kvalitativt skilda sätt, vilka skiljer sig åt i komplexitet samtidigt som de är nödvändiga för elever att erfa.

I den första beskrivningskategorin uppfattades modellarbetet som ett sätt att modellera och organisera ett innehåll med hjälp av systemredskap. Det innebar att kunna ställa vissa frågor (vad påverkar vad), hantera begrepp som komponenter, skapa kausala samband och kunna hantera symboler, pilar och färger. Fenomenet erfors som ett sätt att bearbeta innehållet till en begriplig, översiktlig helhet. Elevernas var redskapsorienterat och handlade om det som tog form i modellen, på pappret eller i datorn. Det visar på ett kunnande som överbryggat utmaningar som tidigare forskning identifierat, så som att identifiera komponenter, använda redskap för att koppla samman dem till kausala samband, urskilja olika slags samband (direkta, indirekta, dynamiska) (jfr Grotzer & Bell-Basca, 2003; Mambrey et al., 2020). Det indikerar att de utvecklade olika aspekter av systemtänkande. Resultatet visar också att eleverna erfar hur de kan hantera osäkra samband och värdera konsekvenser, vilket är viktigt kopplat till hållbarhetsfrågor (Block et al., 2019). Av detta kan slutsatsen dras att genom att arbeta med sambandsvävar gavs möjlighet att utveckla grundläggande aspekter av systemkunnande (Dessen Jankell & Johansson, 2022). Förankringen till verkligheten var däremot otydlig, liksom geografiska aspekter.

I andra beskrivningskategorin förklarar eleverna arbetet med sambandsväven som ett sätt att konstruera en konceptuell modell av verkligheten. Elevernas erfarenhet kan ses som kvalitativt i relation till systemdynamisk kompetens där modellering av ett innehåll är en central aspekt (Mehren et al., 2018). Samtidigt urskiljer de inte till fullo tanken om att ta sig an ett komplext problem som ett system. Förklaringarna

indikerar snarare att de erfar modellen och verkligheten som åtskilda och systemidén som abstrakt. När eleverna erfar modellarbetet på det sättet är risken att de inte förstår hur modellen kan användas för att förklara verkliga, specifika processer eller problem (Bermudez, 2015). De kan då få svårigheter att använda modellerna för att göra prognoser av verkliga problem. Den här utmaningen har även tidigare uppmärksammats av bland andra Cox et al. (2018) och Mehren et al. (2018). Svårigheten tycks uppstå när eleverna inte uppfattar att sambandsväven föreställer ett verkligt problem som de kan undersöka och påverka i verkligheten.

I den tredje beskrivningskategorin uppfattades modellarbetet som ett sätt att undersöka, förklara och påverka verkliga förhållanden. Det fanns också en tydlig uppfattning av hur samhällen på olika platser påverkas och påverkar verkliga handelssystem, ekonomiska system, arbetsmarknadssystem, välfärdssystem och hur de är kopplade till ekosystem, klimatsystem och andra jordsystem. Idén om att organisera problemet som ett system stannade inte på en abstrakt nivå i en modell utan erfors av eleverna som ett konkret sätt att se på verkligheten och verkliga förhållanden. Elevernas förklaringar visade också att de uppfattade en rörelse mellan verkligheten och modellarbetet, där verkligheten gav svaren och modellen blev redskap för att konstruera och förstå den. Eleverna erfor därmed en 'systemverklighet' och gav uttryck för ett erfalande att se verkligheten genom en 'system-lins' på liknande sätt som systemmodellerare gör (Meadows, 2008). Det kan därför anses vara ett mer kvalificerat sätt att erfara systemmodellarbete. Den tredje kategorin av uppfattningar skiljer sig därmed ifrån de andra då den initierar ett utforskande av verkligheten. De tre sätten att erfara modellarbetet är dock nödvändiga för en helhetsförståelse av fenomenet.

Den andra forskningsfrågan om vad eleverna behöver urskilja för att få möjlighet att kvalificera sina uppfattningar diskuteras i relation till hur de olika undervisningsmomenten skapade förutsättningar för eleverna att erfara fenomenet. Resultatet visar att uppfattningarna har förändrats mellan momenten och att de förekommer parallellt. I de första momenten då sambandsväven introducerades dominerar uppfattningen av fenomenet som ett redskap för att organisera ett innehåll och en abstrakt representation av innehållet. I det andra momentet uppfattas i hög grad fenomenet som ett sätt att undersöka verkligheten som system.

Den första beskrivningskategorin visade på en ytlig och ofullständig förståelse som saknade djupare insikter om vad systemmodellarbete innebär i termer av att återspegla specifika beteenden och drivkrafter (jfr. Mehren et al., 2018). Förklaringen kan vara att förfarandet är nytt för eleverna och deras uppmärksamhet riktades därför

mot att förstå hur de skulle handskas med redskapen snarare än varför. För att kvalificera uppfattningarna behöver eleverna urskilja att samband som konstrueras bör återspegla verkliga förhållanden och inte ses som generella. Det är något att vara uppmärksam på som lärare eftersom det annars blir svårt för eleverna att använda modellerna för att beskriva specifika samband, förklara konsekvenser, föreslå specifika åtgärder, ta ställning eller värdera konsekvenser med relevans för ett problem.

Under de andra momenteten då eleverna använt modellerna är det betydligt fler som uppfattar vad modellarbetet syftade till än redskapet i sig. Troligen beror det på att eleverna lärt sig använda modellen, men också på att de får använda modellerna under längre tid och att de verkliga problemen därför hamnar mer i fokus. I momenten Klimat och Tropisk skog är det tydligt att det mer avancerade sättet att erfara fenomenet blev möjligt att urskilja. I dessa moment användes modellerna för att förklara samband och uttala sig om hur de verkliga systemen påverkades. Eleverna förklarar hur de kartlägger ett verkligt problem genom att undersöka komponenter och samband på vissa platser, syntetisera dem och tolka problemen. Resonemangen stannade inte i modellen utan eleverna beskriver att de behövde söka efter komponenter *i verkligheten* för att förstå den specifika hållbarhetsfrågan. Resonemangen handlade om hur systemet fungerade, vad som drev det och hur det kunde påverkas och inte om modellen. Erfarandet som uttrycks indikerar ett avancerat systemgeografiskt kunnande (Dessen Jankell & Johansson, 2022).

För att kvalificera kunnandet tycks det vara viktigt att eleverna ges möjlighet att urskilja grundidén med *varför* innehållet organiseras med hjälp av en systemmodell, så att uppfattningarna av fenomenet inte stannar vid konstruktionen av modellen. Eleverna behöver få möjlighet att kunna urskilja systemmodellering som ett sätt att organisera ett innehåll som en helhet för att säga något om verkligheten. Något som kan ha skapat denna möjlighet var när modellarbetet kom tidigt i ett moment och modellen blev ett levande och återkommande redskap. I alla fall var det vad som skedde i de momenten där eleverna uppfattar att modellarbetet representerar något som sker i verkligheten och att det går att analysera och tolka problem *genom* modellarbetet. Att ge eleverna fler möjligheter att använda sambandsväven kan också ha bidragit till att fokus hamnade på problemen som skulle undersökas och inte på redskapen.

För att sedan ytterligare kvalificera kunnandet behöver de urskilja att modellen bör komma så nära en specifik verklighet som möjligt och kalibreras så att det går att undersöka faktorerna *i verkligheten*. Det tycktes bidra om eleverna gavs möjlighet att

arbeta med platskontexter explicit eftersom modellarbetet då uppfattades som verklighetsförankrat, vilket eleverna ger uttryck för i relation till de sista momenten. Att kunna hantera platskontexter som analysredskap är också något som lyfts fram som särskilt viktigt när det gäller att hantera hållbarhetsfrågor i geografiundervisning (se Cox et al., 2018; Maude, 2022; Skarstein & Wulf, 2020; Wetlesen & Eie, 2022). Då kan elever erfara att det *är* verkligheten som de undersöker i termer av system och sambandsväven manifesteras som redskap genom vilken de kan få svar på komplexa frågor. De kan då bli möjligt att erfara att slutsatser kan dras med modellen som stöd. När arbetet med sambandsväven uppfattades som en återspeglning av verkligheten kunde eleverna även erfara sin roll i relation till problemen. Att arbeta med sambandsvävar kan därför vara ett sätt att konkret länka samman eleverna med globala och komplexa problem som påverkar deras framtid och göra dem begripliga. Därför finns anledning att fortsätta utforska hur sambandsvävar kan utvecklas i olika undervisningskontexter med fler elevgrupper och i relation till olika ämnesinnehåll.

Slutsatser

Artikeln bidrar med kunskap om hur elever erfår vad det innebär att ta sig an en komplex hållbarhetsfråga som rör systemförändringar som påverkar och påverkas av människor genom att modellera med systemgeografiska sambandsvävar. Resultatet visar att när eleverna möter systemmodellarbetet första gången är det utmanande och de urskiljer främst hur systemredskap kan användas. De behöver därför ges möjlighet att erfara att sambandsväven är ett sätt att representera verkliga problem och att ju mer modellerna kalibreras mot verkliga faktorer i specifika platskontexter blir det ett sätt att konstruera och tolka verkligheten som system. Det blir ett sätt att förklara problem och komma med åtgärdsförslag samt se hur de kan påverka problemen. Beskrivningskategorierna och de kritiska aspekterna kan användas för att utforma undervisning som gör att elever kan utveckla olika aspekter av systemgeografiskt kunnande och lära sig hantera komplexa hållbarhetsfrågor.

Referenser

- Armstrong McKay, D., Staal, A., Abrams J. F., Winkelmann R., Sakschewski B., Loriani S., Fetzer I., Cornell S. E., Rockström J., Lenton T. M. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611).
<https://doi:10.1126/science.abn7950>
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>

- Barman C. R., Griffiths A. K. & Okebukola P. A. O. (1995). High school students' concepts regarding food chains and food webs: A multinational study. *International Journal of Science Education*, 17(6), 775–782. <https://doi.org/10.1080/0950069950170608>
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253–1280 <https://doi.org/10.1002/tea.20383>
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560 <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Bermudez, A. (2015). Four tools for critical inquiry in history, social studies, and civic education. *Revista de estudios sociales*, 52, 102–118. <https://doi.org/10.7440/res52.2015.07>
- Block T., Van Poeck K. & Leif Östman (2019). Tackling wicked problems in teaching and learning. Sustainability issues as knowledge, ethical and political challenges. In K. Van Poeck, L. Ostman & J. Ohman (Red.), *Sustainable development teaching ethical and political challenges*. (ss. 28–39). Routledge
- Carlgren, I. (2015). *Kunskapskulturer och undervisningspraktiker*. Daidalos.
- Centola, D., Wilensky, U. & Mckenzie. E. (2000). A Hands-on Modeling Approach to Evolution: Learning about the Evolution of Cooperation and Altruism Through Multi-Agent Modeling - The EACH Project. In B.J. Fishman & S.F. O'Connor-Divelbiss (Eds.). *International Conference of the Learning Sciences. Facing the Challenges of Complex Real-world Settings*. Psychology Press. (ss. 166-173). <https://doi.org/10.4324/9780203763865>
- Checkland, P. (1981). *Systems thinking, systems practice*. Wiley
- Checkland, P. & Scholes, P. (1990). *Soft systems methodology in action*. Wiley
- Collier-Reed, B. & Ingerman, Å-I. (2013). Phenomenography: From critical aspects to knowledge claim. *International Perspectives on Higher Education Research* 9, 243–260. [https://doi.org/10.1108/S1479-3628\(2013\)0000009016](https://doi.org/10.1108/S1479-3628(2013)0000009016)
- Cox, M., Steegen, A., & Elen, J. (2018). Using causal diagrams to foster systems thinking in geography education. *International Journal of Designs for Learning*, 9(1), 34–48. <https://doi.org/10.1080/00221341.2019.1608460>
- Dessen Jankell, L. & Johansson, P. (2022). System Geographical Webbing as an Object of Knowing to Analyze Sustainability Issues in Geography. *Journal of geography education*, 50(3), 119–140. <https://doi:10.18452/25713>
- Dessen Jankell, L. (2023). Sambandsvävar för att utveckla elevers systemgeografiska kunnande. *Norddidactica* 13(2), 75–110
- Eriksson, I. (2017). Lärandeverksamhet som redskap i en Learning study. In I. Carlgren (Red.), *Undervisningsutvecklande forskning – exemplet learning study* (ss. 61–81). Gleerup
- Favier, T.T. & van der Schee, J.A. (2014). The effects of geography lessons with geospatial technologies on the development of high school students' relational thinking. *Computers and Education*, 76, 225–36. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.004>
- Flood., R. (2010). The Relationship of systems thinking to action research. *Systemic Practice and Action Research*. 23(4), 269–284. <https://doi.org/10.1007/s11213-010-9169-1>
- Grotzer, T. A., & B. Bell-Basca. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education*, 38(1), 16–29. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655891>
- Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 307–331. <https://doi.org/10.1080/10508400701413401>

- International Geographical Union, Commission on Geographical Education IGU-CGE. (2016). International charter on geographical education [pdf]. https://www.igu-cge.org/wp-content/uploads/2019/03/IGU_2016_eng_ver25Feb2019.pdf (30 March 2022)
- Jacobson, M. J. & Wilensky, U., (2014). Complex systems and the learning sciences. In R. K. Sawyer (Red.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (Andra utgåvan.), (ss. 999–1062). Cambridge University Press.
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11–34. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_4
- Jordan, R. C. , Brooks,W. R. , Hmelo-Silver, C., Eberbach C. & Sinha S. (2014). Balancing broad ideas with context: an evaluation of student accuracy in describing ecosystem processes after a system-level intervention, *Journal of Biological Education*, 48(2), 57–62. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.821080>
- Karkdijk, J. (2022). *Mysteries to support geographical relational thinking in secondary education*. Doktorsavhandling, Dutch Research Council (NWO). Quaeris Media BV, Goes/Breda, The Netherlands. ISBN: 978-94-643-7235-9
- Larsson, S. (1986). *Kvalitativ analys: Exemplet fenomenografi*. Studentlitteratur
- Lezak, S. B., & Thibodeau, P. H. (2016). Systems Thinking and Environmental Concern. *Journal of Environmental Psychology*, 46, 143–153. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.005>
- Mambrey, S, Schreiber, N., & Schmiemann, P. (2020). Young students' reasoning about ecosystems: the role of systems thinking, knowledge, conceptions, and representation. *Research in Science Education*. 52, 79–98. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09917-x>
- Marton, F. (1981). Phenomenography describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10(2), 177–200.
- Marton, F., & Pong, W. (2005). On the unit of description in phenomenography. *Higher Education Research & Development*, 24(4), 335–348.
- Marton, F. (2015). *Necessary Conditions of Learning*. Routledge.
- Maude, A. (2022). Using geography's conceptual ways of thinking to teach about sustainable development. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 32(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/10382046.2022.2079407>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer* (Wright, Diana, Red.). Chelsea Green Publishing.
- Mehren, R., Rempfler, A., Buchholz, J., Hartig, J., & Ulrich-Riedhammer, E. M. (2018). System competence modelling: Theoretical foundation and empirical validation of a model involving natural, social and human-environment systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 685–711. <https://doi.org/10.1002/tea.21436>
- Palmer, D. H. (1996). Students' application of the concept of interdependence to the issue of preservation of species: Observations on the ability to generalize. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 837–850. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199710\)34:8<837::AID-TEA6>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199710)34:8<837::AID-TEA6>3.0.CO;2-W)
- Pang. M. F. & Ki, W. W. (2016). Revisiting the idea of critical aspects, *Scandinavian Journal of Educational Research*, 60(3), 323–336.
- Penner, D.E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching* 37(8), 784–806. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200010\)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200010)37:8<784::AID-TEA3>3.0.CO;2-E)
- Resnick, M. & Wilensky, U. (1999). Thinking in Levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 3–19. <https://doi.org/10.1023/A:1009421303064>

- Richmond, B. (1993). Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review* 9(2), 113–133. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures* 44(2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Roychoudhury, A., Shepardson, D.P., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J. & Top, S. (2017). The need to introduce system thinking in teaching climate change. *Science Educator*, 25(2), 73–81. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1132081>
- Sæther, E. (2019). *Baerekraftig handlerkraft i samfunnsfag – hva innebraer dey?* I Kvamme & Saether (red), *Baerekraft*, (ss. 97–114). Fagbokforlaget,
- Steffen, W. e., & al, e. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <http://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Stieff, M., & Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry? Incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 285–302. <http://www.jstor.org/stable/40188770>
- Sörilin, S. (2017). *Antropocen: En essä om människans tidsålder*. Weyler.
- UNESCO. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. I A. Leicht, J. Heiss and W. J. Byun (Red.). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261802>
- Wiek, A., Withycombe, L., Redman, C.L. and Banas Mills, S. (2011). Moving forward on competence in sustainability research and problem solving. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 53(2), 3–12. <https://doi.org/10.1080/00139157.2011.554496>
- Wetlesen, A. & Eie, S. (2019). Geografisk formation: En resa genom Norges län. I M. Ferrer & A. Wetlesen, *Critical thinking in the social sciences*, (ss. 88–109). Universitetsförlaget.
- Wetlesen, A. & Eie, S. (2022). ‘Sted’ som utgangspunkt for kritisk tenkning i geografi. *Acta Didactica Norden*, 6(2). <https://doi.org/10.5617/adno.8994>