

# Inquiry-based science education –

## har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det?



Lars Domino Østergaard,  
AAU



Martin Sillasen,  
VIA UC



Jens Hagelskjær,  
VIA UC



Henrik Bavnhøj,  
VIA UC

**Abstract.** *Inquiry-based science education (IBSE) er en internationalt afprøvet naturfagsdidaktisk metode der har til formål at øge elevernes interesse for og udbytte af naturfag. I artiklen redegøres der for metoden, der kan betegnes som en elevstyret problem- og undersøgelsesbaseret naturfagsundervisningsmetode, og resultater fra relevante internationale IBSE-inspirerede projekter sammenholdes med dansk undervisningspraksis. Specielt fremhæves elevernes aktive hypotesedannelse, italesættelse af egne idéer samt en større grad af selvstændighed i elevernes praktiske arbejde som noget nyt i den beskrevne metode, samtidig med at faserne i elevarbejdet er mere klart defineret og adskilt i metoden. Sluttelig beskrives erfaringer fra et igangværende udviklingsarbejde hvor der arbejdes efter IBSE-metoden.*

“Fjerde klasse har gennem et stykke tid beskæftiget sig med fisk i naturfagsundervisningen. Eleverne har talt om de fisk der primært opholder sig på bunden, dem der svømmer rundt ved vandoverfladen, og dem der svømmer midt i de frie vandmasser – de pelagiske fisk. En af eleverne fra klassen har spurgt hvordan nogle fisk både kan svømme ved overfladen og dykke ned til bunden. Med det spørgsmål som udgangspunkt skal klassen arbejde med at fremstille prototyper af “fiskeobjekter” der både kan synke til bunds, være ved overfladen og befinde sig midt i vandmasserne i de opstillede akvarier.

Med den opgave – at fremstille et fiskeobjekt der kan opfylde kriterierne – går eleverne i grupper i gang med at overveje hvordan de kan lave objektet, og hvilke remedier de skal anvende. De diskuterer ivrigt i grupperne, gestikulerende med armene og argumenterende for deres egne idéer. Efter 15 minutter afbryder læreren klassens aktiviteter. Han

siger at han har set mange spændende idéer der nok skal virke, men også nogle der skal arbejdes lidt mere på. Han siger at de ser ud til at være meget komplicerede at fremstille. På opfordring vælger nogle elever at arbejde videre med at diskutere og raffinere deres idéer, mens andre begynder at konstruere deres modeller af plastikflasker, sugerør, balloner og andre ting. [...]

Efter at alle elever har arbejdet længe med at fremstille prototyper af fiskeobjekter, præsenterer grupperne hvad de er kommet frem til, og mens én elev demonstrerer modellen, forklarer en anden hvad der foregår. [...] Læreren slutter med at samle op på de forskellige

Figur 1. Der tænkes, diskuteres, gestikuleres, tegnes, bygges og demonstreres.



modeller og relaterer dagens arbejde til den funktion som en svømmeblære har for en fisk. Han relaterer elevernes refleksioner, idéer, tanker og modeller til noget konkret som også eksisterer uden for klasseværelset.”

Frit efter videoen: The Fish-object, 4. klasse på Pierre-de-Coubertin grundskole, Frankrig. En del af det franske IBSE-projekt: *La main a la pâte*<sup>1</sup>.

Ovenstående er et eksempel på en af de mange måder som undervisning organiseret efter IBSE-metoden (inquiry-based science education) kan udfoldes eller fortolkes på. Afhængigt af hvilket land der praktiserer metoden, tillægges visse elementer i metoden større betydning end andre. I Rumænien fokuserer man på hands-on i undervisningen, og i Slovenien fremhæver man arbejdet med dialogisk undervisning, mens man andre steder, fx i Danmark, søger at implementere hele grundidéen bag inquiry-based science education<sup>2</sup>.

Grundidéen i IBSE kan karakteriseres som *en deltagerstyret, problem- og undersøgelsesbaseret undervisningsmetode* hvor udgangspunktet er fælles åbne spørgsmål eller problemstillinger som eleverne alene og/eller i mindre grupper søger at finde en løsning på ved hjælp af forskellige former for undersøgelser støttet og guidet af deres lærer (Harlen et al., 2009):

- “Eleverne udvikler begreber og arbejder med fænomener der hjælper dem med at forstå de naturfaglige aspekter i verden omkring dem gennem deres egne refleksioner og ved hjælp af kritisk tænkning og logisk argumentation knyttet til undersøgelser som de selv foretager. Det kan enten være ved hands-on-manipulationer eller ved observationer af forskellige hændelser; det kan også være ved at anvende beviser fra forskellige kilder, fx bøger, internettet, lærere og forskere.
- Lærerne hjælper eleverne med at udvikle undersøgende arbejdsmetoder og til en forståelse af naturvidenskabelige begreber og fænomener gennem deres egne aktiviteter og refleksioner over resultaterne. Dette indebærer hjælp til gruppearbejde, argumentation, dialog og debat og at give eleverne mulighed for direkte udforskning af og eksperimentering med forskellige materialer.”

(Ibid., s. 4, forfatterens oversættelse)

1 [www.lamap.fr](http://www.lamap.fr), lokaliseret den 14. oktober 2010.

2 Erfaringer fra første internationale Fibonacci-konference, Bayreuth den 22.-24. september 2010 – repræsenteret ved bl.a. Ioan Grosu, University of Medicine and Pharmacy Gr. T. Popa, Rumænien, Ana Gostincar Blagotinsek, University of Ljubljana, Slovenien, og Ida Guldager, UC Syd, Danmark. Fibonacci er et fælles europæisk naturfagsdidaktisk projekt der skal samle op på Pollen-projektet (se senere i artiklen). Projektets formål er at bidrage til spredning af erfaringerne fra Pollen-projektet. <http://fibonacci.uni-bayreuth.de>, lokaliseret den 14. oktober 2010.

Der er tale om en holistisk metode der favner bredt. Ved hjælp af forskellige virkemidler bringes både elevernes for forståelse og erfaring i spil sammen med brug af naturfaglige arbejdsmetoder med det formål at øge deres naturfaglige kompetence<sup>3</sup>.

## Hvorfor inquiry-based science education i Danmark?

Ifølge Andersen et al. (2004) er det *naturvidenskabelige dannelsesbidrag* et centralt element i skolens naturfag i forhold til elevernes almene dannelse. Det omfatter fx at eleverne undervises i naturfaglige fænomener, begreber og arbejdsmetoder. Men også at eleverne lærer at bruge naturfaglig viden til validering og kritisk stillingtagen til naturfaglige problemstillinger som de bliver medieret i dagligdags sammenhænge (ibid.).

Denne fortolkning af naturfagernes bidrag til elevens dannelse taler ifølge forfatterne til denne artikel for en undervisning som lægger vægt på problem- og undersøgelsesbaserede aktiviteter. Ved en analyse af flere undervisningseksempler fra Pollen-projektet<sup>4</sup> fremstår netop det problemorienterede og undersøgelsesbaserede som noget centralt i IBSE-metoden, samtidig med at der også er en klar og veldefineret struktur.

Strukturen i metoden kan skitseres som følgende:

- **Problemafdækning**

Eleverne arbejder egenhændigt med at løse naturfaglige problemstillinger som den enkelte elev eller klassen i fællesskab har opstillet.

- **Hypotesedannelse**

På baggrund af deres *egen* eksisterende viden opstiller eleverne løsningsforslag til problemet som de efterfølgende i grupper diskuterer og argumenterer for.

- **Undersøgelse af hypotese**

Gennem undersøgelser og eksperimenter afprøver eleverne et fælles løsningsforslag.

- **Konklusion, validering og kontekstualisering**

Efterfølgende præsenterer grupperne deres forslag, og sammen med læreren søger de kilder der kan be- eller afkræfte deres løsningsmodeller. Dette med henblik på at relatere undersøgelserne til eksisterende teori/viden om problemet og relatere problemet/undersøgelsen til elevernes verden uden for klasseværelset.

3 Naturfaglig kompetence skal i denne sammenhæng opfattes som bestående af viden, færdigheder og vilje/evne til at bruge disse (Jørgensen, 1999).

4 [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net), lokaliseret den 14. oktober 2010.

Lærerens rolle i forløbet er at guide og støtte eleverne i arbejdet med deres undersøgelser og forsøg på at løse problemet samt at stille opklarende spørgsmål hvor det er nødvendigt. Læreren skal *ikke* selv komme med løsningsforslag.

Det der er essentielt, og som bør fremhæves i ovennævnte struktur, er elevernes *aktive deltagelse* i den naturfaglige undervisning. Det er centralt at arbejdet udspringer af elevernes *egne idéer og engagement*.

Strukturen kan sammenholdes med Eisenkrafts (2003) 7E-model der er en udvidelse af den udbredte 5E-model: *Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate* (se fx Bybee, 1997). Denne model forholder sig til hvordan børn og unge tilegner sig naturfaglig viden. Eisenkraft (2003) tilføjer *Elicit* ("vække", "fremkalde" eller "lokke frem") til 5E-modellen, idet han argumenterer for vigtigheden af at bringe elevernes forforståelse i spil som punktet hypotesedannelse inkluderer. Ligeledes tilføjer han *Extend* ("forlænge", "udvide") som noget essentielt for transfereffekten: "Lærerne skal sikre at elevernes viden knyttes an til en anden kontekst så den ikke forbliver bundet til det konkrete problem" (ibid., XXXIV, forfatterens oversættelse). Sidstnævnte kan sammenholdes med kontekstualisering ovenfor.

I tabel 1 har forfatterne fremhævet nogle væsentlige kvaliteter ved en deltagerstyret problem- og undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning organiseret efter IBSE-metoden. Kvaliteterne har vist sig på baggrund af en analyse af undervisnings-eksempler og videooptagelser af konkrete forløb.<sup>5</sup>

I Danmark er der intentioner om at eleverne skal arbejde praktisk og ud fra egne erfaringer i naturfagsundervisningen (officielt formuleret som "Undervisningen skal i vidt omfang bygge på elevernes egne oplevelser, erfaringer, iagttagelser, undersøgelser og eksperimenter" (Undervisningsministeriet, 2009, s. 3)). Grundsubstansen i formuleringen er meget lig de centrale idéer i IBSE-metoden, så man kan med rette spørge: *Hvad er egentlig nyt i den beskrevne metode, og hvorfor skal vi (atter) til at implementere en større bevidsthed om anvendelsen af særlige undervisnings- og arbejdsmetoder?*

Det der er nyt, og som ifølge forfatterne i langt større grad bør styrkes i naturfagsundervisningen, er større fokus på deltagerstyrede arbejdsprocesser hvor eleverne alene eller i grupper skal formulere hypoteser, ræsonnere, diskutere og argumentere for deres løsningsforslag, arbejde selvstændigt ud fra fælles idéer og (samlet) kunne præsentere forslaget. Med andre ord er det IBSE-metodens store vægt på elevernes *hypotesedannelse og italesættelse af egne idéer* der er det nye og særlige i den skitserede metode – samtidig med vægtningen af en *større grad af selvstændighed i elevernes praktiske arbejde*.

<sup>5</sup> Undervisningseksempler og video kan ses på <http://www.lamap.fr/DVDSciences/videoDVD.html#> lokaliseret den 25. oktober 2010.

**Tabel 1.** Oversigt over væsentlige kvaliteter ved en deltagerstyret problem- og undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning.

	Kvaliteter ved IBSE-metoden
Dominerende læringsteori	Konstruktivisme Læring i praksisfællesskaber
Undervisnings-form	Dialogisk
Klasserums-aktivitet	Elevcenteret
Dominerende arbejdsform	Primært gruppebaseret
Lærerens rolle	Spørgende og til dels vejledende
Lærerens holdning	Autentisk
Elevernes holdning	Reflekterende
Elevdeltagelse	Aktivt udforskende
Anvendelse af arbejdsmetoder (efter Østergaard, 2005, s. 80)	Observerende Undersøgende Registrerende (dataindsamling) Hypotesedannende Forudsigende Eksperimenterende Kommunikerende Konkluderende Konstruerende (herunder design og brug af udstyr og redskaber)
Succeskriterium	Skabe forståelse af overordnede principper/begreber Skabe motivation hos eleverne
Evaluerings	Formativ såvel som summativ (Harlen, et al., 2009)

Lærerens rolle ændres markant i en deltagerstyret problem- og undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning. Han eller hun skifter fra at være *styrende* for elevernes arbejde til at *støtte* eleverne i at formulere undersøgelsesspørgsmål, hvormed eleverne selv kan arbejde videre. Derefter skal læreren være guidende og medlevende og hjælpe ved fx at stille opklarende spørgsmål der åbner muligheder for elevernes videre arbejde, og ellers guide dem igennem deres eget undersøgelsesprojekt. Slutelig skal læreren være opsamlende og hjælpe eleverne med at finde frem til den mest plausible forklaring på de spørgsmål der blev formuleret i starten af forløbet.

Modellen i en dansk version fordrer altså øget fokus på elevernes egne aktiviteter, deres læreprocesser, kognitive såvel som affektive og motoriske, deres selvstændighed og deres evne til samarbejde.

## Afprøvning af IBSE i læreruddannelsen

Der foregår for tiden en række udviklingsarbejder relateret til både naturfagene i folkeskolen og læreruddannelsen som kan bidrage med erfaringer til at formulere en dansk version af IBSE-metoden.

Et eksempel er et igangværende, IBSE-orienteret udviklingsarbejde inden for VIA University College, hvor lærerstuderende og undervisere i naturfag i læreruddannelsen afprøvede IBSE-metoden i studieåret 2009/2010 i både linjefagsundervisningen og praktikken. Målene med udviklingsarbejdet er for det første at lade de studerende afprøve IBSE-metoden i praktikken og evaluere på om metoden øger elevernes engagement i naturfagene og styrker deres læringsudbytte. For det andet at udvikle en didaktik vedrørende IBSE i læreruddannelsens naturfag.

Udviklingsarbejdet har været organiseret i en række faser omkring workshopper med en progression hvor det først drejede sig om undervisernes kompetenceudvikling, dernæst om implementering af IBSE i linjefagsundervisningen, kvalificering og implementering af IBSE i de studerendes praktikforløb og til sidst evaluering af de lærerstuderendes refleksioner over erfaringerne med IBSE i praktikken. IBSE-metoden blev afprøvet på seks forskellige hold der samlet set dækker naturfagene biologi, geografi, fysik/kemi og natur/teknik. Forskere fra Aalborg Universitet indgår i projektet som faglige konsulenter og følgeforskere.

Et karakteristisk træk ved udviklingsarbejdet har været brugen af linjefagsundervisningen og praktikken som "didaktisk eksperimentarium". For det første har linjefagslærerne haft mulighed for at udvikle og afprøve IBSE-orienterede undervisningsforløb i linjefagsundervisningen. For det andet har de studerendes afprøvning af selvudviklede undervisningsforløb i praktikken givet dem mulighed for at skabe nye undervisningsarenaer for produktion af relevant og reflekteret, faglig og lærerprofessionsfaglig kundskab. For det tredje har erfaringerne fra afprøvning i praktikken givet de studerende et godt grundlag for at kunne vurdere IBSE-metodens anvendelighed i en dansk skolekontekst. Kvalitetskriterierne for metodens anvendelighed er opstillet med henblik på at vurdere om eleverne udviser større engagement i undervisningen, og om eleverne får et større læringsudbytte end af en mere traditionel undervisning. De studerendes erfaringer med at afprøve IBSE-metoden i praktikken og deres efterfølgende refleksioner over dens brugbarhed er yderst relevante for projektet i forhold til at implementere en deltagerstyret problem- og undersøgelsesbaseret didaktik i naturfagsundervisningen i læreruddannelsen.

For at styrke linjefagslærernes kompetencer med henblik på at kunne udvikle IBSE-orienterede undervisningsforløb og implementere dem i linjefagsundervisningen har en del af udviklingsarbejdet drejet sig om at hente inspiration fra IBSE-programmer andre steder i verden. I de følgende afsnit præsenteres og diskuteres hovedtrækkene af en række IBSE-programmer som har givet inspiration til udviklingsarbejdet i VIA.

## Inquiry-based science education i internationalt perspektiv

Metoden er egentlig ikke ny. Allerede i 1970'erne blev der introduceret en arbejds-metode i naturfag som var baseret på at eleverne gennem praktisk arbejde med de "videnskabelige processer og metoder" skulle blive mere motiveret for og engageret i science-undervisningen (Wellington, 1989). Undervisningsmetoden gav sidenhen anledning til udformning af forskellige pensumangivelser, fx *Science in Process* (ILEA, 1987) og *Warwick Process Science* (Screen, 1986), som dog op gennem 80'erne blev diskuteret og forkastet idet de ret ensidigt fokuserede på *den naturvidenskabelige metode* (Wellington, 1989).

Årtier efter – i 2005 – nedsatte Europa-Kommissionen en ekspertgruppe af naturfagsdidaktiske forskere der fik til opgave at undersøge hvilken form for naturfagsundervisning baseret på igangværende internationale projekter (fx SINUS og Pollen)<sup>6</sup> der syntes at virke *motiverende* og *engagerende* på unge mennesker, og som kunne være med til at øge deres *interesse* for naturfag (Rocard et al., 2007).

Ekspertgruppen konkluderede at undervisning der fokuserede på *centrale naturfaglige problemstillinger*, og som var baseret på elevernes *egne* undersøgelser, eksperimenter og refleksioner, i stor grad opfyldte kriterierne (ibid.). Desuden fandt de at læringsmetoden udmærkede sig ved specielt at appellere til piger og til elever der havde opgivet naturfagsundervisningen på grund af traditionel, lærerstyret undervisning (ibid.).

Ekspertgruppen anbefalede inquiry-based science education (IBSE) som en metode der opfyldte ovennævnte kvalitetskriterier.

## Pollen-projektet – spredning af "IBSE-frø" i Europa

I Pollen-projektet, der var europæisk funderet og omfattede 12 forskellige lande med deltagelse af op imod 15.000 elever fordelt på 100 folkeskoler (eng.: lower-secondary schools), arbejdede man konkret og målrettet med undersøgelsesbaseret undervisning (Pollen, 2009). Efterfølgende er projektet blevet både kvalitativt og kvantitativt eva-

6 Se <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de> og [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net), lokaliseret den 7. oktober 2010.



lueret for at afdække elevernes og lærernes læring af og holdning til naturfag (eng.: science.) (Jarvis et al., 2009; Lindahl, 2009; Pollen, 2009).

Statistisk har det været meget svært at udrede noget på baggrund af de internationalt udarbejdede spørgeskemaer om elevernes holdning til naturfag. Der har været store problemer mht. oversættelse af spørgsmålene så de var enslydende i alle 12 lande. Der har været udskiftning af lærere i klasserne, så eleverne er ikke blevet evalueret ens fra gang til gang (de blev evalueret mht. deres holdning til naturfag i begyndelsen af projektet og igen efter to år), og der har kunnet konstateres forskelle i de deltagende landes vægtning af spørgsmål i de forskellige evalueringer, ligesom antallet af anvendte spørgsmål i de enkelte lande har varieret (Lindahl, 2009).

Hvis de enkelte lande derimod analyseres separat, viser resultater fra bl.a. England at eleverne udviser større nysgerrighed med hensyn til hvad der sker i eksperimenterne, og de føler ikke længere at naturfag nødvendigvis er så svært at tilegne sig viden om når der undervises efter principperne i IBSE (Jarvis et al., 2009).

Et lignende positivt billede af effekten ved IBSE-orienteret undervisning viser en række kvalitative undersøgelser (Pollen, 2009). Adskillige succeshistorier fra de involverede lande/byer fortæller historier om børn og unge (og lærere) der finder metoden udfordrende, spændende og lærerig:

“Jeg er interesseret i at vide hvad vi skal lave. Alle de andre som har lavet aktiviteten, siger det er sjovt”. Efter aktiviteten siger eleven: “Det var sjovt!” (elev, Amsterdam, Pollen, 2009, s. 8, forfatterens oversættelse)

“Vi skal også eksperimentere i morgen, ikk’? Jeg ville ønske at naturfag var sådan hver dag.”

(elev, Ljubljana, Pollen, 2009, s. 13, forfatterens oversættelse)

“Jeg ved at konceptet fungerer; eleverne elsker praktisk naturfag” (rapporteret af 99 % af de involverede lærere, Stockholm, Pollen, 2009, s. 17, forfatterens oversættelse)

“Alle kom ud af Science Fair glade og entusiastiske og sagde at de havde haft en virkelig god og spændende time.” (skoleleder, Girona, Pollen, 2009, s. 11, forfatterens oversættelse)

“Projektet var mere vellykket end læreren havde forestillet sig. Alle elever deltog. [...] Resultaterne var så positive at læreren fortsætter med at udføre naturvidenskabelige eksperimenter i skolen. Ud fra dette synspunkt var Pollen en succes og førte til bæredygtige aktiviteter.” (Bruxelles, Pollen, 2009, s. 10, forfatterens oversættelse)

Lærernes holdning til naturfag og i særdeleshed til IBSE-metoden er ligeledes blevet evalueret, og perspektiverne i evalueringen deler sig op i nogle hovedkategorier hvor bl.a. lærernes *fortrolighed med at undervise* i naturfag blev undersøgt, ligesom deres *holdning til undervisning* i naturfag blev undersøgt (Jarvis, 2009).

Resultaterne viste bl.a. at lærerne *før* projektets påbegyndelse ikke var særlig for-

trolige med at undervise i naturfag, med undtagelse af biologi. Specielt var de utrygge ved at undervise i fysik- og kemirelaterede emner (ibid.). Efter projektforløbet viste evalueringen af resultaterne at lærerne havde udviklet en øget fortrolighed med fagene:

“Lærere der havde deltaget i programmet i to år, havde klart forbedret deres kompetencer inden for naturfag med undtagelse af biologi. [...] De havde også forbedret sig fagligt inden for informationsteknologi og design.” (ibid., s. 43, forfatternes oversættelse)

Med hensyn til lærernes holdning til undervisning i naturfag viste undersøgelsen ikke de store ændringer over den toårige periode. Generelt vægtede lærerne i hele Europa værdier som fx at *lade eleverne tænke selv* og *give dem tid*. Også det at *opfordre eleverne til at gætte og reflektere* og at *tilskynde eleverne til at have det sjovt* blev vægtet. Lærerne var derimod ikke så gode til at relatere naturfagsundervisningen til “verden uden for skolens mure” og til at inddrage alternative læringsmiljøer som fx lokale virksomheder i undervisningen (ibid.).

Til trods for at der ikke blev registreret de store ændringer i lærernes holdning til naturfagsformidlingen, var der dog visse “mikro-ændringer”:

“Lærernes holdning om en stram styring af naturfagslektionerne blev blødt op. Lærerne fik ændret deres holdning til at eleverne bør foretage deres egne forsøg, at naturvidenskabelige begreber udvikles sideløbende med inddragelse af uformelle læringsmiljøer. Samlet viser evalueringerne at målene med Pollen-projektet blev nået.” (“Pollen-målene” kan sidestilles med de centrale elementer i IBSE som omtalt i indledningen). (Ibid., s. 43, forfatternes oversættelse)

Alt i alt kan det konkluderes at Pollen-projektet har demonstreret at undervisning tilrettelagt efter IBSE-principperne virker efter hensigten. Især viser resultaterne at eleverne er blevet begejstrede og har fået vakt deres nysgerrighed over for naturfagene som følge af den nye undervisningsmetode, og samtidig er lærerne blevet rustet med en didaktisk metode der dels øger deres naturfaglige undervisningsfaglighed bredt (Andersen, 2006) og dels øger deres brug af eleveksperimenter i undervisningen.

*Begejstring* og *nysgerrighed* er i særdeleshed to vigtige parametre der har stor indflydelse på elevers motivation for at beskæftige sig med naturfag på en måde så de kan tilegne sig viden – hvad enten det drejer sig om begreber, fænomener eller naturvidenskabelige arbejdsmetoder (Hidi & Berndorff, 1998; Østergaard, 2005). En øget brug af (relevante og selvstændige) eleveksperimenter kan ligeledes være med til at øge elevernes motivation for at beskæftige sig med naturfag (Hodson, 2008; Troelsen,

2006), og hermed har vi præsenteret en metode der i Europa har vist tegn på at den kan være med til at skabe en øget interesse for naturfag

## Inquiry-based science education i lande uden for Europa

Lande der ligger uden for Europa, har gennem længere tid beskæftiget sig med lignende didaktiske metoder i naturfag (se fx Harlen et al., 2009), og deres erfaringer kan være med til at belyse IBSE yderligere. To igangværende projekter i hhv. Nord- og Sydamerika vil blive omtalt.

### *Erfaringer fra USA*

I USA hedder IBSE-programmet "Science and Technology for Children" (STC) og omfatter alle elever fra børnehaven til 9. klasse. Det er et sammenhængende program baseret på undersøgelsesbaseret og curriculum-nær læring der omfatter 32 enheder inden for det brede naturfag ("life, earth, and physical sciences and technology" (Campbell et al., 2006)). Formålet med STC-programmet er at alle elever i USA skal tilegne sig "scientific literacy" (National Research Council, 1996). Materialet til programmet, der er delt i serier dækkende hhv. fra børnehaven til 6. klasse, og en serie der dækker resten af klassetrinnene op til 9. klasse, består af *teachers2019 guide*, klassesæt af *students' book* samt en materialesamling der passer til hver lektion. Selvom STC-programmet tilsyneladende er meget planlagt og ikke overlader mange initiativer til de enkelte lærere og klasser, indeholder det mange af de elementer der ligeledes indgår i IBSE-metoden:

"Via egne erfaringer lærer eleverne alderssvarende naturfaglige begreber og udvikler færdigheder såsom problemløsning og kritisk tænkning samtidig med at de erhverver sig generel naturfaglig indsigt. Ved at lave undersøgelser og eksperimenter får eleverne mulighed for at anvende deres egen viden såvel som i fællesskab at udvikle viden. De får mulighed for at stille spørgsmål, fremstille og teste forudsigelser, registrere, dele og drøfte de opnåede resultater samt at anvende de færdigheder og den viden de har opnået, i nye situationer."

(Harlen et al., 2006, s. 55, forfatterens oversættelse)

Evaluering i forskellige stater der har implementeret *inquiry-based science programs*, har vist at metoden har øget elevernes tilegnelse af naturfaglig viden mærkbart i forhold til testklasser der er blevet undervist traditionelt på baggrund af tekstbøger (National Science Resources Center, 2009). Der foreligger ingen resultater angående elevernes motivation for at beskæftige sig med naturfag, idet målet med programmerne primært har været at øge elevernes direkte målbare naturfaglige viden som

et udtryk for hvor "scientific literate" de var blevet. Dog viser en anden undersøgelse at der er sammenhæng mellem brug af hands-on eksperimenter og elevernes holdning til naturfag (Ornstein, 2006). Jo flere frihedsgrader eleverne fik i deres eget arbejde med hensyn til selv at opstille hypoteser og til selv at drage konklusioner i eksperimenterende "open-ended hands-on" forsøg, desto mere positiv var deres holdning (ibid.). Det tolkes som en indikation på at arbejdet med den nye metode med større elevinvolvering (fx i form af hands-on) virker motiverende for eleverne.

### *Erfaringer fra Sydamerika*

I en stor del af de sydamerikanske lande, bl.a. Brasilien, Chile, Colombia og Venezuela, har man adapteret det franske "La Main a la Pâte"-projekt med mere eller mindre støtte fra den franske stat (bl.a. Fleer & March, 2008; Hamburger, 2004). I Brasilien kaldes det *ABC na Educação Científica – Mão na Massa* (kan oversættes som "ABC i naturfagsundervisning – hands-on"). Projektet er målrettet de små klasser (første til fjerde) som hverken er vant til at udføre eksperimenter eller have lærere der har en naturfaglig uddannelse (i Brasilien anvendes én-lærer-princippet: én lærer der underviser samme klasse i alle fag (Hamburger, 2004)).

Efter besøg i Frankrig hvor der blev kigget nærmere på La Main a la Pâte, startede det brasilianske projekt i 2001 efter en kort efteruddannelse af de deltagende lærere (ibid.). I 2005 deltog der over 730 skoler i 11 byer i projektet, hvoraf langt de fleste havde samarbejde med lokale universiteter eller science-centre (Harlen et al., 2009; Schiel, 2006).

Det overordnede formål med implementeringen af metoden er ligesom i de andre sydamerikanske lande at skærpe elevernes nysgerrighed og deres motivation for at beskæftige sig med naturfag (bl.a. Carulla et al., 2006; Devés & López, 2007; Schiel, 2006). De erfaringer der bl.a. kan hentes fra det brasilianske projekt, kan deles op i to dele:

- For det første er de elever der arbejdede ud fra IBSE-principper, blevet bedre til at udtrykke sig skriftligt og mundtligt end deres jævnaldrende der arbejdede efter en mere traditionel lærerstyret metode (også observeret i Chile (Devés & López, 2007; Schiel, 2006)).
- For det andet er der draget erfaringer fra implementeringen af den didaktiske metode i et land der havde ringe vilkår, med alt for dårligt uddannede naturfagslærere (Hamburger, 2004).

Sidstnævnte har givet anledning til en række kommentarer fra E. Hamburger (2004), Instituto de Física e Estação Ciência, University of São Paulo:

1. “Der er altid en gruppe fra universitetet der samarbejder med lærerne og andre interesserede i skolesystemet [...] med implementering af principperne.
2. Det er nødvendigt at iværksætte forskning og oprette observationsgrupper i de videnscentre der formidler materiale og oplysninger om principperne.
3. Udvikling kræver altid ekstra ressourcer – lige meget hvor lidt der skal bruges – og det er der ikke luft til i budgettet. Dette gælder også for samarbejde med universiteter og andre forskningsinstitutioner. Hvis projektet skal udvikles, kræver det tildeling af midler.
4. Centrene [der iværksatte programmet] anvendte generelt fotokopieret materiale oversat fra fransk. Interessen for projektet gjorde dog at materialet hurtigt blev modificeret så det passede med lokale behov. Det franske materiale er et eksempel på hvordan brasilianske lærere blev motiveret til at kreere materiale og eksperimenter der matchede principperne.
5. Kommunikation mellem de lærere der deltager i projektet, er en vigtig faktor.
6. Det er vigtigt at afholde “IBSE-træningssessioner” og at lærere og instruktører siden har mulighed for at kommunikere med hinanden, og at der bliver fulgt op på introduktionen af principperne fra videnscentrene.
7. For at sikre en høj kvalitet af undervisningsmaterialet er det vigtigt med ekstern evaluering.”  
(Hamburger, 2004, s. 3-5, oversat og redigeret af forfatterne)

## Erfaringer og anbefalinger – samlet set

Analysen af de omtalte IBSE-programmer bidrager med tre vigtige resultater.

For det første viser resultaterne fra evalueringen af Pollen-projektet samstemmende med erfaringer fra USA og flere sydamerikanske lande at en IBSE-orienteret undervisning virker motiverende på eleverne.

For det andet viser erfaringer fra USA at elever rent faktisk erhverver viden om naturfaglige begreber og arbejdsmetoder ved en IBSE-orienteret undervisning. Sidstnævnte er et område der ikke har været så meget fokus på i evalueringen af Pollen-projektet, men som må anses for at være et tungtvejende argument for brug af metoden.<sup>7</sup>

For det tredje supplerer Hamburgers kommentarer til det brasilianske projekt fint de anbefalinger som Europa-Kommissionens ekspertgruppe er kommet frem til i rapporten *Science Education NOW!* (Hamburger, 2004; Rocard et al., 2007). Begge argu-

---

7 Som argument for ikke at have udført summariske test af elevernes erhvervede faglige kundskaber som følge af Pollen-projektet har Wynne Harlen udtalt at det ikke var muligt at få valide resultater før lærerne på ordentlig vis havde implementeret metoden i undervisningen og var fortrolige med den. Personlig kommunikation, Bayreuth, den 23. september 2010.

menterer for en international fælles holdning til metoden. Det gælder både deltagelse af flere aktører i implementeringen af metoden (forskere, undervisere på læreruddannelsen, naturfagslærere, forældre, elever m.fl. samt deres institutioner), den økonomiske støtte til implementering og nødvendigheden af følgeforskning der kan være med til at justere metoden så den tilpasses den lokale undervisningskultur. Hamburger og ekspertgruppen fremhæver også vigtigheden af at de involverede lærere får en grundig og omfattende introduktion til metoden, og at de løbende har kontakt med hinanden i netværk hvor de kan udveksle erfaringer om at implementere metoden.

Samlet set giver de omtalte IBSE-programmer det indtryk at IBSE fortolkes meget forskelligt. I nogle lande fortolkes praktisk/eksperimentelt arbejde i sig selv som IBSE-orienteret, mens der i andre lande lægges vægt på at elevernes selvstændige bidrag til hypotesedannelse er vigtig i IBSE-orienteret undervisning. I forhold til at udvikle en dansk variant af IBSE kan de multifacetterede fortolkninger af IBSE bidrage til at inspirere afprøvning af IBSE på dansk naturfagsundervisning på mange forskellige måder. Det afgørende for udvikling af en kvalificeret variant af IBSE tilpasset en dansk undervisningskontekst er dog at man får etableret et evaluerings- og forskningsprogram der systematisk indsamler erfaringerne fra forskellige forsøgs- og udviklingsarbejder.

## Erfaringer med implementering af IBSE i læreruddannelsen

Med inspiration fra forskellige internationale IBSE-programmer udviklede undervisere ved læreruddannelsen i VIA deres egne forløb som blev implementeret i linjefagsundervisningen og praktikken.

Her fremhæves et konkret eksempel på implementeringen af et IBSE-orienteret undervisningsforløb i biologiundervisningen med udgangspunkt i mikrobiologi. Mikrobiologien viste sig at være specielt egnet som fagligt emne i et IBSE-orienteret undervisningsforløb fordi flere undersøgelser i mikrobiologien er relativt nemme at forklare teoretisk. Med andre ord kan undersøgelsesresultater forklares med teoretiske begreber som ikke er alt for abstrakte for de studerende og i sidste ende for eleverne i folkeskolen.

I undersøgelsesprocesserne opbyggede de studerende trinvist deres begrebsmæssige forståelse i en iterationsproces hvor de flere gange vendte tilbage til hypotesen for at forfine og udbygge både undersøgelsens design og deres teoretiske forklaring af undersøgelsens resultater. Fx arbejdede de studerende med mikroorganismers vækstbetingelser set i forhold til et anvendelsesorienteret perspektiv (bioteknologi). Indledningsvis blev der taget udgangspunkt i de studerendes egen viden om og erfaring med mikroorganismer fra deres dagligdag. Til inspiration blev der vist et udvalg af dagligdagsvarer hvor der bruges forskellige konserveringsmetoder. I diskussionen opstod der flere forundringsfelter der senere blev genstandsfelt for undersøgelser. Det

blev blandt andet diskuteret og senere undersøgt om de store mængder af sukker i marmelader havde anden funktion end at forsøde smagen. Selve undersøgelsesprocessen bestod af flere delundersøgelser som fremkom iterativt efterhånden som man fik forhandlet sig frem til forskellige fælles hypoteser. Blandt andet undersøgte de studerende via mikroskopering forskellige sukkerkoncentrationers osmotiske effekt på den enkelte celle. Resultaterne fra denne undersøgelse blev efterfølgende sammenholdt med de på forhånd opstillede hypoteser, og de dannede baggrund for nye forundringer og diskussioner som udmøntede sig i hypoteser omhandlende bagegærs vækst ved forskellige sukkerkoncentrationer. Som resultat blev en undersøgelsesproces udformet hvor bagegærs CO<sub>2</sub>-udledning (som udtryk for vækstrate) blev målt i stigende sukkerkoncentrationer. Erfaringer fra disse undersøgelser var efterfølgende grundlaget for yderligere undersøgelser af gærcellers vækstopimum – blot blev den osmotiske parameter i efterfølgende undersøgelser udskiftet med bl.a. pH og temperatur.

I denne iterationsproces var det tydeligt at de studerende i overensstemmelse med principperne for IBSE-orienteret undervisning gradvis konstruerede viden inden for det mikrobiologiske område og gennem gruppearbejdet satte de naturvidenskabelige begreber i relation til hinanden.

Den deltagerstyrede dimension i IBSE genererede mange forskelligartede spørgsmål inden for det naturfaglige område som de lærerstuderende i rollen som undervisere gjorde til genstandsfelt for undersøgelse. Dette fandt mange lærerstuderende til tider skræmmende fordi det uundgåeligt kræver en stor og bred faglig viden hvis man føler at man afkræves et fyldestgørende svar på hvert spørgsmål. En studerende udtrykte således: "Jeg føler mig meget mere sikker med et planlagt forløb som jeg selv kan styre" (Tina, den 10. december 2009). Og hun udtrykte en faglig usikkerhed ved brug af IBSE-metoden. Hun følte sig blottet over for eleverne i praktikken når hun ikke kunne guide dem videre på grund af manglende faglig viden. Udsagnet kan være med til at understrege vigtigheden af at lærere der arbejder efter IBSE-principper, skal være fagligt godt funderet.

Ved den afsluttende evaluering af linjefagsforløbet blev der yderligere fremhævet fire vigtige pointer:

- Først når man som lærer har affundet sig med ikke at kende svarene på alle spørgsmål, kan situationen vendes til at være rent deltagerstyret, hvor alle elever er komfortable med at byde ind med undersøgelsesforslag.
- I den deltagerstyrede arbejdsproces er det vigtigt som underviser at være i tæt dialog med alle arbejdsgrupper. Det gælder under selve undersøgelsesfasen, men i høj grad også i den afsluttende fase hvor der arbejdes med dokumentation, fremstilling og perspektivering af undersøgelsens resultater.
- Ejerskabsfølelsen for projektet opstår først og fremmest når de studerende i dialog

med underviseren selv definerer undersøgelsesmetoder m.m. og selv arbejder sig frem mod at konstruere videnskabelige idéer om sammenhænge.

- Det tager meget længere tid at gennemarbejde et stofområde efter IBSE-principper end med den almindelige undervisning som de studerede er vant til på læreruddannelsen. Tidsfaktoren var i øvrigt også markant i praktikken, hvor de studerende erfarede at det tager lang tid at undervise i et stofområde ved anvendelsen af grundprincipperne i IBSE-metoden.

Udvalgte citater fra de studerendes praktikrapporter viser eksempler på de studerendes refleksioner med at afprøve den deltagerstyrede problem- og undersøgelsesbaserede metode i praktikken:

“Jeg finder det utroligt svært at lade være med at styre samtalen for meget i de grupper, hvor de har svært ved det. Jeg ved, hvor jeg vil have dem hen, og hvad jeg ønsker, at de skal arbejde hen imod, så det er svært at give plads til at forfølge enhver idé fra eleverne. Jeg finder, at jeg er lidt presset af skemaet oveni, da hver time kun varer ca. 45 min., og eleverne lige skal have tid til at finde deres ting frem etc.”

(Birgitte, uddrag af praktikrapport, den 11. december 2009)

“Jeg synes, det krævede mange ledende spørgsmål, før vi nåede til en fornuftig opstilling, og ofte var det de samme elever, der var med rent umiddelbart. Det krævede, at jeg stillede spørgsmål rundt til alle i klassen for at holde dem “fanget” i det eksperimenterende arbejde.

Jeg lavede en kort mundtlig evaluering efter disse lektioner, hvor eleverne gav udtryk for, at de syntes, det havde været spændende og meget anderledes at arbejde på denne måde, nogle syntes også, at det havde været svært at skulle arbejde så selvstændigt. Jeg får indtryk af, at eleverne synes, at undervisningen har været mest spændende, når vi har arbejdet undersøgende og ud fra en hypotese”

(Johan, uddrag af praktikrapport, den 6. februar 2010)

“Jeg har følt mig udfordret med den IBSE-relaterede tilgang. Det har især været svært for mig ikke bare at give eleverne svarene på spørgsmålene eller bare lige vise dem, hvordan det skal gøres/opstilles. Men det er en form, jeg har taget til mig – for jeg er blevet klar over, at det er en undervisningstilgang, der ligger tæt op af min personlige undervisningsstil, og den harmonerer godt med mit socialkonstruktivistiske syn på undervisning/læring. Yderligere synes jeg at kunne se et større elevudbytte med især mere engagerede elever, der synes, at undervisningen er spændende og vedkommende for dem. Og det er det, det hele drejer sig om: at give dem meningsfyldt læring.”

(Susanne, uddrag af praktikrapport, den 6. februar 2010)



At kunne praktisere IBSE-metoden sikkert indebærer mange konkrete færdigheder, men som en vigtig pointe har det i det danske udviklingsprojekt vist sig at være helt centralt at der ikke instrueres i at anvende metoden, men at der arbejdes med og ud fra metoden i flere forskellige sammenhænge og samtidig skabes rum for refleksion og diskussion.

De resultater der sammen med citaterne ovenfor er fra forsøget med at implementere IBSE-principperne i henholdsvis en dansk læreruddannelseskontekst og en dansk skolekontekst, understøttes af Harlen & Allende i "Inquiry-Based Science Education: An Overview for Educationalists" (Harlen & Allende, 2009) der redegør for deres erfaringer med implementering af IBSE-principperne i læreruddannelsen. Deres hovedpointe er at lærerens overordnede didaktiske færdigheder i relation til metoden er en altafgørende forudsætning for at eleverne konstruerer naturfaglig viden.

Desuden viser international erfaring og forskning at det kræver minimum 80 timer for lærere at praktisere IBSE-metoden sikkert (ibid.). Som omtalt i indledningen har vi i Danmark i høj grad tradition for at anvende flere af elementerne fra metoden særskilt i anden kontekst, og man kunne derfor antage at et minimum-tidsforbrug for at kunne arbejde sikkert med IBSE-metoden herhjemme kunne være lavere end 80 timer.

## Perspektivering

Med erfaringerne fra læreruddannelsen på VIA University College – og med skelen til erfaringerne fra det brasilianske projekt *ABC na Educação Científica – Mão na Massa* – kan vi midlertidigt konkludere at implementeringen af en ny *deltagerstyret problem- og undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning* ikke "bare sådan" lader sig gøre. Vi mener ikke at sådanne metoder kan dikteres fra Undervisningsministeriet eller anden højere instans, men at metoderne skal erfares, fortolkes og videreudvikles blandt lærere i deres lokale undervisningspraksis, ligesom de skal integreres i den eksisterende undervisningspraksis på landets læreruddannelsessteder. Endvidere er det nødvendigt at metoden forankres i læringsnetværk hvor *både* nuværende og kommende naturfagslærere og personer fra de fagdidaktiske miljøer på de højere læreanstalter er tilknyttet, for derigennem at kunne dele idéer og erfaringer samt i fællesskab udvikle metoden yderligere i relation til en dansk undervisningspraksis. Uden et aktivt netværk har en ny undervisningspraksis kun spinkle overlevelsels- og udviklingsmuligheder i en dansk kontekst.

## Referencer

- Andersen, A.M. (2006). Undervisningsfaglighed – hvad en underviser bør vide. *MONA*, 2006(4), side 70-75.
- Andersen, A.M., et al. (2004). Naturfagsdidaktik som områdedidaktik. I: K. Schnack (red.), *Didaktik på kryds og tværs*. København: Danmarks Pædagogiske Universitet.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy*. Portsmouth, New Hampshire: Heinemann.
- Carulla, C. et al. (2007). Trends in Pre-College Engineering and Technology and the Pequeños Científicos Program. *International Journal of Engineering Education*, 23(1), side 9-14.
- Devés, R. & López, P. (2007). Inquiry-based science education and its impact on school improvement: The ECBI program in Chile. I: T. Townsedn (red.), *International Handbook of School Effectiveness and Improvement*. Springer Netherlands.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70 (6), side 32-35.
- Fleer, M. & March, S. (2008). *An investigation of the feasibility of extending the Primary Connections programme to preschool settings*. Melbourne, Victoria: Monash University.
- Hamburger, E.W. (2004). ABC Project in Science Education in Brazil (Hands-on / La main à la pâte). Lokaliseret den 5. maj 2010 på: [http://ehrweb.aaas.org/UNESCO/pdf/ABCproj\\_Hamburger.pdf](http://ehrweb.aaas.org/UNESCO/pdf/ABCproj_Hamburger.pdf).
- Harlen, W. & Allende, J.E. (2009). Inquired-Based Science Education: An overview for educationalists. *The Interacademy Panel on International Issues, IAP*. Paris. Kan downloades på: [www.interacademies.net/Object.File/Master/10/428/TRilingualbrochure%202010.pdf](http://www.interacademies.net/Object.File/Master/10/428/TRilingualbrochure%202010.pdf).
- Harlen, W., et al. (2009). Report of the Working Group on International Collaboration in the Evaluation of Inquiry-Based Science Education (IBSE) programs Lokaliseret den 10. april 2010 på: [www.ianas.org/Santiago\\_Report\\_SE.pdf](http://www.ianas.org/Santiago_Report_SE.pdf).
- Hidi, S. & Berndorff, D. (1998). Situational interest and learning. I: L. Hoffmann (red.), *Interest and learning*. Kiel: IPN.
- Hodson, D. (2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*, 2008(3), side 7-20.
- ILEA. (1987). *Science in process*. London: Heinemann.
- Jarvis, T. et al. (2009). *Pollen Primary Teachers' Changing Confidence and Attitudes over Two Years Pollen In-service*. Lokaliseret den 3. marts 2010 på: [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net).
- Jørgensen, P.S. (1999). Hvad er kompetence?. *Uddannelse*, 1999(9), side 4-13.
- Lindahl, B. (2009). *Changes in pupils' attitudes towards science during two years within the Pollen project*. Lokaliseret den 3. marts 2010 på: [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net).
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Resources Center. (2009). Studies of Student Achievement in Science. Lokaliseret den 25. maj 2010 på: [www.nsrconline.org/pdf/ScienceAchievementStudies.pdf](http://www.nsrconline.org/pdf/ScienceAchievementStudies.pdf).
- Ornstein, A. (2006). The Frequency of Hands-On Experimentation and Student Attitudes toward Science: A Statistically Significant Relation. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3/4), side 285-297.

- Pollen. (2006). *Methodological Guide: Inquiry-Based Science Education – Applying it in the Classroom*. Lokaliseret den 3. marts 2010 på: [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net).
- Pollen. (2009). Overview of main activities and achievements. Lokaliseret den 3. marts 2010 på: [www.pollen-europa.net](http://www.pollen-europa.net).
- Rocard, M. et al. (2007). *Science Education NOW!*. Lokaliseret den 3. april 2010 på: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).
- Schiell, D. (2006). *BSE in Brazil: the program ABC na Educação Científica – a Mão na Massa*. Lokaliseret den 2. august 2010 på: [www.cdcc.usp.br/maomassa/poster\\_suecia\\_ingles.pdf](http://www.cdcc.usp.br/maomassa/poster_suecia_ingles.pdf).
- Screen, P. (1986). The Warwick process science project. *School Science Review*, 68(242), s. 12-16.
- Troelsen, R. (2006). Interesse og interesse for naturfag. *Nordina*, 2006(5), side 3-16.
- Undervisningsministeriet. (2009). *Fælles Mål: Natur/teknik*. Lokaliseret den 2. august 2010 på: [www.uvm.dk/Uddannelse/Folkeskolen/Fag%20proever%20og%20evaluering/Faelles%20Maal%202009.aspx?r=1](http://www.uvm.dk/Uddannelse/Folkeskolen/Fag%20proever%20og%20evaluering/Faelles%20Maal%202009.aspx?r=1).
- Wellington, J. (red.). (1989). *Skills and processes in science education. A critical analysis*. London: Routledge.
- Østergaard, L.D. (2005). *Hvad har børns leg og naturvidenskabelige metoder med hinanden at gøre?* København: Danmarks Pædagogiske Universitet.

## Abstract

*Inquiry-Based Science Education (IBSE) is a didactical approach to teaching science that is implemented in many educational systems throughout the world. The purpose of IBSE is to increase pupils' interest in and provide opportunities for deep learning in science education. The authors draw on international research to discuss IBSE in relation to the Danish educational system. In this article IBSE is characterized as a student driven inquiry-based teaching method that emphasizes pupils' formulation of hypothesis, experimental work, peer-to-peer work and a well structured inquiry process. Finally the article reports on results from implementing IBSE in teacher training.*