

Modellering og Computational Thinking i Gymnasiefag

Afsluttende rapport til Region Midtjylland/Regional udvikling

Rapporten er udarbejdet for Egaa Gymnasium af
Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet
Aarhus, juli 2021

Projektet er støttet af Region Midtjylland

Indhold	
Resume.....	2
1. Projektets rammer og deltagere.....	4
2. Kort introduktion til projektet. Baggrund, fag og formål	4
3. Samarbejde med søsterprojektet og udarbejdelse af en CT-didaktik	5
4. Kursusforløbets opbygning og indhold	7
4.1: Deltagere.....	7
4.2: Aktiviteter	9
4.3: Den afsluttende CT-konference	15
4.4: Start på webbaseret netværk for CT-interesserede undervisere.....	19
5. Vurdering af projektets indhold og resultater	19
5.1: Oversigt over indsamlet empiri. Baggrund for denne evaluering	19
5.2: De udarbejdede modeller og tilhørende undervisningsforløb	20
5.3: Kvantitative svar fra før- og efterundersøgelserne	24
5.4: Kvalitative svar fra før- og efterundersøgelser	24
5.5: Evalueringsværktøj og vurdering af undervisningsforløbene	32
5.6: Kursisternes evaluering af kurset	35
5.7: Opfyldelse af de opstillede mål for kurset.....	36
6. Målopfylde i forhold til kontrakten	37
7. Samlet vurdering af projektet. Hvor peger projektet hen?	39
8. Projektets økonomi.....	43
Bilag: Spørgsmål brugt i fokusgruppeinterviews	46

Rapporten er udarbejdet af:

Keld Nielsen

Morten Damsgaard-Madsen

Line Have Musaeus

Henvendelser vedrørende rapporten rettes til cctd@cc.au.dk

Resume

Projektet er gennemført i overensstemmelse med de mål, der blev angivet i ansøgningen. Alle planlagte kursusaktiviteter er afholdt, og der er gennemført et tæt parløb med et lignende projekt rettet mod matematik og de naturvidenskabelige fag. På grund af corona-restriktioner blev afslutningen af projektet dog forsinket med over et halvt år.

Projektet har demonstreret, at modelbaseret undervisning i Computational Thinking (CT) kan integreres i en række humanistiske og kreative fag i gymnasiet. Integrationen giver nye muligheder for lærerne i deres undervisning og øget faglig motivation hos eleverne, herunder indsigt i kodning og brug af modeller.

22 gymnasielærere deltog i kursusaktiviteterne. Som en del af projektet udviklede og afprøvede kursisterne 11 fagligt relevante undervisningsforløb, som alle bygger på computermodeller udviklet i det agentbaserede programmeringsmiljø NetLogo. Forløbene med tilhørende undervisningsmateriale er tilgængelige på websiden CCTD-Library. Under inddragelse af internationale forskningsresultater er der udviklet et værktøj til at evaluere elevers udbytte af fagintegreret CT-undervisning, som omfatter brug af computermodeller.

Ved projektstart erklærede 42% af kursisterne sig sikre på at vide, hvad CT i undervisningen er. I løbet af projektet steg denne andel til 100%. Samtidig faldt den andel af kursisterne, der ikke - eller kun i ringe grad - følte sig klædt på til at bruge CT i undervisningen, fra 78% til 4%.

Slutevalueringen viser, at så godt som alle kursisterne i deres fremtidigt undervisning vil bruge en eller flere af de computermodeller, der er udviklet i kurset. Det afspejler, at kursisterne generelt har været glade for at arbejde med computermodeller, herunder muligheden for at gøre eleverne mere bevidste om, hvad modeller er, hvor vigtige modeller er for erkendelse, og hvordan man kan og bør forholde sig kritisk til brugen af modeller. Brugen af modellerne opleves som et fornyende, udvidende og motiverende indslag i undervisningen. Det har således været muligt for lærerne at indfri forventningerne om at give undervisningsforløbene et solidt almindendannende element på det digitale område og derved styrke elevernes digitale myndiggørelse.

En sammenligning af de udviklede undervisningsforløb med tilsvarende forløb udviklet af lærere i matematik og naturfagene viser, at lærerne i nærværende projekt har lagt stor vægt på den kritiske og dannende – eller myndiggørende – del af undervisningen. Sammenlignet med lærere fra de naturvidenskabelige fag har de nedtonet elevernes arbejde med kodning. Dette hænger blandt andet sammen med, at kursisters faglige baggrund ikke gav dem forudsætninger for selv at arbejde i dybden med koden, herunder at kode deres egne faglige modeller. Denne funktion blev varetaget af en studenterprogrammør.

En del af de deltagende lærere fandt det vanskeligt at identificere fænomener, som var fagligt centrale og samtidig velegnede til brug i en undervisning, der inddrager computerbaserede modeller. Denne vanskelighed udgør en udfordring for et fortsat arbejde med at integrere CT i gymnasiets humanistisk/kreative fag. I en verden, hvor computere for længst har sat dybe aftryk på sprogbase og andre humanistiske/kreative aktiviteter, bør

gymnasiernes fagbeskrivelser tydeligt afspejle, hvor vigtige de digitale redskaber er i fagene. På grundlag af erfaringerne fra projektet anbefales derfor en strategi, hvor arbejdet med en umiddelbar udbredelse af projektsresultaterne til flere skoler og flere lærere, suppleres med et langsigtet udviklingsarbejde, der har til formål at opdatere fagbeskrivelserne, så de afspejler brugen af digitale redskaber i de relevante professioner.

CCTD Library

[Forside](#)
[Fag & forløb](#)
[Tilføj forløb](#)
[Inspiration](#)
[Events & netværk](#)
[Om biblioteket](#)

Romerriiget

Fokus er på Romerriiget, dets udformning, markante historiske begivenheder, styreformer og samfundsopbygning. Derudover bliver der perspektiveret til EU og USA.

NetLogo 3.g A-niveau Historie

Introduktion

Fokus er på Romerriiget, dets udformning, markante historiske begivenheder, styreformer og samfundsopbygning. Derudover bliver der perspektiveret til EU og USA. I forhold til faglige mål arbejdes der med, redegørelse for centrale udviklingslinjer og begivenheder i Danmarks historie, Europas historie og verdenshistorie, herunder sammenhænge mellem den nationale, regionale, europæiske og globale udvikling. Dokumentere viden om forskellige samfundsformer, forklare samfundsmæssige forandringer og diskutere periodiseringsprincipper og bearbejde forskelligartet historisk materiale og forholde sig metodisk kritisk til eksempler på brug af historien. Metodisk arbejdes der med historiske film og deres anvendelse, Primær og sekundære kilder, samt 1. hånds- og 2. håndskilde i forhold til Plutarch.

Aktivitetens længde

To afsluttende lektioner på 90min – en til lektiearbejde og en til arbejdet med modellen.

Materialer

Når du downloader forløbs materialet, får du adgang til forløbs NetLogo-filer samt arbejdsark. Derudover bruges Jesper Carlsen: Romerriigets historie 55-59

Aktivitetens sværhedsgrad

Information om forløbet

Forfatter

Jacob Egehoved
Paderup Gymnasium

Bjarke Brandt
Paderup Gymnasium

Materialer

[Download materiale](#)

Teknologier

NetLogo

Årgange

3.g

De undervisningsforløb, som er udviklet i forbindelse med projektet, er tilgængelige på CCTD-Library. Biblioteket hostes af Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet. Det viste eksempel er udviklet i nærværende projekt i forbindelse med historie. Biblioteket indeholder et stort antal undervisningsforløb i Computational Thinking i gymnasiefag og Informatik. Alle kan downloade og bruge forløbene. Man kan også uploade nye forløb. Se: <https://library.ct-denmark.org/>.

1. Projektets rammer og deltagere

Projekt *Modellering og Computational Thinking Gymnasiefag* (MCTiG) blev udført efter kontrakt indgået mellem Region Midtjylland/Regional Udvikling v. Per Egedal Iskov og Egaa Gymnasium v. Martin Ingemann.

Projektet blev udført af Center for Computational Thinking & Design ved Aarhus Universitet i samarbejde med Egaa Gymnasium.

De samlede projektomkostninger var 2.931.100 kr. Heraf støttede Region Midtjylland projektet med 2.204.100 kr.

Projektperioden var planlagt til at være fra 1. januar 2019 til 31. december 2020. På grund af corona-restriktionerne i 2020 blev den sidste del af projektet ændret og projektperioden forlænget til 28. februar 2021.

Denne rapport er udarbejdet for Egaa Gymnasium af Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet (cctd@cc.au.dk).

2. Kort introduktion til projektet. Baggrund, fag og formål

Projekt *Modellering og Computational Thinking Gymnasiefag* (MCTiG) bygger på erfaringer fra to andre projekter, hvoraf det ene er afsluttet, mens det andet startede et år før nærværende projekt og vil slutte et år senere.

CT I GYMNASIEFAG var et pilotprojekt, der blev gennemført i 2017 med deltagelse af ni midtjyske gymnasier samt Center for Computational Thinking & Design ved Aarhus Universitet. I projektet blev for første gang afprøvet den tilgang til undervisning af CT-i-fag, der her omtales som CMC-tilgangen (se s. 6). Pilotprojektet blev støttet af Region Midtjylland og leverede proof-of-concept for de grundlæggende didaktiske idéer. I projektet blev der udviklet seks computermodeller med tilhørende undervisningsforløb: Tre i samfundsvidenskab, to i biologi/biokemi og et i kemi. Forløbene blev afprøvet og evalueret af 15 lærere og omfattede 210 elever.

COMPUTATIONAL THINKING I MATEMATIK OG NATURFAG er et efteruddannelsesprojekt, som fortsatte der, hvor pilotprojektet stoppede. Projektet vil i denne rapport blive omtalt som mat-nat-projektet. I projektet gentages tre et-årige kursusforløb, hvor nye forløb forbedres og udbygges på grundlag af en løbende opsamling af resultater og erfaringer. Det første af de tre kursusforløb blev gennemført i skoleåret 2018/2019. Der deltog 29 kursister fra 17 gymnasier. Der blev udviklet 29 computermodeller med tilhørende undervisningsforløb i fagene matematik, fysik, kemi og biologi/bioteknologi. Ca. 970 elever deltog i afprøvningen. Erfaringerne fra mat-nat-projektets første år indgår i grundlaget for nærværende projekt. Mat-nat-projektets andet kursusforløb er blevet afviklet i perioden august 2019-januar 2021, altså i samme periode som nærværende projekt.

Det to omtalte projekter har vist, at det er muligt for lærere i gymnasiet med succes at udvikle undervisning, der integrerer Computational Thinking (CT) og modeller skrevet i programmeringsmiljøet NetLogo i fagene samfunds-fag, matematik, fysik, kemi og biologi/biokemi.

Formålet med nærværende MCTiG-projekt har været at demonstrere, at modelbaseret undervisning i informatik i form af CT kan integreres i en bredere vifte af de nuværende fag i gymnasiet, samt at demonstrere, at denne integration giver nye muligheder for lærerne i deres undervisning og øget faglig motivation hos eleverne, herunder indsigt i kodning og brug af modeller.

Midlet har været at teste ideernes rækkevidde ved - i samarbejde med det ovenfor omtalte mat-nat-projekt - at uddanne en række lærere fra fag, som ikke tidligere har været afprøvet i forbindelse med modellering og integration af CT-i-fag og sammen med lærerne udvikle undervisningsforløb, hvor CT integreres i de nye fag. Aktuelt har der været tale om fagene historie, samfunds-fag, mediefag, musik, dansk og international økonomi.

3. Samarbejde med søsterprojektet og udarbejdelse af en CT-didaktik

I hele projektperioden har der været samarbejde med det omtalte mat-nat-projekt, der strækker sig fra august 2018 til juni 2022. I projektet gentages et et-årigt kursusforløb tre gange. Projektet bygger på de samme ideer som MCTiG, men er rettet mod lærere fra matematik og naturfagene.

Mat-nat-projektet gennemføres af CCTD i samarbejde med Danske Science Gymnasier og er støttet af VILLUM FONDEN.¹

Det første af de tre kursusforløb i mat-nat-projektet blev gennemført i skoleåret 2018/2019. Vurderet ud fra kursisternes evalueringer samt de producerede computermodeller og elevaktiviteter var kurset succesfuldt, idet alle kursister var i stand til at producere og afprøve computermodeller med tilhørende elevaktiviteter. I det efterfølgende skoleår anvendte mere end halvdelen af kursisterne computational thinking i deres undervisning. Der er udgivet en evalueringsrapport.² De udviklede undervisningsforløb er tilgængelige på: <https://library.ct-denmark.org>.

Det andet af de tre kursusforløb blev gennemført i skoleåret 2019/2020, omtrent samtidig med nærværende MCTiG-projekt. Der deltog 40 kursister fra fagene matematik, fysik, kemi, geografi og biologi/bioteknologi. Ca. 1000 elever deltog i afprøvning af de udviklede undervisningsforløb. På grund af skolelukningerne i foråret 2020 blev projektet forlænget til november 2020.

¹ Du kan læse mere om projektet her: <https://cctd.au.dk/projects/ctimnat-computational-thinking-in-math-and-science>

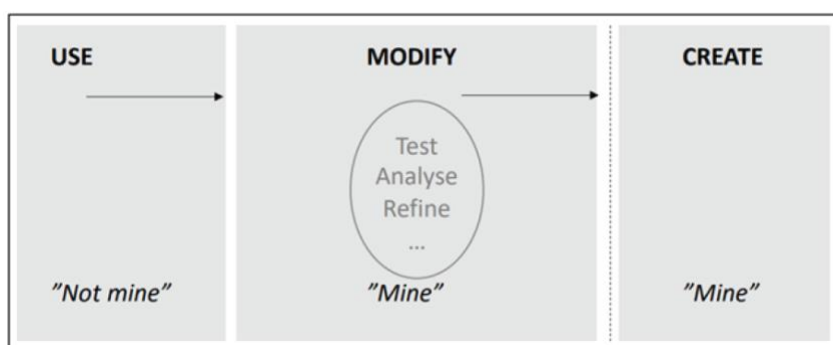
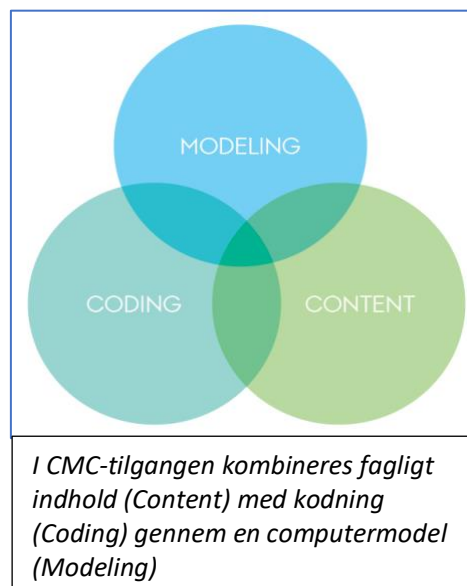
² Rapporten findes her: <https://cctd.au.dk/fileadmin/www.cctd.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CTIMNAT-1-evaluering-fin3.pdf>

Det tredje kursusforløb i mat-nat-projektet vil blive gennemført i skoleåret 2021/2022.

I et samarbejde mellem de to projekter blev der i perioden december 2019 til august 2020 udarbejdet et didaktikhæfte for CT i gymnasiefag.³ I didaktikken formuleres grundlaget for den undervisningstilgang, der er udviklet i forbindelse med de to projekter.

I didaktikhæftet behandles følgende punkter:

- Baggrunden for at arbejde med CT-i-fag i gymnasiet, herunder erfaringer fra projekterne
- Begrundelse for at arbejde med CT i gymnasiet fag
- En afgrænsning af hvad man kan forstå ved CT i undervisning, herunder en begrundelse for, at arbejde med modeller er centralt både for elevernes udvikling af CT-kompetencer og for integrationen af CT i de eksisterende fag
- CMC-tilgangen, som er den gennemgående didaktiske metode i begge projekter (se boks)
- Råd og vejledning vedrørende lærerens stilladsering af arbejdet med CT-undervisningsforløb
- En introduktion til programmeringsmiljøet NetLogo
- Læringsmål for CT-undervisning
- Eksempler på gennemførte undervisningsforløb.



Et andet vigtigt didaktisk princip består i, at læreren i elevernes arbejde skelner mellem deres brug af en model, hvor modellen simulerer det faglige fænomen, deres modifikation af modellen gennem at lave mindre ændringer i modelkoden og skabelse af ny modelkode. Princippet omtales som USE-MODIFY-CREATE. Rigtigt anvendt fører princippet bl.a. til at eleverne udvikler en følelse af ejerskab over for den model, de selv har lavet ændringer i.

³ <https://cs.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CT-didaktik2020.pdf>

Da mat-nat-projektet begyndte et år tidligere end MCTiG, bygger didaktikken hovedsageligt på erfaringer det første mat-nat-kursusforløb, samt fra det allerede omtalte pilotprojekt, der var en forløber for begge projekter.

4. Kursusforløbets opbygning og indhold

Nærværende projekt var planlagt til at vare fra januar 2019 til maj 2020. På grund af coronarestriktioner måtte den sidste workshop i projektet, der var planlagt til 30. april 2020, udsættes til den 3. november 2020 og afholdes virtuelt. Det var oprindeligt planen at kombinere denne sidste workshop med en åben CT-konference (et projektseminar) med deltagelse for alle interesserede, men det blev nødvendigt at begrænse arrangementet til kun at indeholde workshoppen, så det kun var kursister og projektmedarbejdere, der deltog.

Konferencedelen blev derefter gennemført som et selvstændigt arrangement den 27. januar 2021. (Se omtalen s. 15-19).

Her omtales de enkelte dele af projektet.

4.1: Deltagere

Tilmeldingsfasen

Der var tilmeldingsfrist den 14. december 2018. I et informationsbrev til rektorerne ved de midtjyske gymnasier blev der lagt vægt på:

- At projektet byggede på et pilotprojekt, som i 2017 med succes blev gennemført af *Center for Computational Thinking og Design ved Aarhus Universitet (CCTD)* i samarbejde med 9 midtjyske gymnasier. Projektets hjemsted var Egaa Gymnasium.
- At projektet således byggede på et gennemprøvet og evalueret koncept, der introducerer lærere og elever til at arbejde med CT
- At projektet ville arbejde med en videreudvikling af didaktikken fra pilotprojektet og desuden ville trække på erfaringer fra to andre projekter, som sideløbende afvikles af CCTD, nemlig *Computational Thinking i matematik og naturvidenskab* og *Digital Myndiggørelse*
- At Formålet med det planlagte projekt var at udvikle og bygge videre på de opnåede resultater ved at udarbejde og teste en konkret didaktik for integration af CT i faglige sammenhænge samtidig med at inddrage flere fag, skoler, lærere og elever.
- At ville opbygge langsigtede og anvendelsesrettede CT-kompetencer på de deltagende skoler ved at uddanne lærere, der lokalt kunne fungere som CT-resursepersoner

Kursisternes fordeling på skoler og fag

Skolerne tilmeldte 24 kursister, men da en skole faldt fra, endte vi med 22 kursister.

Følgende skoler deltog i projektet:

Institution	Antal kursister
Århus Gymnasium	2
Egaa Gymnasium	3
Viborg Gymnasium & HF	2
HHX Holstebro	2
Paderup Gymnasium	2
Marselisborg Gymnasium	2
Vesthimmerlands gymnasium og HF	1
Horsens Gymnasium	2
VGT	2
Holstebro Gymnasium	2
Bjerringbro	2
I alt	22

Kursisternes fag fordelte sig således (alle kursister havde mindst to fag):

Fag	Antal kursister
Historie	8
Samfundsfag	10
Mediefag	3
Musik	4
Dansk	6
International økonomi	2
Filosofi	1
Religion	1
Matematik	2
Engelsk	2
Billedkunst	1
Idræt	1

Da alle kursister havde mindst to fag, og da der ikke var kapacitet til udarbejde modeller i alle fag, blev der udviklet modeller med tilhørende undervisningsforløb i følgende fag (se også afsnit 4.2):

Fag	Antal modeller
Historie	4 modeller
Samfundsfag	2 modeller
Mediefag	1 model
Musik	1 model
Dansk	2 modeller
International økonomi	1 model

4.2: Aktiviteter

Workshops og coaching møder

Indholdet i de tre første workshops fokuserede på de store linier i projektet og hvordan man arbejder med CT. Den fjerde workshop blev afholdt sammen med mat-nat-projektet.

Hovedvægten var på præsentation af de udarbejdede undervisningsforløb. I to coaching sessions mødtes kursisterne i mindre grupper

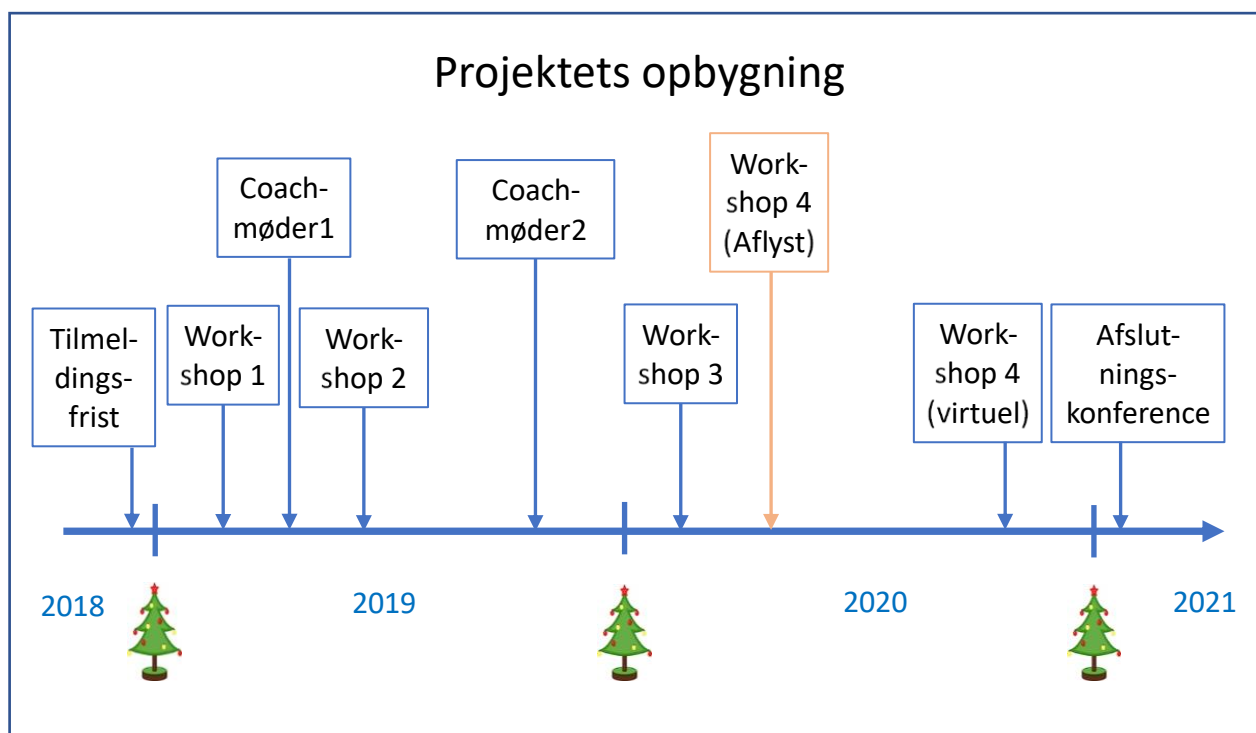
Workshop 1 (18.-19. marts 2019)

Workshoppen blev afholdt som to-dages seminar. Der deltog 21 kursister, der blev introduceret til projektets struktur og indhold som basis for en første afklaring af kursisternes forudsætninger og forventninger. I forlængelse heraf besvarede kursisterne et on-line spørgeskema med dette fokus.

Kursisterne blev orienteret om økonomi og tidsplan og programmet for kurset.

Workshoppen introducerede desuden nogle af de grundlæggende begreber, som konstituerer den version af CT, der er arbejdet med i projektet:

- CMC tilgangen som giver mulighed for at arbejde med lærernes faglighed (Content) i et samspil med modellering (Modelling) og konkret kodning (Coding).
- Agent Baseret modellering (ABM) som blev introduceret af Arthur Hjorth fra CCTD. Han gennemgik hvordan denne tilgang til modelbygning kan anvendes i forskellige fag og hvordan simulationer kan gøre det nemmere at forstå komplekse problemstillinger.
- Kursisterne gennemgik nogle introducerende øvelser i Netlogo, som er udviklet til projektet.



Som forberedelse til Workshop 2 skulle kursisterne aflevere et ark, hvor de ud over skitsen af modellen skulle udvikle minimum tre foreløbige ideer til aktiviteter, som eleverne kunne lave med modellen.

Det viste sig at være vanskeligt for kursisterne - med deres aktuelle faglige baggrund - at forholde sig til et programmeringssprog ud fra de kendte eksempler. For at understøtte arbejdet fra Workshop 1 og 2 blev der derfor i forbindelse med coachingmødet lavet endnu en øvelse i Netlogo, hvor kursisterne arbejdede med en simpel model, skrevet i NetLogo. Modellen simulerede personer med forskellige politiske overbevisninger, der mødes og prøver at overbevise hinanden. I samme forbindelse blev der arbejdet konkret med Use-

Modify-Create-tilgangen, så kursisterne selv blev trænet i at forstå og lave mindre udvidelser til en konkret model.

I forbindelse med coachingmøderne blev der også udviklet et andet nyt værktøj, som skulle hjælpe kursisterne med at konkretisere deres model. Værktøjet fik navnet interface toolkit. Med udgangspunkt i CMC-tilgangen hjælper interface toolkit kursisterne med bevægelsen fra faglighed til modellering. Værktøjet er inspireret af Design Thinking, hvor man arbejder med skitser og prototyper, som efterhånden udkrystalliseres i en model. Ved at tvinge kursisterne til at arbejde med flere mulige modeller udvides deres innovative tænkning og der kommer flere ideer på banen end dem de først forestillede sig.

Det meste af tiden på coachingmøderne blev brugt til at arbejde med interface toolkit. Det resulterede i en række nyttige udgangspunkter for den videre kodning. Kursisterne bevægede sig altså konkrete fra Content over Modelling mod Coding.

Med baggrund i de repræsenterede fag havde kursisterne ikke forudsætninger for at tilegne sig programmeringskompetencer i en sådan grad, at de kunne kode deres egne modeller i NetLogo. Denne opgave blev varetaget af studenterprogrammører, der blev betalt af projektet. Men i hele processen var CMC-tilgangen styrende for processen.

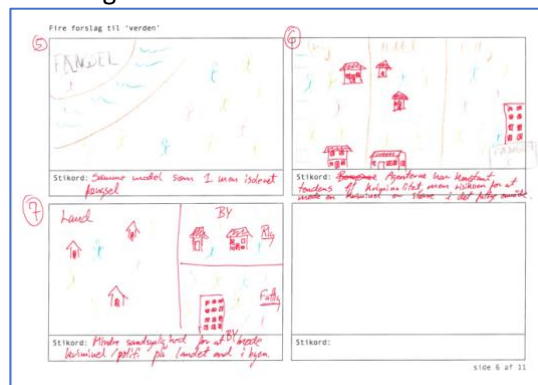
Mellem workshop 1 og workshop 2 blev der sat gang i arbejdet med udviklingen af de konkrete modeller. Der blev brugt meget tid på sparring med kursisterne og udvikling af modellerne i faser, hvor den projektansvarlige fik feedback og ideer fra kursisterne.

Kursisterne brugte i denne fase mange kræfter på at finde modellerbare faglige fænomener og beskrive dem for studenterprogrammørerne, så selv om de ikke selv lavede kodningen, var de meget

Eksempel på brug af interface toolkit

Der arbejdes med emnet "kriminalitet og straf" i tre faser:

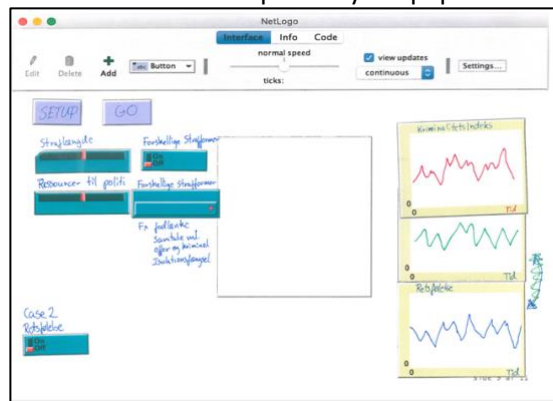
1. Den tidlige modelleringsfase med forskellige modeller



2. Udkast til den endelige model



3. En Netlogo prototype hvor interface-elementer limes fast på et stykke papir:



involverede i processen. Flere af kursisterne gik dog et skridt videre og lavede selv dele af kodningen, så for de af dem der blev grebet af denne del, var der en stor udvikling i deres kodningskompetencer.

Workshop 2 (9. maj 2109)

22 kursister og tre projektmedarbejdere deltog i workshop 2.

Kursisterne fik feedback i forbindelse med en gennemgang af øvelserne i Netlogo fra Workshop 1.

Workshoppen introducerede nogle flere grundlæggende begreber, som kan anvendes i forbindelse med CT. Denne gang med mindre fokus på modellering og mere fokus på didaktik:

- Use-Modify-Create-tilgangen (UMC). Denne tilgang minder om stilladsering af skriftlige opgaver og gør det nemmere for eleverne at arbejde med komplekse modeller.
- Fordele ved en modelbaseret tilgang, f.eks. tydeliggørelse af mentale modeller samt overvejelser om modellens rækkevidde og begrænsninger.
- Iteration som metode, herunder vigtigheden af at arbejde sig ind i stoffet vha. inkrementelle ændringer.

Kursisterne fik derefter mulighed for udvikle videre på deres foreløbige ideer og få feedback på dem. Efter Workshop 2 afleverede kursisterne et revideret modelark.

Coachingmøder runde 2 (efterår 2019)

Denne runde af coachingmøder blev afholdt mellem workshop 2 og workshop 3. Der blev afholdt 2 runder af coachingmøder. På coachingmøder blev der arbejdet videre med modeludviklingen. De store linier op i projektet blev også trukket op.

Vi repeterede de grundlæggende tilgange i CT, nemlig Content-Modeling-Coding-tilgangen (CMC), fordele ved agentbaseret modellering (ABM), Use-Modify-Create-tilgangen (UMC), iteration i designtilgangen og den modelbaserede tilgang. Desuden introducerede vi en række nye begreber og værktøjer til at arbejde med den konkrete udformning af forløb til modellerne

- Kursisterne blev introduceret til begrebet emergens, som optræder, når der opstår aggregerede mønstre på makroniveau ud fra interaktionen mellem agenterne i modellens mikroniveau.
- Kursisterne blev præsenteret for konkrete eksempler på, hvordan man kan:
 - Bruge CMC-tilgangen som inspiration til forløb og øvelser
 - Bruge Use-Modify-Create tilgangen til at skabe progression i deres forløb
 - Lade eleverne teste fagligt begrundede hypoteser (dvs. undersøg deres egne mentale modeller)
 - Lade eleverne overveje modellernes gyldighed, rækkevidde, begrænsninger og udtrykskraft

- Lade eleverne overveje begrebet emergens (udvikling fra mikro til makro)
- Lade eleverne arbejde med små dele af koden
- Desuden blev der vist række ideer til, hvordan modellen konkret kan opbygges og hvilke parametre der kan ændres. Dette blev koblet til en diskussion af didaktik og læring i forhold til UMC.

Workshop 3 (20. marts 2020)

Der deltog 22 kursister i workshoppen.

Denne workshop havde fokus på at opsamle og fokusere det sidste arbejde med modeludviklingen. Planen var at arbejde frem mod præsentation af modeller og undervisningsforløb på den sidste workshop med tilhørende konference senere på foråret (Denne workshop/konference blev som omtalt udskudt pga. corona).

På dette tidspunkt var modellerne færdigudviklede og arbejdet på workshoppen koncentrerede sig om, hvordan forløbene kunne afprøves på skolerne. Selve afprøvningen i klasseværelset blev dog gjort vanskeligt af Corona, og mange kursister kunne ikke gennemføre deres afprøvning i foråret.

Workshoppen blev også brugt til at repetere de grundlæggende tilgange i CT, nemlig CMC, ABM, UMC, iteration og den modelbaserede tilgang. Samtidig var der lejlighed til at tage et mere samlet syn på undervisningen ved at diskutere, hvorfor det er vigtigt at arbejde med kodning: Det blev diskuteret, hvordan og i hvilket omfang man kan skabe mulighed for at eleverne:

- Opnår en bedre forståelse af kausalsammenhænge i faglige fænomener
- Opnår en bedre forståelse af komplekse fænomener
- Bliver digitalt myndige borgere (empowerment/dannelsesbidrag)
- Bliver bedre uddannede borgere (kompetenceudvikling)
- Bliver mere kritiske og reflekterede (modellers rækkevidde og begrænsning)
- Får mere lyst til at melde sig som studerende på forskellige IT uddannelser – og meget gerne flere kvinder

Desuden blev det uddybet hvilke greb man kan lave i sin kode for at aktivere eleverne og opnå nogle af de effekter, der er nævnt ovenfor. De greb som kursisterne arbejdede med var blandt andet:

- Kan modellen opnå en ligevægt? Hvordan?
- Hvad er forskellen på de forskellige kørsler af modellen?
- Hvilken effekt har det, når der ændres på værdier af sliders?
- Hvordan fungerer verden og agenter?
 - Er det overskueligt?
 - Skal der ændres på størrelse?
 - Skal der ændres på farver?
 - Skal der ændres på opførsel?
- Hvordan passer modellen med de forventninger, I – dvs eleverne - har ud fra jeres fag?

- Hvordan kan eleverne arbejde med meningsfulde ændringer i koden?

Workshop 4 (3. november 2020) Afholdt fælles med mat-nat-projektet

Den sidste workshop var oprindeligt planlagt til afholdelse den 30. april 2020. Det var planen, at workshoppen skulle kombineres med en konference, som var åben for alle, hvor resultaterne af de to projekter kunne præsenteres for et større forum, og fremtiden for CT-undervisning i gymnasiet kunne diskuteres. På grund af corona-nedlukninger blev de to arrangementer udsat og afholdt hver for sig. Workshop 4 blev afholdt den 3. november 2020. Konferencen blev afholdt den 27. januar 2021.

Workshop 4 var den sidste og afsluttende workshop i forløbet. Den blev afholdt virtuelt som en fælles workshop for kursisterne fra dette projekt og mat-nat-projektet. I alt deltog 68 kursister og medarbejdere. Vi fik hjælp fra Institut for Datalogi til den virtuelle afvikling, der foregik over Zoom. Mødeafviklingen fungerede optimalt.

Workshoppen blev afholdt fra kl. 9 til 12. Der var fælles velkomst til alle kursister ved de to projektledere. Første programpunkt var en præsentation af to eksemplariske undervisningsforløb, et forløb fra samfundsfag fra MCTiG og et forløb fra fysik fra mat-nat-projektet. Efter dette programpunkt delte deltagerne sig i to grupper hørende til de to projekter.

I god tid inden workshoppen havde alle hold af kursister afleveret en poster om deres undervisningsforløb, en fil med NetLogokoden og en beskrivelse af det tilhørende undervisningsforløb.

Kursisterne fra MCTiG og deltog i tre runder af "postersessions", hvor et team af kursister fremlagde deres undervisningsforløb på baggrund af deres poster. Hver postersession foregik i 3 parallelle grupper. I hver gruppe fremlagde et team i løbet af 20 minutter deres model med tilhørende undervisningsforløb for 5-7 andre kursister. Efter 20 minutter valgte kursisterne nye grupper og overværede fremlæggelsen af et nyt undervisningsforløb. Og igen en tredje gang.

Derefter var der afsat 25 minutter til at kursisterne kunne udfylde to spørgeskemaer i SurveyXact: Ét spørgeskema, som var en opfølgning på det spørgeskema kursisterne havde udfyldt i forbindelse med den første workshop, og ét hvor de evaluerede kurset. Resultaterne omtales i afsnit 4.

Sidste punkt på programmet var igen fælles for alle kursister og bestod i en opsamling på de resultater fra de to kurser samt andre initiativer med relation til kurserne:

- [Færdige CT-undervisningsforløb: Afprøvede modeller i NetLogo med tilhørende aktivitetsbeskrivelser og arbejdsark udviklet af danske gymnasielærere.](https://library.ct-denmark.org/) (<https://library.ct-denmark.org/>)
- [Computational Thinking i gymnasiefag – En modelbaseret didaktik](#), Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020. Et hæfte med en CT-

didaktik, som er blevet til på baggrund af erfaringerne fra projekterne.

(<https://cs.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CT-didaktik2020.pdf>)

- Computational Thinking og Modellering i STEM-fag i gymnasiet. Kort YouTube-video fra Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020. Videoen præsenterer CMC-modellen og viser en klasses arbejde med et en NetLogo-model. (<https://www.youtube.com/watch?v=9R9r5w2Gr-w>)
- Computational Thinking i gymnasiefag . Fem artikler i LMFK-bladet, 2020, skrevet af fire gymnasielærere på baggrund af deres erfaringer med at inddrage CT i deres undervisning. (http://www.lmfk.dk/artikler/data/artikler/2001/2001_10.pdf)
- Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab. Evaluering af det første år i matematik-naturfagsprojektet. (<https://cctd.au.dk/fileadmin/www.cct.au.dk/cctd.au.dk/PDFs/CTIMNAT-1-evaluering-fin3.pdf>)
- Podcast-serie om computational thinking i forskning og uddannelse. Podcasts fra It-vest, 2020. Produceret af Anders Høeg Nissen, der er kendt fra DRs Harddisken. (<https://www.it-vest.dk/aktiviteter/podcast-om-computational-thinking/>)
- Computational Thinking — hvorfor, hvad og hvordan? Rapport fra It-vest, 2018. (https://www.it-vest.dk/fileadmin/user_upload/pdf/2018-12-18--Computational-Thinking--hvorfor-hvad-og-hvordan--PRINT-2-sided.pdf)
- Caspersen, Michael E.: Computational thinking, kapitel 4.15 i Gymnasiepædagogik – En grundbog, 3. udg., side 470 – 478, Hans Reitzels Forlag, 2017. (<https://gymnasiepaedagogik.digi.hansreitzel.dk/index.php?id=frontpage>)

Til trods for at det for arrangørerne var den første erfaring med at organisere og afholde et så stort virtuelt arrangement med mange forskellige aktiviteter, fungerede arrangementet over al forventning. Der var 68 deltagere. Alle indlæg var karakteriseret ved høj mødedisciplin og et højt aktivitetsniveau fra kursisternes side, de steder hvor det var relevant.

4.3: Den afsluttende CT-konference

Den afsluttende konference blev afholdt 27. januar 2021. Der var mere end 100 deltagere. Temaet var, hvorfor og hvordan man uddanner og efteruddanner lærere til at undervise i Computational Thinking i gymnasiet, og hvilken rolle resultaterne fra de to søsterprojekter kan spille i den forbindelse.

Konferencen blev afviklet på Zoom og optaget på video. Videoen er tilgængelig: [Link til konferencevideo](#).

Program for konferencen:

13.00-13.05	Velkomst: <i>Martin Ingemann</i> , rektor, Egaa Gymnasium
13.05-13.20	<i>Hanne Roed</i> : Rammer og visioner i Region Midtjylland
13.20-13.35	<i>Egil Dixen</i> : Hvorfor er Computational Thinking vigtig for udvikling af gymnasiet?
13.35-13.45	<i>Marianne Graves Petersen og Ida Christine Vestergaard Andersen</i> : Informatikundervisning. Ny masteruddannelse fra Aarhus Universitet
13.45-14.00	<i>Marie-Louise Wagner</i> : Digital myndiggørelse i den danske grundskole

14.00-14.10	<i>Pause</i>
14.10-14.15	Video (3 min): Computational Thinking i STEM-fagene i gymnasiet
14.15-14.30	<i>Line Have Musaeus</i> : Computational Thinking i gymnasiet
14.30-14.50	<i>Jonas Ørbæk Hansen og Morten Damsgaard-Madsen</i> : Om de to efteruddannelsesforløb
14.50-15.05	<i>Pause</i>
15.05-15.25	<i>Jonas Ørbæk Hansen</i> : Præsentation af CCTD-Library og udvalgte undervisningsforløb
15.25-16.10	Fremtid for CT i gymnasiet – paneldebat: <i>Michael E. Caspersen (ordstyrer), Hanne Roed, Kathrine Madsen, Lars Bluhme, Linda Bettina Petersen, Eigil Dixen.</i>
16.10-16.15	Afslutning: <i>Martin Ingemann</i>

Oplægsholdere og paneldeltagere:

Hanne Roed er 1. næstformand for Regionsrådet, Region Midtjylland, og medlem af Udvalget for Regional Udvikling.

Eigil Dixen sidder styregruppen for Danske Science Gymnasier (DASG). Har her ansvaret for Computational Thinking i Matematik og Naturfag. Har virket i gymnasiet i 40 år, heraf 13 år som Egaa Gymnasiums første rektor.

Marianne Graves Petersen er lektor ved Institut for Datalogi, Aarhus Universitet.

Ida Christine Vestergaard Andersen er faglig koordinator for Master i Informatik Undervisning.

Marie-Louise Wagner er centerkoordinator i Center for Computational Thinking & Design på AU. Projektleder for forsøg med valgfag i teknologiforståelse (2017 - 2020), kompetenceopbygning for folkeskole- og gymnasielærere inden for digital myndiggørelse samt udvikling og koordinering af fellowship for folkeskolelærere, der arbejder med teknologiforståelsesfagligheden.

Jonas Ørbæk Hansen er projektleder på *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*. Underviser i fysik og kemi på Silkeborg Gymnasium.

Morten Damsgaard-Madsen er projektleder på *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiet*. Underviser i informatik, erhvervsøkonomi og samfundsfag på Egaa Gymnasium.

Line Have Musaeus er Ph.D.-studerende ved CCTD og en af Danmarks førende CT-didaktikere. Tidligere underviser i biologi på Silkeborg Gymnasium.

Kathrine Madsen er fagkonsulent i Børne- og Undervisningsministeriet for fagene informatik og informationsteknologi. Underviser i informatik og matematik på Borupgaard Gymnasium.

Lars Bluhme er rektor på Odder Gymnasium. Er medlem af Danske Gymnasiers it-arbejdsgruppe som i foråret offentliggjorde en ny strategi på området.

Linda Bettina Petersen er formand for Foreningen af Lærere i Samfundsfag (FALS). Underviser i samfundsfag og historie på Rosborg Gymnasium og HF.

Michael E. Caspersen er direktør for it-vest og adjungeret professor i computational thinking ved Institut for Datalogi, AU. Har haft centrale roller i udformningen af fagene Informatik (gymnasiet) og Teknologiforståelse (grundskolen).

OM KONFERENCEN

Programmet faldt i tre dele (videoens tidskode er angivet i parentes)

1. Rammesætning (0:00:00 til 0:56:40)

Som indledning præsenterede en række aktører deres syn på udviklingen på området og deres rolle i denne udvikling. Der var indlæg fra Region Midtjylland, fra Danske Science Gymnasier, og fra CCTD, hvor medarbejdere dels fortalte om den nye masteruddannelse i informatikundervisning, dels om udviklingen af teknologiforståelsesfaget i grundskolen. Der er behov for en indsats, som passer ind i regionens bredere uddannelsespolitik, som giver de unge aktuelle kompetencer på det digitale område og som styrker undervisningen i gymnasiet, så den er afstemt med udviklingen i grundskolen og på universitetet. Det blev understreget af alle oplægsholdere, at den digitale udvikling i samfundet har skabt et behov for en ny type dannende og myndiggørende undervisning.

2. Præsentation af to afsluttede efteruddannelsesforløb (0:56:40 til 1:55:00)

Konferencen markerede afslutningen på to større forløb med efteruddannelse af gymnasielærere, hvor CCTD har spillet en central rolle:

- 22 lærere fra samfundsfag, dansk, historie, mediefag, økonomi og musik har afsluttet efteruddannelsesforløbet *Modellering og Computational Thinking i Gymnasiet*, der blev gennemført i samarbejde med Egaa Gymnasium og støttet af Region Midtjylland.
- 40 lærere fra STEM-fagene har afsluttet et forløb i projektet *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*, der blev gennemført i samarbejde med Danske Science Gymnasier (DASG) og støttet af VILLUM FONDEN.

Indholdet og resultaterne af de to kursusforløb blev præsenteret, herunder de nye didaktiske idéer, der ligger bag den tilgang til CT-undervisningen, som kursisterne har arbejdet med. I alt har kursisterne udviklet og afprøvet 27 undervisningsforløb, der kombinerer et kendt fagligt fænomen med en computerbaseret model, som er udviklet til netop dette undervisningsforløb.

3. Paneldebat: Hvad med fremtiden? (1:55:10 til 2:42:00)

Den sidste del af konferencen var en paneldebat rettet mod den kommende udvikling under overskriften *Fremtid for CT i gymnasiet*.

Deltagerne repræsenterede en række centrale aktører på området: *Region Midtjylland* (ved Hanne Roed, næstformand for Regionsrådet), *Børne- og Undervisningsministeriet* (ved fagkonsulent Kathrine Madsen), *Danske Gymnasier* (ved rektor Lars Bluhme), *Foreningen af Lærere i Samfundsfag* (ved Linda Bettina Petersen, formand) og *Danske Science Gymnasier* (ved Eigil Dixen, medlem af styregruppen).

Michael E. Caspersen, direktør for it-vest, var indpisker og ordstyrer.

Nogle hovedpunkter fra paneldebatten:

Udviklingen i gymnasiet er indrammet af det, der foregår i folkeskolen, og det der foregår på de videregående uddannelser. Begge steder forfølger man en to-strengt strategi: CT-som-fag – i gymnasiet under navnet informatik – og CT-i-fag.

Flertallet af deltagerne efterlyste en lignende to-strengt strategi i gymnasiet. Det centrale er at få CT og andre digitale kompetencer bredt ud i mange fag. Af faglige grunde vil det kræve, at CT/informatik også sikres en plads som et selvstændigt fag.

For tiden er faget informatik obligatorisk på HHX på C-niveau og er semi-obligatorisk på HTX, og på STX. Men generelt er det vanskeligt at få eleverne til at vælge faget, fordi de fleste elever ikke ved hvad informatik er, fordi de ikke hører om det. Det vil ændre sig, hvis digital teknologiforståelse indføres som fag i grundskolen.

Ordstyreren pegede på problemet med at udbrede en CT-dagsorden på gymnasierne. Projekter, som dem der er præsenteret på konferencen, rammer kun nogle få lærere. Lige nu kæmper mange lærere en ensom kamp for at få CT ind i undervisningen. Hvordan breder man ud og skalerer op til mange lærere og mange fag, samtidig med at man opbygger den nødvendige faglige kultur omkring CT/informatik på skolerne?

En række konkrete muligheder blev præsenteret og diskuteret:

På den enkelte skole kan man sætte sig ned, ledelse og lærere sammen og gerne med elevrepræsentanter, og lave en it-strategi for skolen, som kan indeholde en målsætning om, at der skal indgå CT-problemstillinger i de enkelte fag. Udviklingen kommer ikke af sig selv, bare fordi projektresultaterne er der. Der skal også en ledelse til, som siger, "Det er det her vi vil".

Læreplanerne for alle fag skal gennemskrives, så de får et element af digital dannelse og evne til at skabe med digitale redskaber og digitale koder. Der skal være et selvstændigt fag, så det ikke er enten i-fag eller som-fag, men både-og.

Man kan synliggøre det, der allerede foregår på gymnasierne, gennem at lave en national platform for udvikling af it-undervisning: Mange lærere efterspørger undervisningsforløb, der er forholdsvis færdige, fordi de har så travlt. Så hvorfor laver vi ikke et fællesskab og får de her ting spredt? En landsdækkende portal for viden om det her. Det kunne være noget med at man ovenfra lagde en strategi for, hvordan vi får det ud til lærerne, hvordan får vi det didaktiseret, så det er forholdsvis nemt at gå til. Så kan vi godt få lærerne i tale.

Man er nødt til at udvikle en fagkultur på skolerne omkring det her. En progression fra folkeskolen til ungdomsuddannelser vil være helt naturlig. Men udviklingen vil kræve ressourcer fra politisk hold. Blandt andet til efteruddannelse. Vi kan ikke etablere en ny faglighed og en ny fagkultur uden at investere.

Danske Science Gymnasier (DASG) vil gerne invitere til at samarbejde, hvor vi sammen prøver at udvikle nogle tilbud til skolerne. Når skolerne har lavet en it-strategi og gerne vil sætte noget i gang, så kunne det være rigtig godt, hvis vi kunne komme med et tilbud, som siger: Vi har faktisk et forløb her, som kan gå ud i langt de fleste fag, så vi kan lave skolebaseret efteruddannelse inden for CT. Den erfaring, som DASG har inden for de naturvidenskabelige fag og matematik, kan sagtens kan bredes ud i gymnasiet.

Det er integrationen af CT/informatik i fagene, der bliver fremtiden. Det bliver det, der kommer til at bringe os et andet sted hen. Danmark kan gå forrest på det her område, fordi

vi har et godt uddannelsessystem. Vi skal gøre det nu, før de gør det i andre lande. Hvis nogen kan og vil gøre det, kan og vil vi politikerne finde penge til det.

4.4: Start på webbaseret netværk for CT-interesserede undervisere

Umiddelbart i forlængelse af konferencen blev der afholdt et virtuelt møde med det formål at samle en første brugergruppe for et webbaseret netværk for CT-interesserede lærere i gymnasiet.

I forbindelse med de websider, hvor kursisternes færdige undervisningsforløb er tilgængelige (CCTD Library), stiller CCTD en facebook-lignende side til rådighed for netværket. På siden vil det være muligt at uploade, præsentere og diskutere idéer til CT-undervisning, invitere til samarbejde, annoncere nyheder og begivenheder osv.

Ca. 30 lærere deltog i mødet. Fem af dem meldte sig til en gruppe, der har til opgave at udforme siden og igangsætte brugen af den. Gruppen ledes af Jonas Ø. Hansen, projektleder på mat-nat projektet. Siden har nationalt sigte. På sigt vil alle gymnasielærere og andre med interesse for CT-undervisning i gymnasiet blive inviteret til at bruge siden.

CT-netværket træder i stedet for det kompetencecenter, som var planlagt i forbindelse med projektet. Et levedygtigt kompetencecenter vil kræve, at der er et regionsbaseret projekt som kan være den kerne, som aktiviteterne kan samle sig omkring. Idet det blev besluttet, at udskyde en fortsættelse af MCTiG-projektet, forsvandt muligheden for denne kerne, og det er mere hensigtsmæssigt i stedet at lave en CT-forum på nettet.

5. Vurdering af projektets indhold og resultater

5.1: Oversigt over indsamlet empiri. Baggrund for denne evaluering

Det centrale udgangspunkt for at evaluering kurset er de udarbejdede 11 undervisningsforløb og afprøvningen af dem i klasseværelserne. Med til afprøvningen hører, at 111 elever - umiddelbart efter at de havde deltaget i afprøvningen - svarede on-line på en række spørgsmål vedrørende deres deltagelse. Elevernes svar er behandlet i afsnit 6.5. Der er udarbejdet et værktøj til evaluering af modelbaserede CT-undervisningsforløb. Værktøjet er beskrevet og anvendt på de udarbejdede undervisningsforløb i afsnit 6.5. De udarbejdede undervisningsforløb er omtalt nærmere i afsnit 6.2.

Kursisterne har besvaret to on-line spørgeskemaer (præsenteret på SurveyXact) om deres holdning til CT og CT-undervisning: Et spørgeskema umiddelbart efter deres første workshop i marts 2019 (præ-survey) og et umiddelbart efter den fjerde workshop i november 2020 (post-survey). De to spørgeskemaer var identiske. Spørgeskemaundersøgelserne vil herefter blive omtalt som "før-undersøgelsen" og "efter-undersøgelsen". Spørgsmålene kan ses i bilag Y. Kursisternes kvantitative svar på før- og efterundersøgelsen er præsenteret i afsnit 5.3.

Der er gennemført to fokusgruppeinterviews med to mindre grupper af kursister. Det første blev gennemført i forbindelse den tredje workshop, dvs. i marts 2019. Det sidste blev gennemført umiddelbart efter den fjerde workshop i november 2020. De to interviews ligger altså tidmæssigt tættere på hinanden end spørgeskemaundersøgelserne.

Begge fokusgruppeinterviews blev foretaget af en person der havde godt kendskab til projektet, uden dog at være direkte involveret i afviklingen. Spørgsmålene fra de to interviews kan ses i bilaget.

I før- og efterundersøgelsen havde kursisterne mulighed for at skrive kvalitative udsagn i forbindelse med spørgsmålene. De kvalitative udsagn er tematiseret og kommenteret i afsnit 5.4 sammen med indholdet i de to fokusgruppeinterviews.

I de hvert af de to fokusgruppeinterviews deltog kun fire kursister. Betragtninger og udsagn i fokusgruppeinterviews bruges i denne sammenhæng til at bekræfte eller supplere de konklusioner, der allerede er uddraget af de kvalitative svar, som kursisterne gav i spørgeskemaundersøgelserne. Så betragtninger og udsagn i fokusgruppeinterviews er primært medtaget i det omfang, de støtter eller bekræfter en pointe, der allerede er synlig i de kvalitative svar til før- og efter-skemaundersøgelsen, eller i det modsatte fald, altså hvis der er flere tydelige røster i et fokusgruppeinterview, som peger på et synspunkt, der ellers ikke er synligt.

Desuden besvarede kursisterne umiddelbart efter fjerde workshop en række spørgsmål om selve kurset. Deres svar er præsenteret i afsnit 5.3.

5.2: De udarbejdede modeller og tilhørende undervisningsforløb

Kursisterne udarbejdede og afprøvede 11 undervisningsforløb i forbindelse med fagene musik, dansk, mediefag, historie og samfundsfag, samt i fagkombinationerne dansk/samfundsfag, samfundsfag/matematik og international økonomi/samfundsfag.

Oversigt over undervisningsforløbene

Navn	Fag og klassetrin/ niveau	Varighed	Indhold
Perception af lyd	Musik C-niveau	90-180 min.	I forløbet arbejdes der med at lytte til musik, hvor der især er fokus på musik som er væsensforskellig fra den musik man "normalt" hører. Gennem tekstlæsning introduceres begreberne kropslytning, dybdelytning, lejrblåmodellen, aktiv meddigtning og intensiv lytning, hvor især skildringen mellem 'modtagende' og 'iagttagende' lytnings bruges aktivt som ramme for forskellige lytteaktiviteter.
Influencer marketing	Dansk 1. g	90 min.	Forløbet knytter sig den mediemæssige del af danskfaget. Forløbet dækker blandt andet nyhedsstrømme, falske nyheder, kampagner og influencer marketing
Virale film, medier og	Mediefag. B og C-niveau	2 x 120 min	En opgave med films virale medier og målgrupper i mediefag. Modellen virker ved at eleverne skal indstille forskellige virale

Navn	Fag og klassetrin/ niveau	Varighed	Indhold
mål-grupper			parametre for deres "virale film", for at få størst mulig gennemslagskraft i virale medier
Kolonisering	Historie	2x 90 min.	I faget Historie (stx) og KS (hf) arbejdes der med Kulturmøder. Slaver importeret fra Afrika til en plantage i Dansk-Vestindien, skal producere det dyrebare sukker, der skal sendes til Danmark. Plantagemodellen skal visualisere hvordan forskellige handlinger (holdninger) fra plantageejeren påvirker slaverne og dermed sukkerproduktionen.
Romer-riget	Historie A-niveau	2 x 90 min.	Modellen er lavet for at diskutere årsager til Romerrigets undergang. I modellen vises der barbarer, der angriber Romerriget og sætter det under pres. I takt med at barbarpresset stiger, bliver velstanden i Romerriget sat under pres, og det bliver sværere at opretholde grænseforsvaret.
Revolution 1	Historie	30-45 min	Bruge computational thinking (CT) til at forklare historiske hændelser. Målet er at diskutere og få forståelse for fordele og ulemper ved at anvende modeller til at forklare historiske hændelser. Med andre ord: Hvad er historiefagets metodiske grænser?
Revolution 2	Historie	45 min	Formålet er at klæde eleverne på til at kunne bruge historiefaglig metode og teori. Vi kan se på forskellene mellem kvantitativ/kvalitativ metode samt en teoretisk (fiktiv, modelleret) virkelighed og den historiske virkelighed (og i hvilken grad denne er tilgængelig for os).
Shitstorme og viralitet	Dansk / Samfundsfag A niveau	2 x 90 min.	Forløbet er en del af et større forløb om information, kommunikation og fortællinger på digitale og sociale medier.
Kriminalitet	Samfundsfag / matematik. A-niveau	90-180 min.	I forløbet undersøger eleverne forskellige kriminalitetsteoriers forklaringskraft. Derudover arbejder eleverne med det danske retssystem, straffeformer, recidiv og resocialisering.
Beskæftigelse	International økonomi /samfunds-fag A-niveau	2 x 60 min.	Hvorfor svinger økonomien? Den økonomiske vækst og arbejdsløsheden har tendenser til at svinge. NetLogo-modellen giver bud på hvorfor økonomien svinger og viser hvorledes forventninger og den strukturelle ledighed kan have indflydelse på samfundsøkonomiens svingninger.
Ligestilling	Samfundsfag C-niveau	180-270 min.	Modellen indgår i et større forløb af ca. 10 modulers varighed med fokus på en af de nye 'pinde' i 2017-læreplanen for samfundsfag, der netop omhandler køn og ligestilling.

Undervisningsforløbene er nedenfor karakteriseret på grundlag af beskrivelser af forløbene i en række dokumenter, som kursisten/kursisterne har udarbejdet i forbindelse med forløbet: En poster, der kort præsenterer forløbet, en instruktion til andre lærere samt et eller flere opgaveark til eleverne (dokumenterne kan findes sammen med de tilhørende NetLogo-modeller på <https://library.ct-denmark.org/?projekt=mctig>.)

Det er således kursisternes planlægning og intentioner med undervisningen, der er genstand for den beskrivende karakteristik. Det er undersøgt, om følgende elementer og/eller aktiviteter indgår i beskrivelsen af undervisningsforløbet:

Eleverne arbejder med modellen som simulering:

- Eleverne foretager gennemkørsel af modellen, evt. under brug af sliders
- Eleverne tester hypoteser ved at bruge modellen

- Eleverne/klassen diskuterer modellens egenskaber/begrænsninger.

Elevernes arbejde med modellens kode:

- Der er angivet specifikke CT-læringsmål i forløbet
- Eleverne arbejder med data fra modellen
- Eleverne læser og forstår koden eller finder specifikke steder i koden
- Eleverne laver ændringer i kode, som foreslås af læreren/opgaven
- Eleverne foreslår selv ændringer og skriver dem ind i koden.

Forekomsten af et element eller en aktivitet er angivet ved en talværdi:

- Forekommer slet ikke: 0 point;
- Forekommer, men i ringe grad eller er vagt formuleret: 1 point
- Forekommer i nogen grad, men er ikke stærkt eller specifikt formuleret: 2 point
- Forekommer i høj grad og/eller er tydeligt formuleret: 3 point

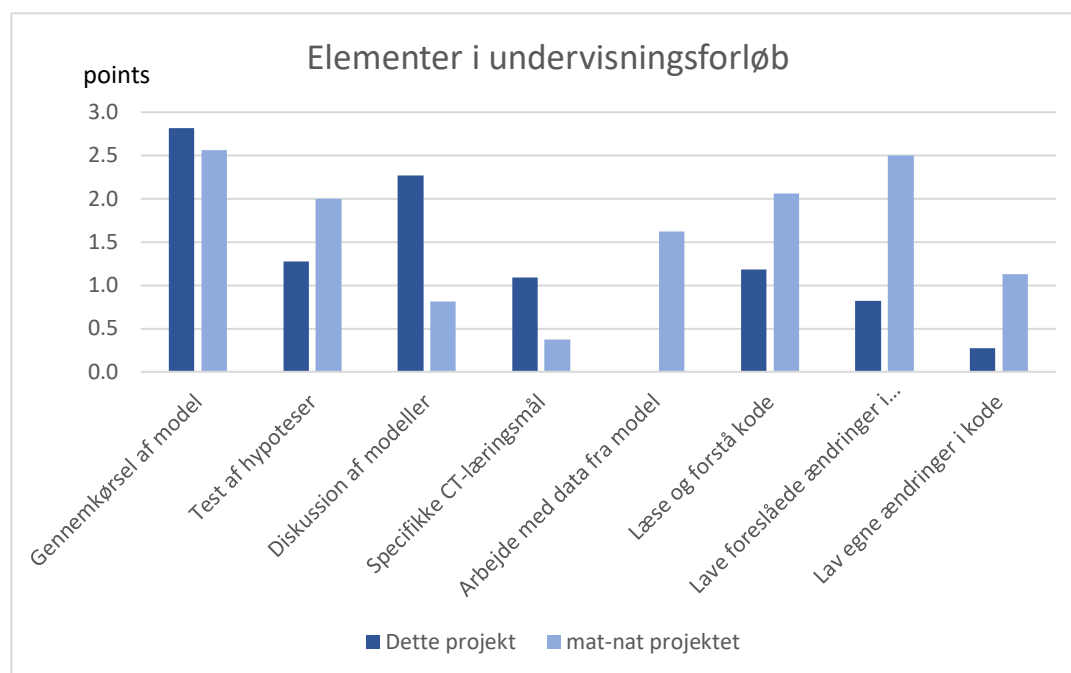
Karakteristikken er rent beskrivende. Den er ikke et forsøg på at vurdere, hvorvidt forløbene lever op til en række krav, eller om de har mangler. Formålet er udelukkende at undersøge, hvordan det samlede materielle resultat af kursisternes arbejde kan karakteriseres.

Hvor der ser ud til at være uoverensstemmelse mellem det, der står på posteren, i lærervejledningen og/eller i opgavearket, vægtes opgavearket højest og posteren lavest i tildeling af point

Forekomsten i undervisningsforløbene af de forskellige elementer:

Lærerformulering og/eller planlagt elevaktivitet	Gennemsnit af antal point på skala fra 0 til 3
Eleverne foretager gennemkørsel af modellen, evt. under brug af sliders	2,8
Eleverne tester hypoteser med model	1,3
Eleverne/klassen diskuterer modellens egenskaber/begrænsninger	2,3
Der er angivet specifikke CT-læringsmål i forløbet	1,1
Eleverne arbejder med data fra modellen	0,0
Eleverne læser og forstår koden eller finder specifikke steder i koden	1,2
Eleverne laver ændringer i kode, som foreslås af læreren/opgaven	0,8
Eleverne foreslår selv ændringer og skriver dem ind i koden	0,3

I det parallelle mat-nat-projekt blev der udviklet og beskrevet 17 undervisningsforløb. De er blevet karakteriseret ud fra de samme kriterier. Resultaterne er sammenlignet i søjlediagrammet:



Det er bemærkelsesværdigt så stor forskel, der er i, hvilke elementer kursisterne fra de to projekter har vægtet i deres planlægning af undervisningen. I afsnit 6.5 behandles, hvordan disse forskelle slog igennem i elevernes oplevelse af deres arbejde med undervisningsforløbene.

Der er tillige en karakteristisk forskel mellem undervisningsforløbene fra de to projekter, i den måde hvorpå NetLogo-modellerne bruges didaktisk. Denne forskel fremgår ikke af diagrammet og den er ikke kvantificeret gennem tildeling af points, men kan beskrives kvalitativt:

I undervisningsforløbene i dette projekt er der en tydelig overvægt af forløb, hvor elevernes arbejde med modellen introduceres et stykke inde i forløbet, efter at de først på traditionel vis har arbejdet med det faglige indhold. Som konsekvens heraf udnyttes modellen som en simulering, der uddyber eller tydeliggør dele af det faglige indhold. I en CMC-sammenhæng har kursisterne dermed mest fokus på de muligheder, der ligger i, at de kan give eleverne adgang til en simulering, der er skræddersyet til temaets faglige indhold. Der er altså mest fokus på Content og Modeling, hvorfor det også forekommer naturligt, at der bruges tid i forløbene på at diskutere, hvad modeller er og hvad de kan/ikke-kan. Denne opfattelse af hvordan modeller kan bruges didaktisk fører til, at kursisterne ser ud til at foretrække ret komplicerede modeller, som i en eller anden forstand ligger "tæt" på virkeligheden, men hvor det er vanskeligt for eleverne at navigere i koden på egen hånd fordi koden bag en kompliceret model oftest også er kompliceret.

I undervisningsforløbene i mat-nat-projektet er modellerne generelt simplere, både fagligt og kodemæssigt. I en hel del undervisningsforløb i mat-nat-projektet er tilgangen til

undervisningen, at forløbene ikke begynder med en faglig udredning, der klæder eleverne fagligt på, men derimod at eleverne som det første i forløbet får adgang til modellen. Modellen er bevidst konstrueret så simpel, at eleverne forholdsvis hurtigt kan gennemskue den og fx begynde – guidet af læreren eller på egen hånd – at ændre i koden på baggrund af deres eksisterende faglig indsigt. Først derefter udvikles det faglige indhold, ofte ud fra de problemer eleverne støder på i modelleringen.

5.3: Kvantitative svar fra før- og efterundersøgelserne

Kursisterne blev bedt om at svare på 6 holdningsspørgsmål. I forbindelse med hvert spørgsmål fik de 5 svarmuligheder. Spørgsmålene og fordelingen af kursisters svar er vist i 6 søjlediagrammer på side 25. Bemærk, at de to yderste svarmuligheder er slået sammen.

5.4: Kvalitative svar fra før- og efterundersøgelser

I forbindelse med hvert spørgsmål havde kursisterne mulighed for at supplere det kvantitative svar med en tekst-kommentar. Denne mulighed blev i stor udstrækning brugt.

I deres svar på disse spørgsmål kommer kursisterne meget vidt omkring, og en direkte opsummering af svarene – spørgsmål for spørgsmål – er vanskelig. Hvor det har været muligt, er der i de kvalitative svar identificeret skift fra en før- til en efter-holdning.

For overskuelighedens skyld er kursisters kvalitative svar i stedet opdelt efter fem temaer, som med stor hyppighed forekommer i svarene, både i før- og efterundersøgelsen. Opdelingen i temaer gør det desuden muligt at inddrage kommentarer fra de to fokusgruppeinterviews. Da hvert af de to fokusgruppeinterviews er gennemført med et mindre antal kursister, er disse interviews primært brugt til at uddybe eller nuancere synspunkter, der er tydelige i de kvalitative før- og efter-svar.

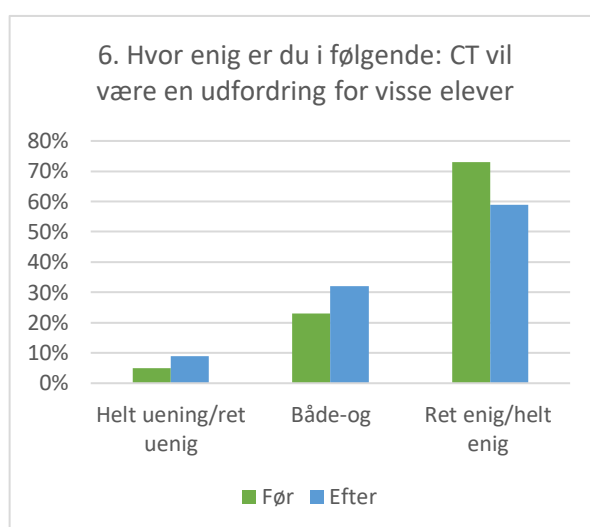
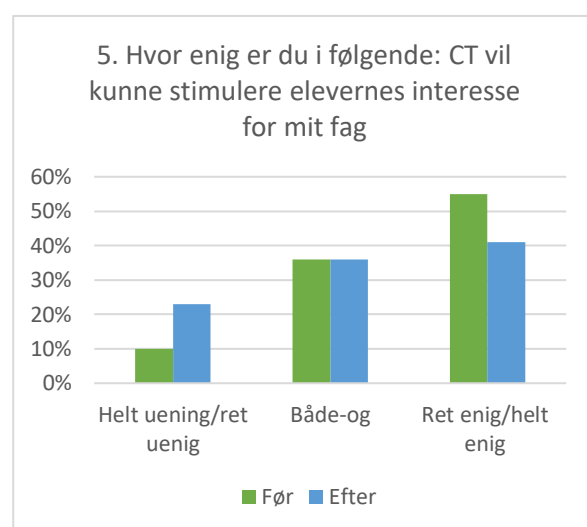
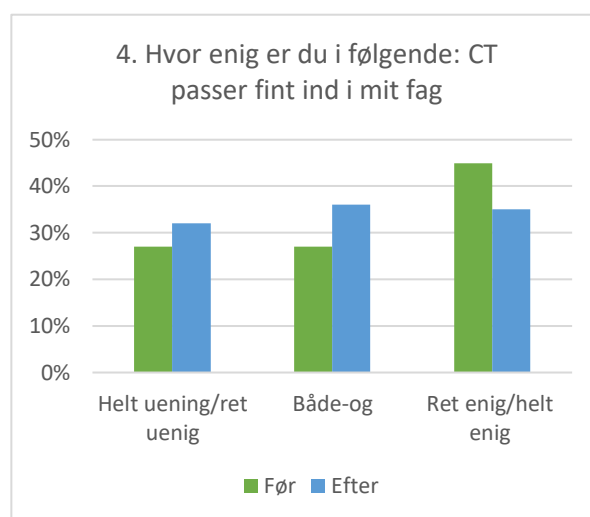
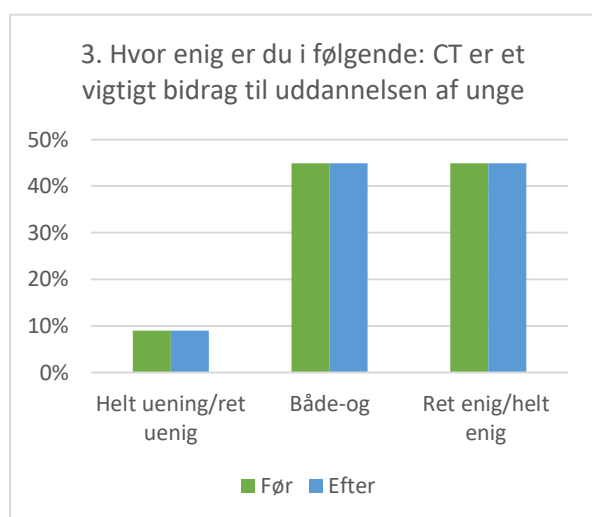
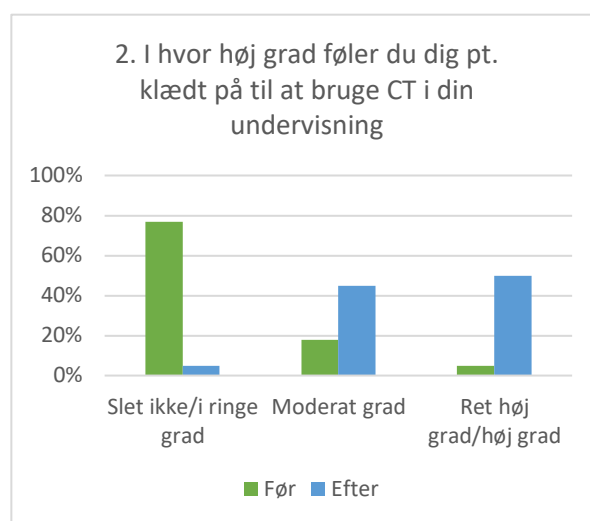
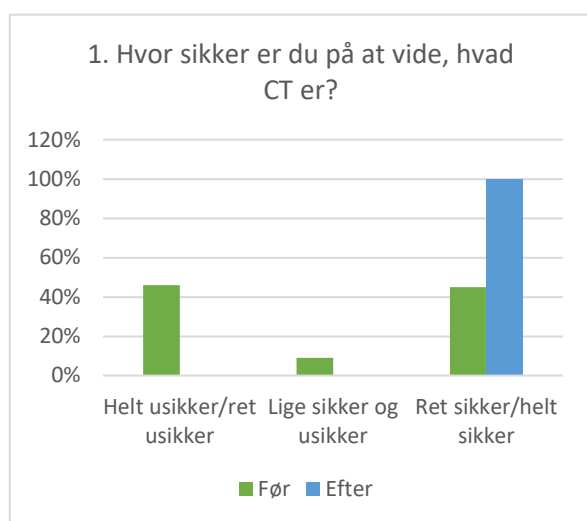
Temaer i analysen af svar i før- og efterundersøgelsen og fokusgruppeinterviews:

- A. CT og almendannelse
- B. Modeller i mit fag
- C. Modeller og virkelighed – kompleksitet og troværdighed
- D. Arbejdet med koden
- E. Elever, modeller og faglige udfordringer
- F. CT i min fremtidige undervisning

A: CT og almendannelse

Både i før- og efterundersøgelsen skriver ca. halvdelen kursisterne kommentarer, hvor de peger på, at de opfatter CT som en del af moderne almendannelse. Det harmonerer med, at ca. halvdelen af kursisterne både før og efter kurset mener, at CT er et vigtigt bidrag til uddannelsen af unge (Figur før/efter, diagram 3, s. 25).

KVANTITATIVE SVAR PÅ SPØRGSMÅLENE I FØR- OG EFTERUNDERSØGELSEN:



Før og efter kurset er pointerne omkring almendannelse nogenlunde de samme. I førundersøgelsen udtrykkes de dog i mere generelle termer. En hovedpointe er, at eleverne skal uddannes til at være mere kritiske og kompetente borgere. En kursist skriver om, hvad der er vigtigt:

"Det demokratiske aspekt, hvor CT bruges til at gøre eleverne bevidste, kritiske og kompetente digitale medborgere i et samfund. At sikre, at vores elever ikke falder bagud af denne udvikling, fordi de ikke forstår de principper og det sprog, som ligger bag fx deres adfærd på sociale medier og medier i det hele taget."

En anden skriver:

"CT skal primært bidrage til den digitale dannelse og forståelse, sekundært være et elevaktiverende redskab til at anskueliggøre nogle mekanismer og påvirkningssammenhænge i fagets mediekernestof."

Efter kurset skrives der mere præcist om det samme. En kursist skriver om, hvad der er vigtigt i undervisningen:

"Det almindelige i at lære eleverne en kritisk tilgang og refleksion over de mængder af data og medier, de omgås. At gøre det synligt, at der ligger algoritmer bag mange af de platforme, som de færdes på, og at eleverne selv og deres klik er 'til salg' på disse medier."

En anden skriver:

"Det digitale dannelsesperspektiv med fokus på elevernes forståelse og kildekritiske refleksion af kodning og modellering som bevidste valg fra afsendersiden."

I øvrigt er det bemærkelsesværdigt, at der i figuren før/efter, diagram 3, ikke er nogen ændringer overhovedet i kursisternes mening om, hvorvidt CT er et vigtigt bidrag til uddannelsen af unge.

I de to fokusgruppeinterviews dukker temaet om det kritisk-dannende element i elevernes forståelse af hvad modeller kan og er, også op flere steder. En kursist udtrykker det dækkende på denne måde:

"Jeg synes, det [dvs. denne måde at inddrage modeller i undervisningen] fungerer godt i forhold til det med, at eleverne får en kritisk sans over for modellering af verden. Specielt som samfundsfagsunderviser, hvor der er alle mulige, der poster prognoser om, at hvis vi gør sådan her, så sker der det her."

For eksempel den her rygermodel. Så skruer vi lidt på afgiften her, og hvad sker der så? Der er nogen, som er kommet med en hel masse forudsætninger i modellen, og journalisterne æder det råt, og det er det, som bliver historien. Men der er jo nogen, der har lagt de forudsætninger ind. Eller i de økonomiske modeller; er det en meget liberal model? Jo, det var det så. Det er sjovt nok, så har det ikke nogen særlig effekt, hvad man gør med uddannelserne."

Det er det, jeg i virkeligheden synes er det vigtigste ved det her. Det med at jeg faktisk kan gå ind og ændre i de her variabler, og det betyder noget for, hvordan det er, at den her model virker. [...] Alle de andre modeller [vi bruger i samfundsfag] er som en lukket boks, og det er det, der er forskellen ved det her. For her har eleverne selv mulighed for at sige: Ok, vi ændrer bare en lille bitte smule på det her tal, og så får det en anden effekt."

En kursist responderer:

"Det er mega vigtigt, det med den kritiske tænkning."

B: Modeller i mit fag

I før-kommentarerne er der en række forbeholdne røster vedrørende relevansen af at arbejde med modeller i kursistens fag. Forbeholdene går fortrinsvis på, om modeller har nogen rolle at spille i forhold til faget. Det er især kursister fra sprogfagene, der skriver kommentarer som:

"At det giver mening rent fagligt og at det kan bidrage med noget, som andre former for undervisning ikke kan. Det mangler jeg stadig at blive overbevist om."

"Det er svært at finde på modeller, der knytter sig til det sproglige stofområde."

Andre fag blander sig også:

"Det er langt fra det kernefaglige arbejde i historiefaget, der i forvejen er et af de absolut smalleste A-niveau fag, vi har. Det kan derfor ikke retfærdiggøres, at bruge for mange moduler på det i undervisningen."

Der udtrykkes også skepsis over for en selvstændig CT-faglighed. En kursist mener, at det er vigtigt,

"At CT ikke bliver et mål i sig selv, men kan understøtte og bidrage til forståelsen af de faglige mål i historie."

En række mere optimistiske røster ser dog muligheden for at styrke elevernes faglige forståelse. Jeg forventer, skriver en kursist,

"At eleverne bliver bedre til at reflektere over faglige sammenhænge, fordi de bedre kan se dem for sig."

Den sidste bemærkning, der udtrykker forventningen om, at eleverne bedre kan "se" de faglige sammenhænge er typisk. En stor del af kursisterne skriver på dette tidspunkt om, at de håber, at kurset kan hjælpe dem med at "visualisere" eller "synliggøre" faglige sammenhænge. Dermed er det modellen som et redskab til – gennem en dynamisk, grafisk præsentation – at simulere en faglig problemstilling, de ser som en mulighed. Kursisternes opmærksomhed er altså ikke på modellen selv, men på dens synlige overflade.

I efter-kommentarerne er der nu overvejelser over modellernes egenskaber af en type, der ikke var i før-kommentarerne. Her er tre eksempler på kursister, der sætter fokus op meta-overvejelser omkring brug af modeller:

"[Det er vigtigt] At kunne afprøve modeller i historie, og efterfølgende have en metodisk diskussion omkring at bruge modeller i faget."

"For mig giver det overordnet bedst mening, når modellen kan vise noget fagligt, samtidig med at de lærer noget om kodning."

"Eleverne skal kunne gennemskue fordelene og ulemperne ved at sætte historiske hændelser ind i en model."

At man kan bruge tilgangen fagligt - som udgangspunkt til at diskutere ud fra."

Der er også kursister nu, som forholder sig mere positivt til brugen af modeller i faglig sammenhæng. Fx:

"Både i dansk, men måske især i samfundsfag kan jeg godt se potentiale i CT-tilgangen til forskellige stofområder."

Men der er stadig mange kommentarer, hvor der tages forbehold over for brugen af modellen i de givne fag. Her er nogle typiske bemærkninger:

"Der er ret store udfordringer bl.a. at dansk ikke er et "model-baseret" fag. Så vi har virkelig skulle ud i yderkanten af vores fag (der hvor det lapper over til andre fag) for at få det til at give mening."

"Vi har i høj grad befundet os i periferien af vores fag, og modellen har svært ved at vise den reelle virkelighed. Man er nødt til at tage rigtig mange forbehold."

"Det kan være svært at bruge CT til at anskueliggøre tolkninger og forståelse for større sammenhænge i et humanistisk fag."

"Bl.a. at dansk ikke er et "model-baseret" fag. Så vi har virkelig skulle ud i yderkanten af vores fag (der hvor det lapper over til andre fag) for at få det til at give mening."

Der er desuden røster, som er forbeholdne over for brugen af NetLogo (eller nok mere generelt over for agentbaseret modellering) i deres fag:

"Jeg er meget i tvivl om, hvor relevant CT egentlig er i mit fag (engelsk). Det har været meget svært at finde på noget, som var decideret relevant for kernefagligheden i engelsk, synes jeg. Især fordi præmissen var agent-baserede modeller. Det er svært at få litteraturen ind her fx, tænker jeg."

"Et andet forbehold er, at i et fag som dansk er det ikke så oplagt at forenkle de udsnit af virkeligheden, som vi arbejder med i agentbaserede modeller, som det fx oplagt er i mit andet fag, samfundsfag".

"Der er relativt få faglige problemstillinger som jeg umiddelbart kan se egner sig til at blive modelleret. Men med et andet program end netlogo kunne man sagtens adressere CT-didaktik i faget."

"I musik har det været vanskeligt at identificere kausaliteten."

Jeg kan godt se CT til dels virke i det samfundsvidenskabelige ben i historieundervisningen. Men i det humanistiske mener jeg ikke det kan svare sig at anvende CT i dets nuværende form. Der er behov for at tilkoble CT et kulturel felt (dvs. en virkelighed), hvis det skal fungere som andet end metodeovervejelser.

I de to fokusgruppeinterviews høres tilsvarende synspunkter. På den ene side fortæller nogle af deltagerne i det sidste interview, at de er overraskede over, hvor godt undervisningen faktisk fungerede, da afprøvede deres model. Eleverne har arbejdet med modellerne og der har været gode diskussioner i klassen om, hvad en model er og hvordan modeller konstrueres. Men der tages mange forbehold over for elevernes faglige udbytte. Kursisterne finder tilgangen interessant, og flere af dem opfatter CT-indslaget som *"et godt afbræk"*, eller som *"et ekstra lag oven på noget, der fungerer i forvejen"*, *"den model, vi laver, den er mere en slags supplement"*. En deltager beskriver det som *"et ekstra krydderi"*. Men, opsummerer en kursist, *"det med den dybe faglighed, det var så som så"*.

Desuden peger kursisterne igen på, hvor vanskeligt det var for nogle af dem at finde faglige fænomener at modellere, så de selv fandt, at det fagligt gav mening. *"Der var nogen, der havde meget svært ved at finde på noget i deres fag."*

Men som det også påpeges nedenfor, så endte stort set alle kursister med at arbejde med modellen. De fandt modellen så fagligt relevant at de også udtrykker at de ønsker at bruge den i deres undervisning fremover.

C: Modeller og virkelighed – kompleksitet og troværdighed

I deres før-svar er mange kursister forbeholdne over for at arbejde med meget simple modeller. Synspunktet er, at for at være fagligt interessant, må en model nødvendigvis være kompliceret, så den på passende vis fanger så mange aspekter som muligt af det modellerende fænomen.

En kursist skriver lige ud, at forventningen til kurset er at få:

"Bedre mulighed for at anvende simulationer af komplekse sammenhænge."

En anden skriver i samme retning:

"jeg er ... bekymret for at få en model der er kompleks nok til at kunne retfærdiggøre brugen af den."

Andre bekymrer sig på faget og/eller på elevernes vegne:

"... det er virkelig vanskelig at lave en model der er avanceret/kompleks nok til at give eleverne et fagligt forsvarligt udbytte - det komplekse kræver både et indgående kendskab af os som fagfolk til at udtænke en model der er rimelig og kodningen til at være mulig. Alternativt at finde ud af hvilke kompromiser man kan lave på kompleksiteten og stadig have et udbytte."

"Derudover er det [dvs modellerne] meget forsimplede udgaver af virkeligheden, så jeg kan måske være i tvivl om, om eleverne 'køber ind' på konceptet. Jeg kan godt se nogle af eleverne, som i forvejen synes, at faget er svært eller for matematisk eller lignende, ikke ligefrem vil tænde på ideen om meget forsimplede modeller, som er svære at forstå, og som ikke rigtig spejler virkeligheden alligevel."

I efter-svarene har kursisterne i højere grad fokus på muligheden for at give eleverne en mere generel forståelse af, hvad modeller er, hvordan de laves, og hvordan de bruges. Når kursisterne skal fremhæve, hvad de synes er vigtigt i forbindelse med undervisningen, fremhæver du nu meget præcist pointer omkring elevernes forståelse af modeller:

"Dernæst er metadiskussionerne om modellers anvendelse generelt en central del af brugen af CT. Hvordan man laver modeller, bevidsthed om forudsætninger og antagelser og muligheden for at være kritisk over for andres modeller i samfundsfag og generelt."

"at modeller er skabt af mennesker på baggrund af matematiske ligninger der ikke nødvendigvis indkapsler virkeligheden."

"Mere generelt vil jeg gerne have de får opmærksomhed på/indblik i hvad der ligger bag enhver model. Indblik i kodning."

"At eleverne kan forstå hvordan modeller bliver til generelt, og kunne forholde sig kritisk til antagelserne bag forskellige modeller."

I det sidste fokusgruppeinterview udtrykker en kursist det som om, der er tale om en balance og mener, at i en model er det på den ene side nødvendigt at lave noget, som er simpelt nok til, at det kan lade sig gøre, men på den anden side er *"komplekst nok til at vi kunne bruge det"*. Ideen om, at en meget simpel model kan være elevernes indgang til at arbejde med koden, hvorefter eleverne kan arbejde med at gøre modellen mere kompleks er altså ikke accepteret.

En anden kursist noterer: *"Vores model er så kompliceret, at den har vi ikke selv kunnet lave – programmere."*

D: Arbejdet med koden

Før: Mange kursister udtrykker bekymring for at skulle i gang med at kode. De henviser til at der i deres fag ikke er tradition med at arbejde med computerkode, og de er meget usikre på, hvordan det kan gå, blandt andet fordi NetLogo er et sprog, som de vil have vanskeligheder ved at forstå. Et typiske udsagn er:

"Jeg føler mig meget usikker på kodning i det hele taget. Jeg har aldrig beskæftiget mig med det før."

En anden er mere specifik:

"Det tekniske. Jeg synes det er svært, og jeg har svært ved at forstå det. Det er lidt som et andet sprog, som jeg ikke forstår endnu, og hvis ikke jeg forstår det, så føler jeg heller ikke, at jeg kan bruge det."

Samtidig er flere kursister optimistiske på elevernes vegne. De forventer at kunne bruge i hvert fald de to første trin af Use-Modify-Create. En typisk kommentar er:

"Jeg vil gerne vise eleverne, hvilken kode der ligger bag de modeller, vi bruger, og måske få dem til at lave små ændringer for at se, hvad der sker."

Efter: Der er nu langt færre kommentarer, som handler om udfordringerne ved at kode i NetLogo. Det kan hænge sammen med, at da kursisterne besvarede efter-spørgeskemaet, var alle modellerne færdige, og kursisterne havde fået hjælp til at skrive koden af en studenterprogrammør. Det ser også ud til at der er skruet ned for forventningerne til eleverne. En skriver:

"Hvis eleverne bliver bevidste om, at computeren/programmer/modellens adfærd er 100 % afhængig af hvilken kode der ligger bag, og de menneskelige overvejelser der ligger bag denne, er jeg godt tilfreds. Og kan man nå skridtet videre, hvor eleverne får så meget indblik, at de kan ændre og modificere koden og dens adfærd er det et plus."

I de to fokusgruppeinterviews er der en hel del kommentarer om, hvor vanskeligt kursisterne synes det er at kode, og at det hænger sammen med at de i deres uddannelse og fag ikke har tradition eller baggrund for at arbejde med programmering. Men der meget få kommentarer om, hvordan de ser på elevernes arbejde med koden. *"Vi brænder jo ikke for selve kodningen"* generaliserer en kursist.

Men kursisterne udtrykker generelt stor tilfredshed med at se deres model-idéer blive til virkelighed og at få de færdige modeller.

En enkelt kursist peger på de muligheder, der ligger i den nye tilgang:

"Men alle andre modeller [som eleverne bliver præsenteret for] er en lukket boks, og det er det, der er forskellen i forhold til det her, fordi de selv har muligheden for at sige: Ok, vi ændrer bare en lille smule på det her tal, så for vi en anden effekt i den anden ende."

E: Elever, modeller og faglige udfordringer

I deres før-kommentarer udtrykker mange kursister bekymring på elevernes vegne. Den ene type bekymring går på, at eleverne som forhåndsindstilling vil være imod at skulle arbejde med modeller på denne måde, især med kodning. De peger også på, at deres elever typisk ikke er interesserede i kodning og nok er gode til at bruge forskellige apps, men ikke til at gøre mere avancerede ting med en computer som fx at installere et program. De forudser, at deres eleverne vil være *"udfordret af det tekniske"*. Nogle typiske bemærkninger er:

"Mange eleverne er bange for avancerede computer-programmer, og for mange vil det være en udfordring at skulle lære fx at programmere."

"Mange elever har teknik-angst, ligesom skepsis overfor matematik, hvilket kan udfordre nogle elevers tilgang til brugen af CT."

I efter-kommentarerne er meningene mere spredte, og det er tydeligt, at de fleste af kursisterne nu udtaler sig på baggrund af konkrete erfaringer:

"At elevernes tilgang er meget forskellige. Nogle kan hurtigt forstå kodningen, mens andre elever ikke kommer til faglig forståelse overhovedet."

"Elevernes forudsætninger spænder vidt, nogle er interesseret i kodning, andre har aldrig prøvet det."

Mange af kursisternes er bekymrede for, om brugen af CT vil gøre fagene vanskeligere for de elever, der i forvejen har faglige vanskeligheder. En typisk bemærkning er:

"Mange elever har ikke behov for at blive introduceret til 'endnu mere' i undervisningen. Den tekniske udfordring kan blive for meget for bestemte elevtyper."

Men der er også mere optimistiske bemærkninger, hvor kursister peget på, hvordan det virker motiverende på mange elever at bruge en anden tilgang til det faglige stof, fordi det er *"anderledes"*. En fordel ved denne tilgang er,

"At CT kan tilbyde en afveksling i undervisningen."

"At det giver en variation i undervisningsformerne."

Endelig er der også kursister, der peger direkte på det positive ved noget af det, de har lært:

"Use - Modify - Create - tilgangen er vigtig for elevernes forståelse."

"Jeg synes, at use/modify/create tilgangen har været god. Den har givet god mening for mig, siden vi fik den præsenteret første gang."

F: CT i min fremtidige undervisning

Dette emne fylder en del i efter-undersøgelsen. Alle kursister har skrevet kommentarer, der berører emnet. 9 kursister svarer, at de vil (gen)bruge den model, de har været med til at lave i forbindelse med kurset.

5 kursister svarer, at de forventer at bruge flere af de modeller, der er udviklet i kurset. Fx skriver en kursist:

"Jeg vil bruge en vifte af forskellige modeller, som er didaktiseret i ex. dette forløb, da det er den største og mest tidskrævende udfordring for mig. Grundlæggende lægger CMC-tilgangen mest til mig, og den måde jeg tænker modeller på."

En kursist skriver, at den udarbejdede model allerede er en del skolens grundforløb:

"Vi har allerede gjort viralitet til en fast del af vores grundforløb, og det kommer derfor til at blive anvendt fast. Jeg tror, at vi i første omgang skal samle erfaringer fra et år eller to mere og så overveje, hvad vi skal prøve at forbedre eller ændre baseret på de erfaringer vi får fra holdene. Modellen er heldigvis ret let at forstå og modificere, men det kan godt være, at det vil være svært for os at lave de ændringer, der vil gøre den endnu mere brugbar."

En kursist er helt generel omkring fremtiden:

"UMC-tilgangen vil jeg klart anvende."

Kun en enkelt kursist er helt afvisende og skriver, at "som situationen ser ud nu" bliver der ikke tale om at gentage undervisningsforløb med computermødelier.

I det sidste fokusgruppeinterview udtrykker flere deltagere frustration over, at de nu har modeller og gerne vil bruge dem i undervisningen, men fordi de ikke selv kan kode, kan de ikke udvikle noget nyt.

Jeg kunne godt tænke mig, at kunne lave en ny model over noget andet, eller kunne forbedre den model, vi har lavet. Det er jeg bare ikke teknisk dygtig nok til ... det er lidt af et blindspor på den måde. Tænkningen er god nok, og den model vi har lavet er fin, men det er faktisk svært at komme videre, når man har brug for hjælp til programmeringen."

Det er et gennemgående træk, at kursisterne peget på at den arbejdsform de lægger op til i deres undervisningsforløb virker motiverende på eleverne og i mange tilfælde gør diskussioner i en klasse mere energiske.

5.5: Evalueringsværktøj og vurdering af undervisningsforløbene

I overensstemmelse med de produktmål for projektet, som er opstillet i ansøgningen, er der udviklet et værktøj til evaluering af elevernes respons på deres deltagelse i de udviklede undervisningsforløb.

Evalueringsværktøjet udnytter internationale resultater vedrørende elevers læring i forbindelse med brug af agentbaserede computermødelier i undervisningen, og bygger videre på disse resultater. Også internationalt er der tale om en nyskabelse.

Evalueringsværktøjet er udviklet som led i et PhD-projekt på CCTD, der netop er rettet mod

kortlægning af elevers læring i forbindelse med brug af computerbaserede modeller og CMC-tilgangen. En artikel om evalueringsværktøjet er pt under udgivelse. Værktøjet er udviklet og afprøvet i forbindelse med både nærværende projekt og mat-nat-projektet.

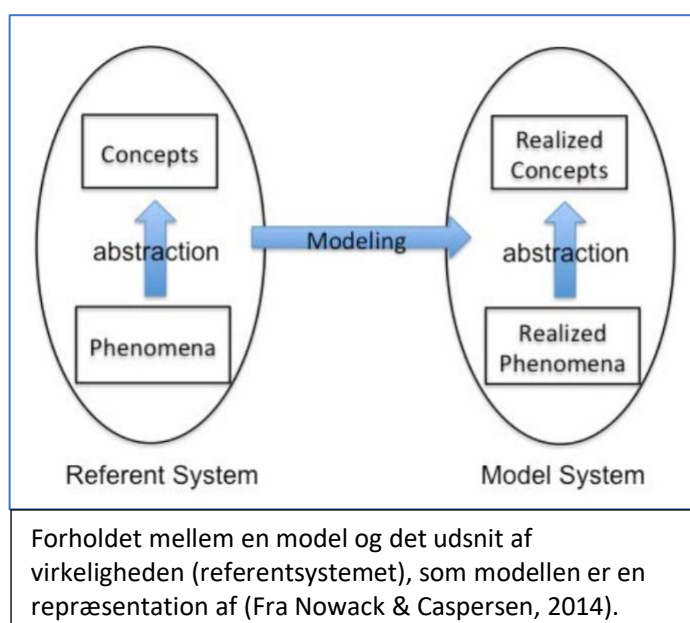
For at teste evalueringsværktøjet blev elever fra begge projekter stillet en række spørgsmål om deres aktiviteter i forbindelse med deltagelse i et af de afprøvede undervisningsforløb umiddelbart efter at undervisningen var gennemført. Resultaterne af denne evaluering er sammenlignet med den analyse af kursisternes beskrivelse af undervisningsforløbene, som er omtalt i afsnit 5.2.

Evalueringsværktøjet er udviklet ret sent i kursusforløbet. Derfor har kursisterne ikke været præsenteret for værktøjet og de parametre, det tester. Det skal understreges, at formålet med afprøvningen af evalueringsværktøjet var at teste selve værktøjet, ikke at vurdere kursisternes produkter.

Værktøj til evaluering af undervisningsforløb

Værktøjet tager udgangspunkt i computermodellerne og den undervisningssammenhæng, de indgår i, og skal gøre det muligt at få et overblik over, hvor stor en del af aktiviteterne i undervisningsforløbet, der er rettet mod arbejdet med modellen som et eksempel på en model, og hvor stor den del der er rettet direkte mod den specifikke computermodel og dermed den bagvedliggende kode.

Evalueringsværktøjet bygger på, at en model altid er en model af en del af virkeligheden, her omtalt som referentsystemet. Opdelingen er taget fra (Nowack & Caspersen, 2014) og er skitseret i figuren ovenfor.



Læringsaktiviteterne i et undervisningsforløb evalueres på grundlag af 16 parametre, hvoraf de 11 er rettet mod referentsystemet, og de 5 er rettet mod modellen og elevens arbejde med at forstå og modificere koden og eventuelt skrive ny kode ind i modelkoden.

Evalueringsparametre for et CMC-undervisningsforløb

Parametre rettet mod referentsystemet:

1. Modellens rækkevidde - dens begrænsninger og muligheder
2. Modellens forklaringskraft
3. Årsagsrelationer mellem modellen elementer
4. Modellens opførsel
5. Modellens elementer

6. Elementer som ikke er inkluderet i modellen
7. Modellens relation til et fænomen i den virkelige verden
8. Formulering af hypoteser, der kan testes med modellen
9. Resultater af gentagne kørsler med modellen
10. Emergente fænomener, der opstår over tid
11. Brug af og interaktion med modellen.

Parametre rettet mod modelsystemet:

12. Ændring af en parameter eller en variabel
13. Tilføj en variabel
14. Ændringer i en procedure
15. Tilføjelse af en procedure
16. Formuler en ny model.

Elever, der havde deltaget i et af de 11 undervisningsforløb, blev efterfølgende stillet en række spørgsmål om, hvilke typer af aktiviteter de udførte i forbindelse med forløbet. I alt indgik 111 elever i undersøgelsen. Resultaterne i dette projekt er sammenlignet med en tilsvarende undersøgelse af elevaktiviteter i forbindelse med undervisningsforløb, der er udviklet i mat-nat-søsterprojektet. Mat-nat-projekt er noget større og her deltog 786 elever.

Sammenligningen af elevsvarene:

Svarene er omtrent ens de to projekter på de parametre, der repræsenterer modellens bløde sider. Eleverne svarer i det store hele ens i de to projekter på følgende:

- Modellens forklaringskraft
- Modellens opførsel
- Modellens elementer
- Elementer, som ikke er inkluderet i modellen
- Modellens relation til et fænomen i den virkelige verden
- Formulering af hypoteser, der kan testes med modellen
- Resultater af gentagne kørsler med modellen.

På en enkelt parameter nærværende dette projekt markant højere end mat-nat-projektet, nemlig

- Modellens rækkevidde - dens begrænsninger og muligheder.

Men på parametrene 10-16 scorer dette projekt markant lavere end mat-nat-projektet:

- Emergente fænomener, der opstår over tid
- Brug af og interaktion med modellen
- Ændring af en parameter eller en variabel
- Tilføj en variabel
- Ændringer i en procedure
- Tilføjelse af en procedure
- Formuler en ny model.

Dermed bekræfter elevernes svar og deres tolkning gennem evalueringsværktøjet de tendenser, der optræder i afsnit 5.2: Kursisterne i MCTiG-kurset har været stærkt

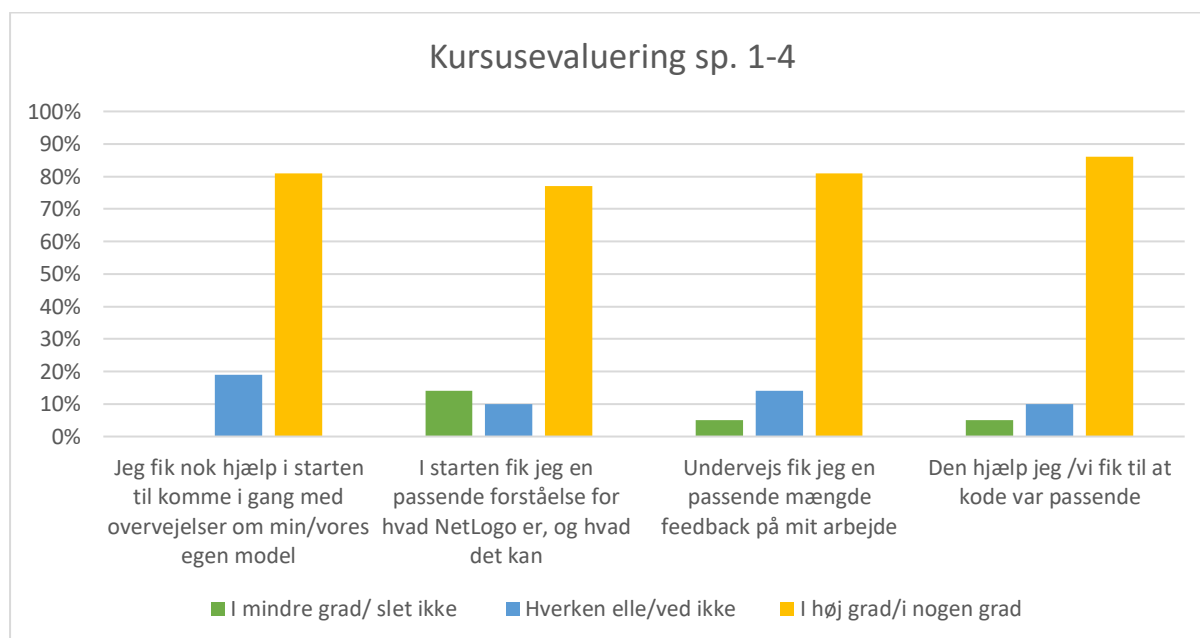
interesserede i modellerne som simuleringer og har kunnet udnytte dem til bredt dækkende diskussioner om modellernes kvalitative sider. Dermed har de styrket elevernes meta-forståelse af modeller og modellering og har bidraget væsentligt til elevernes muligheder for at være indsigtsfuldt kritiske over for antagelser, design af modeller og brug af modeller. Denne del af kurset har således styrket elevernes kritiske dannelse.

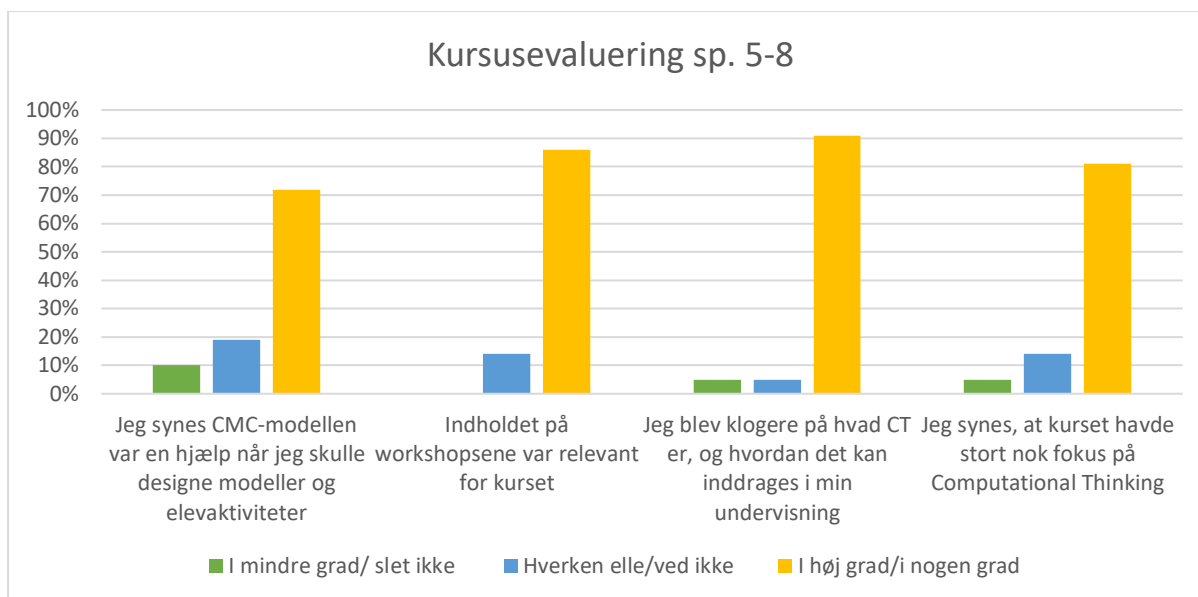
Men evalueringsværktøjet bekræfter også, at elevernes kompetencer på kodningsområdet ikke trænes. Evalueringsmodellen selv giver ingen forklaring på, hvorfor det er tilfældet, men en mulig forklaring findes i afsnit 5.2 og kan især baseres på kursisternes manglende indsigt i kodning og mangel på fortrolighed med koden i deres egen model.

Forklaringen kan udvides til også at omfatte, at de modeller, der er anvendt i MCTiG er kodningsmæssigt mere komplicerede end de modeller, der er udviklet i mat-nat-projektet. En pædagogisk tilgang, hvor eleverne i første omgang får en meget simpel og fagligt mangelfuld model, som de selv kan arbejde med at forbedre, har derfor været udelukket i forløbene i MCTiG.

5.6: Kursisternes evaluering af kurset

Efter den sidste workshop blev kursisterne bedt om at svare på 8 spørgsmål, der alle havde relation til deres vurdering af relevansen af de elementer, der indgik i kurset. Kursisterne havde 5 svarmuligheder. I nedenstående søjlediagrammer er de to yderste svarmulighed slået sammen. Der var 22 respondenter.





Svarene udtrykker generelt stor tilfredshed med kursets indhold og vil ikke blive uddybet yderligere.

5.7: Opfyldelse af de opstillede mål for kurset

I nedenstående tabel er de læringsmål, der på forhånd blev opstillet for kursisterne, opstillet i venstre kolonne. I højre kolonne vurderes det, i hvor høj grad målene er nået. Vurderingen er fortrinsvis baseret på kursisternes egne vurderinger i spørgeskemaundersøgelserne og fokusgruppeinterviews.

Opstillede mål for kursisterne. Efter deltagelse forventes kursisterne at kunne:	Vurdering af grad af opfyldelse
Redegøre for hovedtræk af hvad Computational Thinking er og hvordan deres egne undervisningsforløb forholder sig dertil	Opfyldt. Se diagram 1 og 2 side 25.
Køre en allerede færdig NetLogo-model af et fagligt fænomen inden for eget fagområde, og identificere og forstå de vigtigste dele af koden	Opfyldt/delvist opfyldt. Alle kursister har afviklet undervisningsforløb inden for eget fagområde. Det kan ikke vurderes i hvor høj grad kursisterne har forstået de vigtigste dele af koden, men baseret på kommentarer i fokusgruppeinterviews må det vurderes, at for den del af kursisterne var forståelsen begrænset
Være i stand til at indgå i dialog med elever om ændringer i koden og konsekvenserne for modellens output	Opfyldt/delvist opfyldt. Evalueringsværktøjet viser, at kursisterne har været i grundig dialog med deres elever om modellerne. Det er usikkert, i hvor høj grad alle kursister konkret har diskuteret konsekvenser af ændringer af koden.

Planlægge og afholde undervisningsaktiviteter hvor elever arbejder med en NetLogo-model både som brugere (i <i>Interface</i>) og som medskabere (i <i>Code</i>)	Delvist opfyldt. Alle kursister har planlagt og afholdt aktiviteter med NetLogo-modeller, hvor eleverne har været brugere. Evalueringssværtøjet viser, at eleverne kun i meget begrænset omfang har fungeret som medskabere.
Indgå i didaktiske diskussioner af konkrete undervisningsforløb med udgangspunkt i CMC-modellen (Content-Modeling-Coding), Use-Modify-Create og agentbaseret modellering	Opfyldt. Alle kursister har fået en væsentlig indsigt i CMC og UMC som tilgange. Der er brugt meget tid og energi på at diskutere modeller og forløb og se på, i hvor høj grad de forskellige didaktiske tilgange og greb har fundet anvendelse.

6. Målopfyldelse i forhold til kontrakten

Det indgik i planerne for dette projekt, at der skulle planlægges og finansieres en opfølger til projektet i form af et MCTiG-2. Efter aftale med Region Midt blev det i oktober 2019 besluttet at udskyde et eventuelt opfølgende projekt til nærværende projekt er afsluttet og evalueret. Det blev endvidere besluttet at afvente evalueringen af Den Midtjyske Teknologipagt.

Det indgik endvidere i de oprindelige planer, at der skulle etableres et videns- og kompetencenetværk mellem interesserede aktører på området. Med udskydelsen af anden del af MCTiG-projektet var der ikke faglig baggrund for et kompetencenetværk, der inddrog kursusudviklere og forskere, og aktiviteterne er drejet over mod at udvikle et netværk for interesserede undervisere på gymnasierne.

Mål fra kontrakten og deres grad af opfyldelse:

Mål 1 Gennemførelse af efteruddannelse og vurdering af lærernes udbytte		
Resultatkrav	Målemetode	Grad af målopfyldelse
Resultatkrav 1.1 Efteruddannelse i CMC-undervisning af 25-30 gymnasielærere fra 12-15 gymnasier	Kursisternes udbytte af efteruddannelsen måles gennem følgeforskning. Resultaterne fremlægges på to åbne projektseminarer og i afslutningsrapporten	Der er efteruddannet 22 lærere fra 11 gymnasier. Resultater er følgeforskningen fremlægges i denne rapport. Det første projektseminar blev aflyst. Resultaterne blev fremlagt på CT-seminaret den 27. januar 2021
Resultatkrav 1.2 Udvikling og beskrivelse af 10-15 CMC-modeller med tilhørende undervisningsmateriale	De udviklede modeller afprøves i undervisningen. Modellerne klassificeres og kvalitetsvurderes på grundlag af en række målkrav (en rubrick) og elevudsagn. Resultaterne fremlægges på to	Der er udviklet 11 CMC-modeller med tilhørende undervisningsmateriale. Det første projektseminar blev aflyst. Der er ikke udviklet en rubrick, men modellerne er evalueret på baggrund af

	projektseminarer og i afslutningsrapporten. Modellerne publiceres på projektets hjemmeside	elevudsagn. Modeller og undervisningsforløb blev fremlagt på CT-konferencen den 27. jan. 2021. Modellerne er publiceret på siden CCTD-library.
Resultatkrav 1.3 Der udvikles mere omfattende og systematiske evalueringsværktøjer og -principper (ud fra erfaringer fra pilotprojektet) til evaluering af CMC-undervisningsforløb	De udviklede værktøjer testes forbindelse med følgeforskningen. De fremlægges på to projektseminarer og i. De publiceres på projektets hjemmeside.	Evalueringsværktøjet er testet. Evalueringsværktøjet fremlægges ikke på projektseminaret, men beskrives i en forskningsartikel. Artiklen er under udgivelse. Når den er udgivet, publiceres resultatet på CCTD's hjemmeside.
Resultatkrav 1.4 Uddannelse og udvælgelse af 8-12 CT-lærere.	På afslutningsseminaret orienteres om resultatet. Resultatet skrives ind i projekt MCTiG2 (se resultatkrav 2.4)	MCTiG2 er aflyst/udsat efter aftale med Region Midt. Det her derfor ikke været relevant at uddanne særlige CT-lærere
Mål 2 Opsamling af projekterfaringer og forankring af projektet		
Resultatkrav	Målemetode	Grad af målopfyldelse
Resultatkrav 2.1 Erfaringsopsamling og rapportering fra afprøvning af modeller, uvmateriale og øvrige aktiviteter	Systematisk, empiribaseret erfaringsopsamling sker gennem følgeforskning. Resultater fra følgeforskning fremlægges på de to åbne projektkonferencer og i afslutningsrapporten. De omtales endvidere i et antal tidsskrifter/ blade og publiceres på projektets hjemmeside	Resultaterne fremlægges i denne rapport. Resultaterne er sammen med resultater fra mat-nat-projektet omtalt i fire artikler i LMFK-bladet. En forskningsartikel er under udgivelse. Denne rapport publiceres på CCTD's hjemmeside.
Resultatkrav 2.2 Etablering af første version af et netværk mellem relevante aktører	På afslutningsseminaret gives en status på og en analyse af netværkets medlemmer og aktiviteter	På grund af coronarestriktioner måtte etablering af et netværk udsættes. Første skridt til etablering af et netværk er taget på CT-konferencen den 27. januar 2021.
Resultatkrav 2.3 Afholdelse af to projektseminarer med åben deltagelse, et i december 2019 og et i august 2020	Antal deltagere og indhold rapporteres i slutrapporten	Det første projektseminar blev aflyst. Det andet projektseminar blev afholdt den 27. januar 2021 fælles med mat-nat-projektet.
Resultatkrav 2.4 Der etableres en plan for afvikling og finansiering af MCTiG2.	Planen sendes til Region Midtjylland	MCTiG2 er aflyst/udsat efter aftale med Region Midt

7. Samlet vurdering af projektet. Hvor peger projektet hen?

Oversigten over målopfyldelse i forhold til kontrakten viser, at alle krav i projektet er indfriet. Den eneste undtagelse er udarbejdelse af en projektbeskrivelse og en ansøgning vedrørende et opfølgende projekt. Som allerede omtalt, skyldes denne udeladelse omstændigheder af praktisk art, og den blev aftalt med Regionen.

Det fremgår af kursisternes egen evaluering af deres udbytte af projektet, at i løbet af projektet steg andelen af deltagere, der vurderede sig sikre på at vide, hvad CT i undervisningen er, fra 42% til 100%. Andelen, der ikke eller i ringe grad følte sig klædt på til at bruge CT i undervisningen, faldt fra 78% til 4%.

Der er udviklet og afprøvet 11 CT-forløb, som kursisterne finder fagligt relevant, og som nu står til rådighed for alle lærere i de aktuelle fag. Desuden er der udviklet en første version af et i national og international sammenhæng nyt værktøj til at evaluere elevers udbytte af faglig undervisning, der omfatter brug af computermodeller.

Motiverende og dannende brug af modeller

Til trods for at mange af kursisterne undervejs har udtrykt faglige forbehold over for brug af modeller i deres fag, viser slutevalueringen, at så godt som alle kursister i deres fremtidigt undervisning vil bruge deres egen model, og/eller andre af de modeller, der er udviklet i kurset.

Det afspejler, at kursisterne generelt har været glade for at arbejde med modeller, og for muligheden for at gøre eleverne mere bevidste om, hvad modeller er, hvor vigtige modeller er for erkendelse, og hvordan man kan og bør forholde sig kritisk til brugen af dem.

Brugen af modellerne opleves som et fornyende, udvidende og motiverende indslag i undervisningen. Det har været muligt for lærerne at indfri deres forventninger om at give undervisningsforløbene et solidt almindendannende element på det digitale område.

Det fremgår også, at den egenskab ved de udviklede modeller, som kursisterne primært lægger vægt på i deres undervisning, er modellernes evne til at simulere – altså grafisk demonstrere – komplekse faglige fænomener. Den type simuleringer findes der mange af på nettet, men med projektet har lærerne fået mulighed for at simulere fænomener, som de selv finder væsentlige, og som opfylder lærerens egne krav til, hvad der er relevant at vise.

I forlængelse af ovenstående kan man spore en tendens blandt kursisterne til at foretrække komplicerede modeller, fordi de bliver opfattet som fagligt mere "virkelighedstro" og dækkende. Kun nogle få kursister peger på den pædagogiske værdi af at bruge enkle modeller, gerne så enkle, at eleverne får lyst til at forbedre modellerne.

Brug af komplicerede modeller gør det udfordrende for eleverne at læse og arbejde med koden. Så der er god overensstemmelse mellem følgende:

- Kursisterne skrev ikke deres kode selv, men fik hjælp fra projektet. Det var ikke et mål i kurset, at kursisterne skulle lære selv at skrive modeller i NetLogo
- De fleste kursisterne foretrak af faglige grunde komplicerede modeller

- Komplicerede modeller, som kursisterne ikke selv havde skrevet, gjorde det vanskeligt for dem at stille opgaver, der kunne få eleverne til at arbejde med koden.
- De fleste kursister var glade for at have en model, der kunne simulere et fagligt fænomen og dermed var de glade for at "nøjes" med simuleringen
- Brug af modeller på denne måde fremmer, gennem kritisk-dannende diskussioner om meta-egenskaber ved modeller, elevernes digitale myndiggørelse, men svækker CT-aspektet i undervisningen.

På den ene side viser resultaterne dermed, at det gennem brug af fagligt tilpassede computermødeler er muligt at tilføje den faglige undervisning i en række humanistiske og kreative fag nye og væsentlige aspekter.

På den anden side betyder denne positive, men CT-fagligt begrænsede opfattelse af hvad modeller kan bruges til i undervisningen, at der er blevet lagt mindre vægt på indsigt i modelkoden og ikke mindst i elevernes arbejde med at læse, forstå og ændre i koden. Denne forskel fremgår tydeligt af de sammenligninger, der er foretaget med mat-nat-projektet. Dermed går væsentlig læringsmæssige CT-pointere i CMC-tilgangen tabt. Disse vanskeligheder har vist sig i flere sammenhænge.

Det skal derfor vurderes om denne mangel på CT-aspekter i undervisningen er kritisk for udrulningen af CT-i-fag til mange fag i gymnasiet, eller om den opvejes af det tydelige aspekt af myndiggørelse.

CT i undervisningen som en udfordring for den eksisterende fagforståelse

I samfundsfag er modeller og modellering i forvejen en del af kernefagligheden og det var ikke svært for kursister fra faget at finde emner og modeller, der var relevante. Specielt spørgsmålet om modellers forudsætninger og rækkevidde var oplagt at tage med i undervisningen her.

Men generelt var det vanskeligere end forventet for kursisterne at finde fagligt centrale fænomener, der kunne modelleres. Vanskelighederne ser ud til at have været størst i sprogfagene. Fx havde dansklærerne nemt ved at se hvordan modellerne understøttede medier og kommunikation i faget, men sværere ved at se modellerne i forbindelse med undervisning i sprog og litteratur. Også i de andre fag er der mange bemærkninger om denne udfordring.

Det var for eksempel forventet fra projektets side, at fordi computere spiller en stor og voksende rolle i på det sproglige område i form af talegenkendelse (SIRI osv.), robotter der svarer på telefoniske henvendelser, oversættelsesprogrammer, elektroniske ordbøger, sprogligt baserede søgemaskiner, robotovervågning af hjemmesider/sociale medier, robotjournalistik i form af robotter der læser artikler/nyheder og skriver resumeer, så ville det være forholdsvis nemt for de fagligt uddannede lærere at identificere relevante områder, som der kunne arbejdes med i modelleringssammenhæng. Men denne forventning viste sig ikke at holde stik.

Det ligner et dilemma: Der er masser af digitalisering af fagområderne, som de udfolder sig i den store verden, men det er vanskeligt at finde en plads for denne digitalisering i visse gymnasiefag. En nærliggende forklaring er, at de nuværende lærere er uddannet i en tid, hvor digitaliseringen ikke var slået tydeligt igennem i på universiteterne og dermed i lærernes uddannelse. Da lærerne ikke løbende opkvalificeres på dette område, bliver deres opfattelse af egne fag ikke fornyet (En tydelig undtagelse her er de lærere fra mediefagene, der deltog i projektet. De ser hver dag deres elever bruge sociale medier i stort omfang, så her er det eleverne, der sørger for lærernes faglige opdatering, som var tydelig i projektet).

Ministeriets beskrivelser af gymnasiets fag bliver – ligesom lærernes fagopfattelse – heller ikke opdateret med de digitale impulser. Så en udbredelse af CT-undervisning, der integrerer CT i fagene, ser ud til at være hæmmet af fagenes egen selvforståelse, og den måde hvorpå denne forståelse slår igennem i lærernes syn på deres muligheder i egne fag.

Desuden bør det overvejes, om den form for agentbaseret programmering, som er brugt i projektet, er velegnet i alle faglige sammenhænge. Nogle af kursisternes observationer med hensyn til faglige vanskeligheder forårsaget af det indbyggede krav om kausalitet og tidsudvikling i NetLogo-modellerne, tyder på, at andre typer af modellering kan være relevante.

Med hensyn til at udbrede arbejdet med CT i det humanistiske og kreative fag ser det ud til at der er to udfordringer:

På den ene side har projektet vist, at kursisterne får et nyt redskab til at vise simuleringer af fagligt komplicerede fænomener. Det sætter kursisterne generelt stor pris på, og der er udbredt enighed blandt dem om, at tilgangen er motiverende for de fleste elever, og at det giver mulighed for at give eleverne en kritisk og myndiggørende forståelse af, hvad modeller og modellering af. Udfordringen her er, at for at fastholde og udbrede denne fornyelse er det – som det også tydeligt fremgik af paneldebatten på den afsluttende konference – nødvendigt med initiativer, der involverer flere skoler og flere lærere.

På den anden side har kursisternes manglende evne til at kode deres egne modeller den konsekvens, at de ikke operationaliserer de pædagogiske muligheder, der ligger i at bruge meget simple og ”fagligt mangelfulde” modeller i deres undervisningsforløb. Det har den konsekvens, at elevernes indsigt i kodningens betydning og muligheder ikke styrkes gennem forløbene og CT-delen af undervisningstilgangen svækkes.

Der ser således ud til at være brug for to strategier, der supplerer hinanden, og hvor den ene strategi uden den anden ikke vil sikre kvantitet og kvalitet i udbredelsen af CT-undervisning bredt i gymnasiets fagrække:

1. Sammen med lærere kan man udvikle flere NetLogo-modeller, der illustrerer og simulerer fænomener, som er fagligt relevante og giver lærerne et redskab til at højne motivationen hos visse elevgrupper, til at uddybe den faglige forståelse og til at demonstrere og diskutere i klassen, hvad modeller og modellering er. Det vil styrke undervisningens kritisk dannende eller myndiggørende element, men uden en specifik styrkelse af elevernes CT-kompetencer.

Med en sådan strategi kan mange af de opnåede resultater og indsigter fra projektet udnyttes temmelig direkte.

2. Man bør samtidig arbejde mere langsigtet med at inddrage fagpersoner fra firmaer, organisationer og forskningsinstitutioner, der kan give forslag til, hvad det er for områder af de kreative humanistiske fag, som for tiden inddrager digitale teknologier, så fagbeskrivelser og fagforståelse i gymnasiesammenhæng kan opdateres, ikke mindst i sprogfagene. Og dernæst udvikle kurser, hvor kursisterne, som en introduktion, lærer at skrive kode, så de er bedre rustet til at lave deres egne modeller, og dermed til at undervise, så de styrker elevernes specifikke CT-kompetencer, også i de humanistisk-kreative fag.

En sådan strategi vil det betyde mere udviklingsarbejde med lang tidshorisont og mulighed for at løbe ind i blindgyder (eller score store gevinster), som den type didaktisk arbejde indebærer. Men den vil betyde at fagenes indhold og metoder kan opdateres, så de reflekterer udviklingen uden for gymnasiet.

8. Projektets økonomi

I dette afsnit sammenlignes omkostningerne i projektet med det budget, der er opstillet i ansøgningen. Desuden opgøres projektets samlede omkostninger.

A: Budgettet, som det er opstillet i ansøgningen/bevillingen:

Udgiftsbudget i 1000 kr (A)	2018		2019		2020		Projekt samlet
	RM	Egenfinansiering	RM	Egenfinansiering	RM	Egenfinansiering	
Projektadministration Egaa	5	0	30	0	15	0	50
Projektstart	69	21	0	0	0	0	90
4 workshops: planlægning, afvikling, lærerfrikøb	0	0	424	70	182	46	722
Udvikling af modeller og uv-forløb	0	0	110	113	47	76	347
Afprøvning og evaluering af forløb	0	0	0	0	109	116	224
IT-support af kursister/coaching	0	0	114	59	49	25	246
Styregrp., seminarer og udvælg. af CT-lærere	25	8	0	0	101	59	192
Følgeforskning og slutrapport	19	0	229	0	95	112	455
Projektstyring, koordinering og rapportering	38	4	230	24	115	12	423
Webside og netværk	10	0	60	0	30	0	100
Møder, lokaler mv (andet)	8	0	48	0	24	0	80
I alt	174	33	1.244	266	766	445	2.929
Revision	0	0	0	0	20	0	20
Samlede udgifter	174	33	1.244	266	786	445	2.949

Nedenstående opgøres poster, der er relateret til CCTD. Derfor er posterne Projektadministration (50.000 kr) og Revision (20.000 kr), som relaterer til Egaa Gymnasium, ikke medtaget. Da projektet først for alvor kom i gang i januar 2019, er posterne for 2018 og 2019 slået sammen.

B: Udgiftsbudgettet ser herefter således ud:

Udgiftsbudget i 1000 kr (B)	2018+2019		2020		Projekt samlet
	RM	Egenfinansiering	RM	Egenfinansiering	
Projektstart	69	21	0	0	90
4 workshops: planlægning, afvikling, lærerfrikøb	424	70	182	46	722
Udvikling af modeller og uv-forløb	110	113	47	76	347
Afprøvning og evaluering af forløb	0	0	109	116	224
IT-support af kursister/coaching	114	59	49	25	246
Styregrp., seminarer og udvælg. af CT-lærere	25	8	101	59	192
Følgeforskning og slutrapport	248	0	95	112	455
Projektstyring, koordinering og rapportering	268	28	115	12	423
Webside og netværk	70	0	30	0	100
Møder, lokaler mv (andet)	56	0	24	0	80
Samlede udgifter	1.383	299	751	445	2.879

Samlet bevilget tilskud til CCTD er 2.134.000 kr. Samlet budgetteret egenfinansiering er 745.000 kr.

Sammenligning af budget (B) og forbrug samt egenfinansiering for CCTD. 2018 og 2019 er slået sammen.

Beløb i 1000 kr.	2018+2019 budget		2018-2019 realiseret		2020 budget		2020-realiseret		Samlet projekt budget		Samlet projekt realiseret	
Aktivitet	RM	Egen- finan- sie- ring	RM- midler	Egen- finan- sie- ring	RM	Egen- finan- sie- ring	RM- midler	Egen- finan- sie- ring	RM	Egen- finan- sie- ring	RM- midler	Egen- finan- sie- ring
Projektstart	69	21	63	37	0	0	0	0	69	21	63	37
4 workshops: planlægning, afvikling, lærerfrikøb (1)	424	70	202	77	182	46	534	0	606	116	736	77
Udvikling af modeller og uv-forløb (1)	110	113	143	47	47	76	53	72	158	189	196	119
Afprøvning og evaluering af forløb (2)	0	0	0	0	109	116	187	84	109	116	187	84
IT-support af kursister/coaching	114	59	54	5	49	25	117	15	162	84	172	20
Styregrp., seminarer og udvælg. af CT-lærere (3)	25	8	12	0	101	59	0	0	126	67	12	0
Følgforskning og slutrapport	248	0	113	15	95	112	252	88	343	112	365	103
Projektstyring, koordinering og rapportering	268	28	37	29	115	12	285	62	383	41	323	91
Webside og netværk (4)	70	0	0	72	30	0	78	123	100	0	78	195
Møder, lokaler mv (andet) (5)	56	0	2	0	24	0	0	0	80	0	2	0
Samlet	1.383	299	627	283	751	445	1.507	445	2.134	745	2.134	727

De ubrugte midler fra RM udgør 261,60 kr.

Noter:

(1): Som det fremgår af evalueringsrapportens afsnit 3.2, er der brugt mere tid end forventet i forbindelse med workshops på at udvikle og træne brug af et modelleringsværktøj til kursisterne. Denne post indeholder også udgifter til frikøb af kursisterne (366.000 kr). Pengene optræder i budgettet for 2019, men blev først udbetalt i 2020. Derfor er der en ret stor afvigelse i periodiseringen.

(2): Som det fremgår af evalueringsrapportens afsnit 4.5, er der brugt mere tid end forventet på at udvikle et værktøj til evaluering af kursisternes undervisningsforløb.

(3): Det viste sig hurtigt, at der ikke var behov for en styregruppe i projektet (Se også note (4)). Fordi den planlagte opfølgning på projektet blev aflyst, var der ikke behov for at udvælge CT-lærere. Den sidste workshop og afslutningskonferencen blev afholdt virtuelt over Zoom. En del af udgifterne forbundet med de to arrangementer er derfor medregnet under "Webside og netværk".

(4): Kursussiden, afslutningskonferencen og CCTD-Library (se evalueringsrapporten) har i høj grad erstattet den planlagte formidling gennem en styregruppe. Derfor ligger en væsentlig del af egenfinansieringen her.

(5): Det viste sig muligt at bruge lokaler på AU og de deltagende gymnasier. Derfor er lokaleudgifterne mindre end forventet.

De samlede omkostninger i projektet udgør:

Omkostninger	Beløb
Støttemidler administreret af Egaa Gymnasium	70.000
Støttemidler administreret af CCTD	2.134.100
Egenfinansiering fra CCTD	727.000
Samlet	2.931.100

Bilag: Spørgsmål brugt i fokusgruppeinterviews

Første interview:

1. Hvad er jeres oplevelse af kurset?
2. Hvad så med udviklingen af modellen. Der var modelark og et interfaceværktøj. Hvordan har det fungeret?
3. Har i kommentarer til den måde NetLogo blev introduceret på?
4. Hvad med de tutorials I havde, har I fået noget ud af dem?
5. Hvordan giver kurset mening i forhold til undervisningen i jeres fag?
6. I hvor høj grad synes i kurset hjælper jer til at styrke elevernes kompetencer?
7. Hvordan oplever i kurset i forhold til skolens generelle udvikling?
8. Hvordan med ledelsens opbakning – har I den?
9. Hvad med kollegernes opbakning og interesse?
10. Er der nogen der har en afsluttende kommentar?

Andet interview:

1. Hvordan synes i jeres undervisningsforløb fungerede i klassen (eller klasserne)?
2. Har nogen af jer mulighed for at sige noget om elevernes faglige læring. Er den faglige læring som den plejer at være eller er der et andet mønster. Og hvad lærer eleverne rent computationelt – herunder om modelindsigt?
3. Når i ser tilbage på kurset, hvordan vurderer i så samspillet mellem modeller og det faglige. Altså CMC-tilgangen – spillet mellem det faglige, det modelagtige og kodningen. Hvad tænker I om den kombination, set helt fra jeres eget synspunkt fra planlægning og afvikling?
4. Er der sket ting på skolen eller mellem dig og dine kolleger, som kan relateres til din deltagelse i kurset? Har kurset sat noget i gang? Har der være side-effects?
5. Har kurset haft betydning for din opfattelse af dig selv som lærer og især for din opfattelse af dit fag?
6. Er der ting ved kurset som du vil bruge fremover, videre i din egen undervisning.
7. Vil I nævne 1-2-3 af de vigtigste ting, I synes I savnede i kurset. Tænk: Det værste ved det kursus det var ...