

# Computermodeller og kreativ modellering i din faglige undervisning

Efteruddannelseskursus for gymnasielærere i fysik, kemi, biologi,  
bioteknologi, naturgeografi, geovidenskab, astronomi,  
matematik og informatik.

---

Kurset udbydes af It-vest – et uddannelses- og forskningssamarbejde mellem Syddansk Universitet, Aalborg Universitet og Aarhus Universitet. Kurset udbydes i samarbejde med Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet.

---

## Kursusbeskrivelse:

Kort om kurset.....	2
Detaljeret kursusbeskrivelse .....	4
Kursusperiode .....	4
Frist for tilmelding.....	4
Kursussted .....	4
Lærere fra følgende fag kan deltage .....	4
Læringsmål for kursister .....	4
Indhold og aktiviteter .....	5
Datoer for kursusafholdelse: .....	7
Baggrunden for kurset.....	8
Den didaktiske tilgang.....	8
Værktøj til planlægning og målsætning.....	10
Bilag .....	10
Eksempler på faglige emner som kursister har arbejdet med: .....	10
Supplerende materiale om NetLogo og CMC-modellen .....	11

*Modeller er redskaber, som eleverne kan bruge til at undersøge og tænke med.  
Modeller kan også bruges til præsentationer af allerede kendt viden, men når elever arbejder med at forstå videnskab i praksis, er modellernes rolle som kreative tænke- og undersøgelsesredskaber et afgørende element.*

## Kort om kurset

Målet med kurset er at klæde dig på til at kvalificere dine elevers forståelse og brug af computermodeller i dine fag. Midlet er, at du udvikler og afprøver målrettede undervisningsforløb med computermodeller, hvor eleverne får fingrene i computermodellens maskineri.

På kurset vælger du et centralt fagligt fænomen, som du gerne vil have dine elever til at arbejde med, hvorefter du udarbejder en computermodel over fænomenet eller tilpasser en eksisterende model fra vores bibliotek. Dette får du selvfølgelig hjælp til af vores erfarne undervisere. Desuden er Generativ AI nu så god til at skrive kode, at tjenester som fx ChatGPT vil blive inddraget som en hjælpende hånd i programmeringen af computermodellen.

Modellen – og elevernes arbejde med den gennem målrettede spørgsmål – gøres til omdrejningspunkt i et undervisningsforløb, som du afprøver i egen klasse. Du får adgang til et omfangsrigt bibliotek af forløb med computermodeller og tilhørende elevaktiviteter.

Modeller har altid spillet en central rolle i de naturvidenskabelige fag, og modellering er et vigtigt redskab i videnskabelige undersøgelser, hypotesedannelser, peer-diskussioner og formidling. Modeltænkning spiller en afgørende rolle for videnskabelige nybrud, især fordi visualisering og konceptualisering gennem modeltænkning stimulerer videnskabelig kreativitet.

De sidste 40 år har computerbaserede modeller fået en dominant rolle i alle naturvidenskabelige discipliner bl.a. fordi computermodeller gør det muligt at forstå og analysere data fra store og komplekse fænomener. Arbejde med computermodeller er derfor ikke et ”add on” til fagene, men et element i moderniseringen af kernefagligheden.

Eleverne bør kende til, hvordan computermodeller er opbygget, herunder lidt til programmering. At arbejde med koden i en computermodel giver også en konkret forståelse af kausale sammenhænge i modellen/fænomenet. Desuden kan modeltænkning understøtte eleverne i at tænke kreativt og i at udforske et fagligt fænomen i nye retninger.

I løbet af 5 mdr. afholdes fire workshops, hvor de nye ideer introduceres, trænes og diskuteres, samt en arbejdsdag på egen skole, hvor ideerne afprøves. Vi starter med at se på modeller og deres rolle i de naturvidenskabelige fag, og du lærer det basale omkring computermodellens opbygning og programmering. Centralt i kurset er fokus på didaktikken og elevaktiviteter, som aktivt inddrager eleverne i den kreative proces med at bruge, ændre og eksperimentere med computermodellen. Du vil blive præsenteret for værktøjer, der hjælper dig til udformning af didaktiske spørgsmål til eleverne.

På workshops modtager du skriftligt og mundtligt feedback på din computermodel og dine elevaktiviteter fra vores coaches. Efter workshop 3 ligger en arbejdsdag på din skole, hvor du afprøver dit forløb på eget hold. I forbindelse med arbejdsdagen mødes du virtuelt med en eller flere coaches, der kan hjælpe dig, hvis du har didaktiske overvejelser eller der er noget i modellen, der giver udfordringer i forbindelse med afprøvningen.

Kurset sætter rammerne, men meget af indholdet beslattes af dig – fx hvilket fænomen du vil arbejde med, og hvad du synes, det er vigtigt, eleverne træner.

Kurset bygger på en grundigt afprøvet og forskningsbaseret didaktisk model, der omfatter brug af det pædagogiske programmeringsmiljø NetLogo, som er udviklet til undervisningsbrug og forskning. Gennem den didaktiske model sikres det, at eleverne ikke kun arbejder med modellen som en simulering, men også tilpasser og forbedrer modellen ved at direkte at ændre eller tilføje i computerkoden.

Kurset er velegnet for lærere både med og uden programmeringserfaring. Enkeltkursister er velkomne, men det forøger udbyttet af kurset, hvis to eller flere kursister deltager fra samme skole.

## Detaljeret kursusbeskrivelse

### Kursusperiode

Fra november 2025 til marts 2026.

### Frist for tilmelding

1. april 2025. Lærere fra alle gymnasier i landet og alle typer af gymnasier kan deltage. Kurset er velegnet for lærere både med og uden programmeringserfaring. Enkeltkursister er velkomne, men det forøger udbyttet af kurset, hvis to eller flere kursister deltager fra samme skole.

### Kursussted

De fysiske workshops afholdes på Aarhus Universitet. Kursets workshops er beskrevet på side 6-7.

### Lærere fra følgende fag kan deltage

Naturvidenskabeligt grundforløb (NV), fysik, kemi, biologi, bioteknologi, naturgeografi, geovidenskab, astronomi, matematik, informatik (især i samspil med andre fag).

### Læringsmål for kursister

Efter aktiv deltagelse i kurset forventes kursisterne at kunne:

- Redegøre for modellers rolle i fagets metoder og udvikling, herunder brug af computationel modellering.
- Bruge en allerede færdig NetLogo-model af et fagligt fænomen inden for eget fagområde og identificere og forstå de vigtigste dele af modellens kode.
- Lave en simpel computermodel i NetLogo af et centralt fagligt fænomen – enten ved at tilrette en eksisterende model fra vores bibliotek, eller ved at lave en model fra bunden evt. med hjælp af ChatGPT.
- Planlægge og gennemføre undervisningsaktiviteter omkring en eller flere computermodeller med udgangspunkt i CMC-tilgangen (Content-Modeling-Coding), UMC-tilgangen (Use-Modify-Create) og skabelonen til udarbejdelsen af elevspørgsmål (se s.7-8). I undervisningsaktiviteterne arbejder eleverne med en NetLogo-model både som brugere (i Interface) og som medskabere (i Code).
- Diskutere forskellige computermodellers styrker og begrænsninger med udgangspunkt i konkrete kodeeksempler og bruge disse eksempler til at kvalificere en bredere diskussion af computermodellers rolle i faget (samt i videnskab og samfund mere generelt).

Kursisten vil undervejs i kurset blive introduceret til programmering og tilegne sig basale kompetencer heri. Efter deltagelse har kursisten udviklet og afprøvet et undervisningsforløb med en computermodel i egen klasse.

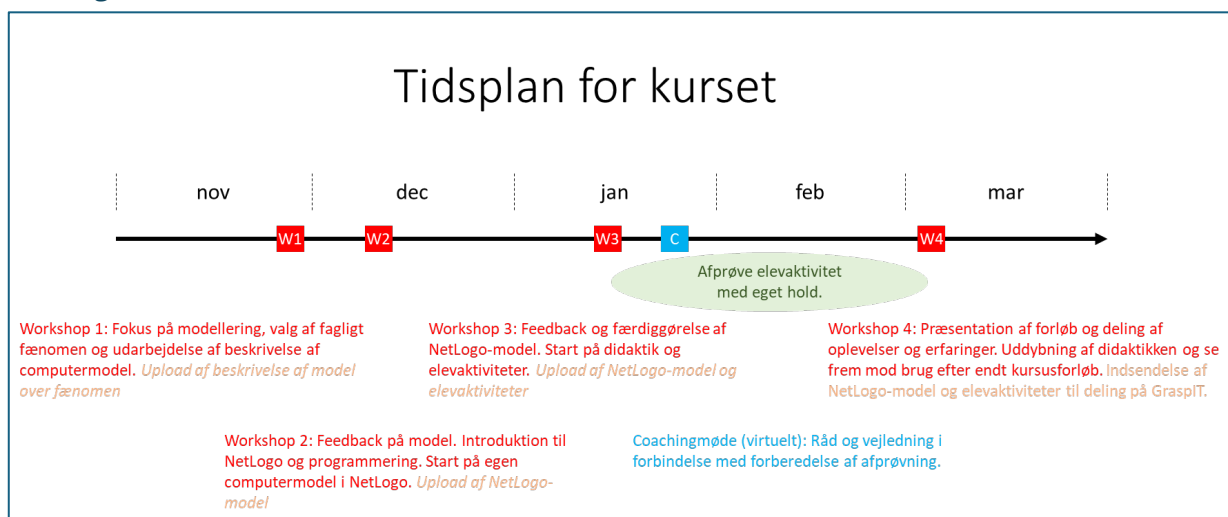
## Indhold og aktiviteter

I løbet af fem måneder afholdes fire heldags workshops (W1, W2, W3 og W4) og et coachingmøde (C) af 1,5 times varighed. På workshops vil der være oplæg, hvor nye ideer introduceres, hvorefter kursisterne arbejder med dem i forbindelse med deres egen elevaktivitet.

På workshops og coachingmødet er der coaches tilstede. Coachene har erfaring med computermodellering og indblik i de relevante fag og har selv lavet og afprøvet flere forløb med NetLogo-modeller. Coachenes rolle er at vejlede og sparre med kursisterne samt hjælpe dem med NetLogo-model og elevaktiviteter. På workshops modtager du skriftligt og mundtligt feedback på din computermodel og dine elevaktiviteter fra vores coaches.

Efter workshop 3 afholdes en arbejdsdag på egen skole, hvor kursisten afprøver sit forløb på eget hold. I slutningen af hver workshop uploader kursisten sine materialer, så coachene kan give feedback på dem i starten af den efterfølgende workshop.

### Oversigt over kurset



Indholdet i de viste aktiviteter beskrives nedenfor

### Beskrivelse af kursusaktiviteter

Titel	Aktiviteter
Workshop 1:  Modellering og start på egen model.	Velkomst og overblik over til kurset.  Introduktion til modeller og de didaktiske principper: <ul style="list-style-type: none"><li>• Modeller og modellering i de naturvidenskabelige fag</li><li>• Agentbaseret modellering (ABM)</li><li>• Afprøvning af en elevaktivitet og introduktion til de anvendte didaktiske principper, herunder CMC-tilgangen, der kombinerer fagligt arbejde, modellering og kodning (se omtalen af CMC-tilgangen s. 7 og UMC-tilgangen s. 8).</li></ul>

	<p>Start på egen model. Valg af fagligt fænomen og beskrivelse af en computermodel over fænomenet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kursisten vælger et fagligt fænomen, som han/hun vil arbejde med i sit undervisningsforløb.</li> <li>• Modellen skitseres og beskrives på system- og agentniveau (fx hvilke agent-typer er der, hvad er deres egenskaber og hvad er deres adfærd og vekselvirkning med deres omgivelser).</li> <li>• Kursisten formulerer læringsmål for elevernes arbejde med modellen.</li> </ul> <p>Upload: Beskrivelse af modellen og læringsmål for aktiviteten uploades til kursushjemmesiden, så coachene kan give feedback på modellen.</p>
<p>Workshop 2:</p> <p>NetLogo model</p>	<p>Feedback på kursisternes modeller fra Workshop 1.</p> <p>Introduktion til modellering i programmeringsmiljøet NetLogo. NetLogo er et tekstbaseret programmeringsmiljø, som er nemt at komme i gang med. Også for begyndere.</p> <p>Kursisterne oversætter deres faglige model fra workshop 1 til en computermodel i NetLogo. Coachene hjælper kursisterne. Generativ AI er efterhånden blevet så god til NetLogo, at tjenester som fx ChatGPT vil blive inddraget som en hjælpende hånd i programmeringen af computermodellen.</p> <p>Upload: I slutningen af workshoppen uploader kursisterne deres NetLogo-model på kursushjemmesiden. En coach vil op til workshop 3 forberede feedback samt evt. hjælpe med at rette koden til, så modellen er klar at arbejde videre på. Hvis nogle kursister har valgt at samarbejde i en gruppe, afleverer de samlet.</p>
<p>Workshop 3:</p> <p>Didaktik og elevaktiviteter</p>	<p>Der samles op på modeller og tanker fra workshop 2. Kursisterne modtager feedback på deres model fra coachene og der bliver tid til at tilrette deres model på baggrund af denne feedback.</p> <p>De didaktiske principper, der blev introduceret kort på workshop 1, uddybes og der kommer nye til - herunder erfaringer med hvordan elever kan arbejde med NetLogo-kode, og idéer til hvordan elevaktiviteter i et undervisningsforløb knyttet til modellen kan udformes og præsenteres.</p> <p>Kursisterne præsenteres for konkrete værktøjer, der hjælper til udformning af didaktiske spørgsmål til eleverne (se side 8).</p> <p>Kursisterne udarbejder elevaktiviteter til deres NetLogo-model på baggrund af de præsenterede principper. De vil få støtte og vejledning i arbejdet fra coachene og sparre med dem og andre kursister.</p> <p>Elevaktiviteterne inddrager eleverne i den kreative proces med at bruge, ændre og eksperimentere med computermodellen. Gennem den didaktiske model sikres det, at eleverne ikke kun arbejder med modellen som en simulering, men også tilpasser og forbedrer modellen ved at direkte at ændre eller tilføje i computerkoden.</p> <p>Upload:</p>

	NetLogo-model og elevaktiviteter uploades på kursushjemmesiden, så coachene kan forberede sig til coachingmøderne med kursisterne inden aktiviteterne afprøves på egen skole.
Coachingmøde	Et mindre antal kursister mødes med fagligt relevante coaches. Formålet er at give kursisterne råd og vejledning i forbindelse med forberedelsen af deres afprøvning (se nedenfor) samt drøfte deres modeller, elevaktiviteter, nye idéer og yde her-og-nu-hjælp og i øvrigt facilitere kursisters arbejde og samarbejde. Det indgår i møderne, at kursisterne kan sparre med hinanden. Det forventes at møderne afholdes virtuelt.
Arbejdsdag / Afprøvning	Kursisten afprøver den udviklede NetLogo-model og det tilhørende undervisningsforløb på eget hold. Kursisterne har mulighed for at kontakte coaches for støtte til planlægning af afprøvning.
Workshop 4:  Deling og refleksion	<p>Vi samler op på afprøvningsne, deler materialer og ser fremad.</p> <p>Kursisterne præsenterer deres undervisningsforløb for hinanden (NetLogo-model og elevaktiviteter) og deler oplevelser og erfaringer fra afprøvningen.</p> <p>Nogle af de didaktiske idéer i kurset uddybes nu, hvor kursisterne har konkrete erfaringer at hænge principperne op på.</p> <p>Hvordan kan arbejdet fortsætte på egen skole?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvad har kursisterne gjort sig af tanker om den næste model, som de vil arbejde videre med? Er der udfordringer fremadrettet, som vi kan hjælpe med? Skal der laves nogle sparringsgrupper indenfor eller på tværs af fagfællesskaber?</li> <li>• Hvordan kan viden og erfaringer fra kurset og afprøvningen deles med kollegaer på egen skole?</li> </ul> <p>Afslutningsvis indsender kursisterne deres NetLogo-model og elevaktiviteter til websiden GraspIT (<a href="https://graspit.dk/">https://graspit.dk/</a>). Efter workshoppen gøres de tilgængelige på websiden.</p> <p>Det forventes at workshop 4 afholdes virtuelt.</p>

### Datoer for kursusafholdelse:

Aktivitet	Dato
<b>Workshop 1</b>	25. november 2025
<b>Workshop 2</b>	9. december 2025
<b>Workshop 3</b>	13. januar 2026
<b>Arbejdsdag / Afprøvning</b>	Afprøvningen skal ligge mellem workshop 3 og workshop 4. Datoen aftales individuelt med kursisten/kursisterne
<b>Workshop 4</b>	3. marts 2026

## Baggrunden for kurset

I perioden 2018 til 2022 udviklede og afholdt Danske Science Gymnasier (DASG) i samarbejde med Center for Computational Thinking & Design (CCTD), Aarhus Universitet, tre etårige kurser, hvor lærere fra naturfagene og matematik blev klædt på til at undervise i fagligt stof gennem brug af computermodeller. Det aktuelle kursus bygger på det faglige indhold samt den didaktik og den kursusstruktur, som blev udviklet og afprøvet i forbindelse med de tre kurser.

Formålet med de tre kurser var at sætte kursisterne i stand til at styrke elevernes modelleringskompetencer og deres computationelle tankegang, mens der blev arbejdet med centrale faglige fænomener. Elevernes teknologiske handleevne, deres digitale myndiggørelse og deres naturvidenskabelige dannelse blev styrket, samtidig med at der blev introduceret nye metoder i fagene.

I alt deltog 120 lærere i kurserne. De udviklede ca. 100 undervisningsforløb, som hver er bygget op omkring en faglig computermodel. Forløbene findes sammen med andet digitalt undervisningsmateriale på ressourcesiden GraspIt (<http://www.graspit.dk/>).

I forbindelse med de tre kursusforløb blev der udarbejdet en modelbaseret didaktik for brug af computermodeller i faglig undervisning (CMC-tilgangen). Evaluering og de mange modelbaserede undervisningsforløb har demonstreret, at didaktikken fungerer som et innovativt og inspirerende grundlag for at integrere computationelle elementer i eksisterende faglig undervisning. CMC-tilgangen er efterfølgende publiceret som et forskningsbidrag.<sup>1</sup>

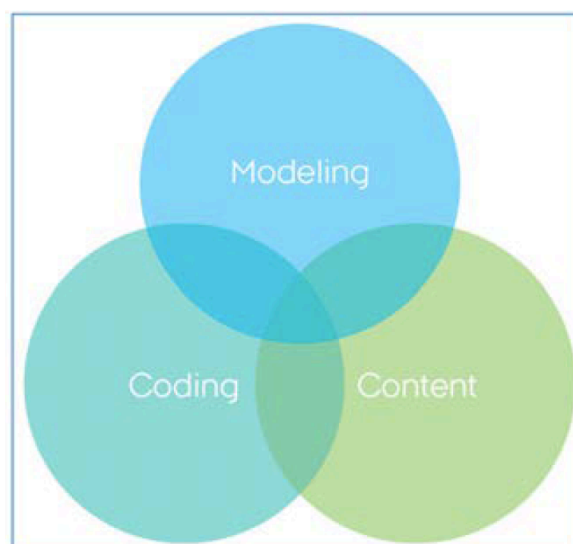
## Den didaktiske tilgang

### *CMC-tilgangen*

De tre tidligere kurser, der er omtalt ovenfor demonstrerede overbevisende, at den modelbaserede didaktik, der her omtales som CMC-tilgangen, er et innovativt, inspirerende og sammenføjende element i fagligt integreret undervisning i computationel modellering i en række af gymnasiets fag.

I CMC-tilgangen kombineres fagligt indhold (content) med modellering (modeling) og kodelarbejde (coding). Se figuren.

Et undervisningsforløb kan typisk se ud som følger: Læreren vælger et centralt fagligt



---

<sup>1</sup> Se Musaeus, L. H. & Musaeus, P. (2019, February). Computational thinking in the Danish High School: Learning coding, modeling, and content knowledge with NetLogo. In *Proceedings of the 50th ACM technical symposium on computer science education* (pp. 913-919).

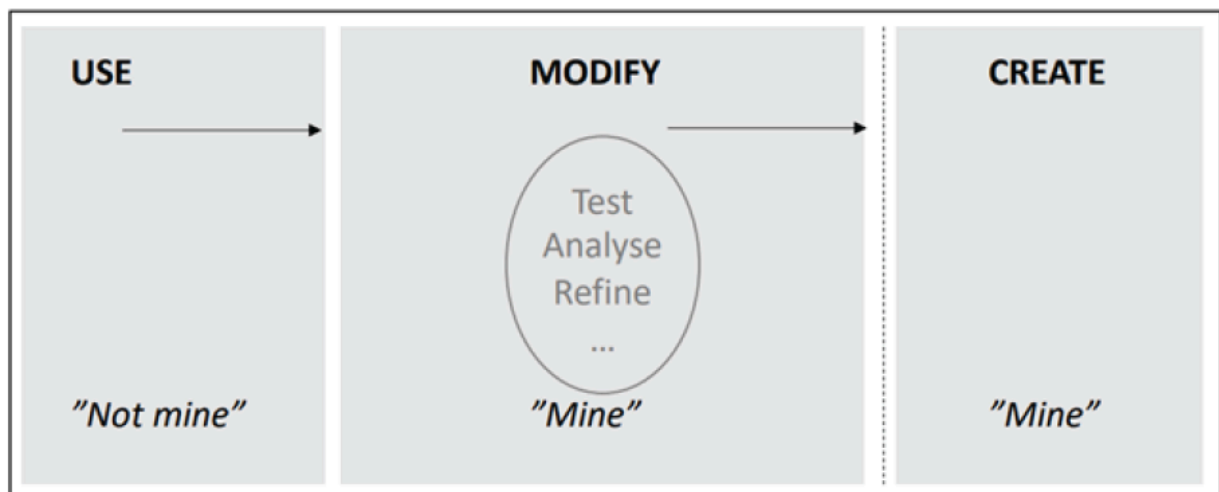


fænomen og finder eller udvikler en simpel computermodel over fænomenet. Modellen udleveres til eleverne. Det forudsættes ikke, at eleverne på forhånd kender til computerkode. Eleverne starter ”forudsætningsløst” ved at undersøge og lære at bruge computermodellen gennem dens interface. Derefter får de adgang til den bagvedliggende kode.

I de tre kurser blev anvendt programmeringsmiljøet NetLogo, der er udviklet til undervisningsbrug og forskning med henblik på at være intuitivt let at læse og forstå.<sup>2</sup> Det har igen og igen vist sig, at det er overraskende let for eleverne at lære at læse koden og trække mening ud af den, hvorefter de kan gå i gang med selv at ændre, tilrette eller forbedre modellen ved at ændre i koden ud fra egne faglige overvejelser.

CMC-tilgangen giver gymnasiets lærere nye muligheder for og kompetencer til at planlægge og afvikle undervisningsforløb, hvor eleverne lærer fagligt stof gennem computerbaseret modellering, og de lærer om modellering mens de arbejder med det faglige stof.

*UMC-tilgangen:*<sup>3</sup>



Et andet vigtigt didaktisk princip (ud over CMC-tilgangen) består i, at læreren - i elevernes arbejde - skelner mellem elevernes 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.

<sup>2</sup> Se fx Musaeus, L H; Hansen, J Ø; Damsgaard-Madsen, M; Nielsen, K (2019). [Computational Thinking i gymnasiefag – En modelbaseret didaktik](#), s. 49

<sup>3</sup> Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., ... & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32-37.

## Værktøj til planlægning og målsætning af undervisning

Som en del af kurset introduceres et forskningsbaseret værktøj, der er udviklet som hjælp til undervisere i deres arbejde med at planlægge og målsætte undervisning i relation til modellering af et fagligt fænomen.

Værktøjet er udformet som en skabelon og fokuserer på, hvordan elevernes arbejde med en faglig computationel model kan faciliteres via didaktiske spørgsmål. Brug af skabelonen kan tydeliggøre elevernes kendskab til en specifik model og deres mere generelle refleksioner over computermodellers anvendelighed i faget. Skabelonen rummer 16 parametre, der er centrale for forståelsen af modeller og modelleringsprocessen og giver eksempler på, hvordan man inden for hver parameter kan stille spørgsmål til eleverne på tre taksonomiske niveauer (lav, middel og høj).

Skabelonen er baseret på forskning udført i samarbejde med danske gymnasielærere og er beskrevet internationalt i feltet af 'computing education'.<sup>4</sup>

## Bilag

Eksempler på faglige emner som kursister har arbejdet med:

FAG	EMNE
Kemi	Fældningstitrering
	Kemiske ligevægte
	Syre-basetitrering
	Reaktionsskemaer og støkiometri
	Reaktionsskemaer og ækvivalente mængder
Fysik	Diffusion af en gas
	Bold i frit fald
	Planetbevægelser og Keplers 3. lov
	Dobbeltspalteeksperiment
	Smeltning af en isklump
	Faseovergange
	Jævn bevægelse og frit fald
	Regnbuen og strålegangen i en vanddråbe
	Hoppende bold
	Opvarmning og afkøling af vand
	Termisk energi – opvarmning/fordampning
	Fusion i stjerner

<sup>4</sup> Musaeus, L. H., Caspersen, M. E., & Musaeus, P. (2023, September). A Template for Teaching Computational Modelling in High School. In *Proceedings of the 18th WiPSCE Conference on Primary and Secondary Computing Education Research* (pp. 1-10).

	Henfald med Cs-137/Ba-137
	Elektriske felter
<b>Fysik + matematik</b>	Eksponentielle modeller og halveringskonstanten
<b>Matematik</b>	Visuel Deskriptiv statistik
	Ikke-grupperede observationsæt
	Forståelse af graftegning i et CAS-værktøj
	Solsikkeeksperimenter og binomialfordelingen
	Simulering af triangeltest
	Eratosthenes' si (primtal)
	Vektorfunktioner og parameterkurver
	Binomialtest
	Parallelforskydning af grafer og ændring af funktionsforskrift.
<b>Naturgeografi</b>	Nedsivning i Netlogo
<b>Geografi</b>	Migration fra land til by
<b>Biologi + matematik</b>	Epidemimodellering
	Smittespredning
	Cells optagelse af kemiske stoffer fra cellens omgivelser og vækstmodeller

Du kan se de modeller og undervisningsforløb, der er udviklet i forbindelse med ovenstående emner, på websiden GraspIT (<https://graspit.dk/>). Her kan du desuden finde ca. 80 forløb mere fordelt på en række fag. Siden indeholder også materialer til inspiration og fordybelse.

## Supplerende materiale om NetLogo og CMC-modellen

I forbindelse med de omtalte tidligere uddannelsesforløb er der udarbejdet en del materiale med relation til undervisning i modellering og computationelle metoder. Her omtales de vigtigste.

### *Videoer*

- [Computational Thinking og Modellering i STEM-fag i gymnasiet](#). En kort video, som giver en introduktion til idéerne bag og intentionerne med CTiMNAT-projektet. (Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020).
- [Instruktionsvideoer til programmering i NetLogo](#). Der er fire videoer:
  - Installation af NetLogo (af Jonas Ørbæk Hansen)
  - Intro til NetLogo
  - Din første NetLogo-model (del1)
  - Din første NetLogo-model (del 2)
- [NetLogokursus: Oversigt over NetLogo funktioner](#)

### *Modellerings- og CT-didaktik*

- [Computational Thinking i gymnasiefag – En modelbaseret didaktik](#) (Line Have Musaeus, Jonas Ørbæk Hansen, Morten Damsgaard-Madsen, Keld Nielsen, Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020).

Didaktikhæftet blev til på baggrund af erfaringerne fra det først kursusforløb i projektet.

- Palle Nowack: Introduktion til agentbaseret modellering med NetLogo Version 1.1. <http://graspit.dk/wp-content/uploads/2024/03/ModelBook-v1.1.pdf>

#### *Modellerings- og CT-undervisningsforløb*

- [GraspIT](#). Indeholder mere end 100 modelbaserede undervisningsforløb i CT i følgende fag: biologi, bioteknologi, dansk, fysik, astronomi, historie, design, informatik, international økonomi, kemi, matematik, medie-fag, musik, naturgeografi, samfundsfag og NV.

#### *Artikler*

- [Computational Thinking i gymnasiefag](#). Fem artikler i LMFK-bladet, 2020, skrevet af kursuslederen og coaches på baggrund af deres erfaringer med at inddrage modellering og CT i deres undervisning:
  - Computational thinking i gymnasiefag (Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking og Design (CCTD), Aarhus Universitet, Frode Peulicke, Gefion Gymnasium, Allan Jensen, Silkeborg Gymnasium, Solveig Skadhauge, Nærum Gymnasium)
  - Computational thinking i matematik – vækstegenskaber (Frode Peulicke, Gefion Gymnasium)
  - Computational thinking i naturvidenskabelig grundforløb (Solveig Skadhauge, Nærum Gymnasium)
  - Computational thinking i fysikfaget – henfaldsloven (Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking and Design (CCTD), Aarhus Universitet)
  - Computational thinking i matematik – differentialligninger (Allan Jensen, Silkeborg Gymnasium)
- Musaeus, L. H., Hansen, J. Ø. & Nielsen, K. (mar. 2023). Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag: hvorfor, hvad og hvordan? I: *MONA - Matematik- og Naturfagsdidaktik*. 2023(1), (45-71).

#### *Forskning i forbindelse med tidligere efteruddannelseskurser*

- Musaeus, L. H., Caspersen, M. E., & Musaeus, P. (2023, September). A Template for Teaching Computational Modelling in High School. In *Proceedings of the 18th WiPSCE Conference on Primary and Secondary Computing Education Research* (pp. 1-10).
- Musaeus, L. H. & Musaeus, P. (2019, February). Computational thinking in the Danish High School: Learning coding, modeling, and content knowledge with NetLogo. In *Proceedings of the 50th ACM technical symposium on computer science education* (pp. 913-919).

#### *Evalueringer af tidligere efteruddannelseskurser*

- [CT i gymnasiefag \(2018\)](#).

- Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab. Evaluering af det første år i matematik-naturfagsprojektet (CTiMNAT-1) (Jesper Buch, Adam Etches, Keld Nielsen, Line Have Musaeus og Arthur Hjorth, 2019).
- Computational Thinking i Matematik og Naturvidenskab (CTiMNAT) - Evaluering af projektets andet kursusforløb 2019-2021 (Jonas Ørbæk Hansen Line Have Musaeus og Keld Nielsen, 2021).
- Modellering og Computational Thinking i Gymnasiefag (MCTiG) (Keld Nielsen, Morten Damsgaard-Madsen, Line Have Musaeus, 2021).

#### *Andet relevant materiale*

- Caspersen, Michael E.: Computational thinking, kapitel 4.15 i Gymnasiepædagogik – En grundbog, 3. udg., side 470 – 478 (Hans Reitzels Forlag, 2017).
- 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.
- Computational Thinking — hvorfor, hvad og hvordan? (Rapport fra It-vest, 2018).
- CCTD (2018a). Computational Thinking in High School subjects, Center for Computational Thinking & Design, Aarhus University.