

VELKOMMEN!

Agentbaseret modellering i matematik og de naturvidenskabelige fag

AI I GYMNASIER – OG ANDRE NYE DIGITALE METODER TIL FAGFORNYELSE

Torsdag d. 3. april, 2025



Jonas Ørbæk Hansen

Underviser i fysik og kemi ved Silkeborg Gymnasium

Tidligere: Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet

jha@sg.dk



Solveig Skadhauge

Underviser i fysik og matematik ved Nærum Gymnasium

Fysiklærerforeningens styrelse

solv0913@g.nagym.dk

Installér NetLogo fra kortlink.dk/2npd2
(<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/6.4.0/>)



DOWNLOAD OG INSTALLÉR NETLOGO

- **Installér NetLogo fra [kortlink.dk/2npd2](https://ccl.northwestern.edu/netlogo/6.4.0/)**
(<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/6.4.0/>)



- **Modellerne I skal arbejde med findes her [kortlink.dk/2s6hd](https://drive.google.com/drive/folders/1jMloiNIbvtRg89s7_6bOAOYTiLfTYIC2)**
(https://drive.google.com/drive/folders/1jMloiNIbvtRg89s7_6bOAOYTiLfTYIC2)

AGENTBASERET MODELLERING I MATEMATIK OG DE NATURVIDENSKABELIGE FAG

Workshop med introduktion og praktiske øvelser

Vi har i de senere år haft gode erfaringer med at inddrage agentbaserede computermodeller i undervisningen. Det giver eleverne mulighed for selv at modellere faglige fænomener og tage stilling til, hvad deres modeller skal indeholde. Samtidig får de en dybere forståelse for, hvad computermodeller er, hvad de kan – og hvad de ikke kan.

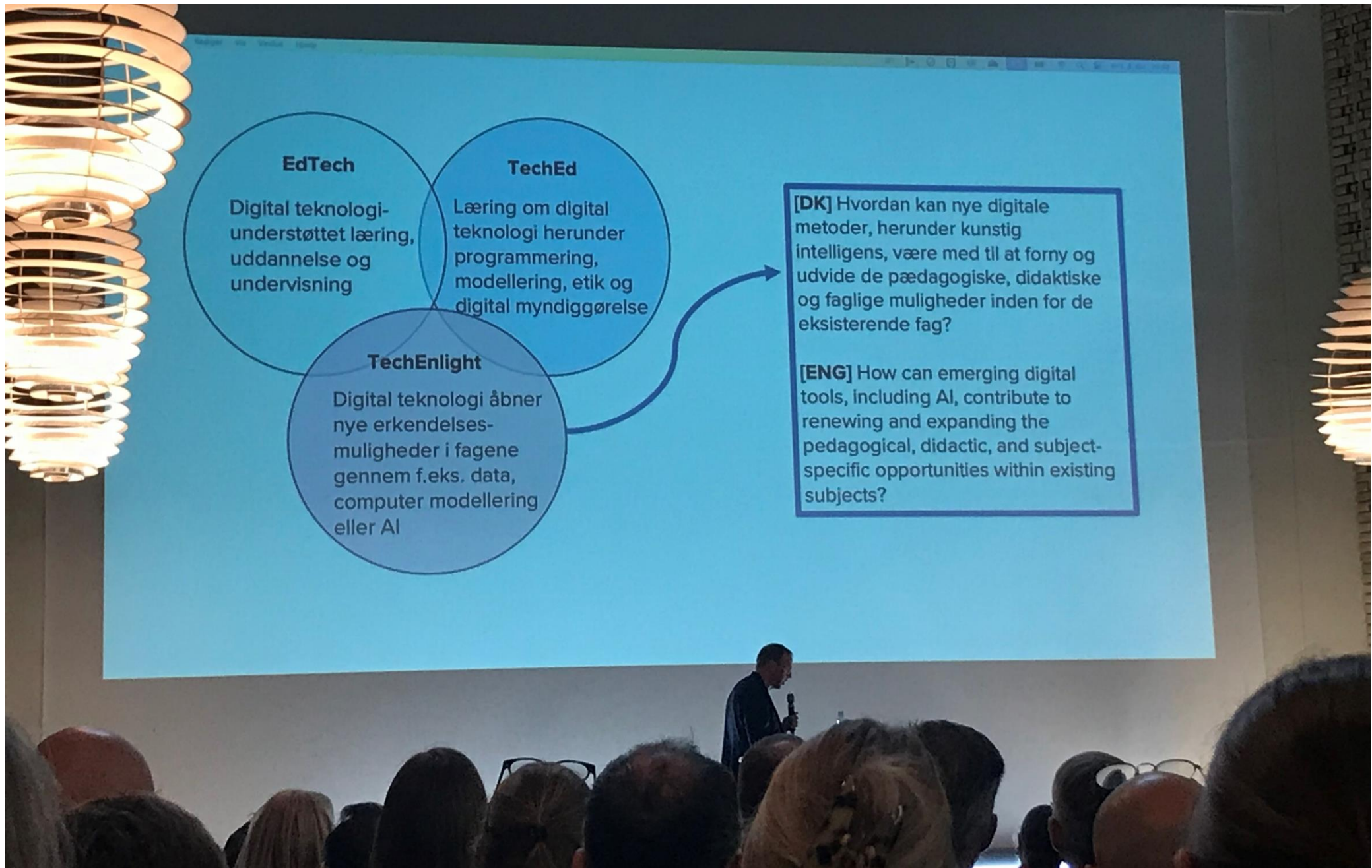
Gennem arbejdet med modellerne opnår eleverne desuden kendskab til at læse, forstå og anvende computerkode og algoritmer – noget vi forventer vil være en fordel for dem i deres videre studier og karriere.

I workshoppen introducerer vi agentbaseret modellering (ABM) og præsenterer nogle af de didaktiske tilgange, vi har anvendt i undervisningen. Disse bygger på erfaringer fra udviklingsprojektet *Computational Thinking i Matematik og Naturfag*, der blev gennemført i samarbejde mellem Center for Computational Thinking and Design ved Aarhus Universitet og Danske Science Gymnasier (DASG).

Efter introduktionen vil du få mulighed for selv at afprøve konkrete aktiviteter udviklet af gymnasielærere fra projektet.

PLAN

- **Introduktion til agentbaserede modeller (ca. 20 min)**
 - Et eksempel på en elevaktivitet
 - Nogle af didaktiske tilgange vi anvender i elevaktiviteterne
 - Hvad vi synes aktiviteterne kan give eleverne
- **Afprøve elevaktiviteter (ca. 20 min)**



EdTech

Digital teknologi-
understøttet læring,
uddannelse og
undervisning

TechEd

Læring om digital
teknologi herunder
programmering,
modellering, etik og
digital myndiggørelse

TechEnlight

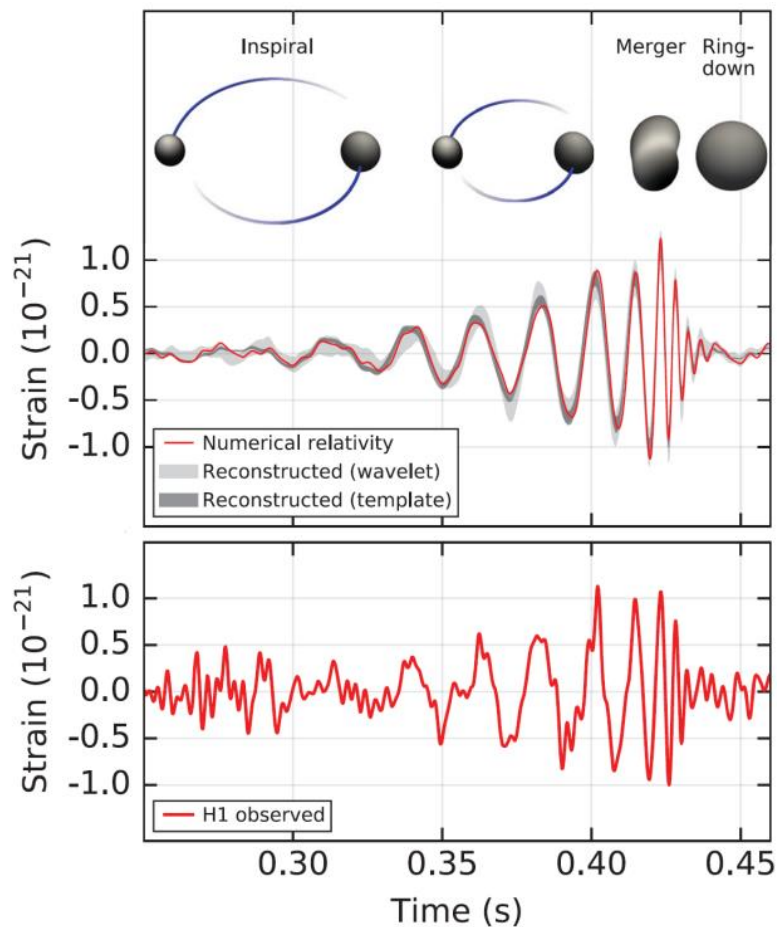
Digital teknologi åbner
nye erkendelses-
muligheder i fagene
gennem f.eks. data,
computer modellering
eller AI

[DK] Hvordan kan nye digitale metoder, herunder kunstig intelligens, være med til at forny og udvide de pædagogiske, didaktiske og faglige muligheder inden for de eksisterende fag?

[ENG] How can emerging digital tools, including AI, contribute to renewing and expanding the pedagogical, didactic, and subject-specific opportunities within existing subjects?

EN FREMTID MED MODELLERING

- HVORFOR ELEVER SKAL ARBEJDE MED COMPUTERMODELLER



Måling af gravitationsbølger i 2015

- Øverst: Modellering af tyngdebølgerne fra to sorte huller der smelter sammen.
- Nederst: Signalet fra detektoren.
- Signalet fra detektoren sammenlignes med 250.000 modellerede signaler fra computermodeLLer med forskellige parametre. Det viste signal er dét, der passer bedst med det målte.
- De to sorte huller:
 - havde en masse på hhv. 36 og 29 solmasser
 - havde en størrelse på 90-100 km
 - Smeltede sammen til et sort hul med massen 62 solmasser

Pedersen, Jens Olaf Pepke og Andersen, Michael Cramer (2016),
Tyngdebølger observeret for første gang, KVANT, Årg.27, nr.1, s.8–12.

EN FREMTID MED MODELLERING

- HVORFOR ELEVER SKAL ARBEJDE MED COMPUTERMODELLER

- Elever vil i deres videre uddannelse og karriere komme til at skulle avende eller forholde sig til computermodeller
- Man kan i dag gennemføre gymnasiet uden at have arbejdet aktivt med en computermodel – eller kun som *bruger* gennem et færdigt interface (*simuleringer*)
- Det stiller ikke eleverne godt i mødet med den virkelighed, der venter dem.
- Digital *dannelse* kræver computationel *faglighed*

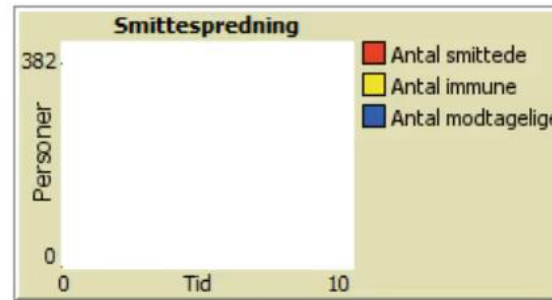
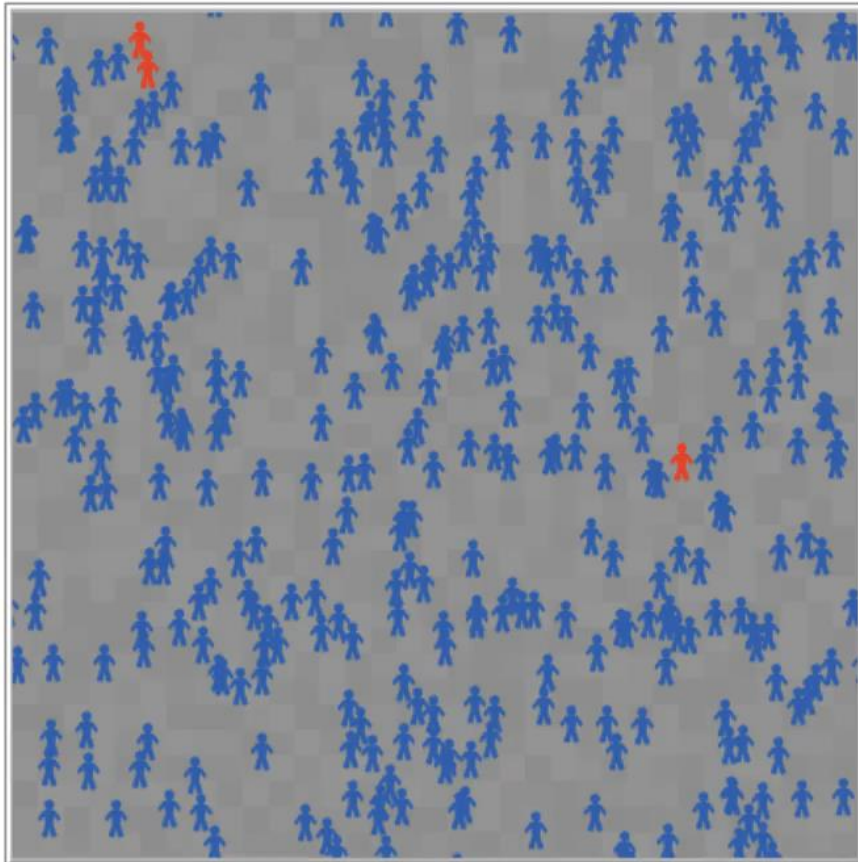
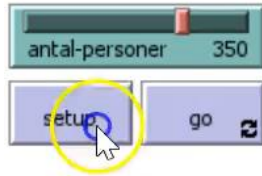


- Et ønske om at styrke modellering og computationelle kompetencer i de eksisterende fag
 - træne *computationelle kompetencer* (herunder læse, forstå og ændre eksisterende computerkode)
 - opbygge bevidsthed om hvad en computermodel er, hvad den kan, og hvad det vil sige at *modellere* et fænomen
 - styrke elevernes modelleringskompetencer og gøre fagets metoder mere tidssvarende
- Faglig gevinst – når det gøres rigtigt
 - Når eleverne arbejder med computermodellerne – ændrer og tilpasser dem – opnår de nye faglige erkendelser
 - Modellerne bliver et redskab til at undersøge og forstå faget på en ny måde

ET EKSEMPEL...

En model over smittespredning

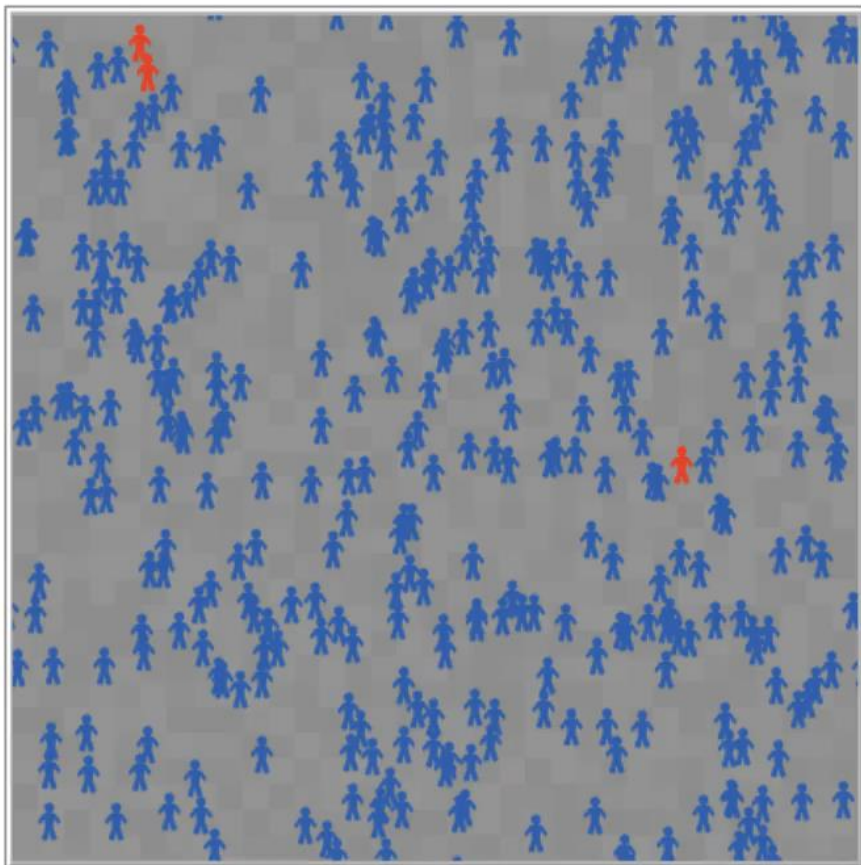
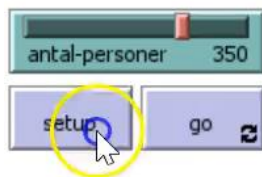
Interface Herfra køres simuleringer med forskellige inputparametre



ET EKSEMPEL...

En model over smittespredning

Interface Herfra køres simuleringer med forskellige input



Kode Her er det faglige indhold omsat til kode. Her kan eleverne arbejde med modellens opførsel (*modellering*)

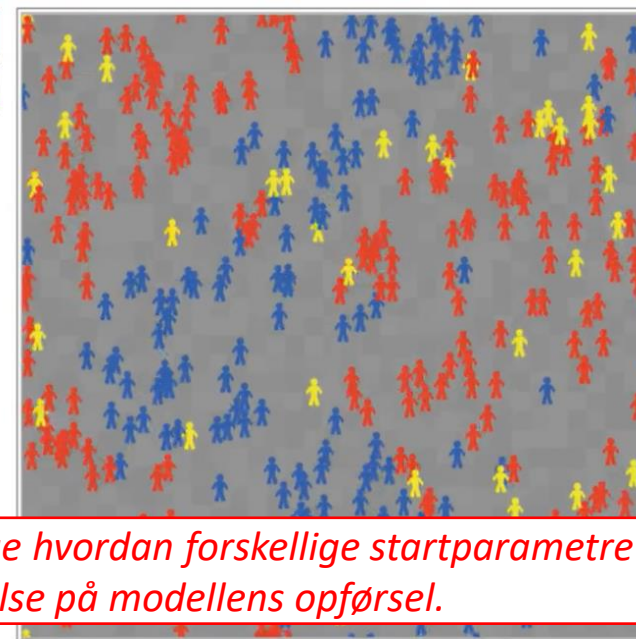
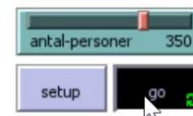
```
Interface  Info  Code
Find...  Check  Procedures  Indent automatically  Code Tab in separate window

1 breed [persons person]
2
3 persons-own [person-infection-time]
4
5 to setup
6   clear-all
7   setup-patches
8   setup-persons
9   reset-ticks
10 end
11
12 to go
13   random-walk
14   transmit
15   increment-time-infected
16   become-immune
17   tick
18 end
19
20 to setup-patches
21   ask patches [set pcolor grey]
22 end
23
24 to setup-persons
25   create-persons antal-personer [
26     set shape "person"
27     set color blue
28     set size 1.5
29     setxy random-xcor random-ycor
30     set person-infection-time 0
31   ]
32   ask n-of 3 persons [set color red]
33 end
34
```

```
35 to random-walk
36   ask persons [
37     right random 30
38     left random 30
39     forward 0.1
40   ]
41 end
42
43 to transmit
44   ask persons with [color = blue] [
45     if any? persons-here with [color = red] [
46       set color red
47     ]
48   ]
49 end
50
51 to increment-time-infected
52   ask persons with [color = red] [
53     set person-infection-time person-infection-time + 1
54   ]
55 end
56
57 to become-immune
58   ask persons with [color = red] [
59     if person-infection-time > 100 [
60       set color yellow
61     ]
62   ]
63 end
```

ET TYPISK UNDERVISNINGSFORLØB

- Læreren vælger et centralt fagligt fænomen og finder eller udvikler en simpel computermodele over fænomenet.
- Modellen udleveres til eleverne.
- Eleverne starter med at bruge modellen gennem dens interface (*use*).
- Eleverne går til koden. De første ændringer i koden (*modify*) er simple, typisk nogle der ændrer den visuelle repræsentation af fænomenet.
 - Eleverne oplever at der er en sammenhæng mellem koden og modellens opførsel og at de ikke skal være bange for koden.
- Kodeaktiviteterne bliver gradvist mere omfattende og kræver, at eleverne forholder sig til modelleringen af fænomenet.
- Modelleringsopgaver kan tage udgangspunkt i begrænsninger/forsimplinger i den udleverede model eller i udvikling af en løsning til en konkret problemstilling (*create*).
- Refleksion: Det indblik i computermodellen, som eleverne får ved at arbejde med koden, bruges som et afsæt til en faglig vurdering og diskussion af modellens styrker og begrænsninger.



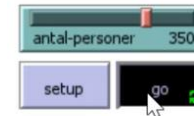
Fx undersøge hvordan forskellige startparametre har indflydelse på modellens opførsel.

Fx udseende af personer eller hvor hurtigt de bevæger sig.

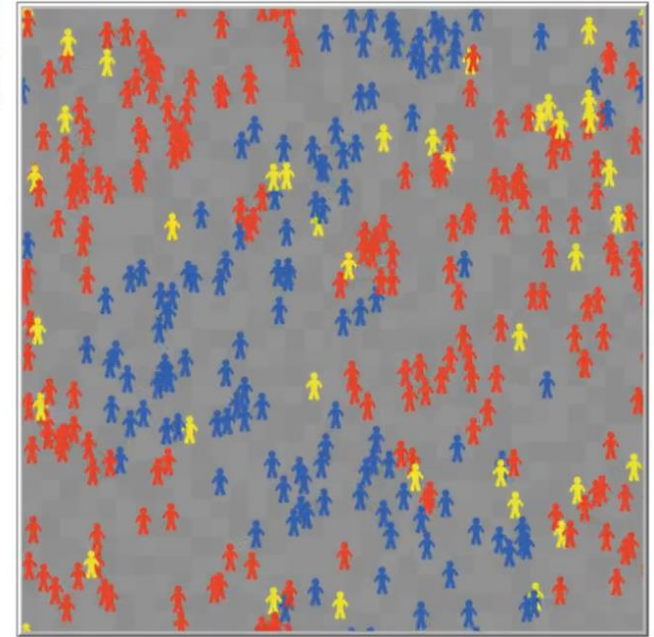
Fx smitteradius, immuniseringsperiodens længde, superspredere, bevægelsesmønstre, mv.

Fx hvad kan vi gøre i samfundet for at få kurven til at flade ud? Hvilke tiltag har størst betydning?

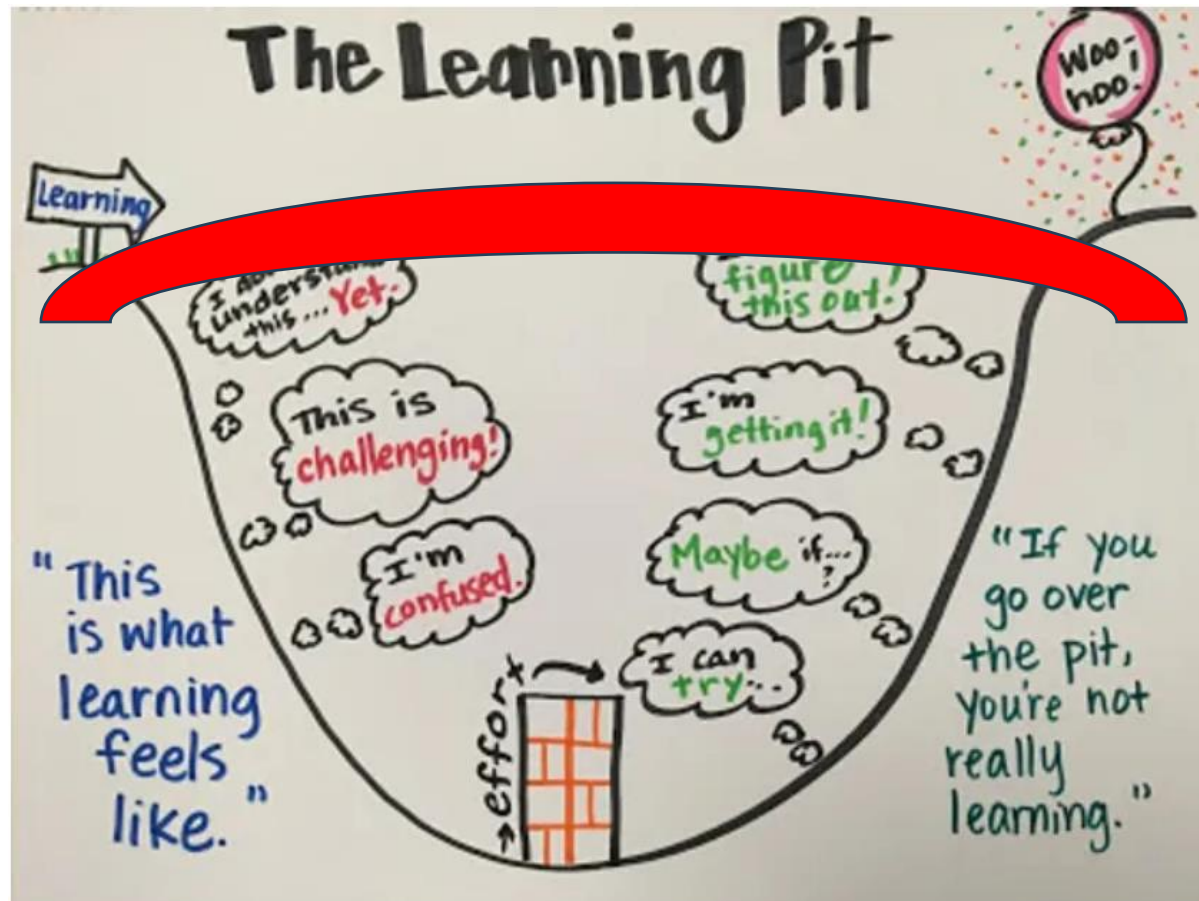
ET TYPISK UNDERVISNINGSFORLØB



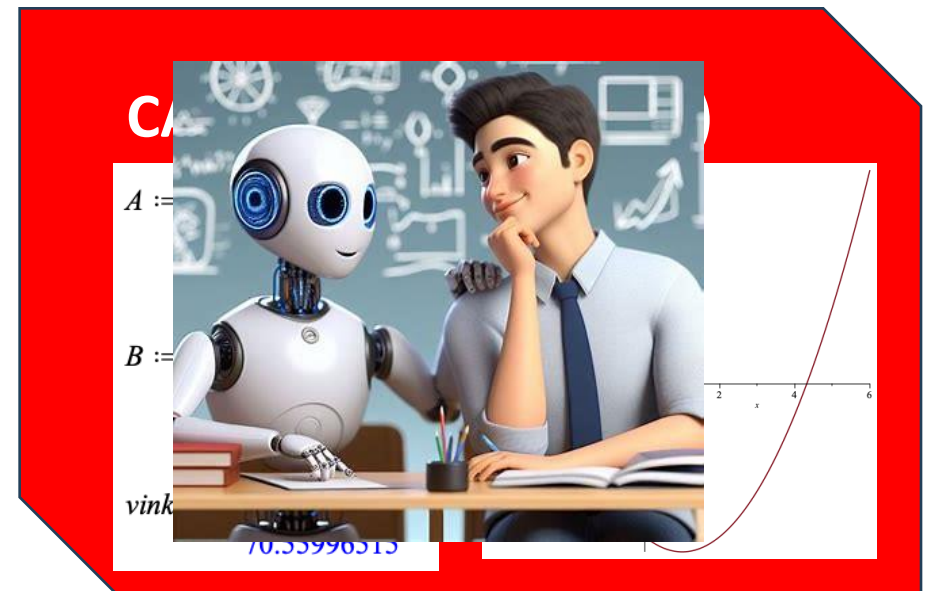
- Aktiviteterne forudsætter ikke, at eleverne på forhånd kender til computerkode.
- I aktiviteterne går eleverne fra at være *brugere* af modellen til at lave om i modellen (*modellere*).
- De går fra at "*lege*" med koden til at lave mere *velovervejede og fagligt begrundede ændringer*.
- Computermodellen går i elevernes bevidsthed fra at være noget, andre har lavet (*not-mine*), til at være noget, de føler *ejerskab* for (*mine*).
- Eleverne får et *værktøj*, som de kan bruge til at arbejde *undersøgende* og *innovativt* i faget.



IT I UNDERVISNINGEN



Desværre er brugen af it-værktøj i undervisningen, ofte som en bro over "the learning pit".



SIMULERINGER KAN VÆRE GODE, OG GIVE FAGLIG INDBLIK.

Energy

Sunlight ●
Infrared ●

Sunlight

Solar Intensity
50% Our Sun 150% 200%

Surface Albedo
0 0.9

Infrared

1 Absorbing Layers

Infrared Absorbance
10% 100%

Energy Balance
 Flux Meter

Temperature Units
 K °C °F

More Photons

Normal
Slow

Klimamodel i



Eleverne kan undersøge modellen, men de får ikke et indblik i modellen (og kan ikke ændre den)

HVIS KODEN ER TILGÆNGELIG, UDVIDER DET MULIGHEDERNE OG GIVER HANDLEKRAFT

3. Hvad tror du modellen viser?
4. Prøv at klikke på fanebladet "info" øverst i NetLogo vinduet. Gættede du rigtig?
5. Hvor stor en andel af prikkerne bliver til røde prikker og fortsætter nedad?

```
to setup-world          ;; I denne procedure tegnes verden op
  set earth-top 0      ;; jordoverfladen sættes til at have y-koordinat 0
  ask patches [
    if pycor > earth-top [
      set pcolor scale-color blue pycor -20 20
    ]
    if pycor = earth-top
      [ set pcolor white
    ]
    if pycor < earth-top ;;
      [ set pcolor brown + 3 ]
  ]
end

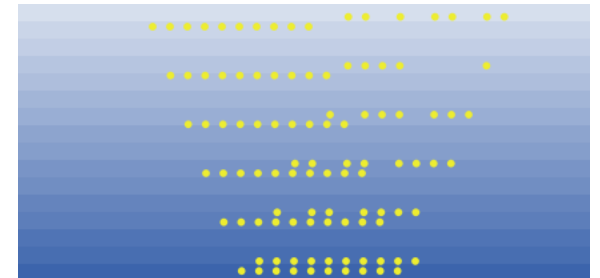
to go
  run-sunshine ;; Solstrålerne et trin frem
  run-heat    ;; varmestrålers et trin frem
  tick       ;; tiden sættes en enhed op
end

to run-sunshine
  ask rays [
    if not can-move? 0.3
      fd 0.3
  ]
  if ticks mod 10 = 0 [

```

8. Du skal nu forbedre modellen så farven på jordoverfladen passer med albedoen. Klik nu på "Code", hvor selve koden til programmet vises. Kan du i programmet ændre farven på jordoverfladen, så den passer med albedoen?

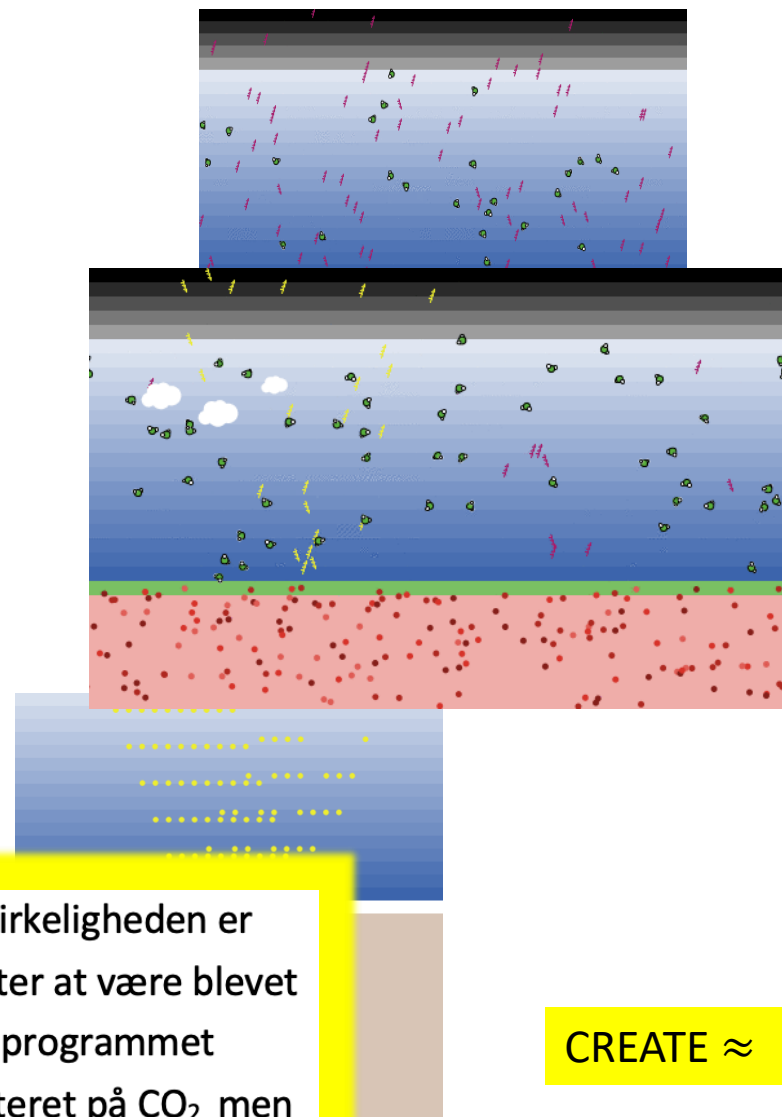
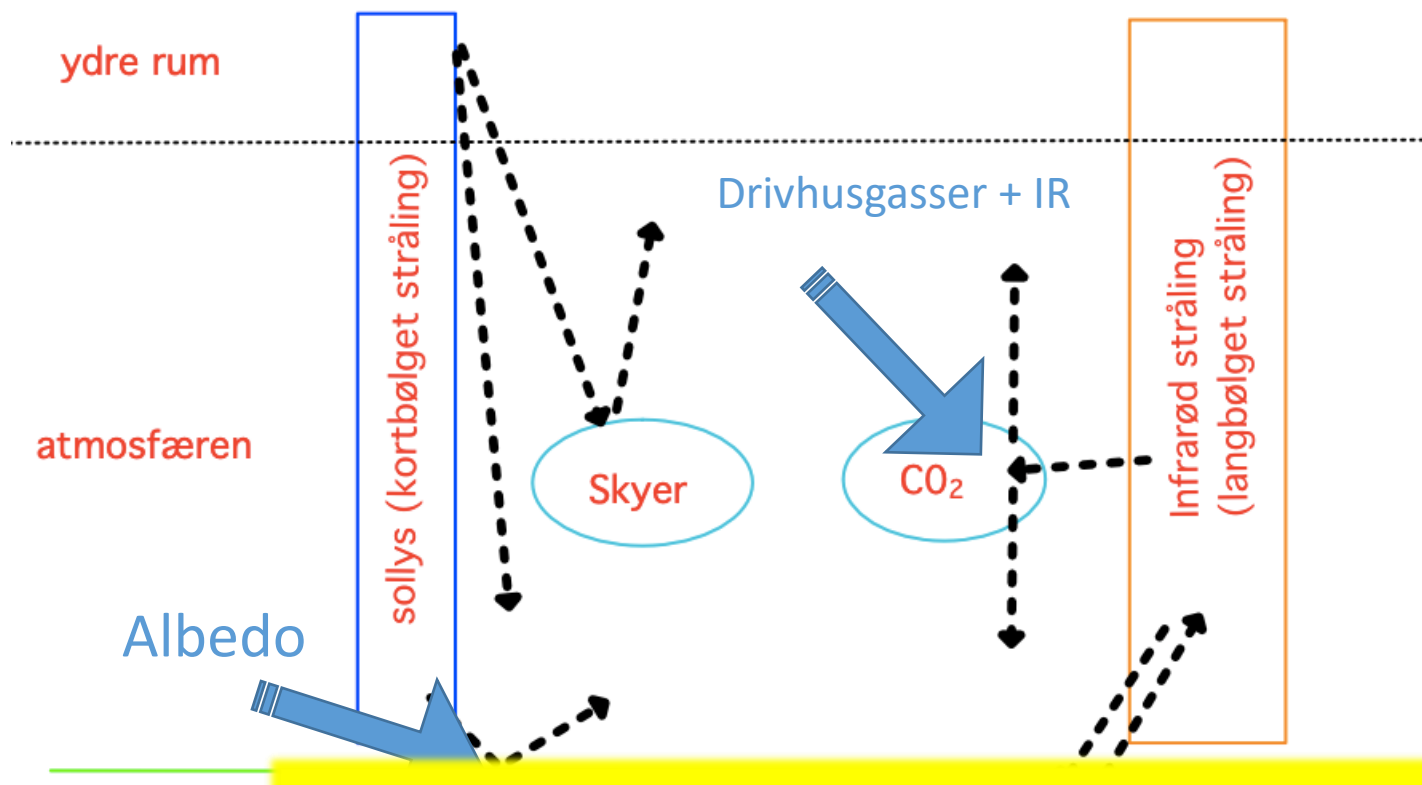
USE



MODIFY

DEN STORE MODEL:

PROBLEMET OPDELES I MINDRE, HÅNDTERBARE DELE SOM SÆTTES SAMMEN



11. I modellen vekselvirker CO₂ med IR stråling ved at reflektere det. Men i virkeligheden er det en spredning, dvs at IR strålingen bevæger sig i en tilfældig retning efter at være blevet spredt på et CO₂ molekyle. Klik nu på "Code" fanen, hvor selve koden til programmet vises. Kan du i programmet ændre det så strålerne ikke bare bliver reflekteret på CO₂, men faktisk bliver spredt i en tilfældig retning, så modellen bliver mere realistisk.

CREATE ≈

FORDELE I FORHOLD TIL CAS/PHET-SIMULERING

- Eleverne bliver handlekraftige. De kan selv ændre i koden og dermed modellen
- Modellen afmystificeres (bliver konkret)



- De faglige fænomener, begreber og principper anvendes til at lære CT
- De CT-faglige fænomener, begreber og principper anvendes til at lære faget.

DIDAKTISKE TILGANGE

- *Agentbaserede modeller* (ABM)
Koden tager udgangspunkt i de enkelte agenter og deres egenskaber/adfærd
Konkret for elever og undervisere
- Elever arbejder videre med en *udleveret faglig model*
Simpel model med få elementer på interface og *kort overskuelig kode*
Arbejder ikke nødvendigvis med hele fænomenet på én gang, men zoomer ind på udvalgte delelementer
- *Use-modify-create (UMC)*
Eleverne går fra at være *brugere* af modellen (gennem dens interface) til at lave gradvist mere omfattende og komplekse ændringer i koden. Fra *udforskende* til *kodende* til *modellerende*.
Eleverne går fra at "*lege*" og *prøve sig frem* (tinkering) til mere *velovervejede og fagligt begrundede ændringer*
- *Meningsfulde ændringer* i forhold til en konkret faglig problemstilling (*CMC*).
Eleverne står med en bedre model, når de er færdige => Ejerskab og motivation
- *Refleksioner* over modellens *styrker* og *begrænsninger*
Metoder i faget, betydning for samfundet

AGENTBASEREDE MODELLER (ABM)

Agenter er autonome individer (fx fugle)

Agenterne har nogle *egenskaber* (fx udseende, størrelse, position, retning, fart, osv.) og en *adfærd* (fx søg mod syd, styr uden om træer, ret ind efter dine "naboer", osv.)

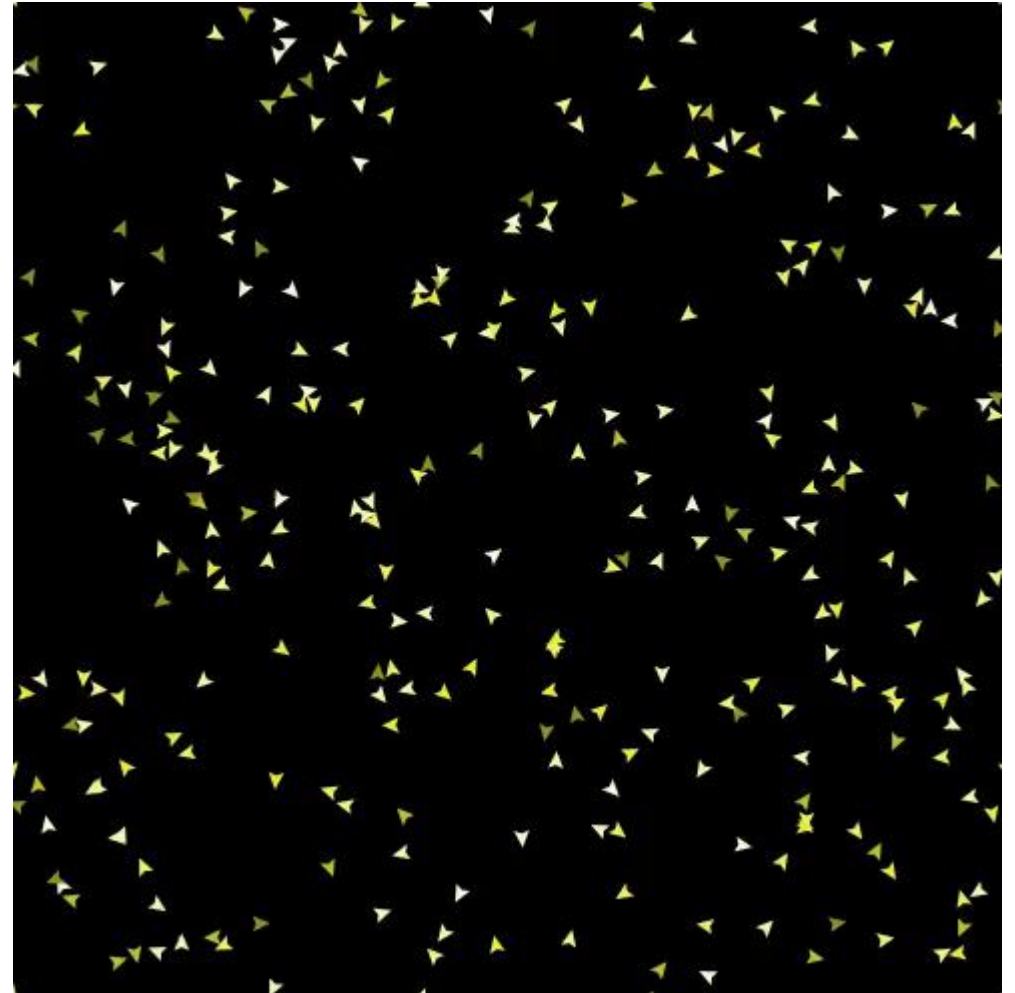
Agenternes *egenskaber* og *adfærd* definerer, hvordan de ser ud og opfører sig, og hvordan de interagerer med hinanden og deres omgivelser.



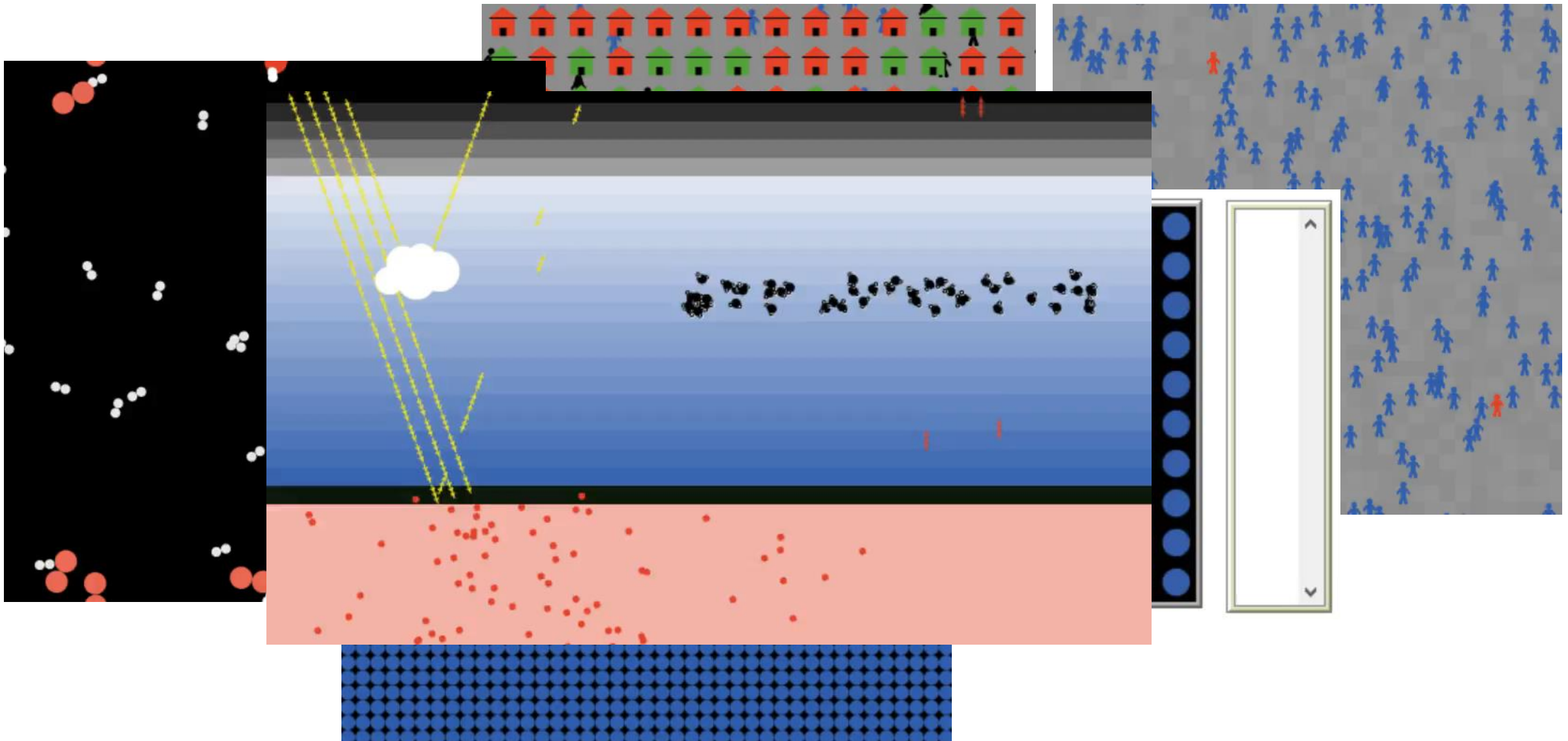
AGENTBASEREDE MODELLER (ABM)

Vi programmerer en enkelt fugl (udstyrer den med egenskaber og adfærd) og fortæller modellen, at vi vil have 300 fugle. **Vi slipper dem løs og ser, hvad der sker...**

- Vi kan med ABM undersøge hvilken adfærd på agentniveau (mikroniveau) der fører til det fænomen, vi observerer på systemniveau (makroniveau).
- Vi kan undersøge hvordan ændringer på agentniveau påvirker systemniveau (lave forudsigelser/fremskrivninger)



AGENTBASEREDE MODELLER (ABM)



AGENTBASEREDE MODELLER (ABM)

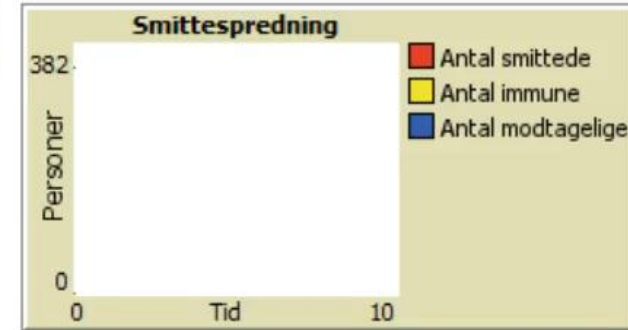
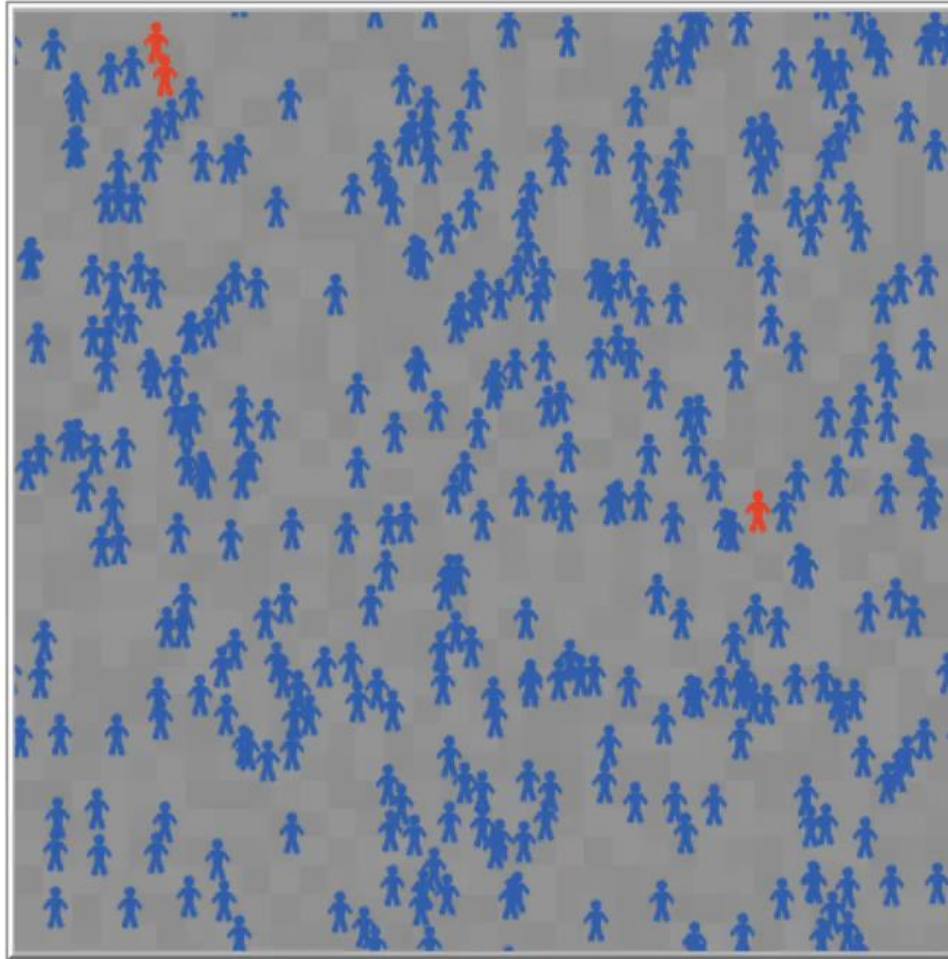
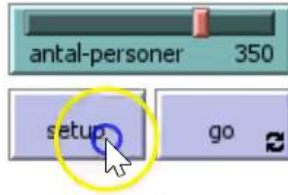
En agentbaseret computermode over et fagligt fænomen giver eleverne:

- **egenskaber** og **adfærd** som intuitiv tilgang til et fænomen
selv for begyndere inden for modellering og programmering
- en tilgang til at beskrive og forstå sammenhængen mellem mikro- og makroniveau af et fagligt fænomen.

Store, komplekse fænomener reduceres til et spørgsmål om, hvordan de enkelte agenter agerer i bestemte situationer.

*ABM'er gør arbejdet med og programmeringen af modeller **konkret** for eleverne og giver dem mulighed for at arbejde med relativt komplekse fænomener og problemstillinger, som ellers ville være vanskelige at behandle i undervisningen (fx pga. svær matematik).*

SMITTESPREDNING



SMITTESPREDNING

Matematisk analyse vs. agentbaseret model

Koblede differentiallyigninger

Beskriver fænomenet på systemniveau
(makroskopisk model)

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{N}I(t)S(t)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{N}I(t)S(t) - \gamma I(t)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I(t)$$

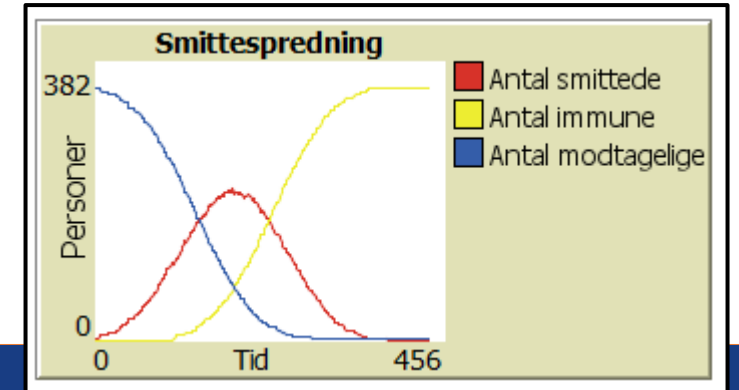
ABM model

Her beskrives reglerne for de enkelte agenter
opførsel (mikroskopisk model)

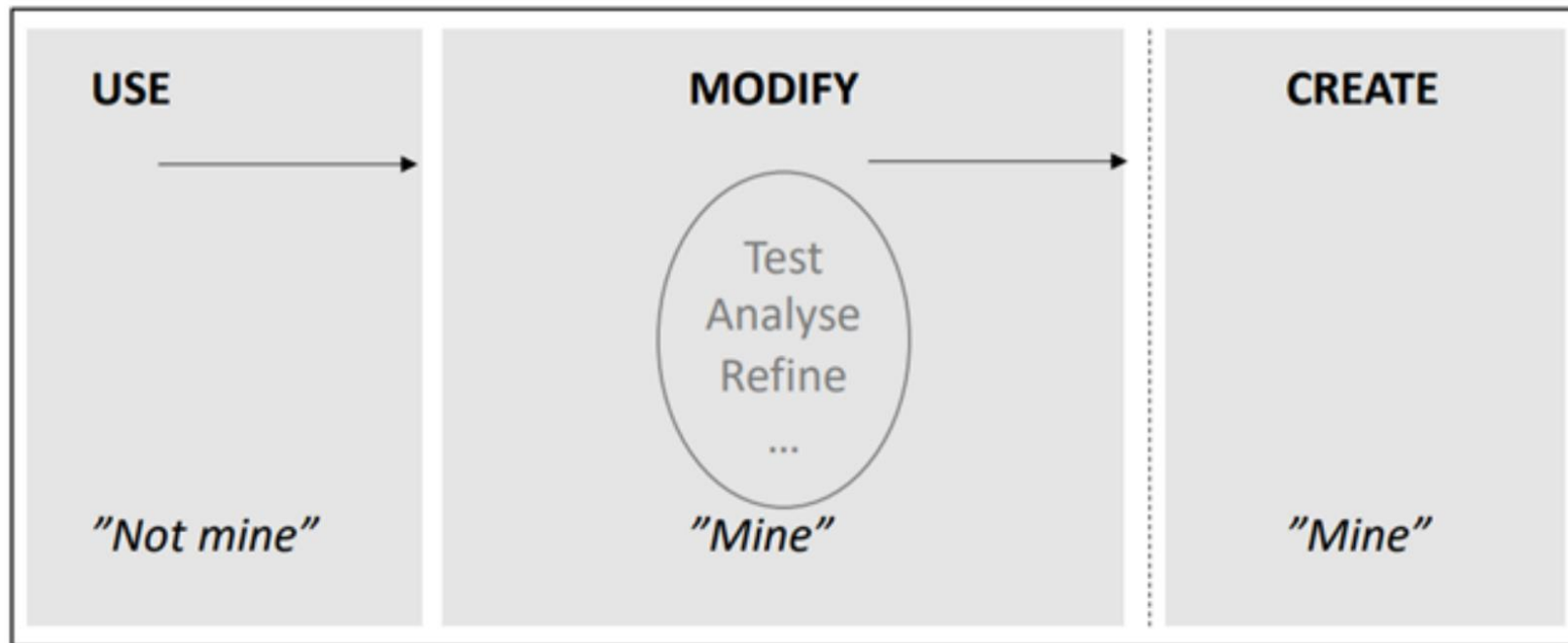
```
ask persons with [ color = blue ] [  
  if any? persons-here with [color = red] [ set color red ]  
]
```

```
ask persons with [color = red] [  
  if infection-time > 100 [ set color yellow ]  
]
```

Her kan alle elever være med.



USE-MODIFY-CREATE (UMC)



Princippet i UMC-tilgangen (efter Lee et al., 2011). I figuren er angivet, hvordan elevernes følelse af ejerskab for computermodellen ændres undervejs i aktiviteterne.

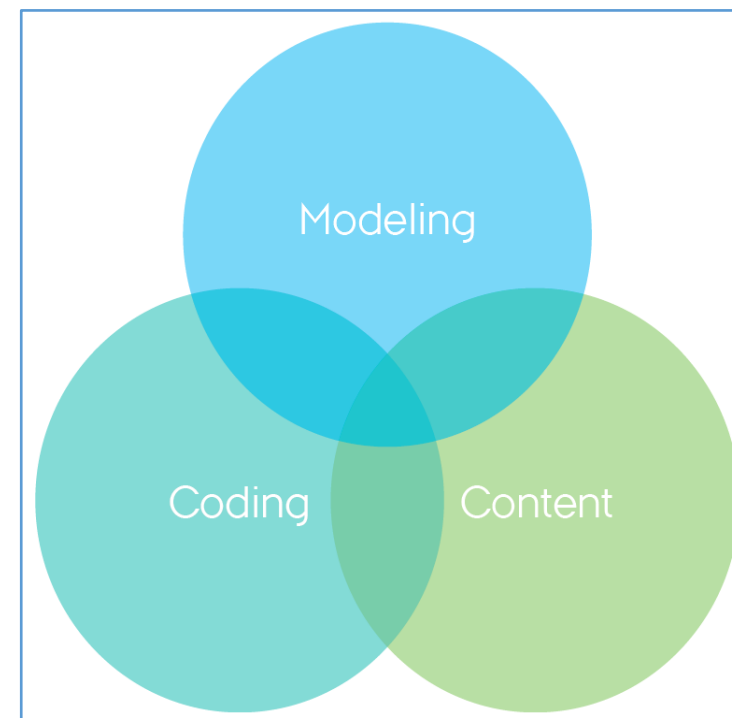
- Eleverne går fra at være *brugere* af modellen gennem dens interface (*USE*) til at lave om i modellen (*MODIFY*).
- Computermodellen går i elevernes bevidsthed fra at være noget, andre har lavet (*not-mine*), til at være noget, de føler *ejerskab* for (*mine*).
- Eleverne går fra at *"lege" og prøve sig frem* (tinkering) til mere *velovervejede og fagligt begrundede ændringer*
- I arbejdet med koden går de fra *udforskende* til *kodende* til *modellerende*.

CMC-TILGANGEN

Udgangspunkt i faget og faglige modeller:

- Eleverne udvikler computationelle kompetencer, mens de arbejder med faget
- Eleverne udnytter computationelle kompetencer til at udforske faget på nye måder og i nye retninger

✓ *En succesfuld ramme for at integrere computationelle kompetencer og modellering i eksisterende fag*



I CMC-tilgangen integreres faglig viden (Content), modellering (Modeling) og programmering (Coding) i et samlet læringsforløb (Musaeus & Musaeus, 2019).

FORMÅLET MED COMPUTERMODELLERNE

- Formålet med aktiviteterne er IKKE at give eleverne adgang til avancerede og virkelighedstro computermodeller, som blot skal bruges via et færdigt interface og leverer præcise resultater.
- Formålet er derimod at give eleverne mulighed for at *åbne modellerne op* og se, hvad der gemmer sig indeni. At se hvordan modellerne er bygget op, og hvordan det faglige indhold er omsat til kode. Eleverne får mulighed for at ændre i modellerne, eksperimentere med dem og tænke kreativt: De skal forbedre dem, udvide dem og tilpasse dem til nye formål. Kort sagt – gøre modellerne til deres egne.
- Samtidig lægger aktiviteterne op til refleksion over modellernes styrker og begrænsninger.
- Eleverne arbejder ikke nødvendigvis med hele fænomenet på én gang, men zoomer ind på udvalgte delelementer.
- Modellerne kan bruges både i den faglige undervisning og i innovative projekter, tværfaglige samarbejder og SRP-opgaver – og giver eleverne kompetencer, de kan tage med sig videre i både studier og karriere.

HVAD FÅR ELEVERNE UD AF SÅDAN EN AKTIVITET?

Afvekslende arbejdsform

- En afvekslende arbejdsform, hvor der arbejdes med en faglig problemstilling på en ny måde.

Faglig fordybelse

- God forståelse for kausale sammenhænge mellem forskellige dele af fænomenet – fx mellem mikro- og makroniveau (agent- og systemniveau).
- Mulighed for at arbejde med komplekse fænomener, som ellers ville kræve avanceret matematik.
- Ofte et større fagligt udbytte end ved traditionel undervisning med lærebog og simuleringer, hvor der kun er adgang til interface.
- Frihed til og mulighed for til at udforske et fagligt fænomen i nye retninger (undersøgende og eksperimenterende tilgang)

Kodning og modellering i praksis

- Eleverne får snust til computerkode og modellering.
- Indsigt i hvordan et program er opbygget – herunder strukturer, syntaks og grundlæggende algoritmer (f.eks. *variabler* og *if-sætninger*).
- Erfaring med hvordan kodeændringer påvirker modellens adfærd og resultater.

HVAD FÅR ELEVERNE UD AF SÅDAN EN AKTIVITET?

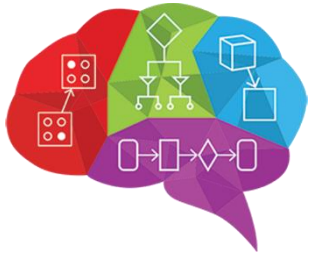
Kreativitet og ejerskab

- Computermodeller er noget, man selv kan skabe – ikke bare noget man “får serveret”.
- Muligheden for selv at forme og tilpasse en model.
- Oplevelse af ejerskab

Faglig og almen dannelse

- Eleverne får indsigt i, hvad der foregår “i maskinrummet” af en computermodel – et kig ind i den sorte boks.
- De ser, at computermodeller altid bygger på antagelser, som kan passe mere eller mindre godt med virkeligheden – og lærer dermed at forholde sig kritisk og reflekteret til modeller, både i faget og i samfundet generelt.

AGENTBASEREDE MODELLER OG TRÆNING I KODE/MODELLERING



Færdigheder der gør eleven i stand til at bruge computeren som et redskab til at *tænke* med. Til at *udforske, analysere, vurdere* og *erkende* ting i faget med.



Eleverne skal være *kreative* og *skabende*. De skal ikke være afhængige af hvad der allerede findes, men i stedet styrkes i deres *handleevne* og få mod på at udforske og skabe egne løsninger.



Hvad er der i *maskinrummet* af en computermodel? Hvor meget kan vi stole på resultater fra computermodeller – i faget og i samfundet? Hvad er modellens *muligheder* og *begrænsninger*?

VIL DU VIDE MERE?

Computational thinking i matematik, naturfag og samfundsfag

– hvorfor, hvad og hvordan?



Line Have Musaeus, Aarhus Universitet



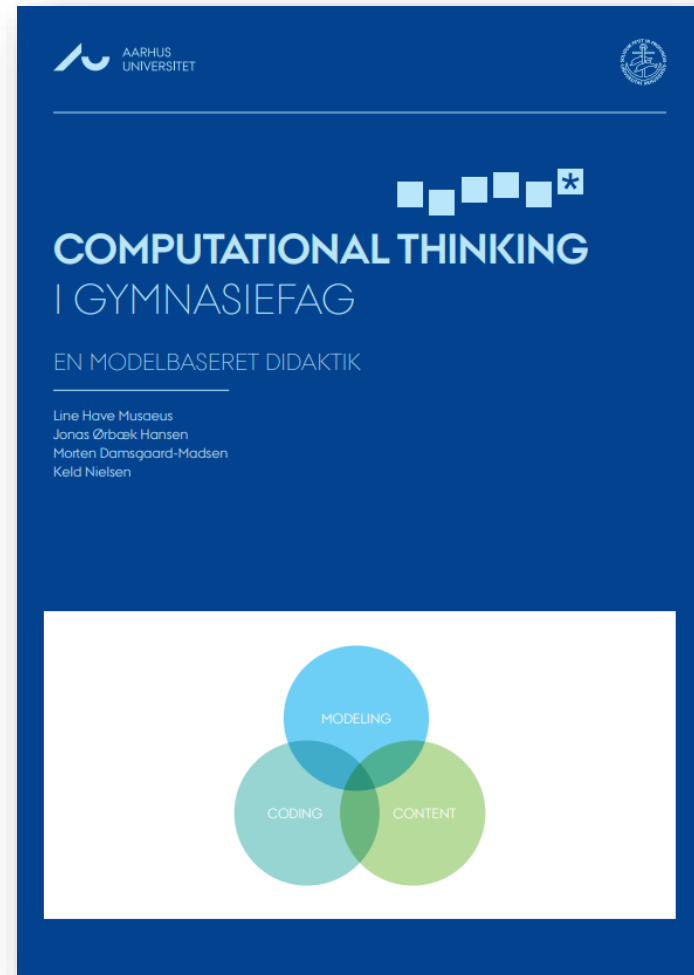
Jonas Ørbæk Hansen, Silkeborg Gymnasium



Keld Nielsen, Aarhus Universitet

Abstract: I et projekt der strakte sig over fire år, udviklede og afprøvede vi sammen med lærere fra gymnasiet undervisningsforløb der integrerer modelbaserede computationelle metoder i undervisningen i STEM-fagene. Der er publiceret og udviklet en didaktik for den integrerede undervisning, skrevet forskningsartikler herom samt udviklet ca. 100 nye undervisningsforløb der udnytter didaktikken. Samtidig er der udviklet et efteruddannelseskoncept som sætter lærerne i stand til selv at fortsætte arbejdet på egen skole. Projektet har vist at det er muligt at forny fagernes metoder og samtidig udvikle elevernes computationelle modelleringskompetencer ved at inddrage computationel tænkning og kodning i den faglige undervisning.

[Musaeus, L.H., Hansen, J.Ø., Nielsen, K., MONA, 2023\(1\), s. 45-71.](#)



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

Didaktikhæftet er blevet til på baggrund af erfaringerne fra fire udviklingsprojekter.

VIL DU VIDE MERE?

Computational thinking i naturvidenskabelig grundforløb

SOLVEIG SKADHAUGE, Nærum Gymnasium

Denne artikel er i dette nummer, de Computational Thinking Artiklen viser CT (se boks s NV i et konkre Undervisningsf DAGS-kurset i Matematik og arbejde med m Jensen, og er be på et enkelt m

Computational thinking i matematik – differentiaalligninger

ALLAN JENSEN, Silkeborg Gymnasium

Denne ar dette nu Computat siefag, Di på, hvor d i et fordel

Computational thinking i fysikfaget – henfaldsloven

JONAS ØRBÆK HANSEN, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking and Design (CCTD), Aarhus Universitet

Computational thinking i matematik – vækstegenskaber

FRØDE PEULICKE, Gefion Gymnasium

Denne artikel dette nummer Computational siefag. Denne på, hvordan CT tikfaget, sådan re forståelse i f svar at opnå p med at de lærer

I starten af lg deretning, ska absolut og rela plicerer en tids matikundervis Normalt ser el ikke hvordan d tegner den fra denne tekst vis sten fremkomm min oplevelse,

Computational thinking i gymnasiefag

JONAS ØRBÆK HANSEN, Silkeborg Gymnasium og Center for Computational Thinking and Design (CCTD), Aarhus Universitet, FRØDE PEULICKE, Gefion Gymnasium, ALLAN JENSEN, Silkeborg Gymnasium, SOLVEIG SKADHAUGE, Nærum Gymnasium

I forbindelse med gymnasiereformen (2016) er "Informatik" indført som nyt fag, og styrkelse af elevernes digitale dannelse og digitale kompetencer er et fokusområde på tværs af alle fag.

Denne artikel handler ikke om informatik som et selvstændigt fag, men om hvordan man kan integrere den del af informatikken, der omtales som *computational thinking* (CT), i matematik og de naturvidenskabelige fag.

"Informatik og computational thinking er internationalt hastigt i færd med at blive en del af almenundervisningen i skolen på alle klassetrin; mange mener, at det er (eller snart bliver) en lige så væsentlig grund-

matematik, fysik, kemi, biologi, bioteknologi og NV. I artikler i dette blad præsenterer vi et lille udpluk af disse forløb. De anvendte modeller og materialer kan findes på library.ct-denmark.org/lmfk.

Skal give faglig mening

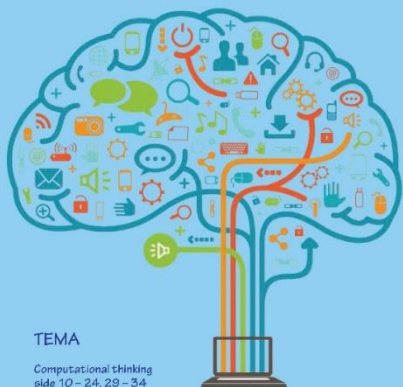
Det var vigtigt for os, at CT-aktiviteterne understøtter den faglige læring, så CT ikke bliver et nyt undervisningsmæssigt vedhæng, men en sund faglig indsprøjtning. Vi valgte derfor at fokusere på *modellering og simulering*, da det kunne modellere et fagligt fænomen og forholde sig kritisk til en models muligheder og begrænsninger er en central kompetence i mange fag – ikke mindst i matematik og de naturvidenskabelige

overvejelser. NetLogo ligner andre programmeringssprog tilpas meget til, at det eleverne lærer i NetLogo (fx mht. et programs opbygning, programstrukturer, kodesyntaks og algoritmer) kan overføres til andre programmeringssprog. Dette indblik i koden bag computermodellen, som eleverne får ved at arbejde direkte med koden, bruges som et afsæt til en faglig vurdering og diskussion af modellens styrker og begrænsninger.



LMFK-bladet

Matematik ♦ Fysik ♦ Kemi



TEMA

Computational thinking
side 10 – 24, 29 – 34

Nr. 1 – Marts 2020

www.lmfk.dk

Computational thinking i gymnasiefag Temanummer i LMFK-bladet, 2020(1)

Computermodellering i SRP – agentbaserede modeller

SOLVEIG SKADHAUGE, Nærum Gymnasium, og JONAS ØRBÆK HANSEN, Silkeborg Gymnasium

I denne artikel vil vi dele nogle af de erfaringer, vi har med at lade eleverne arbejde med computermodeller og simuleringer i deres SRP. Vi vil koncentrere os om *agentbaserede modeller*, da dette giver nogle nye muligheder i forhold til, hvad mange tidligere har anvendt (fx numeriske metoder og analytisk modellering).

Agentbaserede computermodeller er bygget op omkring et antal agenter, som kunne være fx personer eller atomer. Agenterne udstyres med nogle egenskaber og en adfærd, der definerer hvordan de ser ud og opfører sig, og hvordan de interagerer med hinanden og deres omgivelser. Det kan fx være, at man programmerer en agent (en atomkerne) til at dele sig, hvis den bliver ramt af en bestemt anden type agent (en neutron). Da agent-

I de naturvidenskabelige fag vælger mange at medtage forsøg i deres SRP, og mange lærere anbefaler det til deres elever. Dette giver bestemt god mening, da det dels er en vigtig metode for os og dels giver anledning for eleverne til at vise selvstændighed. Men også computermodeller er blevet en vigtig metode i de naturvidenskabelige fag, og computermodeller kan – som forsøgene – give eleverne en god mulighed for at vise selvstændighed og lave relevante undersøgelser. Derudover er der nogle emner som ikke rigtig egner sig til forsøg, og hvor simuleringer ville passe bedre. Kernefysik er et eksempel på dette. I mange tilfælde kan computermodeller være mere relevante og stille eleven bedre end et forsøg, som måske bliver temmelig søgt i relation til det egentlige emne i SRP'en. Endvidere kan

og indsamle data, der skal analyseres og som forhåbentligt fører til nogle konklusioner, som er relevante for emnet. Det kan være en god ide eksplicit i opgaveformuleringen at bede eleven om at diskutere mulige forbedringer af modellen.

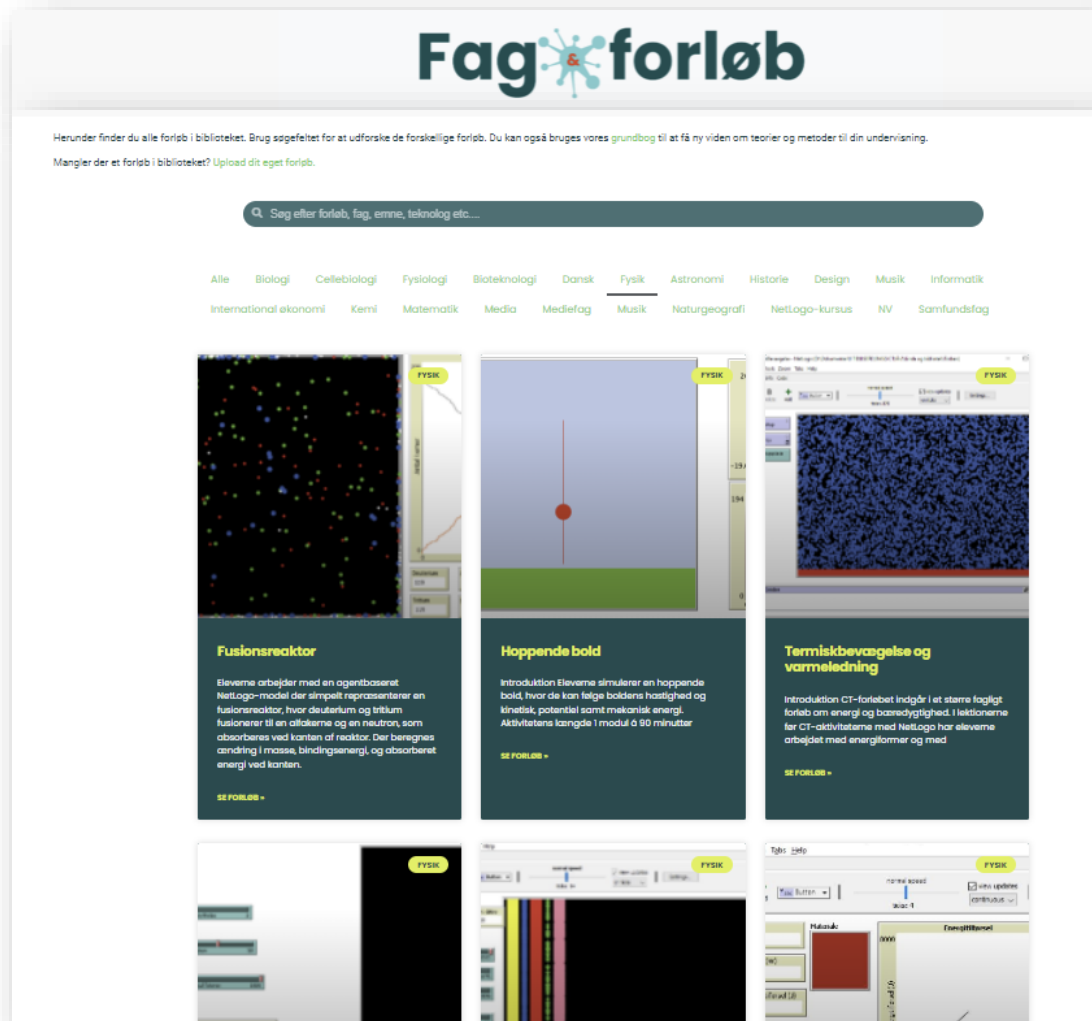
Smittespredning med agentbaseret modellering (biologi eller matematik)

Hvis smittespredning er emnet i SRP'en, kan både matematik og biologi inddrages som fag. Smittespredning kan naturligvis undersøges gennem den velkendte SIR-model ved at opstille og løse differentiaalligninger. Et alternativ er at undersøge smittespredning vha. agentbaseret modellering (evt. i samspil med differentiaalligningsmodellen).

Med agentbaseret modellering kan smit-

Computermodeller i SRP - agentbaserede modeller LMFK-bladet, 2024(3)

VIL DU VIDE MERE?



Fagforløb

Herunder finder du alle forløb i biblioteket. Brug søgefeltet for at udforske de forskellige forløb. Du kan også bruges vores [grundbog](#) til at få ny viden om teorier og metoder til din undervisning. Mangler der et forløb i biblioteket? Upload dit eget forløb.

Søg efter forløb, fag, emne, teknolog etc....

Alle Biologi Cellebiologi Fysiologi Bioteknologi Dansk **Fysik** Astronomi Historie Design Musik Informatik
International økonomi Kemi Matematik Media Mediefag Musik Naturgeografi NetLogo-kursus NV Samfundsfag

Fusionsreaktor
Elevener arbejder med en agentbaseret NetLogo-model der simpelthen repræsenterer en fusionsreaktor, hvor deuterium og tritium fusionerer til en alfakern og en neutron, som absorberes ved kanten af reaktor. Der beregnes ændring i masse, bindingsenergi, og absorberet energi ved kanten.
[SE FORLØB >](#)

Hoppende bold
Introduktion Elevener simulerer en hoppende bold, hvor de kan følge boldens hastighed og kinetisk, potentiel samt mekanisk energi. Aktivitetens længde 1 modul 0 90 minutter.
[SE FORLØB >](#)

Termisk bevægelse og varmeledning
Introduktion CT-forløbet indgår i et større fagligt forløb om energi og bæredygtighed. I lektionerne for CT-aktiviteterne med NetLogo har elevener arbejdet med energiformer og med
[SE FORLØB >](#)

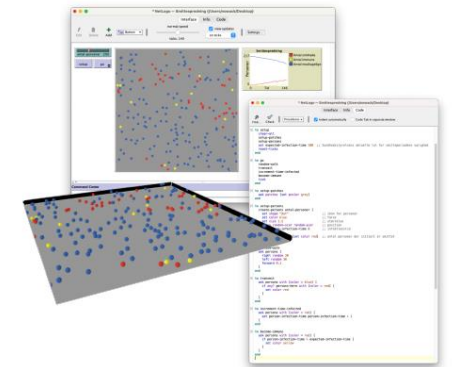


Modeller med tilhørende aktivitetsbeskrivelser og arbejdsark udviklet af danske gymnasielærere.

www.graspit.dk

Introduktion til agentbaseret modellering med NetLogo

Version 1.1



[Introduktion til agentbaseret modellering med NetLogo](#)

VIL DU VIDE MERE?

Du kan læse/høre/se mere om ABM og CT her:

- [Computational Thinking og Modellering i STEM-fag i gymnasiet](#) (kort YouTube-video fra Center for Computational Thinking & Design, Aarhus Universitet, 2020).
- [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).
- [Caspersen, Michael E.: Computational thinking, kapitel 4.15 i Gymnasiepædagogik – En grundbog, 3. udg., side 470 – 478](#) (Hans Reitzels Forlag, 2017).
- [Videoer fra konferencen: Computationelle kompetencer i uddannelse](#)
- Der er også lavet videotutorials til NetLogo og udgivet forskningsartikler. Er du interesseret i nogle af disse er du velkommen til at skrive...

VIL DU VIDE MERE?

Syv særlige interessegrupper

- Grupperne er åbne for undervisere, forskere og andre interesserede fra alle uddannelsesniveauer
 - En række eksperter fra vidt forskellige fagområder har påtaget sig at indgå i grupperne som ledelsesteams, så der er sikkerhed for, at gruppernes drives af dybt engagerede og kompetente folk.
- SIG: Agentbaseret modellering:
 - SIG: Almene humanistiske fag
 - SIG: Matematik
 - SIG: Musiske-æstetiske fag
 - SIG: Naturfag
 - SIG: Samfundsfaglige og merkantile fag
 - SIG: Sprog

<https://www.it-vest.dk/aktiviteter/informatik-i-alle-uddannelser/saerlige-interessegrupper>

EFTERUDDANNELSESKURSUS

Computermodeller og kreativ modellering i din faglige undervisning

- 12.500 kr. for 5 kursusdage
- Mere information og tilmelding på: <https://www.it-vest.dk/sig-abm/cmiuv>
(tilmeldingsfristen er overskredet, men du er velkommen til at skrive en e-mail)
- Støttes af Novo Nordisk Fonden

Workshop 1: 25. november 2025

Workshop 2: 9. december 2025

Workshop 3: 13. januar 2026

Workshop 4: 3. marts 2026

Mellem workshop 3 og 4 afprøves en aktivitet på egen skole. I den forbindelse afholdes et coachingmøde. Aktiviteten vil være en, du har udviklet som en del af kurset.



OG SÅ ER DET JERES TUR...

Opgave: Vælg én af aktiviteterne vi har lagt frem til jer i kemi, fysik eller matematik og afprøv den (leg elev). Har man ikke et fag, kan man vælge "Smittespredning".

*Aktiviteterne varierer, men de fleste er længere end den tid, du har til rådighed nu, så vurder selv, hvor hurtigt du kan gå frem. **Men snyd ikke dig selv for aktiviteterne, hvor du skal at lave om i modellens computerkode.***

Generel:

- Smittespredning

Fysik:

- Dopplereffekt
- Radioaktivt henfald – Hvordan spiller tiden ind?
- Atombomben - Kritisk masse, neutronreflektor og berigelsesgrad (SRP)

Matematik:

- Væksttyper
- Vektorfunktioner
- Binomial_Eksponential_sommerfugle_bloomster

Kemi:

- Fældningstitrering (start med denne)
- Reaktionskemaer og begrænsende faktor

Filerne kan I finde her

[kortlink.dk/2s6hd](https://drive.google.com/drive/folders/1jMloiNIbvtRg89s7_6bOAOYTilFTYIC2)

(https://drive.google.com/drive/folders/1jMloiNIbvtRg89s7_6bOAOYTilFTYIC2)