

Computational thinking i naturvidenskabelig grundforløb

SOLVEIG SKADHAUGE, Nærum Gymnasium

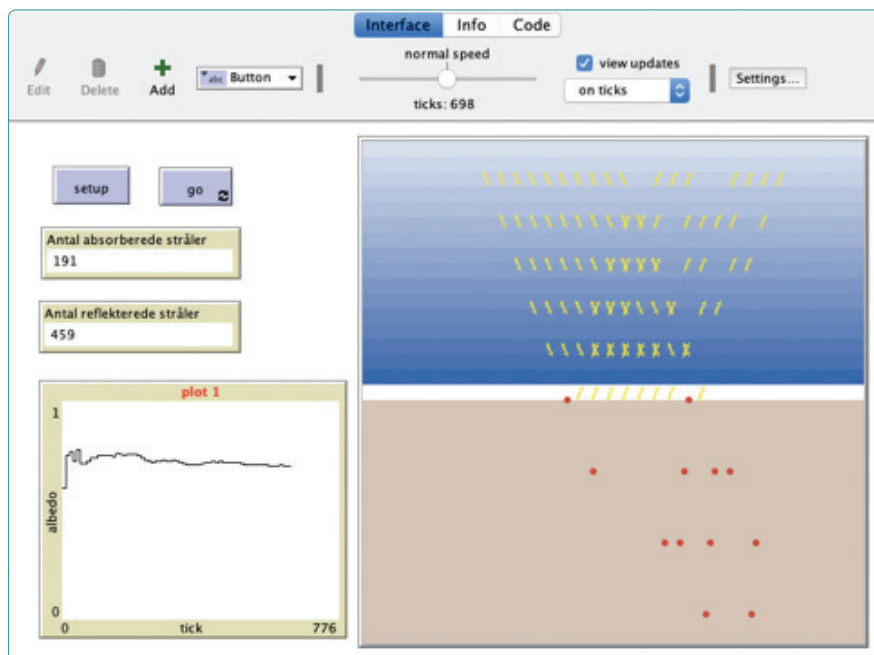
Denne artikel er én af fem artikler i dette nummer, der behandler emnet computational thinking (CT) i gymnasiefag. Artiklen viser et eksempel på, hvordan CT (se boks side 13) kan inddrages i NV i et konkret forløb omkring klima. Undervisningsforløbet blev udviklet under DASG-kurset "Computational Thinking i Matematik og Naturfag" i 2018 i samarbejde med min kollega Rune Klarskov Jensen, og er beregnet til at kunne afvikles på et enkelt modul af 100 min varighed.

Materialet er blevet afprøvet på Nærum Gymnasium de sidste par år på mere end 15 NV-hold. Der er derfor mange erfaringer med forløbet, og generelt har eleverne være glade for det. Jeg oplever at denne anderledes tilgang, hvor eleverne ikke blot bruger en simulering, men faktisk ændrer på selve koden, hjælper væsentligt på elevernes faglige udbytte. Derudover får eleverne udviklet basale CT-kompetencer, som kan komme dem til gode senere i studiet og i livet. Materialerne anvendt i forløbet kan findes på library.ct-denmark.org/lmfk.

Strålingsbalancen og klimaforandringer med simuleringer i NetLogo

Det overordnede faglige mål med denne aktivitet er at forstå Jordens strålingsbalance samt hvordan Jordens albedo, drivhusgasser og skyer påvirker Jordens gennemsnitstemperatur. Der anvendes en meget forsimplet klimamodel kaldet *Climate Change*, som er lavet i programmeringsmiljøet NetLogo (se side 11) og findes i det standardbibliotek, som kommer med ved installation af NetLogo. I det uploadede materiale har vi lavet en dansk version, således at fanen med "info" og flere af kommentarerne er på dansk. Det kan understøtte elevernes indlæring, at der ikke også er problemer med at forstå sproget.

I selve forløbet starter eleverne ud med at se på computermodellen *albedo.nlogo*. Programmet har jeg selv skrevet og gjort det, så den ligner den del af *Climate Change*, som modellerer albedoeffekten. I



Figur 1
Et billede fra NetLogo-modellen "albedo.nlogo".

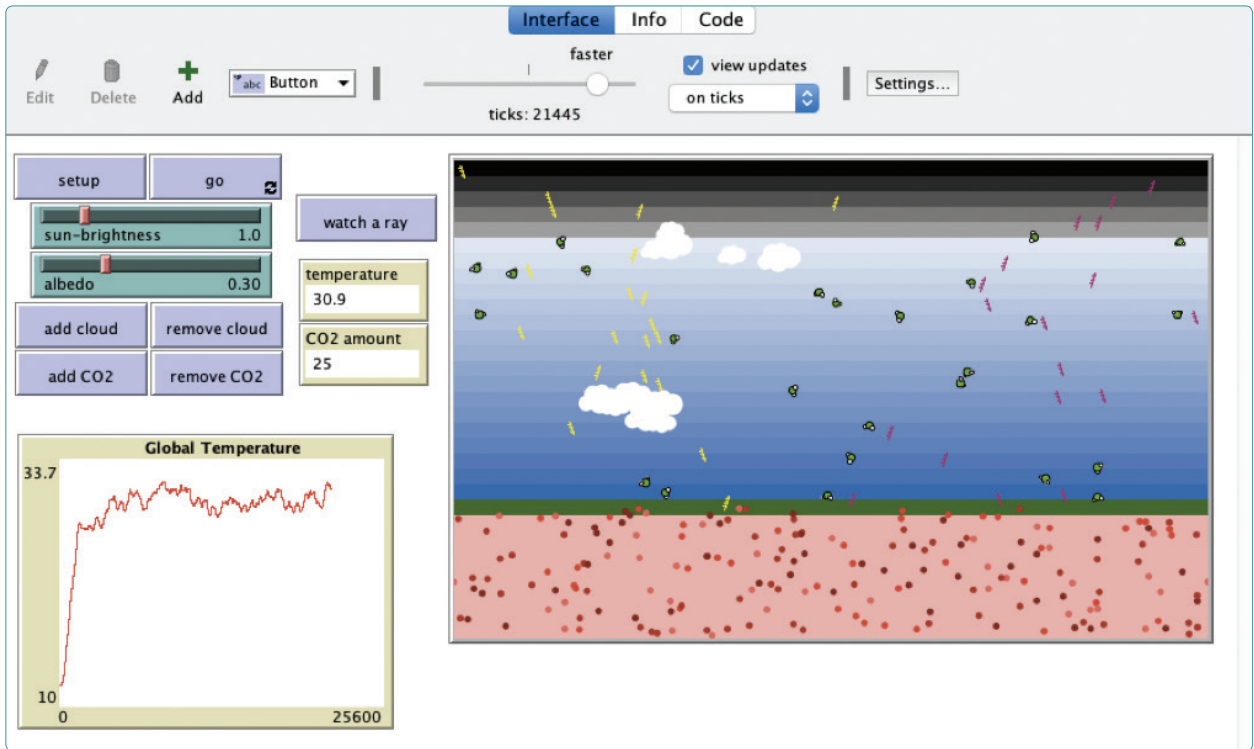
simuleringen rammer solstråler (eller fotoner) jordoverfladen i bunden af 10 og i gennemsnit reflekteres 70 % og 30 % absorberes (se Figur 2). Jordens overflade er med vilje farvet hvidt, hvilken jo ikke stemmer med en albedo på 70 %. Designet af computermodellen stemmer overens med "gaffatape-princippet", som vi har døbt princippet om, at lave grimme og simple modeller. Til forskel fra mange online simuleringværktøjer, som med tiden har fået et næsten perfekt udseende og design, stræber vi ofte efter at lave modeller med nogle åbenlyse mangler – det kan være visuelt eller i måden fænomenet er modelleret på. Så får eleverne med det samme lyst til at forbedre dem.

I det tilhørende arbejdsark, bedes eleverne om at ændre farven på jordoverfladen, så den passer med den valgte albedoværdi på 70 %. De fleste elever identificerer uden problemer, hvor farverne defineres i programmet. Dernæst skal de ændre på albedoværdien. Det, at eleverne konkret skal finde steder i koden, der gør bestemte ting, gør, at de begynder at danne forbindelser mellem koden og det, de ser i simuleringen. Det giver dem et meget konkret indblik i, at der faktisk ligger en

model bag ved simuleringen og et indblik i programmering. Fagligt giver det også et udbytte, da det er en anderledes måde at forstå begrebet albedo på. Eleverne kan se i koden, at der for hver foton/solstråle er en vis sandsynlighed for, at den bliver reflekteret. Denne indsigt giver en dybere faglig forståelse af fænomenet.

Efter at eleverne har arbejdet med albedomodellen, kan man vælge enten at lade dem se på endnu et delelement af *Climate Change* (fx den del, som modellerer, hvad der sker, når IR-stråler rammer et CO₂-molekyle), eller man kan gå direkte videre til den fulde computermodel. I det følgende vil jeg beskrive sidstnævnte mulighed.

"Verden" i programmet *Climate Change* består af tre dele: jordlaget, atmosfæren og det ydre rum. Lyset findes kun i to bølgelængder kaldet langbølget (IR) og kortbølget (sollys) stråling, og illustreres ved henholdsvis røde og gule pile (se Figur 2).



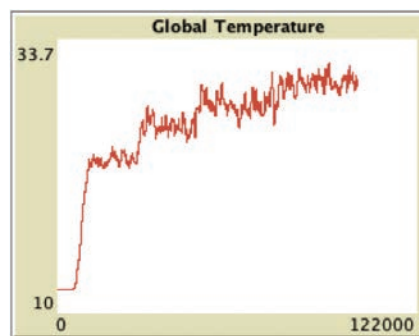
Figur 2
Her ses interfacet af den anvendte NetLogo-model Climate Change.

Varme i jordoverfladen illustreres med røde prikker ("varmepartikler"), og antallet af disse anvendes som et forenklet mål for Jordens temperatur. Jordens infrarøde udstråling stiger i takt med antallet af varmepartikler (en lidt grov måde at tilnærme varmestråling). Derudover kan man tilføje CO₂ og skyer i atmosfæren samt ændre på Solens strålingsintensitet og jordoverfladens albedo. Der er altså i alt fire variable, som kan ændres i interface-fanen.

For at kunne simulere energistrømninger (og derved bestemme ligevægtstemperaturen), skal de enkelte vekselvirkninger, som kan transportere energi fra ét område til et andet, modelleres og programmeres. Hver af disse implementeres i underprocedurer med navne som *to-encounter-earth*, *create-sunshine*, *run-CO2* osv.

Det kan lyde som en meget kompliceret model, men intet af det, der er beskrevet her, forklares for eleverne. De kastes helt enkelt ud i det ved, at de åbner computermodellen i NetLogo og kører simuleringen. Eleverne erhverver sig igennem de udarbejdede spørgsmål viden om begrebet

variabelkontrol. Det er meget let i denne simulering (og simuleringer generelt) at indsamle mange data, hvor der ændres på flere forskellige variable. Pointen ved at gøre det på en velstruktureret måde, via variabelkontrol, illustreres derfor hurtigt. Fx kan man i løbet af ca. 5 min indsamle temperaturdata fra 10 forskellige albedoværdier. Albedoværdien ændres gradvist vha. en skyder på interface, og når der er opnået termisk ligevægt, aflæses temperaturen – se Figur 3, der viser outputtet fra en sådan kørsel.



Figur 3
Output fra modellen Climate Change efter at have formindsket albedoen i trin på 0.25 fra 1 til 0.

Den fagligt centrale pointe, der arbejdes med, er at forstå, at der efter et stykke tid, ved fastholdelse af variablerne, altid vil opstå en stabil temperatur. Dette er essensen i Jordens strålingsbalance. Hvis der er større indstråling end udstråling på Jorden vil temperaturen stige. Når temperaturen stiger, vil Jorden udsende mere infrarød stråling, og udstrålingen vil derfor forhøjes indtil en balance opstår. Denne mekanisme bag ved Jordens strålingsbalance skal eleverne kunne redegøre for, og simuleringerne understøtter her forståelsen af mekanismen. Eleverne vil lægge mærke til, at den "stabile" temperatur varierer en lille smule.

En central CT-kompetence er evnen til at dele et problem op i mindre bestanddele, som kan løses hver for sig, og tilsammen løse selve problemet. Denne kompetence omtales som nedbrydningskompetencen i artiklen "Computational thinking i gymnasiefag" i dette blad (se side 10). På trods af at eleverne ikke selv-

stændigt arbejder med at foretage denne opdeling, så får de en god indsigt i metoden. De ser et konkret eksempel på algoritmen bag et element i energistrømningen (her hvordan energien fra solstråler kan sendes tilbage til atmosfæren eller bliver absorberet i jordlaget, når de rammer jordoverfladen), og at man så kan sætte den sammen med andre algoritmer således, at Jordens totale energirgnskab kan simuleres.

Efterfølgende skal eleverne arbejde med kodedelen af *Climate Change*. For at starte et sted, skal de – ligesom de gjorde med modellen *albedo* – starte med at ændre former og farver i modellen. En stor kreativitet udfolder sig, og lyserøde biler eller grønne får, der bevæger sig rundt i atmosfæren, er ikke unormale udfald af sådanne øvelser. Derefter skal eleverne bl.a. ændre i den del af koden, hvor infrarød stråling reflekteres, når den støder ind i CO₂-molekyler i atmosfæren. Først skal de i den lange kode identificere den procedure, hvor dette sker. Proceduren er gengivet i Figur 4. Herefter skal de ændre i koden.

Programlinjen ”set heading 180 – heading” skal ændres til ”set heading random 360”. Det gøres let for eleverne, da linjen allerede findes i koden, men uden at være aktiveret. Det er ikke alle elever, der når til dette punkt, men mange gør. Der kan være stor spredning på, hvor hurtigt eleverne får løst de forskellige opgaver, og man skal holde øje med, hvordan det generelt går. Ind imellem kan det være en god ide at vise noget på projektoren, som mange har svært ved at få til at virke. Det sidste de skal overveje er, hvordan modellen kan forbedres.

Man kan med fordel i fællesskab i slutningen af aktiviteten diskutere, i hvor stor udstrækning modellen passer med virkeligheden. En sådan diskussion giver for læreren en god indsigt i elevernes konkrete forestillinger om det faglige fænomen, og eleverne får en forståelse for at computermodellen ikke er den virkelige

```

to run-IR
ask IRs [
  if not can-move? 0.3 [ die ]      ;; Hvis IR rammer det ydre rum forvinder det
  forward 0.3                      ;; Ellers så gå lidt fremad
  if ycor <= earth-top [          ;; IR laves til varme hvis den rammer jordoverfladen
    set breed heats
    right random 45
    left random 45
    set color red - 2 + random 4   ;; Giv en tilfældig rød farve
  ]
  if any? CO2s-here              ;; Er der et CO2 molekyle hvor IR strålen befinder sig ?
  [ set heading (180 - heading) ] ; Reflektion: ny plus gammel vinkel giver 180 grader
  ;; [ set heading random 360 ]   ; Her sættes den nye retning til et tilfældig vinkel
]
end

```

Figur 4
En underprocedure i computermodellen *Climate Change*.

verden, men en tilnærmelse. Jeg har flere gange måtte erkende, at elever har en alt for stor accept af, at det, computeren giver os, er korrekte svar. Det er vigtigt at få eleverne til at forstå, at de temperaturer som programmet beregner, er så upræcise at de højst kan anvendes kvalitativt. Desuden er der mange elementer af det virkelige klima, der ikke er medtaget i computermodellen. Det betyder ikke at klimamodellen er ubrugelig. Men skal bare være bevidst om, hvordan man bruger den, og til hvilke ting den ikke egner sig. Dette er en sund faglig diskussion for eleverne at indgå i.

CT-kompetencer og fælden ved at blive i simuleringsdelen

Visualiseringerne med programmet giver rigtig god faglig indsigt. Desværre kan det også blive lidt af en faldgrube, hvis man stopper ved visualiseringen. Derved får man ikke trænet elevernes CT-kompetencer. Selvfølgelig kan man have den holdning, at det ikke er nødvendig, men der er og bliver med tiden mere behov for netop disse kompetencer. Godt nok er de unge opvokset i en digitaliseret verden, men det er forbavsende, hvor lidt de ved om, hvad der foregår bag interfacet af et computerprogram. For virkeligt at træne elevernes CT-kompetencer, skal der arbejdes med kodedelen af computermodellen. Det har desuden den fordel, at det faktisk styrker elevernes faglige indlæring, idet de får en meget dyb indsigt i de forskellige aspekter af det faglige fæno-

men. NetLogo er lavet så det understøtter elevernes arbejde med kodedelen og gør barrieren så lav som muligt.

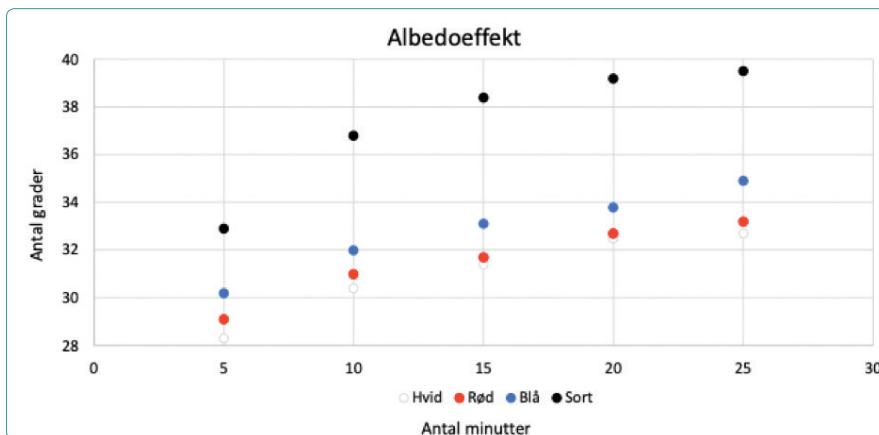
Forsøg med strålingsbalancen for farvet papir

For at yderligere fremme elevernes forståelse af strålingsbalancen og begrebet ligevægt, lavede vi i forlængelse af NetLogo-sekvensen et forsøg, hvor man kan drage mange paralleller. En kraftig lampe med hvidt lys stilles, så den kan belyse nogle papirstykker med forskellige farver. Med et infrarød termometer måles temperaturen på papirstykkerne med jævne mellemrum. På Figur 5 ses et eksempel på data fra forsøget. Og forsøget illustrerer ganske fint, at papirets albedo påvirker dets temperatur – præcis som det er tilfældet for hele Jordkloden.

Hvad fik eleverne ud af det?

Det store antal af elever (over halvdelen) som valgte at medtage *Climate Change*-modellen i deres eksamenspræsentation, vidner om det værdifulde i aktiviteten. Det er jo helt frivilligt, hvad de vælger at præsentere. Mange elever valgte at bruge billeder fra *Climate Change* som udgangspunkt for en præsentation af nogle faglige begreber. Nogle elever kørte endda simuleringer til eksamen for at illustrere forskellige pointer, som de havde fået ud af arbejdet med modellen.

Et af målene med naturvidenskabeligt grundforløb er at præcisere de metoder,



Figur 5
Temperaturen af farvet papir belyst med en kraftig lampe som funktion af tiden.

man anvender i naturvidenskab. I anvendelsen af naturvidenskab er computersimuleringer i stigende grad en metode, som vinder frem. Det er en helt anden metode end de traditionelle laboratorieforsøg eller forsøg i felten. I dette forløb får eleverne igennem det eksplícite arbejde med computermodeller og programmeringen bagved, en forståelse for, hvad det betyder, og hvilke muligheder det giver.

I mine diskussioner med klasserne fik jeg det klare indtryk, at eleverne får en god indsigt i modellering og hvad det vil sige. Derudover var det klart, at eleverne fik en dybere forståelse af nogle faglige sammenhænge – fx en konkret forståelse af hvorfor temperaturen påvirkes af drivhusgasserne. Som nævnt blev også begrebet variabelkontrol gennemgået.

En af de ting som jeg oplevede var, at en del elever spurgte til hvorfor deres ændringer af koden ikke kunne ses, når man gik over i interface, og jeg opdagede, at det skyldes, at de ikke havde trykket på *setup*-knappen, således at program ændringerne ikke blev indlæst. Det kan altså være helt basale it-kompetencer, som eleverne tilegner sig, nemlig hvornår koden eller dele af koden bliver kaldt og dermed eksekveret.

Selvfølgerlig findes der ikke en eneste undervisningsmetode, som rammer alle

elever, og vi kan ikke sige os fri for elever, som havde svært ved at acceptere og forstå hvad de skal bruge programmering til. Heldigvis er de fleste elever begejstrede for at få lov til – i mange tilfælde for første gang – at kontrollere et program. Det giver en stor tilfredsstillelse for eleverne at kunne styre hvordan fx strålerne bevæger sig. At lave disse typer undervisningsforløb kan være et frisk pust for både lærer og elever. Det er altid dejligt at få noget variation ind i undervisningen.

I øjeblikket har eleverne ikke meget erfaring med programmering og algoritmer fra folkeskolen, men det forventes, at der de næste år vil komme flere på gymnasiet, som har prøvet *ultra:bit* eller lignende i folkeskolen. Derfor er det vigtigt, at vi allerede nu arbejder på at gøre CT til en integreret del af gymnasieundervisningen i de forskellige fag.

Det faglig udbytte behøver ikke at blive mindre, fordi man arbejder med CT. De to kan bringes til at understøtte hinanden. Aldrig har jeg set så mange elever, som faktisk har forstået hvad strålingsbalancen betyder. Nogle vil måske hævde, at nye forløb altid vækker begejstring, fordi lærerens begejstring smitter af. Men første gang jeg kørte forløbet var jeg lidt af en skeptiker selv. Jeg har oplevet, at NetLogo faktisk danner en god ramme for indlæring af faglige og CT kompetencer samtidigt.

Forfatterens erfaring med NetLogo Generelt

Jeg anvender cirka et modul på NetLogo-modeller på alle mine hold hver anden måned. I disse forløb anvender jeg ofte gaffatape-princippet og NetLogo-koden tilpasses, så eleverne med få ændringer kan nå det ønskede uden selv at finde nye kommandoer. Altså *use-modify-create*-tilgangen beskrevet på side 11. Jeg har med et 3.g matematikhold fornyligt fået dem til lave et program til at tegne et hældningsfelt for en differentialligning, startende fra et program som tegnede et tangentstykke uden en fast længde. I et 1.g fysik B hold fik de udleveret et program, som kunne simulere en lodret hoppende bold (dette forløb er lavet af Birgitte Erskov Halland). Nogle af eleverne endte med at simulere det skrå kast på Månen inden for 45 min. Jeg var ved at tabe kæben, så imponeret var jeg. Eleverne var selvfølgelig også meget stolte.

Jeg vil ikke skjule, at det har krævet en indsats at komme så langt, at jeg selv laver computermodeller fra bunden af og de tilhørende arbejdsark. Men jeg synes, at det er det værd, da jeg har større frihed til at arbejde med de forskellige emner, bedre variation i undervisningen og så er det sjovt, lærerigt og almindendannede for eleverne.