

# TEKNOLOGIFORSTÅELSE

FYSIK/KEMI 9. KLASSE  
EFTERÅR

## Den uundgåelige stråling

Udarbejdet af Niels Anders Illemann Petersen i samarbejde med Ulrich Pedersen Dahl, Steffen Elmose, Stefan Mandal Mortensen og Allan Skindhøj Sørensen\*

\*Materialet er udviklet af Københavns Professionshøjskole, Professionshøjskolen UCN, VIA University College samt læremiddel.dk for Børne- og Undervisningsministeriet under rammerne for Forsøg med teknologiforståelse i folkeskolens obligatoriske undervisning. Læs mere om forsøget på [www.tekforsøget.dk](http://www.tekforsøget.dk) og [www.emu.dk](http://www.emu.dk).



KØBENHAVNS  
PROFESSIONS  
HØJSKOLE



LÆRE  
MIDDEL  
ØDK



VIA University  
College



# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. Forløbsbeskrivelse .....</b>	<b>3</b>
1.1 Beskrivelse .....	3
1.2 Rammer og praktiske forhold .....	4
<b>2. Mål og faglige begreber.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Forløbsnær del.....</b>	<b>7</b>
3.1 Introfase: Forforståelse og kompetencer .....	7
3.2 Udfordrings- og konstruktionsfase.....	9
3.3 Outrofase: Ny forståelse og nye kompetencer .....	12
<b>4. Perspektivering.....</b>	<b>13</b>
4.1 Evaluering .....	13
4.2 Progression .....	13
4.3 Differentieringsmuligheder.....	13
4.4 Særlige opmærksomhedspunkter .....	13

## Version 2

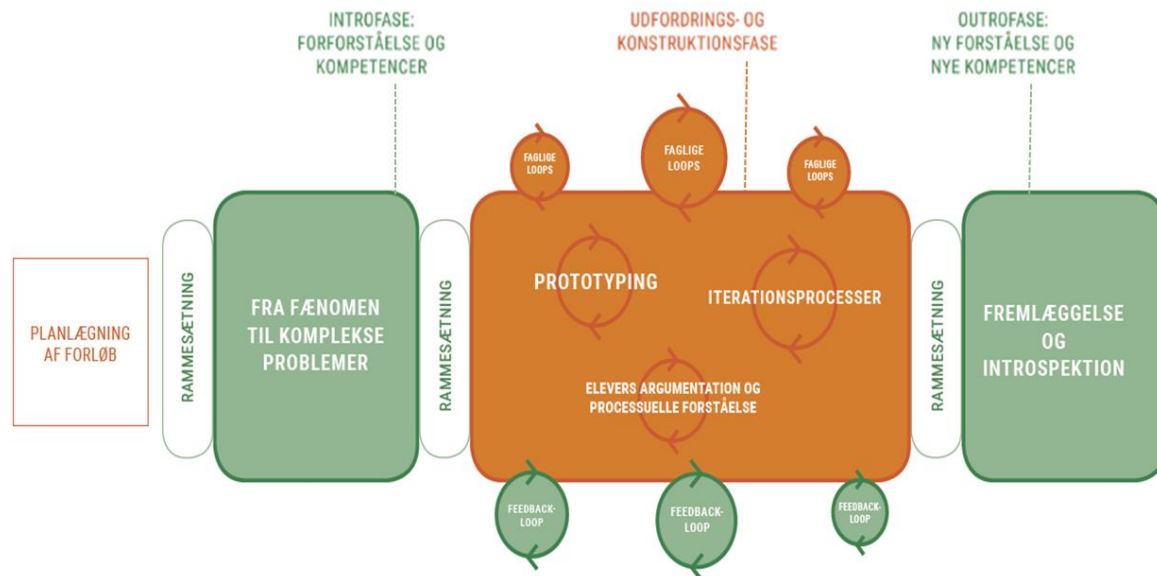
Dette er version 2 af forløbet. I revisionen af forløbene har vi arbejdet med at præcisere mål, rammer og aktiviteter. Der er ikke ændret fundamentalt ved forløbet, så materialer, som er udviklet til den konkrete undervisning på skolerne på baggrund af den første version af forløbet, vil stadig kunne anvendes.

*Vær opmærksom på at du altid selv skal sikre dig, at databeskyttelsesforordningen (GDPR) bliver overholdt i arbejdet med den konkrete teknologi eller internet-tjeneste i prototypen. Prototyperne er skabt med afsæt i et princip om, at eleverne ikke må dele personlig information med gratis teknologier. Det er dog i hvert tilfælde nødvendigt at tage konkret stilling til, hvordan teknologien eller tjenesten anvendes i tilrettelæggelsen af den konkrete undervisning. Undersøg altid om teknologien kan tilgås via unilogin eller anden sikker undervisningsadgang.*

# 1. Forløbsbeskrivelse

Forløbet er bygget op over det didaktiske format for prototyperne med en introducerende del, en mere undersøgende/eksperimenterende del og en outro-del med opsamlinger og evalueringer, se figur 1.

Figur 1: Forløbsmodel for prototyperne



## 1.1 Beskrivelse

Atomkraft - nej tak, atomaftaler, ioniserende stråling fra radon, Tjernobyl, Fukushima, Barsebäck og radioaktivt affald i Danmark. Frygten for krig, frygten for atomkraft og miljøkatastrofer er noget af det, der umiddelbart dukker op, når fokus er på radioaktive kilder.

Eleverne skal i dette forløb arbejde med udfordringerne med deponering af vores radioaktive affald. Forståelsen af de kerneprocesser, der fører til ioniserende stråling, samt hvordan strålingen kan standses, er central. Det er oplagt at anvende digital teknologi i en modellering, der kan hjælpe eleverne med at tilegne sig viden om kerneprocesser.

### Produkt

Eleverne skal designe en animation i Scratch, der viser, hvordan en kernereaktion forløber, og hvordan den ioniserende stråling eventuelt kan stoppes på udvalgte steder i Danmarks undergrund. Steder udpeget som mulige for deponi af radioaktivt affald.

## 1.2 Rammer og praktiske forhold

### 1.2.1 Samlet varighed

Estimeret 10 til 12 lektioner svarende til ca. 3 til 4 ugers undervisning – afhængigt af brugen af faglige loops

### 1.2.2 Materialer

#### *Analoge teknologier/materialer*

Radioaktive kilder til undervisningsbrug: alfa-, beta- og gammakilde.

Stativ til at montere kilderne i

Geiger-Müller-rør

Tæller til Geiger-Müller-rør

Materialer til at bremse strålingen, kan være ler, granit, kalk eller evt. andre sten arter afhængig af, hvad eleverne vil undersøge

Bestrålede frø (kan udelades)

#### *Digitale teknologier*

- PC/Chromebook samt smartphone eller tablet til programmering i Scratch

#### *Elev- og lærerhenvendte ressourcer*

- Scratch (<https://scratch.mit.edu/>)
- Beslutningsforslag om deponering af radioaktivt affald, forår 2018. <https://www.ft.dk/samling/20171/beslutningsforslag/B90/index.htm> [Set d. 03.03.2020]
- Ingeniøren, 15. marts 2018. 15 års ubeslutsomhed for det danske atomaffald <https://ing.dk/artikel/overblik-15-aars-ubeslutsomhed-danske-atomaffald-211210/> [Set d. 03.03.2020]
- Information, 2. oktober 2014. Ren natur, økologisk mælk, bæredygtige østers ... og 250 vogntog radioaktivt affald? <https://www.information.dk/indland/2014/10/ren-natur-oekologisk-maelk-baeredygtige-oesters-250-vogntog-radioaktivt-affald> [Set d. 03.03.2020]
- Dansk dekommissionering, <https://www.dekom.dk/> [Set d. 03.03.2020]
- Uddannelses- og forskningsministeriet. Deponering af radioaktivt affald i Danmark. <https://ufm.dk/aktuelt/temaer/deponering-af-radioaktivt-affald-i-dk> [Set d. 03.03.2020]
- Spørg om fysik. Baggrundsstråling [https://www.nbi.ku.dk/spoerg\\_om\\_fysik/fysik/baggrundsstraaling/](https://www.nbi.ku.dk/spoerg_om_fysik/fysik/baggrundsstraaling/) [Set d. 03.03.2020]
- Sundhedsstyrelsen. Stråledoser. <https://www.sst.dk/da/Viden/Straaling/Fakta/Straaledoser> [Set d. 03.03.2020]
- Claus Larsen-Jensen (midlertidigt folketingsmedlem for Socialdemokratiet) udtaler sig om deponering af radioaktivt affald <https://www.youtube.com/watch?v=gFtmxBJlmmM> [Set d. 03.03.2020]
- TV2 Nyhederne, december 2012. Skal det radioaktive affald nedgraves på en idrætsplads ved en skole i Skive Kommune? <https://www.youtube.com/watch?v=sGKQNV0laqk> [Set d. 03.03.2020]
- Illustreret Videnskab, 30. september 2018. Stråling overalt omkring os: Hvor farligt er det? <https://www.youtube.com/watch?v=q8Mx2EyTUA0>

- Dansk Dekommisionering, GEUS og SIS, Maj 2011. Forstudier til slutdepot [https://www.dekom.dk/wp-content/uploads/publikationer/langsigtet-loesning/2011\\_slutdepot\\_forstudier\\_hovedkonklusioner\\_anbefalinger.pdf](https://www.dekom.dk/wp-content/uploads/publikationer/langsigtet-loesning/2011_slutdepot_forstudier_hovedkonklusioner_anbefalinger.pdf)

Konkrete elev- og lærerressourcer til forløbet findes i ressourcebanken på [www.tekforsøget.dk/forlob](http://www.tekforsøget.dk/forlob)

### 1.2.3 Lokaler

Almindeligt undervisningslokale samt fysik/kemi-lokale.

### 1.2.4 Tværfaglighed

Forløbet kan eventuelt planlægges som en del af det fællesfaglige fokusområde: Strålings indvirkning på levende organismers levevilkår. Indholdet i prototypen giver mulighed for at inddrage alle naturfagene og kan således bidrage til elevernes arbejde frem mod den fællesfaglige prøve. Der er i denne prototype dog ikke indsat mål fra biologi og geografi.

## 2. Mål og faglige begreber

### Kompetenceområder og -mål:

Elevernes undersøgelseskompetence kommer til udtryk ved, at de på baggrund af egne naturfaglige undersøgelser af kernereaktioner, og i den digitale designproces af et digitalt artefakt, tilegner sig naturfaglig viden.

Elevernes modelleringskompetence kommer til udtryk ved, at de på baggrund af viden om programmering i Scratch konstruerer en animation af en kernereaktion. Elevernes modellering af kernereaktioner bliver en forudsætning for at kunne designe et digitalt artefakt, her som en digital model af virkeligheden.

Elevernes perspektiveringskompetence kommer til udtryk ved, at de på baggrund af naturfaglig viden om ioniserende stråling forholder sig til deponering af radioaktivt affald

Elevernes kommunikationskompetence kommer til udtryk ved, at de producerer en animation, der formidler et naturfagligt indhold. Desuden ved, at de kan argumentere med naturfaglige belæg i forhold til deponering af radioaktivt affald.

Elevernes argumentationskompetence kommer til udtryk ved, at de kan redegøre for den viden om udvikling af animationen, de har tilegnet sig, og hvilken betydning den har for de valg, der er foretaget i designprocessen

KOMPETENCE OMRÅDER	UNDERSØGELSE	MODELLERING	PERSPEKTIVERING	KOMMUNIKATION
Kompetence-mål (efter 9. klassetrin)	Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i fysik/kemi	Eleven kan anvende og vurdere modeller i fysik/kemi	Eleven kan perspektivere fysik/kemi til omverdenen og relatere indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse	Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med fysik/kemi
Færdigheds- og vidensmål (efter 9. klassetrin)	<b>Digital design og designprocesser</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan gennem designprocesser skabe digitale artefakter, som understøtter elevens fysiske, kemiske og teknologiske undersøgelser</li> <li>Eleven har viden om anvendelse af iterative designprocesser, ved fysiske, kemiske og teknologiske undersøgelser</li> </ul>	<b>Computationelle tankegange i naturfag</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan konstruere og vurdere digitale modeller af den fysiske, kemiske og teknologiske omverden</li> <li>Eleven har viden om teknikker til at konstruere og vurdere digitale modeller</li> </ul>	<b>Partikler, bølger og stråling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan forklare udviklingen og perspektiver i udnyttelsen af kernekraft, herunder med animationer og simuleringer</li> <li>Eleven har viden om fissionsprocesser.</li> </ul>	<b>Argumentation (TF)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan argumentere for egne valg og fravalgs indflydelse i designprocesser</li> <li>Eleven har viden om fagtermer for argumentation om designprocesser</li> </ul>
	<b>Partikler, bølger og stråling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan undersøge resultatet af processer på atomart niveau.</li> <li>Eleven har viden om atomkernen og elektronsystemet.</li> </ul>	<b>Partikler, bølger og stråling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan med modeller beskrive ioniserende stråling.</li> <li>Eleven har viden om repræsentationer af atomkerner og stråling</li> </ul>		<b>Argumentation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eleven kan formulere en påstand og argumentere for den på et naturfagligt grundlag.</li> <li>Eleven har viden om påstande og begrundelser.</li> </ul>

### Konkretiserede læringsmål

- Eleverne kan designe og opstille forsøg til undersøgelse af forskellige materialers evne til at standse ioniserende stråling
- Eleverne kan tage stilling til argumenter for og imod deponering af radioaktivt affald, ud fra den viden de har tilegnet sig i arbejdet med at undersøge ioniserende stråling
- Eleverne kan anvende resultaterne fra egne undersøgelser af ioniserende stråling til at udvikle et digitalt artefakt, der forklarer hvordan kernereaktioner forløber, og hvordan strålingen kan stoppes.
- Eleverne kan beskrive udviklingen af algoritmerne i Scratch, samt de muligheder og udfordringer de har arbejdet med i designet af det digitale artefakt

### Centrale faglige begreber

Algoritme, løkke, digitalt design, Ioniserende stråling, fission, kernereaktion.

## 3. Forløbsnær del

### 3.1 Introfase: Forforståelse og kompetencer

I introfasen præsenteres eleverne for problemfeltet omkring ioniserende stråling fra radioaktivt affald.

Fasen starter med en iscenesættelse af problemfeltet radioaktivitet og ioniserende stråling for at skabe en fælles referenceramme, som alle eleverne kan arbejde ud fra.

#### 3.1.1 Varighed

Estimeret 1-2 lektioner á 45 minutter

#### 3.1.2 Problemfelt

I Danmark har vi radioaktivt affald. Det har vi på trods af at vi ikke har atomkraftværker. Affaldet stammer fra sundhedssektoren og industrien samt fra den nu nedlagte forsøgsstation på Risø. Der er behov for, at vi opbevarer og håndterer affaldet forsvarligt, og de sidste 20 år har man diskuteret muligheden for at etablere et slutdepot et sted i Danmark. Men alle de steder, der er blevet udpeget som depot for atomaffaldet har mødt modstand fra lokalbefolkningen. Modstanden kan skyldes frygten for forurening, men det kan også skyldes de følgevirkninger frygten kan have i forhold til huspriser, turisme, naturværdier osv.

Men er frygten velbegrunder, bunder den i naturvidenskabelig viden? Hvilke typer ioniserende stråling er vores radioaktive affald kilde til? Er undergrunden i de planlagte slutdepoter egnede til deponering af affaldet, så man kan være sikker på at forurening kan undgås? Hvor god er undergrunden i de enkelte områder til at standse strålingen?

#### 3.1.3 Problemstilling

Hvordan omsætter vi naturvidenskabelig viden om kernereaktioner og ioniserende stråling, afprøvet i laboratoriet, til en animation, der formidler relevante forhold omkring deponi af vores radioaktive affald?

### 3.1.4 Iscenesættelse/scenarie:

Læreren introducerer forløbet ved at vise et klip fra TV2-nyhederne, hvor de fortæller, at det overvejes at placere et slutdepot for Danmarks radioaktive affald under idrætspladsen på en skole i Skive Kommune. Debatten i nyhedsudsendelsen fra 2012 er stadig aktuell, modstanden mod deponering i Danmarks undergrund, har i 2018 ført til, at affaldet foreløbig skal ligge i en lagerhal på Risø. Men man arbejder stadig videre med at undersøge mulighederne for et slutdepot i Danmarks undergrund.

Nyhedsindslaget rejser nogle spørgsmål:

- Hvem har ret? Kan vi deponere affaldet sikkert under en skole, og undgå at vi udsættes for ioniserende stråling?
  - Hvad er det vi er bange for?
  - Hvorfor kan vi blive syge af ioniserende stråling?
  - Hvor meget udsættes vi for ioniserende stråling?

Udsendelsen bærer præg af, at beslutningerne tages på baggrund af følelser, der mangler den objektive information om ioniserende stråling. Eleverne får derfor til opgave, at de skal udarbejde et forslag til den information om ioniserende stråling, fra et affaldsdepot i undergrunden, som mangler i indslaget. Informationen skal udarbejdes som en animation. Målgruppen er forældre til børn på skolen, der ser nyheder i TV.

### 3.1.5 Fagligt loop

Hvorfor kan vi blive syge af ioniserende stråling? Et væsentligt aspekt af frygten for at ens lokalområde skal blive brugt som depot for radioaktivt affald handler om, at ioniserende stråling er sundhedsskadeligt. Dette faglige loop kan anvendes inden udfordrings- og konstruktionsfasen, hvis der er behov for at fokusere yderligere på ioniserende strålings indflydelse på levende organismer.

Læreren kan vise cirkeldiagrammet fra Sundhedsstyrelsen med stråledoser og fordelingen af den ioniserende stråling på menneskeskabte og naturlige kilder, samt videoen fra Illustreret Videnskab om farligheden af ioniserende stråling.

Eleverne skal herefter undersøge, hvordan radisefrø udsat for forskellige stråledoser spirer og planterne efterfølgende vokser.

Centralt spørgsmål ved opstart: Skriv ned/diskutér, hvordan I forventer, at frø med forskellig strålingsdosis vil klare sig, når I sår dem, begrund ud fra den video I har set om strålings påvirkning af menneskekroppen. Aftal hvordan frøene skal sås, og spirerne passes.

Efter ca. 1 uge: Bliv enige om, hvordan I vil sammenligne planterne med forskellig strålingsdosis. Man kan f.eks. måle bladstørrelse, tælle antal planter, sammenligne bladenes udseende, farve eller sammenligne biomassen.

Resultaterne diskuteres i forhold til hypoteserne. Desuden diskuteres, hvordan resultaterne kan bruges i forhold til viden om ioniserende strålings påvirkning af mennesker?



## 3.2 Udfordrings- og konstruktionsfase

I denne fase arbejder eleverne i grupper i en designproces beskrevet med en række aktiviteter i form af udfordringer, faglige loops og feedback loops. Eleverne skal, i denne undersøgende del, udvikle en animation i Scratch, der formidler naturfaglig viden om ioniserende stråling fra et affaldsdepot i undergrunden. Derfor skal de først undersøge, hvilken type undergrund der er på et eller flere af de steder, hvor man har foreslået, at det danske radioaktive affald kan deponeres. Derefter skal de undersøge, om undergrunden på det valgte sted kan standse strålingen, inden de til slut udvikler animationen.

### 3.2.1 Varighed

Estimeret 8 lektioner à 45 minutter.

### 3.2.2 Konkret udfordring

Eleverne skal udarbejde et forslag til den information om ioniserende stråling, som mangler i nyhedsindslaget. Eleverne skal udarbejde informationen som en animation i Scratch, der viser, hvordan en kernereaktion forløber, og hvordan den ioniserende stråling fra atomaffaldet eventuelt kan standses i et depot i undergrunden. Målgruppen er forældre til børn på skolen, der ser nyheder i TV.

### 3.2.3 Fagligt loop

Hvad består undergrunden af på de 5 udvalgte lokaliteter i Danmark, og kan den standse ioniserende stråling fra radioaktivt affald?

I TV2-nyhederne fortæller de om fem udvalgte lokaliteter, hvor man kan deponere radioaktivt affald i undergrunden. Men hvilke materialer består Danmarks undergrund af? For at kunne formidle effekten af at nedgrave det radioaktive affald i undergrunden, er eleverne nødt til at vide, hvad den består af.

Eleverne studerer kortmateriale over Danmarks undergrund på de 5 udvalgte lokaliteter til et slutdepot. Alternativt kan oplysningerne findes i "Forstudier til slutdepot" hvoraf det fremgår at undergrunden består af:

Østermarie på Bornholm: Gnejs eller granit

Rødbyhavn på Lolland: Ler og kridt

Kertinge Mark ved Kerteminde: Ler

Hvidbjerg, i Struer kommune: Ler

Thise og Skive Vest, i Skive kommune: Ler

### 3.2.4 Fagligt loop

Hvordan måler vi, om undergrunden på de udvalgte steder kan standse strålingen? For at eleverne kan undersøge forholdene i undergrunden, er de nødt til at kende måleudstyr og metode til måling af ioniserende stråling. Eleverne introduceres til Geiger-Müller-rør og tæller samt skolens radioaktive kilder. Der gives en grundig instruktion i, hvordan man opstiller en måling af ioniserende stråling fra de tre kilder, og hvordan strålingen kan standses, ved at indsætte materialeprøver af pap, aluminium, bly osv. Sikkerhed er vigtigt. Eleverne afprøver metoden og forholder sig til baggrundsstrålingens betydning for måleresultat.

Der findes vejledninger i de fleste undervisningsmaterialer til fysik/kemi 9. klasse, som man kan tage udgangspunkt i.

### 3.2.5 Fagligt loop

På baggrund af filmklip, diskussioner og øvelse i at bruge måleudstyret skal hver elevgruppe designe en undersøgelse af undergrunden i et af de udvalgte områder til slutdeponering. Til rådighed har de radioaktive kilder (udleveres kun til grupperne i det tidsrum, hvor eleverne skal gennemføre selve undersøgelsen), Geiger-Müller-rør og tæller samt stykker af ler, granit og kridt.

Centralt spørgsmål: Hvis vi prøver at afskærme strålingen, hvordan kan vi så måle om det lykkes?

### 3.2.6 Feedbackloop

Elevgrupperne præsenterer deres forslag til undersøgelsesdesign for hinanden og for læreren. Hvilke overvejelser har de i forhold til, hvor længe de skal udføre målingerne, og hvor mange målinger der skal foretages? Hvilke radioaktive kilder er relevante at måle på? Skal der tages højde for baggrundsstrålingen? På baggrund af præsentation og diskussion af undersøgelsesdesign kan man eventuelt blive enige om et fælles undersøgelsesdesign for hele klassen.

### 3.2.7 Fagligt loop

Eleverne udfører de planlagte undersøgelser af undergrundens evne, til at standse den ioniserende stråling og noterer resultater. Læreren kan undervejs stille spørgsmål, der opfordrer eleverne til at forholde sig til resultaterne samt overveje undersøgelsesdesignet: Hvad sker der, hvis I fordobler tykkelsen af lerlaget? Hvor meget kalk skal der til, før I når samme værdi som baggrundsstrålingen?

### 3.2.8 Fagligt loop

Hvordan opstår ioniserende stråling? Eleverne har indtil nu målt på den ioniserende stråling, samt hvordan den kan standses af materialer i undergrunden. Men for at de kan udarbejde deres animation, mangler de at vide, hvordan den ioniserende stråling opstår.

Eleverne skal læse en tekst om alfa-, beta- og gammastråling (der kan findes relevant læsestof i de fleste undervisningsmaterialer til fysik/kemi 9. klasse). Først diskuteres læseformålet på klassen: Vi søger svar på, hvilke processer der foregår i et radioaktivt materiale, når der udsendes hhv. alfa-, beta- og gammastråling.

Hvilke atomkerner er radioaktive? Hvad består de tre kilder af, som I har arbejdet med indtil nu? Hvad fortæller det periodiske system, hvordan kan man se om et grundstof er radioaktivt?

### 3.2.9 Fagligt loop

Animationen skal udarbejdes i Scratch. Hvis eleverne ikke kender Scratch i forvejen, kan dette faglige loop anvendes til en introduktion (se link til Scratch under "elev- og lærerressourcer").

Eleverne starter med hver især at oprette en brugerprofil på Scratch. Når de er oprettet som bruger, kan de introduceres til teknologien ved at klikke på "Ideas" i menubjælken foroven, og derefter klikke på "prøv det". Efter at have gennemført denne introduktion, har de erfaring med de mest basale redskaber i Scratch. Eleverne afprøver derefter et færdigt eksempel på en animation. Animationen, der udleveres til eleverne, viser en atomkerne, der udsender en betapartikel, som standses af et stykke bly (eksempel, der kan udleveres til eleverne, findes under "elev- og lærerressourcer").

### 3.2.10 Fagligt loop

Nu skal elevgrupperne udarbejde deres egen animation, der viser kernereaktioner og standsning af den ioniserende stråling i et permanent depot i undergrunden i ét af deponeringsområderne. Målgruppen er, som tidligere nævnt, forældre til børn på skolen, der ser nyheder i TV, og målet med formidlingen er at kunne tage stilling til deponering af det radioaktive affald på et naturfagligt grundlag.

Læreren kan enten lade elevgrupperne hver især argumentere for, hvilket af de fem områder i Danmark, og dermed hvilken type undergrund, de vil udvælge og bruge i deres animation, eller man kan på klassen blive enige om det samme område.

Elevgrupperne kan forinden opstille kriterier for, hvad deres animation skal vise. Kriterierne skal tage udgangspunkt i målgruppen og den naturfaglige viden, der skal formidles. Når kriterierne er fastsat følger en idégenereringsfase, hvor eleverne udarbejder forslag, f.eks. i form af skitser til, hvordan animationen skal formidle viden i form af tekst, billeder, lyd. Men man bør være åben overfor, at kriterierne og ideerne kan ændres undervejs, efterhånden som kendskabet til mulighederne i Scratch øges.

I konstruktionsfasen kan eleverne tage udgangspunkt i det udleverede eksempel med betahenfald (se afsnit 3.2.9) og tilpasse det i en iterativ proces. Til at støtte elevernes udvikling af programmet kan læreren undervejs gøre opmærksom på følgende:

- Meget af den stråling, der udsendes fra det radioaktive affald skyldes gammastråling. I det udleverede eksempel, som I har afprøvet, vises der en animation af betastråling. Her sker der en omdannelse af kernepartiklerne, men det gør der ikke ved gammastråling. Hvordan kan man så illustrere kernereaktionen? Eller hvordan illustrerer man, at gammastråling er elektromagnetisk stråling?
- Hvor tykke lag målte I, at der skulle til, før intensiteten af gammastrålingen var reduceret til et niveau som baggrundsstrålingen? Hvordan illustrerer I lagtykkelsens betydning I jeres animation?
- Det radioaktive affald kan udsende gammastråling som er mere energirig end gammastrålingen fra de kilder, vi har undersøgt. Hvad betyder det for kravene til tykkelsen af lagene i undergrunden? Kan vi på den baggrund vide, at det er sikkert at deponere affaldet i undergrunden?

### 3.2.11 Feedbackloop

For at styrke den iterative proces skal grupperne give feedback til hinanden:

Når grupperne har en brugbar prototype, sætter de sig sammen to og to og demonstrerer deres idé og program for hinanden. Eleverne forklarer programmets algoritme. Hvilke kriterier har de opsat? Hvad har de besluttet er centralt at formidle?

Er der elementer i animationen, som de mener mangler i forhold til kriterierne? Er der pointer, som kan gøres tydeligere?

Ideen med Scratch er, at man deler sine programmer med hinanden, derfor skal elevgrupperne så vidt muligt hjælpe hinanden videre.

Læreren gør opmærksom på, og diskuterer med eleverne, hvordan den iterative proces har betydning for udviklingen af deres animation. Har erfaringerne med programmeringen medført, at de har fået nye ideer undervejs?

Eleverne går tilbage i deres egen gruppe og forbedrer på deres produkt.

### 3.3 Outrofase: Ny forståelse og nye kompetencer

#### 3.3.1 Varighed

Estimeret 2 lektioner a 45 minutter.

#### 3.3.2 Fremlæggelse og introspektion

Debatmøde om atomaffald på skolen i Skive Kommune. Mødet starter med at nyhedsudsendelsen og animationerne vises:

- Fordel rollerne imellem jer. En gruppe af elever til hver rolle: Forældre fra skolen, Kommunalpolitiker med fokus på kommunens økonomi, Lærer fra skolen, Elevrådsrepræsentant, Fysiker fra Risø med speciale i reduktion af stråling fra radioaktive kilder. Forsker i kræft, med speciale i mutationer (kan især være relevant, hvis eleverne har arbejdet med DNA og mutationer i biologi, samt hvis forløbet indtænkes som et af de fællesfaglige fokusområder).
- Forbered indlæg og argumenter til debatten i klassen for eller imod slutdeponering af atomaffald under skolens idrætsplads. Læreren vejleder grupperne og stiller dem spørgsmål, der peger mod de centrale mål samt hjælper med, at eleverne anvender den viden, de har opbygget gennem forløbet.
- Gennemfør paneldiskussionen.

Alternativt kunne fremlæggelsen også arrangeres som et møde, hvor man inviterer klassens forældre og en repræsentant fra skolens ledelse. Nyhedsindslaget vises sammen med elevernes animationer.

Deltagerne/forældrene bliver bedt om at argumentere for og imod deponering af radioaktivt affald under deres skole. Hvis de skal svare i f.eks. Socrative, kan der svares anonymt, og eleverne kan efterfølgende analysere svarene med henblik på at se, om der argumenteres ud fra den naturfaglige viden eleverne har formidlet i animationerne, eller om argumentationen primært bygger på subjektive holdninger.

Efterbehandling:

- Er det muligt at opbevare affaldet forsvarligt?
- Hvordan anvendte I den viden, I har tilegnet jer gennem forløbet?
- Er der viden, I synes mangler for, at I kan tage stilling til spørgsmålet?

Særligt omkring animationen:

- På hvilken måde kan jeres animation forandre diskussionen af deponering af atomaffald?
- Hvordan adskiller en animation af kerneprocesserne sig fra, hvis man blot havde tegnet og forklaret med papir og blyant?

## 4. Perspektivering

### 4.1 Evaluering

Praktisk arbejde i fysik/kemiundervisningen skal bidrage til elevernes læring af naturfaglig viden. Ved at eleverne skal lave modeller af kerneprocesserne fra laboratoriet i form af animationer, skal de udvikle forklaringer gennem handling, tænkning og argumentation. De skal gå fra laboratoriets makroniveau til animationens og teoriens mikroniveau.

Teknologiforståelsesfagligheden og naturfagligheden kan evalueres løbende ved at se på, i hvor høj grad eleverne kan skabe en animation, der formidler den naturfaglige viden, de har sat som mål? I hvor høj grad arbejder eleverne i en iterativ proces? Kan de argumentere for valg og fravalg i udviklingen af deres animation?

### 4.2 Progression

Der er lagt op til progression i forløbet ved, at eleverne gennem iterationsprocesser forbedrer deres animation. Udarbejdelse af en animation kan bidrage til deres forståelse af kernereaktioner, som kan bidrage til deres overvejelser over design af animationen. Der kan således skabes en positiv feedback mellem forståelse af kernereaktionerne og design af animationen.

Dette forløb anvender Scratch, som tidligere er blevet anvendt i en anden prototype i fysik/kemi, nemlig forløbet "Klimaforandringer – klog på CO<sub>2</sub>". Derfor opfordres til, at der bliver kigget tilbage til netop dette forløb med henblik på at skabe den bedst mulige progression i brugen af teknologien. Udover en tidligere prototype i fysik/kemi bliver Scratch også brugt i matematikforløbet "Hvordan tænker en computer?" på samme årgang, og det kan være fordelagtigt at koordinere brugen mellem de to fag.

Programmeringssproget Scratch har mange ligheder med programmeringssproget der anvendes til Micro:bit som eleverne kender fra flere af prototyperne i fysik/kemi.

### 4.3 Differentieringsmuligheder

Detaljegraden i animationen, både mht. den fysik/kemi-faglige viden om kernereaktioner samt kompleksiteten af programmeringen kan varieres. For at sikre elevernes ejerskab til animationen, skal man så vidt muligt lade elevernes ideer styre processen. Gennem den iterative proces i arbejdet med animationen, kan man som lærer vejlede eleverne hen mod større detaljegrad.

### 4.4 Særlige opmærksomhedspunkter

Med hensyn til udarbejdelse af animationen kræves ikke andet udstyr end f.eks. en PC, hvilket kan give mulighed for at eleverne arbejder enkeltvis, og derved får alle elever direkte erfaring med at arbejde med

designet af animationen. Man skal overveje, om ikke små grupper af to personer giver bedre mulighed for faglige diskussioner, både med hensyn til teknologiforståelse og fysik/kemi.

Dette forløb kan være en del af det fællesfaglige fokusområde "Strålings indvirkning på levende organismers levevilkår". I geografi arbejder de særligt indenfor færdigheds- og vidensområdet "Naturgrundlag og levevilkår" i biologi særligt indenfor færdigheds- og vidensområdet "Krop og sundhed" samt "celler, mikrobiologi og bioteknologi".