

# Radex

Christian Walther Andersen

4. marts 2021

\* \* \*

## Om Radex

*Radex* anvendes til at detektere tilstedeværelsen af isotopen  $^{223}\text{Ra}$ . Det tiltænkte brugsscenarie er, at en mængde af affald, tøj e.l., der har været i nærkontakt med  $^{223}\text{Ra}$ , skal sikres, inden det smides ud, genanvendes e.l. Affaldet scannes med et gamma-kamera, og billedet, der også indeholder det målte spektrum i dicom-format, analyseres for spor af  $^{223}\text{Ra}$ . Det er denne sidste opgave, der kan klares af *Radex*.

## Download og installation

Kildekoden kan downloades fra GitHub: <https://github.com/cwand/radex>. *Radex* er skrevet i Python og kan bruges uden installation. Der er dog et par variable, der skal angives i kildekoden, inden programmet er helt klar til at køre.

## Indstilling af filstier

*Radex* kigger efter dicom-billeder i en filsti, der er angivet i filen `main.py`. Filstierne er angivet tæt på toppen af filen. Variablen `pardir` angiver hvor *Radex* skal kigge efter dicom-filer. *Radex* leder i undermapper efter alle filer med filendelsen `.dcm`. Også baggrundsmålinger skal ligge i denne filsti. Variablen `archdir` angiver, hvor *Radex* lægger dicom-filerne, når den er færdig med analysen. Når analysen er færdig flyttes indholdet af `pardir`-mappen til `archdir` (man kan vælge dette fra i slutningen af analysen, hvis dette ikke ønskes).

## Installation

Hvis man ønsker at installere *Radex*, fx hvis programmet skal bruges på en arbejdsstation, der ikke har Python installeret, kan dette gøres ved brug af Python-modulet `pyinstaller`:

```
>>> pyinstaller main.spec
```

Når installationen er fuldført findes en ny mappe med navnet `dist`, der indeholder alt, der er nødvendigt for at køre programmet. Denne mappe kan så kopieres over på den tiltænkte arbejdsstation, og programmet kan køres derfra.

## Brug af programmet

Når programmet starter, vil den først lede efter dicom-filer i den mappe, der er blevet angivet efter beskrivelsen ovenfor. Filerne samles efter dicom-taggen *Series description*. Det er altså vigtigt at forskellige målinger navngives forskelligt. Programmet vil derefter bede brugeren om at specificere en serie som baggrundsmåling, og denne vil blive brugt på alle de resterende serier som baggrund. Ønsker man at anvende forskellige baggrunde på forskellige målinger skal man altså køre programmet én gang for hver baggrund.

Når baggrunden er valgt vil programmet give brugeren information om følsomheden (i enheder af cps/Bq) samt *Minimum Detectable Activity*, eller MDA, i enheder af Bq. Følsomheden beregnes ud fra en kendt kilde, som kommer med programmet. Man kan også sætte en ny kilde til at beregne følsomheden. Dette beskrives senere.

Derefter går programmet gennem alle serier den kan finde (ud over baggrundsserien) i de filer, der er givet som input. For hver serie rapporteres, om der bliver registreret aktivitet, samt hvornår aktiviteten kan forventes at være nået under et acceptabelt niveau (300Bq som udgangspunkt). Hvis der bliver fundet aktivitet kan man vælge at logge registreringen i et medfølgende Excel-dokument. Når alle serierne er analyseret afslutter programmet med at spørge brugeren, om målingerne skal arkiveres. Vælges dette flyttes målingerne til arkiv-mappen i en mappe, der svarer til datoen for kørslen af programmet. Ellers lader programmet filerne ligge.

## Avanceret brug

Programmet kommer med et par avancerede funktioner. For at bruge disse funktioner skal programmet køres med inputargumenter, fx fra en kommandolinje.

### Brug af egen kilde

Hvis man ønsker at anvende sin egen kilde med en kendt aktivitet (til kalibrering af følsomhed), gøres dette med argumenterne `-S` og `-s` således:

```
>>> python main.py -s kilde_maaling -S 10342
```

Programmet vil så bruge dicom-filerne fra serien med Series description `kilde_maaling` som kilde, og bruge aktiviteten 10342Bq til at sætte følsomheden. Når man bruger sin egen kilde med `-S` argumentet vil baggrunden, der vælges når programmet starter op, også blive anvendt på den kendte kilde.

### Andre funktioner

Man kan få hjælp til andre funktioner i programmet ved at bruge argumentet `-h` således:

```
>>> python main.py -h
```

hvorefter en hjælpetekst vises.

## Matematisk baggrund

Den tællestatistiske baggrund for programmet er taget fra ref. [1], og er kort summeret her.

Den primære data vi arbejder med er tælleletal (counts), som med kendt måletid og følsomhed nemt kan omsættes til en aktivitet. Vi ignorerer usikkerheden på begge disse to omsætningsparametre. Der er tre tælleletal, vi skal holde styr på: Baggrunden  $B$ , signalet  $S$  og det totale tælleletal  $G = B + S$ . Vi kan måle  $B$  og  $G$ , men  $S = G - B$  kan ikke måles direkte.

Vi antager, at tælleallene er Poisson-fordelte, altså at  $B$  kan tænkes som et tilfældigt tal trukket fra en Poissonfordeling med middelværdi og varians  $\mu_B$ , og ligeledes for  $G$  og  $S$ . Dermed vil den estimerede standardafvigelse på baggrunden være  $\sigma_B = \sqrt{B}$ , mens den estimerede standardafvigelse på signalet er  $\sigma_S = \sqrt{B + G}$ .

Spørgsmålet, som ref. [1] forsøger at besvare er, hvornår vi kan sige at et givet signal  $S$  er lig med en detektion og hvor stor usikkerhed vi skal give til målingen. I den forbindelse fastsætter vi to grænser: Den første er det kritiske niveau  $L_C$ . Hvis  $S > L_C$  vil vi sige, at vi har observeret et signal, der ikke blot er et udsving i baggrunden. Den anden grænse er detektionsgrænsen  $L_D$ . Den angiver, hvor stort et tælleletal en kilde skal have, før vi *a priori* kan forvente at observere et signal, der er større end  $L_C$ .

Med til disse grænser hører et valg om, hvor stor tolerance vi vil tillade for at lave fejl af type I ( $\alpha$ , falsk positiv) og type II ( $\beta$ , falsk negativ). *Radex* sætter  $\alpha = \beta = 0.05$ . De to grænser kan så beregnes med formlerne

$$L_C = k_\alpha \sqrt{2B}, \quad (1)$$

$$L_D = L_C + \frac{k_\beta^2}{2} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4L_C}{k_\beta^2} + \frac{4L_C^2}{k_\alpha^2 k_\beta^2}} \right), \quad (2)$$

hvor  $k_\alpha$  og  $k_\beta$  er abscissen i en standard normalfordeling svarende til sandsynlighedsniveauet  $1 - \alpha$  og  $1 - \beta$  henholdsvis.

Hvis  $S > L_C$  angives et observeret signal af værdien  $S \pm z_{1-\gamma/2}\sigma_S$ , hvor  $z_{1-\gamma/2}$  er den kritiske værdi på en standard normalfordeling svarende til et sandsynlighedsniveau på  $1 - \gamma/2$ .

Hvis i stedet  $S \leq L_C$  angives intet signal, og der rapporteres en øvre grænse på den sande værdi af signalet på  $S + z'_{1-\gamma}\sigma_S$ , hvor  $z'_{1-\gamma}$  er den en-sidede kritiske værdi af en standardnormalfordeling svarende til et sandsynlighedsniveau på  $1 - \gamma$ .

I *Radex* er  $\gamma$  sat til 0.05 som udgangspunkt.

## Litteratur

- [1] L. A. Currie, *Limits for qualitative detection and quantitative determination. Application to radiochemistry*, *Analytical Chemistry* **40** (1968) 586  
[<https://doi.org/10.1021/ac60259a007>].