

Bruk av mobilkamera til registrering av radioaktivitet

Forfattere: André Storhaug, Ane Kristine Espeseth, Ane Marthe Ness og Margrethe Berentzen Klokkehaug, Fagerlia videregående skole

ABSTRAKT

Det ble undersøkt om man kan bruke en telefon til å måle radioaktivitet. Vi fant ut at kamerasensoren til iPhoneen vi testet faktisk kan brukes til å måle radioaktiv stråling (gammastråling). Vi sammenliknet dataene fra mobiltelefonen med en geigerteller, og ser at målingene har en relativt god sammenheng. Imidlertid er iPhoneen mye mindre sensitiv for stråling enn en geigerteller, men det ser ut som at telefonens verdier kan justeres opp for å få et mer realistisk resultat.

INNLEDNING

I dette prosjektet har vi testet om appen "RadioactivityCounter" er et godt instrument for å måle radioaktivitet. Ved hjelp av et CMOS-kamera i mobiltelefonen skal en mobilapp klare å måle radioaktiv stråling. Er det sannsynlig at en mobiltelefon kan måle radioaktivitet? For å finne ut om apputviklernes påstand var troverdig, sammenliknet vi resultatene vi fikk fra telefonen med resultater fra en geigerteller.

HYPOTESE

Måling av radioaktivitet med mobilen virker, men vi vil ikke få et like nøyaktig resultat som med en geigerteller.

TEORI

Radioaktive stoffer kan sende ut tre forskjellige typer stråling: alfa-, beta-, og gammastråling. Strålingen kommer av at ustabile atomkjerner desintegrerer til andre atomkjerner. I denne prosessen blir det sendt ut energi, og det er denne energien som er radioaktiv stråling. Alfa- og betastråling er en type partikkelstråling (stråling bestående av subatomære partikler eller atomkjerner i høy hastighet), og har kort rekkevidde. Gammastråling er høyenergetisk elektromagnetisk stråling (energi i form av fotoner). Gammastråling har en mye større rekkevidde enn alfa- og betastråling. For eksempel vil alfastråling bli stoppet av et papirark. Mesteparten av betastråling blir stoppet av en aluminiumsfolie, mens gammastråling blir stoppet av svært tykt metall som for eksempel 1 meter med bly.

Svekkelsen av gammastråling i vakuum (og tilnærmet i luft) som funksjon av avstand fra kilden kan beskrives etter “den inverse kvadratloven”. Denne sier at intensiteten av en effekt eller en fysisk kvantitet er inverst proporsjonal med avstanden fra kilden. Dette vi si at gammastrålingens svekkelse vil følge av formelen; $\frac{1}{r^2}$, hvor r er avstanden fra sentrum av den radioaktive kilden til sensoren som registrerer strålingen^[1]. Om man dobler avstanden (r) vil altså strålingen være en fjerdedel så intens.

Måle radioaktivitet med kamera

Radioactivity Counter er mobilappen vi brukte til telefonmålingene. Den er utviklet av den tyske ingeniøren Rolf-Dieter Klein.^[2] Den bruker telefonens bakkamera til å måle radioaktiv stråling. For å forklare hvordan telefonens kamera kan registrere strålingen, må vi først forklare hvordan kameraet egentlig virker.

Telefonen vi brukte til forsøket var en iPhone 5. Det bakre kameraet til telefonen er laget av SONY, modell IMX145-Derivative på 8 Megapiksler.^[3] Kameraet bruker en såkalt CMOS sensor/brikke. Denne brikken er delt opp i mange millioner små firkanter, hvor en slik firkant representerer en piksel. Brikken registrerer hvert foton som treffer en av dens piksler. Med svært mange slike foton-registreringer innenfor et gitt tidsrom, utgjør alle pikslene til slutt et bilde. CMOS står for komplementær metalloksid halvleder.^[4] Selve fotosensoren virker ved hjelp av den fotoelektriske effekten. Dette er en effekt som opptrer når et metall gir fra seg frie elektroner under påvirkning av lys.^[5] Fotodioden består hovedsakelig av silisium (Si), og bruker halvlederteknologi.

Hovedkonseptet for å kunne måle radioaktiviteten med kameraet, er at vi utelukker alle de andre lavenergi-fotonene (UV-lys, synlig lys, infrarødt). CMOS-brikken sitter bak en rekke linser av glass, samt et ytre beskyttelsesglass av safir. I tillegg kommer som forklart i metode-delen aluminiumsfolie og en svart tape utenpå dette. Strålingen må gjennom alle disse lagene for å kunne bli registrert av sensoren. På grunn av dette klarer ikke alle typer stråling å trenge inn til sensoren. Resultatet er at vi kan måle all gammastråling, samt høyenergi-betastråling som er over en viss energimengde. Vi har derfor valgt å konsentrere oss om gammastråling.

Gammastrålingen vil fungere på det samme prinsippet som vanlig lys. Gammastrålingen trenger gjennom alle hindringer og treffer en piksel-sensor i CMOS-brikken. Strålingen vil på vei gjennom silisiumet slå løs elektroner på samme måte som fotoner i klassen “vanlig lys”. Deretter blir disse elektronene sendt til oppmåling og videre prosessering av telefonen. Foruten de elektronene som gammastrålingen slår løs, kan også frie elektroner produseres ved dårlige eller skadede kretser. Disse elektronene resulterer i “falske” signaler.^[6] Mobilappen tok hensyn til dette, samt bakgrunnsstråling, ved hjelp av en kalibreringsprosess. Den foretok målinger i forsøksrommet over ti minutter hvor den kun var utsatt for bakgrunnsstråling.

UTSTYRSLISTE

- Mobil (iPhone 5)
- Geigerteller
- Gamma-kilde (Cesium-137)
- Papir med cm-målinger
- Svart teip av elastisk PVC-plast
- Aluminiumsfolie
- 2 byretteklemmer med muffe
- Stativ

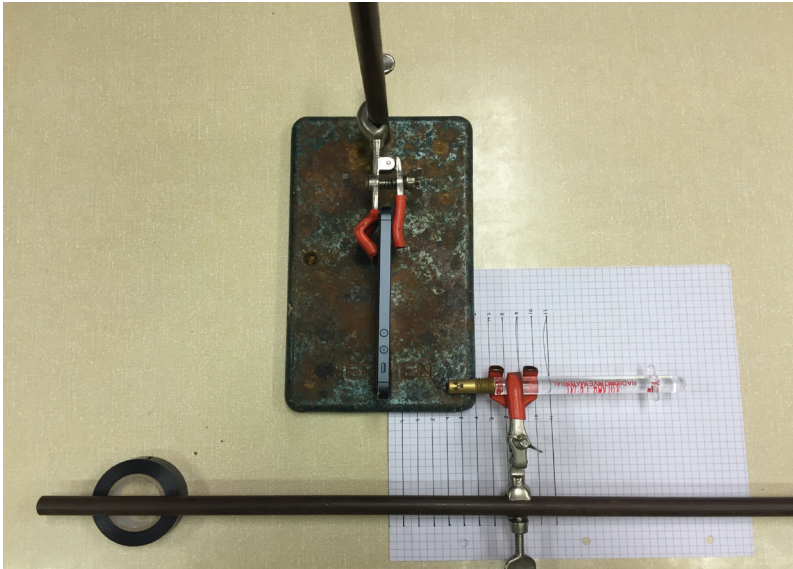


Fig 1: Oppsett av mobil og radioaktiv kilde

METODE

Til forsøket trengte vi blant annet en mobil med appen Radioactivity Counter, en geigerteller, og en radioaktiv kilde som sendte ut gamma-stråling. Kilden vi brukte til gamma-stråling var Cs - 137 (Cesium).

Først testet vi hvor mye gamma-stråling en geigerteller klarte å fange opp. For å få et mest mulig representativt resultat tok vi mange målinger. Geigertelleren registrerte antall partikler som traff registreringsoverflaten per 100 sekunder. Kilden til gamma-stråling plasserte vi ved ulike avstander fra geigertelleren (se fig. 1). Vi tok ti målinger for hver avstand fra den radioaktive kilden, hvor vi målte avstanden mellom kilden og geigertelleren. De målte avstandene var alle hel- og halv- centimeters lengder fra og med 1cm til og med 4cm. Vi registrerte alle målingene gjort for kilden på hver avstand, og lagde deretter et gjennomsnitt for disse resultatene (se resultater).

Dette gjorde vi også med mobilen. Først dekket vi kameranlinser med aluminiumsfolie og deretter med svart teip, så kunne vi begynne å registrere strålingen. Dette måtte gjøres grundig, slik at det blir helt lystett, og ingen lysfotoner slapp inn i kameraet. Mellom hver måling kalibrerte vi mobilen/appen, dette for å unngå støy (se teori). For å kontrollsjekke at dette faktisk ble helt lystett, brukte vi en lykt og lyste mot teip/aluminiumsfolien som dekket linsen. Når telefonens registreringer var nede på et minimum (helst 0), kunne vi starte målingene. Vi foretok målingene for iPhonen på samme måte som for geigertelleren. Imidlertid tok vi kun én måling for hver avstand (samme avstander som med geigertelleren, 1 cm - 4 cm), ettersom mobilappen brukte ti minutter per måling for så å lage et gjennomsnitt.

I figur 1 illustrerer vi hvordan vi brukte et ark med cm-skala for å bestemme avstanden mellom måleinstrumentet og den radioaktive kilden. Figuren viser også hvordan vi brukte byretteklammene og stativene til å stabilisere mobilen og gammakilden.

For geigertelleren trengte vi bare å bruke stativ og byretteklemme på kilden, ettersom sensoren til geigertelleren var liten, fleksibel og stabil. Også der brukte vi målearket for å måle avstanden. Alle resultatene skrev vi inn i en tabell.

RESULTATER OG DISKUSJON

For å se om målingene var sammenlignbare, framstilte vi dem også grafisk. Vi brukte programmet GeoGebra som graftegner, hvor programmet har selv bestemte den best mulige tilpasningen gitt en egendefinert funksjonssammenheng. Til å lage regresjonsgrafene har vi brukt funksjonssammenheng; $\frac{1}{x^2}$ da denne svarer til svekkelsen av strålingen gitt avstanden r fra sentrum av strålingskilden (se teori - “den inverse kvadratlov”).

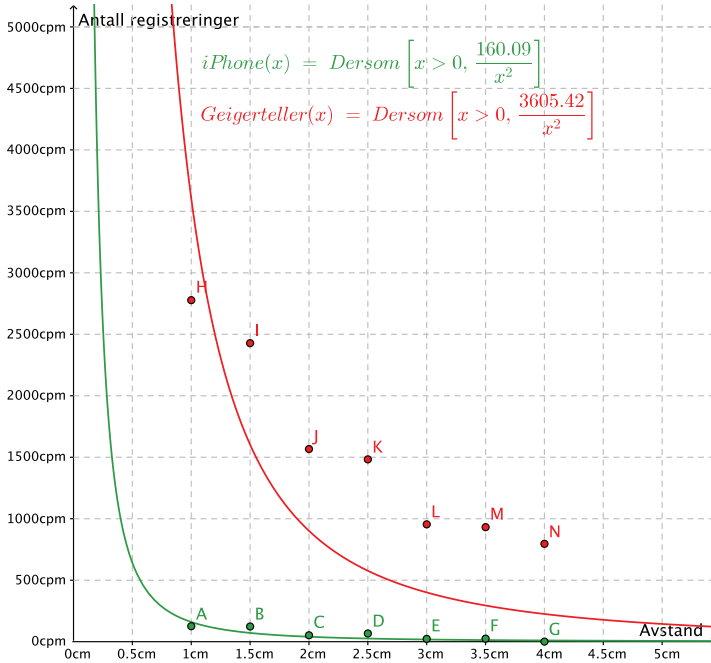


Fig.2: Regresjonsgraf (basert på $\frac{1}{x^2}$) som viser forholdet mellom mobil-målingene og geigerteller-målingene.

Når vi ser på regresjonsgrafene til de to måleinstrumentene (fig. 2), ser vi at målingene vi tok med mobilen fikk langt færre tellinger pr minutt (cpm) enn målingene vi tok med geigertelleren. Samtidig ser vi at grafene ikke stemmer godt overens med punktene. Teoretisk - ifølge “den inverse kvadratloven” (se teori) - skal verdiene være inverst proporsjonale med avstanden fra kilden. Dette ser vi ut fra Figur 2 at ikke er tilfellet. En mulig forklaring på dette er at den faktiske avstanden mellom sensorene og selve Cesiumet kan ha vært større enn først antatt. Vi målte luftrommet mellom kilden og sensorapparatene. Imidlertid ser det ut til at Cesiumet var plassert lengre inn i selve kilden, noe som underbygges av kildens dokumentasjon^[7]. I midlertid er ingen nøyaktige mål oppgitt. Vi prøvde oss derfor fram ved å legge til en konstant d til alle x -verdiene, hvor d svarer til korreksjonen i avstand. Vi kom fram til at $d= 1,95$ cm, noe som er en nokså realistisk verdi. Denne feilmarginen er da hovedsakelig på grunn av at Cesiumkilden er plassert lengre bak i beholderen, samt at begge sensorene sitter litt inne i apparatene (f.eks. bak linser i iPhonen). I tillegg kan det ha forekommet målefeil i henhold til oppmåling. Denne d -verdien ga en svært godt tilpasset graf i forhold til de nå justerte punktene. Resultatet ser man i figur 3.

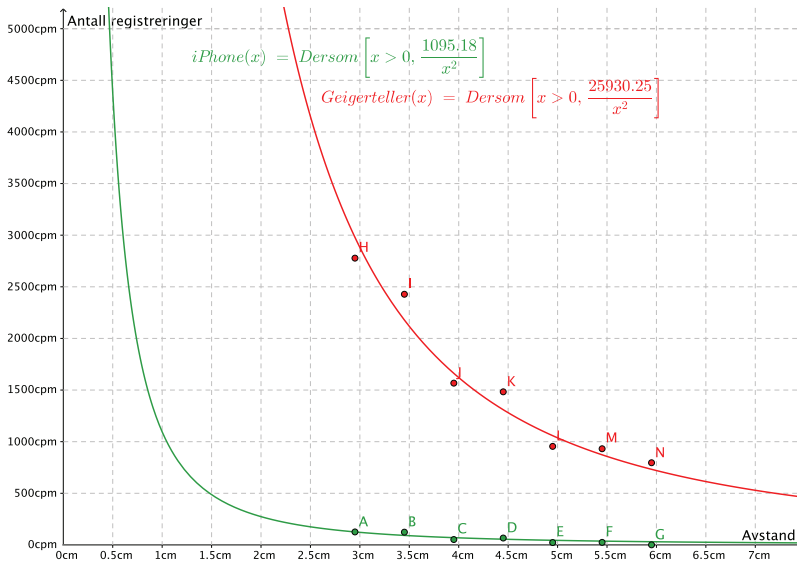


Fig.3: Regresjonsgraf (basert på $\frac{1}{x^2}$) med korreksjon for d-avstand. Hver x-verdi + 1.95.

Sensoroverflaten til de to måleinstrumentene har en ganske betydelig innvirkning på mengden stråling som blir detektert (cpm.). Mobilkameraet har en oppløsning på 3264 x 2448 - dvs. 3264 piksler bred og 2448 piksler høy. Det totale antall piksler blir da 7990272 piksler (8 MP). Hver piksel har en overflate på $1.96 \mu\text{m}^2$.^[3] Om en tar 7990272 piksler og ganger med størrelsen hver piksel tar, vil en få et areal med aktive sensorer på ca $15660933 \mu\text{m}^2 \approx 15.66 \text{ mm}^2$. Geigertellerens sensor har imidlertid et vindu med en effektiv diameter på 9,1 mm, noe som tilsvarer ca. 65 mm^2 ($A = \pi \times R^2 = 3,14 \times (\frac{9,1\text{mm}}{2})^2 = 65\text{mm}^2$).^[8]

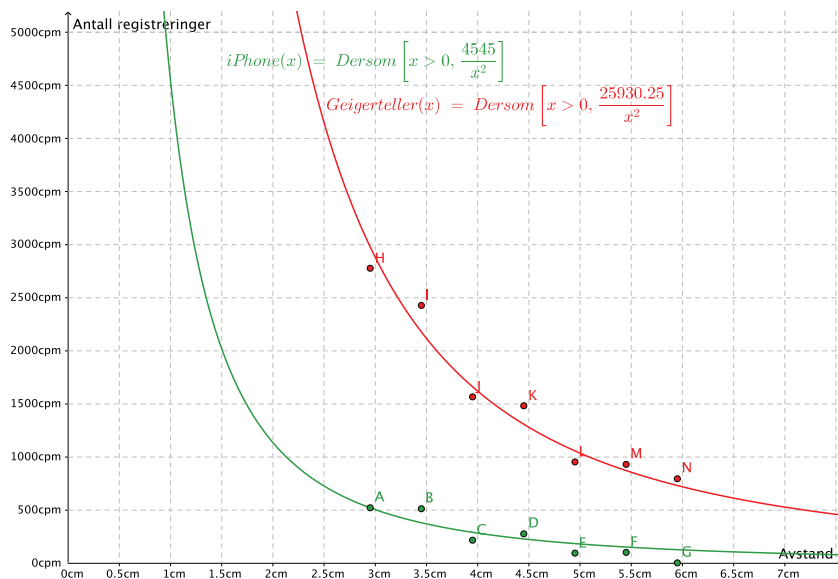


Fig.4: Regresjonsgraf (basert på $\frac{1}{x^2}$) for å sammenligne målingene til mobilapp *4,15 og geigerteller.

Geigertelleren har altså en sensor som er 50 mm² større en mobilens sensor. Dette er en stor forskjell, og kan alene stå for det store spriket i counts per minute (cpm.) i forholdet mellom grafene i figur 2. Om en deler geigertellerens sensorområde (65 mm²) på mobilens sensor areal (15,66 mm²), vil en få et forhold på 4,15:1. Dette er teoretisk den verdien som mobilens målinger må ganges med for å få en verdimengde som står i samsvar til geigertellerens verdier. Se mobilgrafene i figur 4.

Som vi kan se av figuren (fig. 4), har nå mobilens verdier blitt justert opp. Siden grafen nå er teoretisk oppskalert og det er tatt hensyn til sensorstørrelsens ulikheter, skulle vi fått to grafer hvor begge to skulle befunnet seg på mer eller mindre de samme nivåene. Dette stemmer imidlertid kun delvis. Vi ser en forbedring i de to grafenes korrelasjon, men det er fortsatt et godt sprik mellom de to grafene. Forholdet må justeres enda mer opp. Vi tok gjennomsnittet av cpm-målingene til geigertelleren og til iPhoneen, før vi så delte dem på hverandre. Vi endte da opp med forholdet 26,17:1. Denne grafen, figur 5, viser seg å være den mest nøyaktige tilnærmingen når vi kommer opp i en viss avstand fra den radioaktive kilden. Denne faktoren på 26,17 korrigerer altså for ulikheten i følsomhet mellom geigertelleren og mobilens CMOS-kamera.

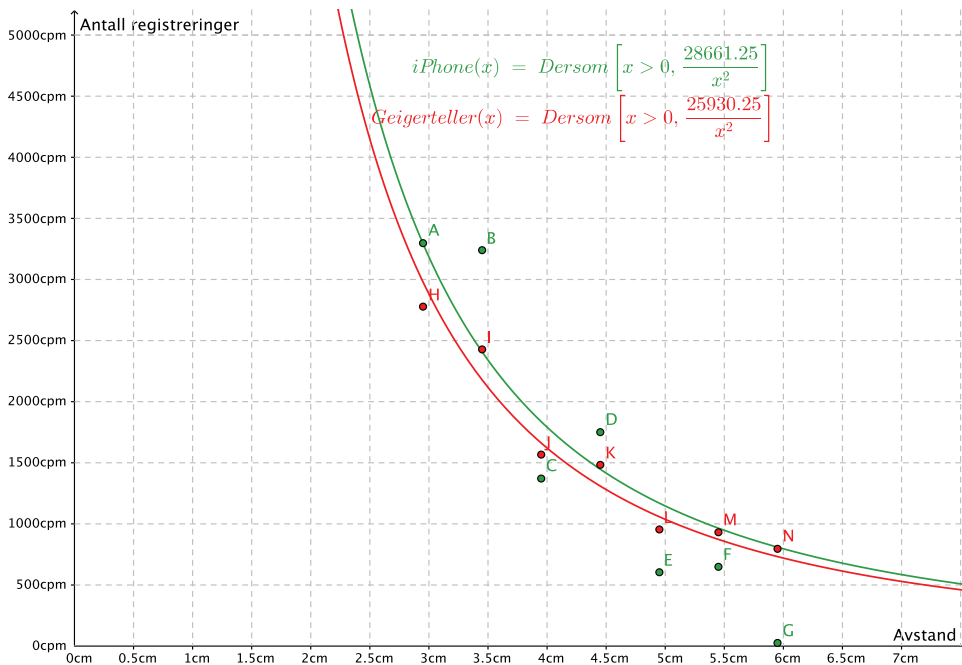


Fig.5: Regresjonsgraf (basert på $\frac{1}{x^2}$) for å sammenligne målingene til mobilapp *26.17 og geigerteller.

Sensitiviteten til mobilkameraet i en iPhone 5 (IMX145-Derivative) er allerede blitt ganske dårlig sammenlignet med nye mobilmodeller. Den nye iPhone 6s'en er et eksempel. Ved å ha brukt en nyere telefon kan vi dermed forvente å se en høyere følsomhet og dermed en lavere korreksjonsfaktor. Det finnes kanskje også en annen viktig årsak til at de to regresjonsgrafene ikke korrelerte helt etter den teoretiske justeringen: Gammakilden vår, cesium-137, sender både ut beta- og gammastråling. Geigertelleren registrerer alt som stråling, og vil ikke skille mellom beta- og gammastråling. Mobilens sensor, derimot, vil kun være i stand til å oppfatte gammastrålingen og noen få av betapartiklene (de med høy nok energi). Selv om betapartikler ikke kan stå for hele det store gapet i antall tellinger pr minutt (cpm), vil det likevel ha hatt et rimelig stort utslag på resultatene.

KONKLUSJON

Dette prosjektet har demonstrert at en iPhone kan bli brukt som en radioaktivitetsmåler med lav sensitivitet. Det ser også ut som telefonen kan gi brukbare resultater ved at målingene justeres opp for å få et resultat mer i tråd med det en geigerteller kan måle. Det vil nok alltid finnes bedre detektorer enn iPhonekameraet, men etterhvert som kamerateknologien utvikler seg og kalibreringsalgoritmer forbedres, vil vi kunne forvente å se en økning både i sensitivitet og i nøyaktighet. Telefonen har dermed potensiale til å kunne bli et godt verktøy, spesielt siden appen selges til en rimelig pris (50kr).

REFERANSER

- [1] Wikipedia. (Sist oppdatert 13.12.15) Afstandskvadratloven. Hentet fra <https://da.wikipedia.org/wiki/Afstandskvadratloven> [Internett] Lastet ned 13.04.15.
- [2] Klein, R.D. (2011). Radioactivity Counter Help. Hentet fra www.hotray-info.de/html/radioa_help.html. [Internett]. Lastet ned 20.11.15.
- [3] Photographyvox. (2015). iPhone 5 Camera Guide: *Technical specifications*. Hentet fra www.photographyvox.com/a/iphone-5-camera-guide/. [Internett] Lastet ned 20.11.15.
- [4] Wikipedia. (Sist oppdatert 10.10.15) CMOS. Hentet fra <https://no.wikipedia.org/wiki/CMOS>. [Internett] Lastet ned 20.11.15.
- [5] Wikipedia. (Sist oppdatert 10.10.15) Fotoelektrisk effekt. Hentet fra https://no.wikipedia.org/wiki/Fotoelektrisk_effekt. [Internett] Lastet ned 20.11.15.
- [6] Cogliati, J. J., Derr, W. K., Wharton, J. (2014) Using CMOS Sensors in a Cellphone for Gamma Detection and Classification: *CMOS Overview*. Hentet fra <http://arxiv.org/pdf/1401.0766.pdf>. [Internett] Lastet ned 18.11.15.
- [7] Fredriksen. Leverandørbrugsanvisning for Risø Demonstrationskilder. Hentet fra <http://no.frederiksen.eu/Files/Images/ecom/products/frederiksen/media//510030.pdf> [Internett] Lastet ned 13.04.16.
- [8] Fredriksen. (2015). Geigerteller, GM-rør. Hentet fra <http://no.frederiksen.eu/shop/product/gm-roer-paa-stang-bnc> [Internett] Lastet ned 20.11.15.