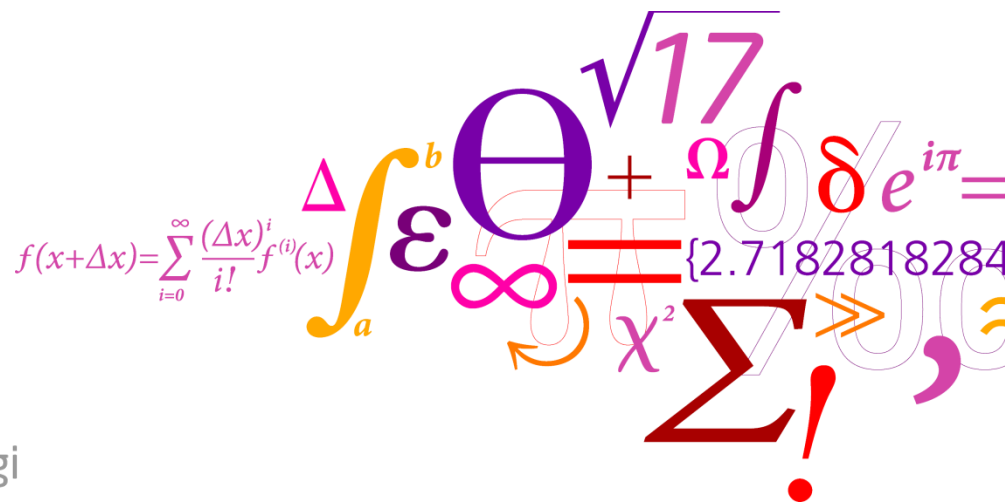


Radioaktivitet og stråling ved Kvanefjeld

Strålingsmæssige problemer ved brydning af uranmalm I
Kvanefjeld og oparbejdning af uran
Uranprojekt, August 1983

Sven Nielsen
Strålingsforskning



Naturligt forekommende radioaktive stoffer

- Langlivede radioaktive isotoper fra jordens skabelse
 - Uranisotoper: ^{238}U (4.5 mia. År), ^{235}U (700 mio. År)
 - Thoriumisotoper: ^{232}Th (14 mia. År)
 - Kaliumisotop: ^{40}K (1.3 mia. År, 0.011% af naturligt kalium)
- Kortlivede radioaktive isotoper fra henfald af uran og thorium
 - Uran-238 serien: ^{226}Ra (1600 år), ^{210}Pb (22 år), ^{210}Po (138 d)

Henfaldsserier og datterprodukter

Element	Uranium-238 series						Th-232 series			U-235 series		
Uranium	U-238 4.5*10 ⁹ y		U-234 245500 y							U-235 7.0*10 ⁸ y		
Protactinium	↓	Pa-234 1.2 min	↓							↓	Pa-231 32800 y	
Thorium	Th-234 24.1 d	↓	Th-230 75400 y				Th-232 1.4*10 ¹⁰ y	Th-228 1.91 y	Th-231 25.5 h	↓	Th-227 18.7 d	
Actinium			↓				↓	Ac-228 6.1 h	↓		Ac-227 21.8 y	↓
Radium			Ra-226 1600 y				Ra-228 5.75 y	Ra-224 3.7 d				Ra-223 11.4 d
Francium			↓									
Radon			Rn-222 3.8 d									
Astatine			↓									
Polonium			Po-218 3.1 min	Po-214 0.00014 s	Po-210 138 d							
Bismuth			↓	Bi-214 19.9 min	↓	Bi-210 5.0 d						
Lead			Pb-214 26.8 min	Pb-210 22.3 y	Pb-206 stable			Pb-208 stable				Pb-207 stable

↓ α-decay
Z: -2
N: -4

↗ β-decay
Z: +1
N: +/-0

⋮ decay series
of short-lived
nuclides

symbol of the
element

Pa-231
32500 y

mass
number

half-life

particle reactivity

low
intermediate
high

Radioaktive stoffer i malm fra Kvanefjeld

Uran og thorium	Gennemsnitsindhold (ppm)
^{238}U	340
^{235}U	2.4
^{232}Th	850

Desuden datterprodukter, bl.a. ^{226}Ra , ^{210}Pb og ^{210}Po

Strålingspåvirkninger ved minedrift

- Ekstern gammastråling
- Inhalation af kortlivet radioaktivitet (datterprodukter af radon)
- Inhalation af malmstøv og støv fra oparbejdningsproduktet
- Indtag/spisning af uran/thorium og faste datterprodukter

Strålingsskader

- Strålingsdoser angives i sievert (Sv, Joule/kg)
- 1 sievert = 1000 millisievert (mSv)
- Akutte skader (f.eks. hudrødmen) opstår hurtigt efter strålingspåvirkning ved høje strålingsdoser, over 1000 mSv
- Senskader (kræftsygdomme, genetiske skader) ved alle strålingsdoser, ingen tærskelværdi, risikofaktor 0.05 pr. Sv

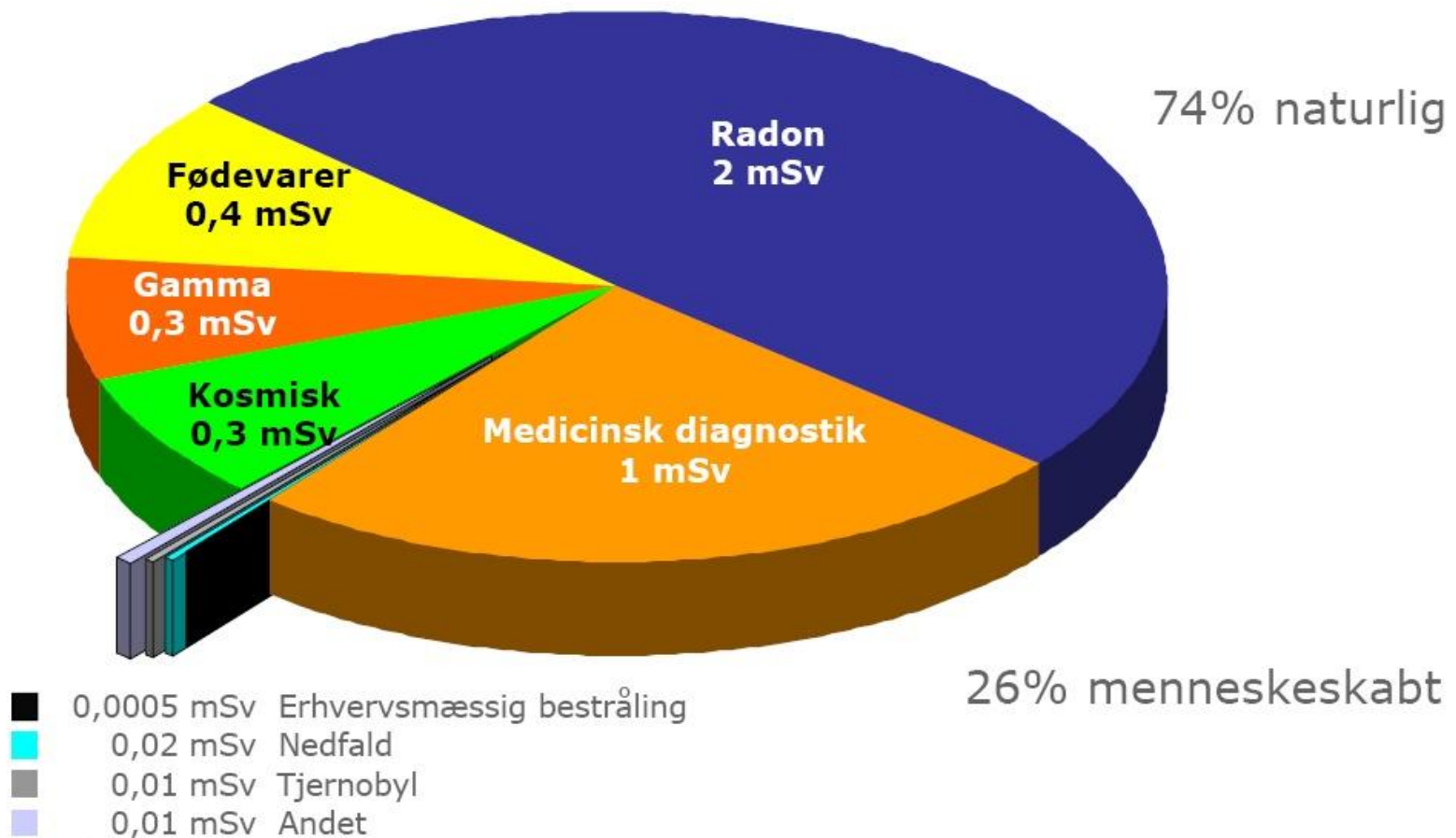
Grænseværdier for strålingsdoser

	Strålingsudsatte arbejdstagere (mSv/år)	Befolkning (mSv/år)
Effektiv dosis	20 ¹	1
Huden	500	50
Hænder, underarme, fødder, ankler	500	
Øjets linse	150	15
Fosterdosis ved graviditet	1	1

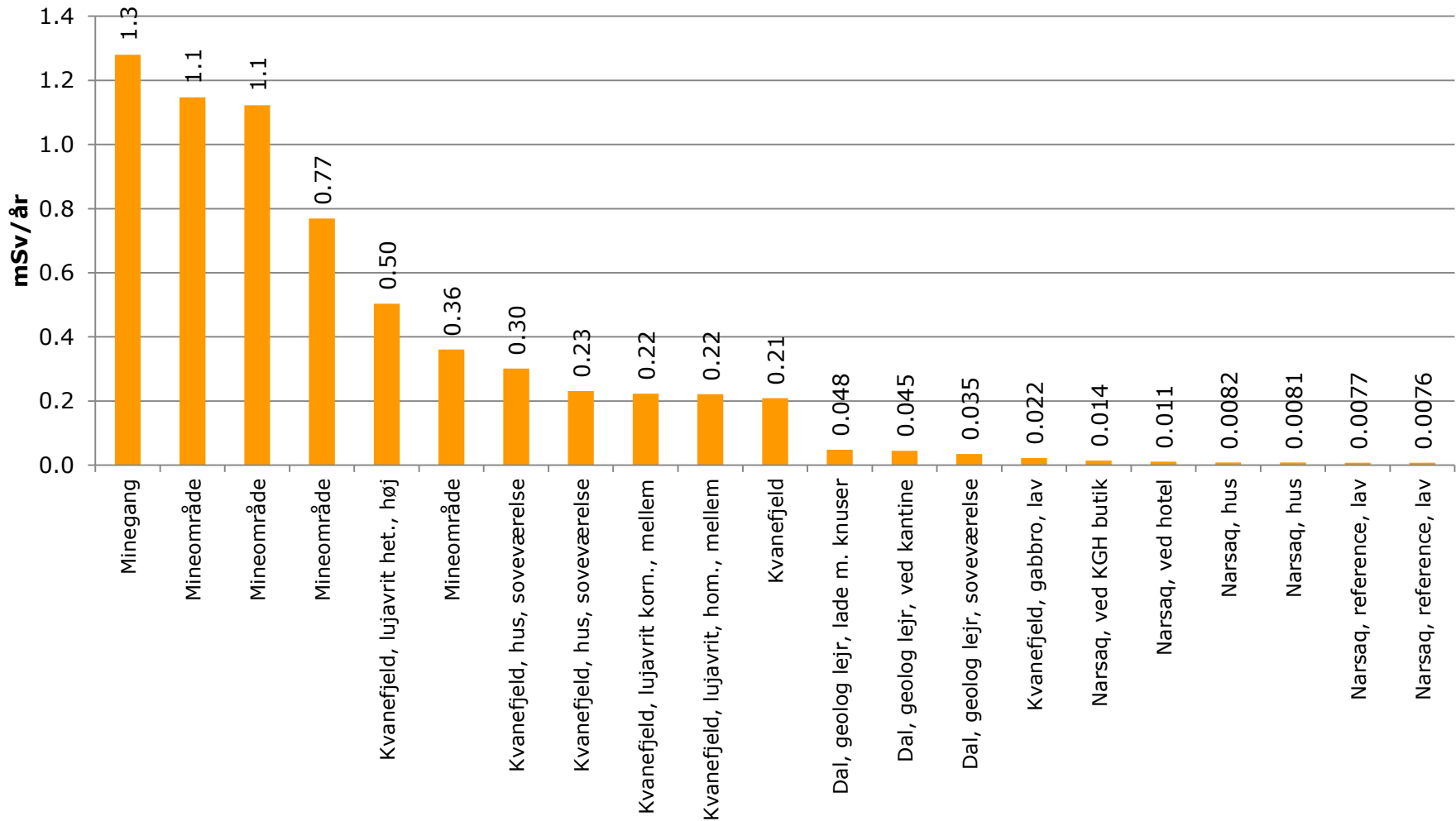
¹ Strålingsdosis må i særlige tilfælde være 100 mSv pr. 5 år forudsat, at dosis i det enkelte år ikke overstiger 50 mSv

Bestråling af den danske befolkning

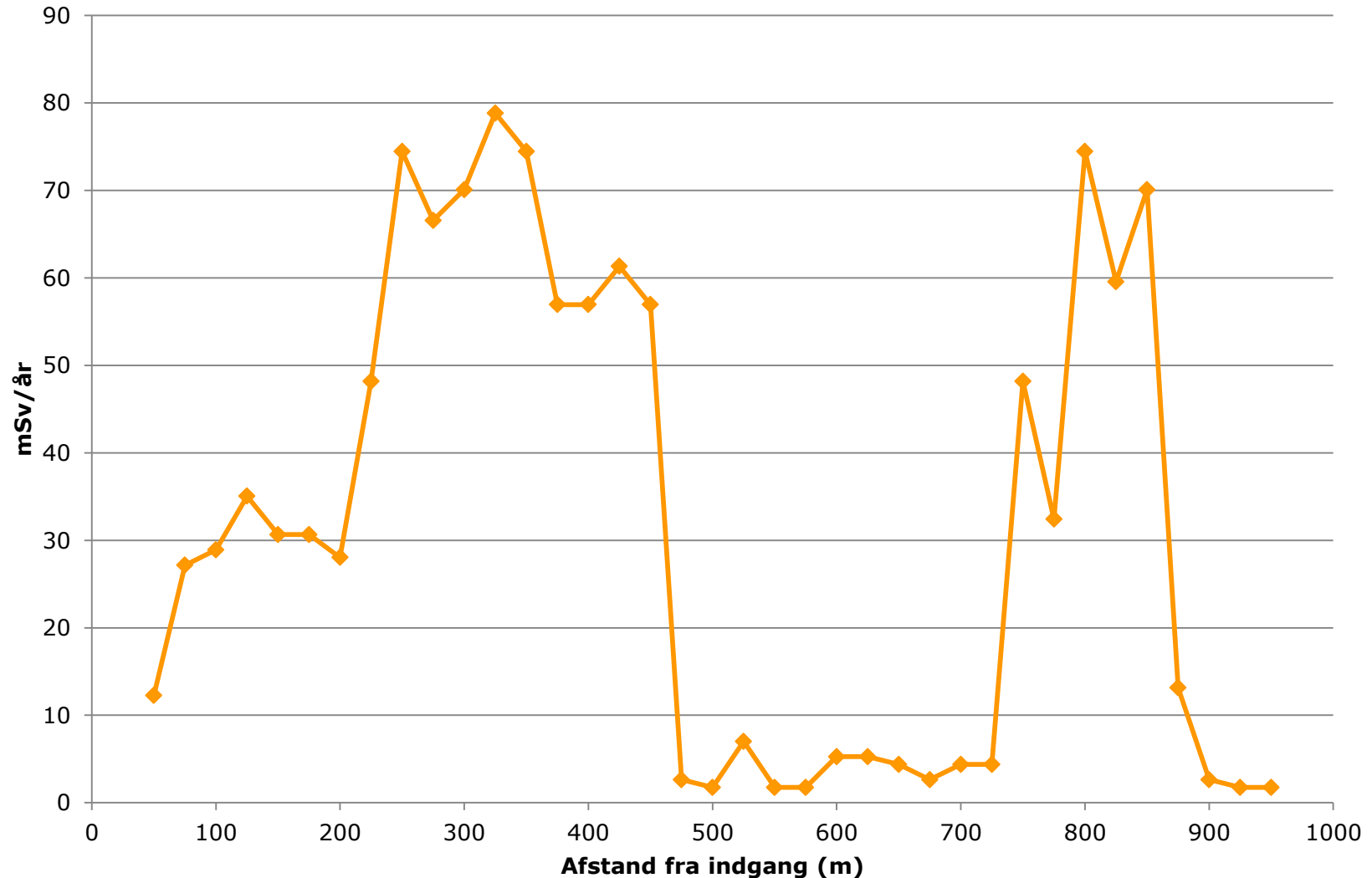
Årlig middeldosis pr. person



Stråling på Kvanefjeld og i Narsaq 1977



Stråling i tunnel på Kvanefjeld 1979/1980



Overslag over årlig dosis til minearbejdere ved uranudvinding på Kvanefjeld

Bestrålingsform	Årlig dosis (mSv)
Gammastråling	2.5 – 3.7
Radondøtre	0.6 – 1.8
Malmstøv	0 – 11*
I alt	3.1 - 16

* Baseret på erfaringsdata fra tunnel på Kvanefjeldet uden begrænsning af støv og uden brug af støvmaske

Foreløbig miljøvurdering af uranudvinding på Kvanefjeld

- Foreløbig miljøvurdering foretaget af Risø i forbindelse med undersøgelser afsluttet i 1983 (rapport Risø-M-2875, 1990)
- Undersøgelser af minedrift og uranudvinding fra malmen
- Formål at identificere forurenende stoffer og kritiske eksponeringsveje, at vurdere miljøpåvirkning ved tekniske alternativer, at gøre anbefalinger om yderligere undersøgelser
- De vigtigste kilder til forurening er den åbne mine, affaldspladsen (gråbjerg) og tailings (rester fra uranudvinding)
- Mobiliteten af de stabile stoffer er lavere i tailings end i malmen, mens det modsatte er tilfældet for de radioaktive stoffer
- De forurenende stoffer omfatter: Be, F, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Nb, Zr, Mo, Cd, Sb, REE (sjældne jordarter), Hg, Pb, Th, U, ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po . Listen er baseret på forekomst og mobilitet i malm og tailings samt toxicitet.
- Fluor (F) er det mest mobile grundstof i både malm og tailings med koncentrationer på op til 1% og anses for den væsentligste risiko ved forurening

Pilotprojekt for uranudvinding på Risø

- Uranmalm ca. 4000 t transporteret fra Kvanefjeldet til Risø omkring 1980
- Udvinning af uran afprøvet i et pilotanlæg baseret på ekstraktion i rørautoklave ved høj temperatur (260 grader) og tryk (130 bar)
- Efter afslutning af projekt i begyndelsen af 1980'erne opbevares restmalm (ca. 3700 t malm) og tailings (ca. 1100 t) på Risø

Malmbunker på Risø med knusehus i baggrunden





Tailingsbassiner på Risø



Tailingsbassin med malmbunker i baggrunden



Uranudvinding, uranmalm og tailings på Risø

- Udvinning af uran og oplagring af malm og tailings på Risø har ikke medført miljømæssige problemer og ikke givet anledning til, at de involverede personer har fået strålingsdoser over grænseværdierne