

Plan for etablering af slutdepot for dansk lav og mellemaktivt affald – med tilhørende scoping fra Ministeriet for sundhed og forebyggelse, samt Rambøll

Kommentere fra HØRINGSBERETTIGEDE museum i Skive Kommune sigtende til områderne Thise og Skive Vest, samt betragtninger og bekymringer på underspillede miljøvurderingsrelevante problemer med navnlig Kvanefjeld malm og menneske skabte mellem og langlivede isotoper.

Skrevet af Bo Schultz M.Sc.geol, Rene Sylvestersen M.Sc.geol og Jan Tapdrup M.Sc.fys

Ved gennemlæsning af "Plan for etablering af slutdepot for dansk lav og mellemaktivt affald – med tilhørende scoping fra Ministeriet for sundhed og forebyggelse, samt Rambøll og – desuden inddragende GEUS rapporter 2012/127 og 2012/128 findes der anledning til en række nødvendige betragtninger.

Disse betragtninger funderet på konkret viden om geologien i Skive Vest og Thise, samt kendte problemer med giftige metaller, samt lang/mellem livede isotoper.

Det er en kompliceret opgave at vurdere giftighed og opløselighed på de påtænkte 4000 tons Kvanefjeld og 1,5 plutonium mv. Dette da dette farlige affald ikke blot er miljøfremmet, det er også fremmede for Danmark i det hele taget som nedgravet deponi. Med alle de eksperter der har været indover kan det undre os at ingen objektivt har listet at en tidshorizont møntet på kort livede radioaktivt affald i dette tilfælde er ganske vildledende, da der jo helt åbenlyst i alle rapporter skrives om komponenter der til evighed vil være giftige metaller og radioaktivt affald med meget lang levetid. Som om det i sig selv ikke er vanskeligt nok så har man da gjort sig opgaven så meget sværere at bedømme miljøvurderingen da man vil nedgrave 4000 tons kommerciel malm fra Kvanefjeld, der netop er kendt og attraktiv for sit enorme opbud af grundstoffer. Men nu er det så det folketinget har villet og det er derfor det som nu skal miljøvurderes. I det følgende er listet fra officielle rapporter alle de grundstoffer og isotoper der kan være stor bekymring forbundet med. Med den simple begrundelse at man taler om så mange år er der ingen geologer der kan love at et givent dansk lerlag vil være en naturlig spærring når beton og stål forgår efter århundrede. Specielt ikke om det lægges i så aggressive lerlag som dem man har kig på, de indeholder ganske fint med svovlkis, der giver svovlsyre. Geologien som sovebude er som de følgende vil vise et ret spinkelt argument, da den danske undergrund dels er ret sammenblandet af de istidsprocesser som udformede Danmark og så er undergrunden i evig bevægelse med hævnninger og forkastningen, da det ofte er mange kilometer af mere eller mindre konsoliderede aflejringer.

Greenland minerals and energi oplyser: 0,04 procent uran pr. ton sammenlignet med 1,3 procent sjældne jordarter pr. ton.

Skive Vest – den glemte bugt hvor vandførende sand blev til ler på kortprofilet

GEUS rapportererne er gode afsæt men formår ikke helt, at formidle den fulde lunefuldhed og kompleksitet af Skive egnens undergrund. Eksempelvis har vi kunnet sende GEUS Peter Graversen foto af, at man grundet meget få data punkter i Skive Vest er kommet til at kortlægge markante sand forekomster i Skive Vest som ler. Disse sandforekomster er desuden kortlagt og publiceret af GEUS's Erik Rasmussen i 2010. Noget af sandet er istid, mens meget stammer fra en 20 millioner år gammel havbugt der lå i området. Der er stor sandsynlighed for at sandlagene ikke er lokale, men forbinder via Klitting hoved fm. til Billund fm. Noget fejlagtigt blev denne geologi fremført som en art begravet istidsdal med en mærkelig retning i udbredelse der ikke stemte overens med den kendte istidsgeologi og uheldigvis tegnet på profilet som ler selv om det er både ler, marint sand og istids aflejringer i tykkelser op til 15 meter. Der henvises til GEUS rapport 2012/128 Skive Vest side 20, hvor man ved studiet af profiler og udredning kan konstatere at det omfangsrige Nedre Miocæn totalt er faldet ud.



Nedlagte Brøndum grusgrav – billede og oplysninger fra Svend Erik Lauersen (tidl ejer) Nedenstående fra Rasmussen et.al 2010 og 2013 der viser hvad som prægende Skive Vest for 22 til 20 millioner år siden. En del af det som er på Svend Eriks billeder relatere til dette, med samt formodningen om at udbredelsen af sandet dokumenteret ved lokalitet Brøndum er mere end blot et lokalt fænomen.

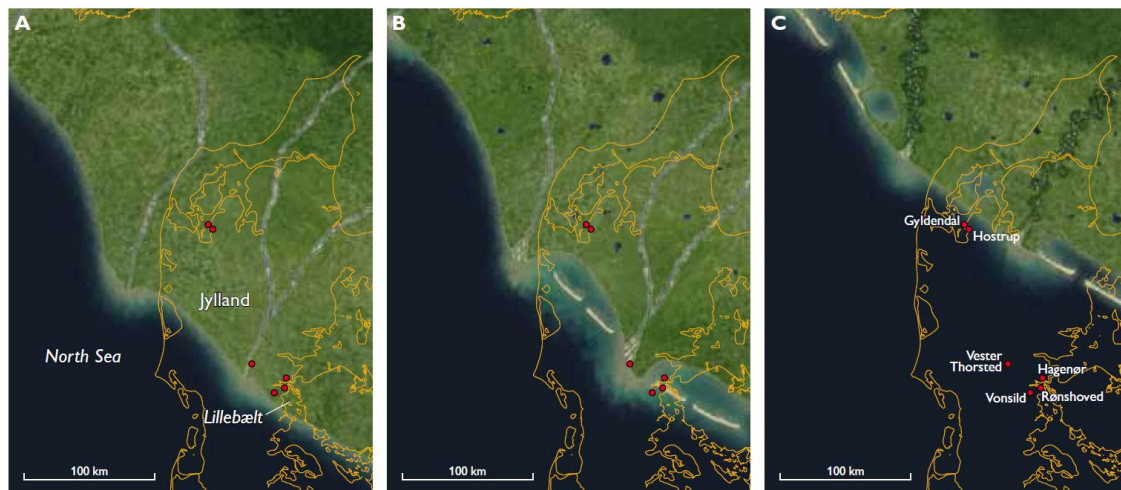


Fig. 1. Palaeogeographic reconstruction of the Early Miocene in the eastern part of the North Sea basin. **A:** Billund Formation during maximum regression. **B:** Klintinghoved Formation during initial transgression (Kolding Fjord Member). **C:** Klintinghoved Formation during maximum transgression. Modified from Rasmussen *et al.* 2010.

Drowning of the Miocene Billund delta, Jylland: land–sea fluctuations during a global warming event

Erik Skovbjerg Rasmussen, Torsten Utescher and Karen Dybkjær

Thise – den ustabile undergrund

Omkring området Thise er jordskælvs risikoen nok lidt underspillet i fald man vælger at inddrage historiske kilder og tolker dem via Marcalli skalaen der fortolker jordskælvsstyrke via ødelæggelser. I fald man måtte ønske yderligere information så har Muserum tidligere leveret processen en oversigt på kendte jordskælv over de forgangene 300 år. Disse kan let på grundlag af verificeret historisk fakta opstilles på Marcalli. Området påsatte prædikat af at have uigennemtrængeligt ler modsiges i øvrigt af simple iagttagelser man kan gøre sig i området, medmindre manglen på højtliggende moser og vådområder skyldes effektiv dræning.. Dette ses af distributionen af søer, årer, moser og ved kyst profiler. Ingen tvivl om at den markante istids tektonik der har presset ler sammen i området også har presset kiler af andre jordlags typer ind.

Geologisk konklusion til Miljøvurdering betragtning

Generelt om geologisk kortlægning må siges at valgte metode er ret teoretisk med så få måle og data punkter, kun mere givende metoder som helikopter TEM kan give den slags sikkerhed, som man illudere i de geologiske udredninger og da GEUS ikke har lavet helikopter TEM er det altså gisninger der repræsenteres ikke fakta. Da vort kendskab er stærkest på Skiveegnen kan vi ikke vurdere i hvilket omfang der andre steder kan være mangler, hvilket vi heller ikke har belæg for at udtale os om. Men med afsæt i vor egn kan man blot konstatere at geologi har eksakte målemetoder, men ikke er eksakt videnskab. Man har målepunkter, der så på grundlag kvalificeret gæt forbindes. Man skal huske dette forbehold.

Plutonium, Giftige metaller og mellem/langlivet isotoper

Vi er helt klar over at der på kort sigt og for de kortlivede isotoper næppe er nogen problemer uanset hvordan man opbevarer, men Folketingets egen høring i 2001 lister at der er så meget andet end kortlivet isotoper må man nødvendigvis også tolke bredere. Museet vurderer at der er en række markant underspillede problemer. 4.000 tons malm fra Kvanefjeld introducerer en lang række tungmetaller og langlivede toksiske isotoper som bør inddrages i en miljøvurdering. Det er også et stort problem at de 233 kg udtjente brændselsstave indeholder plutonium Navnlig plutonium men også en længere række af grundstofferne og isotoper fra Kvanefjeld er ikke normalt, eller slet ikke, forekommende i danske geologiske aflejringer og er dermed ganske miljø fremmede stoffer at introducere. Om man så bygger en beton kapsel der vare i tusinder af år så ligger den her omtalte miljø bombe der stadigvæk, og skal nok lade sig mobilisere kva de aggressive forhold Oligocænt ler opbyder grundet sit markante indhold af svovlkis.

Med det præsenterede data fra troværdige offentlige kilder om Kvanefjeld malmen står det klart at mange ganske usædvanlige grundstoffer optræder. Hvorfor man må kortlægge deres mængde, giftighed og opløselighed. Ganske som det gælder for transuraner, Plutonium og giftigt henfald som Polonium osv. Til oversigt er givet lister der vurderes at understøtte vor bekymringer, basseret på offentlige rapporter og oplysninger som f.eks.:

Med afsæt i Risø rapport 2875 om Kvanefjeld, GEUS publikation om Uran, Radiologis og kemisk fakta fra det offentlige USA/Frankrig og information om giftige metaller og naturlige henfald kan der listes de følgende citater. Citater der ønskes til at indgå i en miljøvurdering, da evalueringer gerne skal konfrontere det materiale man ønsker, at grave ned og hvor der eventuelt går hen når det ad åre frigives til gundergrundens grundvandsstrømninger. Der er absolut ingen belæg for at det skal forblive stationært forsejlet i Oligocænt ler, det vil både være naivt samt utopisk at tro sådan. Da de følgende data oplistninger om Kvanefjeld, grundstoffer og plutonium kommer fra 100 % valide forfattere og kilder (Folketinget) kan intet af det listede affejes med henvisning til at det næppe er tilstedet. Rapporterne stadfæster at det er problem affaldets opfang og indhold.

Miljøvurdering bør konfrontere

Udover de listede unøjagtigheder røg tilsnigelser i geologisen. Bør Rambøll i sin miljøvurdering redegøre for toksicitet af de af Kim Pilgaard og Folketinget listede grundstoffer, samt hvordan man forventer de radioaktive komponenter, at påvirke vand og miljø.

Til jeres hjælp er fra USA/Frankrig ekstraheret data om isotoper, levetid og toksicitet. I samme rapport kan man også tilegne sig klinisk information hvor i givet fald metaller og isotoper ophobes i organismen.

Det bør her bemærkes at adskillige af de i affaldet forekommende giftstoffer sætter sig i nervesystemet. På nuværende tidspunkt er årsagen til stigninger kræftformer som hjernekræft ikke kendt, men miljøfremmede stoffer der netop går i nerver er under mistanke.

Dokumentationer på affald sammensætning og problematik. Kilder Risø og GEUS.:

Til attestering af Kvanefjeld malms indhold af grundstoffer og isotoper, samt noter om særligt giftige eller mobile grundstoffer. Kim Pilegaard (rapport Risø-M; No. 2875). Publication: Research > Report – Annual report year: ... impact statement for the Kvanefjeld uranium mine. rapport Risø-M, no. 2875

Citat side 1 - Abstract

The potential pollutants include: Be, F, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Nb, Zr, Mo, Cd, Sb, REE, Hg, Pb, Th, U, Ra-226, Pb-210 and Po-210. This list was based on abundance and mobility in the ore and tailings and general toxicity of the elements. Fluorine is the most mobile of the elements in both ore and tailings. The concentration in ore and tailings may be up to 1% and in combination with its high toxicity, F can then be regarded as the most serious pollutant.

Oversat (google)

De potentielle forurenende stoffer kan nævnes: **Be, F, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Se, Rb, Nb, Zr, Mo, Cd, Sb, REE, Hg, Pb, Th, U, Ra -226, Pb-210 og Po-210.** Denne liste var baseret på forekomst og mobilitet i malm og tailings og generel toksicitet af elementerne. Fluor er den mest mobile af elementerne i både malm og tailings. Koncentrationen i malm og tailings kan være op til 1%, og i kombination med dets høje toksicitet, kan F derfor betragtes som den mest alvorlige forurenende stoffer.

Information og fakta om uran i Grønland GEUS 2014 26 sider:

Citat side 8 - Uranholdige mineraler

Uraninit	UO ₂	U Th
Uranothorit	(Th,U)SiO ₄	U Th
Allanit	Ca(Ce,La)(Fe,Cr)Al ₂ (Si ₂ O ₇)(SiO ₄)(OH) ₂	Ce Th
Bastnäsit	(Ce,La)CO ₃ F	Ce, La U
Brannerit	(U,Th,Ca,La)(Ti,Fe) ₂ O ₆	La U,Th
Carburan	((Th,U,C,O))	Th U
Steenstrupin	Na ₁₄ Ce ₆ Mn ₂ Fe ₂ (Zr,U,Th)(PO ₄) ₇ Si ₁₂ O ₃₆ (OH) ₃ ·3H ₂ O	Ce Zr, U, Th
Euxenit	(Y,Er,Ce,La,U)(Nb,Ti,Ta) ₂ (O,OH) ₆	Ce U
Pyrochlor	(Na,Ca) ₂ Nb ₂ (O,OH,F) ₇	Nb U
Zirkon	ZrSiO ₄	Zr U
Monazit	(Ce,La Nd,Th)PO ₄	Ce Th
Columbit	(Fe,Mn)Nb ₂ O ₆	Nb Th

Citat side 10 - Mineraler med indhold af særlige grundstoffer; findes sammen med uranmineraler

Navn	Kemisk formel (simplificeret)	Vigtigste råstof	Vigtigste biprodukt
Allanit	$\text{Ca}(\text{Ce,La})(\text{Fe,Cr})\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)(\text{OH})_2$	Ce	Th
Bastnäsit	$(\text{Ce,La})\text{CO}_3\text{F}$	Ce, La	U
Brannerit	$(\text{U,Th,Ca,La})(\text{Ti,Fe})_2\text{O}_6$	La	U, Th
Eudialyt	$\text{Na}_{15}\text{Ca}_6\text{Fe}_3\text{Zr}_3\text{Si}(\text{Si}_{25}\text{O}_{73})(\text{O,OH,H}_2\text{O})_3(\text{Cl,OH})_2$	Zr	Y
Euxenit	$(\text{Y,Er,Ce,La,U})(\text{Nb,Ti,Ta})_2(\text{O,OH})_6$	Ce	U
Monazit	$(\text{Ce,La,Nd,Th})\text{PO}_4$	Ce	Th
Steenstrupin	$\text{Na}_{14}\text{Ce}_6\text{Mn}_2\text{Fe}_2(\text{Zr,U,Th})(\text{PO}_4)_7\text{Si}_{12}\text{O}_{36}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Ce	Zr, U, Th
Zirkon	ZrSiO_4	Zr	U

Citat side 18 om Radon og Radium vedr. Kvanefjeld men også andet relevant

Det rene grundstof uran er ikke i sig selv særligt radioaktivt. Når uranmalm alligevel er mere radioaktivt end andre bjergarter, skyldes det de mange henfaldsprodukter, som langsomt opbygges i alt, der indeholder uran. Særligt vigtige er to af henfaldsprodukterne, radium og radon. Radium er et vandopløseligt stof, som kan forurene vandmiljøet omkring minen, og radon er en gasart, der kan forurene luften. Både radium og radon er radioaktive, og der skal tages særlige forholdsregler for at undgå, at disse stoffer spredes til miljøet, ligesom der skal tages hensyn til minearbejderes og en eventuel lokalbefolknings sundhedsrisiko ved indånding af radonholdig luft. Vand, der er forurenet med radium fra minen, skal samles op og renses.

Citat side 23 om Fluor i Kvanefjeld malm

Kvanefjeld indeholder ca. 1 % af et vand - opløseligt fluormineral, bestående af natrium og fluor, i form af mineralet villiaumit, der langsomt opløses og siver ud i grundvand og overfladevand. Ved en brydning af uranmalm fra Kvanefjeld vil fluoropløsningen øges, og forurening med fluor kan blive et betydende miljøproblem fra en Kvanefjeldsmine. Fluor kan fjernes fra vand ved at tilsætte kalk, men da fluor også er et værdifuldt stof, vil det antageligt blive indvundet som biprodukt med henblik på salg.

Mineral Resources – Modifieret med ppm listet og totalt tons i forkomsten taget fra.

Statement of Identified Mineral Resources, Kvanefjeld Multi-Element Project.

Multi-Element Resources Classification, Tonnage and Grade									
Cut-off (U ₃ O ₈ ppm) ¹	Classification	M tonnes Mt	TREO ² ppm	U ₃ O ₈ ppm	LREO ppm	HREO ppm	REO ppm	Y ₂ O ₃ ppm	Zn ppm
Kvanefjeld – March 2011									
150	Indicated	437	10929	274	9626	402	10029	900	2212
150	Inferred	182	9763	216	8630	356	8986	776	2134
150	Grand Total	619	10585	257	9333	389	9721	864	2189
200	Indicated	291	11849	325	10452	419	10871	978	2343
200	Inferred	79	11086	275	9932	343	10275	811	2478
200	Grand Total	370	11686	314	10341	403	10743	942	2372
250	Indicated	231	12429	352	10950	443	11389	1041	2363
250	Inferred	41	12204	324	10929	366	11319	886	2598
250	Grand Total	272	12395	347	10947	431	11378	1017	2398
300	Indicated	177	13013	374	11437	469	11906	1107	2414
300	Inferred	24	13120	362	11763	396	12158	962	2671
300	Grand Total	200	13025	373	11475	460	11935	1090	2444
350	Indicated	111	13735	404	12040	503	12543	1192	2487
350	Inferred	12	13729	403	12239	436	12675	1054	2826
350	Grand Total	122	13735	404	12059	497	12556	1179	2519
Sørensen – March 2012									
150	Inferred	242	11022	304	9729	398	10127	895	2602
200	Inferred	186	11554	344	10223	399	10622	932	2802
250	Inferred	148	11847	375	10480	407	10887	961	2932
300	Inferred	119	12068	400	10671	414	11084	983	3023
350	Inferred	92	12393	422	10967	422	11389	1004	3080
Zone 3 – May 2012									
150	Inferred	95	11609	300	10242	396	10638	971	2768
200	Inferred	89	11665	310	10276	400	10676	989	2806
250	Inferred	71	11907	330	10471	410	10882	1026	2902
300	Inferred	47	12407	358	10887	433	11319	1087	3008
350	Inferred	24	13048	392	11392	471	11864	1184	3043
Project Total									
Cut-off (U ₃ O ₈ ppm) ¹	Classification	M tonnes Mt	TREO ² ppm	U ₃ O ₈ ppm	LREO ppm	HREO ppm	REO ppm	Y ₂ O ₃ ppm	Zn ppm
150	Indicated	437	10929	274	9626	402	10029	900	2212
150	Inferred	520	10687	272	9437	383	9820	867	2468
150	Grand Total	956	10798	273	9524	392	9915	882	2351

¹There is greater coverage of assays for uranium than other elements owing to historic spectral assays. U₃O₈ has therefore been used to define the cut-off grades to maximise the confidence in the resource calculations.

²Total Rare Earth Oxide (TREO) refers to the rare earth elements in the lanthanide series plus yttrium.

Til attastering på Plutonium fra Folketinge bilag 698 citat af 2001:

Miljø- og Planlægningsudvalget (Alm. del - bilag 698) atomkraft (Offentligt)

IT- og Forskningsministeriet 2. februar 2001, JAK, jkk, J.nr. 31868

I Notatet fra 2001 kan man læse følgende i afsnittet om de 233 kg:

Der er p.t. ca. 7.200 tons radioaktivt materiale på Risø, der kan opgøres på følgende vis (jf. vedlagte notater af 18. oktober 2000 og 25. januar 2001):

- **Lavaktivt materiale 3000 tons**
- **Malm 4000 tons**
- **Mellemaktivt materiale 200 tons**
- **Højaktivt materiale 233 kg**

Som det fremgår af Risøs notat af 29. januar 2001 udgør forarmet uran en delmængde af det lavaktive materiale. Det bemærkes, at den endelige opdeling af dette materiale i de forskellige kategorier af lav-, mellem- og højaktivt materiale afhænger af den vurdering af materialet, de danske nukleare tilsynsmyndigheder skal foretage i forbindelse med slutdeponeringen. Risø sigter endvidere mod, at dele af materialet {{SPA}} eksempelvis malmen {{SPA}} friklases af de nukleare tilsynsmyndigheder, det vil sige klassificeres som værende ikke-radioaktivt materiale.

Udover disse 7.200 tons er Risø i besiddelse af brugte brændselselementer fra DR3-reaktoren. Dette radioaktive materiale er omfattet af en returneringsaftale med USA. Risø råder over brugt brændsel svarende til 5 returneringer via skib à ca. 50 brændselselementer. Risø sigter mod, at samtlige brændselselementer er returneret til USA senest 2003.

Med den kommende dekommissionering (nedlæggelsen) af Risøs nukleare anlæg vil mængden af radioaktivt materiale til deponering blive forøget. Risø har i notatet af 18. oktober 2000 opgjort dette til ca. 2.300 tons lav- og mellemaktivt affald.

Risø er i færd med at udarbejde en udredning vedrørende dekommissioneringen. Et udkast evalueres p.t. af internationale eksperter. Herefter vil den endelige udredning kunne danne grundlag for det videre planlægningsarbejde vedrørende dekommissioneringen samt slutdeponering af det radioaktive materiale. Med hensyn til sidstnævnte har ministeriet bedt Dansk Dekommissionering om at forberede et tilsvarende udredningsarbejde omkring etablering af et slutdepot for det radioaktive materiale.

Det skal tilføjes, at Risø oplyser, at der ikke er nogen former for sikkerhedsmæssige problemer med den nuværende opbevaring af det radioaktive materiale inklusiv det brugte brændsel, som Risø råder over.

Notat om højaktivt affald fra undersøgelser i Risøs Hot Cell anlæg:

"I Risøs Hot Cell blev der i perioden ca. 1968 til 1990 udført forskellige typer undersøgelser af eksperimentelt fremstillede og bestrålede brændselsstave til kraftreaktorer. Rester fra disse forsøg er oplagret på Risø. Det drejer sig om i alt ca. 233 kg lavt beriget uran med et betydeligt indhold af fissionsprodukter og transuraner (bl.a. 1.2 kg plutonium isotoper)."

Størsteparten er underlagt IAEAs og EURATOMs safeguards kontrol."

Giftige metaller modificeret citat fra Wikipidea Dk:

Tungmetallerne er en række af grundstoffer som har høj massefylde og fremstår som metaller ved stuetemperatur. Der findes flere definitioner af hvilke metaller der hører under tungmetallerne. En af de tidligste referencer til ordet tungmetal findes i Niels Bjerrums Lærebog i uorganisk kemi fra 1932, hvor det defineres som et metal med en massefylde større end 4 g/cm³. Denne definition fik dog aldrig officiel status. Tungmetaller ses ofte defineret som de metaller der har større massefylde end jern. Ser man på det periodiske system er det de fleste af metallerne i gruppe 3 til 16 og efter periode 4, eller mere generelt alle overgangsmetaller. I den uorganiske kemi betragtes et tungmetal, som et metal der danner uopløselige sulfider og hydroxider, hvis salte er farvede i vandig opløsning og ofte danner farvede komplekser.

Det er en udbredt misforståelse at alle tungmetaller er giftige. F.eks. er guld og platin begge kemisk inerte, og gør overhovedet ingen skade på levende organismer, selvom de begge betragtes som tungmetaller. Andre tungmetaller, som f.eks. **kobolt, kobber, jern, mangan, molybdæn, vanadium, strontium og zink, er i små mængder essentielle for levende organismer, mens de samme metaller er skadelige i høje koncentrationer.**

Nogle tungmetaller som Kviksølv (Hg), bly (Pb) og cadmium (Cd) har – så vidt man ved – ingen afgørende eller gavnlige virkning på levende organismer, og ophobning af dem i pattedyrs kroppe vil efterhånden skabe alvorlig sygdom.

I medicinsk forstand er definitionen betydeligt bredere, og tungmetalforgiftning kan omfatte alt fra indtagelse af overdrevne mængder af mangan, aluminium eller beryllium (som i kemisk forstand ikke betragtes som et tungmetal) til forgiftning med de ægte tungmetaller. Tungmetallernes giftighed skyldes deres tilbøjelighed til at binde sig til kroppens svovlholdige enzymer, som derved bliver sat ud af spillet, således at de mangler i stofskiftet.

Det er en uheldig egenskab ved de forskellige blyilte, som bruges i malinger, at de smager sødt. I Romerriget valgte man at søde visse vine ved at tilsætte dem blyilte, og sammen med brugen af blytallerkener og blyforinger i akvædukterne skabte det udbredt blyforgiftning i storbyernes befolkninger. Problemet og dets årsag var kendt, men der var ikke midler til at bruge det næsten ugiftige tin i de mængder der var behov for.

Fra Wiki engelsk listes også Arsen (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Osmium (Os), Thallium (Tl), Actinum (Ac), Thorium (Th). Relevant da det forekommer i affaldet.

Til attestering af isotopers naturlige henfald, toksiske og levetid:

Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas

**Prepared by Argonne National Laboratory Environmental Science Division
John Peterson, Margaret MacDonell, Lynne Haroun, and Fred Monette
In collaboration with U.S. Department of Energy Richland Operations Office R.
Douglas Hildebrand and Chicago Operations Office Anibal Taboas
March 2007 - 133 sider-**

Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas Side 120 Tabel 1. Dødelighed (modificeret med luft børen spredning taget fra)

The mortality risk represents the lifetime risk of incurring a fatal cancer, and the morbidity risk represents the risk of incurring both fatal and non-fatal cancers. Mortality and Morbidity Risk Coefficients for Selected Transuranic Radionuclides

Lifetime Cancer Risk					
Isotope	Mortality		Morbidity		
	Inhalation	Ingestion	Inhalation	Ingestion	
Plutonium-236		2.1×10^{-8}	6.9×10^{-11}	2.3×10^{-8}	9.9×10^{-11}
Plutonium-238		3.0×10^{-8}	1.3×10^{-10}	3.4×10^{-8}	1.7×10^{-10}
Plutonium-239		2.9×10^{-8}	1.3×10^{-10}	3.3×10^{-8}	1.7×10^{-10}
Plutonium-240		2.9×10^{-8}	1.3×10^{-10}	3.3×10^{-8}	1.7×10^{-10}
Plutonium-241		2.8×10^{-10}	1.9×10^{-12}	3.3×10^{-10}	2.3×10^{-12}
Plutonium-242		2.8×10^{-8}	1.3×10^{-10}	3.1×10^{-8}	1.7×10^{-10}
Plutonium-244		2.7×10^{-8}	1.3×10^{-10}	3.1×10^{-8}	1.6×10^{-10}
Polonium-210		1.0×10^{-8}	1.6×10^{-9}	1.1×10^{-8}	2.3×10^{-9}
Potassium-40		2.1×10^{-10}	2.2×10^{-11}	2.2×10^{-10}	3.4×10^{-11}
Protactinium-231		2.5×10^{-7}	6.0×10^{-10}	2.6×10^{-7}	8.8×10^{-10}
Radium-226		2.4×10^{-8}	2.9×10^{-9}	2.5×10^{-8}	4.0×10^{-9}
Radium-228		9.0×10^{-8}	1.3×10^{-9}	9.7×10^{-8}	1.9×10^{-9}
Samarium-146		1.2×10^{-8}	4.0×10^{-11}	1.4×10^{-8}	5.3×10^{-11}
Samarium-151		8.6×10^{-12}	4.6×10^{-13}	9.2×10^{-12}	8.1×10^{-13}
Selenium-79		2.3×10^{-12}	6.7×10^{-12}	3.3×10^{-12}	9.7×10^{-12}
Strontium-90		1.0×10^{-10}	7.5×10^{-11}	1.1×10^{-10}	9.5×10^{-11}
Technetium-97		7.6×10^{-13}	2.3×10^{-13}	8.5×10^{-13}	3.9×10^{-13}
Technetium-98		2.6×10^{-11}	6.0×10^{-12}	3.0×10^{-11}	1.0×10^{-11}
Technetium-99		1.3×10^{-11}	2.3×10^{-12}	1.4×10^{-11}	4.0×10^{-12}
Thorium-229		2.2×10^{-7}	4.7×10^{-10}	2.3×10^{-7}	7.2×10^{-10}
Thorium-230		2.7×10^{-8}	8.0×10^{-11}	2.9×10^{-8}	1.2×10^{-10}
Thorium-232		4.1×10^{-8}	9.1×10^{-11}	4.3×10^{-8}	1.3×10^{-10}
Tin-121m		4.1×10^{-11}	2.9×10^{-12}	4.4×10^{-11}	5.1×10^{-12}
Tin-126		3.9×10^{-10}	3.0×10^{-11}	4.2×10^{-10}	5.3×10^{-11}
Tritium (H-3)		3.9×10^{-14}	4.4×10^{-14}	5.6×10^{-14}	6.5×10^{-14}
Uranium-232		1.8×10^{-8}	2.7×10^{-10}	1.9×10^{-8}	3.9×10^{-10}
Uranium-233		1.1×10^{-8}	6.3×10^{-11}	1.2×10^{-8}	9.7×10^{-11}
Uranium-234		1.1×10^{-8}	6.1×10^{-11}	1.1×10^{-8}	9.5×10^{-11}
Uranium-235		9.5×10^{-9}	6.2×10^{-11}	1.0×10^{-8}	9.8×10^{-14}
Uranium-236		9.9×10^{-9}	5.8×10^{-11}	1.0×10^{-8}	9.0×10^{-11}
Uranium-238		8.8×10^{-9}	7.5×10^{-11}	9.3×10^{-9}	1.2×10^{-10}
Zirconium-93		8.4×10^{-12}	1.7×10^{-12}	9.2×10^{-12}	2.6×10^{-12}

Source: Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides, Federal Guidance Report 13, U.S. Environmental Protection Agency, EPA 402-R-99-001, September 1999. Values are averaged over all ages and both genders and include the contributions from short-lived decay products, i.e., those with half-lives less than one year. (For context, 10^{-9} is a billionth, 10^{-12} is a trillionth, and a pCi is a picocurie, or a trillionth of a curie.) To convert to standard international units, multiply by 27 pCi per becquerel (Bq). For ingestion and inhalation, units are risk per pCi. For inhalation, the values corresponding to the recommended default absorption type for particulates are shown; the maximum value is given if no absorption type was recommended. For ingestion, the dietary values shown are the highest for ingestion exposures; values for tap water ingestion are typically 70 to 80% of those for diet. For external exposure, risk coefficients are given for those radionuclides with gamma-ray energies >0.03 MeV per decay, accounting for the fraction of time that the radioactive decay results in the emission of gamma rays. A dash indicates the radionuclide or its decay products does not emit significant gamma radiation (see the fact sheet for Radioactive Properties, Internal Distribution, and Risk Coefficients). Units for external gamma risk coefficients shown in the table are risk per pCi/g soil for one year of exposure. Risk coefficients do not exist for plutonium-244, so values shown have been derived (see the Curium and

Plutonium fact sheets for derivation approach); the external value for curium-250 is attributable to its short-lived decay products.

Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas Side – henfalds serier summeret til listning af forekommende problematiske isotoper

Decay Thorium 232

Thorium 232	14.000my	a		
Radium 228	5,8 y	b		
Actinium 228	6,1 h	a		
Thorium 228	1,9y	a		
Radium 224	3,7 d	a		
Radon 220	56 s	a		
Polonium 216	0,15 s	a		
Lead 212	11h	b		
Bismuth 212	61 m	a	(36 % Thallium 207 & 64% Polonium 212)	
Polonium 212	310 ns	a		
Thallium 207	3,1 m	b		
Lead 208	stabil			

Decay Uranium 235

Uranium 235	700 my	a		
Thorium 231	26 h	b		
Protactinium 231	33.000 y	a		
Actinium 227 (99%)	22 y	a	(Francium 223(1%)	22m
Thorium 227	19d	a		b
Radium 223	11 d	a		
Radon 219	4 s	a		
Polonium 215	1,8 ms	a		
Lead 211	36 m	b		
Bismuth 211	2,1 m	a		
Thallium – 207	4,8 m	b		
Lead 207	stabil			

Decay Uranium 238

Uranium 238	4500 my	a		
Thorium 234	24d	b		
Protactinium 234m	1,2m	b		
Uranium 234	240.000	a		
Thorium 230	77.000	a		
Radium 226	1600	a		
Radon 222	3,8d	a		
Polonium 218	3,1m	a		
Lead 214	27m	b		
Bismuth 214	20 m	b		
Polonium 214	160ms	a		
Lead 210	22y	b		
Bismuth 210	5d	b		
Polonium 210	140d	b		
Lead 207	stabil			

Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas Argonne National Laboratory, EVS Human Health Fact Sheet, August 2005

TABLE 2. Summary Radioactive Properties for Selected Radionuclides

Isotop	Half-Life	Specific Activity Ci/g Ci = curie, g = gram,	Decay <i>EC = electron capture, IT = isomeric transition,</i>
Cadmium-109	1.3 yr	2,600	EC
Cadmium-113	9.3 × 10 ¹⁵ yr	3.4 × 10 ⁻¹³	β
Cadmium-113	14 yr	240	β
Carbon-14e	5,700 yr	4.5	β
Cesium-134	2.1 yr	1,300	β
Cesium-135	2.3 million yr	0.0012	β
Cesium-137	30 yr	88	β
Barium-137m (95%)	2.6 min	540 million	IT
Chlorine-36	300,000 yr	0.033	β, EC
Cobalt-57	270 days	8,600	EC
Cobalt-60	5.3 yr	1,100	β
Plutonium-243	5.0 hr	2.6 million	β
Plutonium-246 (25%)	11 days	49,000	β
Europium-150	34 yr	70	EC
Europium-152	13 yr	180	β, EC
Europium-154	8.8 yr	270	β
Europium-155	5.0 yr	470	β
Iodine-129	16 million yr	0.00018	β
Iodine-131	8.0 days	130,000	β
Iridium-192	74 days	9,200	β, EC
Iridium-192m	240 yr	7.8	IT
Iridium-194m	170 days	4,000	β
Krypton-81	210,000 yr	0.021	EC
Krypton-85	11 yr	400	β
Plutonium-236 (9%)	2.9 yr	540	α
Nickel-59	75,000 yr	0.082	EC
Nickel-63	96 yr	60	β
Plutonium-236	2.9 yr	540	α
Plutonium-238	88 yr	17	α
Plutonium-239	24,000 yr	0.063	α
Plutonium-240	6,500 yr	0.23	α
Plutonium-241	14 yr	100	β
Plutonium-242	380,000 yr	0.0040	α
Plutonium-244	83 million yr	0.000018	α
Uranium-240	14 hr	940,000	β
Polonium-208	2.9 yr	590	α
Polonium-208	100 yr	17	α
Potassium-40e	1.3 billion yr	0.0000071	β, EC
Protactinium-231e	33,000 yr	0.048	α
Actinium-227e	22 yr	73	α, β
Thorium-227e (99%)	19 days	31,000	α
Francium-223e (1%)	22 min	39 million	β
Radium-223e	11 days	52,000	α
Radon-219e	4.0 sec	13 billion	α
Polonium-215e	0.0018 sec	30 trillion	α
Lead-211e	36 min	25 million	β
Bismuth-211e	2.1 min	420 million	α
Thallium-207e	4.8 min	190 million	β
Radium-226e	1600 yr	1.0	α

Isotop	Half-Life	Specific Activity Ci/g	Decay
		Ci = curie, g = gram,	<i>EC = electron capture,</i> <i>IT = isomeric transition,</i>
Radon-222e	3.8 days	160,000	α
Polonium-218e	3.1 min	290 million	α
Lead-214e	27 min	33 million	β
Bismuth-214e	20 min	45 million	β
Polonium-214e	0.00016 sec	330 trillion	α
Lead-210e	22 yr	77	β
Bismuth-210e	5.0 days	130,000	β
Polonium-210e	140 days	4,500	α
Radium-228e	5.8 yr	280	β
Actinium-228e	6.1 hr	2.3 million	β
Thorium-228e	1.9 yr	830	α
Radium-224e	3.7 days	160,000	α
Radon-220e	56 sec	930 million	α
Polonium-216e	0.15 sec	350 billion	α
Lead-212e	11 hr	1.4 million	β
Bismuth-212e	61 min	15 million	α, β
Polonium-212e (64%)	0.00000031 sec	180,000 trillion	α
Thallium-208e (36%)	3.1 min	300 million	β
Samarium-146	100,000,000 yr	0.000024	α
Samarium-151	90 yr	27	β
Selenium-79	650,000 yr	0.070	β
Strontium-90	29 yr	140	β
Yttrium-90	64 hr	550,000	β
Technetium-97	2.6 million	0.0014	EC
Technetium-98	4.2 million	0.00088	β
Technetium-99	210,000	0.017	β
Thorium-229	7,300 yr	0.22	α
Radium-225	15 days	40,000	β
Actinium-225	10 days	59,000	α
Francium-221	4.8 min	180 million	α
Astatine-217	0.032 sec	1.6 trillion	α
Bismuth-213	46 min	20 million	α, β
Polonium-213 (98%)	0.0000042 sec	13,000 trillion	α
Thallium-209 (2%)	2.2 min	410 million	β
Lead-209	3.3 hr	4.7 million	β
Thorium-230e	77,000 yr	0.020	α
Thorium-232e	14 billion yr	0.00000011	α
Tin-121m	55 yr	54	β, IT
Tin-121 (78%)	27 hr	970,000	β
Tin-126	250,000 yr	0.029	β
Antimony-126	12 days	85,000	β
Tritium (H-3)e	12 yr	9,800	β
Uranium-232	72 hr	22	α
Uranium-233	160,000 yr	0.0098	α
Uranium-234e	240,000 yr	0.0063	α
Uranium-235e	700 million yr	0.0000022	α
Thorium-231e	26 hr	540,000	β
Uranium-236	23 million yr	0.000065	α
Uranium-238n	4.5 billion yr	0.00000034	α
Thorium-234e	24 days	23,000	β
Protactinium-234me	1.2 min	690 million	β
Zirconium-93	1.5 million yr	0.0025	β
Niobium-93m	14 yr	290	IT