

# Uran

---



*Miljøpåvirkninger ved indvinding af uran i Grønland*



**Uran**

*Udgivet af:* Grønlands Naturinstitut

*Version:* 1.0 – november 2016

*Forfattere:* *Morten Birch Larsen<sup>1</sup>, Josephine Nymand<sup>1</sup>, Violeta Hansen<sup>2</sup>,  
Jens Søndergaard<sup>2</sup>, Gert Asmund<sup>2</sup>*

*Faglig  
kommentering:* Anders Mosbech<sup>2</sup>, Peter Aastrup<sup>2</sup>

*Institutioner:* <sup>1</sup> Grønlands Naturinstitut, <sup>2</sup>Aarhus Universitet, DCE – Nationalt  
Center for Miljø og Energi

# Indhold

Uran i Grønland .....	1
Hvor findes flere informationer? .....	1
Radioaktive stoffer i Grønland.....	3
Uran .....	6
Brydning og indvinding af uran .....	6
Miljøpåvirkninger ved indvinding af uran.....	8
Den indledende proces.....	8
Brydning af malm .....	9
Oparbejdning af malm.....	10
Transport .....	11
Deponering af restprodukter fra minedriften.....	11
Påvirkning af minens nærmeste omgivelser.....	14
Når minen lukker.....	15
Appendiks .....	16
Ordliste .....	16
Yderligere informationer .....	17
Referencer .....	19



## Uran i Grønland

Grønlands Landsting, Inatsisartut, ændrede i oktober 2013 officielt praksis over for brydning af uran og andre radioaktive stoffer i Grønland. Det betød, at mineselskaber fik mulighed for at søge om tilladelse til at indvinde radioaktive stoffer fra Grønlands undergrund.

Siden ændringen har der i Grønland været meget diskussion om brydning af uran, og der er stillet mange spørgsmål i den offentlige debat: Hvad er uran? Hvad er radioaktivitet? Er det farligt at bo i nærheden af en uranmine? Kan man forhindre, at uran og andre radioaktive stoffer spredes fra minen? Og hvad så når minen lukker? – er det så farligt at færdes i området?

Formålet med dette notat er at give et overblik over nogle af de miljøproblemer, som indvinding af radioaktive stoffer kan medføre, og hvordan problemerne kan forhindres eller minimeres. Notatet vil samtidig prøve at besvare de miljøspørgsmål, som er stillet i den offentlige debat, og forklare, hvorfor nogle spørgsmål først kan besvares sent i processen. Det skal understreges, at dette notat ikke omhandler Kvanefjeldsprojektet specifikt, men radioaktive mineraler generelt.

### Hvor findes flere informationer?

Grønlands Naturinstitut (GN) og Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet har indgået en aftale med Miljøstyrelsen for Råstofområdet om kompetenceopbygning og formidling vedrørende miljøeffekter og miljøregulering af uranbrydning i Grønland. Aftalen omfatter bl.a. en gennemgang af de miljøproblemer, som uranindvinding har medført i andre lande, og disse landes håndtering af problemerne. Gennemgangen fokuserer især på USA, Canada og Australien, som har en omfattende mineindustri og stor erfaring med håndtering af både lovgivning og miljøproblemer. Ligeledes har der også været fokus på internationale anbefalinger og guidelines fra det Internationale Atom Energi Agentur (IAEA) og den Internationale Kommission for Strålingsbeskyttelse (ICRP).

Ud over dette notat har GN og DCE udarbejdet en omfattende rapport med en detaljeret gennemgang af hele processen omkring indvinding af radioaktive materialer, miljøproblemer og løsninger, lovgivning og regulering: *Exploitation of radioactive minerals in Greenland, management of environmental issues based on experience from uranium producing countries*. Rapporten foreligger kun på engelsk, men med dansk og grønlandsk resumé.

Yderligere informationer samt publicerede rapporter kan findes på GN's, DCE's og GEUS' hjemmesider (se også "Yderligere informationer", side 17).

---

### Uvildig rådgivning

Det er vigtigt at pointere, at både Grønlands Naturinstitut (GN) og Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) udfører uvildig, forskningsbaseret rådgivning til Grønlands Selvstyre. GN og DCE forholder sig derfor hverken positivt eller negativt til uranindvinding i Grønland, men fokuserer udelukkende på at vurdere og besvare de miljømæssige problemstillinger, som kan forekomme ved indvinding af radioaktive stoffer fra den grønlandske undergrund.

---

### Faktaboks 1: Atomkerner og radioaktivitet

Et atom er den mindste enhed, ethvert stof i universet består af. Et atom består af en kerne (nucleus) med én eller flere protoner og typisk et tilsvarende antal neutroner (Figur 1). Omkring kernen kredser én eller flere elektroner (Figur 1 øverst).

Et kemisk grundstof består af atomer med samme antal *protoner* i kernen (= samme atomnummer); eksempelvis har uran atomnummer 92, fordi kernen består af 92 protoner. Antallet af *neutroner* i kernen kan imidlertid variere; dvs. det samme grundstof kan eksistere i forskellige varianter, som har samme antal protoner, men forskelligt antal neutroner i kernen. Variantterne af grundstoffet kaldes *isotoper*, og de nummereres efter isotopernes samlede antal af protoner og neutroner.

For eksempel findes uran naturligt som tre isotoper, der forekommer i forskellig mængde på Jorden: Uran-238 med 92 protoner og 146 neutroner, uran-235 med 92 protoner og 143 neutroner og uran-234 med 92 protoner og 142 neutroner. De tre isotoper udgør henholdsvis 99,3 %, 0,7 % og 0,005 % af al uran på Jorden.

#### Radioaktivitet

Et atom kan være ustabil (= radioaktivt), fordi der f.eks. er for mange neutroner og protoner i kernen, eller fordi der ikke er balance imellem antallet af neutroner og protoner, eller fordi der er for stort energioverskud i kernen. Generelt er store kerner ustabile, og alle grundstoffer med flere end 83 protoner i kernen er ustabile.

En ustabil kerne vil gerne være stabil, og det kan den blive ved at slippe af med "overskydende" protoner eller neutroner eller overskudsenergi. En sådan kerne siges at "henfalde" under sin vej til en stabil tilstand. Henfaldet sker under udsendelse af ioniserende stråling ( $\approx$  radioaktiv stråling), der har så høj energi, at den kan forvolde skade, hvis den rammer mennesker, dyr eller planter. De tre vigtigste typer henfald er  $\alpha$ -henfald (alfa-henfald),  $\beta$ -henfald (beta-henfald) og  $\gamma$ -henfald (gamma-henfald).

#### $\alpha$ -henfald

Ved  $\alpha$ -henfald *udsender den radioaktive atomkerne (moderkernen) en heliumkerne*, som består af to protoner og to neutroner. Da atomkernen mister to protoner, ændres den til et andet grundstof med to protoner færre i kernen (datterkernen). Uran med 92 protoner vil eksempelvis omdannes til thorium med 90 protoner i kernen. I forbindelse med  $\alpha$ -henfaldet kan der udsendes ledsagende  $\gamma$ -stråling.

#### $\beta$ -henfald

Der findes to typer  $\beta$ -henfald. Ved et  $\beta$ -henfald *omdannes en neutron i kernen til en proton og en elektron* ( $\beta^-$ -partikel).  $\beta^-$ -partiklen udsendes fra atomkernen, og kernen bliver efter omdannelsen til et grundstof, der er et atomnummer *større* end før omdannelsen. Henfaldet kan også være et  $\beta^+$ -henfald, hvor *en proton i kernen omdannes til en neutron og en positron* ( $\beta^+$ -partikel).  $\beta^+$ -partiklen udsendes fra atomkernen, og kernen bliver efter omdannelsen til et grundstof, der er et atomnummer *mindre* end før omdannelsen. I forbindelse med  $\beta$ -henfald kan der udsendes ledsagende  $\gamma$ -stråling.

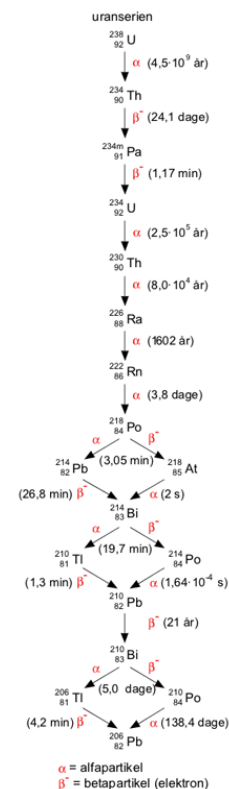
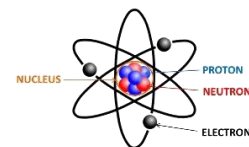
#### $\gamma$ -henfald

Ved  $\gamma$ -henfald *udsender atomkernen overskudsenergi i form af elektromagnetisk stråling*. Antallet af protoner og neutroner i kernen ændres ikke (atomnummeret er det samme), og der sker derfor ingen ændring af grundstoffet.

#### Halveringstid

Halveringstiden er den tid, der går, før halvdelen af en given mængde af et radioaktivt grundstof er henfaldet. Jo kortere halveringstid, jo mere radioaktivt er stoffet. Halveringstider kan være fra brøkdele af et sekund til flere milliarder af år. F.eks. har uran-238 en halveringstid på 4,5 milliarder år, mens radon-222 har en halveringstid på 3,8 dage. Radon-222 siges derfor at være meget mere radioaktivt end uran-238.

Typisk vil en radioaktiv kerne (en moderkerne) henfalde til en datterkerne, som også er radioaktiv. Den radioaktive datterkerne vil således også henfalde, og det vil fortsætte, indtil kernen er stabil. Henfaldsforløbet fra den radioaktive moderkerne til den stabile kerne kaldes en *henfaldsserie*. Figur 1 viser, hvordan uran-238 henfalder under udsendelse af alfa- og betapartikler og i sidste ende omdannes til Pb-206 (bly), som er stabil.



Figur 1. Henfald af uran-238 til Pb-206 (bly)

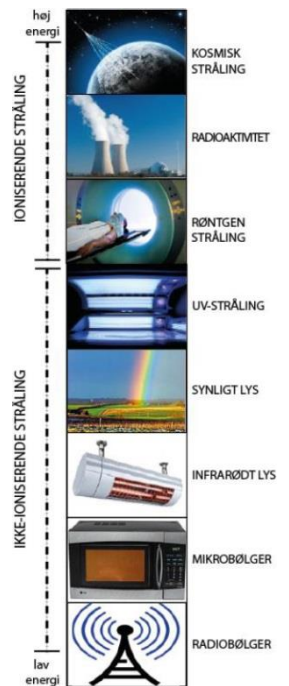
## Radioaktive stoffer i Grønland

Radioaktive stoffer findes overalt – i havvand og drikkevand, i brød, fisk, mælk og kød, i luften omkring os og i jorden og klipperne under os. Vi udsættes derfor hele tiden for en lille mængde såkaldt *ioniserende stråling* fra radioaktive stoffer (Figur 2 og Faktaboks 2). Denne stråling kaldes *baggrundstråling*. Mængden af baggrundstråling er generelt meget lille, og den udgør ikke nogen betydelig sundhedsrisiko.

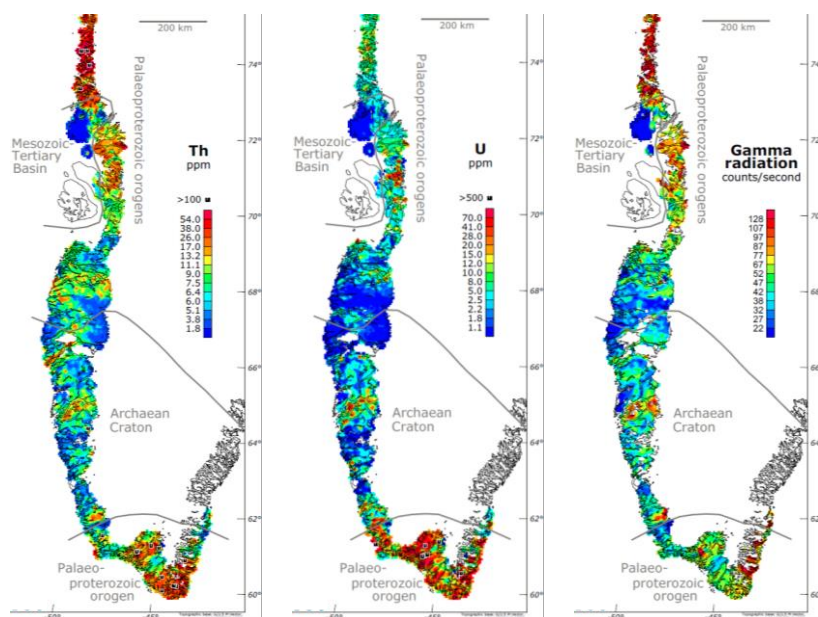
Baggrundstrålingen fra undergrunden varierer meget, afhængigt af hvor man befinder sig. Det skyldes, at de forskellige bjergarter i undergrunden indeholder meget forskellige mængder radioaktivt stof. Af naturligt forekommende radioaktive stoffer i undergrunden er grundstofferne uran, thorium og deres datterprodukter (bl.a. radium, radon, bly og polonium) de væsentligste.

Omfattende geologiske undersøgelser har givet os et godt overblik over, hvor der findes radioaktive stoffer i Grønland (Figur 3). De højeste koncentrationer af uran er fundet i Sydgrønland, mens de højeste koncentrationer af thorium er fundet både i Sydgrønland og nord for Disko Bugt. Koncentrationerne af thorium i undergrunden er typisk højere end uran; eksempelvis indeholder malm fra Kvanefjeld 2-3 gange mere thorium end uran [1]. På verdensplan er interessen for thorium dog relativt begrænset, og efterspørgslen efter uran er meget større. Uranundersøgelserne i Grønland begyndte i 1955, da man ville sikre en forsyning af uran til kommende atomkraftværker i Danmark [1]. Undersøgelserne blev udført i området omkring Narsaq i Sydgrønland, men efterfølgende er der fundet yderligere en række uranforekomster [2].

I 1979 etableredes en 960 m lang skakt ind gennem Kvanefjeld ved Narsaq. Herfra blev der i alt sendt 4.500 tons uranholdig malm til Risø i Danmark, hvor der udførtes forsøg med indvinding af uran fra malmen.



Figur 2. Forskellige typer stråling med forskellige energiniveauer [4].



Figur 3. Målte koncentrationer af de radioaktive stoffer thorium (Th) og uran (U) samt det naturlige niveau af gammastråling ved jordoverfladen i Vest- og Sydgrønland [3] (GEUS).

## Faktaboks 2. Ioniserende stråling

Stråling fra radioaktive stoffer kaldes ioniserende stråling. Det kan være vanskeligt at holde styr på strålingsenhederne og på, hvornår noget kan være farligt. Det skyldes især, at aktivitet af ioniserende stråling måles på én måde, og den strålingsmængde (dosis), et menneske udsættes for, måles på en anden. Samtidig bruges både nye og gamle enheder i litteraturen.

### Aktivitet

Radioaktiv stråling (= aktivitet) måles i enheden **Becquerel** (Bq). 1 Bq svarer til, at én kerne omdannes (et radioaktivt henfald) pr. sekund (se faktaboks 1). En stråling på 10 Bq svarer således til 10 henfald i sekundet. Der anvendes ofte forkortelser, f.eks. mBq (milli Bq=0,001 Bq) eller kBq (kilo Bq=1000 Bq).

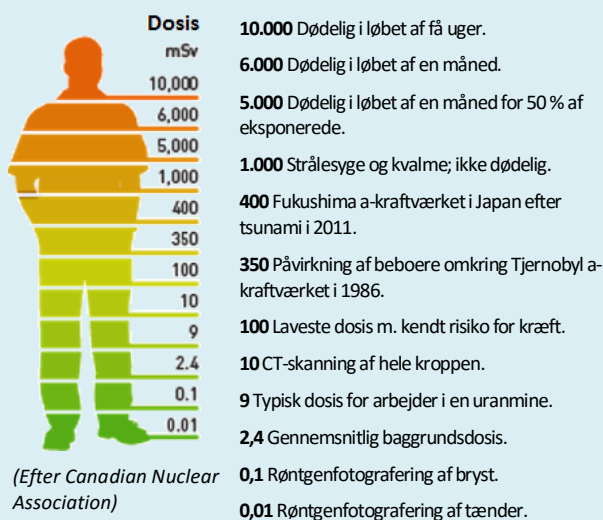
Et stofs radioaktivitet er omvendt proportional med dets halveringstid: Jo kortere halveringstid, des flere henfald sker der pr. sekund, og jo mere radioaktivt siges et stof at være. Eksempelvis har Uran-238 en halveringstid på 4,5 mia. år og en aktivitet på 12.358 Bq pr. gram. Radium-226 har en halveringstid på 1.602 år, men til gengæld en aktivitet på 37.000.000.000 Bq pr. gram – altså 37 mia. kerneomdannelse i sekundet i ét gram stof. Radium-226 er derfor væsentligt mere radioaktivt end Uran-238.

Stråling måles i Bq, uanset om der er tale om  $\alpha$ -,  $\beta$ - eller  $\gamma$ -henfald (se faktaboks 1). Et mål i Bq siger i sig selv ikke noget om, hvor farligt en stråling er for mennesker.

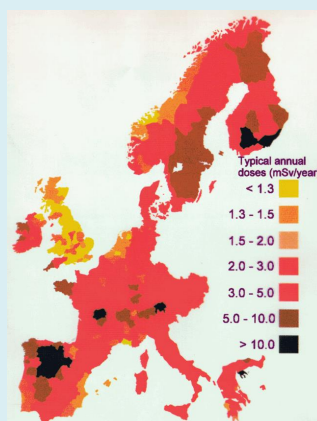
### Dosis

Den strålingsdosis, mennesker udsættes for, måles i enheden **Sievert** (Sv). Også her bruges forkortelser, f.eks. mSv (milli-Sievert=0,001 Sv). Strålingsdosis afhænger af flere ting; f.eks. strålingstype, kemisk form, halveringstid, partikelstørrelse, eksponeringsvej og -tid samt afstand til strålingskilden. Enheden tager således højde for strålingens farlighed, dvs. blandt andet om det er  $\alpha$ -,  $\beta$ - eller  $\gamma$ -stråling. Den tager ligeledes højde for, hvor på kroppen strålingen rammer. Der er stor forskel på, om man bestråles udefra, eller om man indånder eller indtager radioaktive stoffer. Det kan være langt farligere at indånde eller indtage radioaktive stoffer, fordi lunger eller indre organer dermed påvirkes af strålingen. Der er også her forskel på, om man indånder eller indtager  $\alpha$ -,  $\beta$ - eller  $\gamma$ -stråling.

Generelt udsættes mennesker for en baggrundsstråling på omkring 2-3 mSv pr. år. Dette varierer dog geografisk (figur 5). En person ved et røntgenapparat, en pilot eller en arbejder i en uran-mine udsættes for stråling ud over baggrundsstrålingen. Hvis man får udført en CT-scanning af hele kroppen, bliver man udsat for en dosis på 10 mSv, som skal lægges oven i de 2-3 mSv fra baggrundsstrålingen. En dosis på mere end 100 mSv om året vil give forøget risiko for kræft og stråleskader. En kortvarig dosis på mere end 10.000 mSv (10 Sv) vil være dødelig efter kort tid.



Figur 4. Effekt på mennesker ved forskellige strålingsdoser.



(World Nuclear Association)

Figur 5. Typisk årlig dosis fra naturlig baggrundsstråling i Europa.



### Faktaboks 3. Måling af ioniserende stråling

#### Måling af ioniserende stråling og dosis

Ioniserende stråling kan måles med en række forskellige metoder og apparater. Det mest kendte er nok *geigertælleren* (Figur 6), som har en karakteristisk klikkende lyd, når en radioaktiv partikel rammer sensoren. Der findes geigertællere, som specifikt kan måle én type stråling, og geigertællere, som kan måle alle typer stråling. På geigertælleren vises typisk antallet af henfald pr sekund i enheden Becquerel.

Af andre målemetoder kan nævnes scintillationstællere, ioniseringskamre, halvlederdetektorer og luminiscensdosimetre.



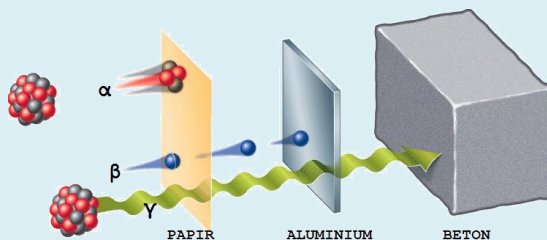
Figur 6. Eksempler på en ældre (a) og en nyere (b) version af en geigertæller til måling af stråling og eksempler på dosimetre (c) til måling af den strålingsdosis, som mennesker udsættes for.

Et *dosimeter* måler den stråling, et menneske udsættes for. Dosimetre er på størrelse med visitkort eller mindre og findes i en række forskellige typer (Figur 6 c). De bæres typisk af folk, som kan blive udsat for stråling – i uranminer, på atomkraftværker, ved røntgenapparater på hospitaler eller i forbindelse med medicinsk udstyr, som indeholder radioaktivt materiale. Når en person har båret et dosimeter i en periode på eksempelvis to uger, analyseres dosimetret, hvorved den samlede strålingsdosis kan fastslås. Der findes også dosimetre, som løbende kan aflæses, og som alarmerer ved overskridelse af en vis strålingsmængde.

Som omtalt i Faktaboks 2, side 2, er de tre vigtigste typer ioniserende stråling  $\alpha$ -stråling,  $\beta$ -stråling og  $\gamma$ -stråling.  $\alpha$ -stråling standses relativt nemt af et stykke papir eller nogle få centimeter luft (Figur 7).  $\beta$ -stråling standses af en tynd aluminiumsplade, glas eller træ, mens det kræver tykke betonvægge eller kraftige blyplader at standse  $\gamma$ -stråling.

$\alpha$ -stråling vil altså blive standset af et menneskes alleryderste hudlag, hvis ikke strålingspartiklerne indåndes;  $\beta$ -stråling vil kunne trænge omkring 5 cm ind i menneskevæv, mens  $\gamma$ -stråling kan trænge 30 cm ind i menneskevæv.

En høj dosis (over 1000 mSv), der trænger ind i menneskeligt væv, kan beskadige cellerne og forårsage akutte skader (blødninger, forbrændinger mv.). En lavere dosis kan forårsage senskader som kræft eller genetiske skader, der først viser sig lang tid efter bestrålingen.



Figur 7. Gennemtrængelighed af de forskellige typer ioniserende stråling.

# Uran

Uran er et radioaktivt grundstof med det kemiske symbol U. Det er et gråligt metal som f.eks. jern og bly og er et meget tungt grundstof: Hvor 1 liter jern vejer knapt 8 kg, og 1 liter bly vejer godt 11 kg, så vejer 1 liter uran 19 kg; en klump uran på størrelse med en bordtennisbold vejer næsten 1 kg!

Uran findes i naturen i vand, jord og i klipper. I havvand findes omkring 0,003 gram pr. ton, mens der i granit findes 4-5 gram pr. ton. Uranindholdet kan være betydeligt højere, hvor geologiske hændelser har opkoncentreret uran.

Uran er meget attraktivt på det internationale marked; det bruges til energifremstilling i atomreaktorer på kernekraftværker og i våbenindustrien til ammunition til skydevåben eller til fremstilling af atomvåben.

## Brydning og indvinding af uran

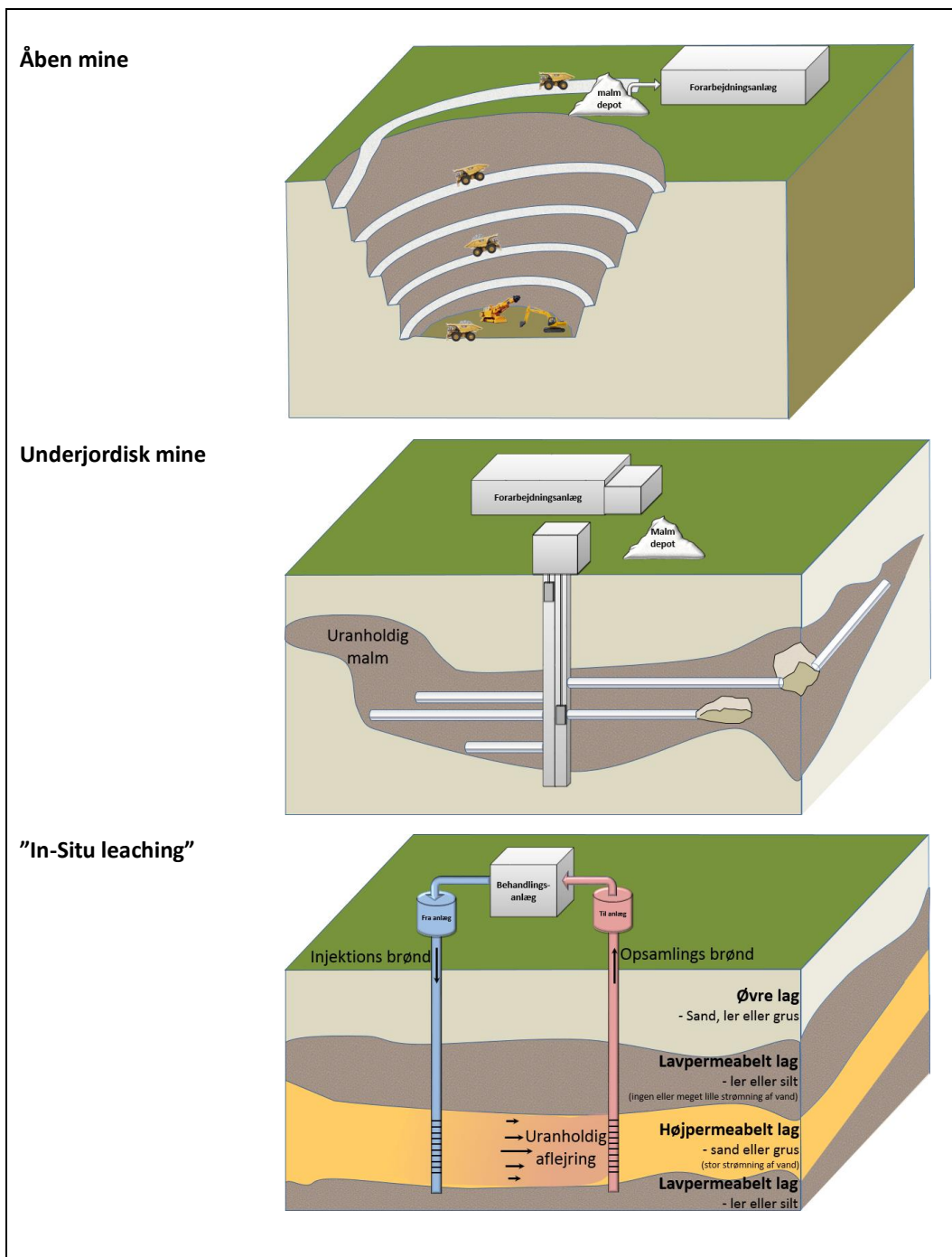
Der produceres årligt omkring 60.000 tons uran på verdensplan; i perioden 2011-2013 blev der indvundet uran i 96 miner. Tabel 1 viser, hvilke lande der i denne periode havde uranminer i drift [5].

De største mængder uran findes typisk i områder, hvor der findes meget granit i undergrunden. Den største kendte uranforekomst i Grønland findes i Kvanefjeld med et gennemsnitligt uranindhold omkring 360 gram pr. ton malm (0,03 %). Det er dog relativt lave koncentrationer af uran i forhold til forekomster andre steder i verden. Nogle af de mest højlødige forekomster findes i Canada, f.eks. ved McArthur River Mine, hvor den gennemsnitlige urankoncentrationen i malmen er på hele 18 %.

Som det fremgår af Figur 8, findes der tre forskellige typer uran-miner:

1. **Åbne miner**, hvor der graves fra jordoverfladen.
2. **Underjordiske miner**, hvor der graves og sprænges mineskakter ned til den uranholdige malm.
3. **In-Situ Leaching (ISL)**, hvor en syreopløsning pumpes ned i undergrunden og opløser de uranholdige mineraler, hvorefter den uranholdige væske pumpes op. Denne metode vil ikke være relevant i Grønland, da omstændighederne ikke gør det muligt.

Land	Antal miner
Australien	4
Brasilien	2
Canada	2
Chile	1
Kina	9
Tjekkiet	1
Indien	7
Iran	1
Kazakhstan	15
Malawi	1
Namibia	3
Niger	4
Rumænien	3
Rusland	9
Sydafrika	6
Ukraine	3
Tanzania	1
USA	8
Uzbekistan	16



Figur 8. Tre forskellige metoder til indvinding af uran: åben mine, underjordisk mine og In-Situ leaching.

I både en åben og en underjordisk mine bringes den uranholdige malm op til et behandlingsanlæg på jordoverfladen. Som illustreret i Figur 8 behandles malmen i en række trin, der indvinder og koncentrerer uranen:

1. **Knusning**

Malmen knuses til korn med en diameter på 15-25 mm.

2. **Formaling**  
Malmen males med brug af vand indtil mineralerne er malet ud. Kornene kan da være omkring 0,2 mm i diameter.
3. **Separation af uranholdige mineraler**  
Dette trin benyttes kun i nogle miner. De uranholdige mineraler er tungere end de mineraler, der ikke indeholder uran. Det kan udnyttes til at adskille (separere) dem fra det værdiløse, lettere restprodukt. En anden separationsmetode, flotation, benytter sig af mineralernes forskellige kemiske egenskaber. Alle de ikke-ønskede mineraler – også kaldet tailings – deponeres.
4. **Udludning (udvaskning)**  
Uranen udludes (udvaskes) fra de mineraler, den er bundet til. Det sker ofte ved at tilsætte svovlsyre eller en base til de uranholdige mineraler fra trin 3.
5. **Ekstraktion af uranholdig væske**  
Den uranholdige væske adskilles fra mineralerne. Mineralerne i restproduktet deponeres i tailings, mens den uranholdige væske viderebehandles.
6. **Udfældning, separation, filtrering, tørring**  
Uranen udfældes, filtreres og tørres, så man ender med det produkt, som kaldes *yellowcake* – et pulver, der ofte er gulligt og består af uranoxider.

Da yellowcake er relativt lavradioaktivt, kan det efterfølgende pakkes – typisk i tromler på 200 liter – og sendes til videre oparbejdning. Uran indeholder naturligt 0,7 % af isotopen uran-235 (se Faktaboks 1). For at uran kan benyttes som brændsel i en atomreaktor, skal det ”beriges”. Under berigingen koncentrerer isotopen uran-235 yderligere i forhold til isotopen uran-238, indtil indholdet af uran-235 er 3-5 %. Denne proces finder kun sted ganske få steder i verden.

## Miljøpåvirkninger ved indvinding af uran

Minedrift giver en række miljømæssige problemstillinger, som det er nødvendigt at forholde sig til – uanset om der indvindes radioaktive eller ikke-radioaktive stoffer. I dette afsnit gennemgås de væsentligste miljøproblemer, som forekommer i forbindelse med minedrift, og mulige foranstaltninger til at afværge og/eller formindske disse problemer. I princippet foregår indvinding på samme måde, uafhængigt af om man indvinder radioaktive stoffer, ikke-radioaktive stoffer eller en blanding heraf.

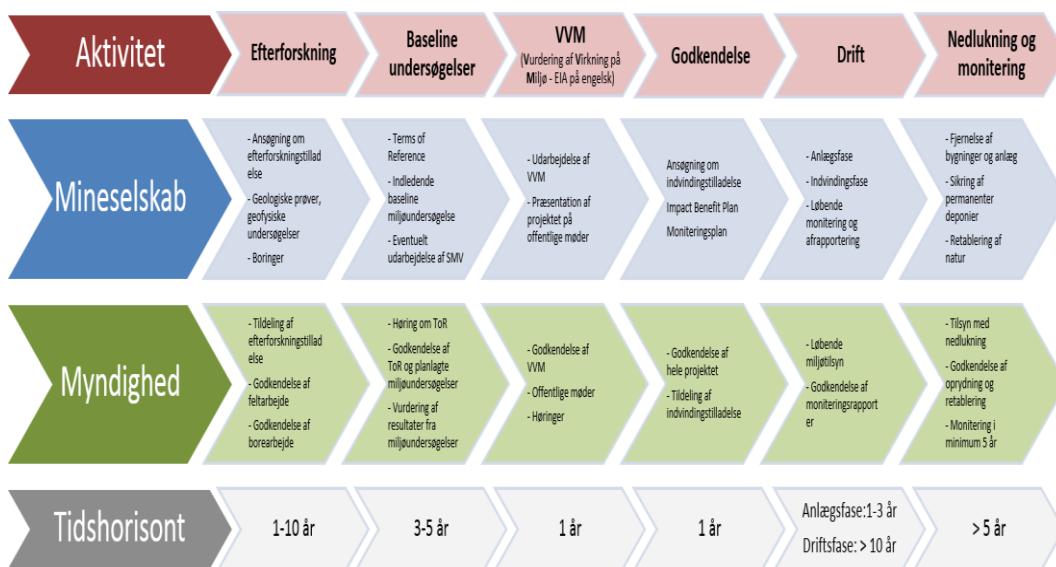
### Den indledende proces

Figur 9 viser processen, fra efterforskning påbegyndes i feltet, til minen startes og efterfølgende lukkes. Figuren viser også, hvilke roller mineselskabet og myndighederne har i de forskellige faser.

Varigheden af de enkelte faser er forskellig fra projekt til projekt. Der kan gå mange år med efterforskning, inden et indvindingsområde er afgrænset. Derefter skal områdets tilstand fastslås gennem såkaldte baselineundersøgelser (se Ordliste, side 16), som typisk foregår over en periode på minimum tre år, da man skal kunne vurdere naturlige baggrundsvariationer i eksempelvis vind og vejr. Baselineundersøgelserne er typisk en integreret del af selve VVM-arbejdet, men arbejdet med at udarbejde en VVM (se Ordliste, side 16) og efterfølgende møder og høringer tager typisk mere end et år. VVM-redegørelsen udarbejdes af mineselskabet og selskabets rådgivere. Redegø-

relsen skal indeholde en omfattende beskrivelse af projektet og en vurdering af de mulige miljøpåvirkninger i forbindelse med projektet. Redegørelsen skal også beskrive, hvordan selskabet vil minimere miljøpåvirkningerne.

Selskabet indsender et udkast til VVM-redegørelse, og myndighederne vurderer med hjælp fra rådgivere (DCE, GN m.fl.), om VVM-redegørelsen er retvisende og fyldestgørende, før myndighederne godkender at den sendes i høring. Dette betyder også, at en lang række miljøspørgsmål først kan vurderes og besvares af myndighederne, når selskabet har indsendt sin VVM-redegørelse.



Figur 9. Mineselskabets og myndighedernes roller fra den indledende efterforskning til drift og nedlukning af minen.

### Brydning af malm

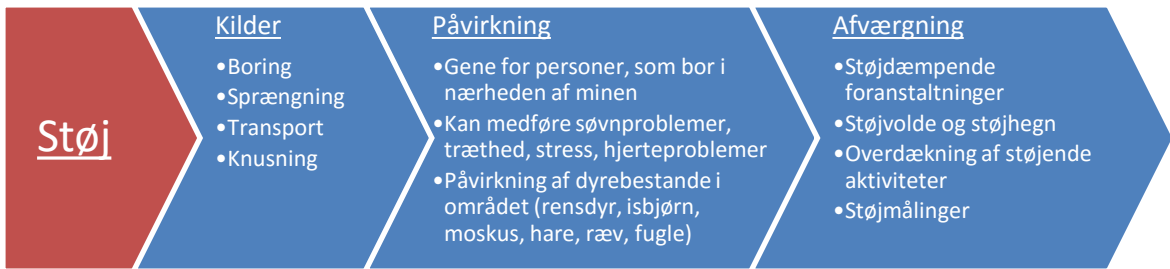
De to væsentligste miljøpåvirkninger ved brydning af den uranholdige malm og andre bjergarter er støv og støj, som kommer fra kørsel, gravning og sprængning.

Desuden skal man være opmærksom på, at det f.eks. kan være nødvendigt at beskytte minearbejdere mod afdampning af radon (se Faktaboks 4).

### Støj

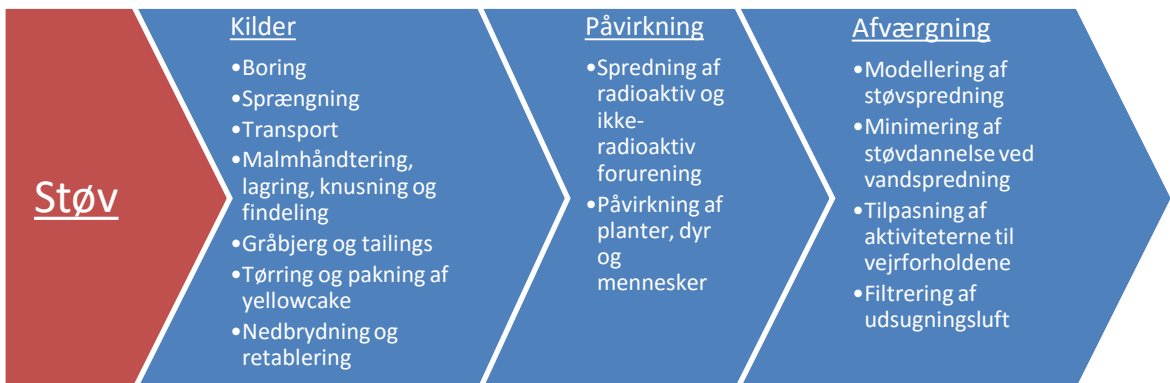
Mineselskabet skal i VVM-redegørelsen vurdere, hvor meget støj der vil komme fra mineområdet, og om støjen kan påvirke personer eller dyr, som lever i nærheden af minen. Vurderes det, at støjen kan genere mennesker eller dyr, er selskabet forpligtet til at mindske støjniveauet.

Støjniveauet kan dæmpes ved eksempelvis at bygge støjvolde, opsætte støjdæpende hegn eller lade de støjende aktiviteter foregå i støjisolerede bygninger. Myndighederne kan også stille krav om, at de mest støjende aktiviteter kun må udføres på visse tidspunkter af døgnet.



### Støv

Både radioaktive stoffer og andre forurenende stoffer i støvet kan spredes adskillige kilometer fra minen, når der er kraftig vind. VVM-redegørelsen skal derfor typisk indeholde en model af støvspredding fra minen. Modellen bruges til at vurdere, hvor meget støv, der produceres, hvor langt støvet kan spredes, og i hvilke mængder det spredes under forskellige vejrforhold. På baggrund af resultaterne fra støvmodellen, skal mineselskabet vurdere, om det er nødvendigt at gøre noget for at minimere støvspredding.



Støvspredding kan minimeres ved f.eks. at sprede vand på grusveje og i sprængningsområder og knuse og formale malmen i lukkede lokaler, hvor støvet kan fanges i filtre. Myndighederne kan også stille krav om, at støvende aktiviteter kun må udføres under en bestemt vindstyrke. Eksempelvis kan mineselskabet påbydes at indstille kørsel og sprængning ved vindstyrker over 12 m/s.

Der vil typisk blive opstillet støvmålere, så det kan vurderes, om minedriften overholder myndighedernes støvkrav.

### Oparbejdning af malm

Oparbejdning af malmen kan medføre en række miljøpåvirkninger, som skyldes:

- Støv
- Støj
- Processpildevand
- Kemikaliespild

Heraf er støv og støj allerede omtalt.

### Processpildevand

Flere af processerne i efterbehandlingen af malmen vil skabe spildevand, som ikke umiddelbart kan udledes til nærmeste sø, vandløb eller fjord på grund af indhold af forurenende stoffer – radioaktive såvel som ikke radioaktive. De forurenende stoffer kan komme fra malmen, hvor der

eksempelvis kan udvaskes tungmetaller, svovl, fluor og uran, eller fra nogle af de kemikalier, som tilsættes i de forskellige processer.

Myndighederne vil typisk stille krav om, at der opstilles et rensningsanlæg, som kan fjerne alle uønskede stoffer fra spildevandet, inden det udledes. Dermed kan man sikre, at mængden af uønskede stoffer nedbringes, så dyr og drikkevand i udledningsområdet ikke skades.

Der vil løbende blive udtaget prøver fra rensningsanlægget for at sikre, at myndighedernes udledningskrav overholdes.



### ***Kemikaliespild***

Kemikaliespild kan som udgangspunkt ske alle steder, hvor der håndteres kemikalier; på den måde vil en uranmine ikke adskille sig fra andre industriområder. Eksempelvis kan der spildes syre eller base fra efterbehandlingsprocesserne samt brændstof fra brændstoftanke eller køretøjer. Risikoen for spild kan minimeres ved korrekt håndtering af stofferne og ved opbevaring kemikalier o.l. på pladser, hvor der er etableret membraner til opsamling. Der stilles krav om, at mineselskabet udarbejder en kemikaliehåndteringsplan samt en beredskabsplan for håndtering af spild.

Der vil som udgangspunkt ikke være højradoaktive produkter ved mineområdet. Yellowcake – det opkoncentrerede uranprodukt – er lavradioaktivt og vil blive håndteret og pakket i de bygninger, hvor produktet fremstilles.

### **Transport**

Det Internationale Atom Energi Agentur (IAEA) har udviklet anbefalinger, som kan anvendes i Grønland. IAEA's anbefalinger har meget strenge krav til både opbevaring og transport af radioaktivt materiale og omfatter alt om "konstruktion, fremstilling, vedligeholdelse og reparation af emballager og klargøring, afsendelse, pålæsning, transport, herunder opbevaring i transit, aflæsning og modtagelse på det endelige bestemmelsessted for radioaktivt materiale" [6].

### **Deponering af restprodukter fra minedriften**

De to væsentligste restprodukter ved minedrift er tailings og gråbjerg (se Ordliste, side 16). Begge produkter deponeres typisk i umiddelbar nærhed af minen, da der er tale om meget store mængder, som det vil være dyrt at transportere langt væk fra minen.

### **Gråbjerg**

Mængden af gråbjerg afhænger af, hvor dybt malmen ligger, og hvor meget materiale, der skal fjernes, for at nå ned til malmen. Typisk vil der i mineprojektets etableringsfase blive oparbejdet en relativt stor mængde gråbjerg. I driftsfasen kan der løbende blive deponeret gråbjerg, såfremt det er nødvendigt at fjerne yderligere materiale for at blotlægge malmen.

Hvis gråbjerg ikke indeholder væsentligt forurenende stoffer, vil det typisk blive brugt til konstruktion af veje og havne. Ofte indeholder gråbjerg dog en mindre mængde af de mineraler og

stoffer, herunder radioaktive stoffer og tungmetaller, som findes i malmen og eventuelt kan frigives til det omkringliggende miljø. Det er derfor vigtigt at analysere gråbjerg for at vurdere, om det kan udgøre en forureningsrisiko.

Hvis der er mulighed for, at forurenende stoffer siver ud fra gråbjerget, skal der laves en række foranstaltninger i forbindelse med depotet. Der kan eksempelvis etableres en membran under depotet, så man kan opsamle og rense det regnvand, som siver igennem. Gråbjerg kan også deponeres under vand, f.eks. i en sø (se side 13).

Når dele af minen tages ud af drift, er det nogle gange muligt at fylde det opgravede gråbjerg tilbage i det hul, det er kommet fra. Efterfølgende kan det dækkes med en membran, som forhindrer nedsivning af regnvand og udsivning af forurenende stoffer.

### **Tailings**

Hovedparten af tailings vil udgøres af finkornet sand, som er den del, der ikke indeholder anvendelige mineraler. Ved en uranmine vil det være alle de ikke-uranholdige mineraler samt en lille smule af de uranholdige, som ikke blev fjernet i processen. Når uran er vasket ud af malmen, kan den resterende del af malmen typisk ikke bruges til noget og deponeres som tailings. Der vil dog være uran tilbage i tailings, fordi det i praksis ikke er muligt at vaske al uran ud af malmen. Også de radioaktive henfaldsprodukter fra uran, herunder radon (en gas) og radium, vil findes i tailings (se Faktaboks 4). Der er desuden risiko for, at der udvaskes tungmetaller fra malmen og kemikalier fra den behandlingsproces, malmen har været udsat for.

Udvaskning af forurenende stoffer fra tailingsdepoter kan fortsætte i mange år og have en uønsket påvirkning af dyrelivet i vandløb, søer og fjorde og af drikkevand. Der skal derfor være stort fokus på design og etablering af tailingsdepoter.



Der findes som udgangspunkt tre typer tailingsdepoter, som hver især har en række fordele og ulemper:

- **Underjordisk** deponering, hvor tailings tilbagefyldes i minegangene eller i det åbne mine-brud.
- **Overfladedepot**, hvor tailings inddæmnes med diger.
- **Undersøisk** deponering, hvor tailings deponeres under vandoverfladen i en sø eller fjord.

### **Underjordisk depot**

Fordelene ved et underjordisk tailingsdepot er, at det begrænser det landområde, som skal bruges til deponering, fjerner risikoen for digebrud og minimerer muligheden for at komme i kontakt



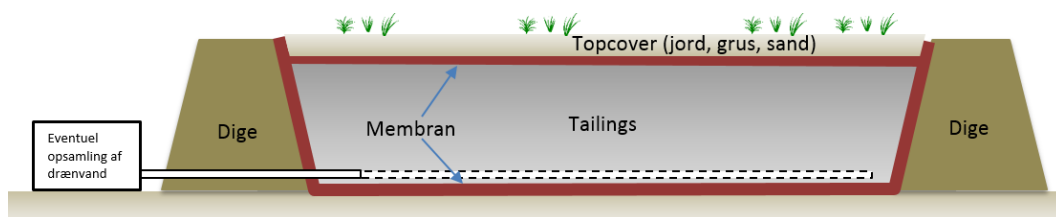
med tailings. Det skal dog sikres, at der ikke kan ske udsivning af vand fra det underjordiske depot.

Ulemper er, at der typisk vil være behov for at etablere et midlertidigt overfladedepot, indtil der er udgravet tilstrækkelig med plads til et underjordisk depot. Det medfører, at tailings skal flyttes, hvilket betyder større omkostninger og risiko for spredning af forurenende stoffer i forbindelse med transporten.

### Overfladedepot

Fordelene ved et overfladedepot er, at det er muligt at minimere udvaskning ved at etablere en membran og et opsamlingsystem. I driftsfasen vil overfladedepotet typisk være fyldt med vand for at undgå spredning af støv, radon og gammastråling. Efterfølgende drænes depotet, og der afsluttes med en membran ovenpå tailings, så nedsivning af regnvand og udsivning af forurenende stoffer minimeres. Det kan dog forventes, at der efter nedlukning af minen fortsat kan ske udsivning af vand fra depotet. Det vil derfor være nødvendigt at behandle vandet i en længere periode efter nedlukningen for at fjerne forureningskomponenter og sikre, at disse ikke spredes til miljøet.

Ulemperne ved et overfladedepot er, at det vil fylde en del i landskabet, og at der kan ske udslip. Der har i tidens løb været en del brud på depoters diger eller dæmninger med efterfølgende udslip af forurening til omgivelserne.



Figur 10. Princippet i et overfladedepot med en membran og (efter minelukning) et dækkende lag af jord, grus og sand (topcover).

### Undersøisk tailingsdepot

Et undersøisk tailingsdepot etableres typisk i en eksisterende sø. Hvis det er nødvendigt at hæve søens vandspejl, kan det blive aktuelt at etablere diger omkring søen.

Fordelene ved deponering under vand er, at man undgår problemer med gammastråling, udsivning af radioaktiv radon-gas og spredning af støv fra depotet.

Ulemper er, at det vandopløselige, radioaktive stof radium og andre opløselige forureningsstoffer kan spredes utilsigtet via afløb og udsivning. Det vil derfor være nødvendigt at overvåge koncentrationerne af eksempelvis tungmetaller og radioaktive stoffer i søen. Såfremt koncentrationerne er højere end myndighedernes grænseværdier, skal vandet i søen behandles, ligesom vandet i eventuelle udløb fra søen skal behandles med henblik på at nedbringe eller fjerne forureningskomponenterne. Det kan være relevant at etablere en membran på bunden af søen, så radium, tungmetaller og andre uønskede komponenter ikke spredes. Når minen lukkes, kan det også være relevant at etablere en membran ovenpå tailings for at minimere kontakten mellem tailings og søens vand.

#### Faktaboks 4: Radon og radium

Uran er i sig selv ikke særlig radioaktiv, når den brydes. Desværre forekommer uran altid sammen med naturligt forekommende thorium, radium, radon, bly og polonium, der er henfaldsprodukter fra uran og thorium (se Figur 1). Alle datterprodukter er radioaktive, og nogle af dem er også giftige på samme måde som tungmetaller og udgør derfor en miljø- og sundhedsrisiko.

**Radium** er vandopløseligt og kan forurene vandmiljøet omkring minen. Der findes fire naturligt forekommende radiumisotoper, og de er alle radioaktive og har en relativt kort halveringstid. Det betyder, at radium henfalder relativt hurtigt, og derfor har radium en relativt høj strålingsintensitet. Det er derfor vigtigt, at vandet i eksempelvis et tailingsdepot løbende overvåges for koncentrationer af radium, ligesom det er vigtigt, at radiumholdigt vand ikke spredes til omgivelserne. Generelt skal alt vand, der er forurennet med uran, radium, polonium og andre radioaktive og ikke-radioaktive stoffer fra minen, samles op og renses.

**Radon** er en radioaktiv gas og spredes derfor i luft, hvorfra den kan indåndes af mennesker og dyr. Radon trænger naturligt op fra undergrunden og kan ophobes i eksempelvis kældre. En tidligere undersøgelse viser, at der er stor forskel på radonindholdet i boliger i Grønland. Eksempelvis blev der i Nuuk målt radonindhold i boligerne på gennemsnitligt 10 Bq/m<sup>3</sup>, mens der i Narsaq blev målt 172 Bq/m<sup>3</sup>.

I Danmark vurderes radon at være årsag til 300 dødsfald om året, fordi den radioaktive stråling kan medføre lungekræft [8].

Der kan frigives radon fra et tailingsdepot eller andre steder, hvor der opmagasineres materiale med indhold af radioaktive stoffer. Derfor skal der tages særlige forholdsregler, således at radon ikke spredes til miljøet og indåndes af minearbejdere og en eventuel lokalbefolkning. Dette kan f.eks. ske ved at overdække tailingsdepotet med vand, så længe depotet anvendes. Når der ikke længere er brug for depotet, dækkes det med et lag ler og et lag jord, som kan beplantes. Herved kan strålingen fra depotet begrænses til stort set samme niveau, som fandtes, inden brydningen af malm blev påbegyndt.

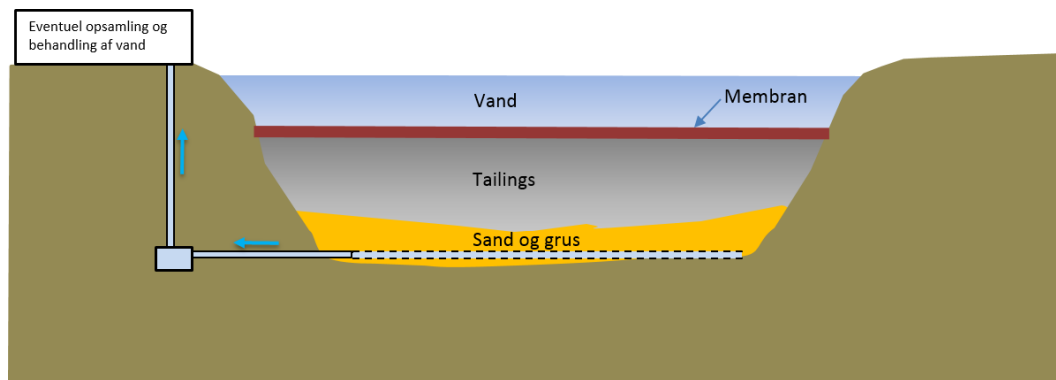
I bygninger, hvor der håndteres radioaktivt materiale, samt i underjordiske miner, skal der etableres ventilationssystemer for at minimere radonindholdet i luften.

#### Påvirkning af minens nærmeste omgivelser

Omgivelserne omkring en mine vil uundgåeligt blive påvirket på grund af nødvendig infrastruktur, dvs. veje, el- og vandforsyning, kloakering osv. Der vil også være en omfattende transport af både materialer og mennesker til og fra nærområdet – sandsynligvis med både skib og helikopter.

Den nødvendige infrastruktur vil afhænge af minens placering og størrelse. I de fleste tilfælde vil det være nødvendigt at etablere veje og havn til udskibning. Ligeledes skal der bygges boliger til medarbejderne i minen. Ved større projekter med mange medarbejdere kan det også komme på tale at etablere butikker og sports- og underholdningsaktiviteter.

Der skal benyttes strøm til både procesanlæg, opvarmning og lys i boliger mv. Den kan produceres af generatorer eller ved etablering af vandkraftværk og solceller. Der skal bruges vand til husholdning, og spildevand skal – afhængigt af myndighedsgodkendelse – udledes direkte til havet eller skal renses inden udledning.



Figur 11. Princippet i et undersøisk tailingsdepot med en membran ovenpå tailings.

## Når minen lukker

Som udgangspunkt stilles der krav fra myndighederne om, at mineområdet ved lukning skal reetableres til den status, det havde, inden minen blev etableret. For eksempel skal veje, havne og bebyggelser fjernes, hvis myndighederne ønsker det. For at sikre, at der er penge til nedlukningen, stiller myndighederne krav om et "depositum", inden minedriften påbegyndes. Depositumets størrelse skal svare til den vurderede pris for nedlukning og efterfølgende monitorering.

VVM-redegørelsen indeholder en nedlukningsplan, som beskriver, hvordan mineselskabet skal fjerne alle maskiner, bygninger og øvrige installationer fra mineområdet og efterfølgende reetablere området ved fjernelse af veje, havne mv. VVM-redegørelsen indeholder også en plan for overvågning af miljøet både under nedlukningen og i en årrække efter nedlukningen.

Nedlukning og reetablering af området skal sikre, at der efterfølgende er fri adgang til området, og at der ikke er nogen risiko for at komme i kontakt med uønskede stoffer. Ligeledes skal nedlukningen sikre, at der ikke kan ske en efterfølgende udsivning fra de materialer, som vil blive permanent deponeret i mineområdet.

En nedlukningsplan vil typisk indeholde:

- Strategi for nedlukning
- Estimering af omkostninger ved nedlukning
- Sikkerhedsprocedurer
- Strategi for håndtering af deponier, herunder tailings og gråbjergdepot samt håndtering af drænvand
- Affaldshåndteringsplan, herunder håndtering af radioaktivt affald
- Plan for afrapportering til myndighederne
- Monitoringsprogram.

Som det fremgår af de foregående afsnit er det helt afgørende, at der udføres grundige undersøgelser, og at både brydning og slutdeponering af gråbjerg og tailings planlægges detaljeret, inden man går i gang. Det gælder også ved brydning af radioaktive stoffer.

De fleste af de historiske forureningssager kunne have været undgået ved grundigere planlægning og bedre forundersøgelser. Uforudsete miljøproblemer kan dog altid opstå, og de kan kun opdages i tide, hvis der fra start er etableret omfattende og omhyggelig overvågning af udledninger og miljø.

# Appendiks

## Ordliste

**Baselineundersøgelse.** En indledende undersøgelse af miljøet omkring det område, hvor der eventuelt skal påbegyndes minedrift. Undersøgelsen beskriver områdets tilstand, inden minearbejdet påbegyndes, således at eventuelle forandringer i miljøet under og efter drift af minen kan måles ved at sammenligne med baselineundersøgelsen. Baselineundersøgelsen kan også omfatte en vurdering af, hvorvidt der kan frigives tungmetaller og radioaktive stoffer fra eventuelle deponier.

**BAT – Best Available Technology.** Anvendelse af BAT – eller ”bedste tilgængelige teknologi” – betyder, at et selskab skal bruge markedets bedste tilgængelige teknologi til at minimere en forureningspåvirkning.

**BEP – Best Environmental Practice.** Anvendelse af BEP – eller ”bedste tilgængelige praksis” – betyder, at et selskab skal bruge markedets mest hensigtsmæssige kombination af miljøforanstaltninger og kontrolstrategier.

**Deponi.** Affaldsdepot, landopfyldning.

**Gråbjerg.** Det materiale, som skal fjernes, for at man kan bryde malm af den ønskede kvalitet. Gråbjerg indeholder typisk en lille del af de mineraler, som også findes i malmen.

**Monteringsprogram.** Et monitoringsprogram beskriver det arbejde, som løbende skal udføres for at sikre, at myndighedernes miljøkrav overholdes. Det omfatter bl.a. analyse af radioaktive og ikke-radioaktive stoffer i luft, vandprøver, planter, fisk og dyr samt målinger af støv.

**SMV.** Strategisk Miljø Vurdering. En SMV er en tidlig vurdering af miljømæssige virkninger af planer, programmer og politiske mål. SMV'en udarbejdes typisk af myndighederne.

**Tailings.** Det restprodukt, som er tilbage, når man har indvundet de ønskede mineraler. Typisk et meget finkornet materiale, som kan indeholde en række uønskede stoffer som tungmetaller, fluorid, radioaktive stoffer mv. Tailings deponeres for det meste i nærheden af selve minen, og der skal derfor være meget stor fokus på, at stoffer i tailings ikke kan spredes fra deponiet til det øvrige miljø.

**ToR.** Terms of Reference – også kaldet Kommissorium. ToR er et dokument, som udarbejdes af mineselskabet. Det beskriver rammerne for det videre arbejde, herunder rammerne for baselineundersøgelserne og VVM'en. ToR-dokumentet skal godkendes af myndighederne, inden det videre arbejde kan fortsætte.

**VVM.** Vurdering af Virkning på Miljø. En VVM er et dokument, som udarbejdes af mineselskabet. Formålet er at belyse påvirkninger af mennesker, natur og kulturarv i forbindelse med et større anlægsprojekt. Desuden skal en VVM beskrive foranstaltninger til at minimere påvirkningerne og samtidig vurdere alternative løsninger. VVM = EIA (Environmental Impact Assessment) på engelsk.

**Yellowcake.** Det kommercielle produkt fra uranminer bestående af uranoxid. Yellowcake kan være et brunt, khaki eller gulligt pulver og består af ca. 80 % uranoxid. Pulveret er meget lidt radioaktivt og kræver yderligere forarbejdning, inden det kan anvendes til eksempelvis brændsel i en atomreaktor.

**Impact Benefit Plan/Impact Benefit Agreement (IBA).** En IBA er en trepartsaftale mellem kommunen, selvstyret og mineselskabet. Formålet med en IBA-aftale er at optimere de positive sider

af et mineprojekt og samtidig minimere de negative. Dette skal være med til at sikre et socialt, økonomisk og miljømæssigt bæredygtigt mineprojekt. IBA'en skal ligeledes beskrive alle parter ansvar og engagement, herunder eksempelvis hvorledes firmaet forpligter sig til at bruge grønlandsk arbejdskraft, og hvordan lokalområdet kan drage nytte af minen.

**IAEA – International Atomic Energy Agency – Det Internationale Atomenergiagentur.** IAEA er en international organisation, hvis formål er at fremme fredelig brug af atomenergi og samtidig begrænse anvendelsen af atomenergi til militære formål. IAEA fungerer som forum for videnskabeligt og teknisk samarbejde omkring udnyttelse af atomenergi og udvikler standarder til at fremme sikkerheden ved brug af atomenergi. IAEA udfører også kontrol med, at atomenergi ikke bruges til militære formål.

**Høring.** Når et selskab ansøger om en indvindingstilladelse, kræves der en offentlig høring i forbindelse med både Terms of Reference dokumentet og VVM-redegørelsen. Høringen er et forløb, hvor en offentlig myndighed indhenter kommentarer og synspunkter hos de involverede parter. Både privatpersoner, private organisationer samt offentlige organisationer og myndigheder har mulighed for at kommentere et projekt i en høringsfase. I forbindelse med et mineprojekt vil eksempelvis ToR og VVM-redegørelsen blive sendt i høring. Mineselskabet vil være forpligtet til at kommentere de indkomne høringssvar og tilrette projektet og VVM-redegørelsen, hvis det vurderes nødvendigt. Indlæggene i en høring samt mineselskabets høringssvar vil blive offentliggjort i en såkaldt hvidbog. Den endelige VVM-redegørelse og hvidbog skal godkendes af myndigheden.

**Hvidbog.** En hvidbog er et offentligt dokument, som udgives, når en høring er afsluttet. Den indeholder de indkomne høringssvar samt mineselskabets svar til kommentarerne. Hvidbogen udarbejdes af mineselskabet, og selskabets svar skal godkendes

## Yderligere informationer

Følgende links og dokumenter stiller yderligere informationer til rådighed:

<b>Atomposten</b>	<a href="http://atomposten.blogspot.com/">atomposten.blogspot.com/</a>
<b>Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency</b>	<a href="http://arpsa.gov.au/">arpsa.gov.au/</a>
<b>Avataq</b>	<a href="http://avataq.gl/">avataq.gl/</a>
<b>Canadian Nuclear Association</b>	<a href="http://cna.ca/">cna.ca/</a>
<b>Canadian Nuclear Safety Commission</b>	<a href="http://cnsccsn.gc.ca/eng/">cnsccsn.gc.ca/eng/</a>
<b>Sundhedsstyrelsens strålebeskyttelse</b>	<a href="http://sundhedsstyrelsen.dk/da/straalebeskyttelse">sundhedsstyrelsen.dk/da/straalebeskyttelse</a>
<b>DCE</b>	<a href="http://bios.au.dk/videnudveksling/til-myndigheder-og-saerligt-interesserede/greenland/minedrift-og-miljoe/">bios.au.dk/videnudveksling/til-myndigheder-og-saerligt-interesserede/greenland/minedrift-og-miljoe/</a>
<b>Euratom</b>	<a href="http://ec.europa.eu/research/energy/euratom/index_en.cfm">ec.europa.eu/research/energy/euratom/index_en.cfm</a>
<b>GEUS' publikation om indvinding af uran i Grønland</b>	<a href="http://geus.dk/DK/publications/popular-geology/booklets/Sider/udvinding_uran_groenland.aspx">geus.dk/DK/publications/popular-geology/booklets/Sider/udvinding_uran_groenland.aspx</a>
<b>Greenland Transparency</b>	<a href="http://transparency.gl">transparency.gl</a>
<b>Greenpeace</b>	<a href="http://greenpeace.org/greenland/da/Vi-arbejder-med/Uran-og-minedrift/">greenpeace.org/greenland/da/Vi-arbejder-med/Uran-og-minedrift/</a>

<b>Grønlands Råstofstyrelse</b>	<a href="http://govmin.gl">govmin.gl</a>
<b>Noah</b>	<a href="http://noah.dk/category/uran/">noah.dk/category/uran/</a>
<b>Det Internationale Atomenergiagentur</b>	<a href="http://iaea.org/">iaea.org/</a>
<b>Grønlands Selvstyre</b>	<a href="http://naalakkersuisut.gl/kl-GL/Naalakkersuisut/Naalakkersuisoqarfiit/Erhverv-Arbejdsmarked-Handel-Energi/Information_Uran">naalakkersuisut.gl/kl-GL/Naalakkersuisut/Naalakkersuisoqarfiit/Erhverv-Arbejdsmarked-Handel-Energi/Information_Uran</a>
<b>Grønlands Naturinstitut</b>	<a href="http://natur.gl/miljoe-og-raastoffer/raadgivning/uran/">natur.gl/miljoe-og-raastoffer/raadgivning/uran/</a>
<b>Det Økologiske Råd</b>	<a href="http://ecocouncil.dk/">ecocouncil.dk/</a>
<b>Den danske sundhedsstyrelses strålingsguide om ioniserende stråling</b>	<a href="http://sst.dk/publ/Publ2013/01jan/Straalingsguiden2udg.pdf">sst.dk/publ/Publ2013/01jan/Straalingsguiden2udg.pdf</a>
<b>United States Nuclear Regulatory Commission</b>	<a href="http://nrc.gov/">nrc.gov/</a>
<b>World Information Service on Energy</b>	<a href="http://wiseinternational.org/">wiseinternational.org/</a>
<b>World Nuclear Association</b>	<a href="http://world-nuclear.org/">world-nuclear.org/</a>

## Referencer

- [1] Sørensen, H. (2008). *Grønlands uran og thorium*. Tidsskriftet Grønland, 4-5, s. 192-203, 2008
- [2] Kalvig, P., Secher, K., Asmund, G. (2014). *Uran. Information og fakta om indvinding af uran i Grønland*. Udgivet af De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS. [www.geus.dk/geus-general/.../URAN\\_DK\\_oplag2\\_web\\_100dpi.pdf](http://www.geus.dk/geus-general/.../URAN_DK_oplag2_web_100dpi.pdf)
- [3] Steenfelt, A. (2001). *Geochemical atlas of Greenland*. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser, Rapport 2001/46. [http://www.geus.dk/DK/data-maps/datacollection-gl/Documents/GEUS2001R46%28printed\\_maps\\_included%29.zip](http://www.geus.dk/DK/data-maps/datacollection-gl/Documents/GEUS2001R46%28printed_maps_included%29.zip)
- [4] Sundhedsstyrelsen (2012). *Strålingsguiden. Ioniserende stråling*. Statens Institut for Strålebeskyttelse, 2012
- [5] <https://infcis.iaea.org/UDEPO/About.cshtml>
- [6] IAEA (2012). *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. IAEA Safety Standards, Specific Safety Requirements No. SSR-6. [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570_web.pdf)
- [7] Asiaq (2005). *Radon i Grønlandske boliger*
- [8] <https://www.bolius.dk/>