

Vedlegg 4 Radioaktive utslipp til ytre miljø

Grunnlag for beregninger av aktivitet

Tabell 1 er utsnitt fra veileder M-2105 «Håndtering av potensielt syredannende svartskifer» [3]. Tabellen gir en oppsummering av gjeldende lovverk hva angår radioaktivitet i svartskifer og svartskiferholdige løsmasser. Radon er ikke en problemstilling i prosjektet da det ikke skal bygges rom med varig opphold på lokaliteten.

Tabell 1. Utklipp fra veileder M-2105 [3] som oppsummerer relevant regelverk for syredannende berg og løsmasser opp mot Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall.

Forskrift	Reguleringsområde	Grenseverdier
Strålevernforskriften § 6, 6. ledd	Radonkonsentrasjoner bør holdes så lave som praktisk mulig og innenfor anbefalte grenser. Grensene gjelder for innendørs rom for varig opphold.	Tiltaksgrense 100 Bq/m ³ Øvre grenseverdi 200 Bq/m ³
Byggteknisk forskrift (TEK17)	Ivaretar radonkravene fra DSA. Krever at bygning med rom for varig opphold skal bygges med radonsperre mot grunnen og være tilrettelagt for trykkreduserende tiltak i grunnen under bygningen, som kan aktiveres når radonkonsentrasjonen i inneluften overstiger 100 Bq/m ³ .	
Forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, Vedlegg I a, vedlegg I b, vedlegg II	Deponi for farlig avfall kan ta imot radioaktivt avfall som har en total aktivitet <10 Bq/g (≈800 mg U/kg) uten spesielle tillatelser. Deponi for ordinært avfall som ønsker mottak og håndtering av svartskifer, må alltid søke DSA. For utslipp over grenseverdiene må det søkes om utslippstillatelse fra DSA.	Radioaktivt avfall: 1 Bq/g U-nat* Deponipliktig radioaktivt avfall: 10 Bq/g U-nat* Utslippsgrense U-nat*: 100 Bq pr år Utslippsgrense ²³⁸ U: 1000 Bq pr år

* U-nat er i forskrift om radioaktiv forurensning og avfall (2010) definert som ²³⁸U i likevekt med gitte datternuklider.

Masser med en spesifikk radioaktivitet på $> 1\text{Bq/g}$ fra ²³⁸U i naturlig uran (U-nat) defineres som radioaktivt avfall, og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens bestemmelser om radioaktivt avfall. Grenseverdien for hva som karakteriseres som radioaktivt avfall er satt til en spesifikk aktivitet på 1Bq/g for både U-nat og Th-nat, og 10 Bq/g for ⁴⁰K. Når det er flere uavhengige radionuklider til sted brukes summasjonsformelen: dersom summen av forholdet mellom spesifikk aktivitet og grenseverdi til hvert element er større eller lik 1 regnes massene som radioaktivt avfall. For naturlig uran tilsvarer 1 Bq/g ca. 80 mg/kg, og for thorium tilsvarer 1 Bq/g ca. 246 mg/kg.

Aktiviteten er beregnet ved hjelp av den målte konsentrasjon av uran, thorium og kalium i analyserte prøver og konverteringsverdier gjengitt i rapport utgitt av Det internasjonale atomenergibyrået [4]. Konverteringsverdiene er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Omregningsfaktorer fra konsentrasjon til spesifikk aktivitet for U, Th og K. Konverteringsverdiene gir strålebidraget til de aktuelle isotopene i Bq per kilogram bergmasse.

Grunnstoff	Konsentrasjoner	Aktivitet	Isotop
Uran	1 mg/kg	12,35 Bq/kg	²³⁸ U eller ²²⁶ R
Thorium	1 mg/kg	4,06 Bq/kg	²³² Th
Kalium	10 ⁴ mg/kg	313 Bq/kg	⁴⁰ K

Virksomheter som skal motta eller deponere potensielt syredannende bergarter som regnes som radioaktivt avfall, eller som har utslipp av radioaktive stoffer over grenseverdi må ha tillatelse til dette fra DSA. For naturlig uran er grenseverdien for utslipp satt til 0,1 Bq/g (becquerel per gram) eller totalt 100 Bq per år, se Tabell 3.

Tabell 3. Grenseverdier fra forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, vedlegg II, Tilførsel av radioaktive stoffer som alltid trenger tillatelse.

Radionuklide	Spesifikk aktivitet (Bq/g)	Total aktivitet i anleggsfasen (Bq/år)
U-nat (Definert som aktiviteten til ²³⁸ U i naturlig uran)	0,1	100
²³⁵ U	1	1000
Th-nat (Definert som aktiviteten til ²³² Th i naturlig Thorium)	0,1	100
⁴⁰ K	10	100 000

Beregning av aktivitet i massene

Uran-, kalium- og thoriumkonsentrasjoner målt i prøver fra **delområde nord** på Taraldrud er vist i Tabell 4. Flertallet av de analyserte prøvene ligger under grenseverdiene og er derfor ikke å betrakte som radioaktivt avfall dersom masse graves opp og fjernes fra området. For syredannende masser er det allikevel et krav om at massene skal på deponi med tillatelse fra DSA, ettersom utlekkingen av radioaktivitet fra slike masser kan overskrive grenseverdiene for utslipp selv om massene ikke er definert som radioaktivt avfall. Tabell 4 under viser målte konsentrasjoner av uran, thorium og kalium fra utvalgte prøver i forbindelse med grunnundersøkelse utført av NGI mellom 2015-2021 [5].

Tabell 4. Målte konsentrasjoner av uran, thorium og kalium for delområde nord (gnr/bnr. 3020-157/2) ved Taraldrud i Nordre Follo kommune, og beregnede aktivitetskonsentrasjoner og radioaktivitet summert iht. summasjonsformelen i forskriften om radioaktiv forurensning og avfall [6]. Røde verdier viser beregnet radioaktivitet som overstiger grenseverdien på 1Bq/g.

PrøveID	Uran	Uran	Thorium	Thorium	Kalium (stabil)	⁴⁰ K	Summasjonsformel grenseverdier for U-nat, U-235, Th-nat og K-40 summert *
	(mg/kg)	(Bq/g)	(mg/kg)	(Bq/g)	%	(Bq/g)	
Hull 15	91,6	1,13	9,1	0,04	2,84	0,89	1,26
Hull 16	44,2	0,55	6,5	0,03	4,37	1,37	0,71

PrøveID	Uran	Uran	Thorium	Thorium	Kalium (stabil)	⁴⁰ K	Summasjonsformel grenseverdier for U-nat, U-235, Th-nat og K-40 summert *
	(mg/kg)	(Bq/g)	(mg/kg)	(Bq/g)	%	(Bq/g)	
Sjakt 27 (4-4,3m)	60,7	0,75	12	0,05	4,43	1,39	0,94
Sjakt 28 (1-2m)	35,8	0,44	6,7	0,03	4,31	1,35	0,6
Sjakt 28 (2-3,6m)	53,6	0,66	6,2	0,03	3,59	1,12	0,8
Sjakt 29 (2-3m)	18,6	0,23	2	0,01	0,5	0,16	0,25
Borhull 31 (4,7m)	50,3	0,62	10,7	0,04	4,37	1,37	0,8
Borhull 32 (4,1m)	66,5	0,82	7,3	0,03	3,61	1,13	0,96
Borhull 33 (4,7m)	32,6	0,4	8,5	0,03	3,59	1,12	0,55
Borhull 33 (6,6m)	56,8	0,7	6,9	0,03	1,81	0,57	0,79
P1 Skifer	136	1,68	14,2	0,06	4,08	1,28	1,86
P3 Skifer	7,22	0,09	18,8	0,08	4,63	1,45	0,31
P5 Skifer	13,3	0,16	15,5	0,06	4,09	1,28	0,36
P6 utfelling skifer	39,3	0,49	8,9	0,04	4,18	1,31	0,65
P6 frisk Skifer	181	2,24	13,6	0,06	3,78	1,18	2,41
Gjennomsnitt	59,2	0,73	9,8	0,04	3,61	1,13	0,88
Grenseverdi		1		1		10	

*Aktivitet summert ihht. Summasjonsformelen (Forskrift om radioaktiv forurensing og avfall), dvs normalisert til grenseverdien i tabellen. Massene regnes som radioaktivt avfall når denne summen er >1 [7]. Sum gj.snitt =0,88<1 og massene vurderes samlet sett å ligge under grenseverdien, og klassifiseres dermed ikke som radioaktivt avfall i henhold til vedlegg II.

Uran

Innholdet av uran er den vesentligste bidragsyteren til radioaktivitet i svarte leirskifre. Naturlig uran består av radionuklidene ²³⁸U (99,27% av massene), ²³⁵U (0,72%) og ²³⁴U (0,0057%) [6]. Ved konvertering fra masse til Bq er det vanlig å kun ta utgangspunkt i ²³⁸U, siden denne isotopen enkelt kan måles.

Konsentrasjoner av uran i svartskiferprøvene fra delområde nord på Taraldrud varierer fra 7,2 til 181 mg/kg tørrstoff (Tabell 4). Gjennomsnittsverdien på den spesifikke aktiviteten fra prøvene for ²³⁸U er 0,73 Bq/g.

Total aktivitet fra uran i svartskifermassene (36 000 tonn), er beregnet til **26,3 GBq**.

Thorium

Naturlig thorium har en lengre halveringstid og dermed lavere spesifikk aktivitet enn uran. Det er flere naturlig forekommende thoriumisotoper, men disse er enten en del av nedbrytingskjeden til ^{238}U eller ^{232}Th , og det er derfor tilstrekkelig å beregne mengdene av disse kjedene. Th-nat er i Forskrift om radioaktiv forurensing og avfall definert som ^{232}Th i likevekt med sine døtre, og grenseverdien for radioaktivt avfall er 1 Bq/g.

Det er begrensede mengder av thorium i prøvene fra Taraldrud, men konsentrasjoner fra 2,0 til 18,8 mg/kg TS (Tabell 4). Gjennomsnittsverdien på den spesifikke aktiviteten fra prøven i Tabell 4 for ^{232}Th er 0,04 Bq/g.

Total aktivitet fra thorium i svartskifermassene i delområde nord (36 000 tonn), er beregnet til **1,4 GBq**.

Kalium

Kalium 40 (^{40}K) er en radionuklide som utgjør 0,012% av kaliumgrunnstoffer [4]. Resten av kalium ^{39}K (93,3%) og ^{41}K (6,7%) er stabilt. I prøvene fra Taraldrud varierer kaliumkonsentrasjonen fra 0,5 til 4,6% tørrstoff, Tabell 4.

Fra Tabell 2 har vi at 1% K i bergmassen tilsvarer 313 Bq/kg. Dette er aktiviteten av ^{40}K -nuklidene: 10g K/kg = 313 Bq/kg fra ^{40}K .

Gjennomsnitt spesifikk aktivitet for ^{40}K i svartskiferprøvene fra delområde nord på Taraldrud er 1,13 Bq/g: Total aktivitet fra ^{40}K i svartskifermassene (36 000 tonn) er beregnet til **40,7GBq**.

Beregnet total aktivitet

Volum av svartskifer på SVV sin eiendom er beregnet til cirka 18 000 m³ (36 000 tonn). For å beregne total radioaktivitet i massene (Tabell 5), benyttes dette sammen med gjennomsnittlig spesifikk aktivitet (Bq/g) fra Tabell 4.

Tabell 5. Totale mengder uran, thorium og ^{40}K i svartskifermassene på SSVs eiendom på Taraldrud i Nordre Follo kommune, og beregnet total aktivitet [1].

Radionuklide	Kg	MBq	GBq
Uran	2 130	26 430	26,43
Thorium	352	1 431	1,43
^{40}K	1476	40 699	40,7
SUM	-	68 436	68,4

Når masser inneholder mer enn en radionuklide, skal de summeres i henhold til summasjonsformelen som er beskrevet i Forskrift om radioaktiv forurensing og avfall. For svartskifermassene på SVV sin eiendom er denne summen i snitt 0,88 (Tabell 4), altså lavere enn grensa på 1, og kun 3 av 15 prøver er over grenseverdien.

Beregnet spesifikk aktivitet i massene er lavere enn grensene gitt i forskriften for alle nuklidene. Spesifikk aktivitet (Bq/g) er heller ikke overskredet for hver av de vurderte isotopene; ^{238}U (U-nat), ^{235}U , ^{232}Th (Th-nat) og ^{40}K (Tabell 6).

Tabell 6. Totale mengder uran, thorium og ⁴⁰K i svartskifermassene ved Taraldrud i Nordre Follo kommune [7].

Radionuklide	Mengde svartskifer (g)	Spesifikk aktivitet (Bq/g)	Total aktivitet (Bq)	Total aktivitet (GBq)	Grenseverdi (Bq/g, vedlegg II)
Uran	360000000000	0,73	2,64E+10	26,43	1
Thorium		0,04	1,43E+09	1,43	0,1
⁴⁰ K		1,11	4,00E+10	40,55	10
SUM			6,78E+10	67,85	

Selv om de er under grensen for radioaktivt avfall, skal syredannende bergarter uansett på deponi med tillatelse fra DSA ettersom de kan lekke ut mengder med radionuklider som overskrider utslippsgrensene.