

Vedlegg 6 Håndtering av radioaktivt avfall

Beregning av aktivitet i utlekking etter tiltak

Vannkvalitet før oppstart av grunnarbeider

Vannkvaliteten på lensevannet ut fra anleggsområdet er foreløpig ikke kjent. Basert på erfaringer fra tidligere prosjekter vil vannkvaliteten variere en del ut fra hvilke arbeider som utføres, kjemiske sammensetning i massene, samt oppholdstid på vannet i byggegrop. Undersøkelser i 2020 og 2023 av vann i de eksisterende rensedammene viste uran-konsentrasjoner på 50-750 µg/l, men målingene fra 2024-2025 viser på 1,6-11 µg/l uran.

I bekken oppstrøms tiltaksområdet er uran-konsentrasjonen i gjennomsnitt 2,6 µg/l. Det er utført prøvetaking av vann i bekken fra åtte punkter mellom november 2024 og august 2025. Prøvene ble analysert både som filtrert og oppsluttet, og resultatene i Tabell 10 viser på konsentrasjoner av uran som varierte mellom 1,1 og 14 µg/L.

Tabell 10. Målte urankonsentrasjoner i perioden november 2024 til august 2025, i Snipetjernsbekken ved Taraldrud i Nordre Follo kommune.

Dato	Prøvemerkning	Vk1	Vk2	Vk3	Vk4	Vk5	Vk6	Vk-Rd-N	Vk-Rd-S
	Prøvemerkning 2	Oppstrøms	Første påvirkningspunkt	Nedstr første fellingsdam	Nedstr siste fellingsdam	Nedstr området	Influensområde	Utløp rensedam Nord	Utløp rensedam Sør
nov.24	µg/l	2,2	2,6	3,9	4,2	5,2	4,3	4,4	4,9
des.24	µg/l	1,1	1,2	1,5	1,6	1,9	1,5	1,6	1,6
jan.25	µg/l	1,5	1,8	2,1	3,2	2,9	2,2	2,5	2,1
feb.25	µg/l	3,1	4,3	6,2				6,1	
mar.25	µg/l	2,6	3,1	4,2	4,8	4,5	4,6	4,1	4,4
apr.25	µg/l	2,6	3,2	5,6	4,1	4,3	4,4	4,3	4,2
mai.25	µg/l	5,7	7,7	11	11	11	14	11	11
jun.25	µg/l	2,4	2,8	3,6	3,7	3,5	3,8	3,5	3,5
jul.25	µg/l	2,5	3,1	3,7	3,7	3,7	4,1	3,6	3,7
aug.25	µg/l	3,2	4,2	5,2	5,4	5,4	6,1	5,1	5,7
Gjennomsnitt	µg/l	2,69	3,4	4,7	4,63	4,71	5	4,62	4,56
Maks	µg/l	5,7	7,7	11	11	11	14	11	11

Beregning av vannmengder for utslipp av radioaktive nuklider til vann

Volumet av vann som kommer i kontakt med svartskifer per dag, for de to delområdene og for hele svartskiferfyllingen, er vist i Tabell 11 [7]. Vanngjennomstrømningen beskriver summen av nedbør som faller på bakken over skiferfyllingen og infiltrerer ned i bakken, og grunnvann som strømmer gjennom svartskiferen fra omkringliggende områder.

Tabell 11. Beregnet vanngjennomstrømning i svartskiferfyllingen, for de to delområdene og hele skiferfyllingen, ved Taraldrudkrysset i Nordre Follo kommune. Volumet for hele fyllingen er lavere enn summen av delområdene, da noe grunnvann strømmer gjennom begge delområdene [15].

Parameter	Enhet	Område nord	Område sør	Hele skiferfyllingen
Vanngjennomstrømning	m³/dag	50	70	100
Netto nedborsinfiltrasjon over skiferfylling		10	30	40
Grunnvann		40	40	60

Vannet som rennet fra skiferfyllingen og ned i Snipetjernbekken er estimert til å tilsvare 1-1,5% av vannføringen i bekken [15].

Dersom utgravde skifer blir liggende med tilgang til fuktighet og oksygen, er det en risiko for at en forvittringsprosess vil kunne starte opp. Dette vil kunne føre til sur avrenning med påfølgende oppløsning av skiferen, og utlekking av metaller og radionuklider. Det tar noe tid før en slik reaksjon starter opp, og veileder M-2105 [3] anbefaler at mellomagring av utgravde masser av uforvitret syredannende skifer ikke overstiger 6 måneder, mens forvitret syredannende skifer kun skal mellomlagres i tette containere. Enkelte metaller, slik som arsen, kadmium, uran og sink, er mobile selv ved nøytral pH. Det er derfor viktig å begrense eksponeringstiden til vann for å begrense utlekkingen av uran.

Tiltaksområdet på Taraldrud er i dagsone. Det innebærer at det ikke skal benyttes større mengder vann i anleggsprosessen. Risiko for utslipp av radionuklider er derfor i all hovedsak knyttet til overvann/regnvann i anleggsområdet. Det vil også forekomme noe grunnvann ifm. byggegrøper i alunskifermassene ved inngrep, men disse mengdene er veldig små i forhold til totalen. Entreprenør vil få krav om å avskjære overvann fra anleggsområder, det vil derfor i hovedsak være nedbør som faller i byggegrøp som kan utgjøre en risiko.

Det er ikke planlagt å etablere større byggegrøp i forbindelse med tiltak, men dersom disse etableres vil de ikke stå åpne til samme tid, og noen vil sannsynligvis stå åpne kun i nedbørfattige perioder. Den totale vannmengden er derfor angitt som et månedlig snitt for hele byggeperioden. Sesongvariasjoner i nedbør og temperatur er ikke en faktor i beregningen, men fordampning er regnet som et månedlig gjennomsnitt. Direkte infiltrasjon av nedbør til grunn er ikke hensyntatt, det kan derfor med stor sannsynlighet anta at de beregnede volumene er et overestimat. Vannmengden er estimert ut ifra gjennomsnittlig nedbør i området og beregningene er basert på nedbørsdata fra Norsk Klimaservicesenter [16] og fordampningsdata fra NIBIO [17] for eiendommens areal (ca. 11 000 m²).

Det er ikke utført egne utlekkingsforsøk (riste- og utlekkingstester) på skifermassene. For å kunne beregne mengde radionuklider som vil kunne løses opp i anleggsvannet, er det derfor i videre beregninger benyttet data fra ristetester utført i forbindelse med SVV prosjektet E16 Åsbygda-Olum, samt resultater fra kolonneforsøk utført av Erstad ved UiO [18] på materiale fra borkjerner fra arbeidet med E16. Ristetester ble utført på 13 prøver med en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 106 mg/kg, mens kolonnetester ble utført på materiale fra to borkjerner som hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 184 mg/kg. Analyserte prøver fra Taraldrud har til sammenligning en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 59,2 mg/kg, Tabell 4. SVV brukte videre i sine beregninger en gjennomsnittskonsentrasjon av utlekket uran fra gjennomførte ristetester (5,2 µg/L) som estimert minimumskonsentrasjon. Gjennomsnittskonsentrasjonen av utlekket uran fra fire kolonnetester (16,5 µg/L) ble benyttet som estimert maksimumskonsentrasjon i beregningene.

Utslipp av radionuklider i form av suspendert stoff

Graving i tiltaksområdet på Taraldrud gir økt risiko for spredning av partikler med radionuklider. Tilstrekkelig oppholdstid for vann i rensedam/fellingsdam vil gi sedimentering av mesteparten av partiklene, og dermed redusert spredning med partikler. Det må likevel påregnes noe utslipp av partikler i tiltaksperioden, og disse har et potensial for å spre radionuklider. Beregninger for partikkelutslipp gjøres for delområde nord (SVV sin eiendom), ettersom det er her tiltak vil foregå.

Maksimalt innhold av partikler som slippes ut fra rensedammen er prosjektert til å være 50 mg/L. Beregninger er derfor gjort for den konsentrasjonen. Ettersom det er en blanding av ulike masser i området og mye av svartskiferen foreligger som steiner som er for store til å fraktes med vann ved

normal vannføring, kan man anta at en mindre andel av partikler i vann som slippes ut fra rensedammen vil være svartskiferpartikler.

Tabell 12. Resultater for suspendert stoff (mg/l) målt fra ulike stasjoner ved Taraldrud i Nordre Follo kommune.

Dato	Prøvemerkning	Vk1	Vk2	Vk3	Vk4	Vk5	Vk6	Vk-Rd-N	Vk-Rd-S
	Prøvemerkning 2	Oppstrøms	Første påvirkningspunkt	Nedstr første fellingsdam	Nedstr siste fellingsdam	Nedstr området	Influensområde	Utløp rensedam Nord	Utløp rensedam Sør
nov.24	mg/l	2	2	2,5	2,9	16	2	64	4,8
des.24	mg/l	2,6	3,5	4,1	5,8	5	7,5	6,6	6
jan.25	mg/l	2,2	5,1	3,5	7,1	5,2	5,5	6,9	6,6
feb.25	mg/l	35,3	38,1	52,2				49,6	
mar.25	mg/l	2	7,2	2,5	3,1	2,2	2	2	2,2
apr.25	mg/l	8,4	3,9	14	2,9	6,9	2,5	8,5	4,4
mai.25	mg/l	19	25	3,4	18	53	11	2,1	2,2
jun.25	mg/l	2	4,2	3	4,1	2	2	2	2,8
jul.25	mg/l	9,5	9,2	2,8	4,7	3,9	2	4	3,7
aug.25	mg/l	6,4	2	2	2,6	3,7	2,1	3,5	14
Gjennomsnitt	mg/l	8,94	10,02	9,00	5,69	10,88	4,07	14,92	5,19
Maks	mg/l	35,3	38,1	52,2	18	53	11	64	14

Vannmengder som strømmer gjennom svartskiferfyllingen, tilsvarer 50 m³/dag for område nord (SVV eiendom) [15] Tabell 11. Det antas at tiltaksarbeidet i svartskifer vil ikke ta mer enn 12 måneder. Gjennomsnitts- og maksimumskonsentrasjoner av U, Th og K i svartskifer i delområde nord (Tabell 4) er benyttet for å anslå konsentrasjonen i svartskiferpartiklene. Estimert utslipp av radionuklider som følge av partikkelspredning fra svartskifer i tiltaksperioden er gitt i Tabell 13 og Tabell 14.

Tabell 13. Estimert konsentrasjon av uran, thorium og kalium i anleggsvann som følge av konsentrasjonen av elementene i suspendert stoff på 50 mg/l. Konsentrasjonene i fast stoff er hentet fra

Utrekning		U		Th		K	
		Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
Konsentrasjon i fast stoff (mg/kg)		59,2	181	9,8	18,80	0,00036	0,0004
50 mg/l SS	Konsentrasjon i vann som følge av partikulært materiale (µg/l)	2,96	9,05	0,49	0,94	0,000018	0,00002
Utslipp/døgn (mg)		148	452,5	24,5	47	0,0009	0,001

Utslipp av radionuklider løst i vann

Hvor mye uran, thorium og kalium som løses i vann i kontakt med svartskifer/svartskiferholdige løsmasser avhenger av flere faktorer som oppholdstid, pH, innhold av radionuklider i materialet og kornstørrelse. Grenseverdiene for utslipp av Th-nat og U-nat er like [11], mens aktiviteten av Th-nat (²³²Th) er kun en tredjedel av U-nat (²³⁸U). Siden thorium er svært lite løselig, anses bidraget fra løst thorium å være neglisjerbart i videre beregninger og spredning av radionuklider løst i vann er hovedsakelig forventet å være uran. Kalium er også løselig, men ettersom ⁴⁰K kun er en liten andel av totalt kalium som løses i vann er spredningen med vann ikke så betydelig.

NGI sin rapport [15], beregnet utlekkingsrater for uran (U), thorium (Th) og stabilt kalium (K) ved hjelp av de målte konsentrasjonene i vann i sjakter og en hydrogeologisk modell. Tabell 14 viser daglige utlekkingsrater, mens Tabell 15 viser årlige utslipp av radionuklider.

Tabell 14. Beregnet daglige utlekkingsrater for ulike stoffer fra delområde nord og sør av svartskiferfyllingen ved Taraldrud [1] i Nordre Follo kommune.

Uran løst i vann	Enhet	Delområde nord		Delområde sør	
		Median	Maks	Median	Maks
Uran	Kg/dag	0,1	0,4	0,007	0,012
Uran	kBq/dag	1694	4379	82	149
Thorium	kg/dag	0,0019	0,0026	0,000006	0,000006
Thorium	kBq/dag	7,6	10,7	0,025	0,025
Kalium (stabilt)	kg/dag	0,24	0,74	0,29	1,15
40K	kBq/dag	7,5	23,1	9,1	36,0
Total	kBq/dag	1709	4413	91	185

Tabell 15. Beregnet årlige utlekkingsrater for ulike stoffer fra hele svartskiferfyllingen ved Taraldrud i Nordre Follo kommune [15].

Uran løst i vann	Enhet	Hydrogeologisk modell		Delområde nord
		Median	Maks	
Uran	kg/år	52	134	36,5
Uran	MBq/år	648	1653	452,6
Thorium	kg/år	0,7	1	0,693
Thorium	MBq/år	2,8	3,9	2,81
Kalium (stabilt)	kg/år	193	688	87,6
40K	MBq/år	6,0	22	2,78
Total	MBq/år	657	1678	582,9

Rensedammen er forventet å redusere utslipp av både partikulært bundne radionuklider (sedimentasjon) og radionuklider løst i vann [19]. Den skal sikre helårs rensing av sigevann fra aluskerfyllingen i nord, slik at spredning av sur avrenning, metaller og eventuelle radioaktive stoffer til Snipetjernbekken reduseres i tråd med myndighetspålegg og tiltaksplan.

Rensedammen er estimert å ha en renseeffekt for uran på $\approx 88\%$ ved nøytral pH (7) og 70% ved lavere pH (<7). Rensedammen vil ha en betydelig effekt på faktiske utslipp til Snipetjernbekken, men dette er avhengig av at rensedammen driftes og vedlikeholdes som prosjektert. Tabell 16 viser modellert konsentrasjoner med 80% renseeffekt i rensedammen.

Resultatene fra beregningene viser overskridelse av grenseverdien for total aktivitet.

Tabell 16. Beregnet årlige utlekkingsrater for ulike stoffer fra hele svartskiferfyllingen ved Taraldrud i Nordre Follo kommune [15] med 80% renseeffekt.

Uran løst i vann	Enhet	Hydrogeologisk modell		Delområde nord
		Median	Maks	

Uran	kg/år	8,32	21,44	5,84
Uran	MBq/år	103,68	264,48	72,416
Thorium	kg/år	0,112	0,16	0,11088
Thorium	MBq/år	0,448	0,624	0,4496
Kalium (stabilt)	kg/år	30,88	110,08	14,016
40K	MBq/år	0,96	3,52	0,4448
Total	MBq/år	105,12	268,48	93,264