



Greenland Minerals A/S
Projekt Kvanefjeld
Environmental Impact Assessment
(Vurdering af Virkninger på Miljøet)

13. december 2020

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
1.1	Projektoversigt.....	1
1.2	Proces for Vurdering af Virkninger på Miljøet	3
1.2.1	Undersøgelsesområde.....	3
1.3	Udfærdigelsen af denne rapport	3
1.4	Forklaring om bilag	3
2.	Ikke-teknisk sammenfatning.....	6
2.1	Projektbeskrivelse	6
2.2	Proces for vurdering af virkninger på miljøet	8
2.3	Høringer afsluttet til dags dato	10
2.4	Overvejede alternativer	11
2.5	Vurdering af påvirkninger	14
2.5.1	Fysisk miljø.....	14
2.5.2	Atmosfæriske påvirkninger	19
2.5.3	Radiologiske påvirkninger	21
2.5.4	Vandmiljø.....	24
2.5.5	Affaldshåndtering	28
2.5.6	Biodiversitet.....	29
2.5.7	Lokal brug og kulturarv.....	33
2.5.8	Vurdering af kumulative påvirkninger	34
2.6	Målsætning for nedlukning og afvikling.....	35
2.7	Vurdering af miljørisici	35
3.	Projektbeskrivelse	47
3.1	Projektramme	47
3.1.1	Oversigt over hidtidig efterforskning af råstoffer	47
3.1.2	Hvad udvindes og hvorfor	48
3.1.3	Lokalsamfundet	48
3.2	Oversigt over driften.....	49
3.3	Projektets faser	51
3.4	Minen	51
3.5	Depot til gråbjerg (WRS)	53
3.6	Koncentrator og raffinaderi	53
3.6.1	Svovlsyreanlæg.....	55
3.6.2	Saltsyreanlæg (chloralkali-anlæg)	57

3.6.3	Anlæg til deponering af tailings (TSF) – Oversigt	59
3.6.4	TSF – Drift	62
3.6.5	Tailings fra flotation.....	65
3.6.6	Tailings fra raffinaderiet	66
3.6.7	Kemiske og radiologiske egenskaber i tailings	66
3.7	Havnefaciliteter.....	67
3.8	Håndtering af radioaktivt materiale	68
3.8.1	Generel styring	68
3.9	Vandforvaltning	69
3.9.1	Vandbalance	69
3.9.2	Forvaltning af overfladevand.....	70
3.9.3	Vandudledning	71
3.10	Supportinfrastruktur.....	71
3.10.1	Administration og indkvartering	71
3.10.2	Transportfaciliteter.....	72
3.10.3	Elektricitets- og brændstofforsyning.....	73
3.10.4	Håndtering af husholdnings- og industriaffald.....	73
3.10.5	Håndtering af farligt materiale	73
3.10.6	Indhegning.....	73
3.10.7	Opbevaring og håndtering af farligt gods.....	74
3.10.8	Sikkerhed angående nukleare produkter	74
3.10.9	Rørledninger	74
3.11	Brugen af reagenser.....	75
3.12	Arbejdskraft og ydelser.....	79
3.13	Projektets fodaftryk	79
3.14	Afvikling, nedlukning og genetablering	79
4.	Lovmæssige rammer.....	81
4.1	Indledning	81
4.2	Lovgivning angående Grønland	81
4.2.1	Loven om de grønlandske råstofressourcer	83
4.2.2	Nationale retningslinjer	83
4.3	Internationale forpligtelser	84
4.4	Transportbestemmelser	85
4.5	Internationale sikkerhedsforpligtelser.....	85
5.	Projektalternativer	87
5.1	Undladelse af udvikling af projektet	87

5.2	Procesalternativer	87
5.2.1	Scenarie 1: Kun koncentrator	87
5.2.2	Scenarie 2: Mekanisk (koncentrator) og kemisk bearbejdning (raffinaderi).....	88
5.2.3	Scenarie 3: Separationsanlæg i Grønland	88
5.3	Alternative placeringer af anlægget	88
5.4	Mulige placeringer af havnen	90
5.5	Indkvartering.....	90
5.6	Alternativer for håndtering af tailings	91
5.6.1	Evaluering af muligheder.....	92
5.7	Energialternativer	105
6.	Metode for vurderingen af virkninger på miljøet.....	106
6.1	Indledning	106
6.2	Metode og struktur for vurderingen af påvirkningerne	107
6.3	Potentielle påvirkninger.....	109
6.4	Vurdering af påvirkningernes betydning	110
6.5	Metode til risikovurdering	111
7.	Fysisk miljø	112
7.1	Eksisterende miljø.....	112
7.1.1	Klima	112
7.1.2	Topografi	113
7.1.3	Geologi og jordarter	113
7.1.4	Seismicitet	115
7.2	Potentielle påvirkninger.....	116
7.3	Vurdering af påvirkninger	116
7.3.1	Fysisk ændring af landskabet og reduceret landskabsæstetik.....	116
7.3.2	Erosion	117
7.3.3	Støj og vibration	117
7.3.4	Lysemissioner	121
7.3.5	Fysisk ændring af landskabet som følge af en seismisk begivenhed.....	121
7.4	Afbødende foranstaltninger	122
7.5	Forventede påvirkninger.....	123
8.	Atmosfæriske omgivelser	125
8.1	Eksisterende miljø.....	125
8.2	Potentielle påvirkninger.....	126
8.3	Vurdering af påvirkninger	126
8.3.1	Støv.....	126

8.3.2	Gasformige emissioner.....	136
8.3.3	Drivhusgasser	138
8.4	Afbødende foranstaltninger	139
8.5	Forventede påvirkninger.....	140
9.	Radiologiske emissioner.....	141
9.1	Eksisterende miljø.....	141
9.2	Potentielle påvirkninger.....	145
9.3	Vurdering af påvirkninger	145
9.3.1	Udslip til luft, land og vand.....	145
9.3.2	Udslip til land eller vand.....	152
9.3.3	Udslip fra brud på TSF-anlægget	154
9.3.4	Frigivelse af aerosoler fra TSF.....	175
9.4	Afbødende foranstaltninger	177
9.5	Forventede påvirkninger.....	177
10.	Vandmiljø.....	179
10.1	Eksisterende miljø.....	179
10.1.1	Overfladevand	179
10.1.2	Havmiljøet	183
10.1.3	Grundvand.....	185
10.2	Potentielle påvirkninger.....	187
10.3	Vurdering af påvirkninger	187
10.3.1	Ændring af hydrologiske processer	187
10.3.2	Drift af TSF-anlægget.....	189
10.3.3	Brud på TSF-dæmningen	196
10.3.4	Aerosoler fra TSF	203
10.3.5	Påvirkning på drikkevandsforsyningen i Narsaq.....	205
10.3.6	Forvaltning af overskydende vand	207
10.3.7	Afstrømning fra gråbjerg	213
10.3.8	Minevand ved nedlukning	214
10.3.9	Udslip af kulbrinter og kemikalier	214
10.3.10	Risiko for udslip af procesvand.....	216
10.4	Afbødende foranstaltninger	216
10.5	Forventede påvirkninger.....	218
11.	Affaldshåndtering	220
11.1	Nuværende situation	220
11.2	Potentielle påvirkninger.....	220

11.3	Vurdering af påvirkninger	220
11.3.1	Affaldshåndtering	220
11.4	Afbødende foranstaltninger	221
11.5	Forventede påvirkninger.....	221
12.	Biodiversitet	222
12.1	Eksisterende miljø	222
12.1.1	Vegetation	222
12.1.2	Fauna	223
12.1.3	Truede arter og vigtige samfund	232
12.2	Potentielle påvirkninger.....	234
12.3	Vurdering af påvirkninger	234
12.3.1	Forstyrrelse af habitat for terrestrisk fauna og flora.....	234
12.3.2	Forstyrrelse af habitat for ferskvandsarter	236
12.3.3	Forstyrrelse af levesteder for marin fauna.....	236
12.3.4	Kontaminering af habitat for terrestrisk fauna og flora	237
12.3.5	Kontaminering af ferskvandshabitater.....	239
12.3.6	Kontaminering af marine habitater	240
12.3.7	Forøget påkørsel af terrestrisk fauna	242
12.3.8	Invasive ikke-indfødte marine arter	242
12.4	Afbødende foranstaltninger	243
12.5	Forventede påvirkninger.....	243
13.	Lokal brug og kulturarv	246
13.1	Eksisterende miljø	246
13.1.1	Arkæologi og kulturarv	247
13.2	Potentielle påvirkninger.....	248
13.2.1	Begrænsning af den lokale brug.....	248
13.2.2	Forstyrrelse af kulturarvssteder	249
13.3	Afbødende foranstaltninger	250
13.4	Forventede påvirkninger.....	250
14.	Vurdering af kumulative påvirkninger	252
14.1	Indledning	252
14.2	Fysiske og tidsmæssige grænser	253
14.3	Øvrige aktiviteter og sociale og miljømæssige stressfaktorer	253
14.4	Oprindelig status for VEC'er.....	257
14.5	Kumulative påvirkninger på VEC'er	260
14.6	Oversigt over potentielle kumulative påvirkninger pr. afsnit om Vurderingen af Virkninger på Miljøet (EIA).....	264

15.	Vurdering af miljørisici	271
15.1	Risikoidentifikation	271
15.2	Risikoanalyse og vurdering	272
15.3	Resultater	276
16.	Litteraturliste	288

Oversigt over tabeller

Tabel 1	Projektsammendrag	7
Tabel 2	Vigtige interessenter.....	10
Tabel 3	Oversigt over gennemførte vurderinger af virkninger på miljøet	36
Tabel 4	Projektets faser.....	51
Tabel 5	Oversigt over sammensætning af gas udledt fra SAP.....	56
Tabel 6	Produktion af tailings.....	61
Tabel 7	Tailings-materialets kemiske og radiologiske egenskaber	67
Tabel 8	Oversigt over anvendte reagenser	76
Tabel 9	Projektets fodaftryk.....	79
Tabel 10	Bekendtgørelser om helbred og sundhed på arbejdspladsen med relevans for projektet og for sikkerhed	82
Tabel 11	Naalakkersuisuts retningslinjer for Vurderinger af Virkninger på Miljøet	83
Tabel 12	Internationale uranrelaterede konventioner og traktater	84
Tabel 13	Vurdering af påvirkning for hvert kriterie for hver placering	96
Tabel 14	Sammenlignende evaluering af tildækningsmuligheder – Nedlukningsmål ([77] - Tabel 3.1)	102
Tabel 15	Sammenligning af vægtede bedømmelser for ”våd” vs ”tør” tildækning ([77] - Tabel 3.5)	103
Tabel 16	Potentielle påvirkninger	109
Tabel 17	PGA (Peak Ground Acceleration, maksimal acceleration i jorden) for Kvanefjeld TSF - designparametre baseret på gennemsnitlige værdier i udredning af fare (Mean Hazard Deaggregation) ([92] - Tabel E.2)	115
Tabel 18	Deformationsestimater - TSF-dæmninger - MCE ([75] - Tabel 7-5)	122
Tabel 19	Forventede resultater for det fysiske miljø	123
Tabel 20	Årlige PM ₁₀ -emissioner for hver projektfase ([19] - Tabel 2-22, 2-23).....	127
Tabel 21	Sammendrag af kriterier for vurdering af luftkvalitetsindvirkninger [19].....	128
Tabel 22	Oversigt over kriterier for vurdering af indvirkningen på luftkvaliteten ([19] - Tabel 1-9)	129
Tabel 23	Anslåede årlige mængder støv, der produceres fra de primære minedriftsaktiviteter	130
Tabel 24	Forudsete maksimale 24-timers støvniveauer (isoleret), sammenlignet med vurderingskriterier ([19] - ES-1)	130
Tabel 25	Maksimale koncentrationer af metaller i udledt støv – vist efter støvkilde	135
Tabel 26	Sammenligning af maksimale aflejringer af metal i forhold til Grønlands grænseværdier [45]	135
Tabel 27	Sammenligning af forventede emissionskoncentrationer af svovlforbindelser i forhold til grænsekriterier (kumulativ påvirkning) ([19] - Tabel ES-2)	137

Tabel 28	Sammenligning af forventede emissionskoncentrationer af kvælstofoxider i forhold til grænsekriterier (kumulativ påvirkning) ([19] - Tabel ES-2)	137
Tabel 29	IPCC emissionsfaktorer ([20] - IPCC 2006).....	138
Tabel 30	Forventede resultater for de atmosfæriske omgivelser.....	140
Tabel 31	Koncentrationer af radioaktive elementer i partikler (PM10, omgivende luft) ([5] - Tabel 21).....	142
Tabel 32	Oversigt over terrestrisk gammaeksponering i projektområdet og de omkringliggende områder ([5] - Tabel 23).....	143
Tabel 33	Målinger af baggrundsstråling fra radioaktivitet i jord og sedimenter fra undersøgelsesområdet ([5]- Tabel I-12, I-14)	143
Tabel 34	Koncentrationer af radionuklider i vand i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 26)	144
Tabel 35	Målinger af radioaktivitet i lav og græs fra Narsaq-dalen og referencestation ([5] - Tabel I-15)	145
Tabel 36	Radonfrigivelseshastighed - Projektaktiviteter ([6] - Tabel 5-1).....	147
Tabel 37	Radon emissionsrater under drift ([6] - Tabel 5-3).....	148
Tabel 38	Modelberegnete kumulative koncentrationer af COPC i lav i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 56)	149
Tabel 39	Modellerede kumulative koncentrationer (fra baggrund og projekt) af COPC i pattedyr og fugle i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 63).....	149
Tabel 40	Anslået samlet dosis (mGy/d) for lav, et udvalg af plantegrupper, pattedyr og marine fisk ([5] - beregnet ud fra Tabel 66).....	150
Tabel 41	Grænseværdier for referencedosis anvendt ved vurderingen ([5]- Tabel 19)	151
Tabel 42	SIV for marine dyr og planter ([5] - Tabel 43)	151
Tabel 43	SIV for landlevende pattedyr og planter ([5] - Tabel 44b).....	152
Tabel 44	SIV for fugle ([5] - Tabel 63)	152
Tabel 45	Transportulykker med farligt gods pr. million tonkilometer - statistikker fra Nordamerika ([3] - Tabel 14)	154
Tabel 46	Forventede koncentrationer af U, Th, Ra-228 i FTSF-vand ([110] - Tabel 4.1)	161
Tabel 47	Radionuklidkoncentrationer i Narsap Ilua under en overløbshændelse ([110] - Tabel 4.2)	161
Tabel 48	Vandkoncentration anvendt i dosisberegninger - kanaldannelse ([110] - Tabel 4.3)	162
Tabel 49	Radionuklidkoncentrationer i faste stoffer fra tailings i FTSF anvendt til dosisberegning ([110] - Tabel 4.4)	163
Tabel 50	Anslået dosis fra indtagelse af fisk fra Narsap Ilua ([110] - Tabel 4.5)	165
Tabel 51	Parametre for kontamineret zone ([110] - Tabel 4.6)	167
Tabel 52	Data for ophold, indånding og ekstern gammastråling ([110] - Tabel 4.7)	168
Tabel 53	Samlet dosis ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.8)	169

Tabel 54	Eksponeringsvejdosis ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminerede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.9).....	169
Tabel 55	Betydelig ekstern eksponeringsvejdosis af nuklider ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminerede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.10)	169
Tabel 56	Koncentrationer anvendt i følsomhedsberegning ([110] - Tabel 4.11)	171
Tabel 57	Sammendrag af virkningerne fra radiologisk eksponering for scenarier med utilsigtet frigivelse ([110] - Tabel 4.13)	172
Tabel 58	Anslået mængde uran (kg/år) deponeret i Narsaqs drikkevandsindvindingsområde ([59] - Tabel 7.7)	176
Tabel 59	Forventede resultater for radiologiske emissioner	177
Tabel 60	Karakteristiske udledninger på udvalgte steder i afvandingsområdet for Narsaq-elven ([51] - Tabel 3.6)	180
Tabel 61	Eksempel på fluoridkoncentrationer (mg/l) i overfladevand - august 2009 ([53] - Tabel 4-5)	181
Tabel 62	Beskrivelse af tærskelfjorde ([17] - Tabel 4.1)	183
Tabel 63	Tidsplan og milepæle for faciliteterne til håndtering af tailings	190
Tabel 64	Modelresultater fra IDEAS® for år 49, 59 og 93 nedstrøms for kontrolpunkt C ([53] - Tabel 5-3)	194
Tabel 65	Sammenligning af kriterier for nuleffektkoncentrationer (PNEC) for reagenser og modelberegnete koncentrationer ved kontrolpunkt C ([53] – Tabel 5-5)	195
Tabel 66	Opsummering af kvaliteten i tailings porevand, supernatant og elvvand ([126] – Tabel 2.4)	198
Tabel 67	Opsummering af de modellerede situationer ([126] - Tabel 3.1)	199
Tabel 68	Situation 1: Sammenlægning af beregninger for afslutning af driftsperioden (mg/l) ([126] - Tabel 3.2)	200
Tabel 69	Situation 2: Sammenlægning af beregninger for våd dækning efter nedlukning (mg/l) ([126] - Tabel 3.3)	200
Tabel 70	Situation 3: Sammenlægning af beregninger for tør dækning efter nedlukning (mg/l) ([126] – Tabel 3.4)	201
Tabel 71	Sammenlægning af vurderede radionuklider under et svigt (ved afslutningen af driften)	202
Tabel 72	Potentiel mængde fluorid (kg/år) aflejret i Narsaqs afvandingsområde for drikkevand ([59] - Tabel 7.6)	204
Tabel 73	Maksimal koncentration af elementer ved kontrolpunkt C fra aerosol-aflejring nedstrøms for TSF under føhn-hændelser ([59] - Tabel 7-3 og 7-4)	205
Tabel 74	Maksimal koncentration af reagenser ved kontrolpunkt C fra aerosolaflejring under føhn-hændelser ([59] - Tabel 7-3 og 7-4)	205
Tabel 75	Grønlandske (og canadiske*) retningslinjer og basiskoncentrationer for vand i Nordre Sermilik	209
Tabel 76	PNEC for udvalgte kemiske stoffer og den nødvendige fortynding, der kræves for at opfylde grænseværdien for PNEC ([17] - Bilag C, Tabel 7-4)	210

Tabel 77	Forventede resultater for vandmiljøet	218
Tabel 78	Forventede resultater for affaldshåndtering.....	221
Tabel 79	Plantesamfund [57]	222
Tabel 80	Potentielt forekommende fuglearter [57].....	225
Tabel 81	Potentielt forekommende marine arter [57]	228
Tabel 82	Registrerede truede arter på halvøen Erik Aappalaartup Nunaa [57]	232
Tabel 83	Forventede resultater for biodiversiteten.....	243
Tabel 84	Forventede resultater for lokal brug og kulturarv	251
Tabel 85	VEC'er og fysiske grænser.....	253
Tabel 86	Øvrige stressfaktorer og aktiviteter.....	254
Tabel 87	Modstandsdygtighed i VEC'er.....	258
Tabel 88	Omfanget af de kumulative påvirkninger	261
Tabel 89	Betydning af påvirkning	264
Tabel 90	Potentielle kumulative påvirkninger forbundet med biodiversitet.....	269
Tabel 91	Klassifikation af konsekvens	273
Tabel 92	Klassifikation af sandsynlighed	276
Tabel 93	Risikoklassifikationsoversigt	276
Tabel 94	Risikovurdering	277

Oversigt over Figurer

Figur 1	Lokalitet for projektet.....	2
Figur 2	Undersøgelsesområde	5
Figur 3	Kort over Kujalleq Kommune med byer og bygder (kilde: www.kujalleq.gl)	6
Figur 4	Østlig placering	12
Figur 5	Vestlig placering.....	12
Figur 6	Lokalitet for projektet.....	15
Figur 7	Undersøgelsesområdet.....	16
Figur 8	Udsigt over det udviklede projekt fra Narsaq by (Google Earth 2018)	16
Figur 9	Beregnet støjbelastning i og omkring den nye havn i driftsfasen	18
Figur 10	Hydrologiske oplandsområder	24
Figur 11	Kort over placeringen af projektets komponenter.....	50
Figur 12	Kort over placeringen af minens komponenter ved maksimalt fodaftryk (år 37).....	52
Figur 13	3D-tegning af lokaliteten for forarbejdningsanlægget.....	53
Figur 14	Primære procestrin i anlægget	55
Figur 15	TSF.....	61

Figur 16	Tværsnit af dæmningen ved anlægget til deponering af tailings med kemiske rester (CRSF) (øverst) og anlægget til deponering af tailings (FTSF) (nederst) i år 37	61
Figur 17	Skematisk oversigt over driftsfasen.....	62
Figur 18	Skematisk oversigt over nedlukningsfasen.....	63
Figur 19	Skematisk oversigt over afslutningen af nedlukningsfasen.....	64
Figur 20	Skematisk oversigt over fasen efter nedlukning	65
Figur 21	Strømningsdiagram over koncentratorens vandrensningsanlæg	66
Figur 22	Udformning af havnen.....	68
Figur 23	Vandbalance	70
Figur 24	Placering af landsby og midlertidig lejr til anlægsarbejdere	72
Figur 25	Indhegning	74
Figur 26	Landskabsform efter nedlukning	80
Figur 27	Østlig placering	89
Figur 28	Vestlig placering.....	89
Figur 29	Alternative placeringer af havn	90
Figur 30	3D-visning af alternativer for deponering af tailings.....	93
Figur 31	Alternativer for opbevaringsanlæg til tailings	93
Figur 32	Design for tør deponering af tailings	97
Figur 33	Design for våd deponering af tailings	99
Figur 34	Snittegning af tør tildækning af TSF.....	102
Figur 35	Vindretninger og vindhastigheder registreret af Kvanefjeld vejrstation.....	112
Figur 36	Højder og konturer	113
Figur 37	Omrids af Ilimaussaq-komplekset	114
Figur 38	Hvor Lujavrit er synligt(mørkegrå).....	114
Figur 39	Udsigt over det udviklede projekt fra Narsaq by (Google Earth 2018)	116
Figur 40	Beregnet støjbelastning for mine- og forarbejdningsanlæg under driften	119
Figur 41	Beregnet støjbelastning langs vejen fra havn til mine og i det nye havneområde.....	120
Figur 42	Beregnet støjbelastning i og omkring den nye havn i driftsfasen	120
Figur 43	Placering af kontrolstationer til måling af emissioner.....	125
Figur 44	Maksimal 24-timers koncentrationer af luftbårne partikler (TSP) i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kumulative).....	131
Figur 45	Maksimal 24-timers koncentrationer af PM_{10} partikler i $\mu\text{g}/\text{m}^3$	132
Figur 46	Maksimal 24-timers koncentrationer af $\text{PM}_{2,5}$ -partikler i $\mu\text{g}/\text{m}^3$	133
Figur 47	Maksimal 1-times aflejring af støv - kumulativ ($\text{g}/\text{m}^2/\text{måned}$)	134
Figur 48	Udledningsrute fra FTSF til fjorden i tilfælde af potentielt svigt	155

Figur 49	Dæmning - Foring opstrøms ([1] - Tegning 002-1020)	155
Figur 50	Teoretisk rørbrud ([110] - Figur 3.2).....	156
Figur 51	Maksimal dybde - ifølge brudparametre fra Rico et al. (2008) og Froehlich (2008) ([110] - Figur 3.5).....	159
Figur 52	Maksimal hastighed - på grundlag af brud beskrevet i Rico et al. (2008) og Froehlich (2008) ([110] - Figur 3.8).....	159
Figur 53	Placering af kontrolpunkt C	175
Figur 54	Taseq-elven og afvandingsområderne	179
Figur 55	Placering af overvågningssteder for vandkvalitet	181
Figur 56	Fluoridkoncentrationer i afvandingsområdet ([53] - Figur 4.8).....	182
Figur 57	Havmiljøet.....	184
Figur 58	Placering af dæmning til råvand	188
Figur 59	Drænkanal (eksempel).....	188
Figur 60	Koncentration af uran i FTSF og CRSF gennem projektets levetid, som beregnet med GoldSim	192
Figur 61	Koncentration af fluorid i FTSF og CRSF gennem projektets levetid, som beregnet med GoldSim	193
Figur 62	Varighed af fluoridbufferbelastning i fønhændelser ved 10 % deponering ([59] - Figur 7-6).....	204
Figur 63	Kilder til drikkevand i Narsaq.....	206
Figur 64	50 procent-percentilen for fortyndingsfaktorer ved en indføringsdybde på -40 m i sommerhalvåret (spredningsområdet er lidt mindre i vinterhalvåret) ([16] - Figur 7-1e).....	211
Figur 65	Lodret profil af 50 procent-percentilen for fortyndelsesfaktorer ved en udledningsdybde på -40 m i sommerhalvåret ([16] - Figur 7-2e,f).....	212
Figur 66	Fortyndingskrav for at elementer opfylder baggrunds niveauer eller PNEC-værdier.....	213
Figur 67	Vigtige områder til overvintring for havfugle ud for Sydgrønland og i nærliggende fjorde	227
Figur 68	Fordelingen af fjeldørred i elve, vandløb og søer på halvøen Erik Aappalaartup Nunaa.....	230
Figur 69	Sjælden flora i projektområdet	233
Figur 70	Økologisk beskyttede områder i det sydlige Grønland	234
Figur 71	Steder af arkæologisk interesse ved Narsaq/Kvanefjeld (Kilde: http://nunniffiit.natmus.gl)	247
Figur 72	Kujataa-områderne på UNESCO's Verdensarvsliste (UNESCO, 2017)	248
Figur 73	Steder af arkæologisk interesse	250
Figur 74	Beliggenheden af TANBREEZ-projektet i forhold til Narsaq (Kilde: VVM-dokumentet for TANBREEZ (2013))	255
Figur 75	Ilimaussaq-komplekset (www.ggg.gl).....	256

Figur 76	Undersøgte områder angående lokal brug.....	260
Figur 77	Betydning af påvirkninger på VEC'er	264
Figur 78	AS/NZS 31000:2009 Risikostyring - Principper og retningslinjer	271

Bilag

Bilag A – Environmental Management Plan (miljøforvaltningsplan)	297
Bilag B – Konceptuel plan for nedlukning og afvikling af projektet	304
Bilag C – Konceptuelt miljøovervågningsprogram for projektet.....	309

Oversigt over forkortelser og akronymer

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
\$ / USD	Amerikanske dollars
A/S	Aktieselskab
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome (erhvervet immundefektsyndrom)
ALARA	As low as reasonably achievable (så lavt som rimeligt muligt)
ANCOLD	Australian National Committee on Large Dams
ASDSO	Association of Dam Safety Officials
BAT	Best Available Technology (bedst tilgængelige teknik)
BCL	Chloridholdig væske efter udfældning
BFS	Bankable Feasibility Study (lønsomhedsundersøgelse)
Bn	Milliard (mia.)
Bq	Becquerel, måleenhed for radioaktivitet
BREF	Best Available Techniques (BAT) Reference Document
BWM	International konvention for kontrol og håndtering af skibes ballast vand og sedimenter
C	Celsius
C.E.	Common Era (eller Anno Domini (AD)) – efter Kristi Fødsel (e.Kr.)
CALPUFF	Et standard redskab udpeget af miljøbeskyttelsesmyndigheden i USA (Environmental Protection Agency) som det foretrukne modelredskab til luftkvalitetsmodellering
CAP	Chlor-Alkali Plant (Chlor-alkali produktionsanlæg)
Capex	Kapitaludgifter
COD	Kemisk iltforbrug
COPC	Potentielt problematiske kontaminerende stoffer (Contaminants of potential concern)
CRSF	Chemical Residue Storage Facility (anlæg til deponering aftailings fra raffinaderiet)
dB	Decibel
dB(A)	Decibel A-vægtning
DCE	Nationalt Center for Miljø og Energi
DCP	Dust Control Plan (støvkontrolplan)
DHI	DHI Water and Environment
DKK	Danske kroner

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
DMA	Danish Maritime Authority (Søfartsstyrelsen)
DMP	Dust Management Plan (støvhåndteringsplan)
DWT	Dead Weight Tonnage (ton dødvægt)
EAMRA	Miljøstyrelsen for Råstofområdet
EBRD	Den Europæiske Bank for Genopbygning og Udvikling
EC	European Community (Det Europæiske Fællesskab)
EIA	Environmental Impact Assessment (Vurdering af Virkninger på Miljøet, VVM)
EL	Exploration License (efterforskningslicens)
EMP	Environmental Management Plan (miljøledelsessystem)
ERA	Environmental Risk Assessment (Miljørisikovurdering)
ERM	ERM Ltd
et al.	Et alii (og andre)
EU	Den Europæiske Union
FASSET	Framework for Assessment of Environmental Impact (ramme for vurdering af miljøpåvirkning)
FIFO	Fly-In Fly-Out (flyv ind, flyv ud)
FoS	Factor of Safety (sikkerhedsfaktor)
FS	Feasibility Study (lønssomhedsstudie)
FTSF	Flotation Tailings Storage Facility (anlæg til deponi til flotationstailings)
GA	Grønlands Arbejdsgiverforening
GE	Grønlands Erhverv
GEUS	Geological Survey of Greenland and Denmark (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland)
GHD	GHD Pty Ltd
GHG	Greenhouse gas(es) (drivhusgas(ser))
GINR	Grønlands Naturinstitut
GMAS	Greenland Minerals A/S
GML	Greenland Minerals Limited
GoG	Naalakkersuisut (Grønlands Selvstyre)
GRAIN	Sammenfattende rapport om landbrug i Grønland udarbejdet for Greenland Agricultural Initiative
GWQC	Greenland Water Quality Criteria (grønlandske retningslinjer for drikkevandskvalitet)

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
ha	Hektar
HDPE	Høj-densitet polyethylen
HFO	Heavy Fuel Oil (svær brændselsolie)
HVAS	High Volume Air Sampler (luftprøvestyr med stor kapacitet)
IAEA	Det Internationale Atomenergiagentur
ICCM	International Council on Mining and Metals (Det Internationale Råd for Minedrift og Metal)
ICOLD	International Convention on Large Dams (international konvention angående store dæmninger)
ICRP	Den Internationale Kommission for Strålingsbeskyttelse
IFC	International Finance Corporation (det Internationale Finansieringsinstitut)
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code (regler for skibstransport af farligt gods)
IMO	Den Internationale Søfartsorganisation
INTAKE	Model udviklet til brug ved simulering af miljøspredning, optagelse og risiko som følge af eksponering for radionuklider, stabile metaller og uorganiske stoffer, der frigives til miljøet (f.eks. luft, vand, grundvand, jord)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (FN's klimapanel)
ISPS	International Ship and Port Facility Security (regler om sikkerhedsforanstaltninger for skibe og havne)
IUCN	World Conservation Union (international organisation for naturbevarelse)
JORC	Joint Ore Reserves Committee (australsk organisation, som beskæftiger sig med rapportering om malmfund)
km	Kilometer
km ²	kvadratkilometer
L	liter
LCD	LCD-skærm
LTIFR	Lost Time Injury Frequency Rate (frekvens af arbejdsskader med tabt arbejdstid)
M	Million
m ²	Kvadratmeter
m ³	Kubikmeter
MARPOL	International konvention om forebyggelse af forurening fra skibe
MCE	Maximum Credible Earthquake (maksimalt forventeligt jordskælv)

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
MCP	Mine Closure Plan (minenedlukningsplan)
MEND	Mine Environment Neutral Drainage (program til forebyggelse af syre-afløb fra miner)
MFA	Danish Ministry of Foreign Affairs (Udenrigsministeriet)
MLSA	Råstofstyrelsen i Grønland
mm	Millimeter
Mm3	Millioner kubikmeter
mps	Metres Per Second (meter pr. sekund)
MRA	Mineral Resources Act (råstofloven)
mRL	Metres Relative Level (Meter relativ højde - målreference inden for landmåling)
mSv	Millisievert, enhed for strålingsdosis
Mt	Millioner tons
Mtpa	Millioner tons pr. år
MW	Megawatt
MWEI	Management of Waste from Extractive Industries (håndtering af affald generet af udvindingsindustrier)
NAAQO	National Ambient Air Quality Objectives (nationale mål for luftkvalitet, Canada)
NCA	Nuklear samarbejdsaftale
NEA	Nuclear Energy Agency (et atomenergiagentur inden for OECD)
NKA	Greenland National Museum and Archives (Grønlands Nationalmuseum)
NPV (NNV)	Nettonutidsværdi
NSIS	Navigational Safety Investigation Study (undersøgelse af navigationssikkerhed)
OBE	Operating Basis Earthquake (forventet jordskælv)
OCE	Operating Cost Estimate (anslåede driftsomkostninger)
OECD	Organisationen for Økonomisk Samarbejde og Udvikling
OPRC	International konvention om beredskab, bekæmpelse og samarbejde ved olieforurening
OSPAR	Oslo/Paris convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (Konventionen til beskyttelse af havmiljøet i det nordøstlige Atlanterhav)
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (polycykliske aromatiske kulbrinter)
PBT	Persistent, bioakkumulerbar og toksisk

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
PEL	Pacific Environment Limited
PM	Partikler (Particulate Matter)
PNEC	Predicted No Effect Concentration (den koncentration, hvorved der ikke forventes nogen påvirkning)
ppm	andele pr. million
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Assessment (vurdering af probabilistisk seismisk fare)
REE(s)	Rare Earth Element(s) (sjældne jordarters metaller)
REMC	Mineralkoncentrat af sjældne jordarters metaller
REO	Oxid af sjælden jordarters metaller
RoM	Run of Mine (råmalm)
SAP	Sulphuric Acid Plant (produktionsanlæg til svovlsyre)
SEE	Safety Evaluation Earthquake (jorskælv, som en konstruktion udformes til at modstå)
SIA	Social Impact Assessment (Vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed, VSB)
SIK	Grønlands Arbejderforbund
SIV	Screening Index Value (indeksværdi anvendt i screening)
Sv	Sievert (måleenhed for strålingsdosis / biologisk effekt af ioniserende stråling)
t	Ton
tCO ₂ e	Tonnes of Carbon Dioxide Equivalent (mål svarende til tons CO ₂ -ækvivalenter)
TDS	Total Dissolved Solids (opløste faste stoffer i alt)
ToR	Terms of Reference (kommissorium)
tpd	Tons pr. dag
TSF	Anlæg til deponering af tailings
TSP	Total partikelkoncentration (totalstøvfraktion)
TWP	Treated Water Placement (placering af rensset vand)
UK	Storbritannien
UNESCO	FN's organisation for uddannelse, videnskab, kultur og kommunikation
UNSCEAR	De forenede Nationers Videnskabelige Komité vedrørende Effekterne af Atomstråling
USEPA	US Environmental Protection Agency (Miljøbeskyttelsesmyndigheden i USA)
VEC	Valued Environmental and Social Components (værdifulde miljømæssige og sociale elementer)

Akronym/forkortelse	Beskrivelse
vPvB	Meget persistent, meget bioakkumulerbar
VSb	Vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed
VVM	Vurdering af Virkninger på Miljøet
WHO	Verdenssundhedsorganisationen
WNA	World Nuclear Association (international lobbyorganisation med henblik på fredelig udnyttelse af kernekraft)
WRS	Waste Rock Stockpile (depot til gråbjerg)

1. Indledning

Dokumentets formål og omfang

Greenland Minerals Limited (GML) foreslår at udvikle projektet for sjældne jordarters metaller (REE) i Kvanefjeld, Grønland ("projektet"). Projektet omfatter integrerede mine-, forarbejdningsanlægs- og havnefaciliteter.

Dette dokument giver en vurdering af projektets mulige Virkninger på Miljøet og beskriver den miljøledelsesspraksis, der vil blive anvendt i forbindelse med projektets anlægs-, drifts-, nedluknings- og efternedlukningsfasen.

1.1 Projektoversigt

GML er et australsk mineselskab med hjemsted i Perth, Australien. Virksomheden er noteret på den australske børs. Greenland Minerals A/S (GMAS) er GML's grønlandske datterselskab med hovedkvarter i Narsaq. GML opkøbte i 2007 aktiemajoriteten i GMAS, som har licens til at udvikle projektet. I 2011 opkøbte GML de udestående aktier i GMAS og overtog derved 100 % ejerskab over og kontrol med projektet.

Projektet er placeret i Sydgrønland i Kujalleq Kommune, ca. 8 km nord for byen Narsaq og 40 km sydvest for den internationale lufthavn og bygden Narsarsuaq (Figur 1).

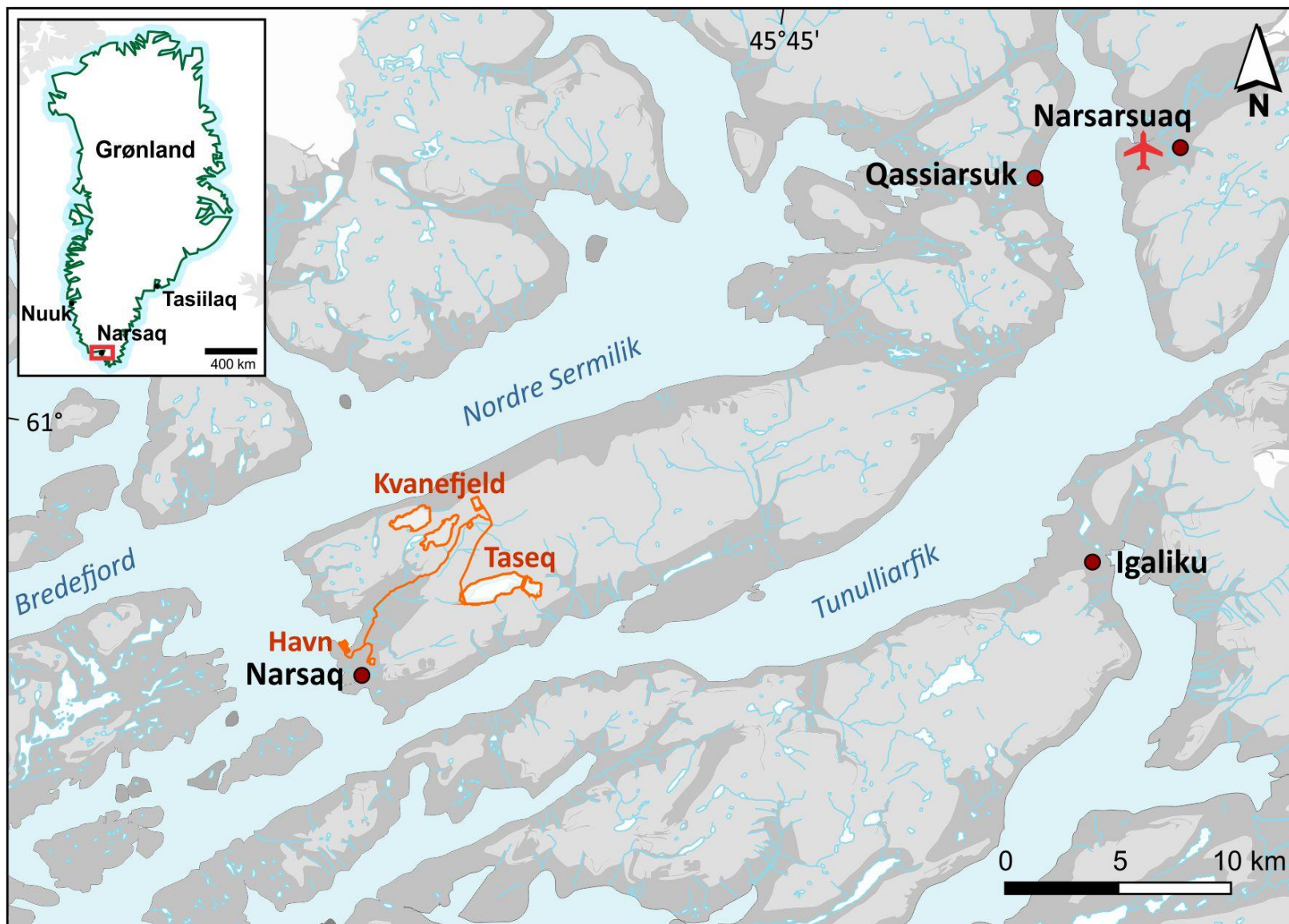
De primære mineralforekomster ligger i en højde på cirka 600 m over havets overflade.

Placeringen i Kvanefjeld medfører unikke geologiske og miljømæssige egenskaber:

- Malmforekomsten består af stærkt alkalisk klippe med højt indhold af sjældne jordarters metaller (REE), lithium, beryllium, uran, niobium og tantal (se afsnit 7)
- Resultaterne fra vurderingen af seismisk risiko viser, at projektet ligger i et område med lav seismisk aktivitet (se afsnit 7)
- Naturligt forekommende radionuklider såsom uran og thorium findes i alle jord- og klippetyper. Malmen i Kvanefjeld indeholder omtrent 300 ppm (milliontedele) uran og 800 ppm thorium. Med tiden har naturlige processer såsom istider og vind- og vanderosion spredt uran og thorium ud i det omgivende miljø, herunder til Narsaq-dalen (se afsnit 9)
- Malmforekomsten indeholder høje niveauer af det vandopløselige mineral villiaumit (NaF). Dette har givet anledning til naturligt forhøjede fluoridniveauer i de omgivende vandområder, herunder i elvene Narsaq og Taseq samt i Taseq-søen (se afsnit 10)
- De barske forhold har dannet et miljø, der er kendetegnet ved lav mangfoldighed i fauna og flora (se afsnit 12).

Minedriften vil omfatte en konventionel åben mine med sprængninger efterfulgt af transport med lastbil/læsseudstyr. Brudt malm transporteres til en koncentrator til fremstilling af et mineralkoncentrat indeholdende sjældne jordarters metaller (REMC), et zinkkoncentrat og flusspat. REMC forarbejdes yderligere i raffinaderiet for at fremstille produkter af sjældne jordarter (REE-produkter) samt uranoxid. Alle salgbare produkter transporteres til en havn opført til formålet og eksporteres.

Mens malmen i Kvanefjeld omfatter adskillige elementer af kommerciel værdi, er forekomsten af RE-produkter de primære værdiskabende produkter. Zink, flusspat og uran er biprodukter, der tilfører ekstra indtægter til styrkelse af projektøkonomien.



Figur 1 Lokalitet for projektet

1.2 Proces for Vurdering af Virkninger på Miljøet

I henhold til landstingslov nr. 7 af 7. december 2009, Loven om mineralske råstoffer og aktiviteter af betydning herfor (råstofloven), skal mineselskaber udarbejde en vurdering af miljøvirkningerne i forbindelse med udviklingen af foreslåede råstofprojekter. Loven fastsætter også, at der først gives licens til udvinding i forbindelse med et foreslået projekt, når vurderingen af virkninger på miljøet for projektet er godkendt af Grønlands Selvstyre.

Formålet med vurderingen af virkninger på miljøet fra et projekt er at identificere, forudsige og kommunikere de mulige miljøpåvirkninger, der forårsages af den planlagte minedrift under alle faser – opførelse, drift, nedlukning og perioden efter nedlukning. Vurderingen skal også identificere afbødende foranstaltninger, der tager sigte på at eliminere eller minimere negative miljøpåvirkninger, så disse foranstaltninger så vidt muligt kan indarbejdes i udviklingen af projektet.

Denne vurdering af virkninger på miljøet er udarbejdet af GML i overensstemmelse med *Retningslinjerne for udarbejdelse af en vurdering af virkninger på miljøet (EIA) for udnyttelse af mineraler i Grønland* [45], (Retningslinjerne). Retningslinjerne identificerer kravene til konsekvensanalyser vedrørende:

- Miljømæssige basislinje-studier, herunder baggrundskoncentrationer og variationer, vegetation og fauna samt lokal brug og viden
- Projektrelaterede miljøundersøgelser, herunder kvantificering af potentielle kontamineringsskilder såsom malm, gråbjerg og tailings
- Udledninger og emissioner til miljøet, herunder til luft og vand.

Retningslinjerne indeholder også krav til planerne for miljøstyring og overvågning.

1.2.1 Undersøgelsesområde

I VVM (Vurdering af Virkninger på Miljøet) defineres “undersøgelsesområdet” som det område, der potentielt bliver påvirket af projektet (herunder området i nærheden af projektets komponenter og infrastruktur). Undersøgelsesområdet er vist på Figur 2. Inden for dette område er der på mere specifikke steder blevet indsamlet basislinje-data, der er relevante for visse fagområder.

Ligeledes defineres “projektområdet” i VVM som det område inden for undersøgelsesområdet, hvor der vil forekomme direkte påvirkninger såsom jordforstyrrelser og tab af levesteder for flora og fauna.

1.3 Udfærdigelsen af denne rapport

Denne rapport bygger på undersøgelser og vurderinger, der begyndte i 2011. En indledende version af VVM blev udfærdiget af Orbicon og forelagt i 2015. Der blev så i reviderede versioner indarbejdet nye resultater og tilbagemeldinger fra miljømyndighederne, og disse blev præsenteret af GHD i 2018 og 2019. Denne udgave er udfærdiget af GML på basis af tekniske rapporter og undersøgelser foretaget af en række konsulenter inden for rammerne udviklet af Orbicon og GHD. Den er blevet gennemgået med henblik på indhold og stil af Shared Resources (en virksomhed med speciale i denne type dokumenter).

GML har udelukkende ansvaret for udfærdigelsen af denne rapport.

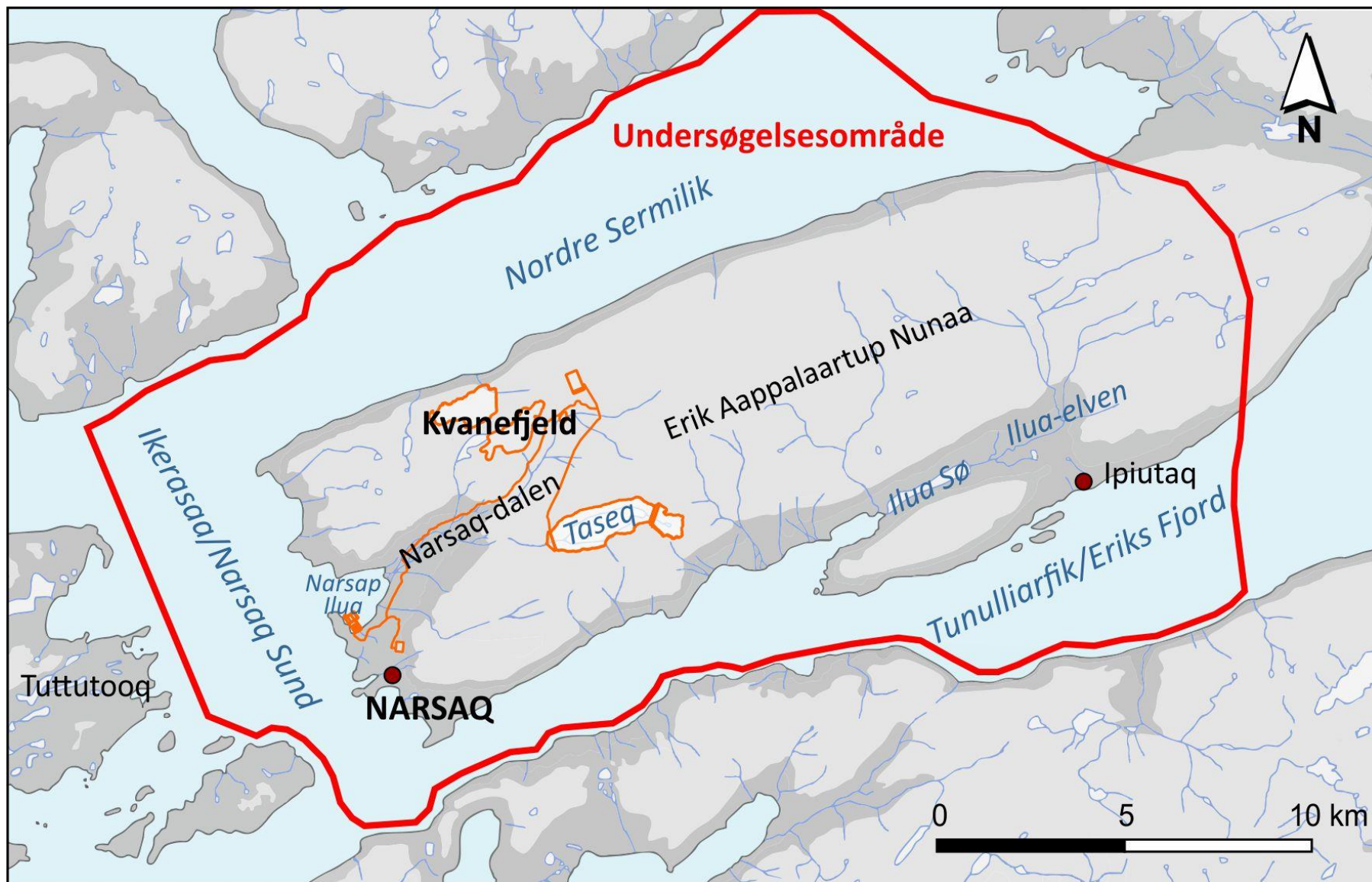
1.4 Forklaring om bilag

De bilag, der er vedlagt dette VVM-dokument, følger retningslinjerne for udarbejdelse af en VVM-rapport angående mineraludvinding i Grønland. Retningslinjerne angiver, at indholdet skal omfatte:

- En plan for miljøstyring (EMP)
- En plan for miljøovervågning
- En vurdering af de miljømæssige påvirkninger fra en nedlukningsplan.

Disse tre dokumenter er vedlagt som bilag til denne VVM og er oversat til engelsk, dansk og grønlandsk.

VVM-dokumentet og bilagene bygger på en række tekniske rapporter og basisdata. Disse rapporter er meget tekniske i deres indhold og er ikke beregnet til at blive læst og gransket af ikke-eksperter, men de er blevet gennemgået af de videnskabelige rådgivere hos Miljøstyrelsen for råstofområdet. Referencernes indhold findes i VVM i sammenfattet form. VVM-dokumentet indeholder et reference-system, som muliggør identificering af den underliggende tekniske undersøgelse. Referencer og basisoplysninger vil blive gjort tilgængelige på GMLs hjemmeside. Referencerne er på engelsk.



Figur 2 Undersøgelsesområde

2. Ikke-teknisk sammenfatning

2.1 Projektbeskrivelse

GML er et australsk mineselskab med hjemsted i Perth, Australien. Virksomheden er noteret på den australske børs. Greenland Minerals A/S (GMAS) er GML's grønlandske datterselskab med hovedkvarter i Narsaq. GML opkøbte i 2007 aktiemajoriteten i GMAS, som har licens til at efterforske sjældne jordarters metaller (REE-produkter) i Kvanefjeld-projektet. I 2011 opkøbte GML de udestående aktier i GMAS og overtog derved 100 % ejerskab i projektet.

GML foreslår at udvikle en mine og tilhørende faciliteter til forarbejdning af råstoffer ved Kvanefjeld. Ud over produktionen af betydelige mængder REE-produkter vil projektet også som biprodukter producere små men kommercielt værdifulde mængder uran, zinkkoncentrater og flusspat.

Projektet er placeret i Kujalleq Kommune i Sydgrønland (Figur 3). Mine- og forarbejdningsanlæggene ("minen" og "anlægget") vil blive placeret ca. 8 km nord for byen Narsaq. Den havn, der skal udvikles til projektet ("havnen"), vil ligge ca. 1 km vest for Narsaq.



Figur 3 Kort over Kujalleq Kommune med byer og bygder (kilde: www.kujalleq.gl)

Minedriften vil omfatte en konventionel åben mine med sprængninger og transport med lastbil/læsseudstyr. Brudt malm fra sprængning transporteres i lastbil til en koncentrator, hvor et mineralkoncentrat fra sjældne jordarter (REMC) vil blive fremstillet sammen med zinkkoncentrat og flusspat. REMC forarbejdes yderligere i raffinaderiet for at fremstille REE-produkter og uranoxid.

Der vil skabes to tailings-strømme (affald, der opstår som følge af forarbejdningen): Affald fra flotation og affald med kemiske rester. Begge vil blive opbevaret i anlæg til deponering af talings (TSF), som placeres i Taseq-bassinet. Tailings i TSF vil blive dækket af vand under hele produktionstidsrummet. Projektets design omfatter yderligere, at et vanddække over tailings vil blive bibeholdt efter afslutningen af minedriften.

Mellem anlægget og havnen på Narsap Ilua-kysten vil der blive bygget en vej til betjening af minen. Denne vej er beregnet til transport af materiel og personer mellem projektets faciliteter. Salgbare produkter vil blive transporteret i lastbiler til havnen, hvor de oplagres, indtil de eksporteres i skibe, som chartres af projektet.

Der vil ved siden af Narsaq by blive bygget en permanent indkvarteringslandsby ("landsbyen") til projektets medarbejdere.

Et sammendrag af projektets hovedelementer vises i Tabel 1.

Tabel 1 Projektsammendrag

Projektelement	Beskrivelse	Detaljer
Licensområde	EL 2010/02	80 km ²
Mineralforekomst		108 mio. tons (Mt)
Udvindingshastighed		3,0 mio. tons pr. år (Mtpa)
Udvindingsmetode	Åben mine	Udgravning af malm og gråbjerg ved hjælp af boring, sprængning og hydrauliske gravemaskiner
Forarbejdningsmetode	Mekanisk forarbejdning (koncentrator) og kemisk forarbejdning (raffinaderi)	
Projektets levetid	Dækker tidsrummet fra anlæg til afslutning af nedlukningen	46 år
Anlægsfase		3 år
Driftsfase		37 år
Nedlukning og afvikling		6 år
Produkter, gennemsnit pr. år	Sjældne jordarters metaller (REE)	ca. 30.000 t
	Zinkkoncentrat	ca. 15.000 t
	Flusspat	ca. 8.700 t
	Uranoxid	ca. 500 t
Infrastruktur til støtte for projektet	Kraftværk	59 Megawatt (MW)
	Chlor-alkali anlæg	85 tpd kaustisk soda 75 tpd saltsyre 4 tpd natriumhypoklorit
	Svovlsyreanlæg	500 tpd koncentreret svovlsyre
	Elledninger	2 x 11 km, forsyningsledninger på 11 kV
	Veje	10 km tosporet grusvej (8 m bred) fra havn til mine
Projektelementernes omfang	Det maksimale grundareal (efter 37 års minedrift)	5,95 km ²
	Minegruber	1,14 km ²
	Depoter til gråbjergsdeponi (WRS)	1,37 km ²
	Anlæg til deponering af tailings fra flotation (FTSF)	2,52 km ²
	Anlæg til deponering af affald fra raffinaderiet (CRSF)	0,47 km ²
	Havn	0,13 km ²
	Landsby	0,04 km ²
Vandforbrug	Ferskvandsbehov	191 m ³ /t fra Narsaq-elven
Overskydende procesvand	Udledning af rensat overskydende vand til Nordre Sermilik	850 m ³ /t
Affaldsmængde	Gråbjerg	2,6 Mtpa

Projektelement	Beskrivelse	Detaljer
Tailings-volumen	Tailings fra flotation	122 m ³ /t fast stof
	Tailings fra raffinaderiet	11,4 m ³ /t fast stof
Skibsanløb	Ca. 30 pr. år	Handymax fartøjer 40.000 DWT
Transport af medarbejdere	Lufthavn	Narsarsuaq (eller Qaqortoq, hvis den nye lufthavn bliver opført)
Medarbejdere	Anlægsarbejde	200 grønlandske, 971 udenlandske
	Drift	328 grønlandske, 387 udenlandske
	Nedlukning	41 grønlandske, 7 udenlandske

2.2 Proces for vurdering af virkninger på miljøet

I 2009 overtog Naalakkersuisut (Grønlands Selvstyre) ansvaret for administrationen af de grønlandske mineralressourcer fra Danmark. De overtagne ansvarsområder omfatter administration af miljøforhold i forbindelse med mineprojekter. Loven om de grønlandske råstofressourcer (råstofloven) trådte i kraft den 1. januar 2010 og er rygraden i lovgivningen inden for området. Den regulerer alle spørgsmål vedrørende mineralske ressourcer, herunder miljøforhold (som f.eks. forurening og naturbeskyttelse).

Som angivet i forklaringerne til råstofloven (Afsnit 74 (3)) "tjener dokumentet 'Guidelines for Preparing an Environmental Impact Assessment (EIA) Report for Mineral Exploitation in Greenland', udgivet af Råstofstyrelsen den 13. marts 2007, som grundlag for vurdering af virkninger på miljøet og for udfærdigelsen EIA-rapporter". Disse retningslinjer blev opdateret og genudgivet i 2015 af Mineral Resources Authority (Mineralmyndigheden).

For at udføre minedrift i Grønland skal en licenshaver først ansøge om og opnå en licens til udvinding for det område, hvor minedriften ønskes gennemført. En licens til udvinding gives i henhold til loven om de grønlandske råstofressourcer (råstofloven). For at ansøge om en licens til udvinding for projektet skal følgende dokumenter forelægges for de relevante myndigheder:

- Ansøgning om en udnyttelsestilladelse
- Lønsomhedsundersøgelse
- Vurdering af virkninger på miljøet
- Vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed
- Undersøgelse af navigationssikkerhed.

GML forelagde et udkast til en VVM (vurdering af virkninger på miljøet) for Grønlands Selvstyre i november 2015. Tilbage meldinger indhentet under en omfattende høringsperiode med Selvstyrets styrelser og rådgivere samt kommentarer til senere udkast er indarbejdet i dette reviderede dokument, som udgør selskabets VVM for projektet.

VVM er udarbejdet parallelt med vurderingen af projektets samfundsmæssige bæredygtighed (VSB) for at sikre, at samspillet mellem projektets miljømæssige og sociale påvirkninger er korrekt beskrevet.

VVM er udarbejdet i overensstemmelse med retningslinjerne, hvori det hedder, at formålet med VVM er følgende:

- "At vurdere og beskrive den omgivende natur og miljøet samt de mulige miljøpåvirkninger for det foreslåede projekt
- At danne grundlag for overvejelserne i Naalakkersuisut (Grønlands Selvstyre) vedrørende det foreslåede projekt
- At danne grundlag for den offentlige deltagelse i beslutningsprocessen
- At give myndighederne alle de oplysninger, der er nødvendige for at kunne vurdere betingelserne for tilladelser og godkendelser af et foreslået projekt".

For bedst at kunne præsentere de miljøbaserede basislinje-data og vurderingen af mulige virkninger på miljøet er denne rapport blevet struktureret således, at de miljømæssige påvirkninger forbundet med projektet omtales i tilknytning til hver af de specifikke miljømæssige faktorer, der er beskrevet nedenfor:

- Fysiske omgivelser
- Atmosfæriske omgivelser
- Radiologiske emissioner
- Vandmiljø
- Affaldshåndtering
- Biodiversitet
- Lokal anvendelse og lokal viden.
- Vurdering af kumulative påvirkninger.

For hver af de ovennævnte faktorer omhandler vurderingen:

- Beskrivelse af det eksisterende miljø
- Potentielle indvirkninger på miljøet
- Vurderingen af påvirkningerne
- Afbødende foranstaltninger
- Forventede resultater.

Vurderingen af de forventede resultater betragter alt efter relevans for hver af påvirkningerne det fysiske omfang af påvirkningen, varigheden af påvirkningen og påvirkningens betydning i relation til de vigtigste resultater. En påvirkningsvurdering består grundlæggende af en forudsigelse af de forventede påvirkninger fra udviklingen af et projekt. De påvirkninger, der omhandles i denne VVM, er blevet vurderet efter videnskabelige modeller, hvor det er relevant; dog er der sandsynlighed for en vis usikkerhed i enhver forudsigelsesproces. Tre forskellige metoder til klassificering og behandling af usikkerhed er blevet anvendt:

- Usikkerhed forbundet med datagrundlag – udførlige data angående de eksisterende forhold er blevet indsamlet for at understøtte påvirkningsvurderingen, og de anses for at være tilstrækkelige til at nå frem til en bedømmelse af størrelsesordenen og beskaffenheden af de forudsete påvirkninger. I nogle få tilfælde der der blevet identificeret et behov for ekstra indsamling af data for yderligere at reducere vurderingens usikkerhed, men de ekstra data forventes ikke at ændre resultatet af vurderingen;
- Usikkerhed forbundet med konsekvensvurdering – hvor muligt blev de modeller, der anvendtes til at beregne påvirkning, anvendt konservativt;
- Usikkerhed forbundet med sandsynlighed – de påvirkninger, der tages i betragtning i en påvirkningsvurdering, er typisk forbundet med stor sandsynlighed. Dog er der i denne påvirkningsvurdering yderligere medtaget visse påvirkninger med lav sandsynlighed (f.eks. det mulige nedbrud af FTSF og dets påvirkning på en række miljøværdier) i de tilfælde, hvor påvirkningen anses for at være genstand for stor bekymring eller interesse hos interessenter. Det antages i de metoder, der er anvendt i denne påvirkningsvurdering, at påvirkninger vil forekomme, hvilket har gjort det udfordrende at vurdere påvirkninger med varierende sandsynlighed. Med dette for øje er der i projektet blevet analyseret mulige miljømæssige risici forbundet med dets udvikling. Risici omfatter begivenheder, som måske eller måske ikke vil forekomme, og for hvilke der er en sandsynlighed for en vis konsekvens og påvirkning. Derfor er vurderingen af risici i særlig grad egnet til vurdering af uvisse begivenheder / effekter. Påvirkninger med variabel sandsynlighed beskrives to gange i denne påvirkningsvurdering: Først i det relevante afsnit om påvirkningsvurdering, hvori detaljer om

vurderingen angives, og derefter i afsnittet om risikovurdering, hvori sandsynligheden og konsekvensen af en risiko angives.

2.3 Høringer afsluttet til dags dato

I 2010 udarbejdede GML en indledende lønsomhedsundersøgelse for projektet.

På samme tid påbegyndtes arbejdet med afgrænsningsfasen for vurderingen af den miljømæssige påvirkning som en start på de aktiviteter, der skulle imødekomme kravene for opnåelsen af en udvindingslicens til projektet.

I løbet af afgrænsningsfasen afholdtes en række dialogmøder med deltagelse af interessenter. Disse møder havde til hensigt at præsentere projektet for interessenterne og få en tilbagemelding om de emner, der skulle behandles i vurderingen af virkninger på miljøet. I juli 2011 udarbejdede GML efter omfattende høringer den første version af kommissoriet (ToR) for projektets vurdering af virkninger på miljøet.

Efterfølgende ændringer i projektets design og en ændring af loven om råstoffer i 2014 medførte udarbejdelsen af et opdateret kommissorium. Offentlige høringer vedrørende det opdaterede kommissorium fandt sted fra august til oktober 2014, og kommentarer herfra blev efterfølgende samlet i en hvidbog.

I første halvdel af 2015 udarbejdede GML en ny revision af kommissoriet på baggrund af kommentarerne i hvidbogen. Denne 2015-version af kommissoriet blev godkendt af Grønlands Selvstyre i slutningen af 2015. Den herværende vurdering af virkninger på miljøet (VVM) er udarbejdet i henhold til dette kommissorium, som kan tilgås på www.naalakkersuisut.gl.

VVM-dokumentet er udarbejdet med deltagelse af interessenter i så stor udstrækning og så effektivt som muligt i alle faser af udarbejdelsen. Tabel 2 giver en oversigt over de vigtige interessenter, som virksomheden har samarbejdet med vedrørende udviklingen af projektet og udarbejdelsen af kommissoriet for VVM.

Tabel 2 Vigtige interessenter

Tilsynsmyndigheder og Ministerier	Samfund	Andre
Departementet for Forskning og Miljø	Indbyggerne i Narsaq	Nationalt Center for Miljø og Energi (Aarhus Universitet)
Mineralmyndigheden	Indbyggerne i Sisimiut	Grønlands Naturinstitut
Miljøstyrelsen for Råstofområdet	Indbyggerne i Qaqortoq	Air Greenland, Nuuk
Udenrigsministeriet, Danmark	Indbyggerne i Aasiaat	Arctic Business Network
Råstofchefen i Kujalleq Kommune	Indbyggerne i Ilulissat	Virksomheder i Qaqortoq
Departementet for Mineralske Råstoffer	Indbyggerne i Kangaamiut	SIK (Grønlandsk fagforbund)
	Indbyggerne i Maniitsoq	Grønlands Erhverv
	Indbyggerne i Nuuk	KNAPP, Narsaq
	Indbyggerne i Qasigiannuguit	Erhvervs- og Råstofudvalget
	Indbyggerne i Qeqertarsuaq	Transparency Greenland
	Sermersooq Kommune	WWF København
	Kujalleq Kommune	
	Borgmesteren i Kommune Kujalleq	
	Info Group Narsaq	

2.4 Overvejede alternativer

Med det formål at identificere den mest hensigtsmæssige udformning for projektet blev flere alternative løsninger for dele af projektet identificeret og taget til overvejelse. Ifølge MRA (råstofloven) (Afsnit 51-54) har projektet forsøgt at anvende den bedst tilgængelige teknik (BAT) og bedste miljømæssige praksis (BEP), hvor dette er teknisk, praktisk og økonomisk muligt. Et sammendrag af de vigtigste alternativer taget i betragtning vises nedenfor.

Alternativ 1 Undlad at udvikle projektet

At undlade at udvikle projektet er et alternativ i et økonomisk miljø med ustabile råvarepriser og stigende driftsomkostninger. Projektet har dog potentiale til at skabe betydelige samfundsmæssige og økonomiske fordele for Grønland, specielt for Narsaq-regionen, på kort og længere sigt.

Projektet forventer at betale gennemsnitligt cirka DKK 1,52 mia. om året i nominelle / nuværende priser i selskabs- og udbytteskat, royalties og direkte og indirekte arbejds-indkomstskat og forventer at skabe cirka 715 jobs under driftsfasen, hvoraf cirka 328 kunne besættes af grønlændere.

Alternativ 2 Valg mellem forarbejdningsmetoder

Tre alternative scenarier for bearbejdning er blevet undersøgt:

- i. Kun mekanisk koncentrator
- ii. Mekanisk koncentrator og kemisk behandling; eller
- iii. Mekanisk koncentrator sammen med kemisk behandling og adskillelse af REE (betegnet det grønlandske separationsanlæg).

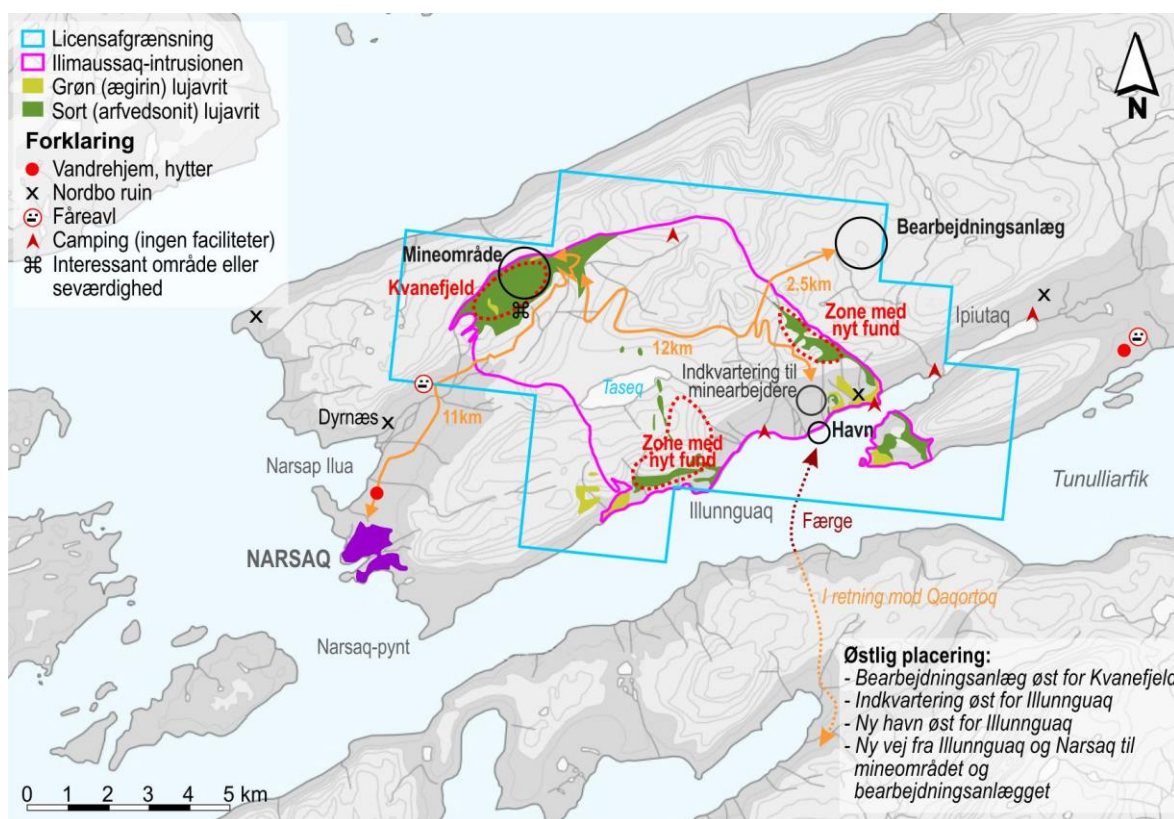
Scenariet med koncentrator alene (i) ville udgøre det lavest mulige niveau af bearbejdning i Grønland. Det blev ikke valgt som projektets bearbejdningsmetode, idet det ikke opfylder Grønlands Selvstyres prioritet med hensyn til at sikre, at der i videst mulig praktisk udstrækning udføres forarbejdning af mineralprodukter inden for Grønland.

Scenariet med et grønlandsk separationsanlæg (iii) blev anskuet i lyset af to perspektiver: Muligheden for at oprette et grønlandsk separationsanlæg, og muligheden for at drive et sådant anlæg internt. Intern drift af et separationsanlæg i Grønland blev ikke valgt på grund af behovet for at anvende beskyttet separationsteknologi, som ikke kan købes eller fås i licens, da det udgør en vigtig handelsfordel for nuværende ejere. Udviklingen af et separationsanlæg i Grønland blev ikke medtaget i den nuværende projektudformning på grund af den betydelige ekstra kapitaludgift og manglen på ekspertise og erfaring i Grønland til at drive og vedligeholde et sådant anlæg. Dog bør det bemærkes, at beslutningen om ikke at gå videre med et grønlandsk anlæg ved projektets start ikke betyder, at denne mulighed ikke kan overvejes senere hen, når projektet skrider frem og markedsforholdene tillader det.

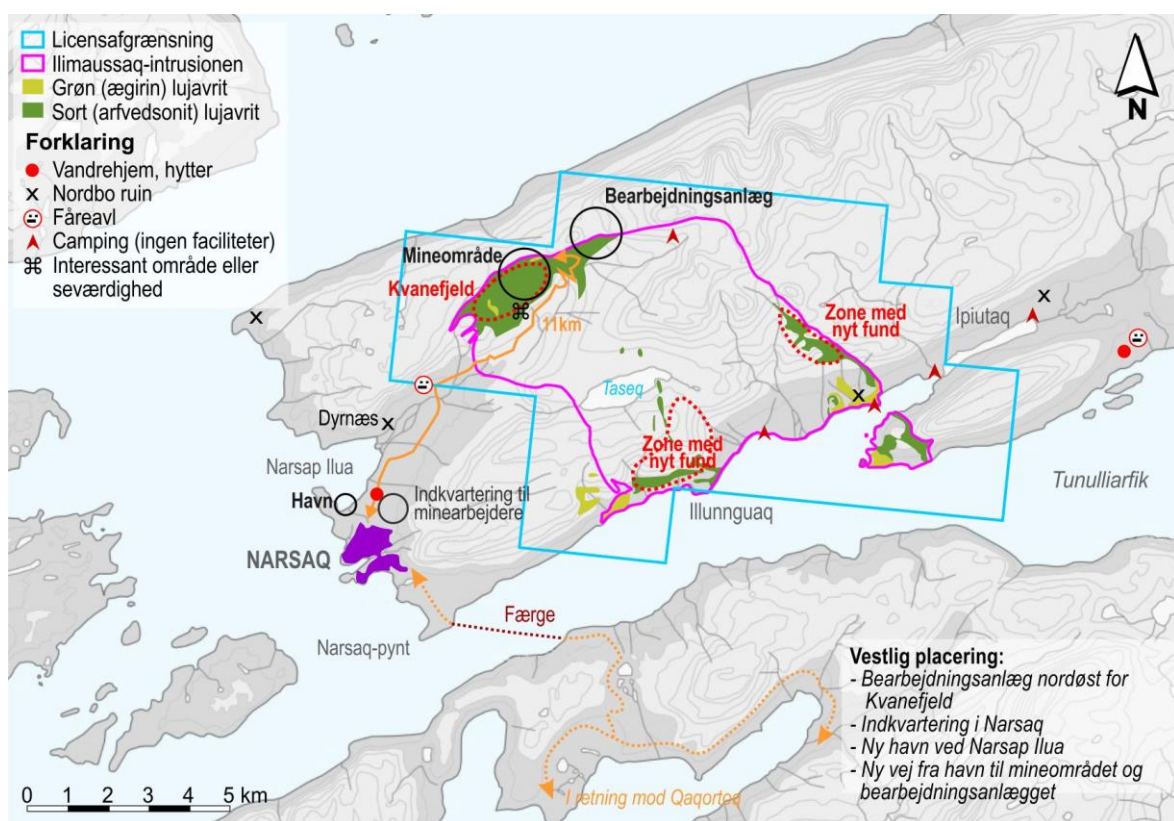
Scenariet med mekanisk forarbejdning (koncentrator) og kemisk forarbejdning (raffinaderi) (ii) valgtes som forarbejdningsmetode til projektet. Metoden medfører nogen videre forarbejdning af REE i Grønland, og der produceres en række salgbare biprodukter, og derfor er scenariet i tråd med Grønlands Selvstyres prioriteter.

Alternativ 3 Valg mellem placeringer af projektets komponenter

To mulige placeringer af koncentratoren og raffinaderiet samt havnen og indkvarteringsfaciliteterne er blevet overvejet: Østlig og vestlig placering.



Figur 4 Østlig placering



Figur 5 Vestlig placering

De offentlige høringer pegede på en præference for den vestlige placering, og projektudviklingen blev derefter fokuseret på den vestlige placering med faciliteter og aktiviteter i Narsaq-dalen.

Alternativ 4 Alternative placeringer af havnen

To mulige placeringer af havnen inden for Narsap Ilua blev taget i betragtning. Den valgte placering på Tunu-halvøen krævede mindre oprensning og undgik at påvirke en Norseruin (Dyrnæs).

Alternativ 5 Alternative placeringer af indkvartering

Der blev overvejet to primære muligheder for indkvartering af en FIFO (flyv ind, flyv ud) arbejdsstyrke. Den ene var at bygge nye boliger i Narsaq by, den anden var at bygge en ny (sikkerhedskontrolleret) medarbejderlandsby ved byens nordvestlige grænse. Den sikkerhedskontrollerede medarbejderlandsby blev valgt, da den udgør den bedste afbalancering mellem påvirkninger på Narsaq by og på medarbejderne. Vurderingen af samfundsmæssig bæredygtighed (VSB) indeholder en detaljeret beskrivelse af de overvejelser, der indgik i valget [69].

Alternativ 6 Alternative energikilder til projektet

Brugen af vandkraft til projektet blev vurderet som en mulighed, idet der findes en potentielt egnet vandkilde 55 km nord for projektet ved Johan Dahl Land. Hvis denne mulighed skulle implementeres, skulle der dog udvikles et vandkraftprogram i tilstrækkelig skala til at levere strøm til projektet.

På baggrund af kravene til anlægsarbejdet blev muligheden ikke anset som værende gennemførlig under første fase af projektudviklingen. Fremstilling af elektricitet ved brug af svær brændselsolie (HFO) blev også overvejet, men blev senere afvist på grund af det forventede niveau af svovlemissioner.

Der vil blive bygget et 59 MW dieseldrevet kombineret kraftvarmeværk ved siden af konцентрatoren for at levere strøm til projektaktiviteter.

Alternativ 7 Håndtering af tailings

Der blev overvejet alternativer angående de tre vigtige spørgsmål vedrørende håndtering af tailings: Hvordan og hvor skal de deponeres, og hvordan skal de dækkes efter driftens ophør.

Valget af BAT (bedste tilgængelige teknik) til håndtering af tailings afhænger af tailingsanlæggets tekniske egenskaber, dets geografiske placering og de lokale miljøforhold [99]. The Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries [100] foreskriver ikke nogen specifik teknik eller specifik teknologi til håndtering af tailings, men kræver, at BAT defineres på baggrund af de tre ovenfor identificerede betingelser.

En række muligheder for placeringen af TSF blev undersøgt, herunder potentielle steder uden for selskabets nuværende licensgrænser. Baseret på topografisk analyse blev syv potentielle steder identificeret, herunder placeringer på Kvanefjeld-plateauet og i Taseq-bassinet. Placering af tailings i minebruddet efter nedlukning blev også overvejet, men denne mulighed blev afvist på grund af den praktiske udfordring med bortskaffelse af tailings i det samme område som en aktiv åben mine. En bortskaffelsesmulighed, hvor tailings og affaldssten ville blive bortskaffet sammen, blev også overvejet. Men også denne mulighed var uegnet til projektet på grund af de potentielle miljøpåvirkninger fra støv og radon, der er forbundet med denne bortskaffelsesmetode, samt øget materialehåndtering på anlægget og i WRS.

Den relative vurdering af hver af de syv placeringer blev rangordnet under henvisning til potentielle miljømæssige, sociale og tekniske risici. De faktorer, der blev taget i betragtning i rangeringen omfattede: Afvanding / vandforsyning; grundareal; bevoksning; indvirkning fra bebyggelse / aktuel arealanvendelse; indvirkning på det visuelle udseende; lokal økologi og rekreation; geotekniske omgivelser og geologi; og teknisk udførelse. Sammenligninger af omkostninger for de forskellige muligheder blev ikke foretaget som en del af denne rangordning, men økonomiske og tekniske overvejelser angående praktisk udførelse fik indflydelse på det endelige valg. Efter overvejelse af hver af disse faktorer for alle placeringer blev Taseq-bassinet valgt som det foretrukne sted til opbevaring af tailings i forbindelse med projektet. En række af fordelene ved Taseq er opsummeret nedenfor:

- Det er et uigennemtrængeligt bassin
- Der er ingen konkurrerende arealanvendelse
- Taseq-søen har lav biodiversitetsværdi
- Der er ingen direkte forbindelse til drikkevandsforsyningen
- Det giver mulighed for tildækning med vand for at forhindre støvemissioner
- Det er placeret på intrusionen, så området viser allerede forhøjet radioaktivitet
- Det er ikke synligt fra skibstrafikken på fjorden
- Det kræver de laveste dæmningsvægge.

Der blev også overvejet tre metoder til deponering af tailings i Taseq-bassinet: Tør bortskaffelse (filterkage); og to former for våd bortskaffelse (fortykket tailingsmateriale/pasta og konventionel opslæmning). Efter analyse blev det konkluderet, at et naturligt vådt miljø (såsom Taseq-bassinet) skaber vanskeligheder for opbevaring af tørre tailings. Egenskaberne ved projektets tailings udfordrer også de praktiske aspekter forbundet med at producere tailings med den høje densitet, der kræves til en fortykket pasta. Opslæmning er en standardteknik, der er almindeligt anvendt overalt i verden, og den passer til de fysiske egenskaber i projektets tailings. Konventionel opslæmning kan deponeres enten ved jordoverfladen eller under vand. For at dæmpe eksponeringen for stråling og reducere støvemissioner valgtes deponering under vand.

Efter nedlukningen vil der være behov for en langsigtet tildækning af de deponerede tailings. Der blev overvejet to muligheder: En våd tildækning, hvor tailings er indelukket er permanent dækket med vand; og en tør tildækning, hvor tailings overdækkes af med et specielt designet fyldlag.

Mulighederne for tildækning efter nedlukning blev vurderet ud fra de nedlukningsprincipper, der er defineret for projektet, nemlig: Fysisk stabilitet, kemisk stabilitet, minimeret radiologisk påvirkning og minimal signifikant ændring af det oprindelige landskab.

Disse kerneprincipper er i overensstemmelse med TECDOC-1403 [107] fra Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA) med hensyn til tailings fra anlæg til uranproduktion. Deri bemærkes, at målsætningen med tildækning skal være "at minimere radon- og støvemission, beskytte miljøet mod gammastråling, reducere vand- og iltinfiltration samt begrænse erosion, og at danne et æstetisk acceptabelt landskab, der opfylder disse tekniske mål". Gennem anvendelse af analyseteknikker med en række kriterier blev det bestemt, at selvom våd og tør tildækning har forskellige fordele og ulemper, forventes de samlet set at nå disse mål i lignende udstrækning. De våde og tørre dækningsmuligheder ville begge blive udformet i henhold til bedste internationale praksis med hensyn til sundhed, sikkerhed og miljøbeskyttelse. Projektet er udviklet under forudsætning af en våd tildækning ved nedlukningen, men i betragtning af den sandsynlige udvikling af teknologi med tiden vil dette valg blive revurderet tættere på nedlukningstidspunktet. Det endelige valg af våd eller tør tildækning vil afspejle Grønlands Selvstyres ønsker og afprøvet teknologi på det relevante tidspunkt.

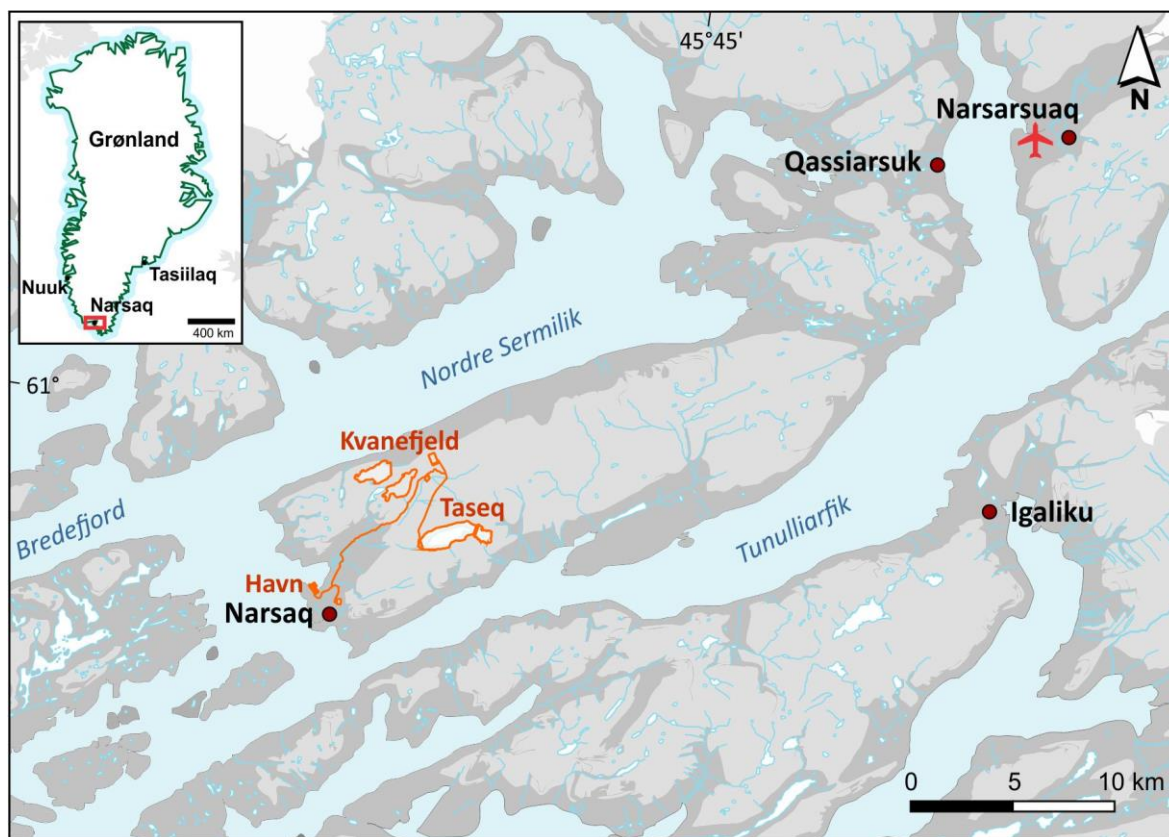
2.5 Vurdering af påvirkninger

Vurderingen er opdelt i syv miljøkategorier. Påvirkningerne for hver af disse kategorier beskrives i det følgende. Vurderingen undersøgte 36 påvirkninger, hvoraf 8 ansås for at være meget lave, 25 ansås for at være lave og 3 ansås for at være mellemstor efter genoprettelsen.

2.5.1 Fysisk miljø

Da det ligger kun 40 km fra det åbne hav, er projektområdets vejr påvirket af havet med kølige somre og relativt milde vintre. Området kan opleve føhnvinde, som er vindstød af tør og relativt varm luft, hvilket kan nedsætte den relative fugtighed og øge temperaturen, mens en storm står på. I gennemsnit

oplever projektområdet (Figur 6) tre føhnvind-begivenheder om året med en gennemsnitlig varighed på 31 timer.



Figur 6 Lokalitet for projektet

Landskabet i undersøgelsesområdet har relativt høje og stejle bjerge, lave øer og halvøer i kystområderne samt lav biodiversitet. Kvanefjeld-forekomsten er placeret på et plateau i en højde af 600 m. Under en betydelig del af projektområdet ligger alkaliske klipper fra Illimaussaq-komplekset. Disse klipper har et rigt indhold af REE'er sammen med andre elementer såsom lithium, beryllium, uran, thorium, niobium, tantal og zirkonium. Tidligere istider og vind- og vanderosion har spredt disse klippesten gennem Narsaq-dalen og derved øget forekomsten af uran og thorium, sammen med andre elementer, i det lokale miljø. Nedbrydning af det vandopløselige mineral villiaumit har medført forhøjede niveauer af fluorid i vandet i Narsaq-elven, Taseq-bassinet og Taseq-elven.

Kvanefjeld ligger i en region med lav seismisk aktivitet; det største målte jordskælv inden for en radius på 500 km var på M4,6 (Richter skala) i 1998. Modellering viser, at det maksimalt forventelige jordskælv, svarende til en 1 i 10.000 år begivenhed, ville være et M5,4 jordskælv 10 km fra projektet.

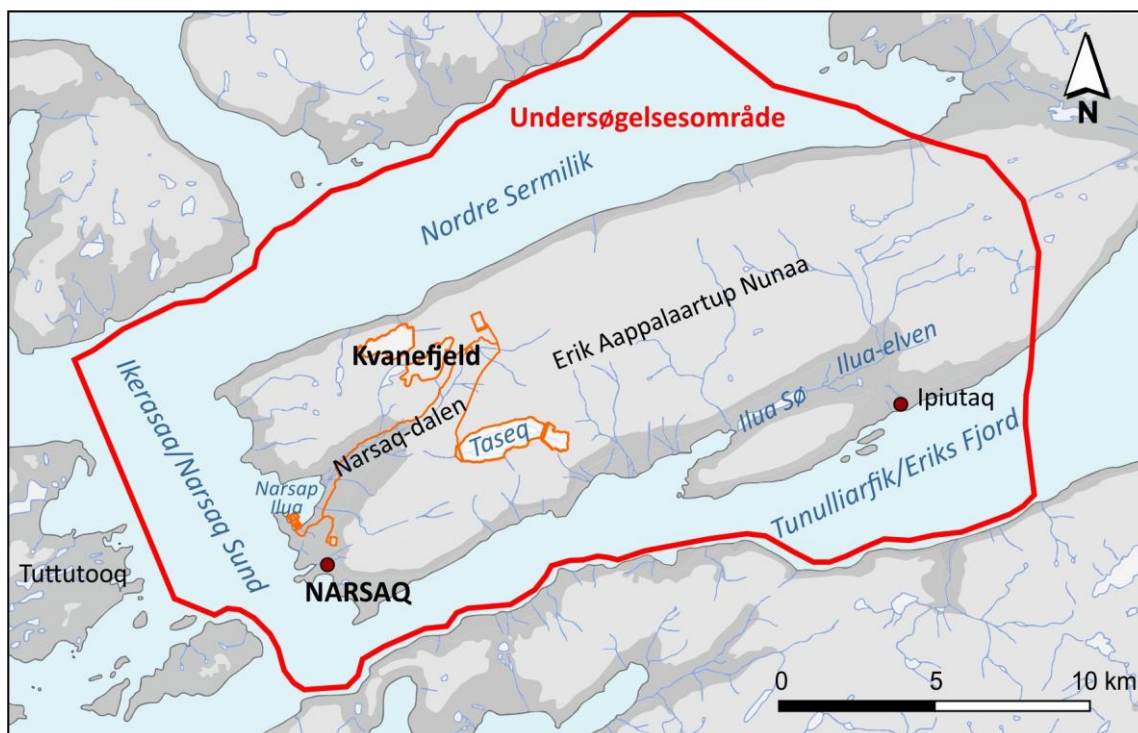
Anlæg og drift af projektet kan potentielt medføre følgende indvirkninger på det fysiske miljø:

- Fysisk ændring af landskabet og reduceret visuel æstetik
- Erosion
- Støj
- Lysemissioner
- Fysisk ændring af landskabet som følge af en seismisk begivenhed.

Visuel påvirkning

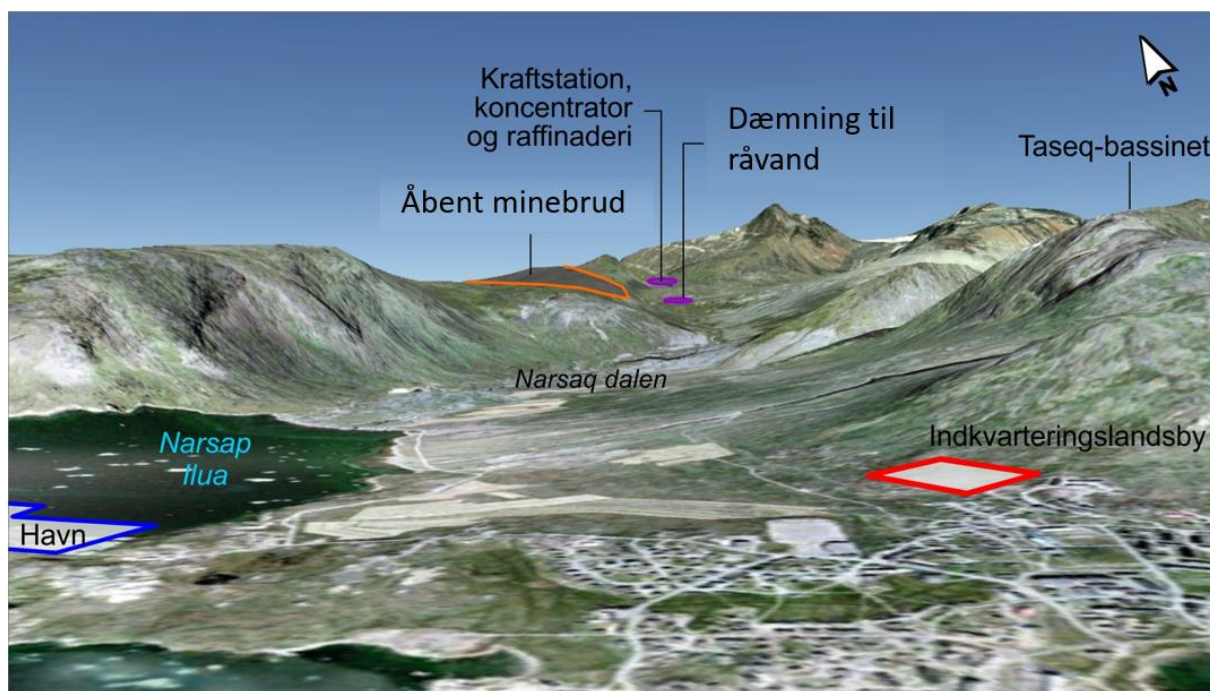
Visuel påvirkning af landskabet er en uundgåelig del af et projekt med åben minedrift og kan ikke helt elimineres gennem afbødende foranstaltninger.

Udviklingen af projektet og driften vil resultere i landskabsændringer, der vil forekomme inden for undersøgelsesområdet (som vist i Figur 7) men dog være synlige i forskellig grad fra forskellige steder. Nogle af ændringerne vil være permanente, mens andre vil blive fjernet eller udbedret under projektets nedlukningsfase.



Figur 7 Undersøgelsesområdet

Udsigten over det udviklede projekt fra Narsaq by vises i Figur 8.



Figur 8 Udsigt over det udviklede projekt fra Narsaq by (Google Earth 2018)

De væsentligste ændringer vil stamme fra udviklingen og opførelsen af:

- Minen og adgangsveje til udstyr

- Depoter med ubehandlet udgravet materiale, også kaldet opførelse af gråbjergsdeponi (WRS)
- Et forarbejdningsanlæg i nærheden af den åbne grube
- Et anlæg til opbevaring af affaldsmateriale i Taseq-bassinet (TSF)
- En ny havnefacilitet på kysten ved Narsap Ilua
- En vej fra havnen til minen og anlægget (havn-til-mine-vejen)
- Permanent indkvartering til medarbejdere ved siden af byen Narsaq.

I løbet af projektets levetid vil en række af disse fysiske forandringer være helt eller delvist synlige fra Narsaq eller fra Narsaq-dalen.

- Strukturer i havnen vil være synlige fra Narsaq
- Vejen fra havnen til minen vil være synlig fra Narsaq
- Anlægget vil være synligt i Narsaq-dalen, men ikke fra byen Narsaq
- Minen vil være synlig fra den højeste del af Narsaq-dalen men ikke fra sletten eller fra byen Narsaq
- Dæmninger til TSF-anlægget vil være synlige fra den højeste del af Narsaq-dalen, men ikke fra sletten eller fra byen Narsaq
- Indkvarteringslandsbyen anlagt i udkanten af Narsaq vil være synlig fra dele af Narsaq by.

Under projektets nedlukningsfase vil de strukturer, der ikke længere er nødvendige, blive fjernet, og andre fysiske forandringer foretaget i forbindelse med projektet vil blive afhjulpet.

Erosion

De fleste anlægsarbejder vil finde sted i områder med blotlagt grundfjeld. Der er meget begrænsede mængder ler eller jord inden for projektområdet. Derfor forventes der begrænset erosion fra projektets anlægs- og bygningsarbejder. For yderligere at minimere risikoen for erosion og transport af sediment i forbindelse med WRS vil al nedbør blive opfanget og bortledt til et anlagt opsamlingsbassin.

Støj

Vindhastighed er en vigtig parameter, som har indflydelse på naturlig baggrundsstøj. Gennemsnitlige vindhastigheder på 2-5 m/s forekommer i mere end en tredjedel af tiden; dette svarer til et naturligt baggrundsstøj-niveau på minimum 30 dB(A) i projektområdet. Projektet vil medføre yderligere støjemissioner i projektområdet. Støjniveauet vil variere alt efter projektets fase.

Anlægsfase

Under anlægsfasen vil de vigtige støjklender omfatte:

- Boring og sprængninger finder sted i minen og ved havnen
- Afskrabning af mineområdet
- Udjævning vil finde sted på alle vigtige steder for at skabe vandrette overflader
- Anlæggelsen af vejen fra havnen til minen vil blive foretaget trinvist, og vejen vil blive anlagt i etaper med gradvist fremskridt fra havnen til mine- og anlægsområderne
- Skibstrafik i forbindelse med anlægsarbejderne.

Samlet set forventes støjbelastningen under anlægsfasen at ligge på eller under det støjniveau, der er blevet beregnet og anslået for projektets driftsfase. Derfor fokuserede modelleringen på driftsfasen i stedet for anlægsfasen.

På grund af skibenes langsomme fart og afstanden mellem havnen og Narsaq by er det specielt relevant for Narsaq by, at det gennemsnitlige støjniveau fra skibstrafik vil ligge under den danske retningslinje på 35 dB(A) for natlig støj i beboelsesområder.

Driftsfase

Aktiviteter under projektets driftsfase vil resultere i en stigning i støjniveauet for omgivelserne nær flere af projektets faciliteter. Støj fra projektaktiviteter, der overstiger det eksisterende akustiske miljø (sat til 30 dB(A)), betegnes som projektets støjaftryk.

De mest betydningsfulde støjklender under projektets driftsfase vil være:

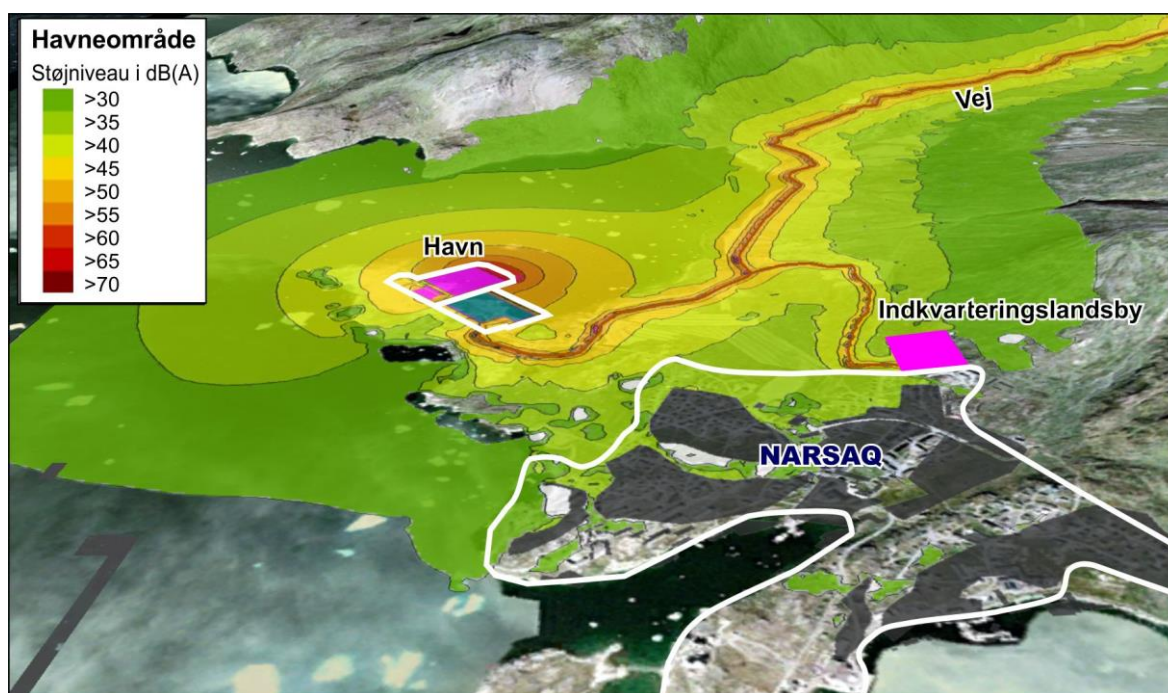
- Minen, anlægget og kraftværket
- Vejen fra havnen til minen
- Havneområdet.

Der blev foretaget støjmodellering med SoundPlan software, og konservative antagelser blev anvendt for at repræsentere maksimale styrker fra kontinuerlige kilder til støj. Den modelberegnete støjbelastningsfordeling viser, at de områder, hvor støjbelastningerne vil overstige 30 dB(A), er begrænset til minen/anlæggene og de øverste dele af Narsaq-dalen, havnen samt – alt efter terrænet – 800-1.200 m på begge sider af vejen fra havnen til minen.

Modellering blev også foretaget for de forventede støjniveauer ved støjfølsomme receptorer i Narsaq-dalen og Narsaq by. Disse omfatter lokaliteter såsom sommerhuse og gården i dalen og beboelseshusene i Narsaq tættest på projektaktiviteterne.

De projekterelaterede støjbelastninger for husene tættest på vejen fra havnen til minen er omkring 38 dB(A). De ligger under den danske grænse for støj i dagtimerne i nærheden af sommerhuse på (40 dB(A)) men over grænsen for aften- og nattetimerne (35 dB(A)).

Den beregnede støjbelastning for havnen vil overstige 70 dB(A) i et lille område, hvor der losses containere. Det område, hvor den gennemsnitlige støjbelastning overstiger baggrunds niveauet på 30 dB(A), strækker sig ca. 1.800 m fra havnens midte (Figur 9).



Figur 9 Beregnet støjbelastning i og omkring den nye havn i driftsfasen

Støjniveauet i boligområderne i Narsaq og ved landsbyen vil opfylde de danske retningslinjer for støj i områder med blandet beboelse og erhverv og retningslinjerne for dag- og aftentimerne i åbne og lave bebyggelser, men vil ikke opfylde den danske grænse for støjniveauer i nattetimerne på 35 dB(A).

Lysemissioner

Udviklingen af projektet vil medføre nye kilder til kunstigt lys, især ved havnen, minen og anlægget. Yderligere lysemissioner vil komme fra trafik på vejen fra havnen til minen og mellem minen, anlægget og TSF. Skønt de sporadiske lyskilder langs vejene vil kunne ses fra sommerhusene og visse udsynspunkter i nærheden af Narsaq, forventes lys forbundet med projektaktiviteter ikke at få væsentlig indvirkning.

Fysisk ændring af landskabet som resultat af en seismisk hændelse

Som nævnt ovenfor ligger projektet i et område med lav seismisk aktivitet. Denne påvirkning omhandler sandsynligheden for, at en seismisk begivenhed afstedkommer et svigt i FTSF-dæmningen, hvilket ville kunne medføre en fysisk ændring af landskabet i Taseq- og Narsaq-dalen. Modellering viser, at hvis en værst tænkelig seismisk begivenhed (MCE) skulle forekomme, ville den maksimale laterale forskydelse i TSF-dæmningen være mindre end 5 cm. Dette falder inden for tolerancen i design af dæmninger, og det er usandsynligt, at det ville påvirke dæmningsens funktionsdesign. I betragtning af den lave sandsynlighed for en sådan begivenhed er denne risiko beskrevet som en risiko (med meget lav sandsynlighed men væsentlig konsekvens) såvel som en påvirkning. I det meget usandsynlige tilfælde, hvor et katastrofalt brud skulle forekomme, ville miljøpåvirkningen klassificeres som væsentlig efter retningslinjerne fra Australian National Committee on Large Dams (ANCOLD) på grund af den mulige forandring af økosystemet.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere projektets indvirkning på det fysiske miljø:

- Forberedelse ved afskrabning og dæmningskonstruktion til tailings vil blive planlagt således, at de så vidt muligt falder ind i det omgivende landskab
- Der vil blive opbevaret muldjord, hvor det er tilgængeligt, for at understøtte genbevoksning efter nedlukning
- Veje vil blive bygget med henblik på at minimere påvirkningen på det omkringliggende landskab
- Dæmninger og afledningskanaler vil blive dækket med lokale materialer (sten og grus)
- Sprængninger foretages mellem klokken 08.00 og 18.00 for at minimere indvirkninger fra støv og vibration
- Vejtrafik vil blive minimeret på vejen fra havnen til minen og omkring havnen mellem klokken 22.00 og 07.00
- TSF-anlægget er designet til at overholde internationale standarder (International Convention on Large Dams, ICOLD) og omfatter brugen af stenfyld i dæmningsudformningen, og dæmningen vil blive forankret ind i omgivende fast klippe.

2.5.2 Atmosfæriske påvirkninger

Der er blevet foretaget baggrundsmålinger af støv og gasser i undersøgelsesområdet til luftkvalitetsvurdering (støv og gasformige emissioner). Udstyr til måling er placeret ved gården i Narsaq-dalen, i Narsaq by og syd for Narsaq.

Udviklingen af projektet kan danne tre typer atmosfæriske påvirkninger: Støv, gasformige emissioner og drivhusgasser (GHG).

Luftkvalitetsmodellering blev foretaget med CALPUFF, et standard redskab udpeget af miljøbeskyttelsesmyndigheden i USA (Environmental Protection Agency) som det foretrukne modelredskab til sådanne beregninger. Projektets støv- og gasemissioner forventes at være størst under driftsfasen. De modellerede koncentrationer ved jordoverfladen af vigtige forurenende stoffer (luftbårne partikler (total partikelkoncentration, TSP), PM_{2,5}, PM₁₀, SO_x, NO_x, sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)) blev sammenlignet med kriterier for vurdering af omgivende luftkvalitet for at bestemme den mulige påvirkning på det fysiske miljø og menneskers sundhed. Derudover blev der foretaget beregninger angående støvnedfald og indholdet af metaller.

Støv

Støvfrigivelse vil opstå fra en række projektaktiviteter, herunder sprængning og udgravning i minen, materialehåndtering og transport via grusveje. Modelleringsresultater viser, at de forventede koncentrationer ved jordoverfladen med hensyn til svævestøv, PM_{2,5}, PM₁₀ og støvnedfald ikke vil overstige de relevante vurderingskriterier ved følsomme sensorer, enten hver for sig eller kumulativt. Den største forekomst af svævestøv og støvnedfald forventes i mineområdet nær det åbne minebrud..

Alle partikelkoncentrationer vil andrage mindre end 20 % (projektemissioner hver for sig) og 40 % (kumulativt, herunder baggrundsemissioner) af deres respektive vurderingskriterier. Derfor vurderes påvirkningen fra projektet som værende lav.

Gasformige emissioner

Emissioner i luften vil stamme fra dieseldrevne maskiner og lastbiler, udstyr til produktion af elektricitet og varme, syreanlæg og fartøjer i havnen. Emissioner fra forbrænding af diesel omfatter faste partikler, NO_x (kvælstofoxider), SO_x (svovloxider), sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH).

Resultaterne fra modellering af kumulative påvirkninger viser, at de forventede koncentrationer ved jordoverfladen af kvælstof, NO₂, H₂S, SO₂ og SO₄ ikke vil overstige de relevante grænsekriterier ved sensitive sensor lokationer. Påvirkningen fra projektets gasformige emissioner vurderes til at være lav. Påvirkningen fra projektets sodpartikler og PAH forventes ligeledes at være lav.

Drivhusgasser

De for projektet vurderede drivhusgasser omfatter kuldioxid, kvælstofoxid og methan. Disse emissioner er blevet beregnet ud fra metoder beskrevet i retningslinjer udstedt i 2006 af IPCC (FNs klimapanel) angående nationale drivhusgasopgørelser [12]. Estimaterne er baseret på konservative antagelser og repræsenterer derfor de maksimalt forventede emissioner fra de aktiviteter, der er beskrevet i denne vurdering.

I alle projektets faser vil der blive dannet drivhusgasemissioner fra dieselmotorer, fremstilling af elektricitet og varme samt vej- og skibstransport. Når mobile og stationære forbrændingsemissioner og emissioner fra anlægget (herunder syreanlæggene) tages i betragtning, beregnes en samlet udledning på 0,24 millioner tons drivhusgasser fra projektet hvert år, hvoraf methan og kvælstofoxid bidrager 2.360 tons. Som resultat af Grønlands nuværende niveau af drivhusgasemissioner vil projektet øge Grønlands emissioner af CO₂ med 45 %. Til sammenligning vil Grønland, medregnet projektemissionerne, bidrage 2 % af de årlige drivhusgasemissioner fra Danmark.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere påvirkning af luftkvaliteten:

GML har udarbejdet en kontrolplan til håndtering af støv, der beskriver de støvbegrænsende aktiviteter, der gennemføres under driften.

De afbødende foranstaltninger i kontrolplanen for begrænsning af støv omfatter:

- Indeslutning af støv og opfugtning af materialer og områder, der kan give anledning til frigivelse af støv.

- Hastighedsgrænser for køretøjer samt regelmæssig udjævning og vedligeholdelse af veje
- Vaskesystemer til køretøjer ved udgangen fra mineområdet (for at minimere spredning af støv langs vejene).

Yderligere afbødninger vil omfatte:

- Brug af køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at minimere udledningshastigheder
- Vedligeholdelse af kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere emissioner.

2.5.3 Radiologiske påvirkninger

Strålingsenergi er energi, der spredes i form af bølger eller strømme af partikler. Den stammer fra radionuklider, der forekommer naturligt i miljøet og findes overalt i jordbund og klipper, hvorved et naturligt baggrundsstrålingsniveau eksisterer alle steder.

Uran og thorium er to af de naturligt forekommende radionuklider, der er vidt udbredt på Jorden. Kvanefjeldmalmen indeholder forhøjede koncentrationer af uran og thorium, og med tiden har naturlige processer som istider og vind- og vanderosion spredt radionuklider ind i Narsaq-dalen og til Narsaq. Som følge heraf er koncentrationerne af radionuklider omkring projektet højere end det globale gennemsnitlige niveau. For beboere i Narsaq er den naturlige basislinje for udsættelse for stråling fra indtagelse af mad og indånding af radon / thoron beregnet til at være mellem 8,5 og 10,5 mSv/år.

Projektaktiviteter, overvejende brydning af malm, vil frigive radioaktivitet til luft og vand. Denne radioaktivitet kan, hvis den absorberes i betydelige mængder, potentielt medføre skader på mennesker, flora og fauna. Strålingspåvirkninger fra støv fra projektet og fra radon og thoron blev beregnet. Ud over frigivelsen af radionuklider fra planlagte projektaktiviteter blev tre risikoscenarier taget i betragtning: Radioaktivitet fra udslip; radioaktivitet frigivet i det usandsynlige tilfælde af et brud i TSF-dæmningen; og radioaktivitet frigivet fra aerosoler fra TSF.

Radioaktivitet fra støv

Der er blevet gennemført en radiologisk vurdering af projektet ved hjælp af INTAKE modellen for at afgøre dets potentiale for strålingskontaminering. INTAKE-modellen er blevet anvendt i forbindelse med flere uranmineprojekter i det nordlige Canada for at simulere bestanddelenes strålingsrelaterede og ikke-strålingsrelaterede skæbne og transport i miljøet samt efterfølgende evaluering af den eksponering, økologiske arter og mennesker udsættes for.

Der blev udregnet estimater for potentielle radiologiske frigivelser fra minen og anlægget, og de radiologiske stoffer, som vækker bekymring, blev identificeret. Anslåede værdier for udslip er blevet kombineret med data om spredning til luft og vand for at vurdere de koncentrationer af radionuklider, der skyldes projektaktiviteterne. Disse vurderinger er blevet beregnet for forskellige lokaliteter inden for undersøgelsesområdet. Disse koncentrationer er blevet anvendt sammen med "adfærds karakteristika" (f.eks. hvad dyr og mennesker spiser og i hvilke mængder) og naturlig baggrundsstråling til at anslå radiologiske doser for visse planter, dyr og mennesker.

Muligheden for indvirkninger på sundhed hos mennesker og fauna bestemmes ved at sammenligne den samlede beregnede radiologiske dosis for de forskellige receptorer (summen af den naturlige baggrunds-dosis og dosis som følge af projektaktiviteterne) med dosisgrænseværdien fra Den Internationale Kommission for Radiologisk Beskyttelse (ICRP). Sidste trin i vurderingen var en beregning af screening-indeksværdier (SIV'er). Her betyder en SIV under 1, at den beregnede dosis er under reference-dosisgrænsen og at grænsen for mulig påvirkning af befolkningen derfor ikke er nået. De SIV'er, der blev beregnet for alle arter, var et godt stykke under 1, hvilket peger på, at projektet ikke forventes at medføre utilsigtede virkninger eller betydelig skade for de planter, dyr eller

mennesker, som lever i området eller besøger det. Analysen omfattede specifikt fåreavl, og også fårenes SIV'er blev vurderet til at ligge langt under 1 (0,017 på gården ved Iputaq).

Radioaktivitet fra radon

I hver af projektets faser forekommer der aktiviteter, som muligvis vil medføre frigivelse af radon og thoron, herunder blotlægning af overflader med uranholdigt materiale (affald og malm), frigivelser fra porevand i minegruben, håndtering af brudt malm, bearbejdning og opbevaring af malm samt aktiviteter forbundet med bearbejdningsudstyr og anlæg til tailings. Frigivelsen af radon forventes at være størst i driftsfasen. For at få indblik i påvirkningen fra minedriftsrelateret radon på befolkningen i Narsaq blev der foretaget en beregning af den yderligere eksponering ved at sammenholde de anslåede radon-kilder med atmosfæriske fortyndelsesfaktorer for at komme frem til en forudsigelse af radon-niveauer i Narsaq. Disse niveauer blev derefter sammenlignet med de målte baggrunds-niveauer. Med en 'værst tænkelig' emissionsrate vil projektet maksimalt øge baggrundskoncentrationer i Narsaq med 3 %. Størstedelen af den yderligere radoneksponering vil stamme fra radon (og en lille mængde thoron), der frigives under driften i den åbne mine. Da disse yderligere eksponeringsniveauer ligger inden for naturlige variationer i baggrunds-niveauerne, er konsekvenserne fra yderligere eksponering ubetydelige.

Radioaktivitet fra udslip

Transport og håndtering af uranprodukter vil ske i overensstemmelse med sikkerhedsstandarder angivet af det Internationale Atomenergiagentur (IAEA) og IMDG-Koden (International Maritime Dangerous Goods Code, regler for transport af farligt gods med skib). Uranoxid emballeres i 200-liters ståltønder, som forsegles ved anlægget og stoves i skibscontainere og transporteres til havnen. Der er udført en specifik vurdering af urantransport for projektet. Vurderingen identificerede muligheden for:

- Udslip af uranoxid til elve eller i Narsap Ilua
- Udslip af uranoxid på land.

For udslip i vand kan der være en kortvarig påvirkning af vandlevende organismer. På længere sigt skal frigivet materiale indesluttet og fjernes, og der skal foretages oprensninger i området. Den langsigtede kvalitet af sediment i spildområdet kan påvirkes negativt med det resultat, at biota kan blive udsat for vand og sedimenter, der er blevet kontamineret.

På baggrund af erfaringer fra arktisk Canada er risikoen for udslip til vandmiljøet beregnet til at være ekstremt lav.

I tilfælde af en ulykke, der involverer frigivelse af uranoxid på land, kan både flora og fauna og offentligheden (og medarbejdere) blive udsat for ekstern gammastråling samt indånding af luftbårne partikler. Modellerings peger på, at medarbejdere, som deltager i en oprensning i et tidsrum på 10 timer, ville blive udsat for en maksimal dosis på 0,26 mSv, som er et godt stykke under den maksimale årlige folkesundhedsdosis på 1 mSv, som igen er langt under den foreskrevne grænse for medarbejdere på 20 mSv pr. år gennem 5 år. En gennemgang af ulykkesstatistikken for vejtransport i Canada og USA viste, at sandsynligheden for en ulykke og frigivelse af uranoxid til miljøet er yderst lille.

Radioaktivitet frigivet som resultat af et nedbrud i TSF-dæmningen

Dæmningerne til FTSF- og CRSF-anlæggene er designet til at leve op til internationale standarder (ICOLD), og det forudses, at de kan modstå selv de værste tænkelige seismiske begivenheder. De omfatter endvidere en række sikkerhedselementer såsom forankring i modstandsdygtige klipper og brug af nedstrøms-konstruktionsteknikker til yderligere forstærkning. Skønt det er meget usandsynligt, er der dog udarbejdet tre scenarier for et muligt nedbrud for at vurdere miljøpåvirkningen. De tre hypotetiske former for svigt, der blev modelleret, er beskrevet nedenfor:

- Overløb – hvor vanddækket over tailings utilsigtet ville blive udledt til elven;

- Kanaldannelse gennem dæmningen – hvor dæmningsmaterialer ville blive eroderet af løbende vand og medføre udledning til elven af vanddække såvel som af en del af de faste stoffer fra tailings;
- Katastrofalt dæmningsbrud – hvor hele vanddækket og en betydelig del af de faste stoffer fra tailings ville blive udledt til elven.

I hvert af disse tre svigtscenarier ville udledningen forventes at følge den nuværende rute for overfladevand ned ad Taseq-elven, gennem Narsaq-elven og ud til havet via Narsap Ilua. Der blev foretaget detaljerede analyser af de radiologiske påvirkninger fra hvert af disse scenarier. Svigtscenarierne blev modelleret for to tidspunkter, slutningen af driftsfasen (når mængden af tailings vil være størst) og efter nedlukningen (illustreret ved år 49, som er repræsentativt for det største volumen af supernatant (tailings-vanddække).

I overløbsscenariet, hvor kun tailings-vand frigives til Taseq- og Narsaq-elvene i tiden efter nedlukningen, beregnes den mulige radiologiske påvirkning til at være meget lav uden forventet effekt på menneskelig sundhed. I tilfældet af et overløbsscenario under driftsfasen, er der identificeret en potentiel påvirkning af phytoplankton (mikroskopiske planter) og ingen andre arter forventes at blive påvirket samt ingen påvirkning af den menneskelige sundhed. Dette er hovedsageligt fordi vandkvaliteten i TSF i tiden efter nedlukningen vil have opfyldt de grønlandske retningslinjer (GWQC) for alle elementer undtagen fluorid.

Ved kanaldannelses scenariet vil fysiske (i stedet for radiologiske) faktorer sandsynligvis få større indflydelse på ferskvandsmiljøet på kort sigt. Visse radiologiske påvirkninger, som vedvarer i længere tid, vil muligvis forekomme for ferskvandsbiota, men de forventes ikke at være alvorlige. Visse hurtigt reproducerende ferskvandsorganismer (f.eks. zooplankton) ville sandsynligvis opleve lave kortvarige radiologiske påvirkninger. I det marine miljø kunne fytoplankton muligvis blive udsat for betydelige kortvarige påvirkninger, men disse forventes at aftage, når hændelsen er slut. På længere sigt kan FTSF-tailings muligvis udgøre et nyt sedimentlag i Narsap Ilua, men dette forventes ikke at frembyde bekymring med hensyn til eksponering for stråling. Der er foretaget beregninger angående menneskers sundhed med anvendelse af data angående indtagelse af fisk, og det blev afgjort, at beboere i Narsaq kunne hente op til 20 % af deres årlige indtagelse af fisk fra Narsap Ilua uden at overskride folkesundhedsgrænsen for dosis.

I et værst tænkeligt scenario med et katastrofalt nedbrud af dæmningen ville de radiologiske eksponeringer svare til de eksponeringer, der er omtalt i forbindelse med kanaldannelsesscenariet. Et katastrofalt svigt ville omfatte et større område og medføre en mere udstrakt oversvømmelse og afsætning af sediment på land. Modellering peger på, at visse marine arter (fytoplankton) kunne opleve betydelige kortvarige radiologiske påvirkninger, men disse forventes at aftage hurtigt. RESRAD ONSITE-modellen blev brugt til at bedømme påvirkninger på menneskers sundhed med det resultat, at direkte eksponering for tailings afsat på land ikke forventes at blive genstand for nogen bekymring om sundhed. Ligeledes forventes støv fra udtørring af aflejret tailings ikke at udgøre nogen bekymring med hensyn til stråling.

Radioaktivitet frigivet fra aerosoler fra TSF

Aerosoler fra TSF-anlægget, er en potentiel kilde til luftbåren spredning af uran i elvene Taseq og Narsaq. Modellering peger på, at deponeringsmængden af aerosoler fra TSF-anlægget i indvindingsområdet for drikkevand til Narsaq er begrænset. Modelleringen tager de fremherskende vindretninger (østlig og nordøstlig), den lokale topografi og den markerede bjergkam, der adskiller Taseq-dalen fra det område, der anvendes til indhentning af råvand til Narsaq-vandforsyningen (højderyggen syd for dalen ligger mere end 200 m over Taseq-søen) i betragtning. Modeller over føhnvinde viser, at den mængde uran, der potentielt kan blive deponeret i drikkevandsoplandet for Narsaq, forbliver langt under WHO's retningslinjer selv under ekstreme forhold.

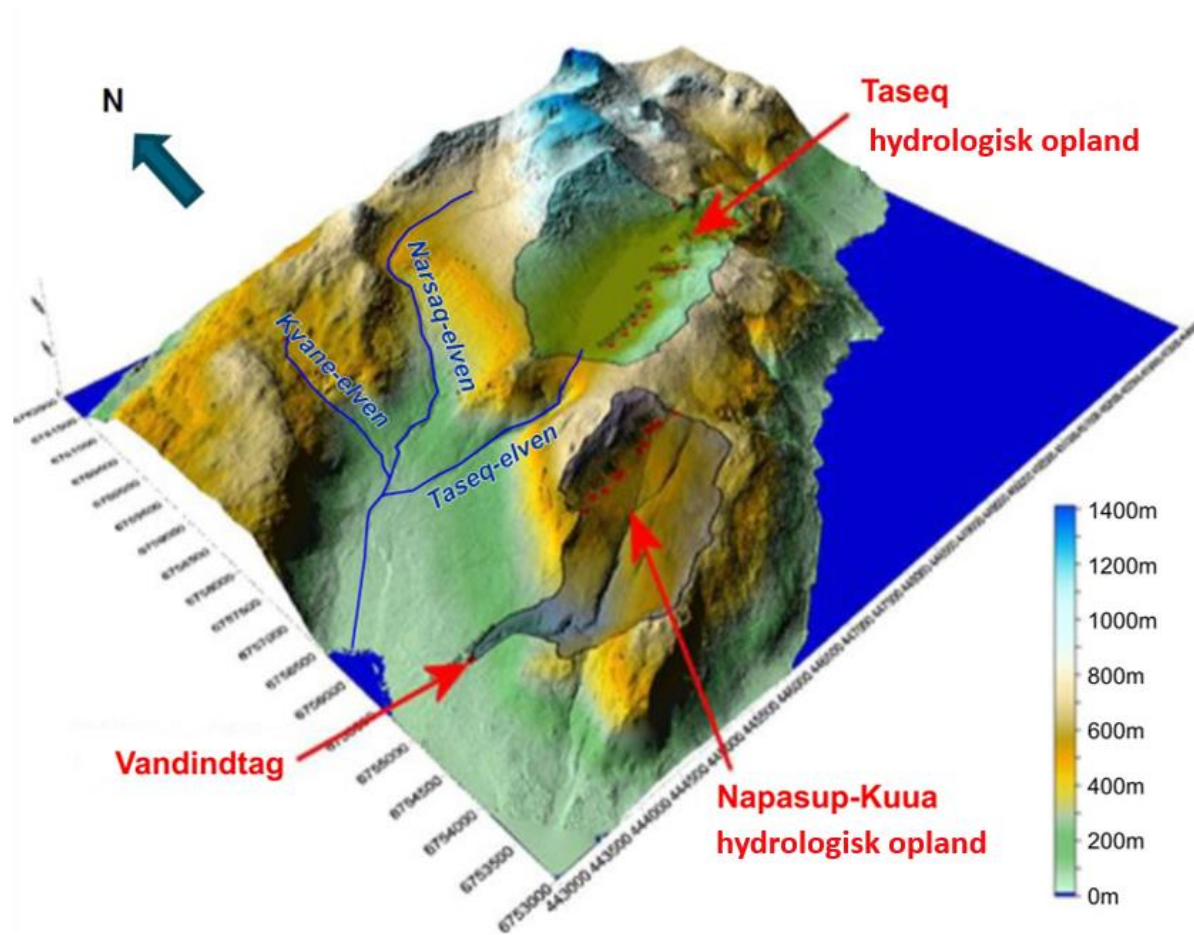
Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere de radiologiske påvirkninger fra projektet:

- Håndtering af støv gennem støvkontrolplanen (DCP)
- Anlægget vil blive konstrueret til at minimere strålingsemissioner
- Transport og emballering af uran vil blive foretaget i overensstemmelse med sikkerhedsstandarderne fra IAEA og reglerne i IMDG
- Under og efter driftsfasen vil tailings med faste stoffer blive opbevaret under vand for at forhindre støv- og radonemissioner.

2.5.4 Vandmiljø

Projektområdets hydrologi er præget af et afvandingsområde på 30 km², hvoraf det meste er uden vegetation. Derfor er der tale om en hurtig afstrømningshastighed. De to store indløbende elve til Narsaq-elven påvirkes henholdsvis af søen i Taseq-bassinet og Kvane Sø. Figur 10 viser Taseq-opsamlingsområdet og Napasup-Kuua-opsamlingsområdet (hvorfra Narsaqs drikkevand kommer).



Figur 10 Hydrologiske oplandsområder

På grund af den betydelige mængde af det vandopløselige mineral villiaumit (NaF) i det geologiske miljø indeholder elvene Narsaq og Taseq og vandet i Taseq-bassinet naturligt forhøjede koncentrationer af fluorid. Baggrunds-fluoridniveauerne i Narsaq-elven overstiger de internationale retningslinjer for ferskvandsmiljøer, herunder retningslinjer for drikkevand udstedt af Verdenssundhedsorganisationen (WHO). Niveauet af uran ligger under de internationale retningslinjer.

Grundfjeldet under Taseq-bassinet (og det foreslåede TSF) er præget af krystallinsk klippe med minimal erosion. Klippetyperne under Taseq-bassinet forventes at ligne den omgivende geologi og at være uigennemtrængelige med begrænset forbindelse til grundvandssystemer. De begrænsede geologiske undersøgelser, der indtil nu er foretaget, peger på, at der er meget lidt eller ingen forbindelse mellem Taseq-søen og opsamlingsområde Napasup Kuua.

Narsaq ligger midt mellem to fjorde, der er forbundet via en passage. Disse fjorde er for det meste dybe, med en maksimal dybde på op mod 700 m.

Der er foretaget vurderinger af 11 mulige påvirkninger af vandmiljøet:

- Modifikationer i den hydrologiske proces
- Drift af dammen til tailings
- Frigivelse af tailings-vand og faste stoffer som følge af et dæmningssvigt
- Påvirkninger af kvaliteten i Narsaqs drikkevand fra aerosoler fra TSF
- Påvirkninger af kvaliteten i Narsaqs drikkevand fra udsivning fra TSF
- Udledning af vand til Nordre Sermilik (drift)
- Udledning af vand til Nordre Sermilik (nedlukning)
- Afløb fra affaldsdepot
- Søen i minegruben
- Udslip af kulbrinter og kemiske stoffer
- Procesrelaterede udslip

Visse af disse påvirkninger omtales samlet i beskrivelsen nedenfor.

Modifikationer i den hydrologiske proces (1 påvirkning)

Projektet vil medføre ændringer i hydrologien i undersøgelsesområdet, primært ved at afbryde strømmen i Taseq- og Kvane-elvene i afvandingsområdet og ved at trække vand fra Narsaq-elven. Gennemstrømningen i Narsaq-elven varierer mellem 40 og 4.000 m³/t gennem året. Der vil blive taget omkring 191 m³/t ferskvand fra Narsaq-elven til brug i bearbejdningsanlægget. Den gennemsnitlige gennemstrømning ved udtagningsstedet er 1.200 m³/t, og den er 4.100 m³/t nedstrøms nær udmundingen til Narsap Ilua. Påvirkningen på gennemstrømningen i det meste af året vil derfor være begrænset. Der vil ikke blive taget vand, når gennemstrømningen er lav.

Ændringer i elves og søers hydrologi vil få begrænset påvirkning på områdets øvrige hydrologi men vil påvirke Kvane- og Taseq-elvene betydeligt ved at reducere gennemstrømningen i deres øvre dele.

Drift af dammen til tailings (1 påvirkning)

FTSF- og CRSF-dammene vil gøre brug af den naturlige topografi i Taseq-bassinets dal. Der vil blive bygget to dæmninger inden for bassinet, en til FTSF og en til CRSF. De to dæmningsers højde vil trinvist blive øget for at imødekomme de stigende behov for opbevaring af tailings under projektets driftsfase.

Indstrømning af vand fra opsamlingsområdet til TSF vil blive reduceret ved at bygge afledningskanaler inden driftens start. Disse kanaler vil delvist aflede afløbsvand, som ikke er i berøring med tailings, til Taseq-elven nedstrøms for FTSF-dæmningen.

Under driftsfasen, nedlukningsfasen og nedlægningsfasen vil der ikke blive udledt vand fra FTSF eller CRSF til Taseq-elven. Efter nedlukning, når det vand, der dækker FTSF og CRSF, opfylder kriterierne i GWQC (dette forventes inden for 6 år), vil det få lov til at løbe over dæmningen og ind i Taseq-elven.

Der vil blive foretaget overvågning af vandstrømme, elve og mulige udsivninger for at sikre, at vandkvaliteten ikke påvirkes af tailings-anlæggene. Hvis der opdages ændringer i vandkvaliteten som

følge af aktiviteterne i anlæggene (enten fra aerosoler eller udsivning), kunne der iværksættes vandbehandling for at forbedre den inden udledning til TSF.

Tailings-vand vil blive genbrugt i bearbejdningsanlægget, og overskydende vand vil blive behandlet inden udledning i Nordre Sermilik.

Dæmningerne til FTSF og CRSF vil blive udformet til at kunne modstå ekstreme indstrømninger af vand, som kunne opstå som følge af usædvanlige mængder smeltevand under føhnvind-forhold. Der vil blive opretholdt et fribord på mindst 6 m i begge anlæg inden for et driftsmæssigt interval på 6-13 m. Anlæggenes kapacitet er blevet udformet til uden vanskelighed at kunne håndtere en 1 i 10.000 år regnbegivenhed.

Frigivelse af tailings-vand og faste stoffer som følge af et dæmningssvigt (1 påvirkning)

Som overfor angivet blev tre hypotetiske former for brud vurderet for at danne et overblik over den mulige påvirkning på miljøet, hvis en sådan usandsynlig hændelse skulle forekomme:

- Overløb – den vigtigste påvirkning fra et overløb på vandmiljøet ville være en udstrakt og langvarig udledning, som midlertidigt kunne oversvømme græsmarkerne på sletten. Hvis et sådant brud skulle forekomme i tiden efter nedlukningen, ville kvaliteten af det overløbende vand leve op til kriterierne i GWQC (bortset fra fluorid), og derfor ville der ikke forventes nogen påvirkning på vandkvaliteten nedstrøms. Hvis svigtet forekom under driftsfasen, kunne der forventes kortvarige overskridelser af vandkvalitetsgrænser, men de ville hurtigt fortyndes.
- Kanaldannelse gennem dæmningen – hvis det antages, at alt overfladevand (13,7 Mm³ i driftsfasen og 32,9 Mm³ i tiden efter nedlukning) og 25 % af tailings fra flotation, som er opbevaret over sadlen (15 Mm³), gik tabt i et sådant brud, ville slamstrømmen forventes at andrage 42.000 m³/t (11,7 m³/s). I betragtning af Narsaq-elvens gennemsnitlige naturlige strømning på 1,15 m³/s ville den ikke yde særlig megen fortynding af de frigivne tailings. Kanaldannelse gennem dæmningen ville forventes at medføre oversvømmelse af græsmarkerne på sletten i det tidsrum, hændelsen varer.
- Katastrofalt dæmningsbrud – forskellige brudscenarier blev modelleret med 3D-metoder. I det værst tænkelige tilfælde under drift ville en anslået mængde på 43 Mm³ tailings (overfladevand og tailings-materiale) frigives (og ca. 60 Mm³ i tiden efter nedlukning), og omkring 80 % heraf ville forventes at nå Narsap Ilua. Straks efter bruddet ville der forventes midlertidige overskridelser af GWQC med hensyn til flere elementer i Taseq- og Narsaq-elvene (dette gælder for en hændelse i driftsfasen og efter nedlukning). Men den største umiddelbare effekt ville bestå i den fysiske påvirkning fra en pludselig frigivelse af væske og faste stoffer i stærk bevægelse. Straks efter bruddet ville vandkvaliteten i elven sandsynligvis svare til vandkvaliteten i tailings. Inden for to år ville koncentrationerne af elementer nærme sig de oprindelige forhold i Narsaq-elven med undtagelse af fluorid. Fluoridkoncentrationerne ville leve op til vandkvalitetskriterierne for vinter efter 2 år og kriterierne for sommer efter 10-20 år (afhængigt af tidspunktet for bruddet). Elvvand, der flyder ind i Narsap Ilua, ville leve op til alle retningslinjeværdier undtagen værdien for fluorid [126].

Narsaq by ligger uden for strømningsruten for alle modellerede scenarier, og derfor forventes det ikke, at oversvømmelse eller aflejring af tailings ville forekomme i byen.

Påvirkningen på vandmiljøet fra det værst tænkelige brud på dæmningen ville være høj, men i betragtning af den meget lave sandsynlighed for denne begivenhed blev påvirkningen anset for at være lav.

Påvirkninger på kvaliteten i Narsaqs drikkevand fra aerosoler eller udsivning fra TSF (2 påvirkninger)

Drikkevandsoplandet til Narsaq kommer fra elvene Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven i Napasup Kuua opsamlingsopområdet. Der blev foretaget en vurdering af spredning af vandaerosoler fra TSF for at afgøre den mulige påvirkning på Narsaqs drikkevand fra aerosoler. Som angivet ovenfor er det i betragtning af den fremtrædende bjergkam mellem Taseq og opsamlingsområdet og af den fremherskende vindretning under føhnbegivenheder usandsynligt, at aerosoler fra TSF vil påvirke byens drikkevand.

Undersøgelser peger på, at der er begrænset overflade- og grundvandsforbindelse mellem Taseq-bassinområdet og opsamlingsområderne i Napasup Kuua. Risikoen for udsivning fra tailings-området anses for at være lav. Disse undersøgelser støttes af tilstedeværelsen af en sø i Taseq-bassinet, hvilket vidner om en modstandsdygtig geologisk struktur.

I det usandsynlige tilfælde, at fluorid i vandet i tailings-dammen påvirker vandforsyningen til Narsaq, hvadenten dette stammer fra udsivning, overløb eller aerosoldeponering, kan der straks iværksættes vandbehandling på mineområdet som en afbødende foranstaltning.

Udledning af vand til Nordre Sermilik (2 påvirkninger)

Under driften vil overskydende vandstrømme udledes til miljøet, når det ikke længere er muligt at genbruge det i anlægget. To strømme overskudsvand fra anlægget vil blive udledt til Nordre Sermilik: Behandlet vand med indhold af overskydende vand fra koncentratoren og overskydende vand fra raffinaderiet; og en chloridholdig væske efter udfældning. Vandet behandles inden udledning. Der blev udviklet en hydrodynamisk model for at vurdere den kemiske sammensætning og mængden af alle vigtige kontaminerende stoffer med hensyn til temperatur, koncentration og strømning.

Udbredelsen af kemiske bestanddele i det behandlede vand, som ledes til Nordre Sermilik, blev modelleret for sommer og vinter, og den optimale placering med hensyn til fortynding af en udledning under vand blev fastslået til at være 40 m under overfladen. Udledningsmængden forventes at strække sig over 3 km² til 700 m fra kysten ved dybder på -20 til -50 m. Længere væk er vandkvaliteten under PNEC (nuleffekt-koncentration) for alle kontaminerende stoffer. Der blev foretaget toksikologiske prøver for at afgøre, om udledningstvandet ville være akut eller kronisk giftigt for alger, vandlopper eller fisk. Prøverne viste, at alger og fisk tilsyneladende ikke blev påvirket af det udledte vand, selv ved høje koncentrationer, men i visse høje koncentrationer kan det udledte vand muligvis påvirke vandlopper.

Konklusionen var, at udledning af vand i Nordre Sermilik ikke har sandsynlighed for væsentligt at påvirke vandkvaliteten eller det marine miljø under driftsfasen.

Under den seksårige nedlukningsfase vil vand fra TSF blive pumpet til et vandbehandlingsanlæg, og når vandet opfylder kriterierne i GWQC, vil det udledes til Nordre Sermilik. Vandet i TSF vil gradvist blive fortyndet med vand fra nedbør og afløb fra opsamlingsområdet, hvilket støt vil forbedre TSF-vandets kvalitet. Når vandet i TSF opfylder grønlandske og internationale kriterier for vandkvalitet, vil behandlingen ophøre. Vandstanden i TSF vil få lov til at stige naturligt, og med tiden vil vand flyde via en afledningskanal ind i Taseq-elven.

Afløb fra affaldsdepot og søen i minegruben (2 påvirkninger)

Stenaffald (gråbjerg) vil blive udsprængt sammen med malm under driftsfasen. Dette vil blive opbevaret nær minen i et affaldsdepot, WRS. Materialerne i WRS er langt mere modstandsdygtige over for erosion end Lujavrit, som er værtsklippe for projektets malmlegeme. De indeholder også væsentligt lavere koncentrationer af uran, thorium og fluorid.

Det vand, der afløber fra WRS, vil blive opsamlet til brug gennem projektets driftsfase for at reducere forbruget af vand fra Narsaq-elven. I forbindelse med nedlukningsfasen vil vand fra WRS blive udledt til naturlige vandløb, hvor det vil blive fortyndet inden udledning til Nordre Sermilik.

Der vil blive bygget drækanaler efter behov, herunder en drækanal over Narsaq-elven. Under opførelsen vil vandgennemstrømningen blive vedligeholdt ved at pumpe vand uden om byggeområdet. Dette vil samtidig være en fordel, idet der bibeholdes et tørt anlægsområde.

Udgravningen af den åbne grube vil ophøre efter 37 år på grundlag af den eksisterende malmængde. Under nedlukningen vil gruben langsomt fyldes med vand og bidrage med endnu en vandstrøm til søen i sydvest. Vandet i minegruben forventes at have et lavt indhold af salte og derved udgøre endnu en kilde til fortynding af det afløb fra WRS, der samles i søen.

Udslip af kulbrinter og kemiske stoffer (2 påvirkninger)

Under projektets driftsfase vil kemikalier og kulbrinter blive sendt til Grønland og transporteret til projektområdet, hvor de vil blive oplagret inden brug. Under transport og brug er der mulighed for udslip.

Miljøpåvirkningerne fra udslip af kemiske stoffer eller brændsel på land er begrænset til dele af undersøgelsesområdet, især til en smal korridor på få kilometer omkring området for projektets aktiviteter. Hvis ingen afbødende foranstaltninger iværksættes, kunne udslip med påvirkning på Narsaq-elven (eller andre vandløb) i tidsrum med høj gennemstrømning spredes nedstrøms for udslipsområdet og nå fjorden.

Der er mulighed for, at ubehandlet vand fra anlægget utilsigtet udledes i fjorden på grund af en teknisk fejl. Skulle dette ske, ville udledning straks ophøre, og ubehandlet vand fra anlægget ville blive ledt til TSF. Hvis passende afbødende foranstaltninger er på plads, ville et udslip være mindre betydeligt, og påvirkningen ville være lav.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at minimere projektets påvirkning på vandmiljøet:

- Lokale elve, fjorde, udsivninger og vandforsyninger i byen vil blive overvåget med henblik på mulig kontaminering fra projektet, og resultaterne vil blive offentliggjort regelmæssigt
- TSF-dæmninger vil blive konstrueret efter BAT
- Der vil blive opretholdt omledningskanaler under driftsfasen
- Behandlet overskydende vand vil blive ledt ud i fjorden 40 m under overfladen via en specielt udformet spreder, som fremmer hurtig fortynding
- Der vil ikke forekomme udledning til Taseq-elven under projektets drifts- og nedlukningsfaser
- Hvis der i forbindelse med miljøovervågningen påvises udsivning fra TSF med forhøjede niveauer af fluorid, kan vandbehandling inden udledning af tailings straks iværksættes for at reducere disse niveauer
- Lave fartgrænser vil blive håndhævet for at undgå ulykker under transport
- Der vil sørges for navigeringsmæssige sikkerhedsprocedurer for at reducere risikoen for udslip i fjordene.

2.5.5 Affaldshåndtering

Qaqortoq er kommunens center for affaldsindsamling. Affald, der egner sig til afbrænding, indsamles og sendes til Qaqortoq til behandling. Forrådneligt affald, herunder madaffald og dyrekadavere, anbringes på en losseplads i Narsaq på det foreslåede sted for den nye havn.

Projektets anlægs- og driftsfaser vil skabe affald inklusive husholdningsaffald, byggeaffald, jern og skrot, dæk fra køretøjer og forskellige former for farligt affald (kulbrinteaffald, kemikalieaffald og batterier).

Alt fast brændbart affald vil blive transporteret til Qaqortoq til forbrænding. Dette omfatter alt forrådneligt affald, og projektet har ikke til hensigt at bidrage med affald til lossepladsen i Narsaq.

Spildevand fra alle bygninger i havnen, landsbyen, minen og anlæggene samt fra fartøjer langs kajen vil blive behandlet i et præfabrikeret rensningsanlæg ved siden af havnen. Dette anlæg vil benytte mekaniske, biologiske og kemiske behandlinger for at gøre affaldet sikkert til permanent bortskaffelse. Renset spildevand vil blive udledt i fjorden ved den nordlige ende af Tunu-halvøen, som det også er nuværende praksis i Narsaq [69]. Der vil blive oprettet en miljøovervågningspost ved siden af for at overvåge påvirkninger på vandkvalitet.

Farligt affald vil blive registreret, håndteret og sendt til Danmark for at blive behandlet og bortskaffet efter danske krav og EU-krav.

Da affaldshåndteringen vil blive foretaget efter bedste miljøpraksis, med genbrug om muligt, vurderes påvirkningen fra affaldshåndteringen på miljøet som værende lav.

Fast affald fra svovlsyreanlægget og saltsyreanlægget vil blive blandet med andet procesaffald til opbevaring i TSF. Fast affald fra de to anlæg vil blot udgøre en lille del af den samlede mængde tailings og vil være af ufarlig karakter og forenelig med andre tailingsmaterialer.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere de indvirkninger på det lokale miljø, der skyldes affald fra projektet:

- Udvikling af procedurer for affaldsbehandling og en plan for affaldshåndtering
- Installation af et rensningsanlæg til kloakvand
- Afbødning af enhver kontaminering, der følger af projektet.

2.5.6 Biodiversitet

Bevoksningen i undersøgelsesområdet består overvejende af terrestriske levesteder og plantearter, som er almindeligt forekommende og udbredt i Sydgrønland. Hjemmehørende bevoksning i Sydgrønland bestemmes for det meste af temperatur og nedbør, og disse følger gradienter for højder i hav og fastland.

Tre plantesamfund blev identificeret under et feltstudie foretaget i 2014:

- Narsap Ilua-bugten og den nedre Narsaq-dal (0 til ca. 200 meters højde)
- De højereliggende dele af Narsaq-dalen og Kvanefjelds-plateauet (ca. 200 til 680 meters højde)
- De øvre nordlige skrånninger i Narsaq-dalen og området omkring Taseq-bassinet (ca. 350 til 650 meters højde).

Denne botaniske undersøgelse identificerede flere sjældne arter og usædvanlige plantesamfund inden for undersøgelsesområdet:

- En sjælden planteart, smalbægret ensian (*Gentiana amarella*), blev registreret på den nordlige side af Narsaq-elvens udmunding. *Gentiana amarella* ("sårbar" på den grønlandske rødliste) er sjælden i Grønland, og 50 enkelte planter blev registreret på dette sted.
- Den rundbladede orkidé (*Amerorchis rotundifolia*), Grønlands mest sjældne orkidé, er tidligere blevet registreret mellem grusvejen og en placering lige syd for "testdepoterne" ved ca. 300 meters højde. Denne sjældne orkidé blev ikke observeret i løbet af undersøgelsen i 2014.

Rosmarinlyng (*Andromeda polifolia*) ("sårbar" på rødlisten) blev set en enkelt gang på Kvanefjeld-plateauet.

- Ved vejstrækningen i lavlandet nær bjerget er der et lille engområde, der domineres af forskellige typer star: *Carex rariflora*, *Carex scirpoidea* og *Carex panacea*. Sidstnævnte er en sjælden art i Grønland
- Den beskyttede grønlandske orkidé (*Platanthera hyperborea*) vokser langs vandløbene i lavlandet og omkring Taseq-søen.

Polarræven og polarharen er de eneste terrestriske pattedyr i området. Begge tilpasser sig normalt godt til menneskelige aktiviteter, men de vil sandsynligvis undgå projektfaciliteterne.

Der er relativt få arter af land- og ferskvandsfugle i Sydgrønland i sammenligning med andre arktiske områder. Fem arter spurvefugle blev identificeret; de er alle almindelige og forekommer udbredt. Vandområderne ved og ud for kysten i Sydgrønland er internationalt vigtige vinter-opholdssteder for havfugle. De fleste overvintrende havfugle forbliver på vandet ud for kysten, men nogle er blevet set på vej ind i Erik Aappalaartup Nunaa.

De eneste arter ferskvandsfisk i projektområdet er den arktiske fjeldørred, som forekommer i stort tal i den nedre del af Narsaq-elven.

Der forekommer 17 arter havpattedyr, for det meste hvaler og sæler, i den sydøstlige del af Davisstrædet. Heraf forventes 8 arter at vise sig i vandet i nærheden af projektområdet: Ringsæl, klapmys, grønlandssæl, remmesæl, vågehval, finhval, pukkelhval og marsvin.

Blandt de dyr og planter, der er registreret i Erik Aappalaartup Nunaa, er fire fuglearter, fem plantearter og en pattedyrart optegnet som "sårbar" eller "næsten truet" på rødlisten.

Anlæggelse og driften af projektet:

- Vil forstyrre levesteder for terrestriske dyr og planter, levesteder for ferskvandsdyr og levesteder for havdyr
- Har potentiale til at kontaminere terrestriske levesteder for planter og dyr, ferskvandslevesteder og havlevesteder
- Vil øge køretøjstrafik
- Vil øge skibstrafik.

Forstyrrelse af levesteder

Hvor anlægsaktiviteter finder sted i nærheden af sjældne planter eller plantesamfund, forventes forstyrrelsen fra projektrelaterede aktiviteter at være lille sammenlignet med forekomsten af lignende levesteder i Sydgrønland. Der er typisk et fåtal af dyr i undersøgelsesområdet (polarræv og polarhare), og ingen af disse arter er sjældne eller truet i Grønland. Virkningen af tabte levesteder som følge af projektet vurderes til at være meget lav.

Forstyrrelser grundet støj fra maskiner og sprængninger vil være nogenlunde ens under anlægs- og driftsfaserne. Støj og visuelle forstyrrelser under driftsfasen vil blot forårsage lokal gene for terrestriske fugle og pattedyr. Da der ikke kendes til ynglesteder for havørn inden for eller nær undersøgelsesområdet, vurderes forstyrrelsespåvirkningen på terrestriske pattedyr og fugle at være lav.

Bygningen af drækanaler over Narsaq-elven og bygningen af dæmninger på Taseq-elven kan forårsage øget uklarhed i vandet. Enhver sådan forøgelse forventes at være kortvarig. På visse tidspunkter af året vil projektet trække vand fra Narsaq-elven og derved mindske strømmingen videre nedad. Omfanget af denne reduktion forventes ikke at overstige 15 % af den gennemsnitlige strømning og forventes derfor ikke at få nogen betydelig påvirkning på fjeldørredens yngleaktivitet i Narsaq-elven.

Anlægsarbejder ved havnen vil medføre midlertidig støj under vandet fra sprængning og pilotering samt øget uklarhed i det nære havvand. Fartøjer, der i anlægsfasen ankommer til havnen med maskiner og materialer, vil skabe støj over og under vandet samt visuel forstyrrelse over vandet. Marine levesteder kunne blive påvirket ikke blot af anlægsarbejdet men også af udledningen af behandlet vand i Nordre Sermilik. Men i betragtning af, at den maksimale udstrækning af udledningsstrømmen forventes at blive 3 km² (dvs. det fortyndingsområde, der kræves for at opnå PNEC-niveauer), vil der ikke forekomme påvirkning på marine levesteder og fauna på populationsniveau. Der blev foretaget toksikologiske undersøgelser for at fastslå påvirkningen på individuelle marine arter fra udledningen af behandlet vand til Nordre Sermilik. Resultaterne peger på en begrænset påvirkning på vandlopper og en lav påvirkning på alle andre arter.

Overvintrende edderfugle, der gør ophold og søger efter føde i fjordene, kunne midlertidigt forstyrres af fartøjer, der lægger til i havnen, men denne påvirkning er sandsynligvis let på grund af det lille antal skibsbevægelser (1 eller 2 hver uge). Sæler er almindelige i fjordene omkring Narsaq, men alvorlig forstyrrelse fra sprængninger og pilotering anses for usandsynlig, da sæler i almindelighed udviser stor tolerance over for støj under vand.

Forurening af terrestriske levesteder for fauna og flora

Mulige årsager til kontaminering omfatter udslip og kontaminering som følge af et nedbrud i TSF-dæmningen.

Sandsynligheden for et udslip er meget lav, men skulle det forekomme, vurderedes de miljømæssige påvirkninger fra udslip af kulbrinter eller kemikalier på land at være begrænset til projektområdet og derfor at være af mindre betydning for terrestriske levesteder.

Påvirkninger af terrestrisk flora og fauna blev vurderet med hensyn til hvert af tre hypotetiske scenarier for dæmningsssvigt. I dette sammendrag beskrives kun resultaterne for det værst tænkelige scenarie. Et katastrofalt dæmningsbrud ville medføre en oversvømmelse på 1,84 km² i forskellige dybder langs med afløbsruten fra TSF til Narsap Ilua. I et sådant scenarie antages det, at terrestriske biota inden for dette oversvømmelsesområde ville blive kvalt, således at arten ville have behov for at genkolonisere. Terrestrisk fauna i det påvirkede område er almindelig i hele Sydgrønland, og bevarelsen afhænger ikke af den lokale bestand. I et katastrofalt brudscenarie ville påvirkninger af terrestrisk flora og fauna forventes at forekomme på et individuelt niveau, men der ville ikke forventes påvirkninger for hele bestanden.

Kontaminering af ferskvandslevesteder

Mulige årsager til kontaminering omfatter udslip, anvendelsen af Taseq-søen til opbevaring af tailings og kontaminering som følge af et brud på TSF-dæmningen.

Et olieudslip i ferskvand kunne muligvis påvirke migration til gydning, gydningområdet og adgangen til føde for unge fjeldørreder i Narsaq-elven. Sandsynligheden for et større udslip til land eller ferskvandskilder er ikke stor. Udslip ville ikke forventes at forårsage nogen betydelig påvirkning på arten på populationsniveau.

Anvendelsen af Taseq-bassinet til opbevaring af tailings forventes at have begrænset konsekvens, idet der ikke findes fisk i søen. Hvirvelløse dyr i søen ville sandsynligvis gå tabt, men de er ikke unikke og har ej heller betydning som bestand.

Påvirkninger af ferskvandsfauna og -levesteder blev vurderet for hvert af tre hypotetiske dæmningsbrudscenarier. Kun resultaterne af det værst tænkelige scenarie beskrives i dette sammendrag. Strømningen fra et katastrofalt brud ville forventes at overvælde den naturlige elvstrøm. Der ville opstå betydelig nedslidning og afskrabning, og lokale fiskebestande ville blive skyllet væk. Akvatisk liv ville yderligere blive udfordret af høje sedimentniveauer, der ville tilstoppe fiskegæller og forhindre fotosyntese for ferskvandplanter på kort sigt. Kortvarige radiologiske påvirkninger af zooplankton og visse plantearter kunne forventes i dette brudscenarie, men i betragtning af, at disse

organismer reproducerer hurtigt, ville påvirkningen være af begrænset varighed. På længere sigt, når partiklerne havde aflejret sig, ville biota blive udsat for radioaktivitet på grund af tilstedeværelsen af uran og thorium i tailings-partiklerne. Radiologiske vurderinger viser, at bløddyr og zooplankton kunne opleve en forhøjet risiko, men fisk ansås ikke for at være i fare.

Kontaminering af marine levesteder

Mulige årsager til kontaminering omfatter udslip og kontaminering som følge af et brud på TSF-dæmningen.

Konsekvenserne af et stort olieudslip som følge af en skibssulykke kunne være alvorlige. En vurdering af den mulige påvirkning [55] fastslog, at skønt udslip af kulbrinter i arktiske økosystemer kan medføre betydelige påvirkninger, der varer længe i sammenligning med økosystemer i tempererede områder, er den overordnede risiko for økologisk påvirkning i stor skala lav, hvis der iværksættes passende afbødende foranstaltninger.

Disse afbødende foranstaltninger omfatter detaljerede beredskabsplaner, hastighedsbegrænsninger, tvungen brug af lods samt adgang til passende udstyr og materialer til nødberedskab i tilfælde af et udslip.

En undersøgelse af navigationssikkerhed er blevet foretaget for dette projekt for at vurdere navigeringsrisici. Sandsynligheden for et udslip reduceres betydeligt, når skibsfartsregler overholdes, og den betegnes som "usandsynlig" af eksperter i skibsnavigering.

Påvirkninger af marine fauna og levesteder blev vurderet for hvert af tre hypotetiske dæmningsbrudscenarier. Kun resultaterne af det værst tænkelige scenarie beskrives i dette sammendrag. I et katasrofalt brudscenarie forventes det, at noget af tailingsmaterialet ville flyde gennem Narsap Ilua og ud i fjorden. Der er megen bevægelse i området, og tailings ville blive blandet og spredt over et større område. På kort sigt ville biota i Narsap Ilua sandsynligvis opleve betydelige fysiske og radiologiske påvirkninger, men radioaktiviteten ville forventes at aftage hurtigt til niveauer, der er tæt på de nuværende. Længerevarende radiologiske påvirkninger af biota i Narsap Ilua og fjorden forventes ikke.

Sammenstød med køretøjer

Trafik af lastbiler og andre køretøjer udgør en risiko for dyr, men i betragtning af den begrænsede tilstedeværelse af terrestrisk fauna i projektområdet anses denne trafik ikke for at andrage en væsentlig trussel for dyrelivet.

Invasive ikke-hjemmehørende marine arter

Fartøjer, der lægger til i havnen, vil udlede ballastvand inden ombordtagning af last. Alle skibe vil pålægges at overholde BWM-konventionen (en konvention til styring af ballastvand) og derved reducere risikoen for at indføre invasive arter til marine habitater.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere projektets indvirkning på biodiversiteten i det lokale miljø:

- Minimering af det forstyrrende fodaftryk fra projektområdet
- Begrænset bevægelse af medarbejdere uden for projektområdet for at minimere den generelle forstyrrelse af dyrelivet
- Opretholdelse af et minimum af gennemstrømning i Narsaq-elven, når der naturligt er lav strømning
- Krav om lav hastighed for fartøjer i fjordene
- Sejlads i overensstemmelse med navigationssikkerhedskrav og BWM-konventionen

- Hurtig beredskabsindsats ved ethvert rapporteret udslip.

2.5.7 Lokal brug og kulturarv

Studier af nuværende lokal anvendelse identificerede jagt og fiskeri som ernæringsaktiviteter i Narsaq, der udgør en vigtig kilde til indtægt og selvforsyning for mange husstande. Lokalt fiskeri finder for det meste sted som mindre foretagender i fjordene omkring Narsaq, men et lille antal lokale har tilladelse til erhvervsfiskeri. Sæljagt er også en vigtig kilde til indtægt og selvforsyning i Narsaq. Sælerne jages som regel i fjordene omkring Narsaq, især i Bredefjord og Nordre Sermilik. Om vinteren er det populært at jage ryer og harer i bjergene nordøst for Narsaq. Om efteråret er det populært at plukke bær og gå på vandreture i bjergene omkring Narsaq.

Der indsamles smykkesten i hele undersøgelsesområdet; halvædelstenen tugtupit er mest yndet og findes for det meste på Kvanefjeld-plateauet. Turisme i og omkring Narsaq er relativt begrænset og indskrænker sig som regel til kajaksejlads på fjordene eller besøg i byen.

Langs med kysten af Erik Aappalaartup Nunaa findes en række steder af arkæologisk interesse, for det meste rester af inuit-bosættelser fra Thule-kulturens tid (år 1300). Rester af en beboelse fra nordbo-tiden (985-1450) findes ved Narsap Ilua/Dyrnæs lige nord for udmundingen af Narsaq-elven.

I 2017 blev fem subarktiske landbrugsområder i Grønland, samlet benævnt Kujataa, optaget på UNESCO's Verdensarvsliste. Områderne ligger i fjordsystemet rundt om fjorden Tunulliarfik og fjorden Igaliku og omfatter:

- Område 1 – Qassarsuk
- Område 2 – Igaliku
- Område 3 – Sissarluttoq
- Område 4 – Tasikuluulik
- Område 5 – Qaqortukuloq.

Kujataas fem dele udgør sammen den demografiske og administrative kerne af to landbrugskulturer, en nordbo-grønlandsk kultur fra slutningen af det 10. århundrede til midten af det 15. århundrede e. Kr. og en inuitkultur fra 1780'erne op til nu. Område 5 ligger tættest på projektområdet ca. 18 km fra projektområdets grænse. Projektet medfører ingen indvirkninger på dette område.

Begrænsninger i lokal anvendelse

Bortset fra undtagelserne anført nedenfor vil beboere og besøgende i Narsaq ikke blive forhindret i at benytte undersøgelsesområdet under driftsfasen. Undtagelserne omfatter:

- Adgang til mine- og anlægsområderne vil ikke være tilladt af sikkerhedshensyn, og dette vil begrænse adgangen til visse områder, der ellers benyttes til indsamling af tugtupit
- I samråd med lokale myndigheder vil der blive oprettet en sikkerhedszone omkring projektområdet, hvori jagt er forbudt, for at sørge for det lokale samfunds sikkerhed. Dette vil begrænse jagt i nærheden af projektet
- Der vil blive oprettet en zone omkring havnen i Narsap Ilua og omkring det sted, hvor behandlet vand udledes til Nordre Sermilik, hvori jagt og fiskeri forbydes. Denne zone vil kun omfatte et sådant område, som er nødvendigt for at forhindre adgang til vandområder, hvor der sker fortynding til PNEC-koncentrationer (et område på omkring 0,03 km²) [17]
- Offentligheden vil have begrænset adgang til vejen mellem havnen og minen.

Forstyrrelse af steder forbundet med kulturarv

Anlægsarbejde forbundet med udviklingen af projektet vil medføre tabet af to kulturarvssteder af mindre betydning: En klippehule på Taseq-kysten og et teltfundament og skydehus på spidsen af Tunu-halvøen nær ved det sted, hvor havnen skal bygges. Klippehulen ved Taseq vil blive oversvømmet, og skydehuset vil blive revet ned.

Inden der begyndes på anlægsarbejder, vil disse steder, samt øvrige steder, der måtte være blevet identificeret under forberedelserne til projektarbejdet, blive beskrevet og registreret af Grønlands Nationalmuseum og Arkiv.

Da det nærmeste sted på UNESCO's Verdensarvsliste ligger 18 km væk, vil projektet ikke påvirke nogen beskyttede områder.

Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere projektets indvirkninger på områdets lokale anvendelse og kulturarv.

- Yderligere arkæologiske undersøgelser vil blive foretaget i samråd med NKA forud for anlægsarbejde
- Der vil blive oprettet passende sikkerhedszoner under anlægs- og driftsfaserne, hvori jagt og fiskeri er forbudt
- Der vil blive under anlægsfasen blive indført procedurer til håndtering af "tilfældige fund" med kulturarvsværdi.

2.5.8 Vurdering af kumulative påvirkninger

Der blev foretaget en gennemgang af kumulative påvirkninger fra et projekt i tillæg til øvrige, planlagte og/eller rimeligt forventelige fremtidige projekter og anden udvikling. Denne vurdering blev foretaget i henhold til vejledninger fra IFC og DCE angående vurderinger af kumulative påvirkninger [132] med fokus på de påvirkninger, som generelt anses for at være vigtige ud fra videnskabelige betragtninger og/eller bekymringer i de påvirkede samfund. Der blev vurderet en række forskellige "værdifulde miljømæssige og sociale elementer" (VEC'er): blandt andet påvirkninger af havmiljøet fra øget skibstrafik; påvirkninger af marine arter, terrestriske arter og ferskvandsarter og dermed forbundne habitater, som opstår fra øgede drivhusgasemissioner; påvirkninger af tilgængeligheden af områder til indsamling af føde; påvirkninger på turisme; og påvirkninger på landbrug. Øvrige vurderede påvirkninger fra stressfaktorer (alt efter de tilgængelige data) omfattede: globale klimaforandringer; TANBREEZ-mineprojektet; udvidelse af turismen; udvidelse af Kvanefjeld-projektet; og ændringer i omfanget af landbrug.

For hver VEC blev der set på den oprindelige status og evnen til at modstå påvirkninger. Ud fra viden om denne oprindelige status blev de kumulative påvirkninger (forbundet med de identificerede stressfaktorer og andre aktiviteter) vurderet for hver VEC. Efter bedømmelse af omfanget af den potentielle kumulative påvirkning og VEC'ens modstandsdygtighed sluttedes det, at for to af VEC'erne (havmiljøet og bærplukning) var de forventede påvirkninger "ikke af betydning", og at der for de andre tre VEC'er (drivhusgasemissioner, turisme og landbrug med mere) kunne være kumulative påvirkninger "af mulig betydning". Skønt projektets nationale bidrag til drivhusgasser muligvis er betydelig, vil det også på globalt niveau få et positivt resultat gennem den rolle, som produkterne vil spille i erstatningen af fossile brændstoffer i motorteknologi.

Ud over fremgangsmåden beskrevet ovenfor, blev potentielle kumulative påvirkninger på tværs af hvert af emnerne behandlet i denne VVM, også taget i betragtning.

De kumulative effekter adresserer de kerneparametre som er centrale i VVM-redegørelsen i et kumulativt aspekt. I den kumulative effekt fokuseres på de samlede effekter af de enkeltkomponenter,

der ingår i de enkelte vurderinger af virkninger på miljøet, herunder det fysiske miljø, atmosfæriske omgivelser, radiologiske emissioner, vandmiljø, affaldshåndtering, biodiversitet - altså alle de væsentlige parametre hvor miljø, natur og klimapåvirkning har været vurderet i VVM'en.

Desuden er det vurderet om der er påvirkninger på baggrund af andre belastende faktorer og aktiviteter, som kan medføre en kumulativ påvirkning.

Resultatet af denne vurdering indikerede, at omfanget af kumulative påvirkninger isoleret set ikke forventes væsentligt at ændre vurderingen af påvirkninger for projektet.

2.6 Målsætning for nedlukning og afvikling

Det generelle mål med nedlukningen er at genetablere projektområdet som levedygtige og hvor praktisk muligt selv bærende økosystemer, der er forenelige med et sundt miljø og med menneskers aktiviteter og i tråd med de økosystemtjenester, der forekom før projektets start.

Følgende vigtige principper for nedlukningen vil blive fulgt med henblik på at opnå disse mål:

Fysisk stabilitet

Alle efter nedlukningen tilbageværende projektkomponenter vil være fysisk stabile over for mennesker og dyreliv.

Kemisk stabilitet

Enhver projektkomponent (inklusive tilhørende affald), der måtte være tilbage efter nedlukningen, vil være kemisk stabil og vil ikke forurene eller kontaminere. Enhver deponering, der måtte være tilbage på overfladen af projektområdet eller i søer, vil ikke frigive stoffer i en koncentration, der vil skade miljøet væsentligt.

Minimeret radiologisk påvirkning

Langsigtet strålingseksponering af offentligheden på grund af mulig radiologisk forurening af mineområdet vil blive holdt "så lav som rimeligt muligt" (ALARA).

Ingen væsentlig ændring af de oprindelige landskabsformer

Landskabsformer og arealanvendelse vil hvor muligt føres tilbage til den landskabsæstetik og den geografi, der fandtes inden projektets start.

2.7 Vurdering af miljørisici

Der er blevet foretaget en miljørisikovurdering for igen at analysere virkninger, der har potentielt betydelige konsekvenser men lav sandsynlighed for, at de vil forekomme. Der blev vurderet ti former for fare, hvilket frembød 35 forskellige konsekvenser. Af de 35 vurderede risici blev 27 anset for at frembyde en lav restrisiko efter afbødende foranstaltninger, og 8 blev identificeret som værende forbundet med en mellemstor restrisiko.

Tabel 3 Oversigt over gennemførte vurderinger af virkninger på miljøet

Fysiske omgivelser

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Fysisk ændring af landskabet og ændringer i landskabsæstetik	Anlægsarbejde			
	Drift	Projektets fodaftryk	Permanent	Mellemstor
	Nedlukning			
	Afbødende foranstaltninger Forberedende jordarbejde vil blive planlagt, så de falder ind i det eksisterende landskab så vidt som praktisk muligt. Dæmningskonstruktioner til tailings vil blive planlagt, så de falder ind i det eksisterende landskab så vidt som praktisk muligt. Veje vil blive planlagt, så indvirkningen på det eksisterende landskab minimeres. Pramme som bruges til udledning af tailings vil blive fjernet ved minens nedlukning. Dæmninger og afledningskanaler vil blive dækket med lokale materialer (sten og grus). Med tiden vil dæmningerne gro til, hvilket ligeledes vil reducere den visuelle påvirkning. Efter nedlukningen af minen vil de forstyrrede områder gro til, hvilket vil reducere den visuelle påvirkning. Vurdering Flere af faciliteterne vil være synlige i Narsaq-dalen, selv om projektets fodaftryk er relativt lille. Bygninger nedrives ved nedlukning. Begrænset naturlig genbevoksning kan opstå med tiden.			
Erosion	Anlægsarbejde			
	Drift	Projektets fodaftryk	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Der vil blive anvendt sten- og grusmaterialer til byggeriet, hvor dette er muligt. Vurdering Konstruktionsmetoderne og tilpasningerne for infrastruktur vil begrænse erosion i en sådan grad, at der ikke forventes nogen erosion af betydning.			
Støj og vibration	Anlægsarbejde			
	Drift	Projektets fodaftryk	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Sprængninger skal foretages mellem kl. 8.00 og 18.00. Vurdering Den øgede støj i Narsaq vil opfylde de danske grænseværdier for områder med en blanding af erhverv og boliger, men vil overstige retningslinjerne for boligområder med åbent og lavt byggeri. Trafikstøj vil overstige den danske grænse for aften og nat på 35 dB(A) for sommerhuse med op til 3,7 dB(A) ved to små huse i Narsaq-dalen. Ingen kendte følsomme dyrelivsområder vil blive påvirket af støj under projektets driftsfase.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Lysemissioner	Anlægsarbejde Drift	Projektets fodaftryk	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Ingen afbødende foranstaltninger kræves.			
	Vurdering Sporadisk lys forbundet med køretøjer i bevægelse tæt på havnen på vejen fra havnen til minen vil være synligt fra Narsaq i mørke. Kunstig belysning vil primært være nødvendig i vintermånederne; på dette tidspunkt forekommer der næsten ikke fugletræk. Derfor er det usandsynligt, at belysningen her vil udgøre et problem for økologisk betydning.			
Fysisk ændring af landskabet på grund af jordskælvsinduceret TSF-nedbrud	Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Ingen afbødende foranstaltninger kræves.			
	Vurdering Der er foretaget en probabilistisk vurdering af seismisk risiko for projektet, og stabiliteten i TSF-anlægget er blevet vurderet i forhold til de resulterende designparametre for bevægelser i jorden. TSF-dæmningerne opfylder eller overstiger den minimale sikkerhedsfaktor under alle forhold, inklusive det maksimale forventede jordskælv (MCE). Sandsynligheden for, at denne risiko forekommer, er meget lav, men konsekvensen kan imidlertid være "høj", hvis det skulle ske. Denne risiko omtales nærmere i afsnit 14.			

Atmosfæriske omgivelser

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Støv	Anlæg Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Oversprøjtning af stendepoter, koncentrater og affaldsmaterialer med vandsprinklersystemer (om sommeren). Oversprøjtning af adgangsveje med vandvogne (om sommeren). Saltning af adgangsveje for at smelte is og sne. Lave hastighedsgrænser. Regelmæssig udjævning og vedligeholdelse af grusveje. Procedurer til indeslutning af borestøv. Oversprøjtning af sprængningsområder og aktivering af en tågekanon, der sender en fin vandtåge mod sprængningsstedet (om sommeren). Vaskesystemer til køretøjer ved udgangen fra mineområdet for at minimere spredning af støv langs vejene uden for mineområdet.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Vurdering Modelleringen viser, at høje koncentrationer af støv i luften kun registreres tæt på transportvejen i mineområdet. Uden for mineområdet er koncentrationerne langt under de vejledende værdier for Grønland og andre relevante internationale standarder. Det meste støv forventes at aflejre sig i projektetarealet og på det bjergrige plateau sydvest for minen. Uden for dette område er niveauerne for aflejringer langt under de grønlandske retningslinjer.			
Gasformige emissioner	Anlæg	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Drift			
	Nedlukning			
	Afbødende foranstaltning Brug af køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at minimere udledninger. Vedligeholdelse af kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere udledninger.			
	Vurdering Påvirkningen fra gasformige emissioner (inklusive NOx, SOx, sodpartikler og PAH) fra projektet blev vurderet til at være lav.			
Drivhusgas	Anlæg	Nationalt	Minens levetid	Lav
	Drift			
	Afbødende foranstaltning Brug af køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at minimere udledninger. Vedligeholdelse af kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere udledninger.			
	Vurdering Projektet vil øge Grønlands udledning af CO ₂ med 45 %. Den eksisterende udledning af CO ₂ fra Grønland er ca. 1 % af udledningerne i Danmark. Under projektets driftsfase vil dette stige til 2 %.			

Radiologiske emissioner

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Radioaktivitet fra støv	Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Implementering af støvkontrolforanstaltningerne i GMLs støvkontrolplan (DCP).			
	Vurdering De radiologiske påvirkninger på planter og dyr i forbindelse med marine, ferskvands- og terrestriske levesteder i undersøgelsesområdet samt for fastboende personer og gæster i Narsaq og Ipiutaq er meget lave. Den anslåede dosis for alle disse receptorer ligger betydeligt under benchmark-værdierne.			
Radioaktivitet fra radon	Anlægsarbejde Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Nedlukning			
	Afbødende foranstaltning Under og efter driftsfasen vil faste stoffer fra tailings blive opbevaret under vand for at minimere støv- og radonemissioner. Anlægget vil blive designet til at minimere strålingsemissioner.			
	Vurdering Udviklingen af projektet forventes at øge baggrundsniveauet af radon i Narsaq med højst 3 %.			
Radioaktivitet fra udslip	Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Transport af uranoxid i overensstemmelse med internationale krav for bedste praksis.			
	Vurdering Transport og emballering af uranoxid vil blive foretaget i overensstemmelse med sikkerhedsstandarderne fra IAEA.			
Frigivelse af radioaktivitet fra brud på TSF-dæmning	Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Dæmningerne til projektets tailingsdamme vil blive bygget i overensstemmelse med kriterier fra ICOLD og med BAT. Der vil blive brugt klippefyld og et konservativt design for væggen. TSF-dæmninger vil blive overvåget i overensstemmelse med retningslinier fra ANCOLD. Der ville blive udført oprensning, men der ville fortsat være betydelige påvirkninger.			
	Vurdering Risikoen for brud på TSF-dæmningen i driftsfasen og i tiden efter nedlukning anses for at være meget usandsynlig. I det meget usandsynlige tilfælde af, at der skulle opstå et katastrofalt svigt, ville der opstå store miljøpåvirkninger under et værst tænkeligt scenarie (katastrofalt svigt). På kort sigt ville der forventes betydelige påvirkninger på biota i hav- og ferskvandsmiljøer. Disse forårsages primært af de fysiske påvirkninger fra strømmen af faste stoffer. På længere sigt forventes visse arter at udvise påvirkninger fra eksponering for stråling, men disse påvirkninger forventes ikke at være alvorlige. Efter frigivelsestidsrummet vil niveauerne af radionuklider falde, og dosisniveauerne vil aftage. Den eneste vigtige forskel mellem et svigt i driftsfasen og et svigt i tiden efter nedlukning ville vise sig i tilfælde af en overløbshændelse, hvor mulige kortvarige radiologiske påvirkninger kunne opleves af fytoplankton i havmiljøet under et svigt i driftsfasen, men ikke under et svigt i tiden efter nedlukning. Denne påvirkning betragtes som lav på grund af den lave sandsynlighed. Dette omtales yderligere som en risiko i afsnit 14.			
Radioaktivitet fra aerosolfrigivelse fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Radonemissioner vil blive overvåget regelmæssigt. Om nødvendigt kan vandforsyning fra visse kilder suspenderes, indtil forholdene forbedres.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Vurdering Deponeret massebelastning og beregnede maksimale koncentrationer af uran i vandspray i løbet af en 24-timers og 64-timers stormhændelse lå under retningslinjerne for drikkevandskvalitet fra WHO. Drikkevandskvaliteten i Narsaq forventes ikke at blive påvirket.			

Vandmiljø

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Ændring af hydrologiske processer	Anlæg Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Der vil ikke forekomme nogen udledning til Taseq-elven under drifts- eller lukningsfaserne. Rørsystemer og kontrolsystemer vil blive vedligeholdt grundigt. Naturlige strømninger fra miljøet opretholdes til enhver tid i Narsaq-elven.			
	Vurdering Ændringer af hydrologien i elve og søer under anlægsarbejdet forventes at være beskedne. Mens der vil forekomme reduceret strømning i de øvre dele af Kvane- og Taseq-elvene, forventes den naturlige strømning i de nedre sektioner af disse vandløb at blive opretholdt i tilstrækkelig grad.			
Drift af dammen til tailings	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Tailings-dæmningerne i projektet vil blive bygget i overensstemmelse med kriterier fra ICOLD samt med BAT og BEP. Der vil blive anvendt opfyldning med sten sammen med konservativ vægkonstruktion, og dæmningerne vil være forsynet med en dobbelt membran for at beskytte mod udsivning. Begge dæmninger vil blive konstrueret til at modstå ekstrem indstrømning af vand, for eksempel på grund af ekstraordinær smeltning af sne under en føhnvind. TSF-dæmninger vil blive overvåget i overensstemmelse med retningslinier fra ANCOLD.			
	Vurdering Intet vand frigives fra TSF-anlægget under driftsfasen. Efter nedlukningen vil vandet blive behandlet i en periode på seks år eller indtil udledning vandet, med undtagelse af fluorid, opfylder GWQC. Fluoridkoncentrationer i udledningen forventes ikke at få en mærkbar påvirkning på det eksisterende miljø.			
Frigivelse af vand fra tailings og faste stoffer fra svigt i	Drift Efter nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning			

dæmningen i TSF-anlægget	Dæmningerne til projektets tailingsdamme vil blive bygget i overensstemmelse med kriterier fra ICOLD og med BAT. Der vil blive anvendt opfyldning med sten sammen med en konservativ udformning af vægkonstruktionen, og dæmningerne vil være forsynet med en dobbelt membran for at beskytte mod udsivning. Begge dæmninger vil blive konstrueret til at modstå ekstrem indstrømning af vand, for eksempel på grund af ekstraordinær smeltning af sne under en føhnvind. TSF-dæmninger vil blive overvåget i overensstemmelse med retningslinier fra ANCOLD.			
	Vurdering Sandsynligheden for denne hændelse er meget lav, men de kortsigtede konsekvenser af et modelleret katastrofalt brud på FTSF-dæmningen ville være høje på grund af, at det ikke ville være muligt at opfylde GWQC på kort sigt. Men inden for 2 år ville størstedelen af ikke-radiologiske elementer opfylde GWQC. Der kan kræves et tidsrum på 10-20 år (afhængigt af tidspunktet for og typen af nedbrud), før fluoridniveauer opfylder sommer-kriterierne for vandkvalitet i elven. I tilfælde af et dæmningsbrud kan aflejring og udfældning hvor muligt fjernes fra siderne af elvkanalen for at minimere risikoen for genmobilisering af stofferne.			
Påvirkning af drikkevandets kvalitet i Narsaq fra aerosol-sprøjt fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Der vil foretages regelmæssig overvågning af drikkevandets kvalitet i Narsaq. Vandudtag fra elvene Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven kan afbrydes midlertidigt under føhnhændelser. I tilfælde af, at der identificeres en betydelig udsivning med forhøjede fluoridniveauer, kan projektet indføre vandbehandling, før væske udledes til TSF.			
	Vurdering Indvirkningen på afvandingsområdet er lav på grund af de typiske vindretninger, topografien og den lave deponeringshastighed.			
Påvirkning af drikkevandets kvalitet i Narsaq som følge af udsivning fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Dæmninger vil blive udstyret med en dobbelt foring for at forhindre udsivning. Regelmæssig overvågning af drikkevandets kvalitet i Narsaq vil blive foretaget. Vandudtag fra elvene Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven kan afbrydes midlertidigt under føhnhændelser.			
	Vurdering Det forventes ikke, at en mulig udsivning fra TSF-anlægget vil komme i forbindelse med afvandingsområdet ved Napasup Kuua.			
Udledning af overskydende vand til Nordre Sermilik	Drift	Undersøgelses- område	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Overskydende vand vil blive behandlet med henblik på reduktion af fluorid før udledning til fjorden. Hvis behandlingsanlægget svigter under drifts- eller lukningsfasen, standses produktionen straks. Der foretages optimering af udløbssprederen til fjordfortynding. Vandafløb fra gråbjerg vil blive anvendt i koncentratoren som procesvand.			

	Vurdering Det vil kræve en fortyndingsfaktor på ca. 1.600 for at opnå PNEC-niveauer for de mest kritiske parametre, inklusive sikkerhedsmargener. Den nødvendige fortynding kan opnås i havområdet i en lokal skala på 1-3 km ² og i en lodret, begrænset vandsøjle, når udløbet konstrueres -40 m under havoverfladen.			
Udledning af overskydende vand til Nordre Sermilik	Nedlukning	Undersøgelses-område	Nedlukningstidsrum (6 år)	Lav
	Afbødende foranstaltning Hvis behandlingsanlægget svigter, vil udledningen til Nordre Sermilik blive standset øjeblikkeligt. Der foretages optimering af udløbssprederen til fjordfortynding.			
	Vurdering I nedlukningsfasen vil der fortsat blive foretaget vandbehandling, før vandet placeres i Nordre Sermilik. Vandkvaliteten forbedres gradvist i forhold til den, der forekom i driftsfasen, og derfor vil påvirkningerne være lavere end i denne periode.			
Afstrømning fra gråbjerg	Drift Nedlukning	Undersøgelses-område	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Afstrømning fra gråbjerg vil blive overvåget regelmæssigt.			
	Vurdering Studier viser, at sammensætningen af afstrømningsvand fra gråbjerg kun kræver meget lidt fortynding for at nå sammensætningen af havvand.			
Vand fra minegruben	Nedlukning	Undersøgelses-område	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Minevand vil blive overvåget regelmæssigt som en del af afstrømningen fra gråbjerg.			
	Vurdering Minegruben forventes gradvist at blive fyldt med vand efter nedlukning. Dette vil sørge for yderligere fortynding til afstrømningen fra gråbjerg.			
Udslip af kulbrinter og kemikalier	Anlæg Drift	Undersøgelses-område	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Indførelse af strenge hastighedsgrænser og indstilling af vejtransport, når vejrforholdene er vanskelige (glatte veje). Udførelse af en navigationssikkerhedsundersøgelse. Hastighedsbegrænsninger i fjorden. Obligatorisk anvendelse af lods. Adskilte sejlruiter. Procedurer for lastning og losning af skibe. Passende størrelse og mængde af udstyr til håndtering af udslip under driften, herunder inddæmningsudstyr til rådighed for fortøjede skibe, ekstra flydespærringer og skimmere. Beredskabsplaner og træning afstemt efter ulykketypen og årstiden. Alle tanke til oplagring af brændstof vil udstyres med geotekstilvolde til inddæmning, der kan indeslutte det samlede tankvolumen i tilfælde af udslip efter et komplet brud på tanken.			

	Vurdering Påvirkningen fra udslip forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af BEP og BAT.			
Driftsrelaterede udslip	Drift	Undersøgelses- område	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Projektet vil foretage vurderinger af farer og funktionsevne (HAZOP) i anlægsperioden for at minimere risikoen for sikkerheds- og miljøfarer i bearbejdningsprocessen. Eventuelle udslip vil blive opslæmmet og fjernet øjeblikkeligt.			
	Vurdering Nødprocedurer kan gennemføres for at standse udledning i tilfælde af et svigt i driftsprocessen.			

Affaldshåndtering

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Kontaminering på grund af affald	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Kommunen	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Procedurer for affaldshåndtering Afbødning ved kontaminering			
	Vurdering Med korrekt affaldshåndtering vurderes den indvirkning på miljøet, der skyldes affaldet, at være lav.			

Biodiversitet

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Forstyrrelse af levesteder for terrestrisk fauna og flora	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Bevægelse af medarbejdere uden for mineområdet i løbet af foråret og sommeren vil blive begrænset for at minimere den generelle forstyrrelse af dyrelivet. Størrelsen af det forstyrrede område minimeres ved at planlægge infrastrukturer med så lille et fodaftryk som muligt.			
	Vurdering Støj og visuelle forstyrrelser under driften vil kun medføre lokal forstyrrelse af terrestriske fugle og pattedyr. Da der ikke findes kendte ynglepladser for havørnen, der er følsom over for forstyrrelser, inden for eller tæt på undersøgelsesområderne, vurderes påvirkningen ved forstyrrelse af terrestriske pattedyr og fugle som værende lav.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Forstyrrelse af levesteder for ferskvandsarter	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Minimering af forstyrrelsen af vandet i Narsaq-elven og Taseq-elven under bygning af gennemløbsakvæduker og dæmninger ved at holde byggeperioden så kort som praktisk muligt.			
	Vurdering Ændringerne i hydrologien på grund af projektet vil være minimale. Om vinteren forventes der ingen projektrelateret strømningsreduktion for ferskvandskilder.			
Forstyrrelse af levesteder for marin fauna	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Lav hastighed i fjordene. Afstands begrænsninger til overvintrende havfugleflokke (når det er muligt).			
	Vurdering Påvirkningen på marin fauna og habitat forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af internationale standarder for bedste praksis.			
Kontaminering af habitat for terrestrisk fauna	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Beredskabsplaner for nødsituationer.			
	Vurdering Et potentielt tab eller en potentiel reduktion af terrestrisk habitat som følge af et udslip anses for at være en lav påvirkning. I det usandsynlige tilfælde af et katastrofalt svigt i FTSF-anlægget ville flora og fauna på land blive påvirket betydeligt på et individuelt niveau, men der er ingen forventede påvirkninger på populationsniveau. Kortvarige radiologiske påvirkninger kunne muligvis gøre sig gældende for vaskulære planter og zooplankton, og langvarige påvirkninger kunne forekomme for fugle, men ingen af dem forventes at være alvorlige. På grund af den lave sandsynlighed for, at noget sådant sker, er dette blevet betragtet som en lav påvirkning.			
Kontaminering af ferskvandshabitater	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Mellemstor
	Afbødende foranstaltning Håndhævelse af procedurer for affaldshåndtering. Beredskabsplaner for nødsituationer.			
	Vurdering Det potentielle tab eller den potentielle reduktion af ferskvandshabitat som følge af et udslip betragtes som en mellemstor påvirkning på grund af udslippets mulighed for at sprede sig gennem vandløbet.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Brug af Taseq-søen til opbevaring af tailings forventes ikke at have væsentlige påvirkninger på ferskvandslevesteder på grund af søens lave antal arter. I det usandsynlige tilfælde af, at der skulle forekomme et katastrofalt svigt i FTSF-anlægget, ville ferskvandsarter og levesteder blive påvirket betydeligt på et individuelt niveau og potentielt på populationsniveau. Kortvarige radiologiske påvirkninger ville muligvis forekomme for vaskulære planter og zooplankton, mens langvarige påvirkninger kunne forekomme for fugle, bløddyr og zooplankton, men ingen af disse påvirkninger forventes at være alvorlige. På grund af den lave sandsynlighed for, at dette sker, er denne risiko med stor konsekvens blevet betragtet som en påvirkning af mellemstor styrke.			
Kontaminering af marine habitater	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Mellemstor
	Afbødende foranstaltning Meddelelser om folkesundheden vil blive fremlagt for byen Narsaq for at sikre, at beboerne er opmærksomme på tilstanden af Narsap Ilua, indvirkningerne på levesteder i havet og på faunaen samt eventuelle sundhedsmæssige konsekvenser, disse kan have for beboerne.			
	Vurdering Det potentielle tab eller den potentielle reduktion af marine arter og/eller levesteder som følge af et udslip betragtes som en lav risiko. I det usandsynlige tilfælde af et katastrofalt svigt i FTSF-anlægget ville havlevende arter og levesteder i havet blive påvirket betydeligt på kort sigt på grund af sediment og dermed forbundne radiologiske påvirkninger på biota. På længere sigt forventes individuelle påvirkninger, men påvirkninger på populationsniveau forventes at være begrænsede. På grund af den lave sandsynlighed for, at dette sker, er denne risiko med stor konsekvens blevet betragtet som en påvirkning af mellemstor styrke.			
Forøget påkørsel af terrestrisk fauna	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Hastighedsgrænser og restriktioner på projektstedet.			
	Vurdering Påvirkningen på den terrestriske fauna og levestederne forventes at være begrænset baseret på det begrænsede antal køretøjer og på den lave tæthed af terrestrisk fauna.			
Invasive ikke-indfødte marine arter	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Håndteringsplan for ballastvand og sedimenter (Ballast Water and Sediments Management Plan).			
	Vurdering Påvirkningen af marin fauna og habitat forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af internationale standarder for bedste praksis.			

Lokal brug og kulturarv

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Begrænsning af den lokale arealanvendelse	Anlægsarbejde Drift	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Lav
	Afbødende foranstaltning Sikkerhedsområder, hvor jagt er forbudt.			
	Vurdering Lokal adgang til jagt, fiskeri og traditionelle områdeanvendelser vil være underlagt begrænsninger i nærheden af projektaktiviteter. Omfanget af disse begrænsninger vil blive aftalt med lokale myndigheder for at sørge for sikkerheden for beboere i Narsaq, der er involveret i rekreative eller erhvervsmæssige aktiviteter. Det forventes, at disse begrænsninger vil have beskeden indvirkning på rekreative muligheder eller erhvervsaktivitet i undersøgelsesområdet.			
Forstyrrelse af kulturarvssteder	Anlæg	Undersøgelsesområde	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Færdiggørelse af yderligere arkæologiske undersøgelser krævet af NKA. Der vil blive etableret procedurer til håndtering af nye fund, der forekommer under anlægsfasen. Registrering af de kendte arkæologiske strukturer og kulturarvssteder. Indhegning af et beskyttelsesområde på 50 m omkring kulturarvssteder efter behov.			
	Vurdering Forstyrrelse af en klippehule ved Taseq og et teltfundament og skydehus på spidsen af Tunu-halvøen. Ingen af disse anses for at være vigtige som kulturarv.			
Forstyrrelse af steder på UNESCO's Verdensarvsliste	Anlægsarbejde Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Afbødende foranstaltning Ingen afbødende foranstaltninger kræves. Overvågning af emissioner.			
	Vurdering Som følge af afstanden fra projektet forventes ingen forstyrrelse eller påvirkning.			

3. Projektbeskrivelse

3.1 Projektramme

Under en betydelig del af Kvanefjeld-projektområdet ligger de usædvanlige alkaliske bjergarter i Ilimaussaq-komplekset. Disse bjergarter har et højt indhold af sjældne jordarters metaller sammen med elementer såsom lithium, beryllium, thorium, niobium, tantal og zirkonium. På grund af den forrevne topografi er sten fra disse bjergarter blevet spredt og spredes fortsat af gletsjere, vand og vind, og de bidrager væsentligt til den talus og ur og de jordarter, der ligger på skråninger og opfylder dale. Denne spredning medfører naturligt forhøjede niveauer af sjældne jordarter, herunder uran og thorium, i det lokale miljø. Spredningen er især fremtrædende i Narsaq-dalen, i Taseq-bassinet og på skråningerne til de nærliggende fjorde.

Lujavrit er blandt de bjergarter, der findes i Ilimaussaq-komplekset. Den er værtsklippe til den malm med sjældne jordarter, som vil blive udgravet og bearbejdet. Lujavrit indeholder cirka 1,4 % sjældne jordarter, 0,25 % zink, 0,03 % uran og høje niveauer af andre sjældne grundstoffer. Der er store fremspring af Lujavrit på Kvanefjeld-plateauet og på nærliggende skråninger. Betydelige mængder talus og ur fra nedbrudt Lujavrit ligger på skråningerne til Tunulliarfik-fjorden i den sydlige ende af projektområdet.

Forhøjede niveauer af fluorid findes naturligt i vandet i Narsaq-elven, Taseq-bassinet og Taseq-elven. Dette skyldes nedbrydningen af det vandopløselige mineral villiaumit i klipperne i Ilimaussaq-komplekset.

Projektområdet har ringe biodiversitet. Almindelige dyrearter blev registreret, og kun tre plantesamfund blev identificeret. Ti arter på rødlisten (fire fugle, et pattedyr og fem planter) blev identificeret i undersøgelsesområdet.

3.1.1 Oversigt over hidtidig efterforskning af råstoffer

Kvanefjeld-forekomsten er geologisk placeret i den nordvestlige margin af Ilimaussaq-komplekset. Dette område er rigt på Lujavrit, som er blevet afdækket gennem erosion. Kvanefjeld-forekomsten kendetegnes af tykke og overvejende ikke-horisontale plader af Lujavrit. Andre bjergforekomster omfatter basalt, gabbro og sandsten i Eriksfjord-formationen samt augit, syenit og naujait [29].

Atomenergikommissionen i Danmark identificerede Kvanefjeld-forekomsten i 1955. Narsaq var gennem de næste 30 år regelmæssigt genstand for tekniske studier af forekomsten.

GML er et australsk mineselskab med hjemsted i Perth, Australien. Virksomheden er noteret på den australske børse. GMAS er GML's grønlandske datterselskab med hovedkvarter i Narsaq. GML opkøbte i 2007 aktiemajoriteten i GMAS, som har licens til at udvikle Kvanefjeld-projektet ("projektet") til udvinding af sjældne jordarter (REE). I 2011 opkøbte GML de udestående aktier i GMAS og overtog derved 100 % ejerskab over og kontrol med projektet. GML har i tiden derefter udført vidtrækkende geologiske undersøgelser i området og har indsamlet miljødata med det formål at støtte udnyttelsen af forekomsten.

I januar 2010 overtog Grønlands Selvstyre ansvaret for forvaltningen af mineralressourcer.

Boringer har vist, at metalforekomster tæt på overfladen har den bedste kvalitet. Kvaliteten af de sjældne jordarter, uran og zink er dårligere, jo dybere laget ligger. Steenstrupin er et sjældent forekommende alkalisk mineral med fosfor og silikat og er det fremherskende mineral med REE og uran. Andre vigtige mineraler med REE omfatter fosfatmineralet vitusit og i mindre grad cerit og monazit. Bortset fra steenstrupin indeholdes uran også i usædvanlige natriumsilikatmineraler, der er rige på yttrium, tunge REE, zirkonium og tin. Sphalerit er det dominerende zinkholdige mineral.

3.1.2 Hvad udvindes og hvorfor

Projektet drejer sig om udvinding og forarbejdning af malm fra Kvanefjeld-forekomsten med henblik på produktion af fire REE-produkter samt et antal biprodukter. Selvom malmen i Kvanefjeld omfatter adskillige elementer med handelsværdi, er REE-produkterne de primære værdiskabende produkter. Zink, flussspat og uran er biprodukter.

Udvindingshastigheden vil andrage ca. 3 mio. tons malm pr. år (Mtpa). Med den hastighed forventes projektet at producere følgende:

- Produkter udvundet fra sjældne jordarter (ca. 30.000 tpa)
- Zink metal (ca. 5.000 tpa)
- Flussspat (ca. 8.700 tpa)
- Uranoxid (ca. 500 tpa).

Den samlede kendte og sandsynlige mineralforekomst [39] i Kvanefjeld er 108 mio. ton (Mt) med 362 milliontedele U_3O_8 , 1,43 % oxider af sjældne jordarter (REO) og 0,26 % zink [101]. Minerereserven udgør ca. 10 % af det fastslåede estimat for omfanget af mineralske ressourcer (Mineressource Estimate) [39], og det forventes derfor, at yderligere reserver vil blive bekræftet efter fortsat boring, hvilket muligvis vil forlænge projektets levetid.

Sjældne jordarter (REE) er en gruppe særlige metaller med enestående fysiske, kemiske og lys-emitterende egenskaber. Mange elektriske produkter er afhængige af disse enestående egenskaber, for eksempel vindmøller, hybridkøretøjer, genopladelige batterier, mobiltelefoner, plasma- og LCD-skærme, bærbare computere og katalysatorer. Som resultat af den udbredte anvendelse af REE stiger det internationale forbrug stærkt, og efterspørgslen overstiger nu det globale udbud.

Størstedelen af den internationale produktion af REE finder sted i Kina, som er førende i teknologien for udvinding af REE. Da kun en relativt lille del af produktionen eksporteres, er der international efterspørgsel efter en stabil REE-kilde uden for Kina for at opfylde behovet, især i forbindelse med produktion af nye teknologier.

Kvanefjeld-forekomsten udgør en af de største forekomster af REE i verden. Kvanefjeld har potentiale til at dække den hastigt stigende internationale efterspørgsel efter REE og kan på den måde bidrage væsentligt til Grønlands økonomi i årtier frem. Når det først er i produktionsfasen, forventes Kvanefjeld at levere cirka 10 % af verdens REE.

Projektet vil levere en beskeden mængde uran, under 1 % af den samlede internationale produktion af uran.

3.1.3 Lokalsamfundet

Projektet ligger ca. 8 km fra byen Narsaq i Sydgrønland (Kujalleq Kommune) og ca. 40 km fra Narsarsuaq, hvor den nærmeste lufthavn befinder sig.

Byen Narsaq blev grundlagt i 1830'erne. Da der i 1880'erne blev etableret et landingssted i den bugt, der støder op til bygden, stimulerede det den videnskabelige aktivitet i området, og ved slutningen af 1900-tallet havde geologisk kortlægning påvist tilstedeværelsen af radioaktive mineraler.

Der blev etableret landbrug i form af fåreavl i begyndelsen af 1900-tallet. Nogle gårde er i de senere år gået over til kvæg- og rensdyravl.

Den første større udvidelse af de økonomiske/erhvervsmæssige aktiviteter fandt sted kort efter afslutningen af 2. verdenskrig, da folk fra hele Grønland kom til Narsaq for at arbejde på slagteriet og i fabrikken til forarbejdning af torsk. I dag er hovedbeskæftigelserne i Narsaq offentlig administration, fiskeri og engrosvirksomhed. Landbrugsaktiviteterne fortsætter i hele kommunen. En detaljeret

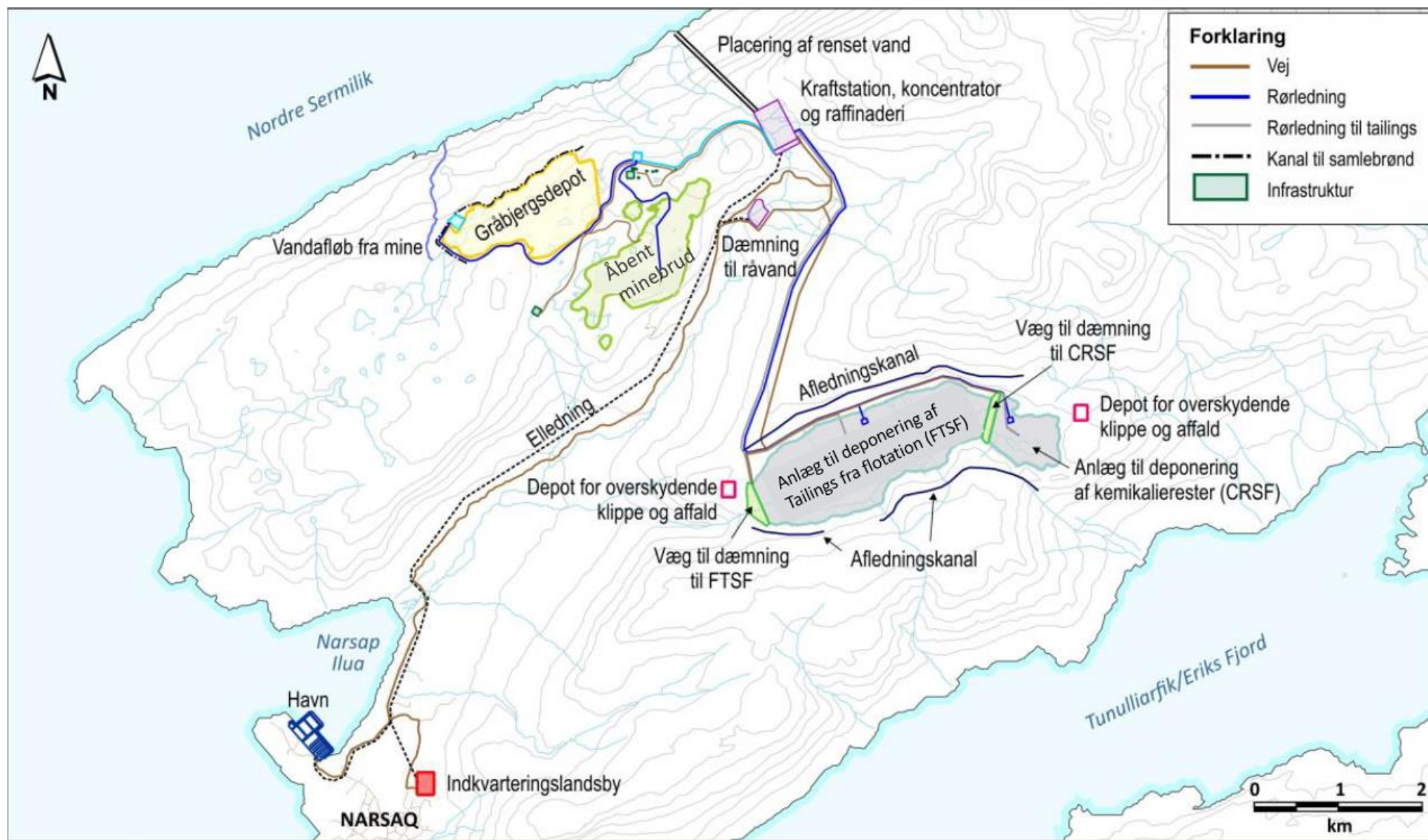
beskrivelse af den sociale og økonomiske ramme for projektet findes i VSB-dokumentet (vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed) [69].

Narsaq fik bystatus i 1959. I 2017 udgjorde den anslåede befolkning i Narsaq-distriktet 1.600, hvoraf 1.400 bor i Narsaq by og resten i de omkringliggende bygder Narsarsuaq, Qassiarsuk og Igaliku eller på en af gårdene i området.

3.2 Oversigt over driften

Minedriften vil omfatte en konventionel åben mine med sprængning efterfulgt af transport med lastbil/læsseudstyr. Malm transporteres til en koncentrator til fremstilling af REMC (mineralkoncentrat fra sjældne jorarter), zinkkoncentrat og flussspat. Zinkkoncentratet og flusspatten sælges, og REMC bearbejdes yderligere på et raffinaderi til fremstilling af REE-produkter og uranoxid. Alle salgbare produkter transporteres til havnen og eksporteres. De øvre lag fra minen opbevares i et depot til gråbjerg (WRS). Tailings fra koncentratoren og raffinaderiet opbevares i et tailingsdepotanlæg (TSF).

Placeringen af komponenterne i projektet vises i Figur 11 og beskrives nærmere nedenfor.



Figur 11 Kort over placeringen af projektets komponenter

3.3 Projektets faser

Faserne i projektet er beskrevet i Tabel 4. Nedlukning og afvikling er beskrevet i afsnit 3.14.

Tabel 4 Projektets faser

Fase	Tidsplan	Beskrivelse
Anlægsarbejde	3 år	Anlægsarbejdet omfatter primært FIFO-personale (flyv ind og flyv ud) plus lokale medarbejdere og lokale underleverandører. Før anlæggelsen af havnen bruges til losning en midlertidig landingsplads til landsætning af pramme. Emballeret udstyr ankommer til stedet og installeres af anlægsarbejdere med ekspertise heri. Der opføres store bygninger, der skal yde beskyttelse mod vejrliget. Der vil løbende leveres anlægskomponenter og udstyr til minen og anlægget. Havnen og indkvarteringslandsbyen vil blive bygget i dette tidsrum. Når først de midlertidige faciliteter og den grundlæggende infrastruktur er etableret, følger konstruktionen af anlæg, TSF og øvrige faciliteter en tidsplan inden for den treårige anlægsfase.
Drift	37 år	Når driften iværksættes, forøger minen og bearbejdningsanlæggene gradvist driftsarbejdet, indtil en stabil driftstilstand er opnået.
Nedlukning	6 år	Anlæg og serviceenheder fjernes samtidig med, at behandling af vand i TSF fortsætter. Minegruberne indhegnes for at forhindre adgang for fodgængere, husdyr og dyr.
Efter nedlukning	Vedvarende	Overløb fra Taseq genoptages, når kriterier fra GWQC er opfyldt. Den årlige vandovervågning opretholdes i et aftalt tidsrum.

3.4 Minen

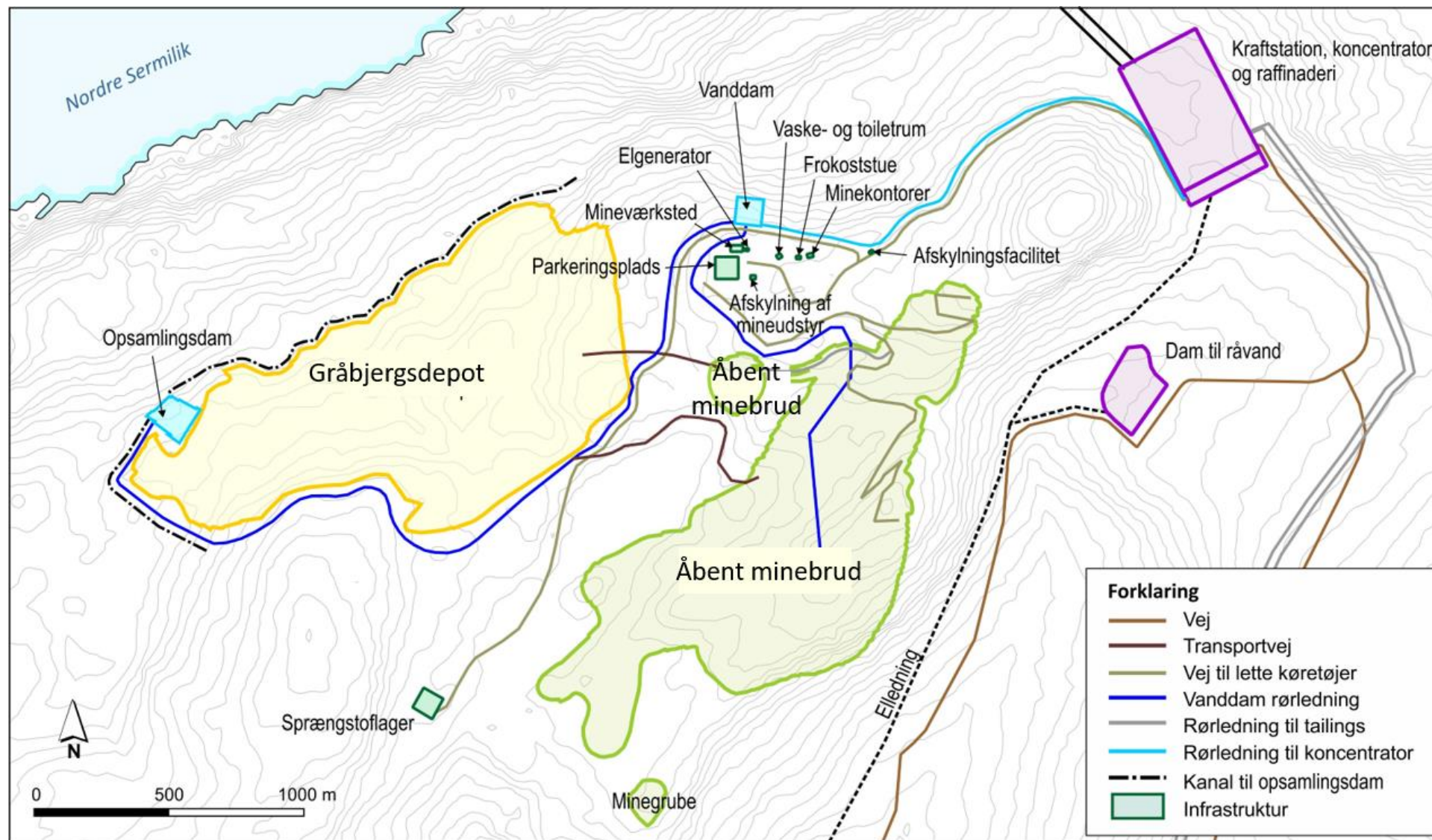
Minen er udformet under hensyn til miljøforholdene i området. Kvanefjeld-forekomsten ligger på et plateau i en højde af 600 m over havet, og malmlegemet ligger blottet på overfladen. Materialet med den højeste kvalitet findes i de øverste lag.

Minen udformes som et åbent brud med 10 m brede terrasser. Minebrydningsmetoden vil bestå af en standardproces med boring-sprængning-lastvogn-læsseudstyr. Denne metode er identificeret som den minedriftsmetode, der indebærer den laveste driftsrisiko med hensyn til omkostninger og produktivitet. Råmalmen køres først til råmalm-pladsen (ROM), der grænser op til minen. Her oplagres malmen i depoter. Malm udvalgt fra individuelle depoter blandes ved hjælp af en frontlæsser, og den blandede malm køres i minelastvogne til knusningsanlægget. Den gennemsnitlige køreafstand er 1,5 km. Lastvognene aflæsser malmen direkte i det primære knusningsanlæg.

Minens aktive vognpark vil i starten omfatte tre minelastvogne på 150 tons og en gravemaskine. Efterhånden som minen brydes, og køreafstandene bliver længere, øges antallet af lastbiler til maksimalt 6.

Minen vil være i drift døgnet rundt 365 dage om året.

Der vil foretages omledning af vand for at minimere vandindtrængning i den åbne minegrube.



Figur 12 Kort over placeringen af minens komponenter ved maksimalt fodaftryk (år 37)

3.5 Depot til gråbjerg (WRS)

I forbindelse med minedriften vil der blive produceret ligelige mængder af gråbjerg og råmalm. Gråbjerg består af naturlige klippesten uden mineraler af økonomisk værdi. Der vil gennemsnitligt blive udgravet og transporteret ca. 3 mio. tons gråbjerg pr. år til WRS. WRS placeres nordvest for minen, fordi denne placering indebærer en relativt kort kørsel på en faldende strækning og giver god adgang til den maksimale højde på den østlige side af affaldsdepotet.

Placeringen rummer ligeledes rimelig depotplads på stejl topografi nær ved minen.

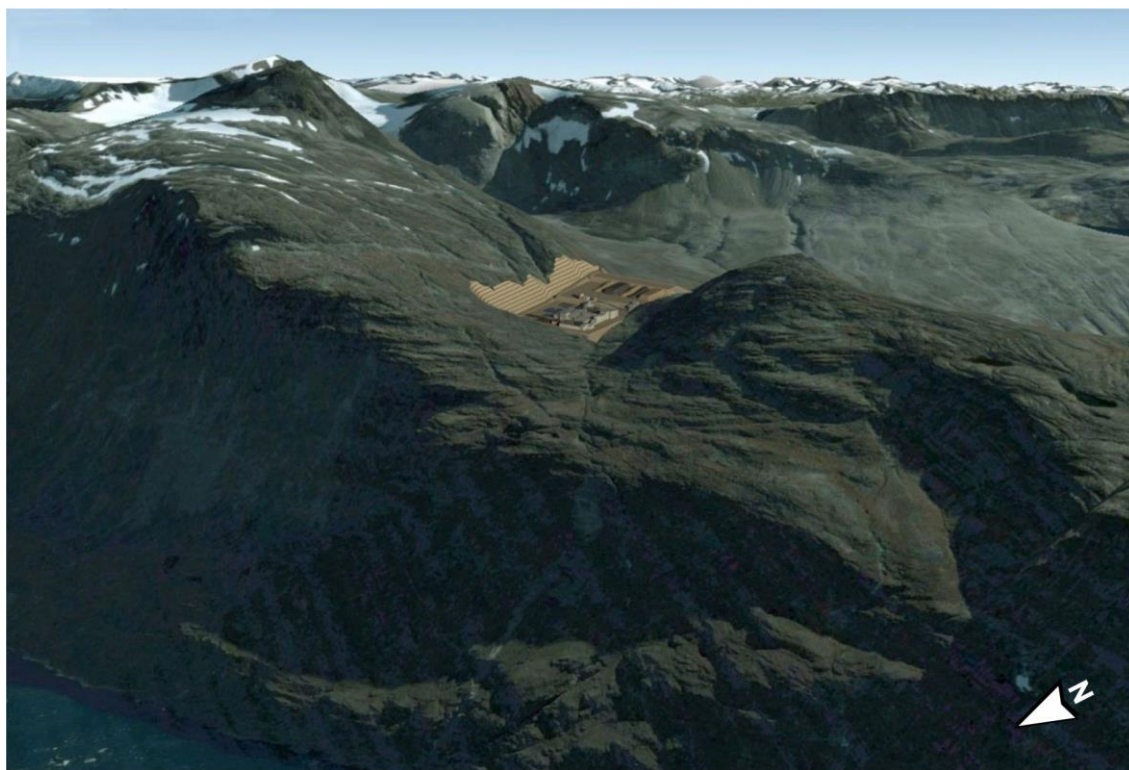
WRS udvikles ved tipping og skub med lastvogn og standard udjævning til konturering og stabilisering af depotet. Ved nedlukningen vil WRS have nået en højde på 120 m ved 590 m over havet.

Statistiske og kinetiske forudberegningsundersøgelser af afløb fra klippe og udludning af metal har vist begrænset potentiale for udvaskning af metalholdigt perkolat fra affaldet [31]. Praktiske undersøgelser på området under projektets faser vil yderligere beskrive affaldsvandet fra minen, inklusive koncentrationen af fluorid. Afløb fra WRS vil blive brugt til at supplere behovet for ferskvand til bearbejdningen. Der graves en kanal omkring affaldsdepotet med henblik på opsamling af afløb fra siderne. Kanalen munder ud i et opsamlingsområde nord for WRS, og vandet herfra pumpes via en rørledning til koncentratoren.

Den samlede WRS-kapacitet vil være 34,8 mio. m³ eller 95,6 Mt.

3.6 Koncentrator og raffinaderi

Projektet omfatter to bearbejdningsanlæg: En koncentrator (hvor der anvendes en fysisk proces) og et raffinaderi (hvor der anvendes kemiske processer). Procesfaciliteterne vil være i drift 365 dage om året og 24 timer i døgnet.



Figur 13 3D-tegning af lokaliteten for forarbejdningsanlægget

Koncentratoren vil anvende skumflotation (flotation) til at koncentrere malmen. Flotation indebærer brugen af små mængder godartede reagenser, der udskiller mineralerne. Der er tale om en standard bearbejdningsteknik.

Før flotationen føres malmen til knusning og formaling. Her reduceres malmpartiklerne i størrelse til samme konsistens som fint sand [80 % på 75 mikron]. Denne størrelse optimerer effektiviteten af frigørelsen af værdifulde mineralpartikler fra malmen.

Koncentratoren producerer to salgbare produkter, zinkkoncentrat og flussspat, samt REMC, der overføres til raffinaderiet til videre forarbejdning. Ca. 80 % af REE genindvindes til REMC. Koncentratoren vil ud af de 3,0 Mtpa, der leveres til knusningsanlægget, typisk producere:

- Ca. 233.000 tpa REMC (indeholder REE og uran)
- Ca. 15.000 tpa zinkkoncentrat
- Ca. 8.700 tpa flussspat
- 2,8 Mtpa tailings fra flotation.

REMC pumpes fra koncentratoren via en rørledning til det nærliggende raffinaderi. Raffinaderiet består af tre sektioner:

- syreudludning
- genindvinding af uran
- genindvinding af REE.

Syreudludningen opløser de råstoffer, der indeholder REE og uran, og gør det muligt at genindvinde REE og uran i efterfølgende bearbejdningstrin. Raffinaderiet producerer fire REE-produkter ved solventekstraktion (SX). Disse er:

- lanthanoxid
- ceriumhydroxid
- en blandet lanthan-ceriumoxid og
- en blandet REO (oxid af sjældne jordarter).

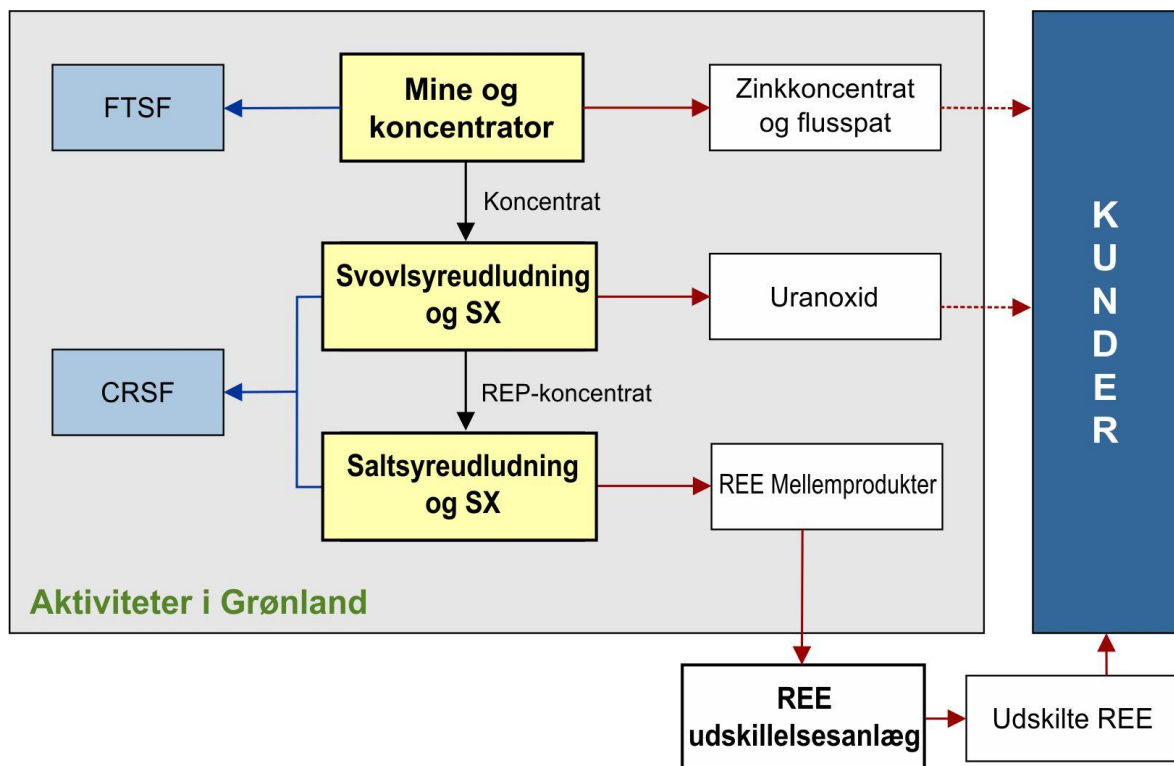
Af de 233.000 tpa REMC, der kommer til behandling i raffinaderiet, produceres omtrentligt:

- 30.000 tpa REE-produkter
- 500 tpa uranoxid
- 270.000 tpa tailings.

Alle REE-produkter bliver eksporteret.

Et uran-biprodukt bliver produceret fra udludningsvæskerne via solventekstraktion (SX). Slutproduktet er uranperoxid (UO_4), som kan sælges direkte til energi sektoren.

Procesfaciliteterne vil også omfatte vandbehandlingsanlæg (beskrevet i afsnit 3.6.5) og to syreanlæg (beskrevet nedenfor). Processen kræver anvendelse af to forskellige syrer til udludning – svovlsyre og saltsyre. Svovlsyre anvendes i den primære atmosfæriske udludningsproces til at opløse koncentratet af den sjældne jordart. Saltsyre anvendes i raffinaderiet som et sekundært udludningsmiddel til fremstilling af en opløsning af chlorid af sjældne jordarter, som egner sig til udvinding af REE-produkter.



Figur 14 Primære processtrin i anlægget

3.6.1 Svovlsyreanlæg

Der vil blive produceret svovlsyre i et svovlsyreanlæg (SAP), som placeres ved raffinaderiet. Syren fremstilles ved oxidation af elementært svovl. Svovl importeres som et fast stof og leveres til stedet med lastbil. Anlæggets kapacitet vil nå 500 tpd (tons pr. dag) koncentreret svovlsyre, men syreanlægget vil blive drevet med henblik på at opnå 370 tpd (75 % kapacitet) [79]. Processen vil udvikle varme, som vil blive omdannet til strøm ved hjælp af en elektrisk turbogenerator (2,3 MW).

Svovlsyreanlægget vil være rammemonteret og kompakt. Svovlsyreanlægget er designet i Tyskland af det globale ingeniørfirma Outotec og anvender kommercielt afprøvet Best Available Technology (BAT, bedst tilgængelige teknik). Anlægget anvender en multi-kontakt proces til at udvinde > 99,5 % af svovlet i svovlsyren. Tåge-fjernelse er en del af designet for at fjerne tåge fra den overskydende gas. Der vil blive konstrueret en 37,5 m høj skorsten.

Anlægget vil anvende dobbeltabsorption, hvilket betragtes som BAT for nye svovlsyreproduktionsanlæg [102]. Et dobbeltabsorptionsdesign fjerner kravet om skrubning af gas og eliminerer derved en strøm af affaldsprodukter fra processkemaet.

Der blev foretaget en gennemgang af de relevante miljømæssige aspekter af anlægget med følgende resultater:

1. *Transport af svovl fra havnen til anlægget*

Elementært svovl transporteres fra havnen til anlægget med lastbil. Projektet kræver mellem 16.000 og 41.000 t/år elementært svovl. De påvirkninger forbundet med støj, frigivelse af kuldioxid og mulige udslip, der opstår ved denne transport, er beskrevet i projektets støjvurdering [52], undersøgelsen af drivhusgasser [20] og undersøgelsen af udslip [55].

2. *Transport af yderligere reagenser, herunder filterhjælpemiddel (120 tpa, tons pr. år), vandbehandlingskemikalier (120 tpa) og katalysatorer (vanadiumpentoxid og cæsiumoxid (ca. 1 tpa))*

Disse transporteres til anlægget i skibscontainere på lastbiler. Brugte katalysatorer returneres til leverandøren til genanvendelse. De påvirkninger forbundet med støj, frigivelse af kuldioxid og mulige udslip, der opstår ved denne transport, er vist i projektets støjvurdering [52], undersøgelsen af drivhusgasser [20] og undersøgelsen af udslip [55].

3. Vandforbrug

En sporadisk strøm af frigivet vand fra spildvarmekedlen vil blive ført til raffinaderiet og ikke udledt direkte til miljøet.

Anlægget vil blive designet til at minimere brugen af ferskvand og til at maksimere genanvendelse af behandlet vand. Syreproduktionsteknologi har nu nået et punkt, hvor vandudledninger er ubetydelige [114].

Der leveres 3,34 m³/t demineraliseret vand fra råvandsrensingsanlægget i raffinaderiet. Der vil blive brugt kølevand til forskellige køleopgaver, og det cirkuleres rundt i køleanlægget. Alt vandforbrug er taget i betragtning ved udformningen af anlæggets vandforvaltningssystem, og dette er en faktor i VVM.

4. Der frigives gas (udstødning) fra skorstenen efter behandling

Udledningen af gas (18.000 m³ pr. time) vil indeholde følgende [114].

Tabel 5 **Oversigt over sammensætning af gas udledt fra SAP**

Komponent	Enheder	Værdi	Naturligvis baggrundsværdier
SO ₃	mg/m ³	< 30	< 1
SO ₂	ppm	200	< 1
O ₂	% v/v	0,02	21
N ₂	% v/v	5,81	78
H ₂ O	% fugtighed	94	5
Temperatur	°C	80	0
TSP og PM _{2,5}		ubetydelig	18 og 3,3

Alle værdier ved standardtemperatur og -tryk (0 °C og 1.103 mbar)

SO₂ vil være den vigtigste gasformige komponent i emissioner fra anlægget. Svovlemissioner fra projektet produceres af kraftværket og af anlægget. CALPUFF-modelleringen foretaget af ERM omfattede emissioner fra begge kilder. Ifølge ERMs luftkvalitetsmodellering på projektniveau [19] forventes den maksimale døgnkoncentration af SO₂ at være 5 % af de grønlandske luftkvalitetskriterier (125 µg/m³), og den højeste årlige gennemsnitskoncentration af SO₂-emissioner forventes at være 2 % af grænsen fastsat i Canadas National Ambient Air Quality Objectives, NAAQO (30 µg/m³). Den højeste koncentration på en time forventes at være 19 % af EU-direktivets grænse (350 µg/m³).

I tilfælde af, at svovlniveauer i udledt gas skal reduceres yderligere, kan der anvendes en vanadiumpentoxid-katalysator (V₂O₅) dopet med cæsium til at fremme denne proces. Cæsiumkatalysatoren øger effektiviteten af omdannelsen til SO₃-formen i et større koncentrationsinterval.

Disse gasemissioner er taget med i projektets vurdering af luftkvalitet [19].

5. Svovlsyreanlægget støjer under standarddrift

Den støj, der kommer fra syreanlæggene, er taget med i støjvurderingen for hele forarbejdningsanlægget. "De maksimale støjkildestyrker i anlægsområdet blev ensartet anslået til 85 dB(A) ved de ydre vægge i alle proces- og servicebygninger og andre faciliteter. Faktiske støjkildestyrker vil sandsynligvis være lavere ved nogle af disse faciliteter" [52].

6. Fast affald fra anlægget

Der skabes svovlslam, for det meste diatoméjord, et filtreringshjælpemiddel, ved filtrering af smeltet svovl efter smeltning. Filtrering fjerner lave niveauer af urenheder i det elementære svovl. Svovlslammet blandes med strømmen af tailings fra koncentratoren og deponeres i FTSF. Mængden af filtreringsrester forventes at andrage i alt 200 tpa. Dette udgør en lille yderligere mængde i tillæg til de ca. 2,7 Mt tailings fra flotation, der deponeres på årsbasis [58] [114].

7. Håndtering og opbevaring af syre

Der er ingen problemer med luftforurening med svovlsyre, da den er stabil i luft som følge af dens meget lave damptryk. Syreopbevaringsområdet vil være fuldt inddæmmet til at kunne modstå et udslip fra en fuld tank med syre. Neutraliseringskemikalier er tilgængelige (kalksten) som en del af raffinaderiets standardberedskab i det sjældne tilfælde af et alvorligt udslip.

8. Strømforbrug

Svovlsyreanlægget bliver en nettoproducent af elektrisk energi. Med undtagelse af en vis opvarmning ved opstart kræves ingen yderligere elektrisk strøm til at drive det.

Emissionskontrollsystemer vil blive installeret på alle miljøkontaktpunkter for at opfylde EU's emissionsstandarder.

Efter nedlukning vil anlægget blive afmonteret og fjernet fra stedet i overensstemmelse med nedlukningsplanen (Mine Closure Plan, MCP). Der vil blive udført sanering på stedet for at afbøde kontaminering i overensstemmelse med Grønlands krav og bedste praksis.

3.6.2 Saltsyreanlæg (chloralkali-anlæg)

Saltsyre produceres fra et syreanlæg (CAP) under anvendelse af chloralkali-celleteknologi. Chloralkali-cellen vil også producere kaustisk soda (en koncentreret opløsning af natriumhydroxid) som et biprodukt, der vil blive anvendt som reagens i raffinaderiet. CAP-teknologi er kommercielt afprøvet gennem over 60 års global driftserfaring.

Det vigtigste råmateriale til chloralkali-cellen er almindeligt salt med høj renhed (natriumchlorid). Chloralkali-celleprocessen elektrolyserer saltvand, der splitter saltene i opløsning. Elektrolyse er en energi-intensiv proces.

Anlægget vil have kapacitet til at producere 85 tpd kaustisk soda og 75 tpd saltsyre. Derudover vil der blive fremstillet 4 tpd natriumhypochlorit som et biprodukt til salg.

Anlægget vil blive anbragt i en bygning, og der vil blive indarbejdet miljøkontrol for alle emissioner i overensstemmelse med europæiske standarder for luftkvalitet. Alle udledninger fra chloralkali-anlægget er medtaget i luftkvalitetsmodelleringen [19].

Der blev foretaget en gennemgang af de relevante miljømæssige aspekter af anlægget med følgende resultater:

1. Transport af salt fra havnen til anlægget

Salt transporteres fra havnen til anlægget med lastbil. Projektet kræver ca. 45.000 tpa natriumchlorid. De påvirkninger forbundet med støj, frigivelse af kuldioxid og potentielle udslip, der opstår ved denne transport, er beskrevet i projektstøjvurderingen [52],

undersøgelsen af drivhusgasser [20] og undersøgelsen af udslip [55]. Bemærk, at et udslip af salt (natriumchlorid) vil have en beskeden indvirkning på miljøet.

2. *Transport af yderligere reagenser inklusive filtreringshjælpemiddel (alfa-cellulose), vandbehandlingskemikalier (natriumsulfid og bariumchlorid) og flokkuleringsmidler, der anvendes andre steder i raffinaderiet*

Disse reagenser transporteres til anlægget i skibscontainere på lastbiler. De påvirkninger forbundet med støj, frigivelse af kuldioxid og potentielle udslip, der opstår ved denne transport, er beskrevet i projektstøjtavleringen [52], undersøgelsen af drivhusgasser [20] og undersøgelsen af udslip [55].

3. *Gasformige emissioner*

Syreanlægget (CAP) har til formål at opfange gasformige emissioner og bruge dem til produktion af koncentreret syre. Forventede skorstensemissioner er blevet anvendt i CALPUFF-luftkvalitetsmodellen. Udluftningsgassen fra natriumhypochlorit-enheden med en emission på 4,17 mg Cl₂ pr. sekund er en potentiel kilde til Cl₂. Der anvendes en kaustisk renser, der suger klorgassen ind i den kaustiske spray for at danne natriumhypochloritvæske. Natriumhypochlorit produceres og sælges som et biprodukt. Designet af den kaustiske renser vil danne en luftemission på < 1 mg/m³ Cl₂. Dette er mindre end det laveste observerede sundhedspåvirkningsniveau på 1,2 mg/m³ [115]. Udgangsgasserne fortyndes derefter i vid udstrækning med det atmosfæriske miljø efter frigivelsen fra skorstenen for at opnå et acceptabelt niveau i omgivelserne.

Udluftningsgassen fra saltsyrecellen med en emission på 321 mg HCl pr. sekund er en potentiel kilde til syretåge. En vandbaseret renser vil blive brugt til at rense syretågen. Efter passagen gennem gasrensesystemerne skulle luften fra udstødningsskorstenen indeholde < 30 mg HCl pr. m³ luft. Den laveste observerbare sundhedseffektkoncentration for HCl-tåge er 15 mg pr. m³ luft [116]. Syretågen blev modelleret af ERM ved brug af CALPUFF ved et niveau, der af forsigtighedshensyn er 50 % højere end designgrænsen på 30 mg HCl pr. m³ luft (dvs. 45 mg HCl pr. kubikmeter luft). HCl-tågen fortyndes ved frigivelse fra en høj tårnskorsten; dette fortynder syretågen til acceptable omgivelsesniveauer på < 0,02 mg/m³.

De udstødningsgasser, der udsendes fra anlæggets skorstene, er medregnet i den CALPUFF-model, der var en faktor i projektets luftkvalitetsvurdering [19]. Spredningsmodellering viser, at de samlede emissioner fra alle anlæg andrager acceptable omgivelsesniveauer af HCl og Cl₂. Klorgasemissioner betragtes som ubetydelige, da de frigivne koncentrationer er på meget lave niveauer, selvom de i beregninger forøges med 50 % af forsigtighedshensyn. Derfor blev klorgas ikke direkte taget med i CALPUFF-modelleringen [19].

4. *CAP støjer under standarddrift*

Den støj, der kommer fra syreanlæggene, er taget med i støjtavleringen for hele forarbejdningsanlægget. "De maksimale støj kildestyrker i anlægsområdet blev ensartet anslået til 85 dB(A) ved de ydre vægge i alle proces- og servicebygninger og andre faciliteter. Faktiske støj kildestyrker vil sandsynligvis være lavere ved nogle af disse faciliteter" [52].

5. *Fast affald fra CAP*

Rensning af det salt, der anvendes til at drive chloralkali-anlægget, producerer faste affaldsstoffer. Disse faste affaldsstoffer tager form som en filterkage, der udfældes under fjernelse af urenheder. Det forventes, at der vil produceres ca. 15 tpd [117]. Filterkagen vil indeholde metalhydroxider, der udfældes fra saltopløsningen under anvendelse af alkaliske præcipitanter. De vigtigste komponenter findes i salt af høj kvalitet og består af:

- Calciumcarbonat, CaCO₃

- Magnesiumhydroxid, $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- Natriumcarbonat, Na_2CO_3
- Bariumsulfat, BaSO_4 – en meget uopløselig forbindelse
- Cellulose – inert filterhjälpemiddel, der bruges til at binde fine partikler i filterkagen.

Filterkagen vil være godartet og vil kunne godkendes til deponering på lossepladser i forstæder [117]. I Kvanefjeld-projektet blandes filterkagen med tailings fra raffinaderiet og bortskaffes i CRSF. CRSF vil allerede indeholde de samme hydroxidforbindelser som dem, der findes i filterkagen; disse vil udgøre 1,5 % efter vægt af den samlede CRSF-strøm af faste stoffer fra tailings [117].

6. Håndtering og opbevaring af syre

Saltsyre opbevares i forseglede og udluftede glasfiberbeholdere, der er specielt designet til opbevaring af saltsyre. Disse tanke er afprøvet kommercielt og er i almindelig brug.

7. Vandforbrug

Der leveres 5 m³/t demineraliseret vand fra råvandsrensingsanlægget i raffinaderiet. Der vil blive brugt kølevand til forskellige køleopgaver, og det cirkuleres rundt i køleanlægget. Alt vandforbrug er taget i betragtning ved udformningen af anlæggets vandforvaltningssystem, og dette er en faktor i VVM.

8. Strømforbrug

Der kræves ca. 14 MW elektrisk energi til at drive CAP for at fremstille 85 tpd kaustisk soda og 75 tpd saltsyre. Der vil forekomme drivhusgasemissioner og andre udstødningsgasser fra det dieselfyrede kraftværk, der leverer denne energi. Drivhusgasemissionerne og andre udstødningsgasser er medtaget i den luftkvalitetsvurdering for projektet, som blev udført af ERM [19] [20]. Drivhusgasemissioner fra CAP anslås til at være 62.000 tCO₂e/år.

I tilfælde af en nødsituation, hvor anlægget lukkes ned under ukontrollerede forhold, vil et nødabsorptionssystem absorbere den fulde mængde af klorproduktion i 10 minutter for at muliggøre beredskabsindsatsen. Nødabsorptionssystemet forventes at være inaktivt under det meste af driften og er taget med som en beredskabsforanstaltning.

Efter nedlukning vil CAP blive afmonteret og fjernet fra stedet i overensstemmelse med nedlukningsplanen, Mine Closure Plan (MCP). Der vil blive udført sanering på stedet for at afbøde kontaminering i overensstemmelse med Grønlands krav og bedste praksis.

3.6.3 Anlæg til deponering af tailings (TSF) – Oversigt

Når de økonomisk værdifulde mineraler er blevet udvundet fra malmen, fjernes resten af det forarbejdede materiale, hvilket udgør størstedelen af mængden, fra anlægget og opbevares som tailings.

Koncentratoren og raffinaderiet producerer to særskilte tailings-strømme, som håndteres og deponeres separat.

Begge tailings-strømme vil bestå af meget findelte faste stoffer (silt), der opslæmmes i vand og pumpes til og udledes i TSF. TSF vil blive placeret i Taseq-bassinet for at give mulighed for at udlede tailings under vandet (våd deponering). Dæmningerne bygges således, at de danner to adskilte depotområder til tailings i Taseq-bassinet; et depotområde, der modtager tailings fra koncentratoren (FTSF), og et depotområde, der modtager tailings fra raffinaderiet (CRSF) (Figur 15).

Designet og anlæggelsen af FTSF og CRSF vil stemme overens med international bedste praksis (ICOLD) og tage hensyn til canadisk damklassificering som defineret af Association of State Dam Safety Officials

(ASDSO). Denne er blevet antaget/anvendt af Canadian Dam Association (CDA) og andre branchesammenslutninger (CDA 2007) [78].

Dæmninger konstrueres ved brug af et nedstrøms-design. Dæmningerne vil blive foret med geosyntetiske membraner for at minimere udsivning fra TSF. Dæmningerne bliver konstrueret med klippefyld og bliver forankret i solid, modstandsdygtig klippe [1].

Med tiden øges dæmningernes højde i takt med forøgelsen af omfanget af depotfaciliteterne. Dæmningernes højde øges fem gange i projektets levetid og når til sidst 45 m og 46 m over det oprindelige grundniveau for henholdsvis FTSF og CRSF (Figur 16). Tykkelsen af laget af de deponerede tailings vil maksimalt nå 68 m i midten af FTSF og 40 m i CRSF.

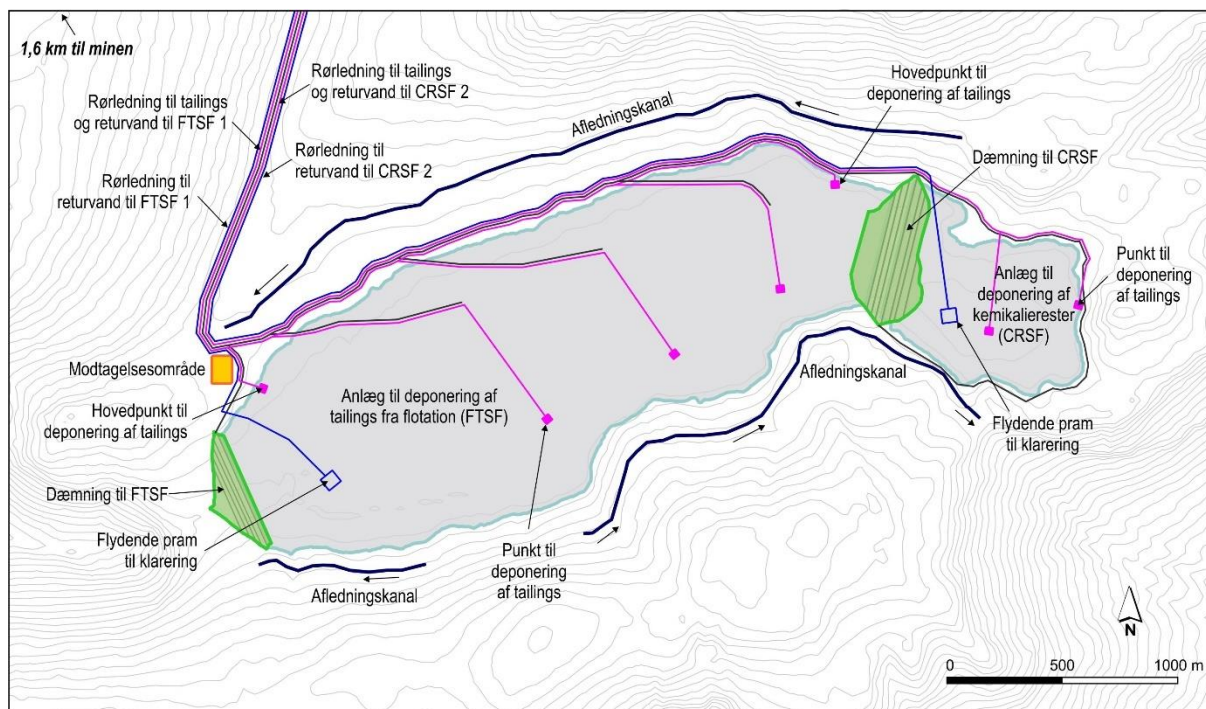
På grund af skålformen i bunden af Taseq-bassinet er tilvæksten i dybden af tailings størst i de første år af projektet. Tilvæksten falder gradvist over projektets levetid, idet der opretholdes et fribord på mindst 6 m under driften. Under driften styres tailings-anlæggene med henblik på at sikre en vanddækning på mindst 5 m op til maksimalt 22 m over tailings.

Ved nedlukning er der identificeret to tildækningsmuligheder for TSF: En våd tildækning og en tør tildækning. I lønsomhedsundersøgelsen for projektet og i denne VVM er det antaget, at der anvendes en våd tildækning, og det er den mulighed, der er blevet vurderet i dette dokument. Der vil blive gennemført en lønsomhedsundersøgelse for at bekræfte den mest passende teknologi tættere på nedlukningstidspunktet. Begge muligheder antages i øjeblikket at udgøre miljømæssigt passende alternativer ved nedlukning.

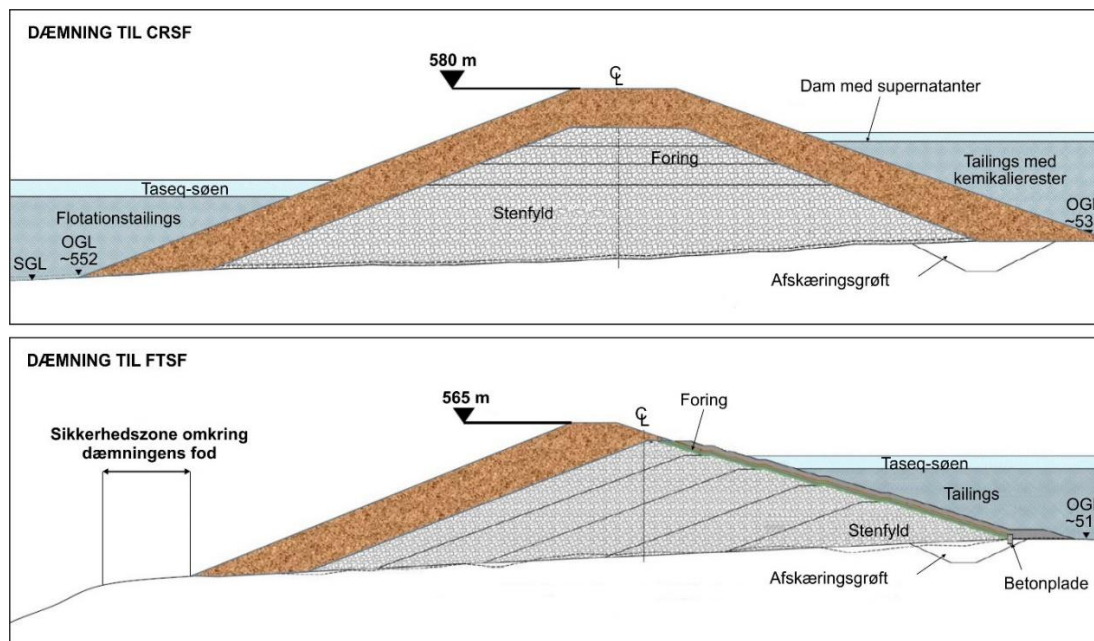
Koncentratoren producerer 2,8 mio. tons faste tailings pr. år; raffinaderiet producerer yderligere 0,3 mio. tons pr. år. Den samlede kumulative mængde tailings i minens levetid vil udgøre 110,7 mio. tons, 100 mio. tons fra koncentratoren og 10,7 mio. tons fra raffinaderiet (Tabel 6).

Tabel 6 Produktion af tailings

År	Tailings fra flotation	Tailings fra raffinaderiet
1- 36	2,8 Mtpa	0,3 Mtpa
37	1,4 Mtpa	1,5 Mtpa
Minens levetid i alt	100,0 Mt	10,7 Mt



Figur 15 TSF



Figur 16 Tværsnit af dæmningen ved anlægget til deponering af tailings med kemiske rester (CRSF) (øverst) og anlægget til deponering af tailings (FTSF) (nederst) i år 37

TSF-væggene er designet som permanente dæmninger, der er i stand til at modstå forventede lokale seismiske begivenheder og vejrbegebenheder. Stabilitetsmodellering ved hjælp af data fra vurdering af

sandsynlige seismiske farer viser, at TSF-væggene forbliver stabile under et maksimalt forventeligt jordskælv [1] [75] [92]. Tailings-dæmningerne er også designet med tilstrækkelig kapacitet til at imødekomme en 1 i 10.000 års regnhændelse, mens de til enhver tid opretholder et fribord på mellem 6 og 13 m.

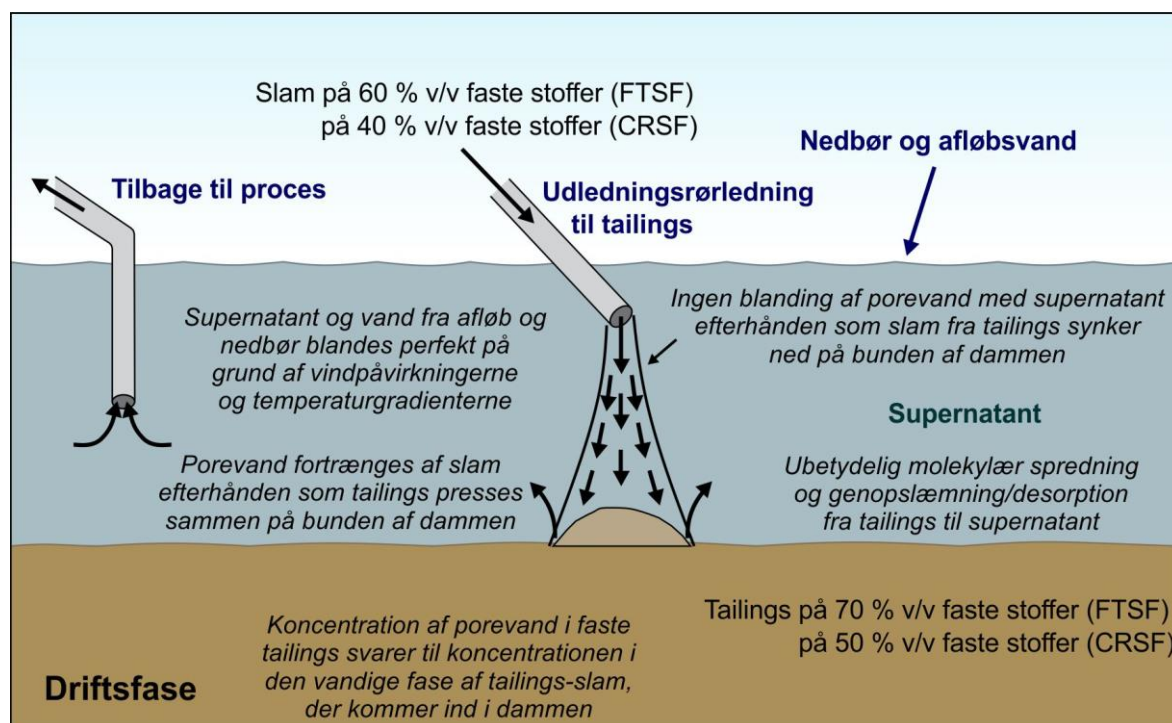
Dæmningerne konstrueres efter et nedstrøms-design. Der er betydelig præcedens for den type design og placering, som anvendes til Kvanefjeld-faciliteterne til tailings. Mange lignende udformninger bruges i tilsvarende omgivelser. Indtil nu er der ikke registreret noget katastrofalt svigt i tilsvarende dæmninger opført efter de designstandarder, der skal bruges til Kvanefjeld-faciliteterne [78].

3.6.4 TSF – Drift

Driftsfasen

Tailings fra flotation vil til enhver tid være dækket af mindst 5 m vand. Under projektets driftsfase udledes tailings-slam under vandoverfladen ind i de respektive opbevaringsdepoter. Supernatanten (den væske, der dækker de faste stoffer fra tailings i TSF), recirkuleres til anlægget (Figur 17).

De vigtigste fordele ved deponering af tailings under vand er hindring af frigivelse af gasarten radon og fjernelse af muligheden for, at tailings bliver til en støvkilde [1].



Figur 17 Skematisk oversigt over driftsfasen

Tailings-dæmningerne er også designet med tilstrækkelig kapacitet til at imødekomme en 1 i 10.000 års regnhændelse, mens de til enhver tid opretholder et fribord på mindst 5 m [23].

For at minimere tilførslen af vand fra regn og sne, der falder på Taseq-bassinets skråninger, bygges der afledningskanaler og dæmninger på begge sider af bassinet for at aflede noget af regnvandet og vandet fra snesmeltning. Det meste af dette vand føres til Taseq-elven, der i øjeblikket leder vand væk fra søen, for at sikre, at det ikke kommer i kontakt med TSF (se Figur 15).

Narsaq får drikkevand fra elvene Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven. Potentielle projektrelaterede indvirkninger på Narsaqs drikkevand vurderes i afsnit 10.3.1 [58].

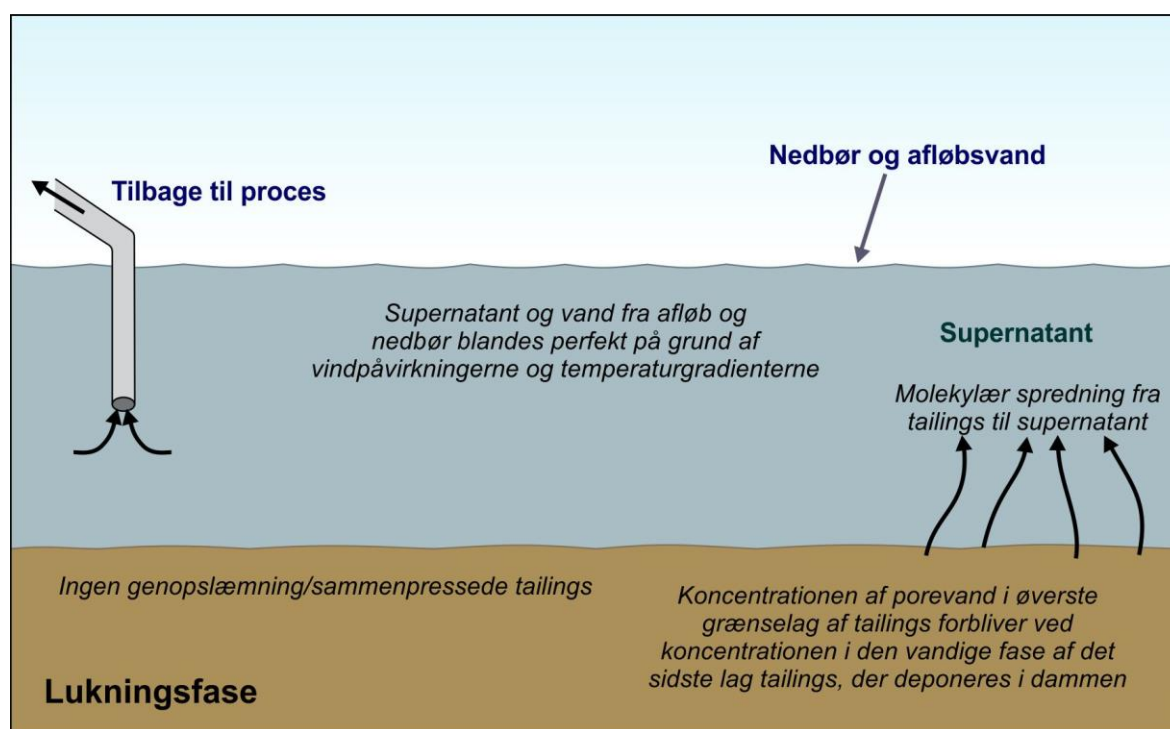
Nedlukningsfasen

Der blev undersøgt to metoder til nedlukning af TSF ved hjælp af nuværende teknologi (våd tildækning og tør tildækning) [77]. Metoden med våd tildækning, som blev valgt til projektets lønsomhedsundersøgelse, er den metode, der vurderes i denne VVM. Metoden med våd tildækning blev valgt, da den efterlader omgivelserne tættere på deres oprindelige tilstand end tør tildækning. Projektets levetid (mindst 37 år) betyder, at det ikke på dette stadie af udviklingen er muligt at afgøre, hvad der kan udgøre BAT til nedlukning af tailings-anlæg, når nedlukning vil være påkrævet. På et passende tidspunkt forud for afslutningen af driften vil der blive gennemført yderligere tekniske undersøgelser og konsekvensvurderinger af miljø og sociale forhold for at identificere den mest hensigtsmæssige langsigtede løsning, herunder den nuværende BAT, til nedlukning af TSF.

Metoden med våd tildækning indebærer, at vandet i TSF renses på forarbejdningsanlægget gennem en periode på seks år (nedlukningsperioden). Denne rensning fjerner fluorid og faste stoffer fra vandet og gør det dermed egnet til udledning i fjorden Nordre Sermilik.

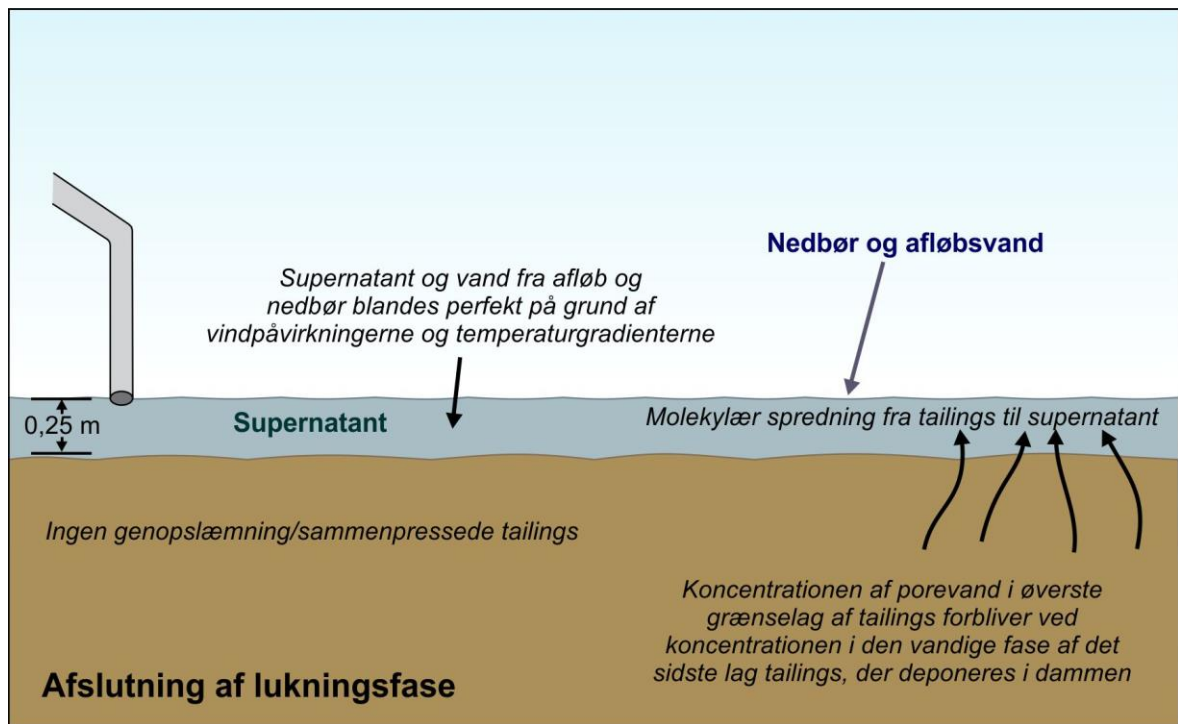
Vanddybden over tailings-depoterne vil typisk være 10 m i FTSF og 8 m i CRSF gennem hele nedlukningsperioden.

Ud over virkningen af behandlingen på forarbejdningsstedet fortyndes supernatanten jævnlige med vand fra nedbør og afstrømning fra afvandingsområdet. Den samlede effekt af disse to processer vil være en gradvis forbedring i kvaliteten af supernatanten indtil slutningen af det 6. år i projektets nedlukningsfase, på hvilket tidspunkt kvaliteten opfylder kriterierne i GWQC (med undtagelse af fluorid).



Figur 18 Skematisk oversigt over nedlukningsfasen

Ved afslutningen af nedlukningsfasen vil dybden af supernatanten blive reduceret til ca. 0,25 m. Herefter vil vandbehandlingen ikke længere være påkrævet, og Taseq-bassinet vil blive overladt til gradvist at blive fyldt op igen ved en naturlig tilstrømning af omgivende vand.



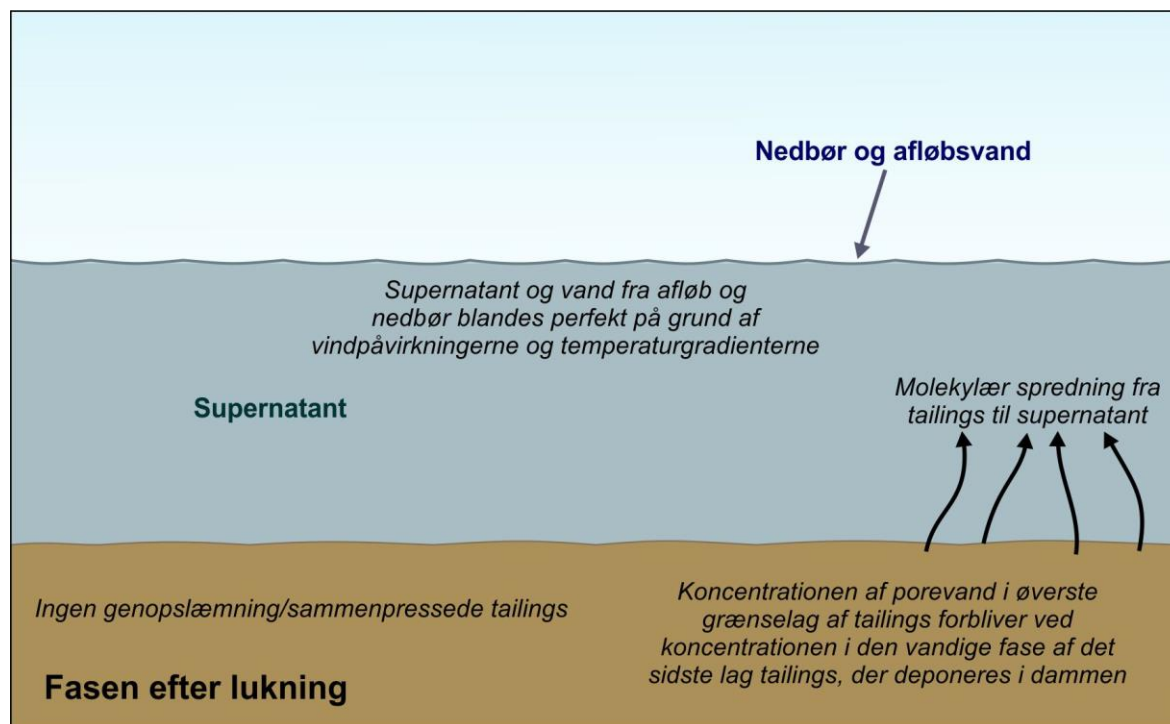
Figur 19 Skematisk oversigt over afslutningen af nedlukningsfasen

Fasen efter nedlukning

Vandniveauet i TSF øges gradvist i tiden efter nedlukningen og når til sidst kanten af dæmningen, hvorefter vandet vil begynde at flyde over og ned i Taseq/Narsaq-elvsystemet via en til formålet udviklet kanal.

Afledningskanalerne bygges til at minimere vandindstrømning til TSF uner driftsfasen. De vil efterhånden holde op med at fungere som følge af naturlig erosion og opfyldning med jord og grus.

De hydrologiske forhold i Taseq-dalen vil overordnet set vende tilbage til de forhold, der eksisterede inden minedriftens start [58].



Figur 20 Skematisk oversigt over fasen efter nedlukning

3.6.5 Tailings fra flotation

Tailings fra flotation bliver deponeret i FTSF i den vestlige ende af Taseq-søen ca. 3 km syd for raffinaderiet. Dæmningen forsegles med en dobbelt geosyntetisk kompositmembran.

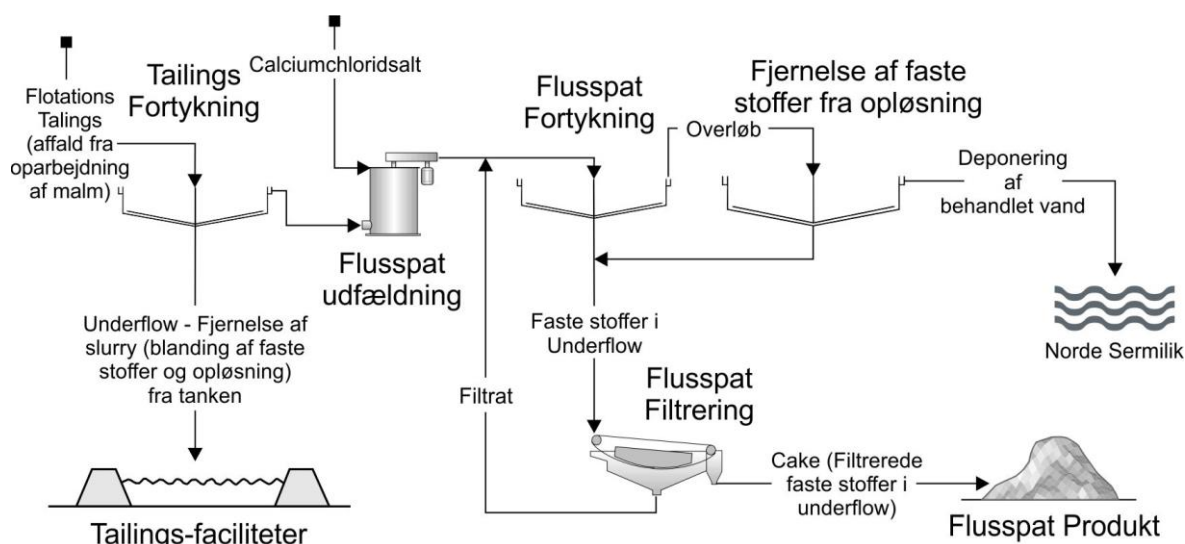
Tailings fra flotation vil udgøre ca. 90 % af de samlede tailings. Disse tailings består af en slam af fint malet klippesten efter den fysiske fjernelse af zink, uran og REE i koncentratoren. Der vil ikke ske kemiske forandringer i malmen under koncentratorprocessen. Tailings fra flotation kræver ikke rensning før deponering i FTSF, da deres tilstand allerede er stabil.

Faste stoffer fra svovlsyreanlæggets svovlfiltreringstrin vil også blive føjet til flotationstailings, før der pumpes til FTSF. Disse faste stoffer fra filtrering repræsenterer kun en lille andel af tailingsmængden.

Tailings fra flotation pumpes til FTSF som slam med 60 % faste stoffer. Det vand, der bruges til opslæmning, vil indeholde opløselige naturlige fluoridioner og vil blive isoleret fra miljøet og sendt tilbage til koncentratoren til genbrug.

Inden overskydende vand udledes til fjorden, udfældes fluorid ved tilsætning af calciumchlorid (processen sammenfattes i Figur 21). Fluorid udfældes i opløsningen ved tilsætning af calciumchlorid. Der vil blive installeret en fortykker, et filter og et udfældningsbassin for at sikre, at de faste fluoridstoffer opfanges, og at det rensede vand opfylder de relevante kvalitetskrav inden udledning [29]. Denne metode er standard-teknologi i fjernelse af fluorid.

Det udfældede fluorid danner calciumfluorid, der sælges som flussspat.



Figur 21 Strømningsdiagram over koncentratorens vandrensingsanlæg

3.6.6 Tailings fra raffinaderiet

De tailings, der produceres af raffinaderiet, vil være en blanding af fint knust inert klippesten og neutraliserede kemiske udfældningsstoffer samt vand, hvorfra uran og REE er blevet fjernet. Denne tailings-strøm udgør ca. 10 % af de samlede tailings. Det anvendte vand vil indeholde chlorid og sulfater i opløsning og isoleres derfor fra miljøet. Det deponeres i en tailings-dam med dobbelt foring. Tailings-slammet fra raffinaderiet vil bestå af 43 % faste stoffer eller mere i bunden af tailings-dammen.

I raffinaderiet udfældes flere kontaminerende stoffer fra opløsningen som stabile faststofpartikler, før de afgives til tailings-strømmen fra raffinaderiet. Disse stoffer omfatter radionuklider med lav koncentration såsom f.eks. polonium, bly, bismuth og radium. Faste stoffer fra saltsyreanlægget vil også komme med i raffinaderiets tailings-strøm, men vil kun udgøre en lille del af de tailings, der deponeres i CRSF.

Vandrensning vil også blive anvendt for at fjerne kontaminerende organiske stoffer fra det udledte vand. Faste stoffer fra vandrensningen blandes med tailings fra raffinaderiet, hvorved behovet for separate systemer til udskillelse af faste stoffer eller opslæmmede faste stoffer bortfalder.

Tailings fra raffinaderiet neutraliseres med hydratkalk før pumpning til CRSF. I denne proces reduceres pH-værdien i tailings til et neutralt niveau, hvor mange potentielt skadelige elementer, herunder actinium, udfældes fra opløsningen [29]. Vandring af disse skadelige elementer begrænses i høj grad, når de først er udfældet. Udfældningen fra neutraliseringen blandes med faste stoffer fra raffinaderiet før pumpning til CRSF.

Tailings fra raffinaderiet vil blive fortykket i fortykkelsessystemer med kommercielt afprøvet høj effektivitet. Systemerne vil køre konstant og producere en fortykket slam og en klar opløsning. Den udvundne klare opløsning genbruges derefter i bearbejdningsanlægget og reducerer derved det samlede vandforbrug.

3.6.7 Kemiske og radiologiske egenskaber i tailings

Hovedkomponenten i begge tailings-strømme er siliciumdioxid (SiO_2), der i hver udgør ca. 50 % (eller mere) efter masse.

Radioaktiviteten i tailings fra flotation vil være lav og svarer til de omkringliggende klipper i Kvanefjeldområdet (Tabel 7) [67] [118]. Tailings fra raffinaderiet vil have et forhøjet niveau af thorium, hvilket producerer en højere specifik aktivitet, selvom størstedelen af uranen nu er fjernet [5].

Tabel 7 Tailings-materialets kemiske og radiologiske egenskaber

Parameter	Fe %	Al %	Na %	F %	Pb %	U %	Th %	Samlet aktivitet* Becquerel/gram
Hidtidigt niveau (basislinje) i øverste klippelag (naujait)	6,17	9,73	10,2	0,33	0,015	0,003	0,008	10
Depot til gråbjerg	7,21	9,00	5,16	0,23	0,00	0,002	0,006	6
Koncentrator	10	7,11	8,48	0,25	0,01	0,02	0,02	45
Raffinaderi	6,8	1,55	2,66	0,1	0,03	0,01	0,32	343

* Samlet radioaktivt henfald anvendt i beregningerne. Bemærk, at raffinaderi-tailings ikke er i sekulær ligevægt, da uranen er blevet fjernet.

3.7 Havnefaciliteter

Der anlægges nye havnefaciliteter på Tunu-halvøen ved Narsap Ilua (bugten). Under projektets driftsfase håndterer havnen import af brændstof, reagenser og forbrugsstoffer samt eksport af produkter og affald. Havnen designs til at håndtere Handymax skibe på 40.000 tons dødvægt. Skibene er 200 m lange. Udnyttelsesgraden for havnen forventes at være på 20 % af året (cirka 30 skibe om året), og skibene forventes at ligge ved kajen i op til 5 dage ad gangen [64].

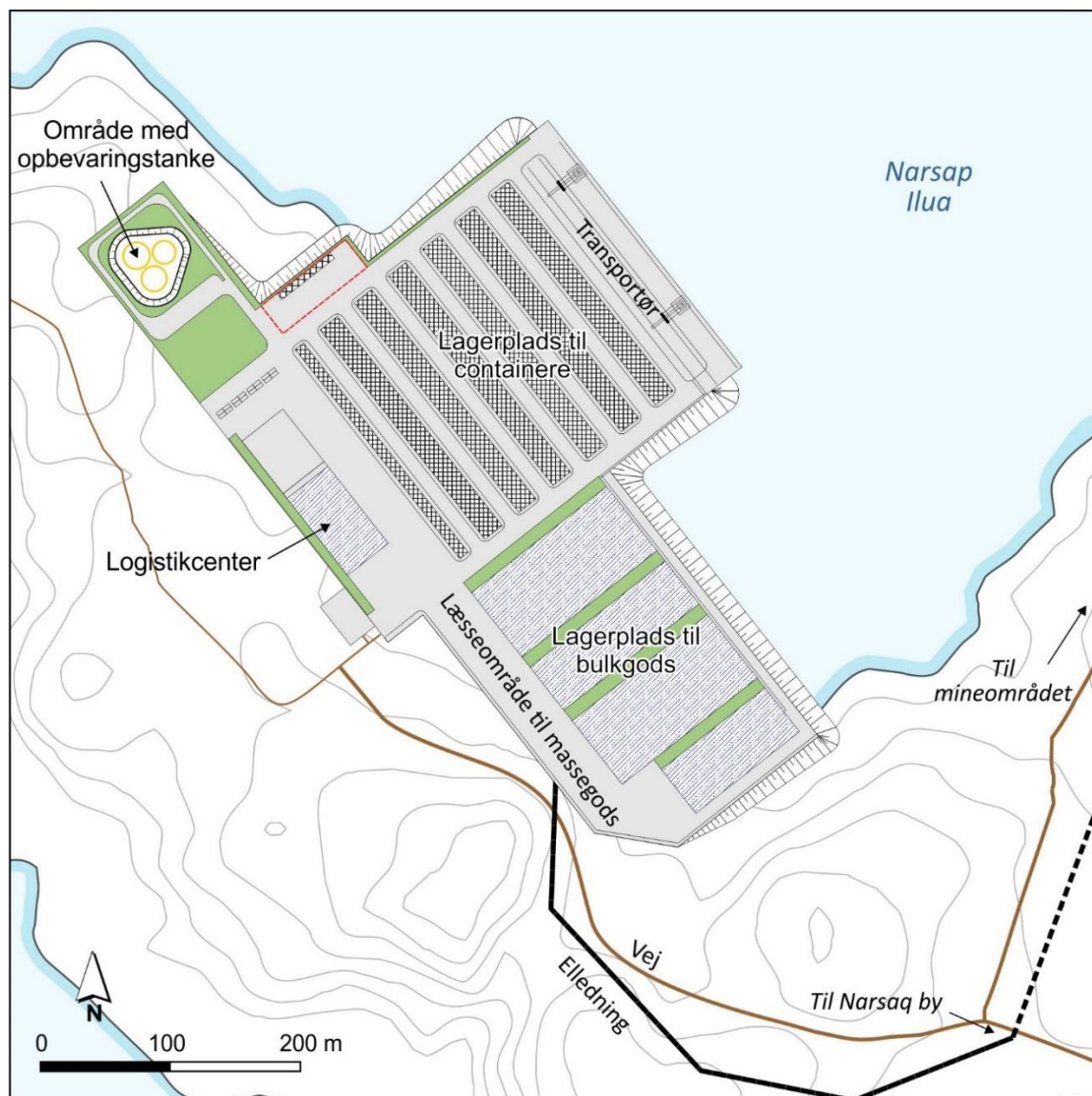
Havnen vil blive designet med en 200 m lang kaj med transportbånd til bulkgoods og mobile stablere til containere (Figur 22). Ved siden af kajen etableres et område til stabling af containere og en overdækket lagerplads til bulkgoods til import og eksport.

Der forventes ca. 174 kørsler med tunge køretøjer pr. dag med materiale til og fra havnen og yderligere ca. 150 ture med lette køretøjer.

Et skib specielt beregnet til formålet sejler mellem havnen og en større havn på det europæiske fastland, hvorfra alle laster sendes til andre destinationer med andre kommercielle transportmidler.

Der vil kræves uddybning og muligvis også sprængning af klipper under anlæggelsen af havnen, og landvinding vil anvendes for at sikre, at der er tilstrækkeligt med plads til anlægsarbejderne til havnen.

Skibscontainere, der fyldes på bearbejdningsanlægget, vil blive læsset på lastvogne og transporteret til havnen, hvor de oplagres midlertidigt, indtil de læsses på skibe.



Figur 22 Udformning af havnen

3.8 Håndtering af radioaktivt materiale

3.8.1 Generel styring

Bedste-praksis-principper vil blive bragt i anvendelse. De omfatter praksis vedrørende beskyttelse mod stråling, som anvendes i aktive REE- og uranminer i Australien og Canada. Der vil blive truffet forholdsregler til at minimere medarbejdernes eksponering for støv og andre farer. Medarbejdernes eksponering for stråling bliver konstant målt og overvåget. Yderligere oplysninger om sundhed, sikkerhed og beskyttelse mod stråling på arbejdspladsen vil findes i den plan for administration af sundhed og sikkerhed på arbejdspladsen, der bliver udarbejdet i forbindelse med projektet. Yderligere oplysninger om sundhed og sikkerhed på arbejdspladsen findes endvidere i VSB-dokumentet forbundet med projektet [69].

Styring af eksponering for stråling omfatter:

1. Introduktion og uddannelse
2. Kontinuerlig overvågning af alle medarbejdere
3. Anvendelse af den bedst mulige teknologi til kontrol af støv
4. En udformning, der udelader områder med potentiel eksponering for stråling.

Alle køretøjer, der forlader mineområdet, skal gennem et vaskeanlæg. Det vil være automatisk, og chaufførerne skal ikke forlade førerhuset på deres køretøjer under afvaskningen. Der kontrolleres for stråling for at sikre, at kontaminerende køretøjer ikke forlader mineområdet [28].

3.9 Vandforvaltning

3.9.1 Vandbalance

Vand til driften af anlægget leveres fra følgende kilder:

- Narsaq-elven
- Genbrugsvand fra TSF
- Genbrugsvand fra anlægget, når der er for lidt vand i Narsaq-elven
- Vand fra minen og afløb fra gråbjergsdepotet.

TSF vil tjene som vandreservoir ud over at være et opbevaringssted for tailings.

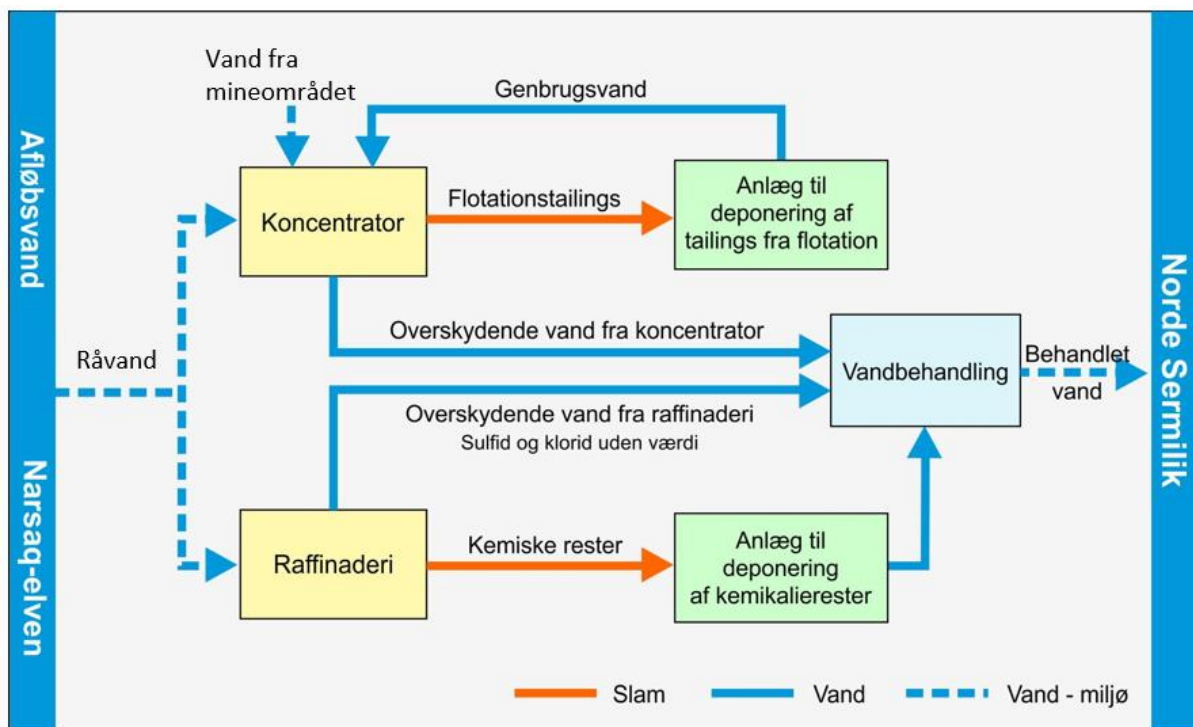
Der vil blive opretholdt et vanddække på mindst 5 m i TSF for at sikre, at det er muligt på effektiv måde at udlede tailings under vandet. Opretholdelse af vandniveauet vil blive styret ved kontrol af den mængde overfladevand, der sendes til genanvendelse i anlægget.

Vandet i TSF og de omgivende vandveje overvåges kontinuerligt for indhold af kontaminanter. Der vil også blive implementeret et overvågningsprogram for at identificere eventuelle udsivninger i nærheden af TSF og for at overvåge deres vandkvalitet til bekræftelse af den integrerede vandforvaltningsmodel, der er udviklet til projektet. Fluoridgrænser på 5 ppm (milliontedele) om sommeren og 30 ppm om vinteren ved kontrolpunkt C vil være gældende. I det usandsynlige tilfælde af kontaminering af overfladevand med fluorid (enten fra aerosoler fra TSF eller fra potentielle udsivningsruter) kan vandbehandling af tailings-vand fra koncentratoren iværksættes for at reducere fluoridkoncentrationer [76].

Det klare overliggende vand pumpes fra tailings-anlægget til koncentratoren og raffinaderiet i rørledninger, der ligger ved siden af rørledningerne til transport af tailings til TSF.

Dette vand filtreres for at fjerne sand og andre urenheder.

Den konceptuelle vandbalance er vist på Figur 23.



Figur 23 Vandbalance

3.9.2 Forvaltning af overfladevand

Forvaltning af overfladevandet er integreret i projektets udformning. Strukturer til afledning af vand vil blive opført for at minimere vandtilstrømningen til driftsområderne, mens der samtidig opretholdes naturlige vandstrømme.

Der skal konstrueres en dam til råvand i nærheden af anlægget. Denne dam vil delvist dæmpe strømmen i de øvre områder af Narsaq-elven. Det opdæmmede vand bruges primært i koncentratoren. Genbrugsvand fra TSF og mineområdet vil, hvor det er relevant, blive brugt i anlægget for at minimere ferskvandsforbruget fra råvandsdammen.

Vand udtages også længere nedstrøms i Narsaq-elven. I løbet af vinteren vil udtaget i en periode med naturligt lav strømning i Narsaq-elven blive minimeret eller suspenderet for at opretholde en minimumsstrøm på 40 m³/t.

Regnvand, sne og grundvand, der ender i minen (grubevand), vil blive opsamlet og pumpet til koncentratoren. Afløbsvand fra WRS-depoterne vil også blive opsamlet og pumpet til koncentratoren. Kvane-elven (en indløbende elv til Narsaq-elven) vil føre væsentligt mindre vand som resultat af udtag fra minen. For at forhindre vand i at sive ind i minen sænkes vandniveauet i Kvane-bassinet ved siden af gruben, når minen er i drift.

I anlægsfasen reduceres Taseq-søens dybde i et tidsrum på tre år for at lette anlæggelsen af FTSE-dæmningen. Vand uledes til Taseq-elven på en måde, der stemmer overens med årstidsbestemte strømningsmængder. Der etableres afledningskanaler for at forhindre overskydende vand i at komme ind i TSF under drift. Det er planlagt, at disse store kanaler, der er ca. 4 m brede i bunden og mindst 2 m dybe, delvist skal aflede afløb fra smeltevand og nedbør. Afledningen vil føre vand, der ikke har været i berøring med tailings, til naturlige vandløb, inklusive Taseq-elven [58].

3.9.3 Vandudledning

Overskydende vand fra koncentratoren vil blive rensed for at fjerne opløst fluorid og faste stoffer. Overskydende vand fra raffinaderiet, inklusive den værdiløse chloridvæske, neutraliseres og renses for at fjerne organiske materialer og radionuklider [58].

Renset vand vil derefter blive udledt i Nordre Sermilik via en enkelt undervandsspreder placeret 40 m under overfladevandstanden for at opnå optimal fortynding [17].

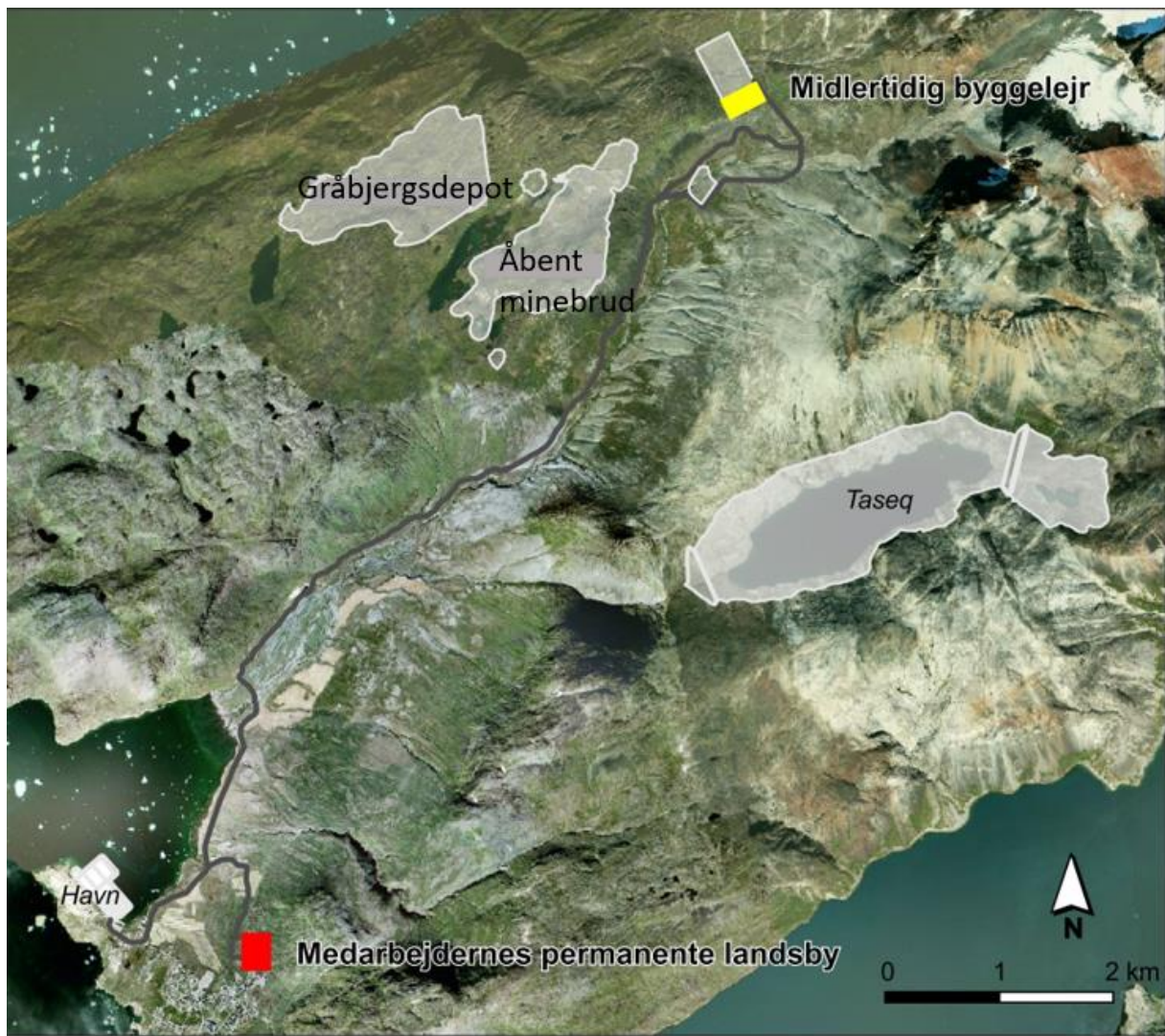
3.10 Supportinfrastruktur

3.10.1 Administration og indkvartering

Under anlægsfasen forventes en maksimal arbejdsstyrke på over 1.100 medarbejdere. Heraf forventes omkring 200 at være grønlandske borgere, som vil rejse frem og tilbage til projektet efter en turnusordning. Den øvrige udenlandske arbejdsstyrke indkvarteres i en midlertidig anlægsmedarbejderlejr, som opføres i nærheden af koncentratoren. Der vil også blive sørget for midlertidig indkvartering af anlægsmedarbejderne lokalt i Narsaq og Narsarsuaq. Potentiel indkvartering, der udnytter et fartøj (som på et krydstogtskib), kan også anvendes i havnen i Narsaq ved spidsbelastninger.

Under projektets driftsfaser med en gennemsnitlig arbejdsstyrke på over 700, hvoraf mere end 300 forventes at være grønlandere, indkvarteres tilrejsende medarbejdere i den landsby, der opføres i udkanten af Narsaq. Placeringen af den midlertidige lejr til anlægsmedarbejderne og den permanente landsby vises i Figur 24. Yderligere detaljer om planer for indkvartering af arbejdsstyrken til projektet findes i VSB-dokumentet [69].

En vej vil give adgang fra landsbyen til vejen mellem havnen og minen. Landsbyen vil blive forsynet med strøm fra projektets kraftværk. Kloakvand vil blive behandlet inden udledning. Der planlægges faciliteter i landsbyen med fritidslokaler, mødeværelser, kantine, vaskeri og kommunikationsudstyr [29].



Figur 24 Placering af landsby og midlertidig lejr til anlægsarbejdere

3.10.2 Transportfaciliteter

Projektet kræver ikke opførelse af en lufthavn, og GML vil gøre brug af Narsarsuaq lufthavn (eller Qaqortoq efterhånden som planer for den nye lufthavn udvikles) til transporten af FIFO-arbejdsstyrken.

Medarbejderne transporteres med færge fra lufthavnen til Narsaq.

Der kræves en udbygning af de eksisterende passagerfaciliteter ved helikopterlandingspladsen i Narsaq, men lufthavnen i Narsarsuaq (eller den foreslåede nye lufthavn i Qaqortoq) anses at være i stand til at håndtere de yderligere passagerantal, der opstår fra anlægsarbejdet og driften af projektet. Det kan blive nødvendigt at øge antallet af rute- og charterflyvninger mellem Narsarsuaq/Qaqortoq og Nuuk, Reykjavik, København og Storbritannien for at dække det øgede passagerantal.

Vejen mellem havnen og minen vil være 7 m bred og ca. 13 km lang. Den vil følge en eksisterende grusvej langs Narsaq-elven. Vejen mellem havnen og minen vil blive anvendt til al transport mellem havn, anlæg og mine. Specialbyggede lastvogne vil transportere brændsel fra havnen til projektets kraftværk ved konzentratoren. Normalt kører personalet med bus fra landsbyen til arbejdsstederne ved minen og anlægget.

Udnyttelsesgraden for havnen vil være ca. 20 % af året. Over 30 skibe forventes at ankomme i løbet af et typisk driftsår [64] [104]. Det forventes, at følgende vil lægge an i havnen hvert år:

- 22 Handymax fartøjer (40.000 DWT) årligt til transport af containere og bulkgoods

- 10 Tankskibe med brændstofleverancer.

3.10.3 Elektricitets- og brændstofforsyning

Der vil blive bygget et 59 MW dieseldrevet kombineret kraft- og varmekværk ved siden af koncentratoren. Kraftværket vil producere til anlægget, havnen og landsbyen. Det vil omfatte et system til genindvinding af overskudsvarme, der bruges til opvarmning af vand til procesopvarmning i koncentratoren og til opvarmning af anlæggets bygninger [1].

Brændstoffet til kraftværket oplagres i havnen og transporteres til værket i tankvogne efter behov. Tankvognene læsser brændstoffet af i dagtanke, der anbringes tæt ved værket.

En 11 kV luftledning sørger for strøm til havnen og landsbyen.

3.10.4 Håndtering af husholdnings- og industriaffald

Alt brændbart fast affald presses i baller og transporteres til Qaqortoq til forbrænding. I tilfælde af, at der opføres et forbrændingsanlæg i Narsaq, vil dette anlæg bruges i stedet.

Akkumulatorer, batterier, elektroniske enheder, glas osv. oplagres i midlertidige containere og afleveres fra tid til anden til affaldsbehandlingsanlægget i Qaqortoq, hvor affaldet behandles yderligere med henblik på bortskaffelse i henhold til lovgivningen og efter gensidig aftale.

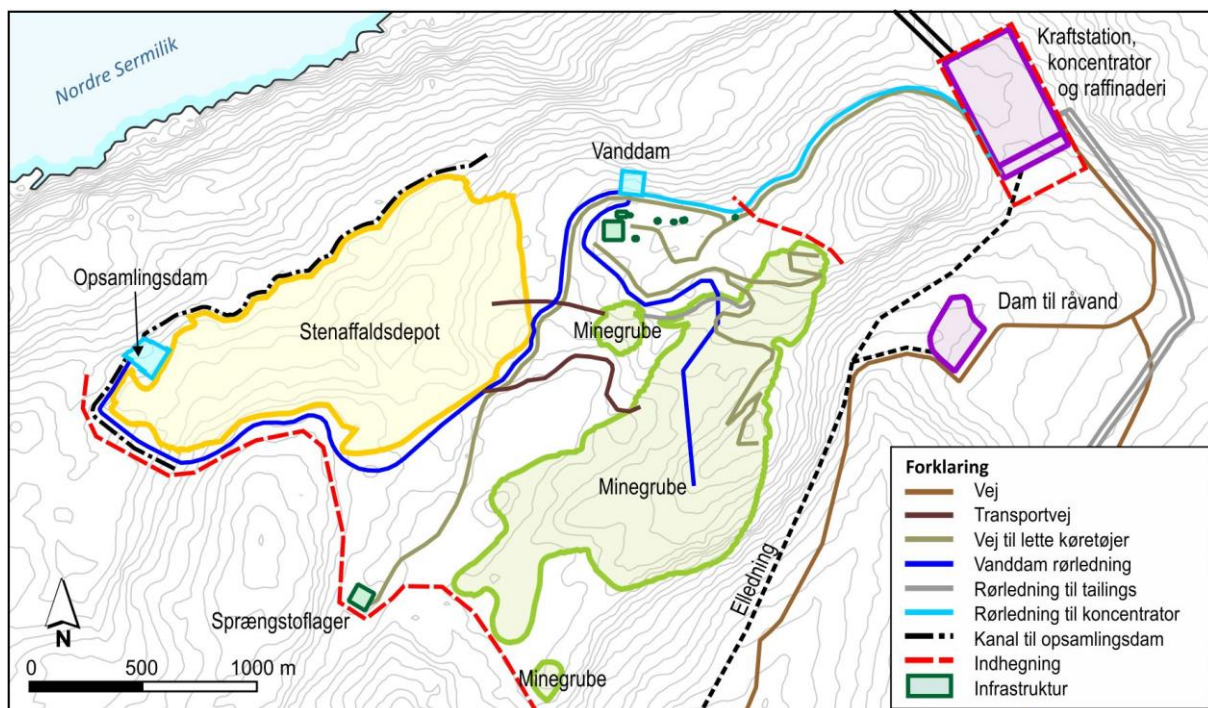
Uafhængigt af projektet arbejdes der på implementering af en national affaldsløsning.

3.10.5 Håndtering af farligt materiale

Farligt affald behandles i overensstemmelse med reglerne i Kujalleq Kommune om farligt affald [26]. Normalt sendes farligt affald til Danmark, hvor det håndteres i overensstemmelse med en omfattende lovgivningsramme fra EU. Farligt affald vil blive registreret og kan spores ved hjælp af standardkoder (EU's affaldsliste / koder i det europæiske affaldskatalog (EAK)).

3.10.6 Indhegning

Af sikkerhedsmæssige årsager opføres der en indhegning omkring driftsområdet. På grund af områdets stejle topografi kræves der ikke fuldstændig indhegning. Adgang for køretøjer og dyr begrænses af den foreslåede indhegningsplan. Figur 25 viser, at indhegningen begrænser adgangen til mineområdet, anlægget og sprængstoflageret. Under drift og nedlukning kan adgang til CRSF og FTSF forhindres ved hjælp af ekstra hegn efter behov.



Figur 25 Indhegning

3.10.7 Opbevaring og håndtering af farligt gods

Farligt gods opbevares på bearbejdningsanlægget i overensstemmelse med EU-krav. Farligt gods omfatter reagenser såsom syrer (beskrevet i afsnit 3.11).

Sprængstoflageret vil blive placeret med afstand til infrastrukturen i den sydlige ende af minen, og adgang finder sted via en grusvej (se Figur 25). Adgangen vil blive begrænset med sikkerhedshegn og kontinuerlig overvågning. Sprængstoffet og detonatorerne opbevares særskilt i en bygning godkendt til opbevaring af sprængstoffer [68].

3.10.8 Sikkerhed angående nukleare produkter

På raffinaderiet emballeres uranoxid i forseglede ståltønder på 200 L. Tønderne læsses i standard skibscontainere, der også forsegles, før de transporteres til havnen på lastvogne. Den årlige produktion af uran vil fylde mindre end 40 fragtkontainere. Containerne forbliver i forseglet stand til det endelige leveringssted.

Containerne losses i havnen og flyttes til et nærmere udpeget lagerområde. Der vil være en adgangsport til lagerområdet samt sikkerhedsforanstaltninger, der overholder/overstiger kravene i den internationale lovgivning om sikkerhed på skibe og havnefaciliteter [3].

Uranoxid vil blive emballeret og transporteret i overensstemmelse med IAEAs sikkerhedsstandarder SSR-6: Forordninger om sikker transport af radioaktivt materiale (2018) [38] og relevante internationale og nationale regler og love vedrørende transport af radioaktivt materiale.

3.10.9 Rørledninger

Tailings vil blive pumpet til TSF som slam gennem en rørledning, der er placeret i rørkanaler oven på jorden og monteret på stativer samt isoleret for at undgå frysning.

Genbrugsvand fra TSF vil via rørkanalen til tailings-materialet blive pumpet til anlægsområdet i en rørledning, der er monteret på stativer og isoleret og opvarmet for at forhindre, at returvandet fryser til is [1].

Renset overskudsvand fra anlægget vil hvor muligt blive pumpet fra koncentratoren til Nordre Sermilik i en rørkanal, der er placeret oven på jorden, isoleret og monteret på stativer.

3.11 Brugen af reagenser

Der vil blive anvendt en række reagenser på anlægget. Tabel 8 viser de reagenser, der skal bruges på anlægget, samt det anslåede årlige forbrug.

Tabel 8 Oversigt over anvendte reagenser

Reagens Funktion	Anvendt til	Formål	Årligt forbrug i ton
Zetag 8140 * Koncentrator flokkuleringsmiddel	Zink flotation	Fortykningsmiddel / flokkuleringsmiddel til zinksulfidkoncentrat - til at fremme sedimentering af partikler med henblik på at udvinde zinkprodukt fra processen.	1,2 - 3,0
SNF FO4800H Koncentrator flokkuleringsmiddel	Flotation af REMC (mineralkoncentrat fra sjældne jordarter)	Fortykningsmiddel / flokkuleringsmiddel til REMC - til at fremme sedimentering af partikler med henblik på at udvinde REMC fra processen.	150 - 400
Magnafloc 155 Raffinaderi- flokkuleringsmiddel (anionisk)	Fjernelse af urenheder - Raffinaderi	Fortykningsmiddel / flokkuleringsmiddel for anioniske urenheder - til at fremme sedimentering af partikler med henblik på at muliggøre fjernelse af urenheder i raffinaderikredsløbet.	75 - 180
Magnafloc 430 * Raffinaderi- flokkuleringsmiddel (kationisk)	Fjernelse af urenheder og produktgenvinding - Raffinaderi	Fortykningsmiddel / flokkuleringsmiddel for kationiske produkter - til at fremme sedimentering af partikler med henblik på at muliggøre fjernelse af urenheder og produktgenvinding i raffinaderikredsløbet.	20 - 60
RM1250 * Raffinaderi-koagulant	Siliciumagglomerering	Fortykningsmiddel-agglomerat til silicium urenheder - for at fremme agglomerering af fine siliciumpartikler for at muliggøre deres fjernelse fra uranproduktvæske.	60 - 160
Natriumisobutylxanthat (SIBX) Flotationssamler	Zink flotation	Til flotation af zinksulfider, hvorved de udskilles fra malmen.	125 - 320
Kobbersulfat (CuSO ₄ ·5H ₂ O) Flotationsaktivator	Zink flotation	Til aktivering af overfladen på zinksulfidpartiklerne, hvorved effektiviteten af deres flotation forbedres.	25 - 60
Aero 6494 Flotationssamler	Flotation af REMC (mineralkoncentrat fra sjældne jordarter)	Til flotation af de REE-bærende mineraler, hvorved disse udskilles fra mineraltailings uden værdi.	1.000 - 2.700
Natriumsilikat Flotationsundertrykkelse	Zink og REMC flotation	Dæpende middel - forhindrer flotation af de ikke-værdifulde mineraltailings.	2.300 - 5.800

Reagens Funktion	Anvendt til	Formål	Årligt forbrug i ton
Polyfroth W22C Flotationsskumning	Zink og REMC flotation	Til reduktion af boblernes størrelse og forbedring af skumstabiliteten i flotationsprocessen.	110 - 280
Natriumkarbonat	REE-produktudfældning	Til udfældning af REE-mellemprodukter fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	12.000 - 30.000
Svovl	Svovlsyre (H ₂ SO ₄) produktion	Til fremstilling af svovlsyre, der bruges til udludning af REE og uran fra REMC i raffinaderikredsløbet.	16.000 - 41.000
Natriumchlorid	Saltsyre (HCl) og kaustisk soda (NaOH) produktion	Til fremstilling af saltsyre og kaustisk soda, der anvendes til henholdsvis udludning af REE og forøgelse af pH-værdien for procesvæsker (til udfældning af produkter og fjernelse af urenheder) i raffinaderikredsløbet.	35.000 - 87.000
Kalksten	Fjernelse af urenheder	Til at hæve pH-værdien for procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	30.000 - 77.000
Kaustisk soda i flager (NaOH)	Udfældning af produkter og fjernelse af urenheder	Til at udfælde cerium-produkt og hæve pH-værdien for procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	1.400 - 5.000
Calciumchlorid	Vandbehandling	Til udfældning af fluorid fra den behandlede vandstrøm, der løber ind i Nordre Sermilik.	6.900 - 17.500
Pyrolusit	REE udludning	Til oxidering af REE-arter under syreudludningsprocessen for at forbedre REE-genvindingen.	300 - 750
Hæmatit	REE udludning	Til udfældning af fosfat-arter under syreudludningsprocessen for at forbedre REE-genvindingen.	0 - 15.000
Hydrogenperoxid	Udfældning af produkter og fjernelse af urenheder	Til udfældning af uranoxid og udfældning af urenheder fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	125 - 300
Kalk	Fjernelse af urenheder	Til at hæve pH-værdien for procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	3.800 - 9.500
Bariumchlorid	Fjernelse af urenheder	Til udfældning af urenheder fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	1.800 - 4.500
Natriumhydrogensulfid	Fjernelse af urenheder	Til udfældning af urenheder fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet.	60 - 200
Alamin 336 * SX ekstraktionsmiddel	Uran SX	Til udvinding af uranarter fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet og derved fjerne disse fra urenheder og muliggøre produktion af det rene uranoxid.	2,5 - 10
Isodecanol * SX fasemodifikator	Uran SX	Til forbedring af opløseligheden af ekstraktionsmidlet i det organiske fortyndingsmiddel for derved at sikre effektiv fjernelse af uran fra væskefasen.	1,0 - 5,0

Reagens Funktion	Anvendt til	Formål	Årligt forbrug i ton
PC-88A eller Ionquest 801 * SX ekstraktionsmiddel	REE SX	Til udvinding af REE-arter fra procesvæsker i raffinaderikredsløbet og derved fjerne urenheder og muliggøre produktion af rene REE-produkter.	70 - 175
Shellsol D70 * SX fortynder	REE SX	Til at frembringe den organiske fase, der er nødvendig for ekstraktionsmidlet, og derved sikre effektiv fjernelse af REE fra væskefasen.	160 - 500
Uranium IX CleanTeQ R603B	Fjernelse af urenheder	Til fjernelse af urenheder i uran fra REE-processen i væskestrømmen i raffinaderikredsløbet.	0,1 - 1,0
Accepta 2827/2302 biocid til kølevand	Behandling af kølevand	Til forhindring af vækst og ophobning af mikrobiologiske organismer i kølevandssystemet for derved at sikre optimal ydelse af kølesystemerne på procesanlægget.	140 - 500
Accepta 2319 hæmmer til kølevand	Behandling af kølevand	Til forhindring af dannelse af rust i udstyr i forbindelse med kølevandssystemet for derved at sikre optimal ydeevne i kølesystemerne på procesanlægget.	5 - 30

3.12 Arbejdskraft og ydelser

Projektet vil bestræbe sig på at maksimere beskæftigelsen af grønlandere. Kandidater med relevante kvalifikationer vil blive tilbudt ansættelse, og andre potentielle medarbejdere vil modtage tilbud om uddannelse med henblik på ansættelse i ledige stillinger.

Det forventes, at projektet vil beskæftige henholdsvis over 1.100 og 700 personer under projektets anlægs- og driftsfaser.

Det forventes ikke, at den eksisterende grønlandske arbejdsstyrke i begyndelsen kan dække behovet for arbejdskraft i hver af disse faser. En del af medarbejderne skal derfor hentes uden for Grønland. GML bekræfter sin forpligtelse til, at der gives fortrinsret til en kvalificeret medarbejder fra Grønland frem for en udenlandsk arbejder. Yderligere detaljer om arbejdskraft og ydelser omtales i projektets VSB (vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed).

3.13 Projektets fodaftryk

Projektets fodaftryk er angivet i Tabel 9.

Tabel 9 Projektets fodaftryk

Element	Område (ha)
Mine	115
Depot til gråbjerg (WRS)	130
Anlæg til deponering af tailings (TSF)	310
Anlæg	15
Havn	15
Andet (landsby, kontorer osv.)	30
Veje og infrastruktur	16
I alt	631

3.14 Afvikling, nedlukning og genetablering

Målet med nedlukning og genetablering er at genoprette mineområdet og de påvirkede områder som levedygtige og i praktisk muligt omfang selvbærende økosystemer, der er forenelige med et sundt miljø og med menneskers aktiviteter og er i overensstemmelse med de økosystemtjenester, der forekom før projektets start.

Følgende vigtige principper vil blive fulgt med henblik på opnåelse heraf:

Fysisk stabilitet

Alle tilbageværende projektkomponenter vil efter nedlukningen være fysisk stabile over for mennesker og dyreliv.

Kemisk stabilitet

Enhver projektkomponent (inklusive tilhørende affald), der måtte være tilbage efter nedlukningen, vil være kemisk stabil og vil ikke forurene eller kontaminere. Enhver deponering, der måtte være tilbage på overfladen eller i søer, vil ikke frigive stoffer i en koncentration, der vil skade miljøet væsentligt.

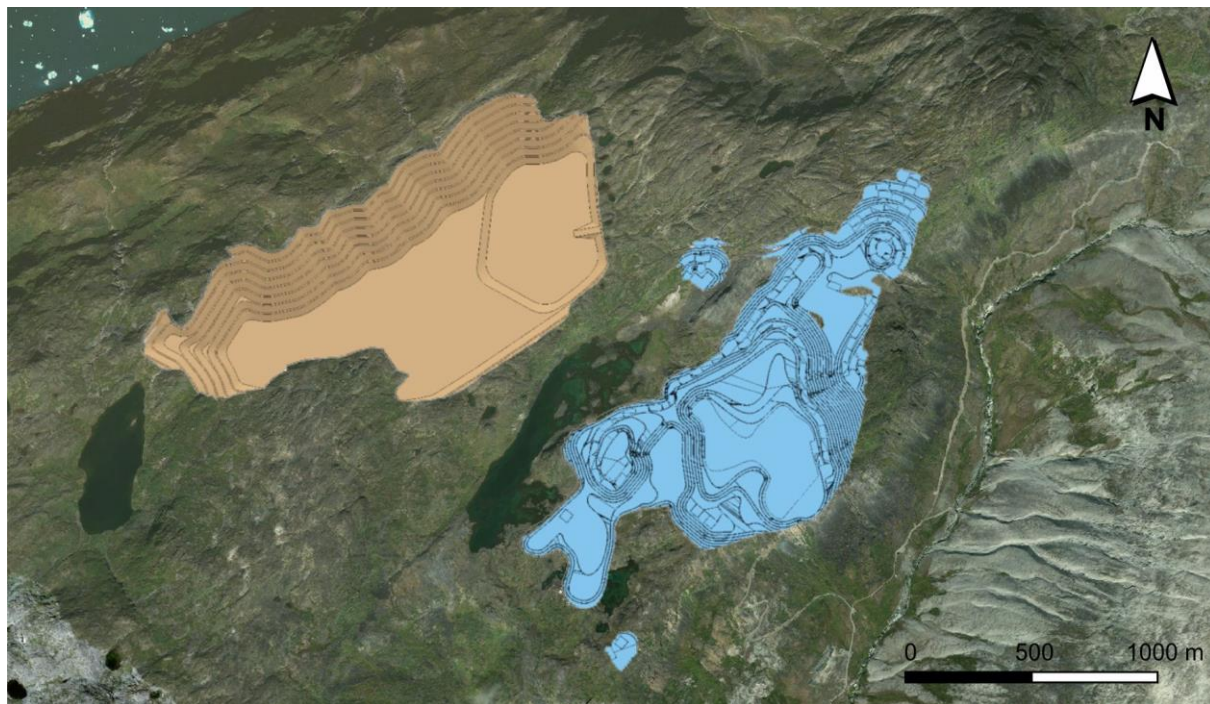
Minimeret radiologisk påvirkning

Langsigtet strålingseksponering af offentligheden på grund af radiologisk forurening af mineområdet vil blive holdt "så lavt som rimeligt muligt" (ALARA).

Minimal væsentlig ændring af de oprindelige landskabsformer

Landskaber og arealanvendelse vil blive bragt tilbage til en visuel herlighedsværdi og geografi, der svarer til de oprindelige forhold, hvor det er gennemførligt.

Landskabsformen efter nedlukningen er vist på Figur 26, og den konceptuelle plan for nedlukning og afvikling er vedlagt i Bilag B. En detaljeret plan for nedlukning og afvikling vil blive udfærdiget under næste fase af tilladelsesprocessen.



Figur 26 Landskabsform efter nedlukning

4. Lovmæssige rammer

4.1 Indledning

Grønland er en del af Kongeriget Danmark. Der blev indført selvstyre på Grønland i 1979 efterfulgt i 2009 af en ny lov om Grønlands Selvstyre, hvori det formelt fastsættes, at Grønland kan overtage forvaltningen af de naturlige ressourcer, herunder forvaltningen af de miljømæssige udfordringer i forbindelse med mineprojekter.

Miljøstyrelsen for råstofområdet (EAMRA) er den administrative myndighed i Grønland, der varetager miljøspørgsmål vedrørende aktiviteter i forbindelse med mineralressourcerne, herunder beskyttelse af miljø og natur, miljøansvar og vurderinger af virkninger på miljøet.

Råstofstyrelsen (MLSA) er den administrative myndighed, der er ansvarlig for forvaltningen af minelicenser. Den er samtidig den myndighed, der har ansvar for sikkerhedsspørgsmål, herunder tilsyn og inspektioner.

Ud over kravene til udarbejdelsen af vurderingen af virkninger på miljøetne (VVM) vil projektet ligeledes overholde al øvrig relevant grønlandsk og dansk lovgivning inklusive konventioner, som Grønland har undertegnet.

4.2 Lovgivning angående Grønland

Efter Grønlands overtagelse af ansvaret for regulering og forvaltning af mineralsektoren trådte Loven om de grønlandske råstofressourcer (råstofloven) i kraft den 1. januar 2010 (landstingslov nr. 7. af 7. december 2009). Der er efterfølgende foretaget en række ændringer af lovgivningen, den seneste sidst i 2019 med virkning fra 1. januar 2020.

Loven om de grønlandske råstofressourcer (råstofloven) er rygraden i lovgivningen inden for mineralområdet. Den regulerer alle spørgsmål vedrørende mineralske ressourcer, herunder miljøforhold (som f.eks. forurening) og naturbeskyttelse.

To myndigheder har ansvaret for forvaltningen af mineralressourcer:

- Råstofstyrelsen under Departementet for Råstoffer
- Miljøstyrelsen for Råstofområdet under Departementet for Forskning og Miljø.

I henhold til denne struktur er disse myndigheder ansvarlige for forvaltningen af licenser til minedrift samt for tekniske og geologiske anliggender.

De følgende love vedtaget af Grønlands Selvstyre er blandt anden lovgivning relevante for projektets udvikling:

- Inatsisartutlov nr. 7 af 7. december 2009 om mineralske råstoffer og aktiviteter af betydning herfor (med senere ændringer) – ”råstofloven”
- Inatsisartutlov nr. 4 af 4. juni 2012 om Greenland Oil Spill Response A/S (med senere ændringer)
- Inatsisartutlov nr. 33 af 9. december 2015 om ioniserende stråling og strålebeskyttelse
- Storskalaloven, Inatsisartutlov nr. 25 af 18. december 2012 om bygge- og anlægsarbejder i storskala (med senere ændringer).
- Bekendtgørelser om sundhed og sikkerhed:

Tabel 10 Bekendtgørelser om helbred og sundhed på arbejdspladsen med relevans for projektet og for sikkerhed

Bekendtgørelse	År
Bekendtgørelse nr. 32 af 23. januar 2006 om hvileperioder og fridøgn i Grønland	2006
Bekendtgørelse nr. 155 af 18. april 1972 om trykbeholdere mv. på landjorden	1972
Bekendtgørelse nr. 133 af 5. februar 2010 om asbest	2010
Bekendtgørelse nr. 302 af 26. marts 2015 om arbejde med udvinding og efterforskning med henblik på udvinding af mineralske materialer i Grønland	2015
Bekendtgørelse nr. 395 af 24. juni 1986 om arbejdets udførelse	1986
Bekendtgørelse nr. 396 af 25. juni 1986 om arbejde med stoffer og materialer (kemikalier)	1986
Bekendtgørelse nr. 399 af 24. juni 1986 om arbejdsstedets indretning	1986
Bekendtgørelse nr. 401 af 24. juni 1986 om anmeldelse af arbejdsskader	1986
Bekendtgørelse nr. 656 af 12. maj 2015 om anvendelse af tekniske hjælpemidler i Grønland	2015
Bekendtgørelse nr. 914 af 26. juni 2013 om obligatoriske arbejdsmiljøuddannelser i Grønland	2013
Bekendtgørelse nr. 1168 af 8. oktober 2007 om arbejdspladsvurdering i Grønland	2007
Bekendtgørelse nr. 1344 af 15. december 2005 om bygherrens pligter i Grønland	2005
Bekendtgørelse nr. 1346 af 15. december 2005 om sikkerheds- og sundhedsarbejde på virksomheder i Grønland som ændret ved bekendtgørelse nr. 364 af 6. april 2010	2005, 2010
Bekendtgørelse nr. 1347 af 15. december 2005 om unges arbejde i Grønland	2005
Bekendtgørelse nr. 1348 af 15. december 2005 om indretning af byggepladser og lignende arbejdssteder i Grønland	2005

Et forslag til bekendtgørelse fra det danske arbejdstilsyn om ioniserende stråling og arbejdsmiljø i Grønland er endnu ikke behandlet.

Følgende love vedtaget af Folketinget i Danmark er relevante for udviklingen af projektet:

- Lov om arbejdsmiljø i Grønland, jf. bekendtgørelse nr. 1048 af 26. oktober 2005
- Dansk lov nr. 621 af 8. juni 2016 om kontrol med den fredelige udnyttelse af nukleart materiale i Grønland
- Dansk lov for Grønland nr. 616 af 8. juni 2016 og bekendtgørelse nr. 67 af 22. januar 2018 om kontrol med eksport af produkter med dobbelt anvendelse.

Da råstofloven spiller en så vigtig rolle, beskrives den i næste afsnit.

4.2.1 Loven om de grønlandske råstofressourcer

Råstofloven fastsætter betingelserne for udførelse af mineaktiviteter i Grønland. Først skal en licenstagere ansøge om og tildeles en udnyttelsestilladelse til området i henhold til paragraf 16 i loven. Følgende dokumenter skal forelægges myndighederne i ansøgningen:

- Ansøgning med centrale oplysninger om det foreslåede mineprojekt
- Lønsomhedsundersøgelse, der kan danne grundlag for finansiering af projektet
- En undersøgelse af navigationssikkerhed
- Vurdering af virkninger på miljøet; og
- Vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed.

I overensstemmelse med retningslinjerne er målene for en miljøpåvirkningsvurdering:

- At vurdere og beskrive den omgivende natur og miljøet samt de mulige miljøpåvirkninger fra det foreslåede projekt
- At danne grundlag for overvejelserne i Naalakkersuisut vedrørende det foreslåede projekt
- At danne grundlag for den offentlige deltagelse i beslutningsprocessen
- At give myndighederne alle de oplysninger, der er nødvendige for at kunne vurdere betingelserne for tilladelser til og godkendelser af et foreslået projekt.

En vurdering af virkninger på miljøet skal tage hensyn til:

- § 52 - De bedste tilgængelige metoder skal anvendes, herunder mindre forurenende anlæg, maskiner, udstyr, processer og teknologier
- § 53 - Planlægning og udvælgelse af alle aktiviteter og anlægsarbejder skal foregå på en måde, der medfører mindst mulig forurening, forstyrrelse eller andre miljøpåvirkninger
- § 56 - Forringelse af eller negative indvirkninger på klimaet skal undgås
- § 60 - Forringelse af naturen og levestederne for arter i udpegede nationale og internationale naturbeskyttelsesområder skal undgås.

Licenstageren skal også ansøge om og modtage en godkendelse af en udnyttelsesplan for projektet (paragraf 19 i råstofloven) og en nedlukningsplan (paragraf 43 i råstofloven). Såfremt godkendelserne i henhold til paragraf 19 og 43 udstedes, skal specifikke anlægsarbejder, processer, køretøjer, enheder osv. godkendes i detaljer i henhold til paragraf 86 i råstofloven.

GML forelagde et udkast til VVM-dokumentet (vurderingen af virkningen på miljøet) for Grønlands regering i november 2015. De kommentarer, der blev modtaget gennem lang tids drøftelser med myndigheder inden for Grønlands regering og med rådgivere, og kommentarer angående efterfølgende udkast til VVM, er indarbejdet i dette reviderede dokument, som udgør selskabets VVM for projektet.

4.2.2 Nationale retningslinjer

Tabel 11 fremlægger de nationale grønlandske retningslinjer for vurderingen af projektets miljømæssige påvirkning.

Tabel 11 Naalakkersuisuts retningslinjer for Vurderinger af Virkninger på Miljøet

Retningslinjer	År
Retningslinjer for udarbejdelse af VVM-redegørelse (Vurderinger af Virkning på Miljøet) for mineraludnyttelse i Grønland	2015

4.3 Internationale forpligtelser

Grønland har ratificeret en række internationale konventioner om natur og biodiversitet, enten som direkte medlem eller gennem rigsfællesskabet med Danmark og Færøerne. Af særlig relevans for projektet fremhæves følgende:

- Konventionen om biologisk mangfoldighed (CBD) - angående bevarelse af biologisk mangfoldighed, bæredygtig anvendelse af dens bestanddele og retfærdig fordeling af fordele i forbindelse med genetiske ressourcer. CBD angiver retningslinjerne for nationale strategier og politikker og for implementering af temaer som bæredygtig brug og forsigtighedsprincipper. Dens anvendelse i forbindelse med projektet finder sted gennem implementering af nationale love og forskrifter, især råstofloven
- Ramsar-konventionen - om beskyttelse af vådområder af international betydning
- Den internationale union for bevarelse af naturen (IUCN) - en international organisation med fokus på bevarelse af naturressourcer. IUCN offentliggør en "rød liste" med oplysninger fra et netværk af bevaringsorganisationer for at identificere truede arter verden over. Den seneste "rødliste" for Grønland blev udarbejdet i 2018 [10]
- UNESCO's Verdensarvskonvention - et globalt instrument til beskyttelse af kultur- og naturarv. I 2004 blev Ilulissat Isfjord optaget på UNESCO's Verdensarvsliste [105]. I juli 2017 blev Kujataa, en samling af fem steder inden for Kujalleq Kommune, optaget på listen over verdensarvssteder.

Da uran indeholdes i et af projektets produkter (uranoxid), er følgende internationale retningslinjer og standarder også relevante:

Tabel 12 Internationale uranrelaterede konventioner og traktater

Internationalt organ	Konventioner og traktater
De Forenede Nationer	FN's Sikkerhedsrådsresolution 1540 (2004) om ikke-spredning af våben
	Konvention om nuklear terrorisme
	Traktat om ikke-spredning af kernevåben (NPT)
	FN's anbefalinger for transport af farligt gods
Den Internationale Arbejdsorganisation (ILO)	Konvention nr. 115 om beskyttelse af arbejdere mod ioniserende stråling (1960)
Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA)	Konvention om bistand i tilfælde af kernekraftuheld eller strålingsrelateret nødsituation
	Konvention om nuklear sikkerhed
	Konvention om fysisk beskyttelse af nukleare materialer (inklusive senere ændringer)
	Den fælles konvention om sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald
	IAEA's sikkerhedsstandarder vedrørende minebrydning og knusning inklusive strålingsbeskyttelse på arbejdspladser, generel sikkerhedsvejledning nr. GSG-7, Wien 2018 [35]
	Etablering af uranminedrift og uranforarbejdning i forbindelse med bæredygtig udvikling, IAEA Nuclear Energy Series (publikationsserie) nr. NF-T-1.1 [37]
	Bedste praksis for miljøforvaltning ved uranminedrift. IAEA, 2009 [36]
Organisationen for Økonomisk Samarbejde og Udvikling (OECD)	Direktiv fra Nuclear Energy Agency (NEA) om håndtering af miljømæssige og sundhedsmæssige påvirkninger fra udvinding af uran (2014) [50]

4.4 Transportbestemmelser

Søfartsbestemmelserne i Grønland er omfattet af de tilsvarende danske regler, der er suppleret med særlige regler for navigation i arktiske regioner. Derudover er regler og koder, der administreres af Den internationale søfartsorganisation (IMO), sammen med af Danmark vedtagne internationale konventioner også gældende for Grønland.

En række internationale søfartskonventioner og standarder fokuserer på miljøspørgsmål. De omfatter:

- MARPOL-konventionen og bilagene (1973/78 International konvention om forebyggelse af forurening fra skibe) [42]
- BWM konventionen (2004 - International konvention for kontrol og styring af ballastvand og sedimenter på skibe) [43]
- OPRC-konventionen (1990 - International konvention om beredskab, bekæmpelse og samarbejde ved olieforurening) [44]
- IMO (International Maritime Organisation) forordning om svovlindhold i skibsbrændstof, 2020
- IMO (International Maritime Organisation) international kode for skibe i polare farvande (Polarkoden, 2014)
- International Maritime Dangerous Goods Code (Forskrifter om transport af farligt gods), 2018.

Som følge af de særlige navigationsbetingelser i de grønlandske farvande er der af Søfartsstyrelsen i Danmark udgivet en 'sikkerhedspakke', der specifikt vedrører grønlandske emner. Sikkerhedspakken indeholder følgende bekendtgørelser og anbefalinger med relevans for projektet:

- Søfartsstyrelsens Bek. nr. 417 af 28. maj 2009 [14]
"Bekendtgørelse for Grønland om skibes sikre sejlads m.v."
- IMO (International Maritime Organization, FN's internationale søfartsorganisation) henstilling A.1024 (26) [41]
"Retningslinjer for skibe, der opererer i polare farvande".

Råstofstyrelsen og Søfartsstyrelsen i Danmark har indgået en aftale om "Retningslinjerne for undersøgelse af problemer med navigationssikkerheden i forbindelse med projekter for mineraludnyttelse i Grønland som grundlag for navigation under driftsfasen". Retningslinjen angiver indholdet af den undersøgelse af navigationssikkerheden, der skal udføres, før aktiviteterne med udvinding påbegyndes.

Blue Water Shipping har gennemført en undersøgelse af navigationssikkerheden med hensyn til lastkravene for projektet [104]. Denne undersøgelse er af Søfartsstyrelsen i oktober 2017 blevet gennemgået og godkendt til brug og vil være tilgængelig som en del af den offentlige høringsproces for projektet.

4.5 Internationale sikkerhedsforpligtelser

Den i projektet producerede uranoxid vil blive solgt til elektricitetsværker til brug som brændsel i atomkraftværker. Alt salg af uranoxid vil blive underlagt lovgivning om eksportkontrol og nuklear beskyttelse vedtaget af Grønland og Danmark i 2016:

- "Tunisassianik marloqiusamik atornegartartunik avammut annissuinermik nakkutiginninneq pillugu Kalaallit Nunaannut inatsit"
- "Atomip nukinganik atorussiat sorsunnerunngitsumut atornissaannik nakkutilliineq pillugu Kalaallit Nunaannut inatsit"
- "Lov for Grønland om kontrol med eksport af produkter med dobbelt anvendelse (Nr. 616 2016)"

- "Lov for Grønland om kontrol med den fredelige udnyttelse af nukleart materiale (Nr. 621 2016)".

5. Projektalternativer

For at komme frem til det mest passende design til projektet er der identificeret og vurderet en række alternativer til aspekter af projektets design. I henhold til råstoflovens §§ 51-54 har projektet forsøgt at anvende BAT (Best Available Technology, bedste tilgængelige teknik) og BEP (Best Environmental Practice, bedste miljøpraksis), hvor dette er teknisk, praktisk og økonomisk muligt. Nedenfor vises en oversigt over de vigtigste alternativer, der blev taget i betragtning.

5.1 Undladelse af udvikling af projektet

At undlade at udføre projektet er et alternativ i et økonomisk miljø med faldende råvarepriser og stigende forarbejdningssomkostninger. Hvis projektet ikke kommer i gang, vil der ikke opstå nogen projektrelaterede sociale, miljømæssige eller økonomiske påvirkninger, gavnlige eller ugunstige.

Projektet har potentiale til at skabe betydelige samfundsmæssige og økonomiske fordele for Grønland og specielt for Narsaq-regionen på kort og længere sigt, herunder:

- Over 1.100 direkte anlægsarbejdspladser
- Mere end 700 direkte driftsarbejdspladser
- Kapitaludgifter på ca. 1,2 mia. USD til anlæggelse af projektet
- Årlige driftsudgifter på ca. 260 mio. USD hen over projektets levetid på 37 år
- Forretningsmuligheder for lokale og nationale leverandører med hensyn til levering af varer og tjenesteydelser under anlægs-, drifts- og nedlukningsfaserne
- Muligheder for uddannelse og oplæring
- Indtægter til Grønland i form af royalties fra produktionen samt person- og selskabs- og udbytteskatter, som samlet vil overstige ca. 1,52 mia. kr. årligt (242mio. USD årligt) i nominelle priser.

5.2 Procesalternativer

Tre alternative scenarier for bearbejdning blev undersøgt i detaljer:

1. Kun koncentrator
2. Mekanisk (koncentrator) og kemisk bearbejdning (raffinaderi)
3. Separationsanlæg i Grønland.

Hver af disse muligheder omtales nedenfor.

5.2.1 Scenarie 1: Kun koncentrator

Scenariet 'kun koncentrator' involverer separation af mineraler udelukkende ved hjælp af fysiske separationsmetoder. Dette scenarie ville producere tre produkter:

1. Et mineralkoncentrat med indhold af REE og uran
2. Et mineralkoncentrat med indhold af zink
3. Et kemisk udfældningsprodukt, flusspat.

Dette scenarie ville producere den enkleste form for REE-produkt, der så ville kræve yderligere bearbejdning uden for Grønland. Dette scenarie undgår de høje omkostninger ved anlæg og drift af et anlæg til kemisk bearbejdning i Grønland.

5.2.2 Scenarie 2: Mekanisk (koncentrator) og kemisk bearbejdning (raffinaderi)

Dette scenarie muliggør forarbejdning af mineralkoncentrater med indhold af REE og uran for at udvikle merværdiprodukter i Grønland. Behandling af mineralkoncentratet vil producere følgende produkter:

- Lanthanoxid
- Blanding af lanthanoxid og ceriumoxid
- Ceriumhydroxid
- Blandet REE-oxid
- Uranoxid
- Et mineralkoncentrat med indhold af zink
- Et kemisk udfældningsprodukt, flussspat.

Scenariet er i tråd med Grønlands Selvstyres prioritet om at sikre, at så stor en del af råstofforarbejdningen som muligt finder sted i Grønland. GLM har derfor valgt dette som det foretrukne scenarie. Visse REE-produkter vil kræve yderligere bearbejdning uden for Grønland under dette udviklingsscenarie.

5.2.3 Scenarie 3: Separationsanlæg i Grønland

Dette scenarie kræver bygning af et anlæg til separation af REE i Grønland til produktion af 15 separerede REE-oxider. Den metallurgiske bearbejdning af REE er en af de mest komplicerede processer i mine- og kemiindustrien. Dette scenarie blev betragtet ud fra to perspektiver: Udviklingen af et separationsanlæg i Grønland og muligheden for at drive et sådant anlæg internt.

Dette kræver:

1. Patentbeskyttet udvindingsteknologi. Teknologien kan ikke købes eller fås i licens, fordi den er en vigtig kommerciel fordel for de nuværende ejere af teknologien.
2. Betydelige yderligere anlægsinvesteringer i faciliteter til separation af REE. Dette forøger behovet for kapitaludbytte til finansiering af projektet.
3. Ekspertise og erfaring med drift af separationsanlæg. Disse kvalifikationer findes ikke i Grønland og er sjældne i resten af verden.
4. Vedligeholdelsesydelse og materialeleverancer, der på nuværende tidspunkt ikke findes i Grønland.

Andre problemstillinger omfatter den kendsgerning, at udvikling af en proces til separation af REE involverer betydelig teknisk risiko; den lange afstand fra kunder og markeder betyder endvidere, at transportudgifterne øges betydeligt.

Af disse årsager har GML konkluderet, at udvikling af egen teknologi til separation af REE ikke er praktisk gennemførlig. Det er dog vigtigt at bemærke, at en beslutning om ikke at gå videre med planer om et separationsanlæg i Grønland ved projektets start ikke betyder, at det ikke kan tages i betragtning senere i projektets forløb.

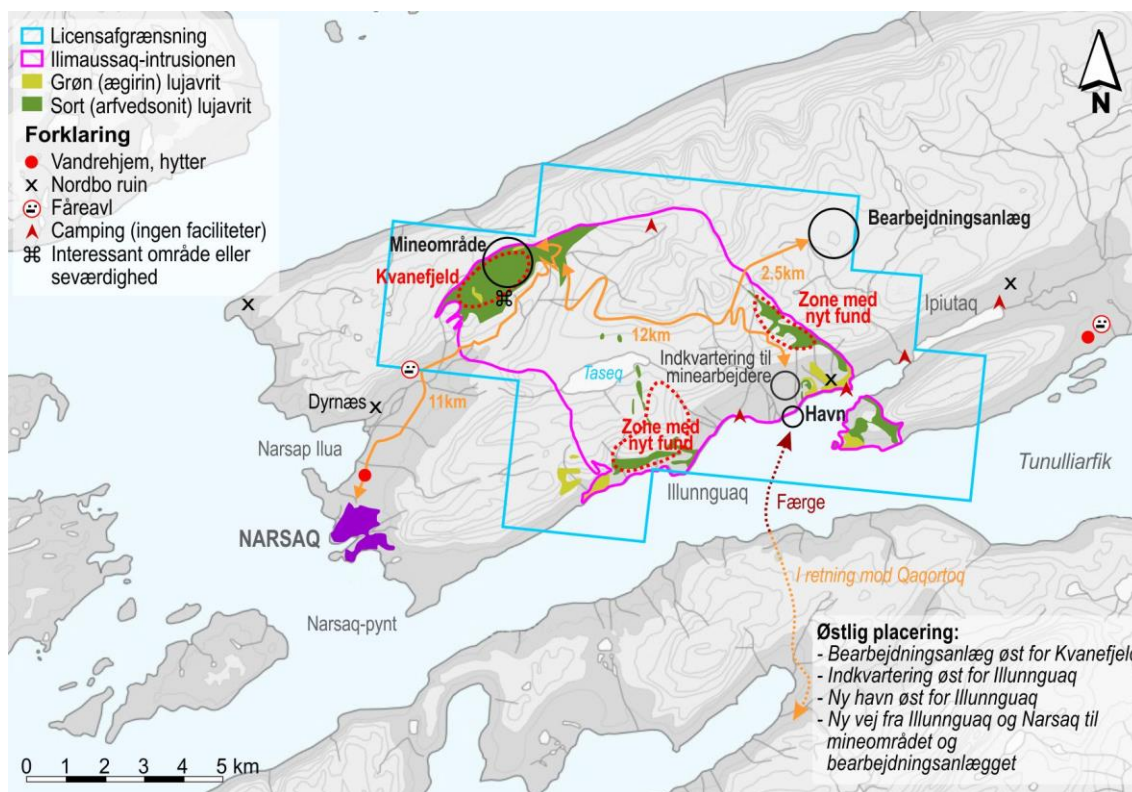
5.3 Alternative placeringer af anlægget

Der er overvejet to mulige placeringer af koncentratoren og raffinaderiet samt havnen og indkvarteringsfaciliteterne:

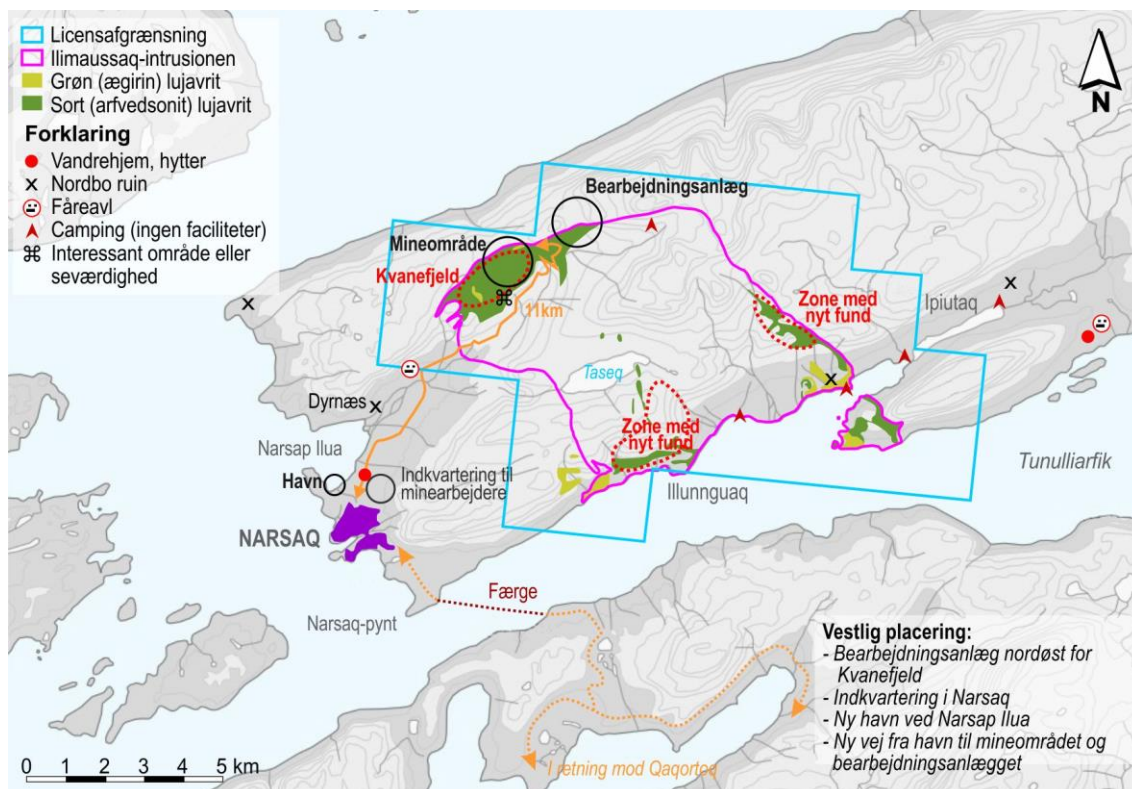
1. Østlig placering - Bearbejdingsanlægget og indkvarteringsfaciliteterne placeres ved Ipiutaq, og havnen placeres ved Illunnguaq over for Nunarsanaq 15-20 km nordøst for Narsaq. Malmen transporteres med lastvogne gennem en tunnel fra minen ved Kvanefjeld. Scenariet kræver, at gråbjerg og tailings deponeres i nærheden af Ipiutaq-området (se Figur 27).

2. Vestlig placering - Alle mineanlæg placeres i Narsaq-dalen og nærmeste omegn, og havnen placeres ved Narsap Ilua (se Figur 28).

De foreslåede placeringer er beskrevet i VSB-dokumentet (vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed) sammen med detaljer vedrørende den offentlige høringsproces, der blev foretaget. Denne resulterede i, at den vestlige placering af projektet blev valgt som det foretrukne alternativ.



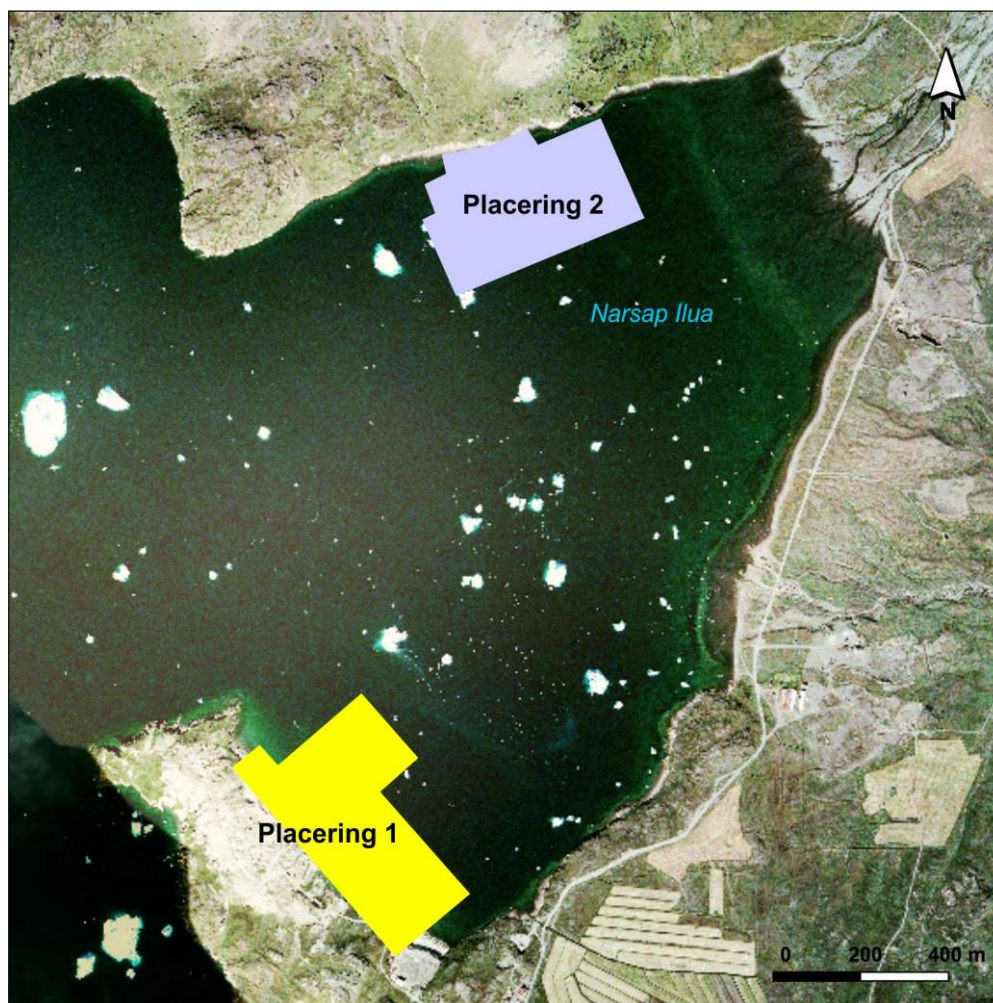
Figur 27 Østlig placering



Figur 28 Vestlig placering

5.4 Mulige placeringer af havnen

Der overvejes to mulige placeringer af havnen inden for Narsap Ilua. De to placeringer vises i Figur 29.



Figur 29 Alternative placeringer af havn

Placering 1 (på Tunu-halvøen) har gode adgangsforhold for skibe og kræver minimal udgravning. Placering 2 ville have været tættere på projektområdet. Placering 2 blev afvist på grund af dens nærhed til en ruin af en nordbo-gård (Dyrnæs) og behovet for store sprængninger for at skabe plads til containerstabling og oplagring af bulkgoods.

5.5 Indkvartering

Der blev overvejet flere muligheder for indkvarteringen af medarbejdere under projektets driftsfase. Valget af en overvejende FIFO-arbejdsstyrke betyder, at der uanset valg af indkvarteringsmulighed kunne forventes betydelige og regelmæssige udskiftninger af beboere i takt med, at medarbejderne rejser for at afslutte eller påbegynde en vagtplan.

De to primære indkvarteringsmuligheder, der blev overvejet, var følgende:

- Integration af nye boliger til grønlandske og udenlandske medarbejdere i Narsaq by, og
- Bygning af en medarbejder-landsby med sikkerhedskontrol i den nordvestlige udkant af Narsaq.

Strategien for indkvartering skal afbalancere fordelene for Narsaq ved revitalisering af byfaciliteter og huse med den langsigtede udgift til vedligeholdelse af nyopførte faciliteter. Strategien skal også

afbalancere de sociale forandringer, der følger med at integrere et stort antal udenlandske medarbejdere i en lille by, med den mindre indtægt, byen kan forvente ved at have en lukket indkvartering. VSB-dokumentet indeholder yderligere detaljer om dette emne [69]. Med disse overvejelser for øje blev bygningen af en medarbejder-landsby med sikkerhedskontrol ved den nordvestlige grænse af Narsaq anset som den løsning, der giver den bedste balance for Narsaq og arbejdsstyrken. Landsbyen bliver placeret på et tomt område. Anlæggelse af en forbindelsesvej fra landsbyen til vejen mellem havnen og minen vil minimere indvirkningen på trafik i Narsaq by.

5.6 Alternativer for håndtering af tailings

Tailings udledes normalt fra et forarbejdningsanlæg i form af en opslæmning og transporteres fra procesanlægget til et endeligt opbevaringsområde, der almindeligvis betegnes som et deponeringsanlæg til tailings [1] [72].

Valget af BAT til håndtering af tailings afhænger af de tekniske egenskaber i affaldsanlægget, dets geografiske placering og de lokale miljøforhold [37] [80] [99]. Referencedokumentet for bedste tilgængelige teknik for håndtering af affald i udvindingsektoren (The Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries) [100] foreskriver ikke nogen teknik eller specifik teknologi til håndtering af affald, men kræver, at BAT defineres på baggrund af betingelserne nævnt ovenfor. Direktiv 2008/1/EF af 17. januar 2008 [106] om integreret forebyggelse og bekæmpelse af forurening indeholder følgende definition af BAT:

"Bedste tilgængelige teknikker" betyder det mest effektive og avancerede trin i udviklingen af aktiviteter og deres driftsmetoder, der angiver den praktiske egnethed af specifikke teknikker til i princippet at give grundlag for emissionsgrænseværdier designet til at forhindre og, hvor det ikke er praktisk muligt, generelt at reducere emissioner og påvirkningen på miljøet som helhed:

- a) *"teknikker" skal omfatte både den anvendte teknologi og den måde, hvorpå installationen designs, bygges, vedligeholdes, betjenes og nedlægges*
- b) *"tilgængelige teknikker" betyder teknikker, der er udviklet på en skala, der muliggør implementering i den relevante industrisektor under økonomisk og teknisk gennemførlige forhold med hensyntagen til omkostninger og fordele, uanset om teknikkerne anvendes eller produceres i den pågældende medlemsstat eller ej, så længe de er rimeligt tilgængelige for operatøren*
- c) *"bedste" betyder mest effektiv i opnåelsen af et generelt højt niveau i beskyttelse af miljøet som helhed."*

I henhold til OSPAR-konventionen [98] defineres Best Environmental Practice, BEP (Bedste miljøpraksis) som "anvendelsen af den mest passende kombination af miljøkontrolforanstaltninger og -strategier". Det bemærkes endvidere, at BEP for en bestemt ressource vil ændre sig med tiden i lyset af teknologiske fremskridt, økonomiske og sociale faktorer samt ændringer i videnskabelig viden og indsigt.

Der findes en række gennemprøvede tilgange og nye teknologier til håndtering af bortskaffelse af tailings [2]. Faktorer, der påvirker udvælgelsen af deponeringsmetoden og placeringen, omfatter:

- malmtyper og geokemi
- mængden af det producerede mineaffald
- den metallurgiske proces, som mineaffaldet stammer fra
- procesvandets kvalitet
- de reagenser, der anvendes i den metallurgiske proces, og
- det fysiske og sociale miljø, hvori deponeringsanlægget til tailings er placeret.

Der findes forskellige udforminger og driftsfilosofier til håndtering af tailings; langt størstedelen af tailings deponeres dog i landbaserede anlæg til mineaffald. De mest almindelige metoder omfatter [100]:

- Deponering af opslæmmet affald i damme eller lignende med eller uden dæmninger
- Deponering af fortykket mineaffald eller pasta i affaldsanlæg på landoverfladen
- Tør opstabling af våde eller tørre filterkager af mineaffald i affaldsanlæg
- Deponering af tørt mineaffald i bunker eller op ad en bjergside.

Den valgte tilgang til håndtering og deponering af tailings skal forholdes til 3 vigtige og indbyrdes tæt forbundne spørgsmål:

- Hvor skal det langsigtede deponeringsanlæg placeres?
Her overvejes stedspecifikke faktorer, herunder nærhed til bosættelser og huse, hydrologi, topografi, klima, geokemi og arealanvendelse
- I hvilken form vil tailings blive anbragt i anlægget til deponering af tailings, og hvordan vil de være dækket under projektets driftsfase?
Her findes en række muligheder fra slam til filterkage, med enten tørt eller vådt dække
- Hvordan håndteres deponeringsanlægget efter minedriftens ophør?
Her er der et valg mellem et tørt eller vådt permanent dække på deponeringsanlægget.

5.6.1 Evaluerings af muligheder

Evalueringen af mulighederne for placering, bortskaffelsesmetode og nedlukning af TSF blev udført i de trin, der er opsummeret nedenfor.

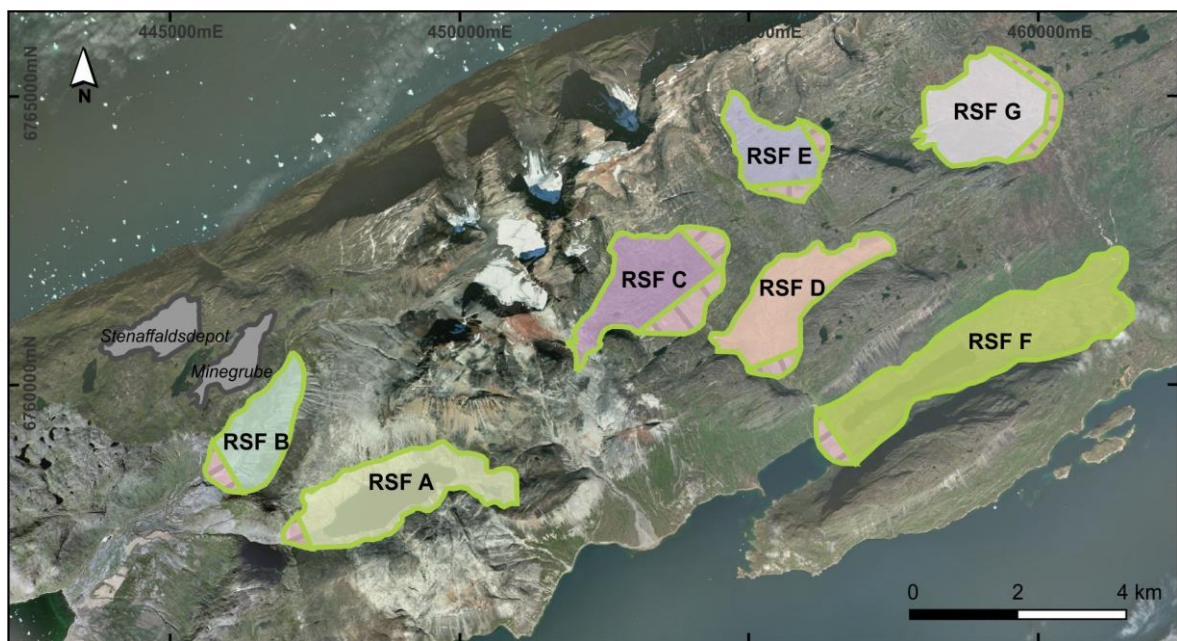
På grundlag af en topografisk analyse blev syv steder identificeret som potentielle placeringer for projektets tailings-deponeringsanlæg (TSF). Vurderingen var ikke begrænset til steder inden for virksomhedens nuværende licensgrænser [1] [2]. Nedenfor beskrives de syv placeringer, der blev identificeret ved den teoretiske vurdering:

- A. Området ved Taseq-bassinet
- B. Syd for den åbne grube, nordøst for byen Narsaq
- C. Central placering i dalen, øst for Nakkaalaaq fjeldet
- D. Naturligt bassin, øst for Nakkaalaaq-fjeldet
- E. Placering i dalen, vest for Naajarsuit-fjeldet
- F. Sarfannguit-fjorden, nordvest for Ipiutaq
- G. Placering i dalen, øst for Nakkaalaaq-fjeldet

Disse alternativer vises på de to billeder nedenfor.



Figur 30 3D-visning af alternativer for deponering af tailings



Figur 31 Alternativer for opbevaringsanlæg til tailings

Placering af tailings i den udvundne åbne minegrube blev betragtet som en mulighed for vurdering. Men da denne ene åbne grube er aktiv under driftens varighed, blev det ikke betragtet som praktisk at bortskaffe tailings i det samme område som en aktiv mine [83]. Derudover følger betydelige miljømæssige risici og omkostninger med mulig udsivning, frigivelse af salte og indvirkning på minevæggens stabilitet, hvis tailings sendes tilbage til den åbne grube ved afslutningen af minens levetid.

Der blev også vurderet et yderligere alternativ til samdeponering af gråbjerg og tailings. Ved denne tilgang opbevares afvandede tailings sammen med affaldssten efter fysisk sammenblanding af op til 10 % tailings pr. enhed affaldssten og placering af det resterende produkt i et "hulrum" dannet i WRS. Hulrummet vil derefter blive trinvis tildækket af sten. Som følge af de potentielle miljøpåvirkninger fra støv og frigivelse af radon/thoron fra udtørrede tailings, plus kravet om yderligere

materialehåndtering på produktionsanlægget og transport til WRS, blev samdeponering anset for uegnet til projektet.

Den relative egnethed af hver af de syv placeringer blev rangordnet under henvisning til potentielle miljømæssige, sociale og tekniske risici. Sammenligninger af omkostninger for de forskellige muligheder blev ikke foretaget som en del af denne rangordning, men økonomiske og tekniske overvejelser angående praktisk udførelse fik indflydelse på det endelige valg.

For at lette udviklingen af en metode til klassificering af de syv placeringer blev der udpeget en række kriterier (miljømæssige, sociale og tekniske).

Disse faktorer blev betragtet i rangordningen:

- Afvandingsområde / vandforsyning
- Areal mål
- Vegetation
- Indvirkning på bosættelser / arealanvendelse
- Visuel æstetik
- Lokal økologi og rekreation
- Geoteknik / geologi
- Teknisk gennemførlighed i praksis.

Resultaterne fra pointafgivningen afspejler sandsynligheden for, at projektet har en påvirkning målt på de enkelte faktorer. De omkostninger, der er nødvendige for at afbøde problemer, afspejles også i pointafgivelsen.

Der gives 1 point for mindre betydelige potentielle påvirkninger, mens 2 eller 3 point bruges til at fremhæve forskelle mellem en minimal effekt og mere negative virkninger.

3 point for et kriterie peger på en potentielt uacceptabel påvirkning fra anvendelsen af den pågældende placering til TSF-anlægget.

1. Afvandingsområde

Potentielle konsekvenser for vandområderne blev vurderet ud fra stedets geologi, indvindingssteder for vandforsyning og kilder til overfladevand.

- | | |
|---------|---|
| 1 point | Ingen indvirkning på vandforsyningen eller overfladevandkilder. Området befinder sig nedstrøms for vandkilden |
| 2 point | Mulig indvirkning på vandforsyningen eller overfladevandkilder |
| 3 point | Indvirkning på vandforsyningen. |

2. Areal mål

Omfanget af forstyrrelse på landjorden blev betragtet i lyset af det umiddelbare fodaftryk, der kræves for hvert anlæg og dets tilhørende støtte-infrastruktur, herunder rørledninger og veje, der kræves for at forbinde TSF-anlægget med mineanlægget (klassificeret fra mindst til størst).

- | | |
|---------|---------------------------|
| 1 point | Relativt lille fodaftryk |
| 2 point | Mellemstort |
| 3 point | Relativt stort fodaftryk. |

3. *Biodiversitet*

Påvirkningen på biodiversiteten blev vurderet ud fra tilstedeværelsen af vegetation og den iboende værdi af levesteder for vegetation og fauna.

- 1 point Området er gold klippe eller har ingen særlig værdi som levested
- 2 point Vegetationen er tydelig, men almindelig, og værdien som habitat er lav
- 3 point Vegetationen er tydelig, er potentielt sjælden eller har kommerciel værdi, og værdien som habitat er høj.

4. *Påvirkning på bosættelser*

Påvirkningen blev vurderet ud fra nærheden til lokalbefolkning eller -samfund

- 1 point Relativt fjernt fra nogen menneskelig beboelse
- 2 point Placeret i 4-8 km afstand fra menneskelig beboelse
- 3 point Placeret tættere end 4 km fra menneskelig beboelse.

5. *Visuel æstetik*

Påvirkningen blev vurderet ud fra nærheden til lokalbefolkning eller -samfund

- 1 point Synlighed fra udsigtspunkter er usandsynlig
- 2 point Synlig fra mindst 1 udsigtspunkt
- 3 point Synlig fra en række mulige udsigtspunkter.

6. *Økosystemtjenester og rekreation*

Projektet kan muligvis skabe konsekvenser for de fordele, som folk har fra økosystemer (kaldet økosystemtjenester), ved at forstyrre det eksisterende økosystem som følge af projektets aktiviteter. Potentielle påvirkningstyper omfatter: Påvirkning af den rekreative brug af arealer, påvirkning af vandkilder og landformsstabilitet (f.eks. erosionsbeskyttelse) og påvirkning af kulturområder (f.eks. kulturarvssteder).

- 1 point Begrænset eller ingen påvirkning af økosystemtjenester
- 2 point Moderat påvirkning
- 3 point Væsentlig påvirkning fra landdrydning, støj, støv, adgangsbegrænsning mv.

7. *Geoteknik / geologi*

Graden af porøsitet i det geologiske substrat, som ligger under overfladen ved de mulige placeringer

- 1 point Underlag af ikke-porøs krystallinsk magmatisk bjergart med lav permeabilitet
- 2 point Underlag bestående af lag med forskellige niveauer af porøsitet
- 3 point Underlag af mellem- til grovkornet sandsten.

8. *Teknisk levedygtighed*

Den tekniske levedygtighed for et potentielt sted betragtes i lyset af den fysiske afstand mellem mine og procesanlæg, højdeforskellen mellem de to placeringer og den relative gennemførlighed af konstruktion af infrastrukturen for transportkorridoren mellem de to anlæg (der henvises hertil i de topografiske beskrivelser nedenfor). Jo mindre den praktiske tilgængelighed er, desto større er den forventede miljøpåvirkning fra udvikling og drift af infrastrukturen for transportkorridoren.

- 1 point Korte afstande, opbevaringsfaciliteter ved lignende eller lavere koter, ikke-skadelig påvirkning af topografien

- 2 point Mindst en af de tre faktorer, der er identificeret ovenfor, har en signifikant negativ påvirkning
- 3 point Længere afstande, opbevaringsfaciliteter ved højere koter eller behov for passage gennem en transportkorridor ved højere koter samt negativ påvirkning af topografien.

Vurdering af påvirkningen ud fra hvert af kriterierne er vist nedenfor.

Tabel 13 Vurdering af påvirkning for hvert kriterie for hver placering

Kriterie	Valgmulighed for placering af TSF (anlæg til deponering)						
	A	B	C	D	E	F	G
Afvandingsområde / vandforsyning	2	2	3	2	2	3	2
Fodafttryk	2	1	2	2	2	3	3
Biodiversitet	1	3	2	2	1	3	1
Påvirkning på bosættelser / arealanvendelse / ejerskab	2	3	2	1	1	3	1
Visuel æstetik	2	3	2	2	2	3	3
Lokal økologi og rekreation	2	3	2	2	2	2	3
Geoteknik / geologi*	1	2	2	2	2	2	3
Teknisk levedygtighed	1	1	3	2	3	3	3
Samlet antal point (score)	13	18	18	15	15	22	19

*Som anført i afsnit 10 planlægges yderligere hydrogeologisk boring i Taseq-bassinet. På grundlag af nuværende viden ansås den geologiske og geotekniske vurdering til at give en score på 1, men selvom dette skulle ændre sig til 2, vil placering A stadig være stedet med den laveste score.

Efter overvejelse af alle faktorer var den foretrukne placering A – Taseq-bassinet. Denne placering fik den laveste samlede score, og intet kriterie blev vurderet med en score på 3. Dermed undgås risikoen for, at en uacceptabel påvirkning er forbundet med placeringen.

Efter en kvalitativ vurdering af disse 8 kriterier stod Taseq-bassinet (benævnt som Taseq) frem som værende det foretrukne sted for TSF [1].

- Det er et uigennemtrængeligt bassin
- Der er ingen konkurrerende arealanvendelse
- Taseq-søen har lav biodiversitetsværdi
- Der er ingen direkte forbindelse til drikkevandsforsyninger
- Det befinder sig i en sikker pumpeafstand og højde fra bearbejdningsanlægget
- Det giver mulighed for tildækning med vand for at forhindre støvemissioner
- Det er placeret på intrusionen, og derfor udviser området allerede forhøjet radioaktivitet
- Det er ikke synligt fra skibstrafikken på fjorden
- Det kræver de laveste dæmningsvægge.

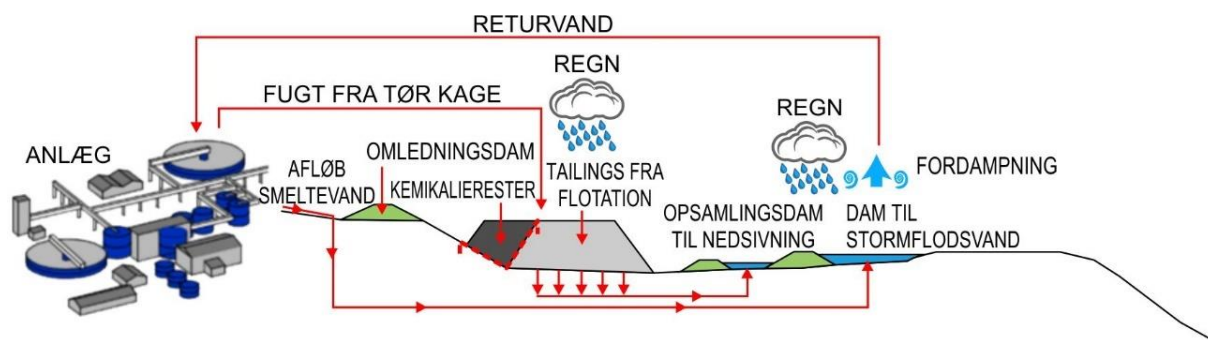
Efter valget af Taseq som den foretrukne placering for TSF-anlægget har der været overvejelser om tre slags tailings:

Tør	Deponering af filterkage
Våd	Fortykket tailingsmateriale / pasta
Våd	Konventionel deponering af tailings (slam)

Tør deponering af tailings - Filterkage

Et vist niveau af afvanding af Taseq-bassinet vil være påkrævet for alle de deponeringsmuligheder, der er blevet overvejet. Dog vil omfanget af afvandingen være størst for tør deponering.

For tør deponering afvandes de opslæmmede tailings, så der dannes en filterkage, der typisk indeholder 70 til 85 % faste stoffer efter vægt. Den fugtige filterkage bliver efterfølgende flyttet til et deponeringsanlæg, hvor den placeres i en bunke, der gør det muligt for tailings at falde nedad for at danne en naturlig skråning af materialet. Vinklen på skråningen vil variere i overensstemmelse med udjævningen af materialet, dets sammenhængskraft og fugtindholdet ved deponeringen.



Figur 32 Design for tør deponering af tailings

En dam til returvand er påkrævet nedstrøms for at opfange eventuel udsivning og stormvand. Projektet vil genanvende returvand i driften, og overskydende vand vil efter behandling blive udledt til Nordre Sermilik.

Tør deponering af tailings ville også kræve:

- Afledningsmekanismer, der forhindrer tailings i at blive udsat for overfladevand eller vand fra snesmeltning, samt
- En dæmningsvæg.

Ved denne deponeringsmetode kan en stak eller bunke filterkage ikke dækkes trinvist med jordfyld, uden at der forekommer sterilisering af en del af anlæggets kapacitet. Som følge heraf ville stakken eller bunken under projektets driftsfase være tilbøjelig til at udtørre og udlede støv, medmindre der udvikles og installeres alternative teknologier til begrænsning af støvudledning. Hvis der skabes støv, vil det kunne være en ekstra kilde til radioaktive emissioner. Af disse grunde blev tør opbevaring af tailings ikke betragtet som den mest passende teknologi i driftsfasen.

Våd deponering af tailings – Fortykket slam / pasta

Deponering af fortykket slam / pasta involverer afvanding af tailings-materialet til en specifik densitet, før der foretages deponering i et deponeringsanlæg. Den endelige massetæthed for tailings-materialet vil afhænge af driftsfaktorer (rheologi, pumpekapacitet, afstand til deponeringsfaciliteter).

Ved deponeringsanlægget udledes fortykkede tailings fra en række åbninger, der er anbragt enten over eller under tailings-overfladen. De fortykkede tailings opfører sig som en plastisk viskøs væske og strømmer enten som en serie indbyrdes forbundne strømme eller som et vandtæppe. Når materialets indre friktion overstiger de kræfter, der får det til at strømme, vil strømmen ophøre med at bevæge sig, og både grove og fine partikler udfælder sig og frigør indholdet af porevand.

Den resulterende tailings-overflade omfatter sædvanligvis over 95 % af de udledte faste stoffer og er relativt erosionsbestandig under normale forhold.

Den fremkomne supernatant vil almindeligvis blive behandlet og recirkuleret.

Deponering af fortykket tailings deponering betragtes generelt som en velegnet metode til tailings, der udviser en partikelstørrelse på mindst 15 % under 20 µm. Da denne profil ikke er i overensstemmelse med profilen for projektets tailingsstrøm, blev denne metode til deponering af tailings ikke anset for at være passende for projektet.

Våd deponering af tailings – Traditionel opslemning

Deponering af opslemmet tailings bruges i vid udstrækning inden for minedrift.

Opslæmmede tailings kan deponeres i et deponeringsanlæg enten under vand eller ved overfladen (subaerialt).

a) Subaerial deponering (over vand)

Slam pumpes via en rørledning fra kilden til deponeringsudløbet med spigot-rør, cyklon-rør eller åbne rør placeret over deponeringsområdet i deponeringsanlægget.

Tidlig adskillelse af porevand fra massen fremmes ved sekventielt at udlede tailings-materialet opstrøms i mindre lag på tailings-overfladen. Let skrånende overflader af afsat materiale dannes ved udløbene.

Udledningspunkterne flyttes jævnlige, og nyligt udledte lag tørres. Efter et passende tidsrum placeres et nyt lag tailings over det tørrede område.

Et anlæg til deponering af tailings med subaerial udledning kan ikke dækkes sekventielt med jordfyld uden at medføre sterilisering af en del af anlæggets kapacitet. Som en konsekvens heraf kan der, under driftsfasen for et projekt, og idet materialet tørrer, forekomme udtørring og støvudslib, og det kan udgøre en ekstra kilde til radioaktive emissioner.

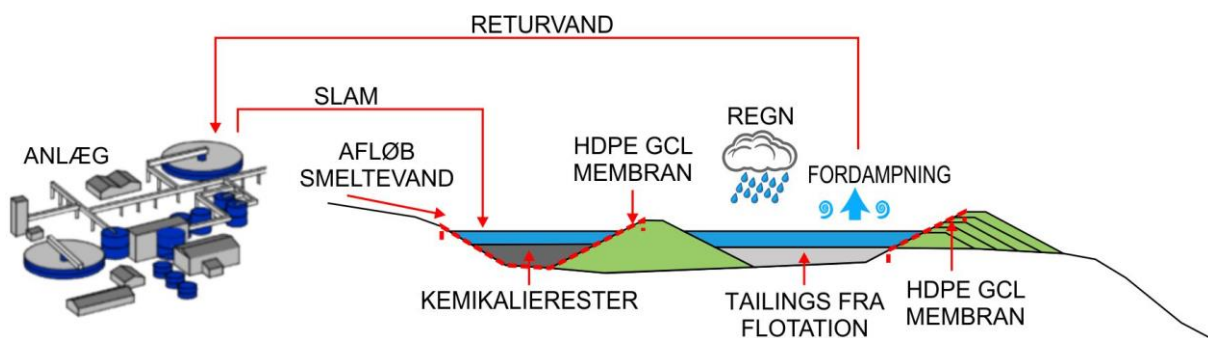
I lyset af potentialet for støv og den tilhørende risiko for radon anses subaerial deponering af tailings ikke som egnet i projektet.

b) Udledning af tailings under vand

Anlæg til deponering af tailings, der indeholder tailings med potentiale til syreproducerende tailings, dækkes typisk med vand for at forhindre oxidation. I projektets malmforekomst er der ikke sulfidmineralisering. Dog er projektets tailings radioaktive, og et vanddække danner en effektiv barriere mod dette niveau af radioaktivitet.

Opslæmningen pumpes via en rørledning fra kilden til deponering fra åben rørende på deponeringspunkter placeret under den vandoverflade, der dækker deponeringsanlægget. En flydende pram kan også udnyttes til at hjælpe med fordelingen af tailings-materialet.

Den sekventielle hydrauliske aflejring af tailings under vand tilskynder til naturlig adskillelse, hvori groft materiale bliver deponeret på en stejl overflade under vandet ved siden af deponeringspunktet, og det finere materiale transporteres videre ind i supernatant-dammen, hvor det, afhængigt af retentionstidspunktet, vil lægge sig og presses sammen.



Figur 33 Design for våd deponering af tailings

På grund af muligheden for høje kolloide niveauer i supernatant-vandet vil direkte udledning af overskydende supernatant til miljøet typisk ikke være mulig, og returvand vil blive genanvendt.

Sammendrag: Et naturligt vådt miljø (såsom Taseq-bassinet) begrænser den praktiske mulighed for at opbevare et tørt tailings-produkt under projektets drift. De fysiske egenskaber i projektets tailings udfordrer de praktiske aspekter forbundet med at producere tailings med den høje densitet, der kræves til en fortykket pasta [72]. Deponering af opslæmmede tailings er en standardteknik, der er almindeligt anvendt overalt i verden, og den passer til de fysiske egenskaber i tailings fra Kvanefjeld.

Mineaffald i en opslæmmet form kan deponeres enten under vand eller ved jordoverfladen (subaeralt). En vandtildækning, der opretholdes ved deponering under vand, vil dæmpe stråleeksponering, udtørring og støv under projektdrift og deponering under vand [2].

På dette grundlag er traditionel opslemning med deponering under vand valgt som den foretrukne form for tailingshåndtering.

Mens opbevaring af tailings under vand blev identificeret som den foretrukne mulighed for projektet, blev der af Wood plc (tidligere kendt som Amec Foster Wheeler) i januar 2018 udarbejdet en miljørisikovurdering (ERA) angående bortskaffelsesmuligheder i Taseq-bassinet [72] for at gennemgå denne beslutning.

ERA-rapporten forudsatte, at TSF-anlægget i Taseq-bassinet skal konstrueres, betjenes og vedligeholdes ved hjælp af BAT og BEP under hensyntagen til retningslinjer og anbefalinger fra IAEA, programmet Mine Environment Neutral Drainage (MEND), Canadas mineforbund og bedste internationale praksis, herunder retningslinjerne fra Europa-Kommissionen.

De to muligheder for deponering af tailings, der blev gennemgået i ERA-dokumentet, var: Tør stabling af filterkage og deponering under vand af konventionelle opslæmmede tailings.

For gennemgangen af den tørre deponering blev det antaget, at tailings-materialet vil blive filtreret på anlægget og kørt til og deponeret i et afvandet Taseq-bassin. Dertil blev det antaget, at der bliver anlagt en dam til returvand nedstrøms for anlægget til at opsamle udsivning og regnvand, og at overskydende vand vil blive genanvendt.

ERA-rapporten konkluderede:

”De miljømæssige risici forbundet med henholdsvis våd og tør deponering under driften er meget ens. Der blev identificeret 12 risikopunkter med den våde deponering, hvoraf fire er moderate risici, og ti risikopunkter med tør deponering, hvoraf fire risici ligeledes er moderate og resten lave”.

De 4 vigtige risici med tør deponering, der blev klassificeret som moderate, var:

- Et større skred på tailings-depotets sider
- Behov for udledning af ubehandlet vand til Nordre Sermilik
- Transport af kontaminerende partikler i form af støv ind i dalen fra TSF
- Udslip af returvand mellem TSF og vandrensningsanlægget under transporten.

Afhjælpende foranstaltninger for tør deponering af tailings blev anskuet i ERA-rapporten, men de vil ikke blive omtalt yderligere her, da tør deponering ikke er blevet valgt for projektet.

De 4 vigtige risici for våd deponering, der blev klassificeret som moderate, var:

- Totalt nedbrud af dæmningen
- Delvist nedbrud af dæmningen
- Udslip af returvand under transporten
- Behov for udledning af ubehandlet vand til Nordre Sermilik.

Disse risici vil blive håndteret under anvendelse af en række afbødende foranstaltninger, herunder:

- Udformning af dæmningen i overensstemmelse med international bedste praksis og ifølge designkriterier og retningslinjer fra den internationale kommission for store dæmninger (ICOLD), som omfatter design af dæmninger til at opretholde stabilitet under et maksimalt forventeligt jordskælv (MCE)
- Udnyttelse af bedste praksis til anbringelse af tailings
- Overvågning af anlæggets stabilitet samt mulig udsivning, vandkvalitet og returvandsledninger
- Oprettelse af damme langs rørledningen til tilbageholdelse af udslip i en nødsituation
- Isolering af pumpehuse for at undgå tilfrysning
- En beredskabsplan med foranstaltninger for nødsituationer med potentielt udslip
- Kapacitet i designet af TSF til at modstå en 1 i 10.000 års stormhændelse.

Resultaterne i ERA-rapporten forstærkede forståelsen af, at våd eller tør bortskaffelse af tailings udgør forskellige risici, men samlet set anses deres miljørisikoprofiler for at være sammenlignelige. Dette blev betragtet som en bekræftelse af det oprindelige valg af deponering af opslæmmede tailings under vand i projektets driftsfase.

Muligheder for tildækning af tailings ved nedlukning

Ved nedlukningen vil der være behov for et langsigtet dække over deponeringsanlægget. De to muligheder for nedlukning af TSF, som blev vurderet i lyset af det formål at opnå langvarig indeslutning af TSF, var:

- En "våd" tildækning, hvor tailings er indesluttet med et permanent vanddække; og
- En "tør" tildækning, hvor tailings er indesluttet med en konstrueret tildækning med fyld.

De to tildækningsmuligheder ("våd" og "tør"), der blev vurderet med henblik på nedlukningen, repræsenterer modsatte ender af et spektrum, og yderligere alternative muligheder, der ligger et sted mellem disse to muligheder, er ikke blevet vurderet.

1. Nedlukning med "våd" tildækning

Våd tildækning ville indebære, at der bibeholdes et lag (mindst 1,5 m) af vand oven på tailings-anlægget for at undgå, at tailings-materialet eksponeres mod atmosfæren. Hvis det er påkrævet, vil et tyndt lag af inert sand blive fordelt under vandet oven på tailings-materialet for at forhindre genopslæmning.

Supernatant-vandet vil blive behandlet i mindst 6 år efter afslutningen af minedrift og forarbejdning for at opfylde vandkvalitetskriterierne, hvorefter overfladevand vil få lov at vende tilbage til Taseq-bassinet.

Vandstanden i dammen ville få lov at stige med tiden, indtil den nåede overkanten af dæmningsvæggen, hvorefter vandet ville flyde over. Overløbsvand ville via konstruerede afledningskanaler blive ført ind i det naturlige afstrømningskanaler på jordoverfladen.

Afledningskanaler ville blive opretholdt efter minens nedlukning, men bortledningskanaler ville ikke blive opretholdt. Bortledningskanaler ville få lov til at fyldes med sediment og andet lokalt materiale.

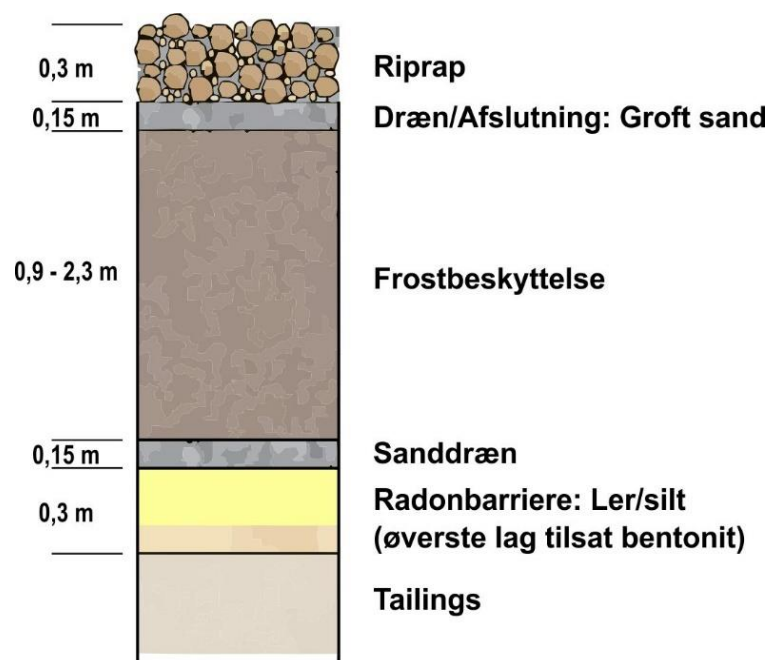
Det "våde" scenarie ville i det væsentlige videreføre den driftsfilosofi, der blev gjort gældende for driftsfasen frem til efter nedlukning. Der er udviklet designløsninger på lønsomhedsniveau for den "våde" mulighed.

2. Nedlukning med "tør" tildækning

For at muliggøre en afvejning af fordele og ulemper på et oplyst grundlag mellem disse to nedlukningsmuligheder blev der udviklet et konceptdesign for "tør" nedlukning [103]. Det "tørre" koncept ville omfatte:

- Anlæggelse af bortledningsafløb og kanaler for at forhindre "ren" afstrømning fra nedbør og smeltet sne i at strømme ind i TSF-anlægget;
- Anlæggelse af et første TSF-dækningslag fra udgravning for at tilvejebringe i) en tillægsbelastning til at fremskynde konsolidering af de underliggende tailings og ii) mulighed for efterfølgende anlæggelse af det endelige dækningslag;
- Anlæggelse af en konstrueret tildækning med fyld, udformet ved brug af BAT, og
- Anlæggelse af et system til forvaltning af overfladevand til i) at bortlede og føre overfladeafstrømning væk fra anlægget, og ii) afbøde potentialet for erosion af tildækningen efter nedlukning [103].

Den tørre tildækning ville blive udviklet til at begrænse frigivelse af radongas og støv i en grad, der kan sammenlignes med den våde tildækning, ved at indføje et lerlag med lav permeabilitet eller et syntetisk lag med anvendelse af lokale og importerede materialer. Det ville også være designet til at opnå beskyttelse mod vekslende frost- og tøvejr ved hjælp af et lag bestående af sand eller grus; og det ville være nødvendigt for den tørre tildækning at være erosionsbestandig i omgivelser med positiv vandbalance. Tildækningen ville danne en barriere med det formål at sikre, at afløb både på og under jordoverfladen (over barrierelaget) ikke forurenes med kemikalier fra de underliggende tailings. Den tildækningsprofil, der er præsenteret i IAEA TECDOC 1403 [107] og illustreret i Figur 34, blev brugt som grundlag for tildækningsdesignet.



Det Internationale Atomenergiagentur IAEA (2004). The long term stabilisation of uranium tailings (den langsigtede stabilisering af uran-tailings), TECDOC 1403

Figur 34 Snittegning af tør tildækning af TSF

Vurdering af muligheder for tildækning ved nedlukning

Nedlukningsmulighederne for TSF på langt sigt har været genstand for en række vurderinger [1] [2] [72] [77]. Den seneste vurderingsundersøgelse, der blev gennemført i 2020, sammenlignede designkoncepterne for "våd" og "tør" tildækning med hensyn til deres evne til at opfylde nedlukningsprincipperne for projektet. Det fremhæves, at nedlukningsprincipperne (fysisk stabilitet, kemisk stabilitet, minimeret radiologisk påvirkning og minimal væsentlig ændring af det oprindelige landskab) blev udviklet under henvisning til Integrated Mine Closure Good Practice Guide (vejledning om god praksis for minenedlukning) fra International Council on Mining and Metals (ICMM).

Hvert af nedlukningsprincipperne blev udvidet til at definere tolv nedlukningsmål, i hvis sammenhæng ydeevnen i de to tildækningsmuligheder kunne vurderes. Disse mål er vist i Tabel 14.

Tabel 14 Sammenlignende evaluering af tildækningsmuligheder – Nedlukningsmål ([77] - Tabel 3.1)

Grundlæggende nedlukningsprincipper	Mål for tildækningsmuligheder ved nedlukning	Fase	Relativ betydning
Fysisk stabilitet	Muligheden mindsker det mulige omfang af svigt efter nedlukningen	Efter nedlukning	Høj (5)
	Muligheden reducerer potentialet for erosion og sedimentering af tildækning efter nedlukningen	Efter nedlukning	Moderat (3)
	Muligheden minimerer behovet for vedligeholdelse efter nedlukningen	Efter nedlukning	Høj (5)
	Muligheden kan primært implementeres ved hjælp af mineaffaldsmaterialer	Implementering	Moderat (3)
Kemisk stabilitet	Muligheden mindsker risikoen for genmobilisering af tailings efter nedlukningen	Efter nedlukning	Høj (5)
	Muligheden reducerer potentialet for udsivning efter nedlukningen	Efter nedlukning	Moderat (3)

	Muligheden mindsker det potentielle behov, efter nedlukning, for vandindsamling og -behandling	Efter nedlukning	Moderat (3)
Minimeret radiologisk påvirkning	Muligheden mindsker risikoen for tab af tildækningsens funktionalitet på grund af klimabegivenheder	Efter nedlukning	Høj (5)
	Muligheden kan implementeres inden for en rimelig tidsramme (< 10 år)	Implementering	Moderat (3)
	Muligheden reducerer potentialet for støvskabelse (radon-eksponering) under implementering	Implementering	Moderat (3)
Ingen væsentlig ændring af de oprindelige landskabsformer	Muligheden kan opnå en endelig arealanvendelse, der ligner den eksisterende arealanvendelse (sø)	Efter nedlukning	Lav (1)
	Muligheden vil fordre begrænset yderligere forstyrrelse ift. til implementering (opgravninger af anlægsmateriale)	Implementering	Lav (1)

Bemærkning: (1) Betydningen er klassificeret som enten 1 (Lav), 3 (Moderat) eller 5 (Høj)

Den relative betydning af hvert mål blev også vurderet og bedømt som angivet i tabellen. Der blev foretaget en sammenligningsvurdering med flere kriterier, hvori hver tildækningsmulighed blev vurderet uafhængigt ifølge kriterierne i Tabel 14 alt efter den uafhængige konsultants tillid til, at muligheden ville opnå målet. Hvert mål blev derpå betragtet ud fra den opfattede usikkerhed i vurderingen alt efter de tilgængelige baggrundsoplysninger og analysearbejde udført indtil nu med hensyn til de "våde" og "tørre" tildækningsmuligheder. En højere usikkerhed medførte en lavere klassificering [77].

De "våde" og "tørre" tildækninger fremstod forskelligt i forhold til de tolv nedlukningsmål, men de "vægtede" resultater for den "våde" og "tørre" mulighed var bemærkelsesværdigt ens (en score på 116 for "våd" og 118,5 for "tør", hvor et højere tal foretrækkes) (se Tabel 15). Der blev også kørt en følsomhedsberegning, hvor usikkerhedsniveauerne blev indstillet til 100 % (dvs. lav usikkerhed) for alle mål, og scoringen var her omvendt med en score for "tør" på 142 og en score for "våd" på 146. Den højere scoring for begge muligheder under lav usikkerhed understreger fordelene ved at revidere denne vurdering, når flere data, som kan anvendes som udgangspunkt, bliver tilgængelige (dvs. når TSF er i drift).

Tabel 15 Sammenligning af vægtede bedømmelser for "våd" vs "tør" tildækning ([77] - Tabel 3.5)

Mål for tildækningsmuligheder ved nedlukning	Relativ betydning (A)	Vurderingens usikkerhedsfaktor ⁴ (B)	Bedømmelse for "våd" tildækning		Bedømmelse for "tør" tildækning	
			Ikke vægtet (C)	Vægtet (AxBxC)	Ikke vægtet (D)	Vægtet (AxBxD)
Muligheden mindsker det mulige omfang af svigt efter nedlukningen	Høj (5)	100 %	Lav (1)	5,00	Høj (5)	25,00
Muligheden reducerer potentialet for erosion og sedimentering af tildækning efter nedlukningen	Moderat (3)	100 %	Høj (5)	15,00	Moderat (3)	9,00
Muligheden minimerer behovet for vedligeholdelse efter nedlukningen	Høj (5)	50 %	Moderat (3)	7,50	Lav (1)	2,50
Muligheden kan primært implementeres ved hjælp af mineaffaldsmateriale	Moderat (3)	75 %	Høj (5)	11,25	Moderat (3)	6,75

Mål for tildækningsmuligheder ved nedlukning	Relativ betydning (A)	Vurderingens usikkerhedsfaktor ⁴ (B)	Bedømmelse for "våd" tildækning		Bedømmelse for "tør" tildækning	
			Ikke vægtet (C)	Vægtet (AxBxC)	Ikke vægtet (D)	Vægtet (AxBxD)
Muligheden mindsker risikoen for genmobilisering af tailings efter nedlukningen	Høj (5)	100 %	Moderat (3)	15,00	Høj (5)	25,00
Muligheden reducerer potentialet for udsivning efter nedlukningen	Moderat (3)	75 %	Moderat (3)	6,75	Høj (5)	11,25
Muligheden reducerer det potentielle behov, efter nedlukning, for vandindsamling og -behandling	Moderat (3)	50 %	Moderat (3)	4,50	Høj (5)	7,50
Muligheden mindsker risikoen for tab af tildækningens funktionalitet på grund af klimabegivenheder	Høj (5)	75 %	Høj (5)	18,75	Høj (5)	18,75
Muligheden kan implementeres inden for en rimelig tidsramme (< 10 år)	Moderat (3)	75 %	Høj (5)	11,25	Lav (1)	2,25
Muligheden reducerer potentialet for støvskabelse (radon-eksponering) under implementering	Moderat (3)	100 %	Høj (5)	15,00	Moderat (3)	9,00
Muligheden kan opnå en endelig arealanvendelse, der ligner den eksisterende arealanvendelse (sø)	Lav (1)	75 %	Moderat (3)	2,25	Lav (1)	0,75
Muligheden vil fordrø begrænset yderligere forstyrrelse med hensyn til implementering (opgravninger af anlægsmateriale)	Lav (1)	75 %	Høj (5)	3,75	Lav (1)	0,75
Samlet bedømmelse			46	116,00	38	118,50

⁴ Jo højere procenttallet i denne kolonne er, jo højere er graden af "sikkerhed" i bedømmelsen, hvilket giver en score med større vægt. Jo højere den endelige score er, jo bedre er en mulighed i sammenligning med andre.

To yderligere følsomhedsvurderinger blev gennemført for at vurdere effekten af bias angående risikoafhjælpende foranstaltninger under implementering versus risikoafhjælpende foranstaltninger efter nedlukning. Med risikoafhjælpende foranstaltninger efter nedlukning oversteg "tør" nedlukning "våd" nedlukning (en score på henholdsvis 128 og 117,5). Med risikoafhjælpende foranstaltninger under implementering oversteg "våd" nedlukning imidlertid væsentligt "tør" nedlukning (en score på 101,5 mod 58). Størrelsen af forskellen mellem den "våde" og "tørre" scoring for risikoen i implementeringsfasen er repræsentativ for den kompleksitet, der er forbundet med at udføre den "tørre" tildækning sammenlignet med den "våde" tildækning.

Resultaterne af denne vurderingsundersøgelse viser de forskellige fordele ved de to muligheder, mens de også viser, at de på et samlet niveau leverer et lignende "vægtet" resultat i forhold til nedlukningsmålene. I betragtning af den relative samlede lighed i funktionen af de to tildækningsmuligheder er der i projektdesignet valgt en "våd" tildækning til nedlukning, da det udgør en enklere implementeringsmulighed. Men med tiden er det sandsynligt, at teknologien vil udvikle sig, og at der vil blive opnået en større operationel viden vedrørende driften af TSF-anlæg. Af disse grunde vil der blive foretaget en teknisk gennemførlighedsundersøgelse inden nedlukningen, som skal

genvurdere nedlukningsmulighederne med det formål at sikre, at det mest passende design anvendes på nedlukningstidspunktet.

5.7 Energialternativer

Diesel

Det oprindelige design for projektet omfattede installation af et 59 MW kombineret varme- og kraftværk fyret med tung brændselsolie (HFO). Et sådant værk producerer betydeligt højere niveauer af svovludledninger, end det er tilfældet ved produktion af en tilsvarende mængde elektricitet med diesel. På dette grundlag ændredes projektets planlagte energikilde fra HFO til diesel i 2018. De emissioner, der rapporteres i denne VVM, afspejler anvendelsen af diesel som den primære energikilde til produktion af elektricitet [19].

Energi fra vandkraft

Anvendelsen af vandkraft til elproduktion blev første gang undersøgt af Risø i 1980'erne [108]. Johan Dahl Land, der ligger ca. 55 km fra projektet, er tidligere blevet identificeret som en mulig kilde til vandkraft til projektet.

Projektet gav erfarne specialister i vandkraftanlæg til opgave at afgøre lønsomheden ved at udvikle levering af vandkraft til projektet [51] [51a]. Undersøgelsen klarlagde, at levering af energi fra vandkraft til at dække projektets elforbrug (ca. 35 MW) til behandling af malm i en mængde på 3 Mtpa ville kræve inddæmning og afledning af tre højlandssøer i Johan Dahl-området. Dette ville også kræve bygningen af en afledningstunnel, der tilfører søvand til turbiner til elproduktion. Elektriciteten skulle derefter overføres til projektstedet fra John Dahl Land via en kraftledning over jorden med en længde på 55 km [29].

Denne mulighed blev ikke betragtet som lønsom for første etape af projektudviklingen på grund af de nødvendige væsentlige infrastrukturanlæg. Fremtidige muligheder for udvidelse vil igen tage brugen af vandkraft som en alternativ energikilde i betragtning.

6. Metode for vurderingen af virkninger på miljøet

6.1 Indledning

Projektets VVM (vurdering af virkninger på miljøet) tager højde for en række faktorer som opsummeret i afsnit 6.2.

Denne vurdering af påvirkningerne blev gennemført i overensstemmelse med *Mineral Resources Act* (råstofloven) og identificerer potentielle miljøpåvirkninger i forbindelse med opførelse og drift af anlægget samt foreslåede afbødende foranstaltninger.

Undersøgelser udført af uafhængige konsulenter omfatter blandt andet følgende:

Fysisk

- Støjvurdering (Orbicon) [52]
- Hydrologi- og klimarapport (Orbicon) [51] [51a]
- Bedømmelse af probabilistisk seismisk fare (KCB) [92].

Atmosfærisk

- Luftkvalitetsvurdering (ERM) [19]
- Vurdering af drivhusgas (ERM) [20].

Radiologiske emissioner

- Radiologisk vurdering (ARCADIS Canada) [5]
- Vurdering af transport af uranprodukter (ARCADIS Canada) [3]
- Udkast til strålingsmonitoringsplan (ARCADIS Canada) [4]
- Frigivelser af radon og thoron (ARCADIS Canada) [6]
- Radiologisk konsekvensvurderingsrapport Rev 2 (Arcadis) [110]
- Risikovurdering af transport (SENES) [65] [66]
- Vindspredning (Orbicon) [59]
- Tillæg angående luftkvalitet for scenarier med dæmningsbrud (ERM) [90]
- Vurdering af seismisk stabilitet af FTSF og CRSF (KCB) [75]
- Rapport om dæmningsbrud (KCB) [74]
- Sammenlignende vurdering af muligheder for tildækning af tailings (KCB) [77]
- Konceptuelt design for tør tildækning (KCB) [103].

Vand

- Hydrologi og klima (Orbicon) [51]
- Vandkvalitetsvurdering af tailings – vand og afstrømning fra gråbjerg (Orbicon) [53]
- Rapport om udslip af kulbrinter og kemiske stoffer (Orbicon) [55]
- Naturligt miljø i undersøgelsesområdet (Orbicon) [57]
- Indledende vurdering af påvirkningen på grundvandet fra tailings-anlægget (GHD, Orbicon) [24]
- Vandkvalitetsvurdering af tailings-vand og afstrømning fra gråbjerg (Orbicon) [58]
- Marine udledninger og fjorddynamik - modellering og fortolkning af økotoxikologiske undersøgelser (DHI) [17]

- Modellering af minens levetid (vand, fluorid og uran - GoldSim) (GHD) [23]
- Vindspredning (Orbicon) [59]
- Grundvandshydrologi i Taseq-bassinet (Orbicon) [60]
- Fluoridniveauer i Taseq tailingsdammen (Orbicon) [61]
- Woods/AMEC (2017) Vurdering af miljørisiko fra TSF [72]
- Rapport om dæmningsbrud (KCB) [74]
- Vurdering af seismisk stabilitet i FTSF og CRSF (KCB) [75]
- Teknisk memorandum om udsivning (Orbicon) [88]
- Tillæg angående luftkvalitet for scenarier med dæmningsbrud (ERM) [90]
- Geochemical assessment of river water quality changes resulting from dam failure (KCB) [126].

Affald

- Geokemisk / miljømæssigt testarbejde (SGS Lakefield Oretest) [67]
- AMEC (2011) Muligheder for håndtering af tailings fra projektet [2]
- SRK (2015) Undersøgelse angående minedrift, Projekt Kvanefjeld [68]

Biodiversitet

- Økotoksicitetstest for udledning i havet (DHI) [15]
- Botaniske undersøgelser, Kvanefjeld (Simonsen) [21]
- Rapport om udslip af kulbrinter og kemiske stoffer (Orbicon) [55]
- Det naturlige miljø i undersøgelsesområdet (Orbicon) [57]
- Rapport om dæmningsbrud (KCB) [74]
- Rapport om radiologiske konsekvenser (Arcadis) [110].

Lokal brug og kulturarv

- Studie angående lokal brug (Orbicon) [54]
- Arkæologiske undersøgelser (Kapel H) [40]
- Arkæologiske undersøgelser (Grønlands Nationalmuseum og Arkiv) [48]
- VSB (vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed) (Shared Resources) [69].

6.2 Metode og struktur for vurderingen af påvirkningerne

I overensstemmelse med retningslinjerne [45] og for bedst at kunne præsentere de miljømæssige basislinje-data og vurderingen af mulige virkninger på miljøet er denne rapport struktureret således, at de miljømæssige påvirkninger forbundet med projektet tilknyttes de specifikke miljømæssige faktorer, der er beskrevet nedenfor:

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| • Fysisk miljø | Afsnit 7 |
| • Atmosfæriske omgivelser | Afsnit 8 |
| • Radiologiske emissioner | Afsnit 9 |
| • Vandmiljø | Afsnit 10 |
| • Affaldshåndtering | Afsnit 11 |
| • Biodiversitet | Afsnit 12 |
| • Lokal brug og lokal viden | Afsnit 13 |

- Vurdering af kumulative påvirkninger Afsnit 14

For hver af de miljømæssige faktorer er vurderingen struktureret således, at følgende forhold tages i betragtning:

- Beskrivelse af baggrundstilstand
- Potentielle påvirkninger
- Vurdering af påvirkninger
- Afbødende foranstaltninger
- Forventede påvirkninger.

En konsekvensanalyse er i det væsentlige en forudsigelse af forventede virkninger, der opstår som følge af implementeringen af et projekt. I en forudsigelsesproces kan der forekomme et vist usikkerhedsniveau. Der anvendes tre forskellige mekanismer til klassificering og derefter håndtering af usikkerhed i denne vurdering af følgevirkninger; de er beskrevet nedenfor:

- Usikkerhed forbundet med datagrundlag – Der er indsamlet omfattende grundlæggende data til anvendelse i vurderingen af følgevirkninger, og de anses for tilstrækkelige til at understøtte forudsigelsen om omfanget og typen af påvirkninger. I nogle få tilfælde anbefales yderligere indsamling af data til at forfine vurderingen af følgevirkninger, og denne fremtidige dataindsamling er angivet i følgevirkningsvurderingens tekst. Det er vigtigt, at den ekstra dataindsamling reducerer usikkerheden i vurderingen, men den forventes ikke at ændre resultatet af vurderingen.
- Usikkerhed forbundet med konsekvensvurdering – Mange af de forudsagte følgevirkninger er blevet vurderet ved hjælp af resultater fra internationalt anerkendte modeller eller formler. Hvor det er muligt, er modellerne blevet anvendt konservativt. I visse tilfælde har dette betydet, at følgevirkninger er blevet modelleret under forudsætning af, at der ikke er nogen kontrolforanstaltninger (f.eks. støvvurderingsmodellering og forureningsmodellering til placeringen af rensed vand). Anvendelsen af de beskrevne kontrolforanstaltninger vil "forbedre" resultaterne for følgevirkninger i denne sammenhæng, men de resultater, der er rapporteret i vurderingen af følgevirkninger, er konservative i disse tilfælde. I andre tilfælde er der anvendt følsomhedsintervaller i modellerne for at kontrollere, at de forudsagte resultater forbliver inden for den forudsagte skala, selvom der kommer nye oplysninger til brug i modellerne (f.eks. kemiske og radiologiske analyser af scenarier med svigt af tailingsanlæg). Beskrivelser af de modeller, der blev brugt som baggrund for vurderingen af følgevirkninger, identificerer konservative antagelser eller tilgange, hvor de er blevet anvendt.
- Usikkerhed forbundet med sandsynlighed – De virkninger, der betragtes i en vurdering af følgevirkninger, anses typisk for at være forbundet med stor sandsynlighed. I denne vurdering af følgevirkninger er der dog også set på visse følgevirkninger med lav sandsynlighed (f.eks. et potentielt svigt af FTSF og dets indvirkning på forskellige miljøværdier). Den metodologi, der er anvendt i denne vurdering af følgevirkninger, antager, at følgevirkninger vil forekomme, hvilket gør det udfordrende at vurdere følgevirkninger med variabel sandsynlighed i denne sammenhæng. Af denne årsag har projektet også analyseret potentielle miljørisici, der er forbundet med udviklingen af projektet (afsnit 14). Risici er begivenheder, som måske eller måske ikke indtræffer, og i forbindelse med hvilke der er sandsynlighed for, at en bestemt konsekvens forekommer. Derfor er vurderingen af følgevirkninger især velegnet til vurdering af begivenheder/effekter, hvorom der hersker tvivl. Følgevirkninger med variabel sandsynlighed rapporteres to gange i denne vurdering af følgevirkninger: En gang i det relevante afsnit om vurderingen af følgevirkninger, hvor

detaljerede oplysninger om vurderingen leveres, og igen i afsnittet om risikovurdering, hvor sandsynligheden for og konsekvensen af risikoen rapporteres.

6.3 Potentielle påvirkninger

De mulige påvirkninger, der vurderes for hver miljømæssig faktor i denne rapport, er opsummeret i Tabel 16.

Tabel 16 Potentielle påvirkninger

Faktor	Påvirkning	Afsnit
Fysisk miljø	Anlæggelsen og driften af projektet kan potentielt medføre fysiske ændringer af landskabet og reduceret visuel herlighedsværdi.	7.3.1
	Anlæggelsen og driften af projektet kan potentielt medføre erosion.	7.3.2
	Anlæggelsen og driften af projektet vil forøge støjemissionerne og kan potentielt medføre støj og vibration.	7.3.3
	Anlæggelsen og driften af projektet vil forøge lysmissionerne og kan potentielt medføre forringet generel herlighedsværdi.	7.3.4
	Drift og nedlukning af projektet har potentiale til fysisk at ændre landskabet, hvis et jordskælv skulle afstedkomme et sammenbrud af TSF-dæmningen.	7.3.5
Atmosfæriske omgivelser	Anlæggelsen og driften af projektet vil danne støv, hvilket potentielt kan medføre forringet luftkvalitet og medføre sekundære påvirkninger i forbindelse med den fysiske eller kemiske sammensætning af støvet.	8.3.1
	I løbet af faserne med konstruktion, drift og nedlukning vil projektet udlede gasformige luftemissioner (nitrogenoxider, svovloxider, sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)), der potentielt kan forværre luftkvaliteten.	8.3.2
	Anlæggelsen og driften af projektet vil medføre forøgede udledninger af drivhusgasser.	8.3.3
Radiologiske emissioner	Anlæggelsen og driften af projektet vil frigive radioaktivitet, hvilket kan medføre forurening af miljøet og påvirkning af menneskers sundhed.	9.3.1
	Anlæggelse, drift og nedlukning af projektet vil frigive radioaktivitet gennem radonemissioner, hvilket kan medføre kontaminering af miljøet og påvirkning på menneskers sundhed.	9.3.1
	Under anlæggelsen og driften af projektet er der risiko for ulykker eller udslip, der kan medføre udledning af radioaktivitet til atmosfæren, jordbunden og vandet.	9.3.2
	Brud på TSF-dæmningen kan potentielt medføre frigivelse af tailings-vand og faste stoffer til land- og vandområder nedstrøms for TSF-anlægget og tilknyttet radiologisk eksponering.	9.3.3
	Frigivelse af aerosoler fra TSF-anlægget kan potentielt medføre kontaminering af jord og frigivelse af radioaktivitet i retning med vinden fra TSF-anlægget	9.3.4
Vandmiljø	Anlæggelsen og driften af projektet vil ændre de hydrologiske processer, hvilket potentielt kan påvirke vandkvaliteten.	10.3.1
	Driften af TSF-anlægget kan potentielt medføre kontaminering uden for TSF-anlægget som følge af udslip, skader på TSF-anlægget eller vind.	10.3.2
	Frigivelse af vand fra tailings og faste stoffer i tilfælde af et svigt i dæmningen i FTSF-anlægget.	10.3.3

Faktor	Påvirkning	Afsnit
	Frigivelse af aerosoler fra TSF-anlægget kan potentielt medføre forurening af vandet i retning med vinden fra TSF-anlægget.	10.3.4
	Udsivning fra TSF kan have potentiale til at påvirke drikkevandet i Narsaq.	10.3.5
	Udledning af vand fra projektet kan potentielt påvirke vandkvaliteten i Nordre Sermilik.	10.3.6, 10.3.7
	Udledning af vand, der afløber fra gråbjergs-depotet.	10.3.8
	Dannelse af en minegrubesø efter nedlukning.	10.3.8
	Under anlæggelsen og driften af projektet er der risiko for ulykker, der kan medføre udledning af kemikalier (f.eks. olieudslip) til miljøet.	10.3.9
	Under anlæggelsen og driften af projektet er der risiko for ulykker, der kan medføre udledning af procesvand til miljøet.	10.3.10
Affaldshåndtering	Affald, der genereres under opførelse og drift, kan potentielt medføre miljøpåvirkninger, hvis affaldet ikke håndteres hensigtsmæssigt.	11.3.1
Biodiversitet	Konstruktion, drift og nedlukning af projektet vil medføre forstyrrelser af habitat for terrestrisk fauna.	12.3.1
	Konstruktion og drift af projektet vil medføre forstyrrelser af habitat for ferskvandsarter.	12.3.2
	Konstruktion, drift og nedlukning af projektet vil medføre forstyrrelser af habitat for marin fauna.	12.3.3
	Konstruktion og drift af projektet kan potentielt medføre kontamination af habitat for terrestrisk fauna.	12.3.4
	Konstruktion og drift af projektet kan potentielt medføre kontaminering af habitat i ferskvandshabitater.	12.3.5
	Konstruktion og drift af projektet kan potentielt medføre kontaminering af marine habitater.	12.3.6
	Konstruktion og drift af projektet vil omfatte forøget trafik med køretøjer, der potentielt kan medføre dødelighed blandt dyr.	12.3.7
	Konstruktion og drift af projektet vil omfatte forøget marin trafik, der potentielt kan medføre indførsel af invasive ikke-oprindelige arter fra ballastvand.	12.3.8
Lokal brug og kulturarv	Konstruktion og drift af projektet vil begrænse den lokale brug af undersøgelsesområdet.	13.2.1
	Konstruktion og drift af projektet kan potentielt påvirke kulturarvssteder.	13.2.2

6.4 Vurdering af påvirkningernes betydning

Det forventede resultat af hver påvirkning er opsummeret for hver miljømæssig faktor. Det forventede resultat vurderes i forhold til virkningen af afbødende foranstaltninger.

Vurderingen af de forventede resultater betragter for hver af påvirkningerne det fysiske omfang af påvirkningen, varigheden af påvirkningen og påvirkningens betydning.

Fysisk omfang af påvirkningen:

- Projektområde Direkte forstyrrelse af projektet, dvs. begrænset til selve aktiviteterne, infrastrukturen og nærområdet omkring projektet (som defineret i Figur 2)

- Undersøgelsesområde Defineret i Figur 2
- Regionalt Aktiviteter, der foregår i Kujalleq Kommune
- Nationalt Aktiviteter, der påvirker områder i Grønland uden for Kujalleq Kommune.

Varighed (reversibilitet):

Varighed betyder tidshorizonten for påvirkningen.

Varigheden omfatter også graden af reversibilitet af effekten, dvs. i hvilket omfang påvirkningen er reversibel, fra fuldstændig reversibel til irreversibel.

- Kortvarig Påvirkningen vil vare i en kort periode uden nogen irreversible påvirkninger
- Mellem varighed Påvirkningen vil vare i en periode på måneder eller år, men uden permanente eller irreversible påvirkninger
- Projektets levetid Påvirkningen vil vare i en periode svarende til projektets levetid (46 år)
- Langsigtet Påvirkningen vil muligvis vare ud over projektets levetid, og der kan være tale om potentielt irreversible påvirkninger
- Permanent Påvirkningen vil fortsætte permanent.

Betydning af påvirkningen:

- Meget lav Meget lille/kortvarig forøgelse af ikke-toksiske kontaminanter i lokale luft-/ terrestriske / ferskvands-/ marine miljøer (vedrørende emissioner) og nedgang i / flytning af få (ikke vigtige) dyre- og plantearter fra områderne med de projektrelaterede aktiviteter og/eller tab af habitat i områderne med de projektrelaterede aktiviteter (vedrørende forstyrrelser)
- Lav Lille forøgelse af ikke-toksiske kontaminanter i lokale luft- / terrestriske / ferskvands- / marine miljøer og/eller meget små midlertidige forøgelser af toksiske kontaminanter (vedrørende emissioner) og nedgang i / flytning af centrale dyrearter og/eller plantearter og/eller tab af habitat i områderne med projektrelaterede aktiviteter (vedrørende forstyrrelser)
- Mellemstor Nogen forhøjelse (over basislinje, nationale eller internationale retningslinjer) af kontaminanter, herunder giftige stoffer, i lokale eller regionale luft- / terrestriske / ferskvands- / marine miljøer eller nedgang i / flytning af centrale dyrearter og/eller plantearter og/eller tab af habitat i undersøgelsesområdet
- Høj Betydelig forhøjelse af kontaminanter, herunder giftige stoffer, (over basislinje, nationale eller internationale retningslinjer) i lokale eller regionale luft- / terrestriske / ferskvands- / marine miljøer eller nedgang i / flytning af centrale dyrearter og/eller plantearter og/eller tab af habitat på regionalt niveau.

6.5 Metode til risikovurdering

Risikovurderingsprocessen er gennemført ved hjælp af en systematisk tilgang i overensstemmelse med AS/NZS 31000:2009 Risk Management – Principles and Guidelines (Risikostyring – Principper og retningslinjer). En detaljeret beskrivelse af metoderne findes i afsnit 14.

7. Fysisk miljø

7.1 Eksisterende miljø

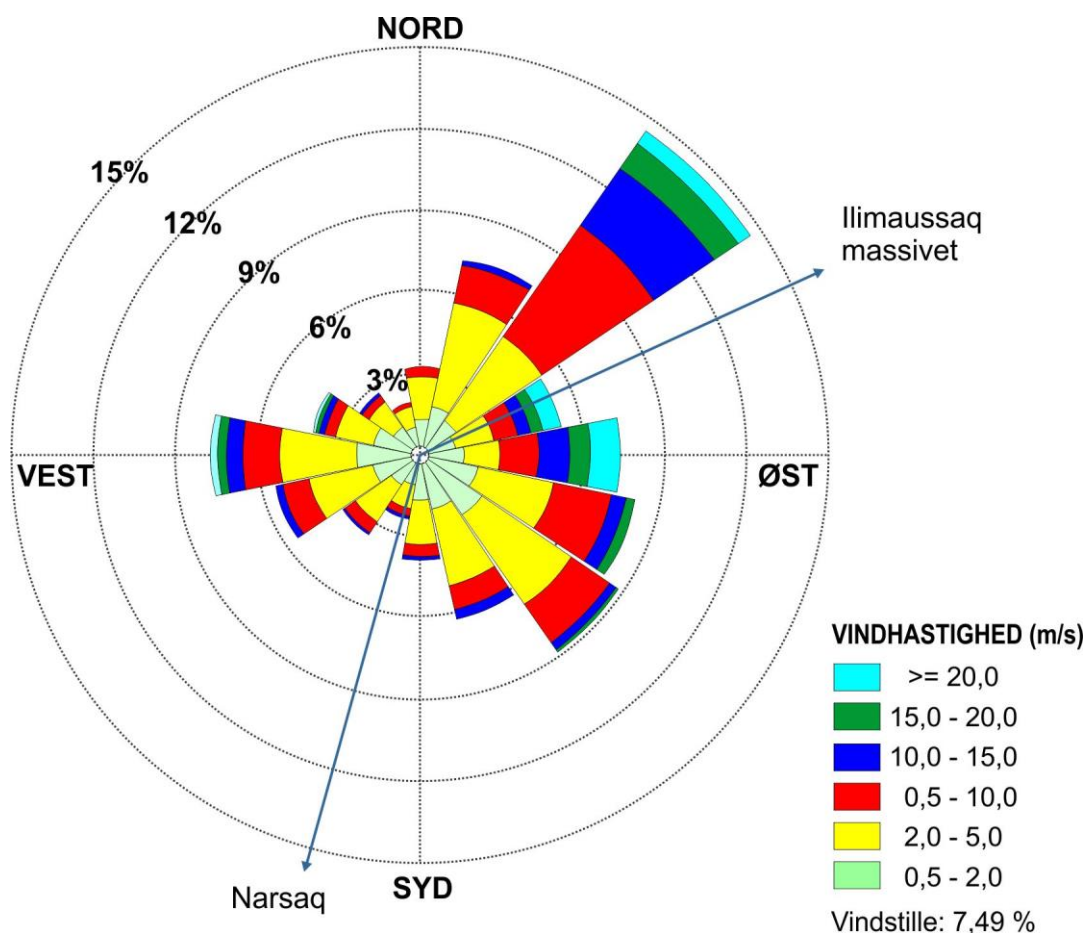
7.1.1 Klima

Klimaet i det sydlige Grønland påvirkes af det nordamerikanske kontinent og Nordatlanten sammen med indlandsisen på Grønland og de lave temperaturer på havoverfladen. Gennemsnitlige sommertemperaturer er på under 10 °C.

Da det ligger kun 40 km fra det åbne hav, er det lokale område påvirket af havet, hvilket resulterer i kølige somre og relativt milde vintre. Der findes vejrdata over længere tid fra vejrstationer i nærliggende byer; de oplyser om gennemsnitlige månedlige temperaturer gennem året. Qaqortoq, der ligger 30 km syd for projektet og tættere på havet, har en gennemsnitstemperatur på -5,5 °C i januar og 7,2 °C i august og juli. Narsarsuaq, der ligger 40 km øst for projektet og længere inde i landet, har en gennemsnitstemperatur på -6,8 °C i januar og 10,3 °C i juli. Narsaq ligger mellem disse to byer. Minen er placeret højere end Narsaq og vil derfor opleve lavere temperaturer.

Det årlige gennemsnitlige nedbør i Qaqortoq er på 858 mm og i Narsarsuaq 615 mm. Nedbørsmønstret for projektområdet svarer mere til mønstret for Qaqortoq, med en stigning på 3 % for hver 100 m højde. Snedybden er typisk højest i februar; der er blevet registreret et gennemsnit på 20 cm i Narsarsuaq og 41 cm i Qaqortoq [51].

Figur 35 viser vindhastigheder og -retninger registreret af vejrstationen i Kvanefjeld mellem 2010 og 2014. De overvejende vindretninger er fra nordøst og sydøst. De fleste stærke vinde blæser fra nordøst.



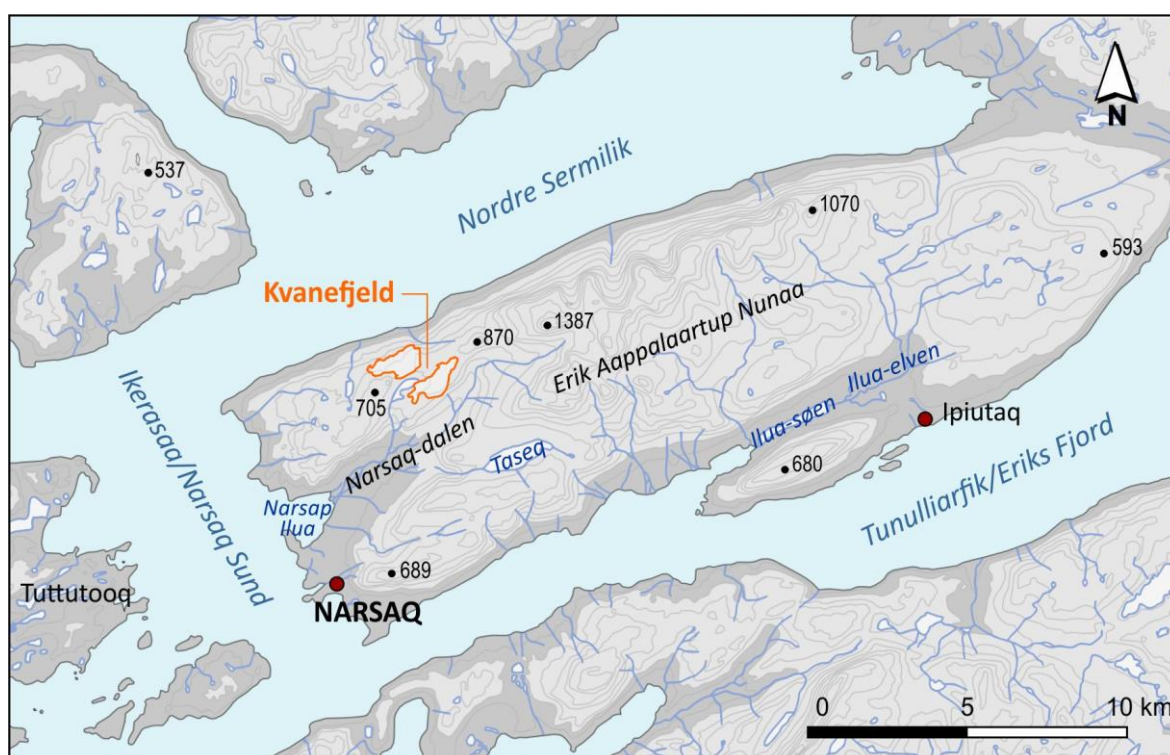
Figur 35 Vindretninger og vindhastigheder registreret af Kvanefjeld vejrstation

Føhnvinde er pludselige tørre og relativt varme vinde; de er almindelige i det sydlige Grønland og i projektområdet. Føhnvinde opstår som et resultat af adiabatisk kompression af luften, der fejer ned fra indlandsisen. Når føhnvinden blæser, falder den relative luftfugtighed til 30-40 %, og temperaturen stiger inden for en time med op til 15-20 °C og kan forblive forhøjet i op til to dage. Virkningen fra føhnvinden er særlig markant om vinteren, hvor den kan medføre hurtig smeltning af sne.

7.1.2 Topografi

Landskabet i det sydlige Grønland er præget af relativt høje og stejle bjerge og af lave øer og halvøer i kystområderne. Dette landskab er i vid udstrækning dannet af isen, der har skåret lange, smalle og dybe fjorde.

Kvanefjeld-forekomsten ligger på et plateau i en højde af 600 m, og malmforekomsten findes i overfladen. Materialet med den højeste kvalitet findes i de øverste lag. Forekomsten findes på halvøen Erik Aappalaartup Nunaa tæt på Narsaq (Figur 36). Syd for Kvanefjeld-forekomsten findes Narsaq-dalen og Narsaq-elven, der løber ned i dalen og derefter ud i fjorden ved Narsaq Ilua.



Figur 36 Højder og konturer

7.1.3 Geologi og jordarter

Under en betydelig del af projektområdet ligger de usædvanlige alkaliske bjergarter i Ilimaussaq-komplekset. Disse bjergarter har et højt indhold af sjældne jordarter sammen med elementer såsom lithium, beryllium, thorium, niobium, tantal og zirkonium. På grund af den forrevne topografi er sten fra disse bjergarter blevet og bliver fortsat spredt af gletsjere, vand og vind, og de bidrager væsentligt til den talus og ur og de jordarter, der ligger på skrånninger og opfylder dale. Denne spredning medfører naturligt forhøjede niveauer af sjældne jordarters metaller, herunder uran og thorium, i det lokale miljø. Spredningen er især fremtrædende i Narsaq-dalen, i Taseq-bassinet og på skråningerne til de nærliggende fjorde.



Figur 37 Omrids af Ilimaussaq-komplekset

Lujavrit er blandt de bjergarter, der findes i Ilimaussaq-komplekset. Den er værtsklippe til den malm med sjældne jordarter, som vil blive udgravet og bearbejdet. Lujavrit-malm indeholder cirka 1,4 % sjældne jordarter, 0,25 % zink og 0,03 % uran. Der er store fremspring af Lujavrit på Kvanefjeld-plateauet og på nærliggende skråninger. Betydelige mængder talus og ur fra nedbrudt Lujavrit ligger på skråningerne til Tunulliarfik-fjorden i den sydlige ende af projektområdet.

Hvor Lujavrit er synligt er afbildet i Figur 38 nedenfor. Det kan ses under den stiplede linje på skråningen umiddelbart syd for Taseq-bassinet. Aktiv nedbrydning omdanner Lujavrit-klippe til ur og sand, som ligger på skråningerne.



Figur 38 Hvor Lujavrit er synligt(mørkegrå)

Forhøjede niveauer af fluorid findes naturligt i vandet i Narsaq-elven, Taseq-bassinet og Taseq-elven. Dette skyldes nedbrydningen af det vandopløselige mineral villiaumit i klipperne i Ilimaussaq-komplekset.

Projektområdet er også bemærkelsesværdigt for den lave biodiversitet. Almindelige dyrearter blev registreret, og kun tre plantesamfund blev identificeret [57] [120]. Visse sjældne planter blev fundet i området, men de vil ikke blive berørt af projektaktiviteterne.

7.1.4 Seismicitet

De seismiske betingelser for projektet er blevet gennemgået tre gange [1] [75] [81]. For at sikre, at VVM afspejler den aktuelle viden med hensyn til disse forhold, blev de seneste seismiske oplysninger fra Geological Survey of Greenland and Denmark (GEUS) brugt i den seneste gennemgang [75].

Jordskælv forekommer langs forkastninger i jordskorpen. Det største antal forkastninger forekommer langs grænserne mellem tektoniske plader. Projektområdet ligger ca. 800 km fra den nærmeste aktive grænse mellem plader. Intra-kontinentale plader betragtes som geologisk stabile i modsætning til områder ved grænser, hvor interaktion mellem tilstødende tektoniske plader producerer jordskælv med større hyppighed og styrke.

Der kan forekomme mange små, lokale og regionale forkastninger omkring projektområdet. Der kendes dog ingen aktive eller potentielt aktive forkastninger inden for 250 km fra området.

Det største registrerede jordskælv inden for en radius af 500 km fra projektområdet var et jordskælv med styrke 4,6 på Richterskalaen i 1998, hvis epicenter var 102 km sydøst for Kvanefjeld. Det største jordskælv, der er blevet registreret tættest på Kvanefjeld, var en begivenhed med styrke 3,6 i 2001 med epicenteret 18 km nordøst. Jordskælv med en styrke på 5 eller derunder klassificeres som lette.

Der blev foretaget en vurdering af seismisk risiko i projektområdet for at anslå parametre, der skal bruges i en evaluering af kapaciteten i TSF til at modstå bevægelser i jorden, der kunne opstå som resultat af potentielle jordskælvshændelser [75]. I Tabel 17 angives parametre for hver af de jordbevægelser, der blev taget i betragtning i forbindelse med design rettet mod jordskælvshændelser nær Kvanefjeld.

Tabel 17 PGA (Peak Ground Acceleration, maksimal acceleration i jorden) for Kvanefjeld TSF - designparametre baseret på gennemsnitlige værdier i udredning af fare (Mean Hazard Deaggregation) ([92] - Tabel E.2)

Begivenhed	Gentagelses-interval (år)	Amplitude (% g)	Primær bølge	
			Styrke	Afstand (km)
Operating Basis Earthquake (OBE) (Forventet jordskælv)	500	7	5,4	25
OBE alternativ	1.000	11	5,4	18,5
Safety Evaluation Earthquake (SEE) (Jordskælv, som en konstruktion udformes til at modstå)	2.500	17	5,4	12,5
Maximum Credible Earthquake (MCE) (Maksimalt forventeligt jordskælv)	10.000	45	5,4	10

Evalueringen bestemte et maksimalt forventeligt jordskælv ud fra en række seismologiske, geologiske og fysiografiske faktorer. I områder med moderat seismicitet [75], herunder projektområdet, kan et maksimalt forventeligt jordskælv svare til en 1 i 10.000 år begivenhed eller endnu sjældnere.

Undersøgelsen anslø styrken (M) af en sådan begivenhed til at være M5,4 i en afstand af 10 km fra TSF.

7.2 Potentielle påvirkninger

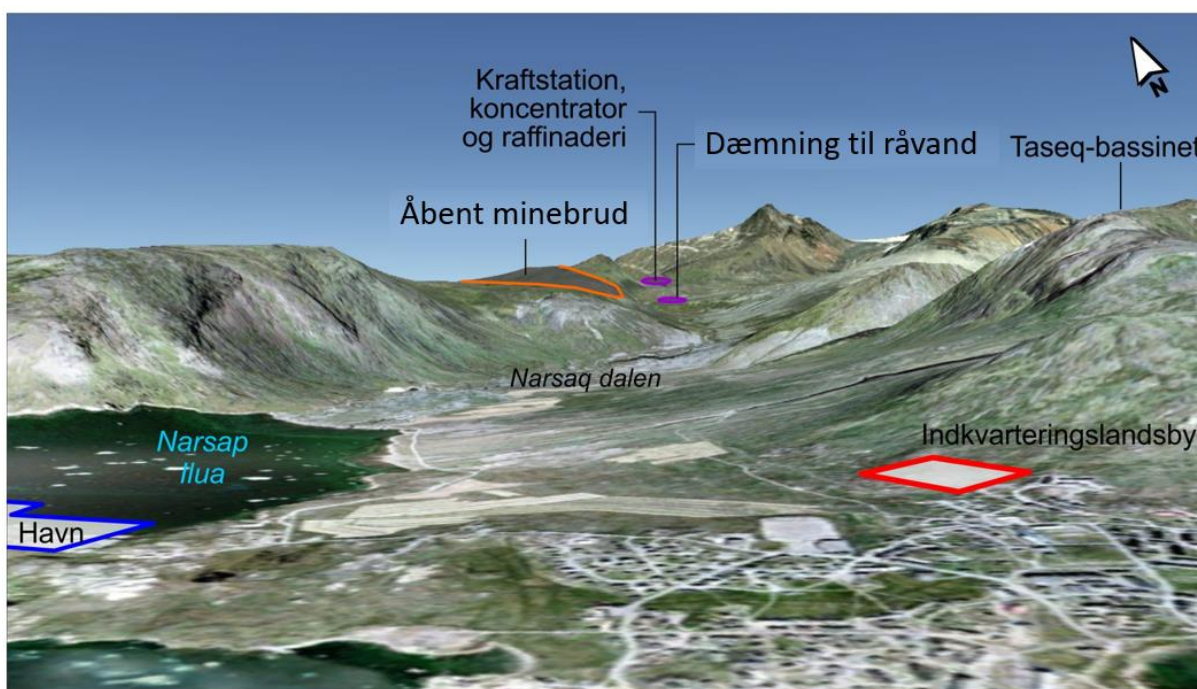
De mulige påvirkninger af det fysiske miljø under anlægs- og driftsfaserne omfatter:

- Fysiske ændringer af landskabet og reduceret visuel herlighedsværdi
- Erosion
- Støj
- Lysemissioner
- Fysisk ændring af landskabet som følge af en seismisk begivenhed.

7.3 Vurdering af påvirkninger

7.3.1 Fysisk ændring af landskabet og reduceret landskabsæstetik

Det øverste klippelag på Kvanefjeld vil blive fjernet i løbet af konstruktionsfasen (pre-stripping). Materialet vil blive deponeret som en stenbunke ved siden af gruben. Disse ændringer i topografien er permanente. Ændringer i topografien på grund af pre-stripping (og efterfølgende minedrift) på Kvanefjeld og oprettelsen af WRS-deponeringen vil have ringe eller ingen synlig indflydelse på byen Narsaq eller Narsaq-dalen (Figur 39). Med tiden vil minen blive dybere med en endelig dybde på 80 m. Højden af WRS vil være 120 m i projektets år 37 (590 mRL) [1].



Figur 39 Udsigt over det udviklede projekt fra Narsaq by (Google Earth 2018)

Forede permanente dæmninger vil blive opført hen over udmundingen af Taseq-bassinet og mellem Taseq-bassinet og dammen nordøst for det nuværende primære vandlegeme i Taseq-bassinet. Områderne bag dæmningerne vil blive brugt til deponering af flotationstailings og tailings fra raffinaderiet. Som beskrevet i afsnit 3.6 vil højden af dæmningerne stige i løbet af minens levetid. Der etableres afledningskanaler langs begge tailings-damme for at forhindre overskydende vand fra naturligt nedbør i at komme ind i TSF-anlægget.

Der vil anvendes flydende pramme til udledning af tailings, og et aflægningsområde vil blive bygget på kanten af TSF-anlægget. Ændringerne i Taseq-bassinet og dammen opstrøms er permanente ændringer, mens prammene vil blive fjernet ved minens nedlukning [1]. En vurdering af påvirkningerne på vandområderne med overfladevand findes i afsnit 10.

Da det ligger højt i en smal dal bag Talut-bjerget, er Taseq-bassinet ikke synligt fra Narsaq eller fra det meste af dalen. Efter opførelsen af dæmningerne vil tailings-faciliteterne medføre ringe eller slet ingen visuel påvirkning af byen eller dalen. Dæmningerne og omledningskanalerne vil være synlige i nærområdet, men da de vil blive dækket af lokale materialer (sten og grus), er den synlige påvirkning begrænset.

Opførelsen af andre projektfaciliteter og tilhørende infrastruktur vil kræve en vis omprofilering af landskabet. Den vigtigste omprofilering vil finde sted, hvor produktionsanlægget og havnen skal etableres. En vej fra havnen til minen vil blive bygget, og en transportvej vil forbinde TSF-anlægget med minens produktionsanlæg. To rørledninger vil forbinde produktionsanlægget med TSF-anlægget.

Nogle af projektets komponenter, f.eks. produktionsanlægget, vil tydeligt kunne ses fra Narsaq-dalen og fjorden, men vil ikke være synlige fra Narsaq. Havnen og vejen fra havnen til minen vil være synlige fra dalen, men kun i meget begrænset grad fra Narsaq. Indkvarteringslandsbyen, der vil blive bygget i udkanten af Narsaq, vil være synlig fra dele af byen. Efter nedlukning af bygninger og maskiner ved nedlukningen af minen er der mulighed for begrænset naturlig genbevoksning.

7.3.2 Erosion

I denne sammenhæng defineres erosion som transport af jord, sand og grus ved hjælp af kræfter fra vand, is eller vind. En række byggeaktiviteter har potentiale til at føre til erosion. Disse omfatter:

- Forberedelse af byggepladser
- Opførelsen af vejen fra havnen til minen
- Anbringelse af rørledninger
- Afskrabninger af området ved minens grube
- Omdirigering af dræning
- Sprængning for at tilvejebringe granulært materiale til konstruktion, f.eks. til dæmninger til tailings
- Konstruktion af havnen.

Generelt forventes erosion ikke at udgøre et problem for projektet, da de fleste anlægsarbejder vil finde sted i områder med solid klippegrund. Der er meget begrænsede mængder af ler eller jord inden for projektområdet som følge af de lokale geologiske forhold. Begrænset lokal erosion vil potentielt kunne finde sted ved produktionsanlægget og langs vejen fra havnen til minen under anlægsarbejderne.

For at minimere risikoen for erosion og sedimenttransport forbundet med udviklingen af WRS under projektdrift er WRS designet til at opfange al direkte nedbør og lede afstrømningen ind i en kunstig dam. Vandet fra denne dam vil blive pumpet til en central oplagringsdam i mineområdet, inden det pumpes til bearbejdningsanlægget [29]. Aktiviteter under projektets driftsfase forventes ikke at forårsage væsentlig erosion.

7.3.3 Støj og vibration

Opfattelsen af støj fra en bestemt kilde afhænger dels af niveauet af baggrundslyde i et område. Vindhastighed er en vigtig parameter, der påvirker det naturlige baggrundslydniveau, og lydniveauet stiger hurtigt med øget vindhastighed. I Kvanefjeld-området er den mest almindelige 10-minutters

gennemsnitlige vindhastighed på 2-5 m/sek, hvilket forekommer 35 % af tiden. Dette vindhastighedsinterval svarer til et minimumsniveau for naturlig baggrundsstøj på 30 dB(A).

Anlægsarbejde

I anlægsfasen opstår der betydelig støj fra:

- Mobilt udstyr, der anvendes i forbindelse med udgravning og opførelse af:
 - Havnen
 - Vejen fra havnen til minen
 - Andre veje
 - Rørledninger
 - Produktionsanlægget
 - Minen og tilknyttede faciliteter
- Afskrabninger af grubeområdet
- Boringer og sprængninger i havnen og i minen
- Transport af varer og maskiner fra havnen til produktionsanlægget og minen
- Bevægelser af fartøjer.

Skibstrafik i forbindelse med anlægsarbejderne vil forøge støjniveauet i Narsaq. På grund af fartøjernes lave hastighed og afstanden fra havnen til Narsaq vil den gennemsnitlige ekstra støj fra fartøjernes bevægelser ikke medføre, at støjniveauet overstiger 35 dB(A), hvilket er retningslinjen for natlig støj i boligområder.

Sprængninger finder sted i minen. Udjævning vil finde sted for at forberede overfladerne til aflægningsområder og adgangsveje og vil forekomme under arbejdet med anlæg af transportveje.

Sten fra sprængninger forbundet med havnebyggeri på Tunu-halvøen og materiale fra sprængninger i mineområdet vil blive anvendt til inddæmning og beklædninger. Påvirkninger på dyrearter forårsaget af støj og vibrationer er beskrevet i afsnit 12.3.1.

Samlet set forventes støjbelastningen under projektets konstruktionsfase at ligge på eller under det støjniveau, der er blevet beregnet og modelleret for projektets driftsfase. De omtales nedenfor [52].

Drift

Aktiviteter under projektets driftsfase vil medføre en stigning i støjniveauet for omgivelserne nær flere af projektets faciliteter [52]. Støjtavleringen for projektet anvendte 30 dB(A) som det støjniveau for omgivelserne, der er typisk for det eksisterende akustiske miljø [52]. Projektaktiviteter, der støjer over denne værdi, er blevet klassificeret som "støjfodsporet" for projektet.

Støjtavleringen identificerede følgende aktivitetsområder som de potentielt største støjklender under driften:

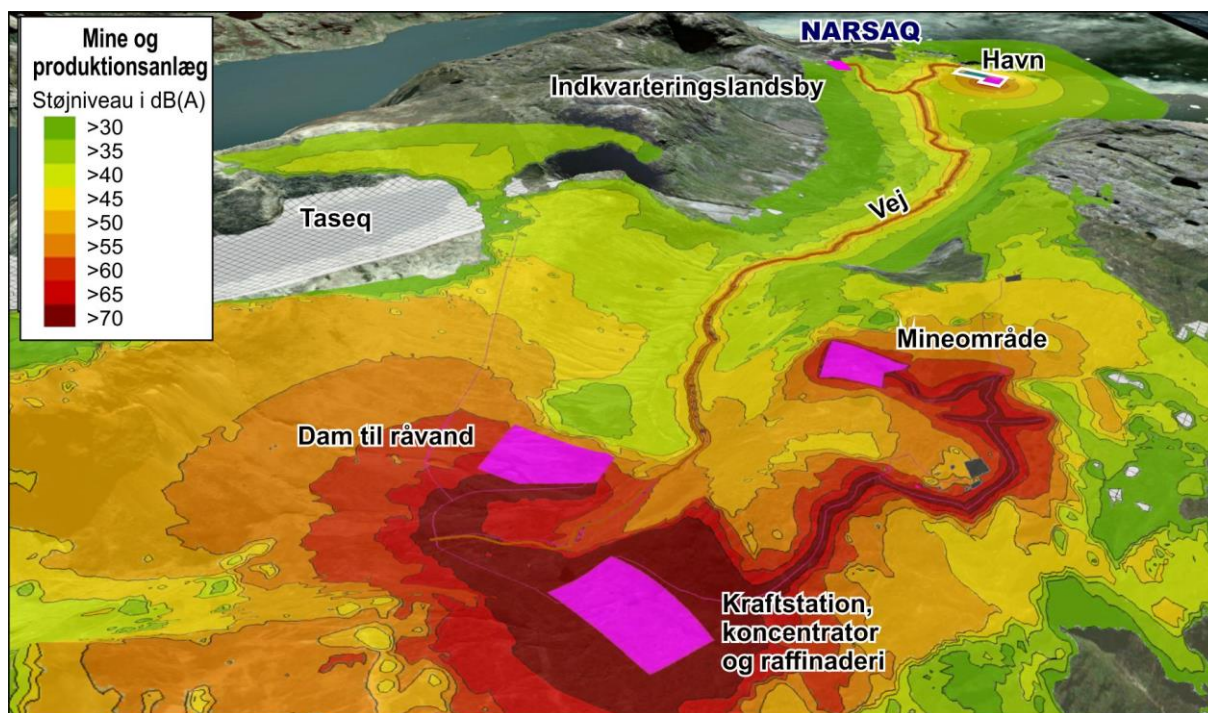
- Mineområdet (grube, transportveje, anlæg og kraftværk)
- Vejen fra havnen til minen
- Havneområdet.

Støjbelastninger for hvert af disse områder blev beregnet ved hjælp af SoundPlan-software. Der er anvendt konservative antagelser, som forventes at repræsentere maksimale kontinuerlige styrker fra støjklenderen [52]. De danske retningslinjer for støjbelastninger i industriområder på 70 dB(A) er blevet anvendt til at vurdere støjpåvirkningen under driften af projektet. Grænsen på 70 dB(A) gælder for en virksomheds ejendomsgrænse (hegnslinje). Da projektet ikke har noget klart afgrænset område (selvom der vil være indhegnede områder for at sørge for sikkerhed), er det rumlige mønster for

støjbelastninger blevet beregnet og beskrevet for hele arbejdsområdet med hensyn til identificerede støjklender og det område, der omgiver dem.

Den modellerede totale støjbelastningsfordeling, der opstår fra projektets drift i det åbne grubeområde, langs transportvejene og ved de to anlæg, ses i Figur 40.

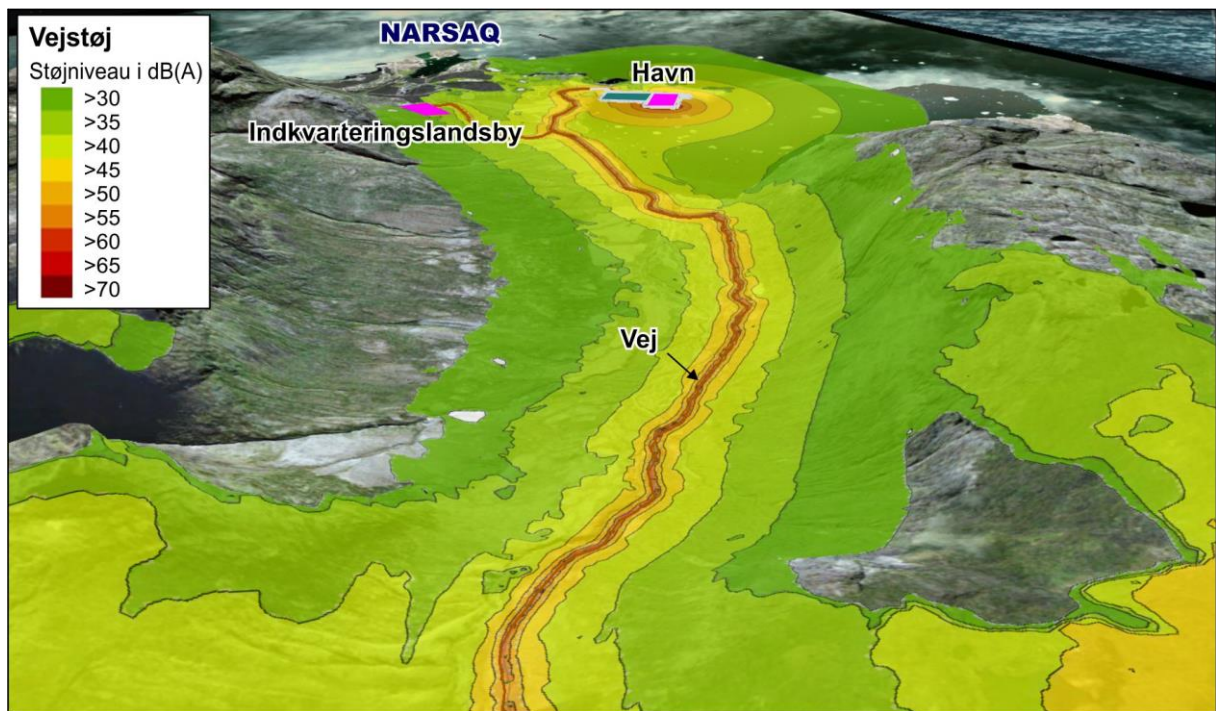
Støjbelastninger over 30 dB(A) i baggrunds niveau er begrænset til steder i umiddelbar nærhed af betydelig projektaktivitet samt de øverste dele af Narsaq-dalen.



Figur 40 Beregnet støjbelastning for mine- og forarbejdningsanlæg under driften

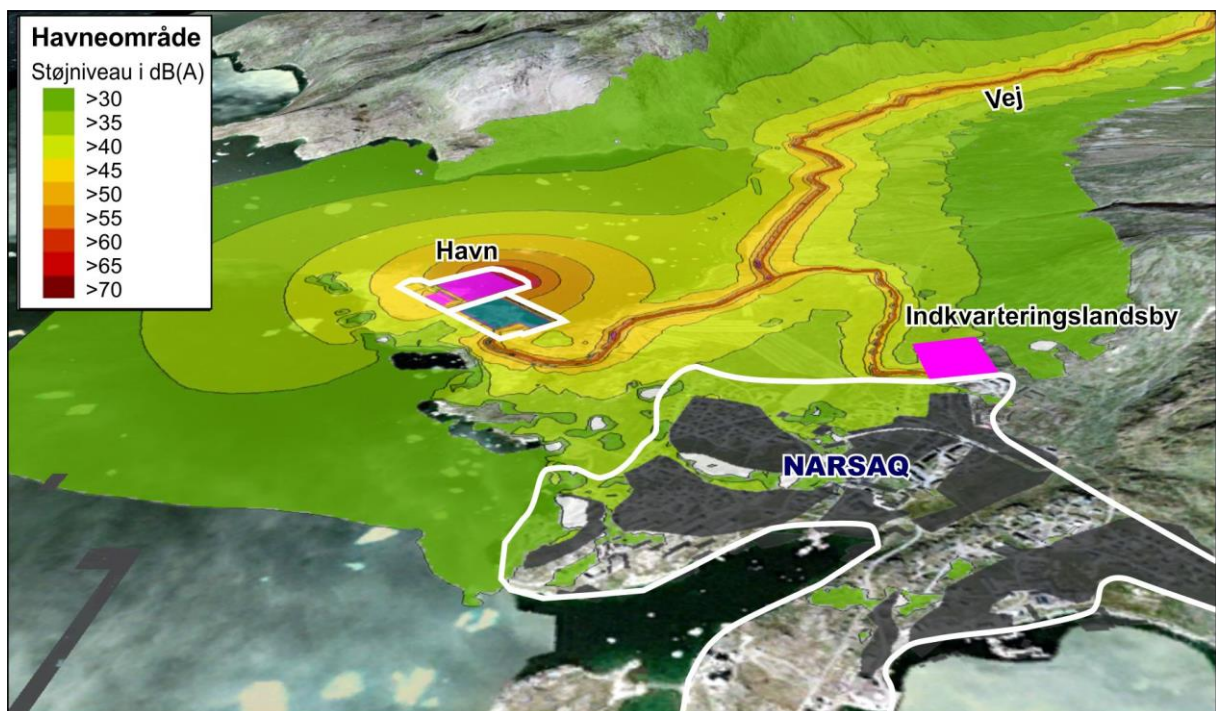
Støjfodsporet fra lastbiler, busser og andre køretøjer på vejen fra havnen til minen og i havnen kan ses i Figur 41. Støjniveauer over 30 dB(A) ud over baggrunds niveau strækker sig, afhængigt af terrænet, mellem 800 og 1.200 m på begge sider af vejen. Trafikken på vejen fra havnen til minen vil ikke forøge støjniveauet i byen Narsaq.

De støjfølsomme steder, der ligger tættest på vejen fra havnen til minen, er 9 sommerhuse beliggende i Narsaq-dalen lige nord for Narsaq. Disse sommerhuse bebos typisk kun i en del af året. Det beregnede projektrelaterede trafik-støjniveau ved husene tættest på vejen stiger til 38,0 dB(A) i løbet af dagen, 38,3 dB(A) om aftenen og 38,7 dB(A) om natten, kun lidt over de naturlige baggrunds niveauer [52]. Sammenlignet med danske støjgrænser for sommerboliger i dag-, aften- og nattetimer ligger de beregnede støjbelastninger under grænsen for støj i dagtimer (40 dB(A)), men over grænsen for aften- og nattetimer på 35 dB(A).



Figur 41 Beregnet støjbelastning langs vejen fra havn til mine og i det nye havneområde

Støjfodsporet fra projektaktiviteter i havnen ses i Figur 42. Den beregnede støjbelastning vil overstige 70 dB(A) i et lille område, hvor der losses containere [52]. Det område, hvor den gennemsnitlige støjbelastning overstiger baggrunds niveauet på 30 dB(A), strækker sig ca. 1.800 m fra havnens midte.



Figur 42 Beregnet støjbelastning i og omkring den nye havn i driftsfasen

Støjniveauet i boligområderne i Narsaq og ved den foreslåede placering af landsbyen vil være på mindre end 40 dB(A) og opfylder de danske vejledninger for støjniveauer i områder med blandet beboelse og erhverv, men forventes ikke at opfylde den danske retningslinje på 35 dB(A) for nattetimer i beboelsesområder med åbent og lavt boligbyggeri. Grønlands Selvstyre har ikke formelt vedtaget retningslinjer eller bestemmelser vedrørende støj fra industri.

Sprængninger i den åbne grube forventes at blive udført hver anden dag med potentiale for, at flere sprængninger bliver udført samtidig.

Arten og lydstyrken af støj fra sprængninger i grubeområdet vil afhænge af det valgte sprængningsregime, den type sten, der skal sprænges, ladningens størrelse og dybde, sprængstoftypen, lokal topografi og detonationssekvensen. Disse detaljer kendes ikke på nuværende tidspunkt, så støj og vibrationer fra sprængning er ikke beregnet. Den korte varighed af denne støjkilde betyder, at den kun vil udgøre et lille til ubetydeligt bidrag til de gennemsnitlige støjniveauer, der beregnes.

Den modellerede støjbelastningsfordeling fra projektaktiviteter viser, at arealet for industristøj på 70 dB(A) er meget lille og er begrænset til mineområdet og produktionsanlægget, til en smal korridor langs vejen mellem havnen og minen og til området ved havnen.

De forventede støjniveauer, der er forbundet med projektet, ligger i boligområderne i Narsaq langt under de danske grænseværdier. Trafikstøj vil overstige den danske grænse for aften og nat på 35 dB(A) for sommerhuse med op til 3,7 dB(A) ved to små huse i Narsaq-dalen. Ingen kendte følsomme dyrelivsområder vil blive påvirket af støj fra minedriften [52].

7.3.4 Lysemissioner

Byggeaktiviteter og aktiviteter under projektets driftsfase ved minen og produktionsanlægget og i havnen vil foregå dag og nat året rundt. I mørke vil byggepladserne blive belyst. Konsekvenserne af en sådan "økologisk lysforurening", hvor kunstigt lys ændrer naturlige lysmønstre i økosystemer, er generelt ikke kendt.

I timer med mørke og halvmørke vil lys fra anlægget og fra køretøjer på vejen fra havnen til minen være synligt fra sommerhuse og fra visse udsigtspunkter i nærheden af Narsaq. Sporadisk lys forbundet med køretøjer i bevægelse tæt på havnen på vejen fra havnen til minen vil være synligt fra Narsaq. Det samme gælder for det lys, der kommer fra havneaktiviteter og landsbyen. Lys, der er forbundet med projektaktiviteter, forventes dog ikke at have en betydelig påvirkning, og den samlede påvirkning vurderes at være lav.

Alvorlige konsekvenser af lys i ellers mørke områder, såsom tiltrækning af træfugle og risiko for kollisioner med høje strukturer med belysning er udførligt beskrevet [9]. Da der først og fremmest kræves kunstig belysning i vintermånederne, hvor der næsten ikke forekommer fugletræk, forventes der ikke at være betydelige påvirkninger fra lys fra projektets aktiviteter.

7.3.5 Fysisk ændring af landskabet som følge af en seismisk begivenhed

Som beskrevet ovenfor i dette afsnit ligger projektet i et område med lav seismicitet. OBE, SEE og MCE er blevet vurderet for projektet og blev angivet i Tabel 17. Heri tages risikoen for fysisk ændring af landskabet som følge af en seismisk begivenhed, der får FTSF-dæmningen til at svigte, i betragtning. For at vurdere denne risiko er påvirkningen af et SEE-jordskælv og et MCE-jordskælv (et jordskælv i styrke 5,4 i en afstand på henholdsvis 12,5 km og 10 km fra FTSF) blevet evalueret med hensyn til TSF-dæmningernes stabilitet. Resultaterne af den pseudo-statistiske stabilitetsanalyse viser, at kriterierne for sikkerhedsfaktorer (FoS) under de forudsatte betingelser forventes opfyldt for begge dæmninger for både SEE og MCE [75]. For yderligere at vurdere omfanget af enhver potentiel påvirkning blev omfanget af deformation, der måtte være resultatet af en MCE-begivenhed, anslået af KCB. En oversigt over deformationsestimaterne for FTSF- og CRSF-dæmningerne under MCE (en 1 i 10.000 år hændelse med den årlige sandsynlighedsværdi AEP (Annual Exceedance Probability)) er vist i Tabel 18.

Tabel 18 Deformationsestimater - TSF-dæmninger - MCE ([75] - Tabel 7-5)

Dæmning	Seismisk belastning	Anslået lateral deformation (95. percentil)
FTSF	MCE (1:10.000 AEP)	4,1 cm
CRSF	MCE (1:10.000 AEP)	4,5 cm

Resultaterne af de seismiske deformationsberegninger viser, at den anslåede deformation under de antagede forhold er ≤ 5 cm for både FTSF og CRSF. Designet af dæmningens øverste del og højden af niveauerne i dammene giver mulighed for 5 til 6 m fribord, og ved en deformation på 5 cm (≤ 1 %) er det usandsynligt, at designet anfægtes [75]. Derfor forventes den seismiske ydeevne (som vurderet ved seismiske deformationsberegninger) at være inden for tolerancen for dæmningens design. TSF-dæmningerne vil blive bygget ind i solid klippe og konstrueret ved hjælp af "nedstrøms"-metoden, der er anerkendt som den konstruktionsmetode, der leverer de mest stabile dæmninger [25]. På dette grundlag vurderes risikoen for, at en seismisk begivenhed forårsager et svigt i TSF og medfører fysisk ændring af landskabet, at være lav.

I tilfælde af, at FTSF skulle svigte, kunne man forvente at se fysisk ændring af landskabet nedstrøms fra FTSF. Modellering af potentielle former for svigt i FTSF har vurderet de sandsynlige fysiske, økologiske og radiologiske virkninger forbundet med et scenarie med dæmningssvigt, og disse påvirkninger omtales i afsnit 9, 10 og 12 i denne VVM. På grundlag af denne analyse kunne der forventes nedslidning og afskrabning af Taseq-dalen nedstrøms fra FTSF. Derudover ville der deponeres sediment langs sletten ved udmundingen af Narsaq-elven, og en midlertidig oversvømmelse ville opstå. Størstedelen af sedimentet ville forventes at blive deponeret i Narsap Ilua. Miljøpåvirkningen i tilfælde af et katastrofalt dæmningsbrud ville klassificeres som stor på baggrund af definitionen i ANCOLD, hvor der henvises til et markant ændret økosystem; men risikoen for, at dette sker, er meget lav [74]. Denne risiko vurderes igen i afsnit 14.

7.4 Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at reducere projektets indvirkning på det fysiske miljø:

- Forberende jordarbejde vil blive planlagt, så de så vidt som praktisk muligt falder ind i det omkringliggende landskab
- Der vil blive oplagret muldjord, hvor det er tilgængeligt, for at hjælpe med genbevoksning ved nedlukning eller med gradvis rehabilitering, hvor det kan lade sig gøre
- Dæmningerne til tailings vil blive planlagt, så de så vidt som praktisk muligt falder ind i det omkringliggende landskab
- Veje vil blive planlagt, så påvirkningen på det omkringliggende landskab minimeres
- Pramme vil blive fjernet ved minens nedlukning
- Dæmninger og afledningskanaler vil blive dækket med lokale materialer (sten og grus); med tiden kan dæmningerne blive dækket af naturlig vegetation, hvilket yderligere vil sørge for, at de falder ind i de naturlige omgivelser
- Der vil blive anvendt sten- og grusmaterialer til byggeriet, hvor dette er muligt
- Sprængninger skal foretages mellem kl. 08.00 og 18.00
- Køretøjstrafik langs vejen mellem havnen og minen og i havnen begrænses mellem kl. 22 og kl. 7 hver dag
- TSF-anlægget er designet til at leve op til internationale standarder, og der vil anvendes stenfyld i udformningen af dæmningen. Denne vil forankres ind i omgivende fast klippe.

7.5 Forventede påvirkninger

De forventede resultater for det fysiske miljø er opsummeret i Tabel 19.

Tabel 19 Forventede resultater for det fysiske miljø

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Fysisk ændring af landskabet og ændringer i landskabsæstetik	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Projektets fodaftryk	Permanent	Mellemstor
	Afbødende foranstaltninger Forberedende jordarbejde vil blive planlagt, så de falder ind i det eksisterende landskab så vidt som praktisk muligt. Dæmningskonstruktioner til tailings vil blive planlagt, så de falder ind i det eksisterende landskab så vidt som praktisk muligt. Veje vil blive planlagt, så indvirkningen på det eksisterende landskab minimeres. Pramme som bruges til udledning af tailings vil blive fjernet ved minens nedlukning. Dæmninger og afledningskanaler vil blive dækket med lokale materialer (sten og grus). Med tiden vil dæmningerne gro til, hvilket ligeledes vil reducere den visuelle påvirkning. Efter nedlukningen af minen vil de forstyrrede områder gro til, hvilket vil reducere den visuelle påvirkning.			
	Vurdering Flere af faciliteterne vil være synlige i Narsaq-dalen, selv om projektets fodaftryk er relativt lille. Bygninger nedrives ved nedlukning. Begrænset naturlig genbevoksning kan opstå med tiden.			
Erosion	Anlægsarbejde Drift	Projektets fodaftryk	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Der vil blive anvendt sten- og grusmaterialer til byggeriet, hvor dette er muligt.			
	Vurdering Konstruktionsmetoderne og tilpasningerne for infrastruktur vil begrænse erosion i en sådan grad, at der ikke forventes nogen erosion af betydning.			
Støj og vibration	Anlægsarbejde Drift	Projektets fodaftryk	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Sprængninger skal foretages mellem kl. 8.00 og 18.00.			
	Vurdering Den øgede støj i Narsaq vil opfylde de danske grænseværdier for områder med en blanding af erhverv og boliger, men vil overstige retningslinjerne for boligområder med åbent og lavt byggeri. Trafikstøj vil overstige den danske grænse for aften og nat på 35 dB(A) for sommerhuse med op til 3,7 dB(A) ved to små huse i Narsaq-dalen. Ingen kendte følsomme dyrelivsområder vil blive påvirket af støj under projektets driftsfase.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Lysemissioner	Anlægsarbejde Drift	Projektets fodaftryk	Minens levetid	Lav
	Afbødende foranstaltning Ingen afbødende foranstaltninger kræves.			
	Vurdering Sporadisk lys forbundet med køretøjer i bevægelse tæt på havnen på vejen fra havnen til minen vil være synligt fra Narsaq i mørke. Kunstig belysning vil primært være nødvendig i vintermånederne; på dette tidspunkt forekommer der næsten ikke fugletræk. Derfor er det usandsynligt, at belysningen her vil udgøre et problem for økologisk betydning.			
Fysisk ændring af landskabet på grund af jordskælvsinduceret TSF-nedbrud	Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Permanent	Lav
	Afbødende foranstaltning Ingen afbødende foranstaltninger kræves.			
	Vurdering Der er foretaget en probabilistisk vurdering af seismisk risiko for projektet, og stabiliteten i TSF-anlægget er blevet vurderet i forhold til de resulterende designparametre for bevægelser i jorden. TSF-dæmningerne opfylder eller overstiger den minimale sikkerhedsfaktor under alle forhold, inklusive det maksimale forventede jordskælv (MCE). Sandsynligheden for, at denne risiko forekommer, er meget lav, men konsekvensen kan imidlertid være "høj", hvis det skulle ske. Denne risiko omtales nærmere i afsnit 14.			

8. Atmosfæriske omgivelser

8.1 Eksisterende miljø

Grundniveauerne for emissioner af støv og gas er blevet overvåget i undersøgelsesområdet siden juli 2011 [19]. Overvågningsstationerne er placeret på gården i Narsaq-dalen, i byen Narsaq og syd for Narsaq.

Grundniveauer

Niveauerne af nitrogendioxid (NO₂) fra transport og forbrændingsteknologier er meget lave. Der var lidt højere gennemsnitlige NO₂-koncentrationer i Narsaq by efter måling i registreringsstation nummer 1 (NT1) sammenlignet med de to stationer placeret uden for byen (2,7 µg/m³ i forhold til 1,5 og 1,4 µg/m³). Det er sandsynligt, at dette er en konsekvens af trafikken i Narsaq.

Prøver af svovldioxid (SO₂) indikerede meget lave koncentrationer, under detektionsgrænsen på 0,1 µg/m³ ved de passive SO₂-prøvesamlere. Den primære kilde til SO₂ er den internationale langdistance-skibstrafik langs Grønlands kyst og skibstrafikken i Narsaq havn.

Niveauerne af ozon (O₃) var høje, og primært skyldes dette også langdistance-skibstrafik.

Ammoniak (NH₃) er meget opløseligt i vand og skylles effektivt ud af atmosfæren ved nedbør. Den gennemsnitlige NH₃-koncentration ved prøvesamlere (prøvetagningsstationen) på gården i Narsaq-dalen er lidt højere end ved de to andre prøvestationer (1,9 µg/m³ sammenlignet med 1,2 µg/m³ og 1,5 µg/m³), hvilket afspejler tilstedeværelsen af husdyr.

Årlige gennemsnitlige koncentrationer af **PM₁₀** (partikler på mindre end 10 µm) mellem 2011 og 2013 lå på ca. 1,3 µg/m³ ved prøvesamlere på gården i Narsaq-dalen. Til sammenligning er EU's årlige grænseværdi for PM₁₀ 40 µg/m³.

Årlige gennemsnitlige koncentrationer af **PM_{2,5}** (partikler på mindre end 2,5 µm) mellem 2011 og 2013 lå på ca. 0,5 µg/m³ (37 % af PM₁₀-værdien) ved prøvesamlere på gården i Narsaq-dalen. Til sammenligning er den årlige grænseværdi ifølge Canada Wide Standards (standarder gældende i hele Canada) for PM_{2,5} 10 µg/m³.



Figur 43 Placering af kontrolstationer til måling af emissioner

8.2 Potentielle påvirkninger

Projektets mulige påvirkninger på det omgivende atmosfæriske miljø under anlæg, drift og lukning er:

- Projektet vil danne støv, hvilket potentielt kan medføre forringet luftkvalitet og sekundære påvirkninger som følge af aflejring af støvet grundet dets fysiske eller kemiske sammensætning
- Projektet vil skabe gasformige luftemissioner (nitrogenoxider, svovloxider, sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)), som har potentiale til at reducere luftkvaliteten
- Projektet vil producere emissioner med drivhusgas fra forbrænding af diesel i mobilt udstyr og ved kraftværket.

8.3 Vurdering af påvirkninger

8.3.1 Støv

Baggrund

Projektet kan generere støv under alle projektets faser, hovedsageligt gennem materialehåndtering og køretøjers bevægelser. Partikelemissioner vil kunne påvirke både miljøet og menneskers sundhed.

Støvet i atmosfæren omtales som partikler (particulate matter) (PM). PM kategoriseres efter størrelse:

- **PM_{2,5}** Partikler fra forbrænding er typisk mindre end 2,5 mikrometer i diameter
- **PM₁₀** Mekanisk genereret støv fra materialehåndtering og vejstøv er grovere, med partikler, der typisk er mellem 2,5 mikrometer og 10 mikrometer i diameter
- **TSP (Total partikelkoncentration (svævestøv))** Kombinationen af alle partikler op til ca. 30 mikrometer i diameter.

Anlægsarbejde

Under anlægsfasen genereres der partikler i forbindelse med forberedelsen af stedet til minedrift og de tilknyttede aktiviteter, herunder landrydning, fjernelse af muldrag, vejudjævning, læsning og transport af materiale, kørsel på ikke-asfalterede veje og vinderosion fra udsatte områder.

Emissioner fra byggeaktiviteter vil være lokale og begrænset til den treårige konstruktionsperiode.

Drift

I projektets driftsfase vil minedrift og forskellige procesrelaterede aktiviteter frembringe støv. De centrale emissionskilder under projektets driftsfase identificeres som:

- Minedrift
- Anlæg (koncentrator, raffinaderi og syreanlæg)
- Energiproduktion på stedet
- Aktiviteter i havnen (inklusive anløb af skibe).

Nedlukning

I projektets nedlukningsfase vil vandbehandling af supernatant vand fra TSF-anlægget fortsætte. Det vil kræve dieseldrevet generering af elektrisk energi og et begrænset antal bevægelser med køretøjer. Disse aktiviteter vil skabe udstødningsgasser fra forbrænding af diesel.

Efter nedlukning

Ingen løbende aktiviteter i fasen efter nedlukningen har kapacitet til at kunne skabe målbare emissioner.

Luftkvalitetsmodellering og vurderingsmetode

Emissionerne blev vurderet for at påvise projektets indvirkning på luftkvaliteten i de forskellige faser. Alle identificerede emissioner blev taget med i estimerne, og de årlige emissioner blev beregnet for hver fase.

Alt efter typen af og kilderne til emissionerne plus den fysiske fordeling af disse kilder og varigheden af hver fase af projektet blev projektets driftsfase identificeret som den periode, der har den betydeligste påvirkning på den omgivende luftkvalitet.

Hvad angår byggefasen er det ekstremt vanskeligt med nøjagtighed at modellere fordelingen af den samlede flytning af materialer i det pågældende år. Der er en høj grad af rumlig og tidsmæssig usikkerhed i emissionsberegningerne på grund af byggeaktiviteternes natur. Dette vil uundgåeligt føre til modellering af maksimale emissioner for alle de aktiviteter, der ligger inden for modellens tidsramme, dvs. et ikke-repræsentativt scenarie. For eksempel antages emissionerne fra sprængning, udgravning, materialeflytning og lastbilkørsel at forekomme hver time gennem året. De modellerede resultater vil ikke være repræsentative for den faktiske situation. På trods af dette blev der udført en kvalitativ vurdering på grundlag af emissionsmængden sammenlignet med driftsfaserne.

Mens de årlige PM₁₀-emissioner fra byggefasen (666,4 t/år) er ca. 30 % højere end for driftsfasen (544,1 t/år), vil emissionerne under driftsfasen forekomme i 37 år sammenlignet med 3 år for byggefasen og derfor udgøre en større mulig påvirkning. Emissionerne under og efter nedlukning vil udgøre mindre end 10 % af emissionerne under driftsfasen som vist i Tabel 20.

Tabel 20 Årlige PM₁₀-emissioner for hver projektfase ([19] - Tabel 2-22, 2-23)

Parameter	Anlægsarbejde	Drift	Nedlukning	Efter nedlukning
Årlige PM ₁₀ -emissioner (tons/år)	666,4	544,1	35,9	3,1
Påvirkningstype	Kortvarig (123,6 uger)	Langvarig (37 år)	Kortvarig (6 år)	Kortvarig
Emissionsmængde	Lav / Mellemstor	Mellemstor	Lav	Lav
Emissionsfrekvens	Sporadisk	Regelmæssig	Periodisk	Periodisk
Emissionens betydning	Lav til Mellemstor	Mellemstor	Lav	Lav

Mens de årlige emissioner af TSP (støv) fra byggefasen (2.650 t/år) er ca. 50 % højere end for driftsfasen (1.362 t/år), vil emissionerne under driftsfasen forekomme i 37 år, hvilket giver en større potentiel påvirkning. Emissionerne under og efter nedlukning vil udgøre mindre end 10 % af emissionerne under driftsfasen.

Detaljerede beregninger for emissioner blev foretaget for hver projektfase. Derudover blev projektets driftsfase underkastet udstrakt modelberegning ifølge metoder, der anvendes som standard i branchen [1] [19].

Detaljerede emissioner fra projektets faser med konstruktion, nedlukning og efter nedlukning er blevet kvantificeret for forurenende stoffer, herunder TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, SO₂, sodpartikler og PAH. Disse detaljerede estimer findes i rapporten over luftkvalitet udarbejdet af ERM [19].

Luftkvalitetsmodellering fokuserede på undersøgelsesområdet. Der er blevet identificeret kilder til betydelige luftemissioner, emissionsraterne fra disse kilder er blevet anslået, og der er blevet udført

spredningsmodellering. Luftemissioner fra alle kilder blev taget med i modellerne, herunder knusningsanlægget [19] og syreanlæggene på bearbejdningsanlæggets område [79].

Modellerede koncentrationer ved jordoverfladen for de vigtigste forurenende stoffer (TSP, PM_{2,5}, PM₁₀, SO_x, NO_x, sodpartikler og PAH) er blevet sammenlignet med vurderingskriterierne for luftkvaliteten for at bestemme den potentielle indvirkning på det fysiske miljø og menneskers sundhed. Hertil er støvnedfaldsrate blevet modelleret for TSP, og metalindholdet er blevet anslået.

Analysen omfattede den potentielle påvirkning, der ville kunne tilskrives projektet isoleret set, samt den kumulative påvirkning fra projektet sammen med de eksisterende emissionskilder i undersøgelsesområdet.

Emissionerne og luftkvaliteten blev modelleret ved hjælp af CALPUFF-modellen, der er en branchestandard udpeget af USEPA (myndighed i USA med ansvar for miljøbeskyttelse) som en "foretrukken model" i dens publikation Guideline on Air Quality Models (retningslinje for luftkvalitetsmodeller).

Ved modellering blev det konservativt antaget, at der ikke anvendtes støvkontrol i projektet. Dette skulle sikre, at den maksimale potentielle emissionsprofil blev vurderet. Det skønnes, at støvemissionerne ville være 63 % lavere, hvis foranstaltningerne med støvkontrol blev medregnet i modelleringen.

Følsomme receptorsteder

Ud over koncentrationer ved jordoverfladen af støv og forbrændingsprodukter blev der beregnet koncentrationer for 58 følsomme receptorsteder, der blev udvalgt, fordi de anses for at være eksempler på værdier, der er værd at beskytte. Disse steder omfatter:

- Fire steder i Narsaq
- Gården i Narsaq-dalen
- Fem sommerhuse i Narsaq-dalen
- Stedet for den foreslåede landsby
- 45 arkæologiske steder og
- Grostedet for den sårbare rundbladede rhizomgøgeurt (*Amerorchis rotundifolia*).

Kriterier for luftkvalitetsvurdering

Grønland har udviklet luftkvalitetskriterier, som skal anvendes i forbindelse med minedrift.

Tabel 21 Sammen drag af kriterier for vurdering af luftkvalitetsindvirkninger [19]

Forureningsparameter	Kriterieværdi	Tidsrum for vurdering
PM _{2,5}	30 µg/m ³	24 timer
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 timer
TSP (Total Suspended Particles, totale luftbårne partikler)	4 g/m ²	Måned
SO ₂	125 µg/m ³	24 timer
NO ₂	100 µg/m ³	24 timer

Med hensyn til relevante standarder anbefaler retningslinjerne [45], at de drøftes med andre jurisdiktioner, f.eks. Canada eller Danmark (med henblik på overensstemmelse med EU's retningslinjer), hvor passende grønlandske kriterier ikke er tilgængelige. Der er blevet foretaget en mere omfattende gennemgang af vurderingskriterierne for at identificere kriterier, der egner sig til at

bestemme den potentielle påvirkning for alle de værdier, der anses for vigtige for projektet (dvs. det fysiske miljø, livsmiljøet samt arealanvendelse, naturbevarelse og kulturarv).

En sammenfatning over de kriterier, der er anvendt ved vurderingen, er vist i Tabel 22.

Tabel 22 Oversigt over kriterier for vurdering af indvirkningen på luftkvaliteten ([19] - Tabel 1-9)

Parameter	Kilde til grænsekriterie	Grænsekriterie	Enheder	Tidsrum til beregning af gennemsnit
TSP	Canada NAAQOs	60	g/m ²	Årligt gennemsnit
		120	g/m ²	24-timers maksimum
PM ₁₀	EU Direktiv 2008/50/EF	40	µg/m ³	Årligt gennemsnit
		50	µg/m ³	24-timers maksimum
PM _{2,5}	Canada CWS	10	µg/m ³	Årligt gennemsnit
	Canada NAAQOs	15	µg/m ³	24-timers maksimum
TSP (Aflejring af støv)	Tyskland	0,35	g/m ² /d	Årligt gennemsnit
	Norge	5	g/m ² /m	Månedligt maksimum
NO ₂	Grønland	100	µg/m ³	24-timers maksimum
	EU Direktiv 2008/50/EF1	40	µg/m ³	Årligt gennemsnit
		200	µg/m ³	1-times maksimum
H ₂ S Total reduceret svovl	Canada B.C. PCO	7	µg/m ³	24-timers maksimum
		3	µg/m ³	1-times maksimum
SO ₂	Canada NAAQOs	30	µg/m ³	Årligt gennemsnit
		450	µg/m ³	1-times maksimum
	Grønland	125	µg/m ³	24-timers maksimum
	EU Direktiv 2008/50/EF2	20	µg/m ³	Vinter-gennemsnit
SO ₄	Australien NSW DEC Svovlsyre (H ₂ SO ₄)	18	µg/m ³	1-times maksimum
Kvælstofaflejring	WHO Retningslinjer for Europa	5	kg ha ⁻¹ år ⁻¹	Årligt

Støvpartikler (Particulate Matter)

Modelleringsresultaterne viser, at de forventede koncentrationer ved jordoverfladen for TSP, PM₁₀, PM_{2,5} og støvaflejring ikke overskrider det relevante vurderingskriterium ved receptorstederne (isoleret og kumulativt). Resultaterne fra modelleringen er i sagens natur konservative, da de forudsætter forhold, som ville opstå uden relevante kontrolforanstaltninger (det skønnes, at hvis foranstaltninger for støvkontrol blev medregnet i modelleringen, kunne støvemissioner reduceres med helt op til 63 %).

De højeste samlede støvemissioner forventes i mineområdet tæt ved gruben. Materialehåndtering, transport og sprængning er de mineaktiviteter, der forventes at medføre den største påvirkning fra støvemissioner.

Estimer for årlige emissioner fra de forskellige aktiviteter med minedrift er baseret på data udarbejdet af den amerikanske miljøbeskyttelsesmyndighed (EPA). De anslåede mængder støv fra minedrift er vist i Tabel 23, og tabellen identificerer, at transport af malm og affaldssten er den primære kilde til udvikling af støv.

Tabel 23 Anslåede årlige mængder støv, der produceres fra de primære minedriftsaktiviteter ([19 – Tabel 2-3, 2-4])

Minedriftsaktivitet	PM ₁₀	TSP	PM _{2,5}
	(kg/år)		
Materialehåndtering	29.056	86.844	8.543
Transport	257.074	1.046.235	75.580
Sprængning	2.090	4.018	614

Den højeste årlige gennemsnitskoncentration af PM_{2,5}-emissioner forventet ved centrale receptorer (isoleret fra baggrundskilder) er 5 % af de respektive vurderingskriterier. Den årlige isolerede gennemsnitskoncentration af PM_{2,5} var på 0,5 µg/m³ sammenlignet med opdaterede grænsekriterier på 8,8 µg/m³ (med virkning fra januar 2020 i Canada) [19].

Den højeste maksimale 24-timers koncentration af TSP (svævestøv), PM₁₀, PM_{2,5} og TSP-støvaflejring forventet ved centrale følsomme receptorer er fremhævet i Tabel 24 nedenfor.

Tabel 24 Forudsete maksimale 24-timers støvniveauer (isoleret), sammenlignet med vurderingskriterier ([19] - ES-1)

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}	TSP Støvaflejring
Forudset maksimal 24-timers koncentration for projektet alene	8,7 µg/m ³	7,4 µg/m ³	4,4 µg/m ³	0,007 g/m ² /måned
Canada (NAAQO) og CWS	120 µg/m ³		15 µg/m ³	
EU-direktiv (2008/50)		40 µg/m ³		5 g/m ² /måned
Grønlandsk standard		50 µg/m ³	30 µg/m ³	4 g/m ² /måned

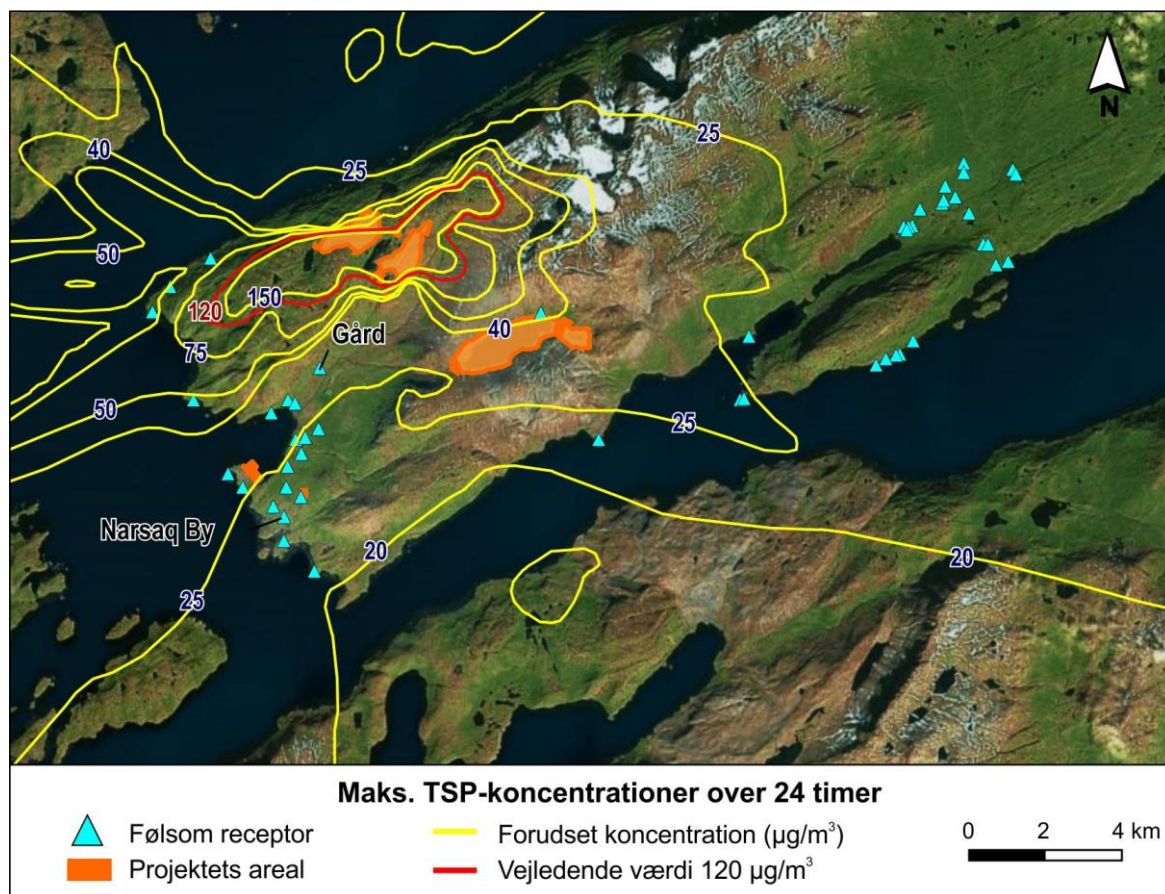
For alle typer partikler blev det højeste årlige gennemsnit og de maksimale 24-timers koncentrationer og aflejringer anslået ved gården i Ilua-dalen. Gården ligger tæt på vejen fra havnen til minen og er den følsomme receptor, der er nærmest minen og produktionsanlægget.

Alle beregninger af partikelemissioner ved de vigtige receptorsteder lå under de respektive vurderingskriterier [19].

Resultaterne vist ovenfor omfatter udelukkende projektets bidrag til luftkvalitetsparametre. De resultater, der vises i de følgende afsnit, omfatter den kumulative indvirkning på luftkvalitetsparametre, hvor baggrunds-niveauer og projektbidrag vurderes samlet.

TSP

Forventede jordniveau-koncentrationer af støv (24-timers maksimum) ses i Figur 56. Konturerne viser de største koncentrationer tæt på mineområdet, med hurtigt faldende koncentrationer længere væk fra minen. Grønlands retningslinjer for luftkvalitet omfatter ikke et 24-timers maksimum for TSP. Canadas NAAQO har imidlertid en standard på 120 µg/m³ som maksimalt acceptabelt niveau i løbet af et tidsrum på 3 timer. Modelleringsundersøgelsen viser, at denne standard ikke overskrides uden for mineområdet.



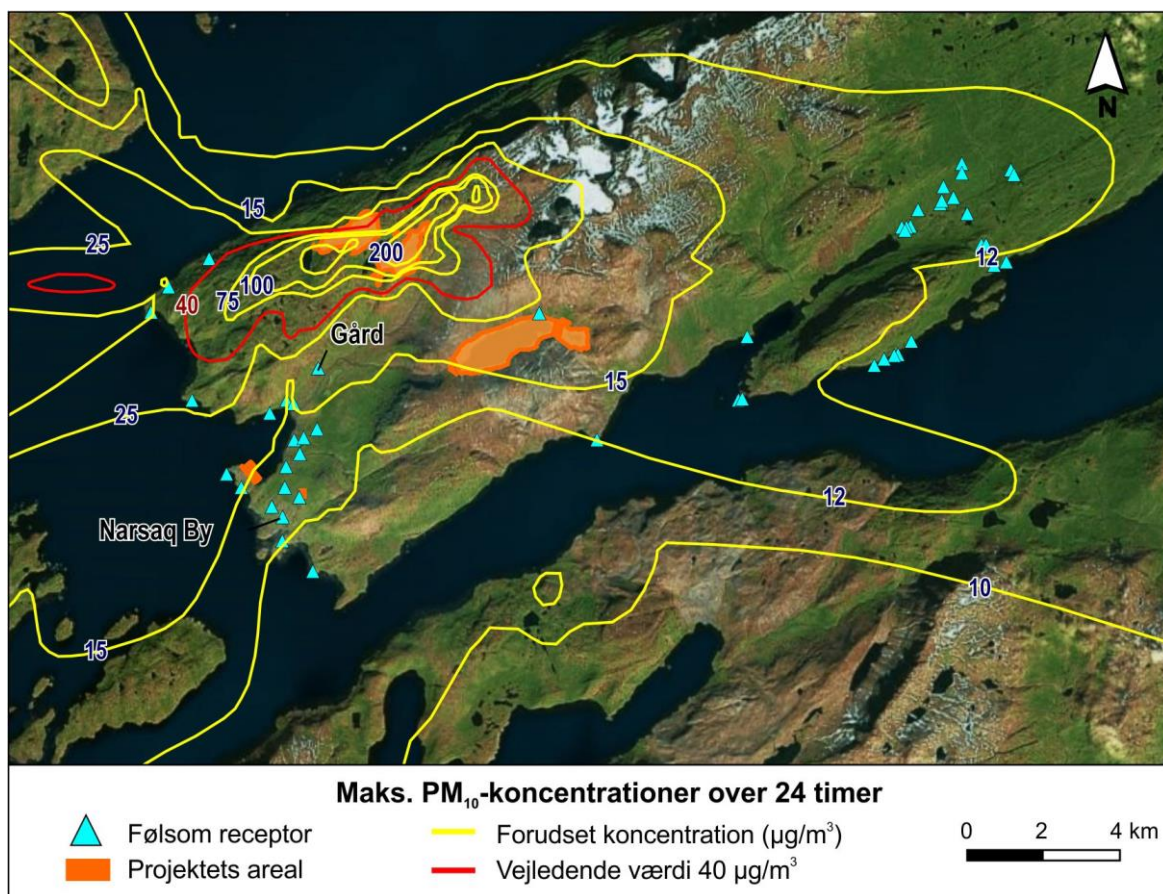
Figur 44 Maksimale 24-timers koncentrationer af luftbårne partikler (TSP) i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (kumulative)

Den højeste 24-timers koncentration, $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fandtes ved gården i Narsaq-dalen. Denne værdi er langt under vurderingsgrænseskriteriet på $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Blandt de tre følsomme receptorsteder, der blev modelleret i Narsaq, forventes Narsaq by (NT1) (Figur 43) at have den højeste 24-timers koncentration, $22,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PM₁₀

Den højeste maksimale 24-timers koncentration for PM₁₀, $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, forventes ved gården i Narsaq-dalen. Ved NT1 er koncentrationen på $12,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvoraf $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er baggrundsstøv, dvs. det eksisterende støvniveau i byen, der primært er et resultat af støv fra trafik på grusveje. Den forventede maksimale 24-timers koncentration for alle receptorer overstiger ikke EU-grænseskriteriet for vurderingen på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 45 viser den maksimale koncentration af PM₁₀ i løbet af et 24-timers tidsrum.

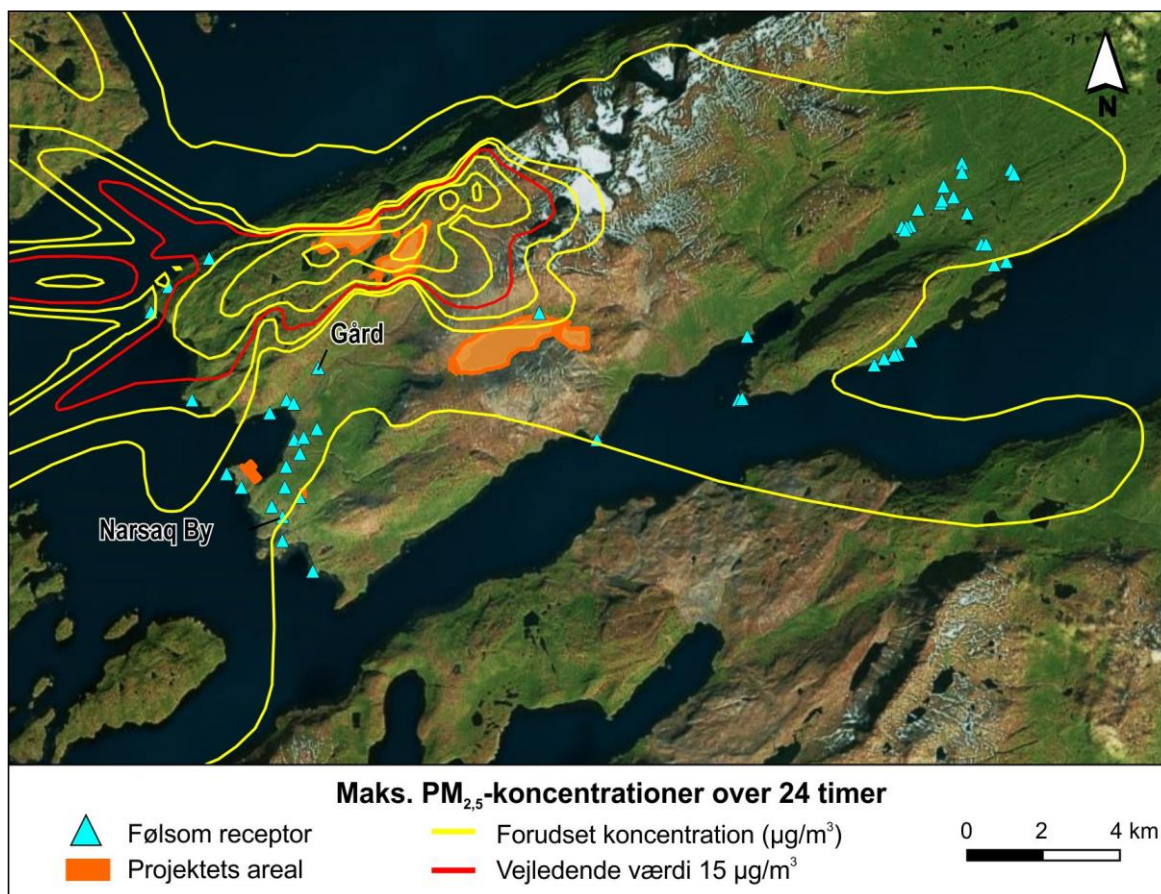


Figur 45 Maksimale 24-timers koncentrationer af PM₁₀ partikler i µg/m³

PM_{2,5}

Fordelingen af PM_{2,5} forventes at minde meget om fordelingen af PM₁₀ (omend i lavere koncentrationer) med de højeste værdier registreret tæt på minen (Figur 46).

Den højeste maksimale 24-timers koncentration, 7,9 µg/m³, forventes ved gården i Narsaq-dalen. Ved NT1 er koncentrationen på 5,4 µg/m³. Den forventede maksimale 24-timers koncentration overstiger ikke Canadas grænsekriterie for vurderingen på 15 µg/m³.



Figur 46 Maksimale 24-timers koncentrationer af PM_{2,5}-partikler i µg/m³

Det forventes, at det meste af det støv, der frembringes af projektet, vil blive aflejret på selve projektområdet og på det bjergrige plateau sydvest for den åbne grube. Prognoser for støvaflejring er baseret på flere faktorer, herunder vindhastighed og -retning. De beregnede tal for støv bestemmes ud fra forventede maksimale 1-timers værdier og viser aflejringen i gram pr. kvadratmeter, hvis denne maksimale 1-times værdi varede i en hel måned.

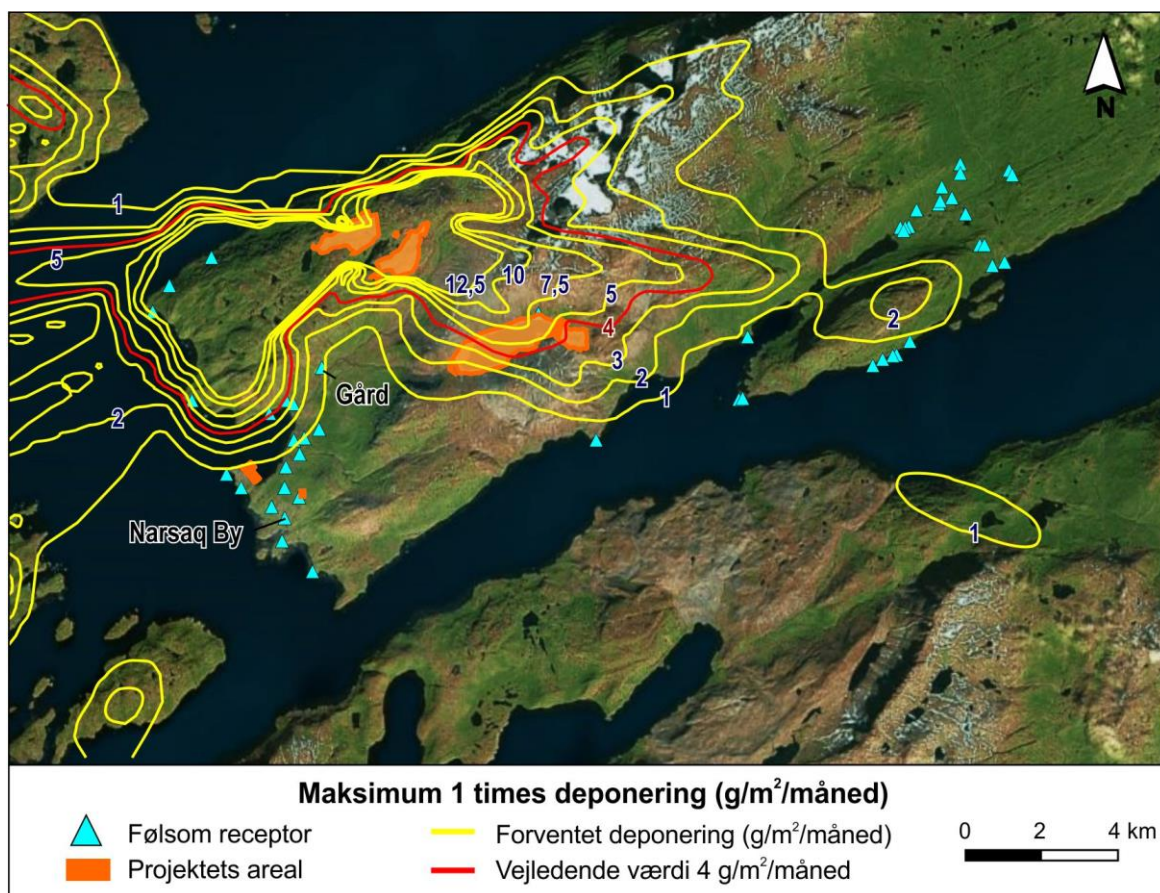
Figur 47 illustrerer den forventede aflejring af støv fra projektet. Den højeste TSP støvaflejningskoncentration, 0,11 g/m²/måned, findes ved gården i Narsaq-dalen. Ved NT1 (og ved alle andre receptorer) er aflejningskoncentrationen 0,1 g/m²/måned. De forventede årlige gennemsnitlige og månedlige maksimale koncentrationer af TSP overstiger ikke den vejledende grønlandske værdi på 4 g/m²/måned [45].

Støvaflejring fra minedrift og grusveje kan påvirke vegetationen på tundraen via belægning af blade med støv [8] [47]. Støv, der aflejres på vegetation, kan også have indflydelse på pattedyr og fugle, der spiser den berørte vegetation.

Forskere i det nordlige Canada har observeret en reduktion på 50 til 75 % i densiteten af canadiske rendyr, hvor den beregnede støvaflejring oversteg ca. 20 kg/ha/år (5,5 mg/m²/dag) [11]. Densiteten af canadiske rendyr steg hurtigt til normalt niveau ved lavere støvniveauer. Der findes ikke rendyr i undersøgelsesområdet, men observationer fra Canada antyder en tærskel for støvaflejring i størrelsesordenen 0,16 g/m²/måned, hvilket også kan være relevant for polarhare, får og fugle, som f.eks. fjeldrypen, der lever af vegetationen.

Modelleringen har vist, at arealet med støvaflejring over 0,16 g/m²/måned strækker sig mindre end et par hundrede meter fra minens åbne grube og transportveje. For alle følsomme receptorer er støvaflejring under 0,11 g/m²/måned. Den potentielle påvirkning fra støvaflejring på vegetation og pattedyr (herunder får) og fugle vurderes som værende lav.

Alle partikelkoncentrationer ligger på under 20 % (isolerede projektemissioner) og 40 % (kumulativ værdi, inklusive baggrundsemissioner) af vurderingskriterierne. Derfor vurderes påvirkningen fra partikelemissioner fra projektet at være lav [1] [19].



Figur 47 Maksimal 1-times aflejring af støv - kumulativ (g/m²/måned)

Sammensætning af støv

Sammensætningen af aflejret støv afspejler sammensætningen af det materiale, hvorfra støvet stammer. Den største støvkilde er grusvejene til transport (ca. 92 % af alt støv). Transportvejene vil blive bygget af lokalt fremskaffet grus og affaldssten fra minen. Sammensætningen af støvpartiklerne vil afspejle materialet til vejbygningen. Støv, der stammer fra malmen, forventes ikke at bidrage væsentligt til støvbelastningen på transportvejen.

Støvpartikler fra andre minedriftsaktiviteter ved minen vil dannes af affaldssten og malm. Det antages, at støvdannelsen vil afspejle bevægelserne af materiale i gruben. Hvis der udgraves 1:1 sten og malm i gennemsnit, antages det, at affaldssten og malm vil bidrage ligeværdigt til støvemissionerne med hver 50 %.

For at anslå belastningen fra metalaflejringer i støv fra minen er følgende maksimale metalkoncentrationer (støv fra malm og støv fra affald) blevet anvendt som vist i Tabel 25. Disse koncentrationer blev afledt fra laboratorietestarbejde [67].

Tabel 25 Maksimale koncentrationer af metaller i udledt støv – vist efter støvkilde

Element	Maksimale koncentrationer af metaller i støv µg/g (ppm)	
	Malm	Gråbjerg
Arsen (As)	19	5
Cadmium (Cd)	0,5	< 0,5
Cerium (Ce)	6.500	800
Fluor (F)	19.100	7.591
Lanthan (La)	4.300	500
Bly (Pb)	474	39
Kviksølv (Hg)	1	1
Mangan (Mn)	5.758	2.617
Nikkel (Ni)	2	10
Thallium (Tl)	3	2
Thorium (Th)	1.220	38*
Uran (U)	390	62*
Yttrium (Y)	1.500	200
Zink (Zn)	3.615	662
Zirkonium (Zr)	2.178	1.854

* Gennemsnitlig koncentration i Ilimaussaq-intrusionen ([120] - Tabel 3-1)

For at forudsige den maksimale årlige belastning fra metalaflejringer ved gården i Narsaq-dalen og ved NT1 (Tabel 26) blev den højeste af værdierne for hvert metal i Tabel 25 (f.eks. 19 ppm for As og 10 ppm for Ni) multipliceret med observerede TSP-deponeringsrater [44].

De beregnede værdier for maksimal belastning fra deponering for 6 vigtige metaller ved gården i Ilua-dalen og ved NT1 ligger under de grønlandske grænsekriterier for deponering [45].

Tabel 26 Sammenligning af maksimale aflejringer af metal i forhold til Grønlands grænseværdier [45]

Element	Maksimal årlig belastning fra deponering µg/m ² /måned eller Bq/m ² /måned		Grønlands grænseværdi for deponeringshastigheder [45] µg/m ² /måned
	Gården i Narsaq-dalen	NT1	
Arsen (As)	19	< 19	120
Cadmium (Cd)	0,5	< 0,5	60
Bly (Pb)	479	< 479	3.000
Kviksølv (Hg)	1	< 1	1,5
Nikkel (Ni)	10	< 10	450
Thallium (Tl)	3	< 3	60
Uran (U)	0,6	0,08	--
Thorium (Th)	1,5	0,2	--
Radium-226 (Ra-226)	0,007	0,001	--
Radium-228 (Ra-228)	0,006	0,001	--
Bly-210 (Pb-210)	0,007	0,001	--
Polonium-210 (Po-210)	0,007	0,001	--

8.3.2 Gasformige emissioner

Gasformige emissioner fra forbrænding forbundet med kraftværket og mobilt udstyr og fra syreanlæggene omfatter:

- **NO_x** Primært nitrogendioxid (NO₂)
- **SO_x** Primært svovldioxid (SO₂) og hydrogensulfid (H₂S)
- **Cl₂** Klorgas
- **Sodpartikler** En bestanddel af sod, som udledes på grund af ufuldstændig forbrænding af brændstof
- **PAH** Organiske forbindelser produceret under forbrænding.

Anlægsarbejde

Dieseldrevet mobilt udstyr og stationær energiproduktion vil frembringe gasformige emissioner. Udledninger fra anlægsarbejde vil være begrænset til den treårige byggeperiode.

Drift

I projektets driftsfase vil minedrift og forskellige procesrelaterede aktiviteter frembringe gasformige emissioner. De vigtige emissionskilder under projektets driftsfase identificeres som:

- Minedrift
- Drift af produktionsanlæg (koncentrator, raffinaderi og syreanlæg)
- Energiproduktion på stedet
- Aktiviteter på havnen (inklusive anløb af skibe).

Emissioner af zinksulfid, calciumfluorid, saltsyretåge og klorgas fra produktionsanlæg vil være lave og under retningslinjerne [19] [79]. Derfor blev disse emissioner ikke evalueret yderligere.

Nedlukning

I projektets nedlukningsfase vil vandbehandling af supernatant fra TSF-anlægget fortsætte. Det vil kræve dieseldrevet produktion af elektrisk energi og et begrænset antal bevægelser med køretøj. Disse aktiviteter vil medføre udstødningsgasser fra forbrænding af diesel.

Efter nedlukning

Ingen løbende aktiviteter i fasen efter nedlukningen har kapacitet til at kunne skabe målbare emissioner.

Luftkvalitetsmodelleringen beskrevet i afsnit 8.3.1 blev også brugt til at modellere gasformige emissioner.

Som beskrevet nedenfor viser de kumulative modelleringsresultater, at de forventede koncentrationer ved jordoverfladen for kvælstofaflejring (NO₂, H₂S, SO₂ og SO₄) ikke overskrider det relevante grænsekriterie på receptorstederne. Påvirkningen fra gasformige emissioner for projektet vurderes at være lav [19].

Projektets gasformige emissioner blev vurderet i forhold til retningslinjer som vist i Tabel 27.

SO_x

For alle svovlforbindelser er den højeste forventede koncentration 1-times maksimumværdien for SO₂ på 66 µg/m³ i indkvarteringsbyen (Tabel 27). Dette er 19 % af de respektive grænsekriterier.

De modellerede svovlkoncentrationer er alle under grænsekriterierne for vurderingen. Den potentielle påvirkning fra udledningen af svovlforbindelser fra projektet er vurderet som værende lav.

Tabel 27 Sammenligning af forventede emissionskoncentrationer af svovlforbindelser i forhold til grænsekriterier (kumulativ påvirkning) ([19] - Tabel ES-2)

Stof	Kilde til kriterie	Grænse-kriterie	Enheder	Tidsrum til beregning af gennemsnit	Højeste Gn.snit eller Max	% af grænse kriterie	Receptor
H ₂ S	Canada B.C. PCO	7	µg/m ³	24-timers maksimum	> 0,001	> 1 %	Gård
		3	µg/m ³	1-times maksimum	> 0,001	> 1 %	Sommerhus 4
SO ₂	Canada NAAQOs	30	µg/m ³	Årligt gennemsnit	0,48	24 %	Gård
		450	µg/m ³	1-times maksimum	66	19 %	Landsby
	Grønland	125	µg/m ³	24-timers maksimum	6,2	5 %	Gård
SO ₄	Australien NSW Svovlsyre (H ₂ SO ₄)	18	µg/m ³	1-times maksimum	0,007	> 1 %	Sommerhus 4

NO_x

For aflejring af NO₂ og kvælstof er den højeste forventede koncentration den 1-times maksimumværdi for NO₂ på 192 µg/m³ i indkvarteringsbyen (Tabel 28). Dette er 96 % af det respektive grænsekriterie.

De modellerede koncentrationer af nitrogenoxid er alle under grænsekriterierne for vurderingen. Den potentielle påvirkning fra udledningen af svovlforbindelser fra projektet er vurderet som værende lav.

Tabel 28 Sammenligning af forventede emissionskoncentrationer af kvælstofoxider i forhold til grænsekriterier (kumulativ påvirkning) ([19] - Tabel ES-2)

Stof	Kilde til kriterie	Grænse-kriterie	Enheder	Tidsrum til beregning af gennemsnit	Højeste Gn.snit eller Max	% af grænse-kriterie	Receptor
NO ₂	EU Direktiv 2008/50/EF	40	µg/m ³	Årligt gennemsnit	6,3	16 %	Gård
		200	µg/m ³	24-timers maksimum	192	96 %	Gård
		100	µg/m ³	1-times maksimum	58,3	58 %	Landsby
Kvælstof-aflejring	WHO	5	kg/ha/år	Årligt	1,011	20 %	Gård

Sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)

Sodpartikler og PAH fremkommer under den ufuldstændige forbrænding af dieselbrændstof. De vigtigste kilder til sodpartikler og PAH er kraftværket og dieselmotorerne i stationært og mobilt udstyr.

Der er foretaget en kvalitativ vurdering af PAH på grundlag af spredningsmodellering for sodpartikler. Som det er tilfældet med PAH, kommer emissionerne af sodpartikler primært fra forbrændingskilder.

For sodpartikler forventes det højeste årlige gennemsnit og den maksimale 24-timers koncentration at forekomme ved gården i Narsaq-dalen, henholdsvis 0,09 µg/m³ og 0,664 µg/m³. Der findes ingen specifikke retningslinjer for luftkvaliteten for sodpartikler, og forventede koncentrationer kunne ikke sammenlignes med et relevant vurderingskriterie.

På grundlag af de årlige emissioner for sodpartikler og PAH er den kvalitative maksimale PAH-effekt anslået til 0,13 ng/m³. Det er henholdsvis 52 % og 13 % af det britiske luftkvalitetsmål (0,25 ng/m³) og EU-målværdien (1 ng/m³). Selv om dette kun er en kvalitativ vurdering, ligger den forventede PAH-koncentration tilstrækkeligt under kriterierne for luftkvaliteten fastsat for vurderingen til, at risikoen for at overskride kriterierne må anses for at være lav.

Den potentielle påvirkning fra sodpartikler og PAH for projektet vurderes som værende lav.

8.3.3 Drivhusgasser

Drivhusgasser (DHG) spiller en vigtig rolle i reguleringen af Jordens temperatur. Antropogene drivhusgasser, for eksempel dem, der produceres ved forbrænding af fossile brændstoffer (f.eks. kul og olie), forårsager en stigning i niveauerne af drivhusgasser i Jordens atmosfære.

De drivhusgasser, der vurderedes for projektet, er kuldioxid (CO₂), nitrogenoxid (N₂O) og metan (CH₄) [20]. Emissionerne af drivhusgas er blevet anslået ved hjælp af metoder, der er fremlagt af IPCC (Klimapanelet) i retningslinjer fra 2006 for nationale opgørelser af udledning af drivhusgasser [12]. Estimer er baseret på konservative antagelser (f.eks. maksimal produktion af energi og 100 % omdannelseseffektivitet fra kalk til CO₂ i forbindelse med syreneutralisering). Derfor udgør disse de maksimalt forventede emissioner for de aktiviteter, der er identificeret i denne vurdering.

Under alle faser i projektet vil dieselmaskiner, elproduktion, opvarmning samt vej- og skibstransport danne emissioner med drivhusgas.

Under anlægsarbejdet vil emissionerne med drivhusgas hovedsageligt opstå ved forbrænding af diesel i mobilt udstyr såsom gravemaskiner, bulldozere og lastbiler.

Emissionskilder under driftsfasen vil omfatte:

- Mobil forbrænding Primært fra forbrænding af diesel i mobile kilder
- Stationær forbrænding Hovedsagelig fra forbrænding af diesel til elproduktion
- Direkte emissioner Primært CO₂ fra raffinaderiet (herunder syreanlæg).

Mobil forbrænding

Diesel vil blive forbrændt i lastvogne, udstyr til minedrift (dvs. bulldozere, gravemaskiner, frontlæssere og boremaskiner), lette køretøjer og servicekøretøjer. Det samlede brændstofforbrug for køretøjer anslås til 6,4 Mlpa og den forventede brændstoføkonomiske værdi til 2,4 km/l.

Emissioner af CO₂ blev beregnet ved at multiplicere det anslåede brændstofforbrug med en standard emissionsfaktor (se Tabel 29) og en energiindholdsfaktor på 0,00363 GJ/L. Emissionerne af CH₄ og N₂O blev beregnet ud fra de tilbagelagte kilometer og anslået brændstoføkonomi.

Tabel 29 IPCC emissionsfaktorer ([20] - IPCC 2006)

Dieselforbrug - mobilt forbrug	Emissionsfaktor	Enheder
CO ₂	74,1	Kg CO ₂ -udledninger/GJ
CH ₄	5 x 10 ⁻⁰⁵	Kg CO ₂ -udledninger/km
N ₂ O	3 x 10 ⁻⁰⁵	Kg CO ₂ -udledninger/km

De samlede udledninger af drivhusgas fra brændstofforbrænding i mobile kilder under driften anslås til 18.346 tons om året, hvoraf 99 % er udledninger af CO₂ [20]. Emissioner under konstruktions- og nedlukningsfaserne er 56.475 tons pr. år, hvoraf størstedelen kommer fra konstruktionsfasen.

Stationær forbrænding

Udledninger af drivhusgas fra kraftværket blev beregnet ved hjælp af IPCC-retningslinjer fra 2006. Til driften er der blevet anslået i alt 175.313 tons udledning af drivhusgasser om året [20]. Til nedlukningen er der blevet anslået i alt 16.572 tons udledning af drivhusgasser om året [20]. Mere end 99 % af de udledte drivhusgasser er CO₂.

Emissioner fra raffinaderiet

Raffinaderiet vil producere udledninger af CO₂, CH₄ og N₂O. Forudsat at raffinaderiet drives 24 timer i døgnet 365 dage om året, vil de anslåede emissioner af drivhusgas være på 33.014 tons CO₂ pr. år (hvoraf 32.986 tons er CO₂).

Samlede emissioner af drivhusgas

I alt anslås der for projektet en samlet udledning på 0,24 millioner tons GHG pr. år. De kombinerede CH₄- og N₂O-emissioner udgør 2.360 tons drivhusgas pr. år.

De årlige udledninger af CO₂ i Grønland var på 0,53 millioner tons i 2016 [34]. Projektet vil øge Grønlands udledning af CO₂ med 45 %.

Grønlands befolkning er lille, og eventuelle nye energi-intensive industrier vil betydeligt ændre udledningsniveauet pr. indbygger. I projektets driftsfase vil udledningen af CO₂ i Grønland stige fra det nuværende niveau med ca. 9,7 t CO₂ pr. indbygger om året til 13,9 t CO₂ pr. indbygger om året [34].

Til sammenligning er den årlige danske udledning af CO₂ (2015) fra energiforbruget på ca. 49 Mt CO₂. Det nuværende udledningsniveau af CO₂ i Grønland er ca. 1 % af niveauet i Danmark. Under projektets driftsfase vil dette blive forøget til ca. 2 % (forudsat at alle andre mængder forbliver konstante).

De ca. 500 t uranoxid, der produceres af projektet årligt, vil blive brugt til at producere elektricitet ved atomkraftværker uden for Grønland. Dette vil føre til en global reduktion af udledningen af CO₂ på ca. 7 Mtpa (sammenlignet med CO₂ produceret af et gennemsnitligt europæisk kraftværk) [27].

8.4 Afbødende foranstaltninger

GML har udarbejdet en plan til håndtering af støv [28], der beskriver de støvbegrænsende aktiviteter, der gennemføres under driften.

De afbødende foranstaltninger i kontrolplanen for begrænsning af støv omfatter anbefalingerne i ERM Quality Report [Luftkvalitetsvurdering af projektet, 19] samt de nedenfor anførte:

- Oversprøjtning af stenlagre, koncentrater og affaldsmaterialer ved hjælp af vandsprinklersystemer (om sommeren) med overskydende vand opsamlet via genbrug
- Oversprøjtning af transportveje med vandvogne (om sommeren)
- Saltning af transportveje om vinteren for at fjerne is og sne fra vejene. Saltet kan også øge fugtigheden i overfladen ved at trække fugt ud af luften
- Hastighedsgrænser for køretøjer samt regelmæssig udjævning og vedligeholdelse
- Opsamling af støv fra borer (opfangning af støv dannet under borerne)
- Nedbringelse af støv fra sprængninger (oversprøjtning af sprængningsområdet, anvendelse af en tågekanon, der sender en fin vandtåge mod sprængningsområdet (om sommeren))
- Vaskesystemer til køretøjer ved udgangen fra mineområdet (for at minimere spredning af støv langs vejene uden for mineområdet).

Det forventes, at de foreslåede afhjælpende foranstaltninger vil reducere støvdannelsen fra minedriften betydeligt. Eftersom det med henblik på modellering blev antaget, at der ikke implementeredes nogen foranstaltninger til støvkontrol, forventes niveauet af støvkonzentration og støvaflejring at være betydeligt lavere end de modellerede værdier.

De afbødende foranstaltninger vedrørende luftkvalitet og drivhusgasser omfatter:

- Brug af køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at minimere udledninger
- Vedligeholdelse af kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere udledninger.

8.5 Forventede påvirkninger

De forventede resultater for de atmosfæriske omgivelser er opsummeret i Tabel 30.

Tabel 30 Forventede resultater for de atmosfæriske omgivelser

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Støv	Konstruktion Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Vurdering Modelleringen viser, at høje koncentrationer af støv i luften kun registreres tæt på transportvejen i mineområdet. Uden for mineområdet er koncentrationerne langt under de vejledende værdier for Grønland og andre relevante internationale standarder. Det meste støv forventes at afleje sig i projektetarealet og på det bjergrige plateau sydvest for minen. Uden for dette område er niveauerne for aflejringer langt under de grønlandske retningslinjer.			
Gasformige emissioner	Konstruktion Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Vurdering Påvirkningen fra gasformige emissioner (inklusive NO _x , SO _x , sodpartikler og PAH) fra projektet blev vurderet til at være lav.			
Drivhusgas	Konstruktion Drift	Nationalt	Minens levetid	Lav
	Vurdering Projektet vil øge Grønlands udledning af CO ₂ med 45 %. Den eksisterende udledning af CO ₂ fra Grønland er ca. 1 % af udledningerne i Danmark. Under projektets driftsfase vil dette stige til 2 %.			

9. Radiologiske emissioner

9.1 Eksisterende miljø

Stråling er energi, der overføres i form af bølger eller strømme af partikler. Det forekommer overalt i vores miljø. En kilde til stråling er naturligt forekommende radionuklider, der findes i alle jordarter og klipper, hvilket skaber et naturligt baggrundstrålingsniveau ethvert sted på kloden. På verdensplan er det normale eksponeringsniveau for naturlig baggrundsstråling rapporteret til at ligge mellem 1 og 13 mSv/år, gennemsnitligt 2,4 mSv/år [70].

Stråling kan opdeles i to hovedtyper: Ioniserende og ikke-ioniserende. Ioniserende stråling omfatter den stråling, der kommer fra naturlige såvel som menneskeskabte radioaktive kilder såsom kosmiske stråler, atomkraftværker og røntgenapparater. Ikke-ioniserende stråling er en stråling med lavere energi, der omfatter radiobølger, ultraviolette stråler, mikrobølger og sollys. Denne form for stråling bærer ikke tilstrækkelig energi til at ionisere atomer eller molekyler. Denne vurdering fokuserer på den ioniserende stråling, der er forbundet med projektet.

Grundstoffer, der udsender ioniserende stråling, kaldes radionuklider. Når et radionuklid nedbrydes, omdannes det til et andet atom – et henfaldsprodukt. Atomerne bliver ved med at blive omdannet til nye henfaldsprodukter, indtil de når en stabil tilstand og ikke længere er radioaktive. Størstedelen af radionuklider henfalder kun en gang, inden de bliver stabile. De, der henfalder i mere end ét trin, kaldes for serieradionuklider. Den serie henfaldsprodukter, der forekommer for at nå denne balance, kaldes for henfaldskæden.

Hver serie har sin egen unikke henfaldskæde. Henfaldsprodukterne i kæden er altid radioaktive. Kun det sidste og stabile atom i kæden er ikke radioaktivt. Visse henfaldsprodukter er et andet kemisk element. Hvert radionuklid har en bestemt henfaldshastighed, der måles i halveringstid, eller den tid, der kræves af halvdelen af de tilstedeværende radioaktive atomer til at henfalde eller transformere [122].

Uran og thorium er to af en række naturligt forekommende radioaktive elementer, der er vidt udbredt på Jorden. Malmen i Kvanefjeld indeholder forhøjede koncentrationer af uran og thorium, henholdsvis ca. 300 og 800 ppm (milliontedele).

Minedrift, bearbejdnings- og affaldshåndteringsaktiviteter forbundet med uran- og thoriumholdig malm frigiver radon til atmosfæren. Radon er en kemisk inert ædelgas og kan som sådan spredes over betydelige afstande fra det radioaktive kildemateriale. Dens mest almindelige isotop er radon-222 (radon), der stammer fra den radioaktive henfaldskæde af uran-238 (U-238). Udtrykket "radon" bruges ofte til at betegne radon-222 (Rn-222). Der er dog andre isotoper af radon, især "thoron" (Rn-220), som er en isotop af radon, og som også er en inert ædelgas. Thoron er et element i den radioaktive henfaldskæde i naturligt forekommende thorium-232 (Th-232). Eftersom radon og thoron tilhører forskellige henfaldskæder, vil forholdet mellem radon og thoron (eller mellem henfaldsprodukterne fra radon og thoron) til dels afhænge af forholdet mellem uran og thorium i lokale jordarter og klipper. Som omtalt i rapporten fra UNSCEAR i 2000 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) er de radioaktive halveringstider for radon og thoron og deres respektive henfaldsprodukter desuden meget vigtige for at bestemme deres adfærd i miljøet og derefter den tilsvarende eksponering, der forekommer for mennesker på arbejdspladser eller i boliger. Da thoron har en meget kortere halveringstid ($t_{1/2} = 55$ sek) end radon ($t_{1/2} = 3,82$ dage), er den afstand, det kan spredes over, inden det gennemgår radioaktivt henfald, meget mindre end den afstand, radon kan spredes over i det samme medie, og derfor er dets forekomst i miljøet meget anderledes end forekomsten af radon.

Radon udslipper let fra jorden til luften, hvor den nedbrydes og producerer yderligere radioaktive partikler. Gennem indånding afsættes partiklerne på cellerne i luftvejene, hvor de kan beskadige DNA og potentielt forårsage lungekræft.

Udendørs fortyndes radon hurtigt til meget lave koncentrationer, og den er generelt ikke et problem. Det gennemsnitlige udendørs radonniveau varierer mellem 5 og 15 Bq/m³. Indendørs kan radonkoncentrationer dog være højere. De højeste niveauer findes på steder såsom miner, grotter og vandbehandlingsfaciliteter [121].

Eksisterende koncentrationer af radon og thoron på flere steder i Narsaq og projektområdet blev undersøgt ved hjælp af to forskellige instrumenter [6]. Resultaterne viser gennemsnitlige koncentrationer af radon og thoron på henholdsvis 20 Bq/m³ og 16,1 Bq/m³ i Narsaq.

I nærheden af den foreslåede mine er der registreret gennemsnitlige radonniveauer på 341 Bq/m³, men disse værdier varierer meget [6]. Der er planlagt flere målinger af eksisterende radon-niveauer inden konstruktionens påbegyndelse.

Med tiden har naturlige processer såsom Istider og vind- og vanderosion spredt radionuklider til Narsaq-dalen og Narsaq. Radionuklidkoncentrationer i projektområdet er højere end de globale gennemsnitlige jordkoncentrationer [5] som følge af denne spredning fra malmen i Kvanefjeld. De eksisterende koncentrationer i støv, jord, sedimenter og biota i undersøgelsesområdet omtales nedenfor.

Naturligt forekommende radionuklider findes i støv. Støv i Narsaq-dalen og andre områder omkring projektet vil sandsynligvis indeholde naturligt forhøjede niveauer af radioaktive partikler. Omgivende PM₁₀-støvkonzentrationer fra fire steder i og omkring Narsaq er blevet overvåget og testet for en række radioaktive elementer [5]. Koncentrationerne af disse elementer i omgivende luft er angivet i Tabel 31. For at opnå mere pålidelige målinger af eksisterende forhold vil der blive udført yderligere dataindsamling angående koncentrationer af radioaktive elementer i TSP. Projektet har også til hensigt at installere luftprøveudstyr (HVAS) med stor kapacitet tæt på mineområdet for at reducere variationen i de her indsamlede data angående støv.

Tabel 31 Koncentrationer af radioaktive elementer i partikler (PM10, omgivende luft) ([5] - Tabel 21)

Placering	Uran (ng/m ³)	U-238 (μBq/m ³)	Thorium (ng/m ³)	Th-232 (μBq/m ³)
Narsaq gård (2012)	0,021	0,26	0,142	0,58
Narsaq by (2012)	0,005	0,06	0,098	0,40
Narsaq-pynt (2012)	0,006	0,07	0,068	0,28
Narsaq by (2014)	0,033	0,41	0,11	0,45
Narsaq by (2015)	0,019	0,24	0,071	0,29
Gennemsnit	0,017	0,21	0,098	0,4

Bemærkning: 1 g uran = 12.350 Bq U-238, og 1 g thorium = 4.100 Bq Th-232

Tilstedeværelsen af naturligt forekommende radionuklider i jorden kan medføre ekstern eksponering for gammastråling. For at kvantificere niveauet af gammastråling i projektområdet, i Narsaq-dalen og i Narsaq blev der foretaget en undersøgelse i 2014 [5]. Det blev konstateret, at niveauerne i byen Narsaq var lave, mens niveauerne havde tendens til at være højere nær visse dele af sporet op ad dalen mod den foreslåede placering af minen. Grus, der anvendes til vejfyldning, i deponeringsanlæg og til støbning af betonfundamenter i Narsaq, omfatter materiale fra Narsaq-elven, der er blevet transporteret fra Kvanefjelds Plateau. Det har et naturligt højere indhold af uran og thorium.

Kystområderne viser lidt højere niveauer af gammastråling end i Narsaq. Gammastrålingen har tendens til at være højere i Narsaq-dalområdet primært som resultat af bevælgelsen af mineraliseret

materiale fra højereliggende områder. De højeste niveauer af gammastråling i dalen findes for det meste ved siden af Narsaq-elven.

Gammastråling-niveauerne i undersøgelsesområdet er generelt højere end i det omkringliggende område, hvilket afspejler indholdet af radionuklider i forekomsten. Dette er vist i Tabel 32.

Tabel 32 Oversigt over terrestrisk gammaeksponering i projektområdet og de omkringliggende områder ([5] - Tabel 23)

Undersøgelsesområde	Infrastruktur	Gennemsnit (μGy/t)	Maksimum (μGy/t)
Narsarsuaq	N/A	0,1	0,13
Qaqortoq	N/A	0,11	0,15
Narsaq by	GMEL-facilitet	0,11	0,38
	Ingen	0,11	0,29
	Alle	0,11	0,38
Kystslette	Havn	0,05	0,07
	Indkvartering	0,1	0,17
	Ingen	0,12	0,27
	Alle	0,12	0,27
Dal	Alle	0,44	1

I forhold til typiske baggrunds-niveauer viser jordbunden i Narsaq-dalen, havsedimenter fra Narsap Ilua og sedimenter fra Narsaq-elven forhøjede kombinerede niveauer af thorium og uran mellem 2 og 15 ppm. Forholdet mellem thorium og uran i Kvanefjeld-forekomsten ligger på mellem 2,5 og 2,7, og dette er i overensstemmelse med, hvad der observeres i jordbunden og sedimenterne.

Dette peger på en vis indflydelse fra Kvanefjeld-ressourcen, der eventuelt skyldes erosion (Tabel 33).

Tabel 33 Målinger af baggrundsstråling fra radioaktivitet i jord og sedimenter fra undersøgelsesområdet ([5]- Tabel I-12, I-14)

Parameter	Enhed	Jord	Havsediment	Ferskvandssediment Nedre Narsaq elv	Ferskvandssediment Øvre Narsaq elv tæt ved Kvanefjeld
Thorium (Th)	ppm	78	30	61	190
Uran (U)	ppm	29,5	9,5	30	56
Uran-238 (a)	Bq/g	0,36	0,12	0,37	0,69
Radium-226	Bq/g	0,44	-	0,23	-
Bly-210	Bq/g	-	-	0,24	-
Polonium-210	Bq/g	-	-	0,23	-
Thorium-232 (b)	Bq/g	0,32	0,12	0,25	0,78
Radium-228	Bq/g	-	0,099	0,34	0,61

Bemærkning: (a) 1 g U = 12.350 Bq U-238; (b) 1 g Th = 4.100 Bq Th-232; vådvægt

Radioaktivitetsmålinger i vand viste lave koncentrationer af uran i ferskvand og havvand på gennemsnitligt henholdsvis 0,003 mg/l og 0,002 mg/l. Thorium var konsekvent under detektionsgrænserne. Den eneste detekterbare måling af thorium fandt sted i Narsaq-elven ved 0,002 mg/l. Koncentrationer af radium-226 og bly-210 i elve og fjorde i undersøgelsesområdet var lavere end de canadiske retningslinjer for drikkevand (radium-226 - 0,5 Bq/l og bly-210 - 6 Bq/l) [123], som angivet i Tabel 34.

Tabel 34 Koncentrationer af radionuklider i vand i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 26)

Placering	Uran (mg/l)	Thorium (mg/l)	Radium-226 (Bq/l)	Bly-210 (Bq/l)	Radium-228 (Bq/l)
Havn	0,0011	< 0,0005	< 0,043	0,10 ± 0,13	< 0,011
Første bro	0,0014	< 0,0005	< 0,048	< 0,22	< 0,12
Kvanefjeld afstrømning	0,0082	0,0017	0,047 ± 0,022	0,16 ± 0,08	< 0,10
Gammel bro	0,00082	< 0,0005	< 0,057	0,20 ± 0,07	< 0,12
Indkvartering	< 0,0005	< 0,0005	0,048 ± 0,028	0,11 ± 0,07	< 0,12
Affaldsområde	< 0,0005	< 0,0005	< 0,055	0,08 ± 0,13	< 0,12
Affaldsområde	< 0,0005	< 0,0005	< 0,046	< 0,27	< 0,10
Elv fra gletsjeren	0,0032	< 0,0005	< 0,043	0,16 ± 0,11	< 0,11
Elv fra søen	0,00092	< 0,0005	0,022 ± 0,020	0,11 ± 0,13	< 0,12

Prøver af lav, planter, tang, muslinger, fisk og sæler blev analyseret for at bestemme de naturlige baggrundskoncentrationer af radionuklider i repræsentative arter af lokal flora og fauna. På trods af de forhøjede niveauer af uran og thorium i jord og sedimenter nær Kvanefjeld-aflejringerne er der meget begrænsede tegn på akkumulering i organiske prøver.

Med undtagelse af lav blev der ikke fundet thorium i nogen af de organiske prøver. Lav fra Narsaq-dalen viser potentiel ophobning af radionuklider, sandsynligvis som følge af støvspredning fra blotlagt klippe og jord i Narsaq-dalen. Dette er mere tydeligt i prøver fra den øvre Narsaq-dal tættere på malmforekomsten ved Kvanefjeld. Indsamlet lav tæt på fjorden viste en lavere værdi (Tabel 35). Lav fra en referencestation 28 km syd-sydvest for Kvanefjeld viste meget lave værdier.

Analyser af fjeldørred fra Narsaq-elven samt havfisk og ringsæler fra fjordene omkring Narsaq viste ingen signifikant koncentration af radionuklider.

Radionuklider, med en undtagelse, ligger også under detektionsniveauerne hos ringsæler fra Nordre Sermilik. Undtagelsen, polonium-210, blev fundet i sælkød (0,040 Bq/g) og sællever (0,16 Bq/g). Polonium er kendt for at biomagnificere gennem vandfødekæden, og det er kendt, at dyr på højere led i fødekæden, der spiser fisk (såsom sæler), indeholder forhøjede niveauer af polonium. Dette gælder især for fastboende sælarter, der lever i et område med let forhøjede koncentrationer af radionuklider, som det gælder for ringsælerne i fjorden omkring Kvanefjeld. Til sammenligning blev der fundet niveauer af polonium-210 i en (migrerende) grønlandssæl fra Bylot Sund på 0,008 Bq/g (vådvægt) i kødet og 0,043 Bq/g (vådvægt) i leveren [49].

Tabel 35 Målinger af radioaktivitet i lav og græs fra Narsaq-dalen og referencestation ([5] - Tabel I-15)

Parameter	Enhed	Lav		Lav Referencestation	Græs Nedre Narsaq dal
		Nedre Narsaq dal	Øvre Narsaq dal		
Thorium	ppm	1,2	4,7	< 0,1	< 0,1
Uran	ppm	0,6	1,6	< 0,1	0,53
Uran-238 (a)	Bq/g	0,007	0,020	< 0,0012	0,0065
Radium-226	Bq/g	0,029	0,088	< 0,01	0,01
Bly-210	Bq/g	0,26	-	-	-
Polonium-210	Bq/g	0,21	0,45	0,26	< 0,01
Thorium-232 (b)	Bq/g	0,005	0,019	< 0,0004	< 0,0004
Radium-228	Bq/g	< 0,05	-	-	-

Bemærkning: (a) 1 g U = 12.350 Bq U-238; (b) 1 g Th = 4.100 Bq Th-232; vådvægt

9.2 Potentielle påvirkninger

Frigivelsen af radionuklider fra projektets aktiviteter har potentiale til at påvirke miljøet og menneskers sundhed. Ud over frigivelsen af radionuklider i forbindelse med de planlagte projektaktiviteter er risikoscenarier, der medfører yderligere bidrag til strålingsniveauer, taget i betragtning. Påvirkninger og risici omfatter;

- Udslip af uranoxid (under projektdrift), der kan forårsage yderligere radiologiske emissioner
- Brud på TSF-dæmningen med følgende frigivelse af tailings-vand og faste stoffer med radionuklider til land- og vandområder nedstrøms for TSF-anlægget og dermed øget radiologisk eksponering
- Frigivelse af aerosoler fra TSF-anlægget kan potentielt medføre kontaminering af jorden og frigivelse af radioaktivitet i retning med vinden fra TSF-anlægget
- Spredning af radionuklider gennem grundvandssivning
- Spredning af radionuklider med støv.

9.3 Vurdering af påvirkninger

9.3.1 Udslip til luft, land og vand

Visse projektaktiviteter kan medføre frigivelse af radioaktivitet til luft, land og vand, hvilket potentielt kan være skadeligt for dyr, planter og mennesker.

Radioaktive udslip fra projektet vil primært tage form af radonemissioner og spredning af radioaktivt støv.

I radiologiske undersøgelser foretaget af Arcadis [5] blev den potentielle radiologiske kontaminering vurderet. Projektrelaterede koncentrationer af radionuklider i receptorer (jord, vand, planter og dyr) på forskellige steder inden for undersøgelsesområdet blev beregnet med strålingsdata fra laboratorieprøver [6]. Potentielle påvirkninger på vigtige dyrearter og planter såvel som af menneskers sundhed blev taget i betragtning, herunder vurderingen af en række levesteder og potentielt kontaminerende stoffer gennem hele fødekæden.

Påvirkninger på dyrs og planter sundhed blev bestemt ved at sammenligne den totale dosis (naturlig baggrundsdosis plus dosis som følge af projektaktiviteter) med en valgt beskyttende dosisgrænse. Hvis den modtagne dosis er under grænsen for den beskyttende dosisgrænse, kan det konkluderes, at artens sundhed ikke er i fare.

Arcadis brugte INTAKE-modellen for spredningsruter. Det er en ophavsretsbeskyttet model. INTAKE blev udviklet til brug ved simulering af miljøspredning, optagelse og risiko som følge af eksponering for radionuklider, stabile metaller og uorganiske stoffer, der frigives til miljøet (f.eks. luft, vand, grundvand, jord). Modellen har en lang fortid med hensyn til udvikling og kvalitetssikring. Den kan køres efter deterministiske principper eller sandsynlighedsprincipper for at muliggøre usikkerheds- og følsomhedsanalyser.

Modellen omfatter økologiske (ikke-humane biota) og humane receptorer. Der er brugt følgende inputparametre i modellen for spredningsruter:

- Føde- og kostkarakteristika
- Eksisterende koncentrationer
- Projektkoncentrationer
- Overførselsfaktorer og
- Doseringskoefficienter.

INTAKE-modellen er blevet anvendt i en række uranminedriftprojekter i det nordlige Saskatchewan for at simulere radiologiske og ikke-radiologiske bestanddeles adfærd og transport i miljøet samt i den efterfølgende evaluering af eksponeringer hos økologiske arter og mennesker.

Kvanefjeld-ressourcen indeholder betydelige koncentrationer af uran og thorium. Derfor inkluderer vurderingen af potentielt problematiske kontaminerende stoffer (COPC, contaminants of potential concern) de langvarige radionuklider i uranhenfaldskæden inklusive uran-238 (U-238) samt thorium-230 (Th-230), radium-226 (Ra-226), bly-210 (Pb-210) og polonium-210 (Po-210) plus serien thorium-232 (Th-232), der omfatter radium-228 (Ra-228) og thorium-228 (Th-228). Derudover vurderes radon-222 og radon-220 (thoron) i det atmosfæriske miljø. Folkesundheds- og arbejdsmiljøaspekter ved radiologisk eksponering vurderes i projektets VSB.

Radon

Under alle projektets faser foregår der aktiviteter, der har potentiale til at frigive radon. Følgende blev identificeret som værende mulige kilder til frigivelse af radon og thoron [6]:

- Udsatte overflader af uranbærende materiale (malm og affaldsklippe) i minen og af de tilhørende depoter af malm og affaldsklippe
- Frigivelser i gruben fra minevand/porevand
- Håndtering af brudt malm i gruben
- Bearbejdning og opbevaring af malm (primær knusning og slibning antages at spille en ubetydelig rolle på baggrund af antaget begrænset malmopbevaringstid efter primær knusning)
- Bearbejdningsudstyr (koncentrator og raffinaderi) på grund af et indhold af radium (bearbejdningsudstyr i anlægget); samt
- Tailings-anlæg (denne kilde antages at være ubetydelig på grund af konstant vanddækning i driftsfasen; efter nedlukning vil behandling af supernatant vand være afsluttet, og FTSF og CRSF får lov til at fyldes med nedbør og vandafløb).

Radon opstår fra henfaldet af radium-226, som er et element i uran-238-henfaldskæden. Den andel af radon, der frigives til porer i jord, omtales som udstrålings- eller emanationskoefficienten. Målte emanationsfaktorer for Kvanefjeld var mindre end 1 % for knuste malmprøver, og den maksimale målte emanationsfaktor var 5,36 % for raffinaderiets tailings. En emanationsfaktor på 20 % anvendes ofte som udgangspunkt i vurderinger af radonpåvirkninger fra minedrift. Denne værdi er dog mere anvendelig for sandstensmalmtyper, som forekommer i det sydlige USA for eksempel, end for malmene i Kvanefjeld, der har større lighed med kvartskonglomeraterne i Elliot Lake (en uranmine i Canada). Mens emanationskoefficienten for Kvanefjeld anses for at være tættere på 1 %, blev vurderingen foretaget med en antaget emanationsfaktor på 20 %, hvilket tilførte et betydeligt forsigtighedsniveau til vurderingen [6]. Den radon, der frigives til porer i gråbjerg og malm, kan derefter migrere til overfladen af depoter med gråbjerg og malm og derfra ud i atmosfæren. Denne overfladeafgivelse kaldes almindeligvis for frigivelseshastighed. To vigtige faktorer til bestemmelse af frigivelseshastigheden (i enheder på Bq/m²/s pr. Bq/g) er emanationsfaktoren og diffusionskoefficienten. Jo lavere disse værdier er, jo lavere er frigivelseshastigheden (pr. Bq/g). Til vurderingen blev der antaget en frigivelseshastighed på 0,5 bq/m²s/Bq/g [6].

Vurderingen omfattede alle faser i konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning; dog forventes driftsfasen at repræsentere det værst tænkelige scenarie (dvs. den største radonfrigivelseshastighed) som illustreret i Tabel 36.

Tabel 36 Radonfrigivelseshastighed - Projektaktiviteter ([6] - Tabel 5-1)

Kilde	Frigivelses-type	Anlægs-arbejde	Værste tilfælde - Drift	Nedlukning ¹	Efter nedlukning ¹
		Radonfrigivelseshastighed (Bq/s)	Radonfrigivelseshastighed (Bq/s)	Radonfrigivelseshastighed (Bq/s)	Radonfrigivelseshastighed (Bq/s)
Kvanefjeld - Grube - Malm	Overflade-område		3,9E+06	5,9E+05	5,9E+05
Kvanefjeld - Grube - Malm	Håndtering af klippesten	6,38E+03	2,01E+04		
Kvanefjeld - Grube - Malm	Vandtilstrømning		3,43E+05		
Kvanefjeld - Grube - Gråbjerg	Overflade-område		2,5E+05	2,5E+05	2,5E+05
Anlægsarbejde - Gråbjerg	Overflade-område	1,02E+06			
Anlægsarbejde - Gråbjerg	Håndtering af klippesten	2,29E+04			
Primær knusning	Håndtering af klippesten	4,96E+03	8,47E+04		
ROMW - Depot til råmalm	Overflade-område	1,41E+04	1,41E+04		
Bearbejdning	Håndtering af klippesten		1,1E+05		
Bearbejdning - Koncentrator	Lager		2,2E+05		
Bearbejdning - Raffinaderi	Lager		2,1E+04		
I ALT		1,06E+06	4,96E+06	8,4E+05	8,4E+05

¹ For radonemissionerne for tidsrummene for nedlukning og efter nedlukning antages det, at overfladeområderne er de samme i disse to tidsrum, og at den tilbageværende overflade for de blottede malmoverfladers vedkommende hovedsagelig er affald (95 %) med en meget beskeden blotlægning af malm, som ikke er blevet udgravet (anslået til 5 %).

Ud over emissioner af radon er emissioner af thoron også blevet anslået for at vurdere et værst tænkeligt scenarie. Mekanismerne for frigivelse af thoron til porer og efterfølgende spredning til atmosfæren svarer til mekanismerne for radon, men da radon har en meget længere halveringstid, kan det spredes fra større dybder i den afgivende jord. Emanationsfaktoren for thoron er ca. 1/10 af faktoren for radon, hvilket indvirker på den mulige frigivelse af thoron til porer og derfor på den mængde thoron, der potentielt kan frigives til atmosfæren. Tabel 37 opsummerer de værst tænkelige emissionsrater (i driftsfasen).

Tabel 37 Radon emissionsrater under drift ([6] - Tabel 5-3)

Kilde	Frigivelsestype	Værste tilfælde - Drift	
		Thoron emissionsrate (Bq/s)	Radon emissionsrate (Bq/s)
Kvanefjeld – grube – malm	Overflade	1,7E+05	3,9E+06
Kvanefjeld – grube – malm	Håndtering af sten	6,29E+03	2,01E+04
Kvanefjeld – grube – malm	Indløb af vand	Ingen	3,43E+05
Kvanefjeld – grube – affaldssten	Overflade	7,14E+03	2,5E+05
Anlægsarbejde – affaldssten	Overflade		
Anlægsarbejde – affaldssten	Håndtering af sten		
Primær knusning	Håndtering af sten	2,65E+04	8,47E+04
Ubehandlet malm	Overflade	6,30E+02	1,41E+04
Bearbejdning	Håndtering af sten	3,44E+04	1,1E+05
Anlæg – koncentrator	Lager	6,88E+04	2,2E+05
Anlæg – raffinaderi	Lager	6,57E+03	2,1E+04
I ALT		3,25E+05	4,96E+06

For at få indsigt i påvirkningen fra minedriftrelateret radon og thoron på beboere i Narsaq blev den ekstra tilstedeværelse af radon og thoron, der stammer fra mineaktiviteter (som angivet i Tabel 36), anslået ved at kombinere de formodede radonkilder med atmosfæriske fortyndingsfaktorer for at forudsige radonniveauer i byen Narsaq, og disse niveauer blev derefter sammenlignet med baggrunds-niveauer. På grundlag af et værste tilfælde af en frigivelseshastighed på 4,96E+06 Bq/s for radon og 3,25E+05 for thoron vil projektet højst øge baggrunds-radonkoncentrationerne i Narsaq med 3 %. Størstedelen af den ekstra radoneksponering kommer fra radon frigivet fra minedriften i den åbne grube. Da disse forhøjede radonniveauer ligger inden for den naturlige variation i baggrundsforekomster af radon, er konsekvenserne af den yderligere radoneksponering ubetydelige [6].

Støv

Modelleringen af støvspredning identificerede støvkilderne under projektets driftsfasen og anslog koncentrationerne på forskellige steder inden for undersøgelsesområdet. Ved anvendelse af støvaflejringsmodellering og data vedrørende indholdet af uran og thorium i støvets kildemateriale blev koncentrationer af COPC anslået på forskellige steder i undersøgelsesområdet.

De niveauer af COPC i støvet, der skønnes at være blevet skabt af projektaktiviteter, blev derefter anvendt til at forudse ændringen i koncentrationerne af radionuklider i receptorer som følge af aflejringen af projektrelateret støv.

Som eksempel vises den anslåede koncentration af COPC i lav på forskellige steder i og omkring undersøgelsesområdet i Tabel 38. De anslåede koncentrationer i tabellen er summen af baggrundsniveauet og den beregnede støvrelaterede påvirkning fra projektet.

Tabel 38 Modelberegnete kumulative koncentrationer af COPC i lav i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 56)

COPC	Enhed	Narsaq dal	Taseq	Narsaq	Tuttutooq
Uran	µg/g	2,06	1,21	1,18	1,18
Uran-238	Bq/g	0,026	0,015	0,015	0,015
Thorium-230	Bq/g	0,026	0,015	0,015	0,015
Radium-226	Bq/g	0,026	0,015	0,015	0,015
Bly-210	Bq/g	0,60	0,59	0,59	0,59
Polonium-210	Bq/g	0,15	0,14	0,14	0,14
Thorium	µg/g	6,9	4,6	4,5	4,5
Thorium-232	Bq/g	0,028	0,019	0,018	0,018
Radium-228	Bq/g	0,028	0,019	0,018	0,018
Thorium-228	Bq/g	0,028	0,019	0,018	0,018

På grundlag af de forventede kumulative koncentrationer af COPC i jord og planter (herunder baggrund og projektrelateret) er der beregnet koncentrationer i udvalgte dyr, der lever i de forskellige terrestriske habitater i undersøgelsesområdet. Beregningen af koncentrationen af COPC i hver art tog hensyn til artens føde, den tid, der leves i undersøgelsesområdet, og de anslåede koncentrationer af radionuklider i føden.

Modellerede koncentrationer for udvalgte jordlevende fuglearter og pattedyr der lever på land flere steder inden for undersøgelsesområdet er vist i Tabel 39. Koncentrationerne er alle lave og er på eller under detektionsniveau (for eksempel er detektionsgrænsen for Ra-226 i væv ca. 0,01 Bq/g). Som anført ovenfor blev koncentrationerne anslået ved hjælp af overførselsfaktorer og andre antagelser. Overførselsfaktorerne er hentet fra litteraturen og varierer alt efter føden. De kan være vanskelige at afgøre på grund af detektionsgrænserne, og forskellen i koncentrationer i tabellen nedenfor forventes ikke at være så udpræget som vist.

Tabel 39 Modellerede kumulative koncentrationer (fra baggrund og projekt) af COPC i pattedyr og fugle i undersøgelsesområdet ([5] - Tabel 63)

COPC	Enhed	Narsaq dal		Ipiutaq		Narsaq by
		Fjeldrype	Polarræv	Havørn	Får	Gråmåge
Uran	µg/g	0,049	0,001	0,10	0,009	0,009
Uran-238	Bq/g	6,1x10 ⁻⁴	1,6x10 ⁻⁵	1,2x10 ⁻³	1,2x10 ⁻⁴	1,1x10 ⁻⁴
Thorium-230	Bq/g	6,9x10 ⁻⁶	1,2x10 ⁻⁵	3,7x10 ⁻⁵	5,7x10 ⁻⁵	6,1x10 ⁻⁷
Radium-226	Bq/g	2,3x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻⁴	7,4x10 ⁻⁵	0,003	6,9x10 ⁻⁶
Bly-210	Bq/g	0,003	2,3x10 ⁻⁵	0,003	6,3x10 ⁻⁴	3,2x10 ⁻⁴
Polonium-210	Bq/g	0,011	3,0x10 ⁻⁵	0,007	8,7x10 ⁻⁵	0,002
Thorium	µg/g	0,002	0,003	0,004	0,014	1,5x10 ⁻⁵
Thorium-232	Bq/g	6,8x10 ⁻⁶	1,2x10 ⁻⁵	1,5x10 ⁻⁵	5,6x10 ⁻⁵	6,2x10 ⁻⁸
Radium-228	Bq/g	2,3x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻⁴	9,3x10 ⁻⁵	0,003	4,7x10 ⁻⁶
Thorium-228	Bq/g	6,8x10 ⁻⁶	1,2x10 ⁻⁵	1,5x10 ⁻⁵	5,6x10 ⁻⁵	6,2x10 ⁻⁸

På grundlag af koncentrationerne af COPC blev strålingsdosis for disse arter derefter anslået. Dosen er mængden af absorberet strålingsenergi.

Dosen blev anslået ved anvendelse af den beregnede koncentration af COPC i planter og dyr og en dosis-koefficient, der tager højde for strålingsfaktorer og faktorer for vævsvægt og metaboliske og biokinetiske værdier. Værdier for dosiskoefficienter blev indhentet fra ERICA-værktøjet, som bygger på Framework for Assessment of Environmental Impact (FASSET, ramme for vurdering af miljøpåvirkning) [124].

Eksempler på anslåede doser (baggrunds- og projektrelaterede) for planter og dyr i og omkring undersøgelsesområdet er vist i Tabel 40.

Tabel 40 Anslået samlet dosis (mGy/d) for lav, et udvalg af plantegrupper, pattedyr og marine fisk ([5] - beregnet ud fra Tabel 66)

Art	Anslået dosis (mGy/d)				
	Narsaq	Narsaq dal	Ipiutaq	Tuttutooq	Nordre Sermilik
Lav	0,28	0,40	0,23	0,28	-
Græs og urter	0,014	0,020	0,016	0,013	-
Polarhare	-	0,017	0,012	-	-
Polarræv	-	0,010	0,005	-	-
Får	-	-	0,016	-	-
Rensdyr	-	-	-	0,009	-
Ringsæl	-	-	-	-	0,009
Marine fisk	-	-	-	-	0,019

Det forventes ikke, at projektet vil bidrage til nogen ekstern stråling i form af yderligere gammadosis til dyrelivet i området. Imidlertid kan radionuklider deponeret i legemsvæv potentielt føre til eksponering for intern stråling, og dosis fra dette kan fortsætte længe efter, at indtagelsen er ophørt.

For at bestemme, om de beregnede doser er skadelige, sammenlignes de med en dosis, for hvilken det er kendt, at der ikke er negative virkninger. Sådanne referencedosisværdier eller benchmarkværdier, hvorved der ikke er observeret skadelige virkninger i naturlige populationer, blev afledt af data om påvirkningerne fra ioniserende stråling i ikke-humane biota. Disse data er samlet i en database med påvirkningsmålinger, som stammer fra FASSET-programmet. Referencedoser er angivet i Tabel 41.

ERICA anvender til screening en yderligere dosishastighed ud over basisværdien på 10 µGy/t til vurdering af kronisk eksponering hos alle biota (Beresford *et al.* 2007). Det bemærkes, at denne til screening anvendte dosishastighed ligger inden for det dosisinterval, der medfører mindre alvorlige påvirkninger, som ikke forventes at være vigtige på højere niveauer såsom strukturen og funktionen i økosystemer (Beresford *et al.* 2007). I ERICA-værktøjet kan dosis ændres til en værdi indgivet af brugeren eller til standardværdien på 40 µGy/t for landdyr og fugle og 400 µGy/t for planter og akvatiske arter.

Den Internationale Kommission for Strålebeskyttelse (ICRP 2014) har udviklet målinger kaldet Derived Conservation Reference Levels (DCRL-værdier). Disse er "bånd" af dosishastigheder, der kan bruges til at tage beslutninger om scenarier, der kræver yderligere evaluering. Under normale forhold angiver ICRP, at den nedre grænse i det relevante DCRL-bånd skal bruges som referencepunkt. For vandmiljøet ligger DCRL-værdierne mellem 40 og 400 µGy/t. For landmiljøer ligger værdierne mellem 4 og 40 µGy/t for fyrretræer, fugle og pattedyr og mellem 40 og 400 µGy/t for græs og højere hvirvelløse dyr. I nødsituationer med eksponering kan diagrammet vist i Figur 4.1 fra ICRP 124 (2014) bruges som vejledning. Referenceniveauerne for alvorlig effekt svarer tilnærmelsesvis til et bånd med doser, der

er to størrelsesordener over DCRL-båndet. Disse oplysninger kan bruges til at bestemme potentialet for og alvorligheden af mulige påvirkninger.

De Forenede Nationers Videnskabelige Komité vedrørende Effekterne af Atomstråling (UNSCEAR 2008, bilag E) gennemgik de tilgængelige oplysninger om dosishastigheder. Den fandt, at reproduktionseffekter er den mest følsomme indikator for strålingsrespons. Generelt var konklusionen, at kronisk bestråling i dosishastigheder på op til 400 µGy/t på et lille antal af individerne i en akvatisk bestand ikke ville have nogen skadelige virkninger på bestandniveau. For terrestriske bestande konkluderedes det, at en kronisk dosishastighed på mindre end 100 µGy/t for de mest påvirkede individer sandsynligvis ikke ville have væsentlige virkninger på de fleste terrestriske bestande.

Til vurdering af påvirkningerne blev der brugt dosisgrænser på 40 µGy/t (0,96 mGy/d) for landdyr og fugle og 400 µGy/t (9,6 mGy/d) for planter og akvatiske arter. Disse værdier er blandt de tilgængelige standarder i ERICA-værktøjet. Det bemærkes, at dette er en forsigtig tilgang, da dosisgrænsen for det terrestriske miljø er lavere end den, der peges på af UNSCEAR [5].

For humane receptorer skal doser holdes under dosisgrænserne, men også til enhver tid så lave som rimeligt opnåeligt (ALARA). Stråledosisgrænsen for en borger er 1 mSv/år i tillæg til naturlig baggrundseksponering og medicinsk eksponering.

De referencedosisværdier, der er anvendt til denne vurdering, er vist i Tabel 41. Værdierne er forskellige for dyr og planter, der hører til i vandmiljøer og terrestriske miljøer.

Tabel 41 Grænseværdier for referencedosis anvendt ved vurderingen ([5]- Tabel 19)

	Værdi	Enheder
Akvatiske biota (baggrund + projekt)	9,6	mGy/d
Terrestriske biota (baggrund + projekt)	0,96	mGy/d

Det sidste trin i denne radiologiske vurdering er beregningen af screeningsindeksværdien (SIV). Denne værdi udregnes ved at dividere den totale dosisrate (baggrund plus projekt) modtaget af en receptor (for eksempel en fugl) med de relevante referencedosisgrænser fra Tabel 41. Hvis SIV er under 1, er den beregnede dosis under referencedosisgrænsen, og tærsklen for potentialet for signifikante påvirkninger på bestanden som helhed vil derfor ikke være nået.

Tabel 42 viser SIV for marine dyr og planter ved to punkter i Nordre Sermilik. SIV for alle receptorer er langt under 1. I andre fjorde er værdierne endnu lavere.

Tabel 42 SIV for marine dyr og planter ([5] - Tabel 43)

Art	Afledning vandstrøm	Anbringelse af behandlet vand	Nordre Sermilik
Havbunds fisk	0,002	0,002	0,002
Pelagiske fisk	0,002	0,002	0,002
Havbunds-/krebsdyr	0,003	0,005	0,004
Vaskulær plante	0,001	0,002	0,001
Ringsæl	-	-	0,001
Pukkelhval	-	-	0,001

SIV for terrestriske planter og dyr er angivet i Tabel 43. Da værdierne for alle receptorer er langt under 1, fremgår det, at projektet vil have ringe indflydelse på eksponering og dosis for biota på landjorden [5].

Tabel 43 SIV for landlevende pattedyr og planter ([5] - Tabel 44b)

Art	SIV Sammenlignet med 0,96 mGy/d			
	Narsaq	Narsaq-dalen	Ipiutaq	Tuttutooq- øen
Lav	0,29	0,42	0,24	0,29
Græsser og urter	0,015	0,022	0,017	0,014
Polarhare	-	0,018	0,013	-
Polarræv	-	0,010	0,005	-
Får	-	-	0,017	-
Rensdyr	-	-	-	0,009

SIV for en række fugle vises i Tabel 44. Værdierne for alle arter ligger langt under 1 og er lavere uden for undersøgelsesområdet.

Tabel 44 SIV for fugle ([5] - Tabel 63)

Art	SIV Sammenlignet med 0,96 mGy/d			
	Narsaq	Narsaq-dalen	Ipiutaq	Nordre Sermilik
Brünnichs lomvie	-	-	-	0,011
Edderfugl	-	-	-	0,013
Sortgrå ryle	-	-	-	0,02
Fjeldrype	-	0,019	0,012	--
Snepurv	-	0,028	0,021	-
Havørn	-	-	0,011	-
Gråmåge	0,008	-	0,008	0,02
Vandrefalk	-	0,023	-	-

Projektet forventes udelukkende at frigive små mængder ekstra radioaktivitet til miljøet, og det forventes ikke at medføre skadelig påvirkning på eller væsentlig skade for planter eller dyr eller for mennesker, der bor i eller besøger området. Projektets potentielle radiologiske indvirkninger på planter og dyr i levesteder i havet, i ferskvand og på land vurderes som værende meget lave. Den anslåede dosis for alle disse receptorer ligger under benchmark-værdierne, som det ses i SIV-værdierne.

9.3.2 Udslip til land eller vand

Procesanlægget vil være fuldt inddæmmet, og et udslip, skulle det ske, kan således oprenses og indvindes for at undgå miljøskade. Derfor omtales procesudslip til land eller vand ikke yderligere.

På raffinaderiet emballeres uranoxid-produktet i forseglede ståltønder på 200 liter. Tønderne læsses i standard ISO-containere, der også forsegles, før de transporteres til havnen som påkrævet ifølge IMDG-reglerne og sikkerhedsstandarderne fra IAEA. Containerne forbliver forseglet under transporten fra raffinaderiet til det endelige bestemmelsessted. Containerne vil blive læsset af lastbilerne ved havnen og flyttet til et dertil indrettet lagerområde. Der vil være en adgangsport til lagerområdet samt

sikkerhedsforanstaltninger af en standard, der overholder/overstiger kravene i den internationale lovgivning om sikkerhed på skibe og havnefaciliteter (ISPS). Containerne vil blive flyttet rundt på havnen med en stabler og vil derefter blive lastet på et fartøj ved hjælp af en kran monteret på et skib. Dette minimerer menneskers omgang med containerne.

Containerne forbliver forseglet under transporten fra anlægget til uranoxidens endelige destination.

Omkring 500 tpa uranoxid vil blive transporteret med cirka 18 t i hver standard container. Ca. 40 containere med tønder fyldt med urankoncentrat (yellow cake) vil blive transporteret fra anlægget til havnen hvert år.

Der er udført en specifik vurdering af urantransport i projektet af Arcadis [3]. Denne vurdering blev foretaget for et højere niveau af uranoxidproduktion (557 tons pr. år), men resultaterne fra rapporten er fortsat gyldige til brug i denne vurdering af følgevirkninger. Vurderingen identificerede følgende potentielle scenarier for hændelser under transporten af uranoxid:

- Udslip af uranoxid i elve eller i havnen
- Udslip af uranoxid på land og tilhørende eksponering med gammastråling.

Skønt oprensning på stedet vil foretages inden for kort tid efter en ulykke, er det usandsynligt, at indsatsen med at genoprette uheldet vil opsamle 100 % af det frigivne materiale, især i tilfælde af udslip i vand.

Udslip i vand

I tilfælde af en trafikulykke (vælteulykke eller sammenstød) kan der gå hul på containere og tønder, og uranoxid kan slippe ud i elvene. En ulykke i forbindelse med håndtering og lastning af containere på skibe kan føre til udslip i havmiljøet. Spildets omfang afhænger af den kraft, der påføres containeren, og containerens og tøndernes evne til at modstå den påførte kraft.

To omfattende risikovurderinger af udslip til overfladevand (elve, søer og fjorde) og land under transport gennem arktisk Canada er blevet gennemført af ARCADIS-SENEC Canada i 2014 [65] [66]. Undersøgelserne så på potentielle receptorer, der har lighed med dem, der vil forekomme i undersøgelsesområdet.

Den potentielle påvirkning af vandkvaliteten (ferskvand og havmiljø) som følge af frigivelsen af uranoxid blev vurderet ved hjælp af modellering af skæbne og transport af det frigivne materiale samt modellering af eksponeringsvej og risikobeskrivelse for forskellige receptorer. Vurderingen antog, at en større oprensningsindsats vil fjerne hovedparten (> 90 %) af de frigivne materialer. Begge vurderinger omfattede frigivelsen af uranoxid på steder, der ligner det sydlige Grønland med hensyn til meteorologi og vinterforhold.

På grundlag af resultaterne i den radiologiske vurdering fra den arktiske region i Canada for tilsvarende radioaktive stoffer kan det slutes, at et udslip af uranoxid i Narsaq-elven eller Narsap Ilua, når vandet ikke er tiliset, vil kunne medføre konsekvenser på kort og langt sigt.

På kort sigt kan det berørte vand påvirke det akvatiske liv. I denne sammenhæng defineres 'kortsigtet' i forbindelse med vandkvalitet som tiden mellem udslip og det tidspunkt, hvor det berørte vand er fortyndet tilstrækkeligt til at opfylde retningslinjerne for vandkvalitet med hensyn til uran. Dette tidsrum varierer alt efter det enkelte vandområde, men er normalt i størrelsesordenen dage eller uger.

På længere sigt skal frigivet materiale indesluttet og fjernes, og der skal foretages afbødninger i området. Afhængig af beredskabets effektivitet efter ulykken med udslip kan den langsigtede kvalitet af sediment i udslipsområdet påvirkes negativt med det resultat, at flora og fauna kan blive udsat for kontamineret vand og sedimenter.

For at vurdere risikoen for, at et udslip af uranoxid påvirker miljøet, undersøgte Arcadis [3] både sandsynligheden for en ulykke, der medfører et udslip, og konsekvensen af det potentielle udslip.

Primært på grund af den lave sandsynlighed for en ulykke som følge af den begrænsede og nøje styrede logistik for transporten fra anlæg til havn er risikoen for udslip i vand beregnet til at være ekstremt lav (mindre end 1 i 50 millioner hændelser om året) [3].

Udslip på land

En trafikulykke (vælteulykke eller sammenstød) kan medføre udslip på landjorden fra brud på containere og tønder. En del af det udslept produkt kan blive luftbårent på grund af kraftpåvirkningen under ulykken. Hvis ulykken efterfølges af brand, kan dens udslyngende effekt bidrage til luftbåren frigivelse af partikler af uranoxid.

I tilfælde af en ulykke, der involverer frigivelse af uranoxid på land, kan både flora og fauna og offentligheden (og medarbejdere) blive udsat for ekstern gammastråling samt indånding af luftbårne partikler.

Arcadis [3] modellerede en køretøjsulykke, hvor halvdelen af det transporterede uranoxid blev spildt på jorden. Hvis medarbejderne blev udsat for gammastråling fra uranoxid i løbet af 10 timers oprensning, ville den maksimale dosis, der blev modtaget, være 0,026 mSv, hvilket er langt under den yderligere benchmarkdosis på 1 mSv (over det naturlige baggrundsniveau).

En ulykke kunne også medføre, at støv fra uranoxid blev suspenderet i luften som aerosol eller gas. Hvis det antages, at en ulykke, hvor halvdelen af det transporterede uranoxid er blevet spredt i en halvkugle med en radius på 10 m i 30 sekunder, vil den umiddelbare og meget kortvarige koncentration i luften nær ulykkesområdet være på 63 mg/m^3 . Hvis en person udsættes for denne støvkoncentration, vil den samlede inhalationsdosis være på 0,164 mSv. Denne dosis ligger langt under den anbefalede strålingsdosisgrænse for offentligheden på 1 mSv pr. år (over det naturlige baggrundsniveau), hvilket igen ligger langt under den foreskrevne dosisgrænse for medarbejdere på gennemsnitligt 20 mSv pr. år over 5 år.

Arcadis beregnede sandsynligheden for en ulykke med farligt gods ved hjælp af statistikker over ulykker i Nordamerika (se Tabel 45).

Tabel 45 Transportulykker med farligt gods pr. million tonkilometer - statistikker fra Nordamerika ([3] - Tabel 14)

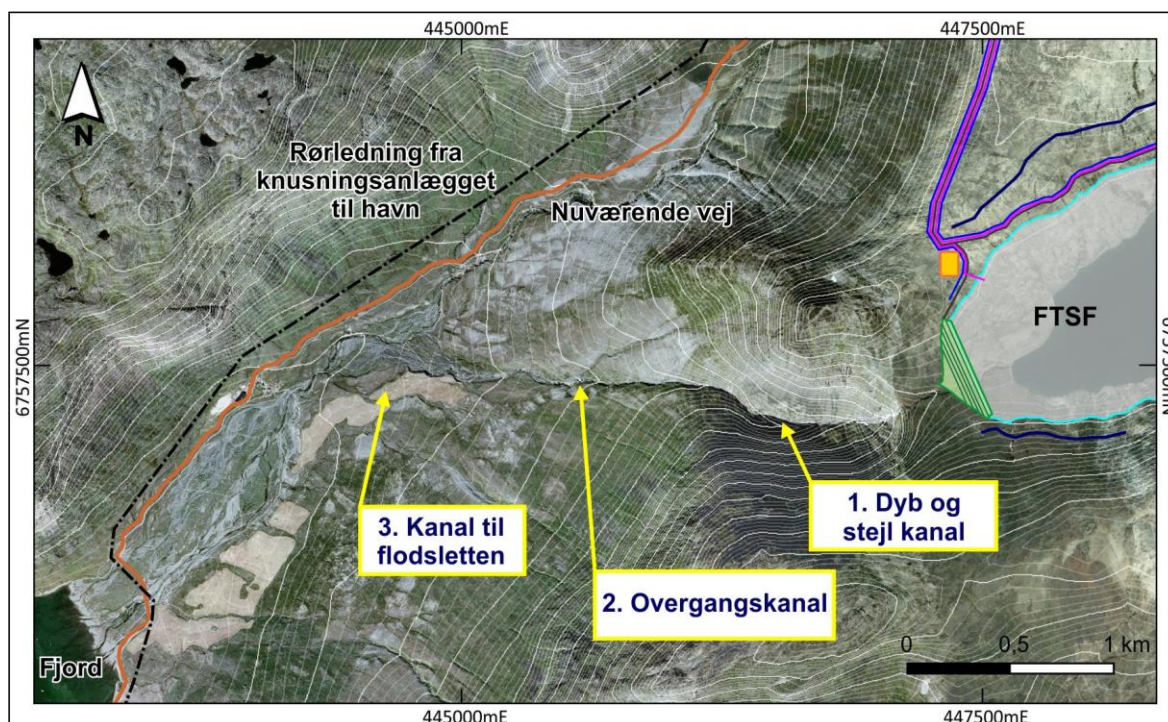
Jurisdiktion	Alle ulykker	Vælte-ulykke	Frontal-sammenstød
Canada	0,005	$3,16 \times 10^{-4}$	$3,55 \times 10^{-4}$
USA	0,0021	$4,6 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-4}$
Saskatchewan	0,0045	2×10^{-4}	2×10^{-4}

Ifølge transportrutens længde (13 km) og den canadiske statistik over ulykker blev hyppigheden af ulykker udregnet til 0,0087 pr. million ton. I betragtning af produktionen af ca. 500 ton uranoxid om året beregnes hyppigheden af en vælteulykke eller anden type ulykke langs ruten til $4,4 \times 10^{-6}$ om året. Hvis der antages en betinget sandsynlighed for skade på produktemballeringen på tidspunktet for ulykken (som defineret af IAEA (2003)), er sandsynligheden for en ulykke med frigivelse af uranoxid til miljøet yderst lille (1 i 4,3 millioner begivenheder om året), og sandsynligheden for brand efter udslip af uranoxid er endnu lavere (1 i 25 millioner begivenheder om året).

9.3.3 Udslip fra brud på TSF-anlægget

Tre forskellige scenarier for et muligt brud på FTSF-dæmningen er blevet vurderet for at bestemme påvirkningen på miljøet fra et sådant brud [110]. Svigtscenarierne blev modelleret for to tidsrum – afslutningen af drift (når mængden af tailings vil være på sit højeste) og tiden efter nedlukning (repræsenteret af år 49, hvilket er det år, mængden af supernatant (damvand) vil være størst).

I tilfælde af en ikke-planlagt udledning af tailings eller tailingsvand fra FTSF kan disse forventes at følge den nuværende rute for vandudledning til havet. Denne rute kan beskrives som værende sammensat af tre forskellige zoner som vist i Figur 48.

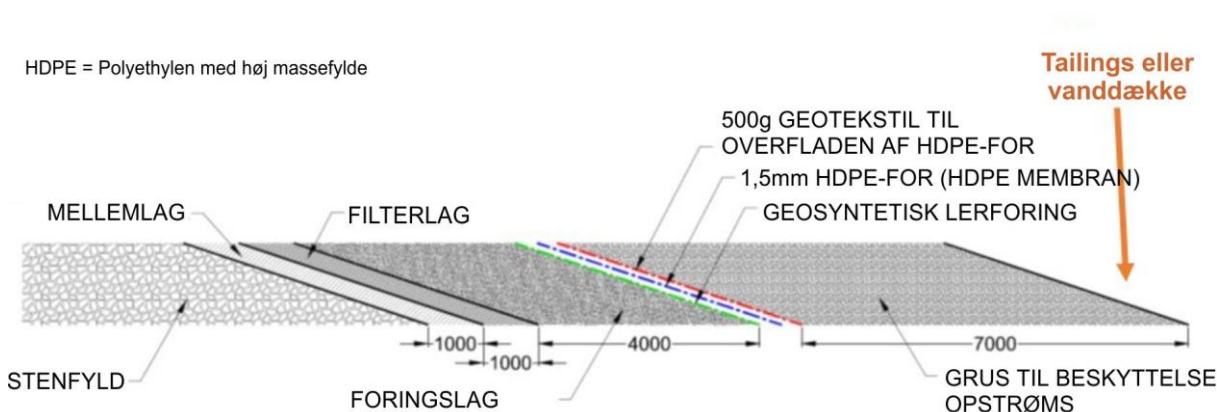


Figur 48 Udledningsrute fra FTSF til fjorden i tilfælde af potentielt svigt

De tre former for svigt, der blev vurderet, omfatter: Overløb, kanaldannelse og katastrofalt svigt. Hvert af disse typer svigt og deres potentielle konsekvenser er beskrevet nedenfor.

Overløb

Overløb kunne forårsages af, at is gennem flere år nedbryder den øverste grusbeskyttelse, geotekstilet, foringen af HDPE (højdensitetspolyethylen) og lerforingen (Figur 49). I dette svigtscenarie blev der set på driftsfasen og fasen efter nedlukning. I begge tilfælde ville noget af vanddækket gå tabt. I vurderingen blev det antaget, at udledningen ville forekomme i løbet af 3 måneder på ethvert tidspunkt af året uden tab af faste tailings. For driftsfasen var antagelsen, at ca. 15 Mm³ vand ville blive udledt med en gennemsnitlig hastighed på 6.900 m³ pr. time. For fasen efter nedlukning kunne mængden af udledt vand komme op på det dobbelte af mængden i driftsfasen. I driftsfasen afspejler supernatantvand minearbejdet og bearbejdningen, men efter nedlukning svarer supernatantvandets kvalitet generelt til kvaliteten af omgivende vand.



Figur 49 Dæmning - Foring opstrøms ([1] - Tegning 002-1020)

Potentiel konsekvens af overløb

Ud over den offentlige bekymring om et brud på dæmningen i et tailings-anlæg kunne den største påvirkning fra en overløbsbegivenhed være en udstrakt og langvarig strøm, som kunne forventes at oversvømme græsmarkerne i sletten i hændelsestidsrummet (som antages at være 3 måneder). Sammen med oversvømmelsen kunne der forekomme strømningsblokeringer af is, hvis dæmningssbruddet skulle ske under vinterforhold.

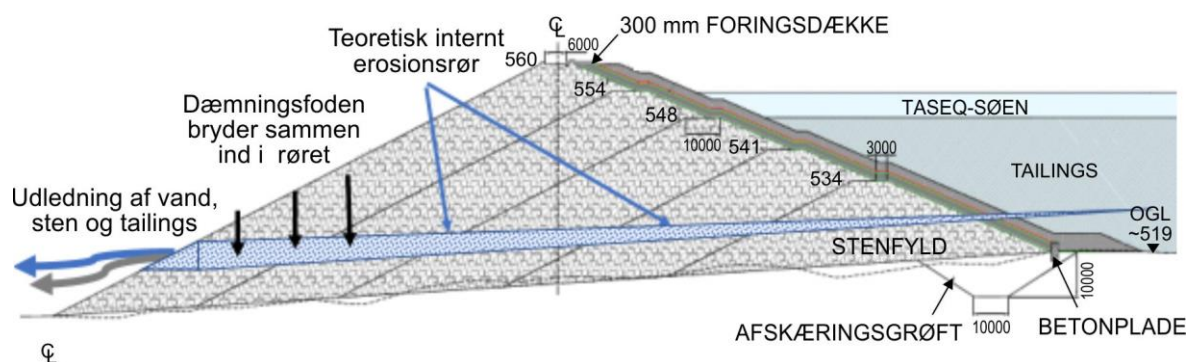
Under drift kan urankoncentrationerne i supernatanten nå et maksimum på 76 µg/l, men radium-226 og thorium vil svare til omgivelserne (Orbicon 2018).

Efter nedlukning, når udledning fra FTSF begynder at løbe ind i Taseq-elven i år 49, forventes koncentrationsniveauerne at ligge under GWQC for alle elementer undtagen fluorid.

Kanaldannelse

Kanaldannelse er en erosion, der opstår i en intern tunnel i en dæmning og gradvist nedbryder jord og klipper i dæmningen. Kanaldannelse betragtes som en (fjern) mulighed, der potentielt kunne være resultatet af nedslidning af den forseglede afledningskanal, der blev bygget inden påbegyndelsen af anlæggelsen af FTSF-dæmningen (f.eks. Omai, Guyana, 1995). Denne type dæmningsbrud er vist i Figur 50. Dæmningsmaterialer kan eroderes ved strømning af vand, og denne form for erosion kunne medføre tab af alt FTSF-dækningsvandet og en betydelig mængde tailings til Taseq- og Narsaq-elvene.

I dette scenarie blev det antaget, at alt det overfladevand (13,7 Mm³ under drift og 32,9 Mm³ efter nedlukning) og 25 % af de flotationstailings, der blev anbragt over den oprindelige Taseq søbund (15 Mt), vil gå tabt i løbet af 1 måned under drift og i løbet af 2 måneder efter nedlukning. Udledningen antages at starte med tailings alene (med 60 % faste stoffer), som hurtigt får en lavere procentdel af faste stoffer i takt med, at overfladevandet blandes i.



Figur 50 Teoretisk rørbrud ([110] - Figur 3.2)

Det skal bemærkes, at konstruktionen udformet af AMEC Foster Wheeler indeholder designelementer, der væsentligt mindsker potentialet for kanaldannelse, herunder adskillige udsivningsbarrierer, en filterzone og fyld med grove sten, der ville sprede små lækager og forhindre dannelse af en større afledning/rør.

I tilfælde af kanaldannelse ville faste stoffer fra tailings indeholde uran- og thoriumbaseret radioaktivitet. Undersøgelser udført hos SGS på flotations-tailings viste, at indholdet af U-238 og Th-232 var henholdsvis 2,2 Bq/g (ca. 179 ppm) og 1,6 Bq/g (ca. 404 ppm). Porevandet fra tailings med et indhold af 60 % faste stoffer er blevet målt til at indeholde 2,15 mg/L uran og 0,037 mg/L thorium (gennemsnitlig koncentration ifølge testresultater fundet i 2015 angående koldtandsopbevaring). Under drift kan urankoncentrationerne i supernatanten nå et maksimum på 76 µg/L, men radium-226 og thorium vil svare til omgivelserne (Orbicon 2018).

Ved år 49, det teoretiske tidspunkt for det modellerede kanaldannelse, forventes porevandet fra tailings at indeholde mindre end 1 µg/L uran og så godt som intet thorium. Hvis tailings med 60 % faste stoffer blandes fuldstændigt i forholdet 1:1 med overfladevandet, vil koncentrationen af opløst uran og thorium falde til henholdsvis 0,6-0,7 mg/L og 0,01 mg/L i frigivet slam, der i gennemsnit indeholder ca. 37 % faste stoffer.

Hvis der antages 37 % faste stoffer, ville den samlede mængde frigivne tailings med faste stoffer under et svigt ved driftsfasens slutning og efter nedlukning være 5,55 Mm³, hvilket ville blive fordelt på følgende måde: Der ville blive deponeret 65 % (3,61 Mm³) i elvsystemet og på dets slette, ca. 35 % (1,94 Mm³) ville blive skyllet gennem elvsystemet og nå Narsap Ilua, hvor 30 % (1,66 Mm³) ville blive aflejret, og 5 % (0,28 Mm³) ville blive ført endnu videre.

Strømmen af opslemmet tailings beregnes til at være meget betydelig med et gennemsnit på 42.000 m³/t (11,7 m³/s), hvilket kan forventes at medføre en vis nedbrydning af stenfyldet i dæmningen såvel som en fordeling af faste tailings langs det nuværende løb af Taseq- og Narsaq-elvene.

Potentiel konsekvens af kanaldannelse

I dette scenarie kunne der opstå betydelige påvirkninger på grund af en udstrakt strøm, der under driftsfasen og efter nedlukning kunne forventes at oversvømme græsmarkerne på sletten. Med en rapporteret gennemsnitlig naturlig strømning på 1,15 m³/s (GHD 2019) ville Narsaq-elven ikke fortynde de frigivne tailings særlig meget.

Den mængde tailings, der frigives i dette scenarie, kan afsættes langs elvene og i fjorden. I området umiddelbart nedstrøms for den hypotetiske frigivelse (segment 1 af frigivelsesruten angivet i Figur 50) vil den stejle hældning, den lave dybde og den høje hastighed sammen med den uregelmæssigt formede elvleje skabe en meget turbulent strøm, der vil forhindre aflejring af faste stoffer fra tailings i disse områder. Bortset fra nogle små indsænkede lommer, hvor strømmen muligvis ville løbe langsommere, vil der ikke forekomme væsentlig deponering på de øverste stejle skråninger. Tilsvarende ville strømmen i segment 2 af frigivelsesruten, selvom der er lidt mindre stejlt, også nå høje hastigheder, hvilket ville begrænse mængderne af materialer, der aflejres på denne strækning. Ved Narsaq-elven flader skråningerne ned, og elven breder sig ud, når den nærmer sig Narsap Ilua. I dette område har elven mange kanaler med visse synlige kombinerede kanaler. Med en hældning på ca. 3 % og brede kanaler ville strømningshastigheden være meget langsommere, og der kunne forekomme en vis aflejring af mere af tailingsmaterialet. Narsap Ilua-bugten er cirka 2 km bred, og i de første 200 m fra munden af Ilua er der relativt lavvandet.

Ifølge Arcadis' erfaring og modellering forventes en betydelig del (60 til 70 %) af tailingspartikler, især grovere partikler, at aflejres i den nederste del af Narsaq-elven. Cirka 30 til 40 % af faste stoffer fra tailings forventes at aflejres i Narsap Ilua, og kun en lille del af faste stoffer (mindre end 5 %) ville forlade Narsap Ilua og komme ud i fjorden.

Katastrofalt dæmningsbrud

Der er modelleret to scenarier for et katastrofalt driftssvigt, et tilfælde med lav volumen og et tilfælde med høj volumen. Arten og omfanget af den potentielle frigivelse af faste stoffer og væsker fra et katastrofalt svigt på en tailingsdæmning blev først modelleret af Arcadis i 2018 ved hjælp af en 2D-model for en antaget brudbredde på 100 m, en tailings-dybde på 30 m og et vanddække på 5 m (svarende til et vandvolumen på 15 Mm³) på tidspunktet for svigtet. I april 2020 [110] udførte KCB endnu en vurdering ved hjælp af en 3D-model for strømning og oversvømmelse fra en antaget brudbredde på 95 m, en tailings-dybde på 34 m og et vanddækevolumen på 13,7 Mm³.

Disse beregninger af brud under drift påviste et interval for frigivelsesvolumener på mellem 21 Mm³ (Arcadis [110]) og 43,5 Mm³ (KCB [74] ved anvendelse af metoden i Rico et al. (2008)). For disse betingelser udførte KCB en vurdering af hydraulik ved potentielle påvirkninger fra svigt ved hjælp af Flo2D Pro Model Build No: 18.12.20, en model til beregning af beskyttelse af et bestemt volumen i

oversvømmelsesruter. Den er i stand til at modellere frigivet mudder/sediment, der flyder over kompleks og uregelmæssig topografi.

For det katastrofale driftssvigt på dæmningen anslog KCB [74] en maksimal frigivelse på i alt ca. 30,0 Mm³ tailings bestående af 13,8 Mm³ faste stoffer og 16,2 Mm³ porevand samt 13,5 Mm³ damvand. 3D-modellen for det katastrofale driftssvigt viser, at frigivelsesstrømmen ville oversvømme et område på ca. 1,84 km² i forskellige dybder langs udledningsruten fra tailingsdammen til Narsap Ilua. Det blev anslået, at cirka 80 % af de faste stoffer i tailings (ca. 11 Mm³) ville nå Narsap Ilua.

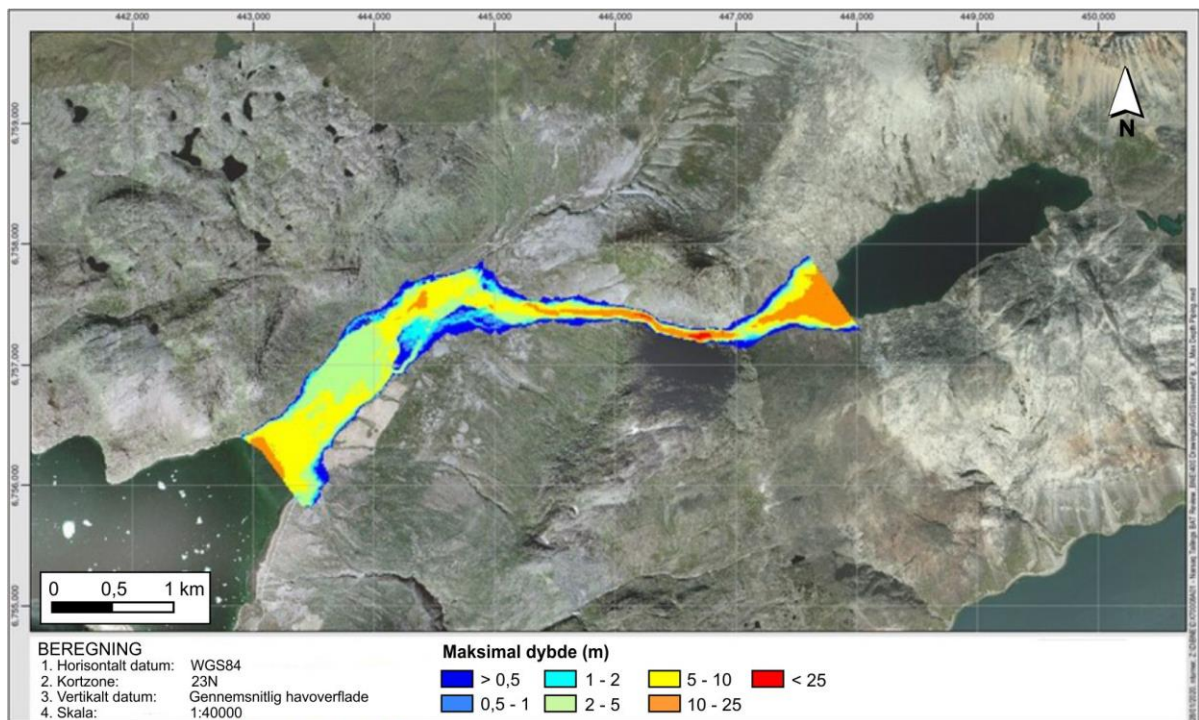
De vigtigste forskelle mellem et katastrofalt driftssvigt og et katastrofalt svigt efter nedlukning ligger i mængden af supernatant og vandkvaliteten i supernatanten:

- Et driftssvigt antages at involvere 13,7 Mm³ ubehandlet supernatant
- Et svigt efter nedlukning antages at involvere 32,9 Mm³ behandlet supernatant.

I et katastrofalt svigtscenarie efter nedlukning ville oversvømmelsens udstrækning forventes at svare til den udstrækning, der blev modelleret for et driftssvigt, og derfor blev der ikke foretaget yderligere 3D-modellering for det. Den større mængde supernatant forbundet med et svigt efter nedlukning ville sandsynligvis transportere en større del af de faste tailings til Narsap Ilua, og derfor repræsenterer et driftssvigt sandsynligvis det værst tænkelige scenarie for deponering af faste tailings på land.

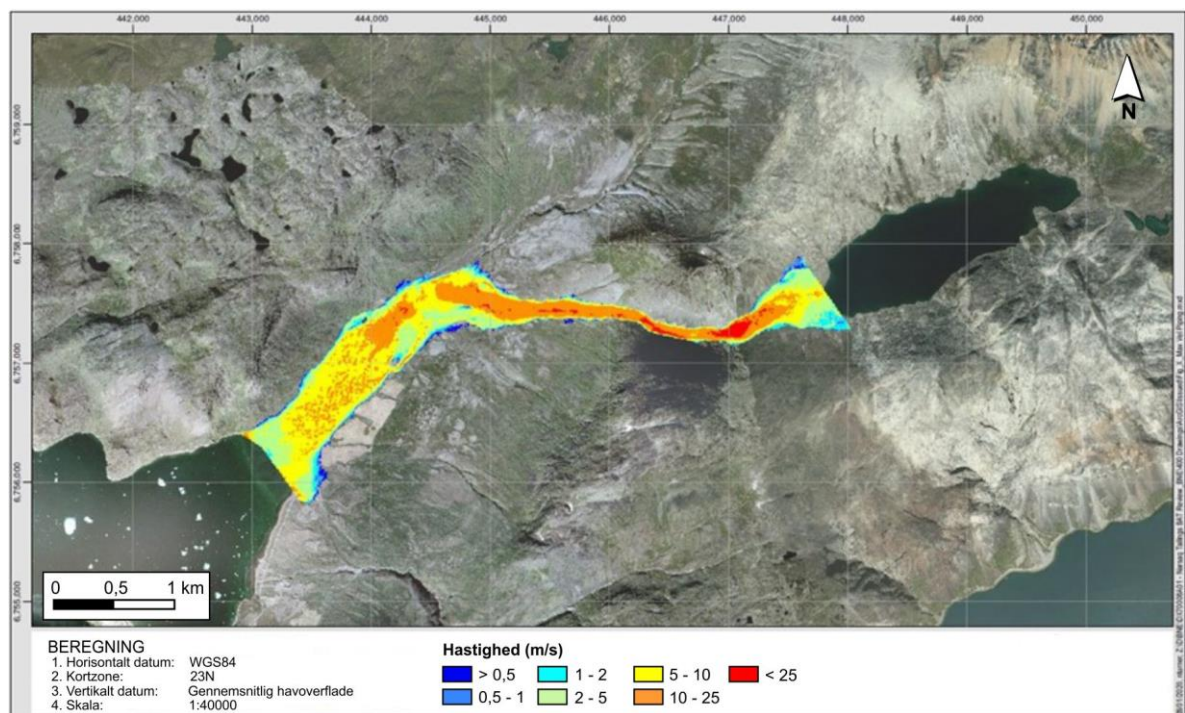
Potentielle konsekvenser af et katastrofalt brud på dæmningen

Der blev modelleret driftstilfælde med lav og høj volumen, og selvom der er en betydelig forskel i potentielle mængder, der frigives af brud, sås kun en lille forskel i oversvømmelsesområdet (ca. 1,84 km²), da oversvømmelsen stort set er begrænset af Taseq- og Narsaq-dalene. Den dybeste strømning ville forekomme i den smalle dal i den første tredjedel af brudruten (strømsegment 1), der kunne overstige 25 m i dybden. I den bredere dal og på sletten ville strømningsdybden reduceres til cirka 5 m, men den kunne muligvis i nogle områder nå op på 10 m. Oversvømmelsesområdet ville være ca. 510 m bredt på sletten med en maksimal bredde på ca. 640 m ved udmundingen til Narsap Ilua. Figur 51 illustrerer den maksimale dybde og udstrækning af oversvømmelsesområdet for svigtscenariet med "høj volumen" (43 Mm³).



Figur 51 Maksimal dybde - ifølge brudparametre fra Rico et al. (2008) og Frøehlich (2008) ([110] - Figur 3.5)

Den højeste hastighed, der forudses i et katastrofalt scenarie, forventes at forekomme ca. 750 m nedstrøms for bruddet i et smalt og stejlt afsnit, hvor hastigheden kunne overstige 25 m/s. I resten af den smalle dal forventes der strømningshastigheder på mellem 10 og 25 m/s, inden det brede afsnit af sletten nås, hvor hastigheden kunne reduceres til 2-5 m/s. Den maksimale hastighed er illustreret i Figur 52.



Figur 52 Maksimal hastighed - på grundlag af brud beskrevet i Rico et al. (2008) og Frøehlich (2008) ([110] - Figur 3.8)

Den anslåede medianværdi for udløbsafstand er cirka 50 km, mens afstanden fra FTSF til Narsap Ilua kun er 5 km. I denne situation viser flodbølgen fra dæmningsbruddet og strømningsforholdene efter

svigt, at der ville forekomme transport og sedimentering af tailings-materiale og erosion af elvbunden langs Narsaq-elven og ud i Narsap Ilua, da den maksimale erosion og de maksimale transporthastigheder i høj grad overstiger aflejringshastighederne. Efterhånden som strømmingen efter svigt aftager, vil de resterende tailings blive aflejret i områder med langsommere strømning, især på sletten, og til sidst i den primære elvkanal.

I dette afsnit af vurderingen af følgevirkninger omtales de radiologiske påvirkninger, der er forbundet med tre former for svigt ved afslutningen af drift og i tiden efter nedlukning. Afsnit 10.3.3 beskriver, for de samme scenarier, de potentielle påvirkninger på vandkvaliteten, der er forbundet med et svigt i TSF-anlægget. Afsnit 12.3 beskriver de potentielle økologiske påvirkninger, der er forbundet med et svigt i TSF-anlægget.

Den modellering, der er foretaget af Arcadis, antog, at de tailings, der påvirkes ved hver form for svigt, stammer fra FTSF. For hvert af de modellerede scenarier blev der foretaget forudsigelser om vandkvalitet og dosiskoncentrationer i faste stoffer for at komme frem til analysen af potentielle påvirkninger. Hver form for svigt og de tilknyttede radiologiske konsekvenser behandles nedenfor.

ERICA-modellen frembyder en risikokvotient, som er den anslåede radiologiske dosis for en organisme sammenlignet med den valgte dosisgrænse. Risikokvotienten er ikke en beregning af sandsynligheden for økologisk påvirkning. Indeksverdierne har i stedet positiv korrelation med en mulig påvirkning, dvs. højere indeksverdier peger på en større mulig påvirkning. Når risikokvotienten ligger under værdien 1, er den potentielle risiko minimal. En risikokvotient over 1 viser, at der er større potentiale for en uønsket påvirkning. Som omtalt ovenfor forventes der alvorlige påvirkninger, når doser er to størrelsesordener over dosisgrænsen (dvs. risikokvotienter på 100).

Overløb - Vurdering af radiologiske følgevirkninger

Risici for akvatiske arter

Ferskvand

I en overløbshændelse under drift kan uran nå koncentrationer på 76 µg/l i vanddækket (Orbicon 2018). Tabel 46 opsummerer de vandkoncentrationer, der kunne frigives under en overløbshændelse. Med henblik på at evaluere den radiologiske påvirkning forbundet med en kortvarig eksponering ved en frigivelse under drift blev en screeningsniveau-beregning foretaget med ERICA-modellen. Den maksimale anslåede risikokvotient under drift er 0,7 for vaskulære planter.

Efter nedlukning, når udledningen fra FTSF begynder at løbe over i Taseq-elven i år 49, forventes koncentrationsniveauer i FTSF at være under den omgivende vandkvalitet for uran og radium-226. Selvom der ikke er nogen kriterier for thorium, er koncentrationerne lave [110]. I tiden efter nedlukning er vandkvalitetsresultaterne ikke væsentligt forskellige fra den oprindelige tilstand. Dette antyder, at der ikke forventes nogen bekymring for ferskvandsmiljøet med hensyn til frigivelse af radionuklider under en overløbshændelse.

Hav

Strømmen fra tailings-dæmningen ved en overløbshændelse blev anslået til 6.900 m³ i timen. Koncentrationerne i FTSF-tailingsvandet blev anslået over tid og er opsummeret i Tabel 46. I de modellerede scenarier forventes forhøjede urankoncentrationer at være til stede under et driftssvigt, og i tiden efter nedlukning, når udledningen fra FTSF begynder at løbe over og ind i Taseq-elven i år 49, forventes koncentrationsniveauer at være lave.

Tabel 46 Forventede koncentrationer af U, Th, Ra-228 i FTSF-vand ([110] - Tabel 4.1)

Element	År 37 – Afslutning af driften	Start af overløb til Taseq-elven (År 49)	År 59	År 93
U (µg/l)	76	2,47	1,78	1,43
Th (µg/l)	0	1,15E-04	1,72E-04	1,32E-04
Ra-228 (Bq/l)	0	0	0	0

Tabel 47 opsummerer de vandkoncentrationer, der forventes at være til stede i Narsap Ilua under en overløbshændelse.

Tabel 47 Radionuklidkoncentrationer i Narsap Ilua under en overløbshændelse ([110] - Tabel 4.2)

Element	Koncentration (Bq/l)		Kommentar
	Under drift	Efter nedlukning	
U-238	0,94	0,031	På baggrund af den forventede vandkvalitet.
Th-230	0,083	0,003	Ingen oplysninger. Beregning baseret på den relative aktivitet af Th-230 og U-238 i porevand. Værdien efter nedlukning er lavere end basislinje, og derfor blev værdien for Th-230 indstillet til basislinje i disse beregninger.
Ra-226	0	0	Forudsete koncentrationer er lave, indstillet til basisværdi.
Pb-210	0,029	9,5E-04	Ingen oplysninger. Den anslåede koncentration baseret på relativ aktivitet af Pb-210 og U-238 i porevand. Disse værdier er lavere end basislinje i ferskvand, og derfor blev værdien for Pb-210 indstillet til basisværdi i disse beregninger.
Po-210	0,29	9,5E-04	Ingen oplysninger. Antagelse svarende til Pb-210. Værdien efter nedlukning er lavere end basislinje for ferskvand, og derfor blev værdien indstillet til basislinje i disse beregninger.
Th-232	0	7,0E-07	Den anslåede koncentration er lav ([110] Tabel 4.1 (VVM Tabel 46)), indstillet til basisværdi.
Ra-228	0	7,0E-07	Ingen oplysninger. Indstilling lig med Th-232 blev påtænkt men pga det meget lave aktivitetsniveau indstillet til basisværdi.
Th-228	0	7,0E-07	Ingen oplysninger. Indstilling lig med Th-232 blev påtænkt men pga det meget lave aktivitetsniveau indstillet til basisværdi.

Som vist i Tabel 47 blev koncentrationerne af hver af radionukliderne undersøgt. Hvis en overløbshændelse forekom under drift, ville det forhøjede niveau af uran udgøre en potentiel risiko for fytoplankton, men påvirkningerne forventes ikke at være alvorlige (den maksimale risikokvotient er 4,6), og da dette er en hurtigt reproducerende organisme, forventes enhver påvirkning at være kortvarig. Det bemærkes også, at risikokvotienten for fytoplankton er over 1 under basislinje-forhold, hvilket angiver den konservative indstilling af denne beregning. I scenariet efter nedlukning forventes koncentrationen af hver radionuklid ikke at ændre sig betydeligt fra basislinje, og en dosisberegning viser, at ingen uønskede påvirkninger forventes for biota, der holder til i Narsap Ilua, i det tilfælde, at en overløbshændelse forekommer i tiden efter nedlukning [110].

Risici for terrestriske arter

I en overløbshændelse vil strømmen blive indesluttet af Narsaq-elven. Da denne frigivelse repræsenterer en stor vandstrøm, forventes der ingen signifikante påvirkninger på det terrestriske miljø som følge af radioaktivitet. Terrestriske receptorer, som kunne blive udsat for eksponering (f.eks. ænder, der drikker vand fra strømme, samt planter og orm, der bliver udsat for det udledte vand), er medtaget i scenariet for akut eksponering i ferskvandsmiljøet.

Risici for menneskers sundhed

Der forventes ingen signifikante påvirkninger på menneskers sundhed som følge af radioaktivitet. Overløbsstrømmen ville være kortvarig, og der er ingen væsentlig ændring i radioaktivitet på langt sigt. Der forventes ingen påvirkninger på menneskers sundhed i nogen af disse scenarier.

Kanaldannelse - Vurdering af radiologiske følgevirkninger

Risici for akvatiske arter

Ferskvand

Strømmen fra tailings vil overvælde den naturlige elvstrøm. Det forventes, at der vil forekomme betydelige påvirkninger på vandressourcer i elven fra den hurtige strøm og mængden af frigivet vand. Der vil forekomme stærke strømme, og biota som f.eks. fisk vil kunne blive skyllet væk med strømmen.

Under dette scenarie forventes tailings-partikler at blive aflejret i den nedre del af Narsaq-elven. Den antagede kvalitet af det vand, der ville frigives under et kanaldannelse, vises i Tabel 49. Tailings-porevandet med 60 % faste stoffer blev målt til at indeholde 2,15 mg/L uran og 0,037 mg/L thorium [110] (gennemsnit over tid).

På grund af de forhøjede koncentrationer i porevand, når det er blandet med supernatant, er der begrænset forskel mellem kvaliteten under drift og efter nedlukning. I vurderingen af dosis blev driftsvandets kvalitet konservativt anvendt til at repræsentere alle projektets faser. Sediment blev antaget at svare til tailings. Med henblik på at evaluere den radiologiske påvirkning fra kortvarig eksponering blev en screeningsniveau-beregning foretaget med ERICA-modellen.

Den maksimale anslåede risikokvotient for kortvarige påvirkninger er 14 for vaskulære planter, og zooplankton overskrider også risikokvotienten på 1. Da disse er hurtigt reproducerende organismer, forventes det, at enhver påvirkning vil være kortvarig. De fysiske påvirkninger under udledningen forventes at være betydelige.

Tabel 48 Vandkoncentration anvendt i dosisberegninger - kanaldannelse ([110] - Tabel 4.3)

Rad	Porevand koncentration (Bq/l)	Kommentar om porevand	Koncentration under drift (Bq/l)		Koncentration efter nedlukning (Bq/l)	
			Damvand ^a	Blandet ^b	Damvand ^a	Blandet ^b
U-238	27	Baseret på målt koncentration af 2,15 mg/l i porevand i testarbejde.	0,94	8,3	0,031	7,6
Th-230	2,4	Ikke detekteret i porevand, indstillet til halvdelen af detektionsgrænsen.	0,083	0,73	0,003	0,67
Ra-226	0,08	Ikke detekteret i porevand, indstillet til halvdelen af detektionsgrænsen.	0	0,02	0	0,02

Rad	Porevand koncentration (Bq/l)	Kommentar om porevand	Koncentration under drift (Bq/l) Damvand ^a Blandet ^b		Koncentration efter nedlukning (Bq/l) Damvand ^a Blandet ^b	
Pb-210	0,83	Baseret på målt koncentration i porevand i testarbejde.	0,029	0,26	9,5E+04	0,24
Po-210	0,83	Ingen oplysninger – antages at svare til Pb-210.	0,029	0,26	9,5E-04	0,24
Th-232	5,0	Baseret på målt koncentration i porevand i testarbejde.	0	1,4	7,0E-07	1,4
Ra-228	0,11	Ikke detekteret i porevand, indstillet til halvdelen af detektionsgrænsen.	0	0,03	7,0E-07	0,03
Th-228	0,03	Ikke detekteret i porevand, indstillet til halvdelen af detektionsgrænsen.	0	0,01	7,0E-07	0,01

^a Se [110] Tabel 4.2, VVM Tabel 47, for en beskrivelse.

^b Under antagelse af, at tailings med 60 % faste stoffer er fuldt ud blandet 1:1 med overfladevandet.

Tailingspartikler forventes at aflejre sig i den nedre del af Narsaq-elven. Disse tailings udviser en vis radioaktivitet fra uran og thorium. Med henblik på at evaluere den radiologiske påvirkning, hvis biota genetablerede sig i aflejringerne, blev en screeningsniveau-beregning for langvarig (kronisk) eksponering foretaget med ERICA-modellen. Sammensætningen af tailings anvendt i dosisberegningen vises i Tabel 49.

Tabel 49 Radionuklidkoncentrationer i faste stoffer fra tailings i FTSF anvendt til dosisberegning ([110] - Tabel 4.4)

Option	Koncentration (Bq/l)	Kommentar
U-238	2,9	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation (U i alt).
Th-230	2,9	Ingen oplysninger. Indstillet til lig med U-238.
Ra-226	2,7	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation.
Pb-210	2,9	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation.
Po-210	2,9	Ingen oplysninger. Indstillet til lig med Pb-210.
Th-232	6,1	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation (Th i alt).
Ra-228	1,6	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation.
Th-228	1,6	Fra testarbejde udført på tailings fra flotation.

Den maksimale anslåede risikokvotient fra niveau 2-vurderingen er 4,9 for fugle, der måtte opholde sig i dette miljø. Potentielle problemer er også blevet identificeret for andre trofiske niveauer (bløddyr, zooplankton); fisk blev imidlertid ikke identificeret som værende i fare. Denne risikokvotient peger på,

at der ville være et potentiale for nogle bivirkninger i biota, der lever i dette miljø, men der forventes ikke alvorlige påvirkninger. Dette er et konservativt skøn, da det antages, at disse biota vil få al eksponeringen fra det påvirkede område, hvorimod andre biota, især fugle, vil være på træk. Derudover vil det være svært for dem at få al deres føde fra området. På grund af deres uorganiske sammensætning ville de deponerede tailings ikke være et befordrende substrat til genoprettelse af et fungerende akvatisk økosystem, og det forventes, at der kræves tiltag til rehabilitering. Bestræbelser på at opsamle tailings forventes at reducere påvirkningen.

Hav

Tailings-porevandet med 60 % faste stoffer blev målt til at indeholde 2,15 mg/l uran og 0,037 mg/l thorium. Under en udledning vil supernatant og porevand blandes, og kvaliteten i det blandede vand vises i Tabel 48. Oplysningerne i denne tabel viser, at der er forhøjede koncentrationer i porevand, men at der efter blanding med damvand vil være begrænset forskel mellem kvaliteten under drift og efter nedlukning. Til vurderingen af dosis blev vandkvaliteten under drift konservativt anvendt til at repræsentere alle faser i projektet.

Med henblik på at evaluere den radiologiske påvirkning fra denne kortvarige eksponering blev en screenings-niveau beregning foretaget med ERICA-modellen. Den maksimale risiko-kvotient beregnet i ERICA er 100 for fytoplankton; dette udgør en væsentlig dosis på niveauer, hvor betydelige påvirkninger kan forekomme.

Derfor kan der være skadelige følgevirkninger på biota i Narsap Ilua fra eksponering for radioaktivitet i løbet af den måned, hvor vandet frigives under et kanaldannelse. Når frigivelsen er ophørt, forventes niveauerne hurtigt at falde til tæt på de oprindelige niveauer, og doserne vil også falde til under effekttærsklen. Derfor er de radiologiske virkninger fra den vandmængde, der udledes ved en kanaldannelse, potentielt betydelige, men de forventes at være kortsigtede.

Vandfrigivelsen forventes at være kort i varighed; der vil dog være langvarig eksponering for tailings, som deponeres i Narsap Ilua, og som vil danne sediment. For at evaluere den radiologiske virkning af dette scenarie blev der udført en screeningsniveau-beregning ved hjælp af ERICA-modellen. Sediment-koncentrationerne blev indstillet til lig med tailings-koncentrationerne (vist tidligere i Tabel 49), og en række biota blev taget med i vurderingen. Risikokvotienten på vurderingens niveau 2 er under 1 for biota, der ville blive genoprettet i det sediment, som omfatter tailings fra flotation. Dette indikerer, at der ikke forventes nogen langtidsvirkninger på biota fra eksponering for radioaktivitet i Narsap Ilua. Det bemærkes dog, at tailings vil kvæle de eksisterende biota, og at arterne skal genkolonisere, hvilket kan være vanskeligt.

Risici for terrestriske arter

I tilfælde af kanaldannelse kan der forekomme erosion, og elven ville blive væsentligt ændret. Tailings forventes primært at blive deponeret i den eksisterende Narsaq-elvkanal, hvorfor der ikke forventes påvirkning på terrestriske arter. Hvis der forekom landarealer med deponerede tailings, ville dette ikke være værre end virkningen i scenariet for katastrofalt dæmningsbrud, der er behandlet nedenfor.

Terrestriske receptorer, som kunne blive udsat for eksponering (f.eks. ænder, der drikker vand fra strømme, samt planter og orm, der bliver udsat for det udledte vand), er medtaget i scenariet for akut eksponering i ferskvandsmiljøet.

Risici for menneskers sundhed

I tilfælde af en kanaldannelse kunne de tailings, der deponeres i Narsap Ilua, medføre øgede koncentrationer af radionuklider i fisk, der spises lokalt. Der blev udført en screeningsniveau-beregning med ERICA-modellens forudsagte koncentrationer i fisk og den forventede mængde fisk, der bliver spist af lokalbefolkningen. Beregningsmetoden, indtagelsesmængden og dosiskoefficienter stammede fra Radiological Pathways Assessment (Arcadis 2019). Det skal dog bemærkes, at koncentrationen i fisk er den samlede koncentration, ikke kun forøgelsen fra projektet.

Ifølge disse oplysninger kunne en person få cirka 20 % af vedkommendes fisk i løbet af et år fra Narsap Ilua og forblive under en dosis på 1 mSv. Tabel 50 viser den anslåede dosis for scenariet med 20 %. Dette er en konservativ vurdering, hvis man antager, at den spiste fisk befinder sig udelukkende inden for Narsap Ilua. Derudover er dette et havmiljø i hurtig bevægelse, og forhøjede niveauer af radioaktivitet vil falde med tiden. Der er usikkerhed i estimatet af koncentrationen i fisk, og i tilfælde af en uventet frigivelse ville der blive udført kontrol fra tid til anden for at bekræfte koncentrationerne i fisk.

Tabel 50 Anslået dosis fra indtagelse af fisk fra Narsap Ilua ([110] - Tabel 4.5)

Radionuklid	Koncentration i fisk (Bq/kg frisk vægt)	Anslået dosis (mSv/år)		
		Voksen	Ældre barn	Yngre barn
U-238	2,9	1,8E-02	2,6E-02	2,9E-02
Th-230	0,58	1,5E-03	2,6E-03	3,5E-03
Ra-226	135	1,7E-01	1,7E-01	1,8E-01
Pb-210	5,8	2,4E-01	5,5E-01	6,3E-01
Po-210	0,29	1,0E-04	1,4E-04	1,6E-04
Th-232	1,2	5,3E-04	3,6E-04	3,3E-04
Ra-228	80	1,2E-03	8,7E-04	7,6E-04
Th-228	0,32	1,2E-03	1,0E-03	1,0E-03
I alt		0,4	0,8	0,8

Bemærkning: Dosis baseret på indtagelse af 20 % af den årlige kost bestående af fisk (f.eks. 21.900 g/år for en voksen) fra Narsap Ilua. Dosen blev beregnet i overensstemmelse med fremgangsmåden og antagelserne angivet i Arcadis (2019).

Vurdering af radiologiske følger virkninger ved et katastrofalt dæmningsbrud

KCB [74] vurderede et potentielt brud i dæmningsvæggen med frigivelse af vand og faste stoffer fra tailings som følge af et "større" brud. I tilfælde af et brud på tailings-dæmningen vil materialet blive frigivet hurtigt. Da størstedelen af tailings ville transporteres ved større hastigheder end aflejringshastighederne, vil tailings overvejende blive deponeret i Narsap Ilua. Efterhånden som strømningen efter svigt aftager, vil de resterende tailings blive aflejret i områder med langsommere strømning, især på sletten, og til sidst i den primære elvkanal. Oversvømmelsesområdet ville være ca. 510 m bredt på sletten med en maksimal bredde på ca. 640 m ved udmundingen til Narsap Ilua.

Risici for akvatiske arter

Ferskvand

Strømmen fra tailings vil overvælde den naturlige elvstrøm. Det forventes, at der vil forekomme betydelige påvirkninger på vandressourcer i elven fra den hurtige strøm og mængden af frigivet vand. Der vil forekomme betydelig erosion, og biota som f.eks. fisk ville kunne blive skyllet væk med strømmen. KCB [74] angiver, at de miljømæssige konsekvenser, der kunne forventes, inkluderer ødelæggelse af elvens vegetation og betydelig fiskedødelighed (som følge af begravelse i slam eller tilstopning af gællerne, som følge af turbiditet, der forhindrer lysindtrængning og fotosyntese, og som følge af ændringer i surhed og temperatur i vandet). Dosis fra radionuklider i vandet under den kortvarige hændelse blev undersøgt med hensyn til kanaldannelse. Det blev fundet, at der er potentiale for en risiko for vaskulære planter og zooplankton. Da disse er hurtigt reproducerende organismer, forventes det, at enhver effekt ville være kortvarig.

Det forventes, at tailings-partikler vil aflejres i den nedre del af Narsaq-elven. Disse tailings indeholder et vist niveau af uran- og thoriumbaseret radioaktivitet. For at evaluere den radiologiske påvirkning, hvis biota blev genoprettet i restaflejringerne, blev der udført en screeningsniveau-beregning ved brug af ERICA-modellen (som beskrevet i afsnit 9.3.1). Den tailings-sammensætning, der blev brugt i dosisberegningen, er angivet i Tabel 49.

Den maksimale anslåede risikokvotient fra niveau 2-vurderingen er 4,9 for fugle, der måtte opholde sig i dette miljø. Potentielle problemer er også blevet identificeret for andre trofiske niveauer (bløddyr, zooplankton); fisk blev imidlertid ikke identificeret som værende i fare. Dette er det samme resultat som i scenariet med kanaldannelse, da det i begge tilfælde blev antaget, at hele området ville blive dækket af tailings med en tilstrækkelig dybde til, at de radiologiske doser ikke ville afhænge af denne faktor. Denne risikokvotient peger på, at der ville være potentiale for nogle bivirkninger i biota, der lever i dette miljø, men der forventes ikke alvorlige effekter. Dette er et konservativt skøn, da det antager, at disse biota vil få al eksponeringen fra det påvirkede område, hvorimod andre biota, især fugle, vil være på træk. Derudover vil det være svært for dem at få al deres føde fra området. Som angivet ovenfor ville de deponerede tailings ikke være et befordrende substrat til genoprettelse af et fungerende akvatisk økosystem, og det forventes, at der kræves tiltag til rehabilitering. Bestræbelser på at opsamle tailings forventes at reducere radiologisk påvirkning. Sådanne afbødende handlinger har imidlertid potentiale til at afstedkomme påvirkninger, der opstår som følge af udførelsen af selve de afbødende handlinger (f.eks. kan udgravning af sedimenter, der indeholder tailings, forårsage en kortvarig stigning i turbiditet og genmobilisere en del af kontamineringen i sedimentet).

Hav

Det vand, der ville blive frigivet ved et brud på dæmningen, blev antaget til at være en blanding af porevand og damvand svarende til det, der er vist i Tabel 48. Det blev antaget, at biota i Narsap Ilua i løbet af frigivelsestidsrummet kunne udsættes for radionuklidniveauer ved de koncentrationer, der er vist i tabellen. Eftersom det ville være en kortvarig frigivelse, blev kun hurtigt reproducerende biota (fytoplankton, zooplankton, alger) taget med i beregningen. Den maksimale risikokvotient beregnet i ERICA er 100 for fytoplankton; dette udgør en betydelig dosis på niveauer, hvor der kan forekomme væsentlige påvirkninger. Derfor kunne der være skadelige følgevirkninger på biota i Narsap Ilua fra eksponering for radioaktivitet i løbet af det tidsrum, hvor vandet ville blive frigivet. Det skal dog bemærkes, at der ville være andre stressfaktorer med indvirkning på biota. For eksempel ville turbiditet forhindre lysindtrængning og fotosyntese, hvilket ville påvirke fytoplankton.

Når frigivelsen er ophørt, forventes det, at radioaktivitetsniveauerne hurtigt ville falde til tæt på de oprindelige niveauer, og doserne ville også falde til under effekttærsklen. Derfor ville virkningerne af stråling og radioaktivitet være betydelige, men de forventes at være kortsigtede.

Vandfrigivelsen ville forventes at være kortsigtet i varighed; der ville dog være langvarig eksponering for sedimenter, der deponeres i Narsap Ilua. For at evaluere den radiologiske virkning af dette scenarie blev der udført en screeningsniveau-beregning ved hjælp af ERICA-modellen. Sedimentkoncentrationerne blev indstillet til lig med tailings-koncentrationerne (vist tidligere i Tabel 49), og en række biota blev taget med i vurderingen. Dette er det samme resultat som i scenariet med kanaldannelse, da det i begge tilfælde blev antaget, at hele området dækkes af tailings med en tilstrækkelig dybde til, at de radiologiske doser ikke ville afhænge af denne faktor. Risikokvotienten på vurderingens niveau 2 er under 1 for biota, der ville blive genoprettet i det sediment, som omfatter tailings fra flotation. Dette indikerer, at der ikke ville forventes nogen langtidsvirkninger på biota fra eksponering for radioaktivitet i Narsap Ilua. Det bemærkes dog, at tailings ville kvæle eksisterende biota, og at arterne ville have behov for at genkolonisere, hvilket kunne være vanskeligt.

På grund af den store mængde tailings, der ville blive frigivet i dette scenarie, forventes det, at omfanget af fysiske effekter i Narsap Ilua ville være større end i scenariet med kanaldannelse, og at tailings ville komme ud i Ikerasaa/Narsaq Sund. Dette er et miljø med megen bevægelse, og disse tailings ville derefter blive blandet og spredt over et større område.

Risici for terrestriske arter

Terrestriske receptorer, som kunne blive udsat for eksponering (f.eks. ænder, der drikker vand fra strømme, samt planter og orm, der bliver udsat for det udledte vand), er medtaget i scenariet for akut eksponering i ferskvandsmiljøet.

Dosen for terrestriske receptorer, der antages at genetablere sig i områder, hvor tailings blev deponeret, blev beregnet med ERICA-modellen. Det bemærkes dog, at tailings kunne kvæle eksisterende biota, og at arterne ville være nødt til at genkolonisere, hvilket kunne være vanskeligt. Den tailings-koncentration, der er vist i Tabel 49, blev brugt som "jord" i ERICA, hvilket repræsenterer de terrestriske sektioner i det 1,84 km² store oversvømmelsesområde [74]. Den maksimale risikokvotient i niveau 2-vurderingen blev anslået til at være 1,9 for lav og bryofytter, mens den for andre receptorgrupper var under 1. Selv om der kunne være visse områder med påvirkning, forventes det dog ikke, at den samlede population af terrestriske receptorer ville blive påvirket af resterende radionuklider.

Der er også potentiale for, at støv fra de utildækkede tailings afsættes over et større område. Da der ikke forventedes at være signifikante effekter for biota direkte i tailings, ville eksponeringen på grund af støv være lavere, og derfor forventes ingen vidtrækkende effekter.

Risici for menneskers sundhed

Computerprogrammet RESRAD-ONSITE fra Argonne National Laboratory [112] blev brugt til at vurdere potentiel eksponering hos mennesker for stråling, der stammer fra tailings deponeret i oversvømmelsesområdet.

RESRAD

Til anslåelse af dosiskonsekvenser ved brud på dæmningen blev eksponeringsveje for ekstern gammastråling, (støv-) indånding, indtagelse af jord samt radon taget i betragtning. Den eksterne gamma-eksponeringsvej anvender korrektionsfaktorer på en uendelig kontamineret zone, som i vurderingen ville være arealomfanget og tykkelsen af de deponerede tailings. Inhalationsvejen anslår indtagelse af støv fra tailings, der frigives fra jorden, arealomfang, lokalt ophold og indåndingshastighed. Indtagelse af jord anslås ud fra en standardhastighed og korrektion for ophold. Radonmodellen anslår doser forårsaget af de radonhenfaldsprodukter, der frigives fra tailings, og tager højde for radondiffusion fra tailings, arealomfang, vind, ophold og indåndingshastighed.

Aktivitetskoncentrationerne blev anslået ifølge Tabel 49. Tabel 51 viser, hvordan de kontaminede zonearealer og -tykkelser varierede for 12 hypotetiske tilfælde.

Tabel 51 Parametre for kontamineret zone ([110] - Tabel 4.6)

Parameter	Variation	Værdi	Enhed	Begrundelse
Det kontaminede områdes areal	1	1	ha	Variation i interval
	2	10		
	3	100		
Tykkelse af kontamineret zone	A	1	cm	Variation i interval
	B	5		
	C	10		
	D	100		
Længde parallelt med strømmen i vandførende lag	Ikke relevant			

Kontamineret fraktion under grundvandsspejlet

Ikke relevant

Standardværdier for ophold blev justeret for at afspejle 100 % udendørs ophold på det kontaminede sted. Beregningsparametre anvendt i modellen er opsummeret i Tabel 52. Standardværdien i RESRAD-ONSITE for indtagelse af jord er 36,5 g/år (ANL 2016).

Tabel 52 Data for ophold, indånding og ekstern gammastråling ([110] - Tabel 4.7)

Parameter	Værdi	Enhed	Begrundelse ¹
Indåndingshastighed	8.400	m ³ /år	standard
Indåndingsbelastning	0,0001	g/m ³	standard
Eksponeringsvarighed	30	år	standard
Filtreringsfaktor for indendørs støv	0,4	-	standard
Afskærmningsfaktor for ekstern gammastråling	0,7	-	standard
Indendørs tid (fraktion)	0	-	minimer indendørs dosis
Udendørs tid (fraktion)	1 ²	-	maksimer udendørs dosis
Den kontaminede zones facon	cirkel	-	standard

Bemærkninger:

¹ Standard (ANL 2016).

² Dosishastighederne skaleres efterfølgende for "lejlighedsvis adgang" med 200 timer/(365 d x 24 timer/d).

Det er meget usandsynligt, at et område dækket af tailings ville være beboet regelmæssigt. I mange år i Canada har det for eksempel ved nedlukningen af tailings i Elliot Lake, som indeholder både uran og thorium i væsentligt højere niveauer end ved Kvanefjeld, været almindelig praksis at antage lejlighedsvis adgang til steder med uran-tailings ved et niveau på 200 timer/år, hvilket repræsenterer lejlighedsvis transit. I RESRAD-ONSITE blev det årlige ophold modelleret efter kontinuerlig udendørs ophold, og de anslåede årlige dosishastigheder blev efterfølgende skaleret med 200 timer/(365 dage x 24 timer/d) for at repræsentere eksponering fra "lejlighedsvis adgang", hvilket repræsenterer et delvist ophold på 0,023.

De samlede dosishastigheder er vist i tabelform for at repræsentere "lejlighedsvis adgang" i forbindelse med totale doser og eksponeringsvejdoser og med de mest betydningsfulde radionuklidbidrag. Tabel 53 viser, at de samlede dosishastigheder ville stige med tykkelsen og arealet af den kontaminede zone, med værdier mellem 0,07 og 0,38 mSv/år. De anslåede samlede doser vil være langt under den årlige dosisgrænse på 1 mSv angivet af ICRP (Den Internationale Kommission for Strålebeskyttelse) for medlemmer af offentligheden.

Som angivet i Tabel 54 vil ekstern stråling være den eksponeringsvej, der udgør det største bidrag til den samlede dosishastighed for alle tilfælde, fra 84 til 97 % af det samlede antal tilfælde, efterfulgt af radon-, indåndings- eller jordindtagelsesveje, afhængigt af tilfældet. Tabel 55 viser de signifikante radionuclid-bidragydere til de eksterne dosishastigheder. Ra-226 ville bidrage med lidt over halvdelen af den eksterne dosishastighed for alle tilfælde. Generelt vil ekstern stråling fra Ra-226 bidrage med cirka halvdelen af den samlede hypotetiske radiologiske konsekvens for mennesker.

Tabel 53 Samlet dosis ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminerede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.8)

Samlet dosis (mSv/år)	Område = 1 ha	Område = 10 ha	Område = 100 ha
Tykkelse = 1 cm	0,07	0,08	0,09
Tykkelse = 5 cm	0,20	0,20	0,22
Tykkelse = 10 cm	0,27	0,28	0,30
Tykkelse = 100 cm	0,33	0,35	0,38

Tabel 54 Eksponeringsvejdosier ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminerede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.9)

Tykkelse (cm)	Område (ha)	Ekstern (mSv/år)	Indånding (mSv/år)	Radon (mSv/år)	Jord (mSv/år)	I alt (mSv/år)
1	1	7,0E-02	2,8E-04	9,0E-04	8,7E-04	7,2E-02
5	1	1,9E-01	1,4E-03	1,4E-03	4,3E-03	2,0E-01
10	1	2,6E-01	2,8E-03	1,4E-03	8,7E-03	2,7E-01
100	1	3,1E-01	4,2E-03	1,5E-03	1,3E-02	3,3E-01
1	10	7,4E-02	3,5E-04	3,1E-03	8,7E-04	7,8E-02
5	10	1,9E-01	1,8E-03	4,8E-03	4,3E-03	2,0E-01
10	10	2,6E-01	3,5E-03	4,9E-03	8,7E-03	2,8E-01
100	10	3,2E-01	5,3E-03	6,3E-03	1,3E-02	3,5E-01
1	100	7,5E-02	4,4E-04	1,2E-02	8,7E-04	8,8E-02
5	100	1,9E-01	2,2E-03	1,9E-02	4,3E-03	2,2E-01
10	100	2,6E-01	4,4E-03	2,0E-02	8,7E-03	3,0E-01
100	100	3,3E-01	6,7E-03	3,3E-02	1,3E-02	3,8E-01

Tabel 55 Betydelig ekstern eksponeringsvejdosier af nuklider ved lejlighedsvis adgang efter tykkelsen af den kontaminerede zone og områdets størrelse ([110] - Tabel 4.10)

Tykkelse (cm)	Område (ha)	Ra-226 (mSv/år)	Ra-228 (mSv/år)	Th-228 (mSv/år)	I alt (mSv/år)
1	1	3,7E-02	1,3E-02	1,5E-02	7,0E-02
5	1	1,0E-01	3,6E-02	4,1E-02	1,9E-01
10	1	1,4E-01	4,8E-02	5,7E-02	2,6E-01
100	1	1,6E-01	5,7E-02	7,1E-02	3,1E-01
1	10	3,9E-02	1,4E-02	1,6E-02	7,4E-02
5	10	1,0E-01	3,6E-02	4,2E-02	1,9E-01
10	10	1,4E-01	4,9E-02	5,8E-02	2,6E-01
100	10	1,7E-01	6,0E-02	7,4E-02	3,2E-01
1	100	4,0E-02	1,4E-02	1,6E-02	7,5E-02

5	100	1,0E-01	3,6E-02	4,2E-02	1,9E-01
10	100	1,4E-01	4,9E-02	5,8E-02	2,6E-01
100	100	1,7E-01	6,1E-02	7,5E-02	3,3E-01

Indtagelse af mad

De tailings, der deponeres i Narsap Ilua, kunne medføre øgede koncentrationer af radionuklider i fisk, der kunne blive spist lokalt. Modellering afgjorde, at en person kunne skaffe ca. 20 % af vedkommendes fisk i løbet af et år fra Narsap Ilua og forblive under en dosis på 1 mSv. Der er usikkerhed i estimatet af koncentrationen i fisk, og i tilfælde af en uventet frigivelse ville der blive udført kontrol fra tid til anden for at bekræfte koncentrationerne i fisk.

Erosion af deponerede tailings

Der ville også være potentiale for, at støv fra de utildækkede tailings afsættes over et større område. ERM [19] [90] undersøgte potentialet for aflejring af tailings på flere vigtige steder. Oplysningerne blev brugt til at anslå den potentielle stigning i koncentrationen i jord. De forudsagte koncentrationer i jord blev anvendt til at anslå doser til menneskelige receptorer. Doser til menneskelige receptorer fra luftaflejrrede tailings, med antagelse af kortvarig eksponering på steder uden for byen (200 timer) og langtidseksponering i byens boligområder (4 timer om dagen, hver dag) var meget lave og langt under den årlige dosisgrænse på 1 mSv angivet af ICRP for medlemmer af offentligheden.

Ud over støvspredning, der er forårsaget af frigivelsesbegivenheder, kan der også opstå støv fra den udtørrede FTSF-tailingsoverflade. Med et overfladeareal på ca. 2,6 km² ville potentielt støv fra FTSF-tailingsoverfladen være i samme størrelsesorden som i modellen for den maksimale frigivelsesbegivenhed (1,84 km²).

Følsomhed

Nedbrudsscenarierne blev udviklet til at vurdere den potentielle karakter og de potentielle virkninger af disse begivenheder i forbindelse med et svigt af FTSF. Der blev ikke set på nogen brudscenarier for CRSF, da denne facilitet er bygget til BAT og også befinder sig umiddelbart opstrøms for FTSF. Hvis der skulle forekomme brud på CRSF-dæmningen, ville frigivelsen flyde ind i FTSF og være indesluttet i FTSF.

Der blev dog gennemført en følsomhedsundersøgelse på screeningniveau for at vurdere virkningen af frigivelse af CRSF-tailings sammen med FTSF-tailings.

Tabel 56 opsummerer det radiologiske indhold i tailings fra FTSF og CRSF. Disse tal blev hentet fra testarbejde udført på tailings-materialet, og det kan ses, at tailings fra CRSF har et forhøjet radionuklidindhold. Det antages, at det relative forhold i frigivet materiale fra FTSF og CRSF er det samme som det relative forhold i deponeringen (dvs. CRSF udgør 10 % af tailings-massen).

Tabel 56 Koncentrationer anvendt i følsomhedsberegning ([110] - Tabel 4.11)

Option	Tailings fra FTSF (Bq/g)	Tailings fra CRSF (Bq/g)	Blandede tailings ^a
U-238	2,9	2	2,8
Th-230	2,9	11	3,7
Ra-226	2,7	11	3,5
Pb-210	2,9	7,5	3,4
Po-210	2,9	7,5	3,4
Th-232	6,1	31	8,6
Ra-228	1,6	14	2,8
Th-228	1,6	14	2,8

Bemærkning:

Radionuklidindhold på grundlag af testarbejde foretaget med en tailings-prøve.

^a Blandet koncentration på grundlag af en antagelse af, at CRSF udgør 10 % af den samlede mængde.

ERICA-beregninger blev udført under anvendelse af den blandede koncentration af tailings for forskellige miljøer, og følgende blev bemærket:

- Hvis disse tailings dannede sedimentet i et ferskvandsmiljø, er der potentiale for påvirkninger i mange organismer; den højeste risikokvotient (6) forekommer hos fugle.
- Hvis disse tailings dannede sedimentet i havmiljøet (Narsap Ilua), er der potentiale for påvirkninger på fytoplankton og fugle, der udsættes for disse niveauer. Ingen af de langsigtede risikokvotienter indikerede en alvorlig påvirkning.
- I det terrestriske miljø indikerer eksponering hos biota for disse radionuklider på disse niveauer et potentiale for påvirkning af lav. Ingen af de andre biota blev identificeret som en potentiel risiko, og ingen af risikokvotienterne indikerede en alvorlig påvirkning.

Generelt svarer konklusionerne til resultaterne fra frigivelse af tailings fra FTSF, men dosisestimerne er ca. 20-30 % højere.

Tabel 57 Sammenlægning af virkningerne fra radiologisk eksponering for scenarier med utilsigtet frigivelse ([110] - Tabel 4.13)

Scenarie	Ikke-menneskelig biota			Menneskers sundhed
	Ferskvand, akvatisk (Narsaq-elven)	Terrestrisk	Hav (Narsap Ilua)	
Overløb (Frigivelse af 13,7 Mm ³ vanddække under drift og 32,9 Mm ³ i tiden efter nedlukning gennem 3 måneder)	Modellering (kort sigt): Vandmasse taget i betragtning for scenarier i driftsfasen og i tiden efter nedlukning.	Modellering: Ikke relevant.	Modellering (kort sigt): Vandmasse taget i betragtning for scenarier i driftsfasen og i tiden efter nedlukning.	Modellering: Ikke relevant
	Drift: Der forventes ingen påvirkninger. Efter nedlukning: Der forventes ingen påvirkninger. Det frigivne vand er tæt på den oprindelige tilstand og opfylder retningslinjer.	Terrestriske receptorer, der kunne være eksponeret under frigivelsen af vand (f.eks. ænder, der drikker vand fra strøomme, samt planter og orm, der kunne udsættes for det frigivne vand), blev medtaget i scenariet for akut kortsigtet eksponering i ferskvandsmiljøer, som ikke viste nogen påvirkninger.	Drift: Mulige påvirkninger på fytoplankton blev identificeret. Forventes at være en kortvarig påvirkning (under frigivelsen). Efter nedlukning: Ingen påvirkning forventet, det frigivne vand er tæt på basislinje.	Der forventes ingen påvirkninger. Der ville være minimal eksponering i løbet af den kortvarige frigivelse.

Scenarie	Ikke-menneskelig biota			Menneskers sundhed
	Ferskvand, akvatisk (Narsaq-elven)	Terrestrisk	Hav (Narsap Ilua)	
Kanaldannelse (Frigivelse af 13,7 Mm ³ vand og 15 Mm ³ flotationstailings gennem et tidsrum på 1 måned under drift og 32,9 Mm ³ vand og 15 Mm ³ flotationstailings gennem et tidsrum på 2 måneder i tiden efter nedlukning)	Modellering (kort sigt): Vandmasse taget i betragtning (blanding af damvand og porevand, gælder for alle projektets faser). Modellering (langt sigt): Koncentrationer af faste stoffer fra [110] Tabel 4.4 (VVM Tabel 49) er anvendt.	Modellering: Ikke relevant	Modellering (kortsigtet): Vandmasse i løbet af 1 måned. Blanding af damvand og porevand. Modellering (langsigtet): Koncentrationer af faste stoffer fra [110] Tabel 4.4 (VVM Tabel 49) er anvendt.	Modellering (langsigtet): Dosisberegninger fra indtagelse af fisk.
	På kort sigt er påvirkninger på biota, især hurtigt reproducerende organismer, mulige, men de forventes at være kortvarige. Fysiske faktorer under frigivelsen vil være de primære stressfaktorer. På langt sigt kan FTSF-tailings udgøre aflejringen i ferskvandsmiljøet. Det blev fundet, at der kunne være påvirkninger på visse biota, men de forventes ikke at være væsentlige. Der forventes ingen påvirkninger på fisk.	Kort sigt: Terrestriske receptorer, der kunne være eksponeret under frigivelsen af vand (f.eks. ænder, der drikker vand fra strømme, samt planter og orm, der kunne udsættes for det frigivne vand), blev medtaget i scenariet for akut kortsigtet eksponering i ferskvandsmiljøet. Langt sigt: De aflejrede tailings forventes hovedsagelig at være begrænset til Narsaq-elvens kanal, og derfor blev radiologisk eksponering ikke undersøgt. Hvis der sker aflejring uden for kanalen, ville den være omfattet af vurderingen af dæmningsbrud.	Kort sigt: Under den kortvarige frigivelse af vand kan der forekomme betydelige indvirkninger på biota. Dette forventes at aftage, og forholdene i Narsap Ilua vender tilbage til niveauet under effekttærsklen. På langt sigt kan FTSF-tailings udgøre sedimentet; dette forventes ikke at medføre bekymringer fra et radiologisk eksponeringsperspektiv.	Mennesker kan indtage ca. 20 % af deres fisk fra Narsap Ilua og forblive under en dosis på 1 mSv.

Scenarie	Ikke-menneskelig biota			Menneskers sundhed
	Ferskvand, akvatisk (Narsaq-elven)	Terrestrisk	Hav (Narsap Ilua)	
Katastrofalt brud på dæmning (Maksimal frigivelse af ca. 29,8 Mm ³ tailings. Under drift frigives samtidig 13,7 Mm ³ damvand sammen med tailings. I tiden efter nedlukning vil 32,9 Mm ³ damvand frigives sammen med tailings.)	Modellering (kort sigt): Vandmasse taget i betragtning (blanding af damvand og porevand, gælder for alle projektets faser). Modellering (langt sigt): Koncentrationer af faste stoffer fra [110] Tabel 4.4 (VVM Tabel 49) er anvendt.	Modellering (kort sigt): Ikke relevant. Modellering (langt sigt): Koncentrationer af faste stoffer fra [110] Tabel 4.4 (VVM Tabel 49) er anvendt.	Modellering (kortsigtet): Vandmasse af blandet damvand og porevand. Modellering (langt sigt): Koncentrationer af faste stoffer fra [110] Tabel 4.4 (VVM Tabel 49) er anvendt.	Modellering (langsigtet): RESRAD-ONSITE, dosisberegninger fra indtagelse af fisk, vinderosion.
	På kort sigt er påvirkninger på biota, især hurtigt reproducerende organismer, mulige, men de forventes at være kortvarige. Fysiske faktorer under frigivelsen vil være de primære stressfaktorer. På langt sigt kan FTSF-tailings udgøre aflejringen i ferskvandsmiljøet. Det blev fundet, at der kunne være påvirkninger på visse biota, men de forventes ikke at være væsentlige. Der forventes ingen påvirkninger på fisk.	Kort sigt: Terrestriske receptorer, der kunne være eksponeret under frigivelsen af vand (f.eks. ænder, der drikker vand fra strømme, samt planter og orm, der kunne udsættes for det frigivne vand), blev medtaget i scenariet for akut kortsigtet eksponering i ferskvandsmiljøet. Langt sigt: Der blev undersøgt tailings deponeret på land, og det blev fundet, at der kan være visse virkninger på biota, der udelukkende lever i det påvirkede område. Der forventes dog ikke alvorlige virkninger.	Kort sigt: Under den kortvarige frigivelse af vand kan der forekomme betydelige indvirkninger på biota. Disse forventes at aftage hurtigt, når forholdene i Narsap Ilua vender tilbage til den oprindelige tilstand. Langt sigt: På langt sigt kan FTSF-tailings omfatte sedimentet; dette forventes ikke at medføre bekymringer fra et radiologisk eksponeringsperspektiv. Tailings forventes at komme videre fra Narsap Ilua og ud i Narsaq Sund, hvor der vil ske betydelig spredning.	Mennesker kan indtage ca. 20 % af deres fisk fra Narsap Ilua og forblive under en dosis på 1 mSv. Direkte eksponering for radioaktivitet i tailings deponeret på land forventes ikke at være et problem. Støv, der opstår fra tailings og afsættes over et større område, forventes ikke at udgøre en bekymring med hensyn til radiologisk eksponering.

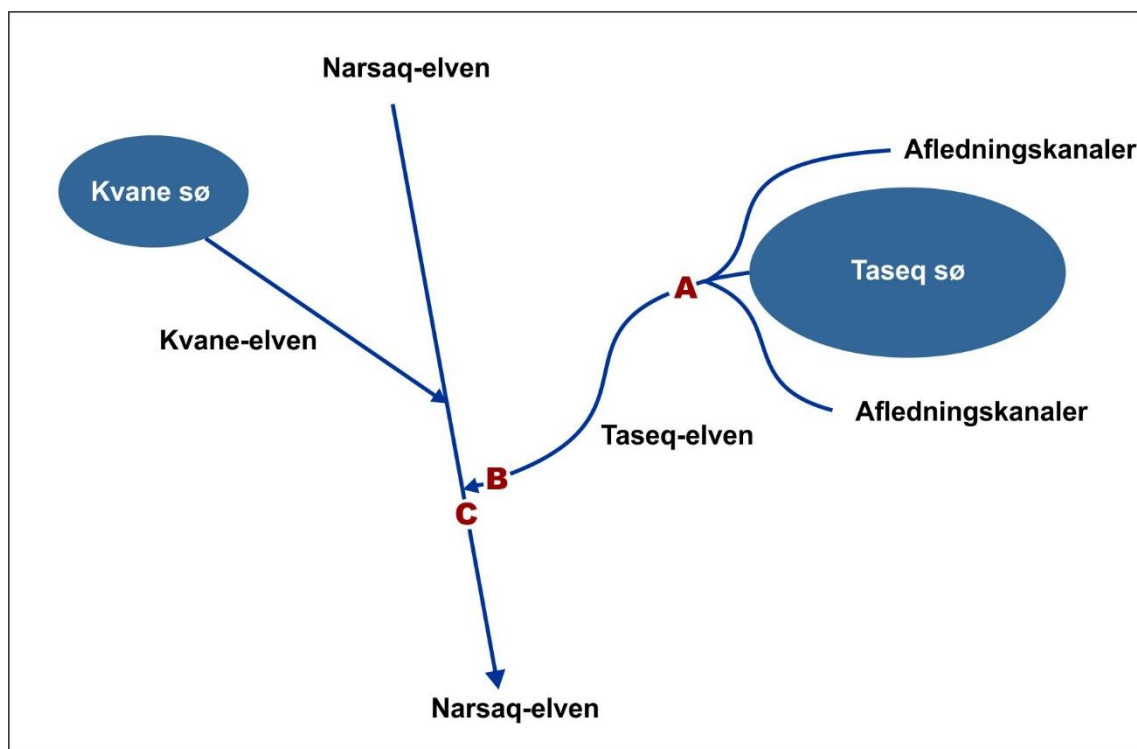
Den mulige radiologiske påvirkning af det naturlige miljø, hvis TSF-dæmningen svigter, er blevet vurderet som høj. Men da der er en ekstremt lav risiko for et brud i TSF-dæmningen, vurderes den samlede påvirkning som værende lille [25] [110]. Disse hændelser tages også i betragtning i risikovurderingen i afsnit 14.

9.3.4 Frigivelse af aerosoler fra TSF

Som nævnt i afsnit 7.1.1 kan det undersøgte område opleve stærke føhnvinde. I betragtning af disse vindes styrke har interessenter udtrykt bekymring over potentialet for, at aerosoler fra TSF vil påvirke drikkevandsforsyningen i Narsaq. En vurdering af påvirkningen af aerosoler fra TSF-anlægget er blevet udført for at bestemme den sandsynlige koncentration af forurenende stoffer i Taseq- og Narsaq-elvene efter deponering af aerosoler [59].

Vurderingen omfattede følgende forhold:

- Mængder af væske, der tabes fra TSF-anlægget under stærke vindforhold
- Koncentrationer af udvalgte elementer og reagenser i de aerosoler, der frigives fra TSF-anlægget
- Udfaldet for elementer og reagenser, hvis aerosolerne deponeres
- Områder, der sandsynligvis vil blive påvirket, herunder en vurdering af Narsaqs vandforsyning.



Figur 53 Placering af kontrolpunkt C

Koncentrationer blev anslået ved kontrolpunkt C (Figur 53) nedstrøms for TSF. Dette bliver kontrolpunktet for fremtidig overvågning af vandkvaliteten i Narsaq-elven. Dette punkt blev udvalgt til overvågning af overholdelse, da det er placeret nedstrøms for det sammenløb, hvor vand fra de forskellige afvandingsområder samles til et enkelt vandløb.

Kontrolpunktet ved Narsaq-elven er det første punkt nedstrøms for TSF-anlægget, hvor dyreliv, fritidsaktiviteter eller landbrug kunne blive påvirket af en mulig stigning over oprindelige koncentrationer som følge af udledning fra TSF i projektfasen efter nedlukning.

Lokal topografi og vindretninger under storme vil få størst indflydelse på deponeringsområderne og den potentielle indvirkning på vandforsyningsområdet.

Data for vindretningerne viser, at stærke føhnvinde blæser fra øst og nordøst. Følgelig menes det, at potentiel deponering af aerosoler hovedsageligt vil forekomme nedstrøms i Taseq- og Narsaq-dalene.

Meteorologiske data for Sydgrønland viser, at der i løbet af et 7-årigt tidsrum (2010-2016) er forekommet 3 føhnhændelser i gennemsnit hvert år i de isfri måneder (maj til november). Disse hændelser varede mellem 17 og 64 timer [59].

Med henblik på analysen er der blevet vurderet to potentielle scenarier for at bestemme reduktionen i TSF-anlæggets overfladevand (nettotab af aerosoler), når de gennemsnitlige vindhastigheder overstiger 32 m/s i 10 minutter inden for den definerede stormhændelse:

- En 24-timers stormhændelse - 4 mm vandtab
- En 64-timers stormhændelse - 13 mm vandtab

Virkningen af uran omtales i dette afsnit. Den potentielle påvirkning fra andre forurenende stoffer er beskrevet i afsnit 10.3.4.

Vand til byen Narsaq hentes fra tre elve (kombineret årlig gennemstrømning 6 Mm³) cirka 5 km væk fra projektområdet [84]. Ved denne gennemstrømningshastighed er den anslåede årlige basis-transport af uranmasse på 1 kg. Ved anvendelse af denne gennemstrømningsværdi angiver retningslinjerne for drikkevand fra WHO [71] en kritisk belastning af uran på 180 kg/år. Dette medfører en angivelse af en margin på 179 kg/år som den maksimale "buffer"-belastning, dvs. sikkerhedsmargenen mellem baggrundsgrænsen og den kritiske grænse.

Der har i gennemsnit været 3 hændelser med føhnvind pr. år i Sydgrønland mellem 2010 og 2016. Disse hændelser varede mellem 17 og 64 timer. Medianværdien for varigheden var 31 timer [59].

Den anslåede mængde af deponeret uran i indvindingsområdet til drikkevand i Narsaq, under forudsætning af, at 1 % og 10 % af de frigivne aerosoler blæses fra talingsdammene ind i indvindingsområdet, angives i Tabel 58. Her ses det, at den maksimale buffer-belastning ikke overskrides for nogen af de modellerede scenarier.

Tabel 58 Anslået mængde uran (kg/år) deponeret i Narsaqs drikkevandsindvindingsområde ([59] - Tabel 7.7)

Hændelser med føhnvind	Vandstandssænkning	Deponering af uran (kg/år)	
		1 %	10 %
1 hændelse / år	3,7 mm/år	0,02	0,24
3 hændelser / år	12 mm/år	0,08	0,8
6 hændelser / år	41 mm/år	0,29	2,9

Selv hvis der antages et urealistisk scenarie, hvor 100 % af aerosolen nedfældes inden for indvindingsområdet, og hvis det antages, at alle vindretninger er i retning deraf under mindst 6 begivenheder med føhnvind, vil grænsen for buffer-belastningen ikke blive overskredet [59].

Topografien og vindretningen under storme vil i vid udstrækning bestemme, hvor aerosoler deponeres, og dermed bestemme den potentielle indflydelse på vandforsyningsområdet for byens drikkevand.

I betragtning af de fremherskende vindretninger (østlig og nordøstlig), den lokale topografi og den markerede bjergkam, der adskiller Taseq-dalen fra området, der anvendes til indhentning af råvand til Narsaq-vandforsyningen (højderyggen syd for dalen ligger mere end 200 m over Taseq-søen), anses deponering af uranbærende aerosoler fra TSF-anlægget for at være usandsynlig.

De maksimale koncentrationer for uran er blevet beregnet for råvandsindtaget ved Narsaq-vandværket og sammenlignet med retningslinjerne for drikkevandsvandkvalitet fra WHO [71]. Den højeste anslåede koncentration af uran fra TSF-anlægget i år 37 blev anvendt. Den anslåede maksimale koncentration af uran ved 10 % deponering for en 24-timers hændelse var på 1,58 µg/L, og for en 64-timers hændelse var koncentrationen på 4,15 µg/L. Begge koncentrationer er under grænseværdien på 30 µg/l udstedt af WHO [59] [71].

Det anses for usandsynligt, at der selv under føhnvinde vil forekomme kontaminering af drikkevandet i Narsaq med uran fra TSF-anlægget til overskridelse af retningslinjerne fra WHO.

9.4 Afbødende foranstaltninger

De afbødende foranstaltninger omfatter:

- Håndtering af støv ved anvendelse af DCP (støvkontrolplanen)
- Transporten og emballagen af uranoxid vil overholde IMDG-reglerne og sikkerhedsstandarder fra IAEA
- Under og efter driftsfasen vil tailings med faste stoffer blive opbevaret under vand for at forhindre støv- og radonemissioner
- Bearbejdningsanlægget vil blive designet til at minimere strålingsemissioner
- Iværksættelse af strålings-overvågningssystemer til måling af eksponering på arbejdspladser og i bysamfundet/miljøet
- Årlige rapporter over målingerne i strålings-overvågningen.

9.5 Forventede påvirkninger

De forudsete resultater som følge af radiologiske emissioner er opsummeret i Tabel 59.

Tabel 59 Forventede resultater for radiologiske emissioner

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Radioaktivitet fra støv	Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Vurdering De radiologiske påvirkninger på planter og dyr i forbindelse med marine, ferskvands- og terrestriske levesteder i undersøgelsesområdet samt for fastboende personer og gæster i Narsaq og Ipiutaq er meget lave. Den anslåede dosis for alle disse receptorer ligger betydeligt under benchmark-værdierne.			
Radioaktivitet fra radon	Anlægsarbejde	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Drift Nedlukning			
Vurdering Udviklingen af projektet forventes at øge baggrunds niveauet af radon i Narsaq med højst 3 %.				
Radioaktivitet fra udslip	Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Vurdering Transport og emballering af uranoxid vil blive foretaget i overensstemmelse med sikkerhedsstandarderne fra IAEA.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Frigivelse af radioaktivitet fra brud på TSF-dæmning	Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Lav
	Vurdering Risikoen for brud på TSF-dæmningen i driftsfasen og i tiden efter nedlukning anses for at være meget usandsynlig. I det meget usandsynlige tilfælde af, at der skulle opstå et katastrofalt svigt, ville der opstå store miljøpåvirkninger under et værst tænkeligt scenarie (katastrofalt svigt). På kort sigt ville der forventes betydelige påvirkninger på biota i hav- og ferskvandsmiljøer. Disse forårsages primært af de fysiske påvirkninger fra strømmen af faste stoffer. På længere sigt forventes visse arter at udvise påvirkninger fra eksponering for stråling, men disse påvirkninger forventes ikke at være alvorlige. Efter frigivelsestidsrummet vil niveauerne af radionuklider falde, og dosisniveauerne vil aftage. Den eneste vigtige forskel mellem et svigt i driftsfasen og et svigt i tiden efter nedlukning ville vise sig i tilfælde af en overløbshændelse, hvor mulige kortvarige radiologiske påvirkninger kunne opleves af fytoplankton i havmiljøet under et svigt i driftsfasen, men ikke under et svigt i tiden efter nedlukning. Denne påvirkning betragtes som lav på grund af den lave sandsynlighed. Dette omtales yderligere som en risiko i afsnit 14.			
Radioaktivitet fra aerosolfrigivelse fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Meget lav
	Vurdering Deponeret massebelastning og beregnede maksimale koncentrationer af uran i vandspray i løbet af en 24-timers og 64-timers stormhændelse lå under retningslinjerne for drikkevandskvalitet fra WHO. Drikkevandskvaliteten i Narsaq forventes ikke at blive påvirket.			

10. Vandmiljø

10.1 Eksisterende miljø

10.1.1 Overfladevand

Projektområdets hydrologi er kendetegnet ved et afvandingsområde med et areal på 30 km², der er domineret af nedbør. Størstedelen af afvandingsområdet er uden vegetation og har som følge heraf en hurtig afstrømningshastighed.

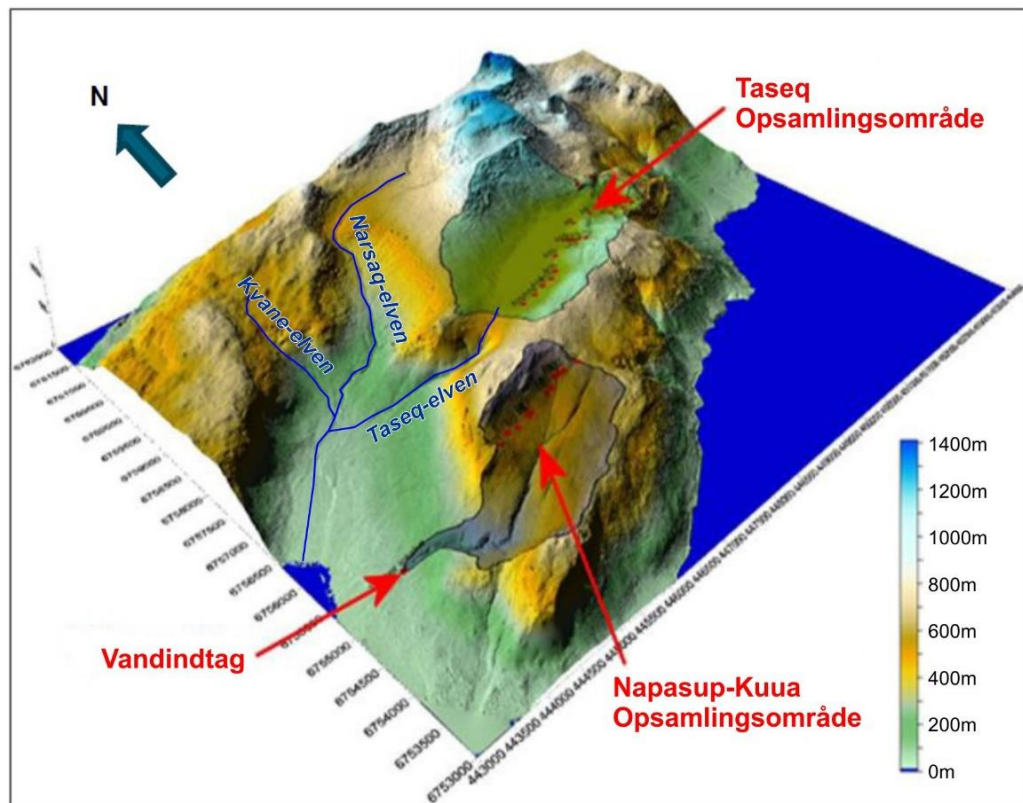
Narsaq-elven stammer fra en lille gletsjer øverst i Narsaq-dalen og løber 10 km gennem Narsaq-dalen, hvorefter den løber ud i havet ved Narsap Ilua. Gennemstrømningen varierer i løbet af året med mest afstrømning mellem april/maj og oktober. Elven er typisk dækket af is og sne om vinteren, men fortsætter med at strømme under isdækket. De to store indløbende elve til Narsaq-elven påvirkes henholdsvis af Taseq-søen (søen i Taseq-bassinet) og Kvane-søen.

Taseq-søen er den største sø i Narsaq-elvens afvandingsområde. Den forbinder til Narsaq-elven gennem Taseq-elven. Søen ligger 520 m over havets overflade og er 2,5 km lang, mellem 0,5 og 0,7 km bred og over 30 m dyb på det dybeste punkt. Om sommeren danner en udstrømning fra Taseq-søen grundlaget for Taseq-elven, der strømmer ind i Narsaq-elven. Om vinteren er søen dækket af is, og udledningen standser. Grundvand fra de omkringliggende skrån timer kommer dog op til landoverfladen og strømmer stadig ind i Taseq-elven, selv midt om vinteren.

Ud over forekomsten af hvirvelløse dyr er der ikke noget biologisk liv i Taseq-søen på grund af det høje naturligt forekommende fluoridindhold.

En række mindre søer på plateauet dræner via Kvane-elven ind i Narsaq-elven.

Figur 54 viser Taseq-afvandingsområdet, og Tabel 60 angiver de karakteristiske udledning sværdier for Narsaq-elven og dens vigtigste indløbende elve. Tabellen viser gennemsnitlige daglige udledning sværdier modelleret for de 50 år fra 1964 til 2013. Opsamlingsområdet Napasup Kuua er det opland, som Narsaqs drikkevandsforsyning stammer fra, og det er også illustreret i Figur 54.



Figur 54 Taseq-elven og afvandingsområderne

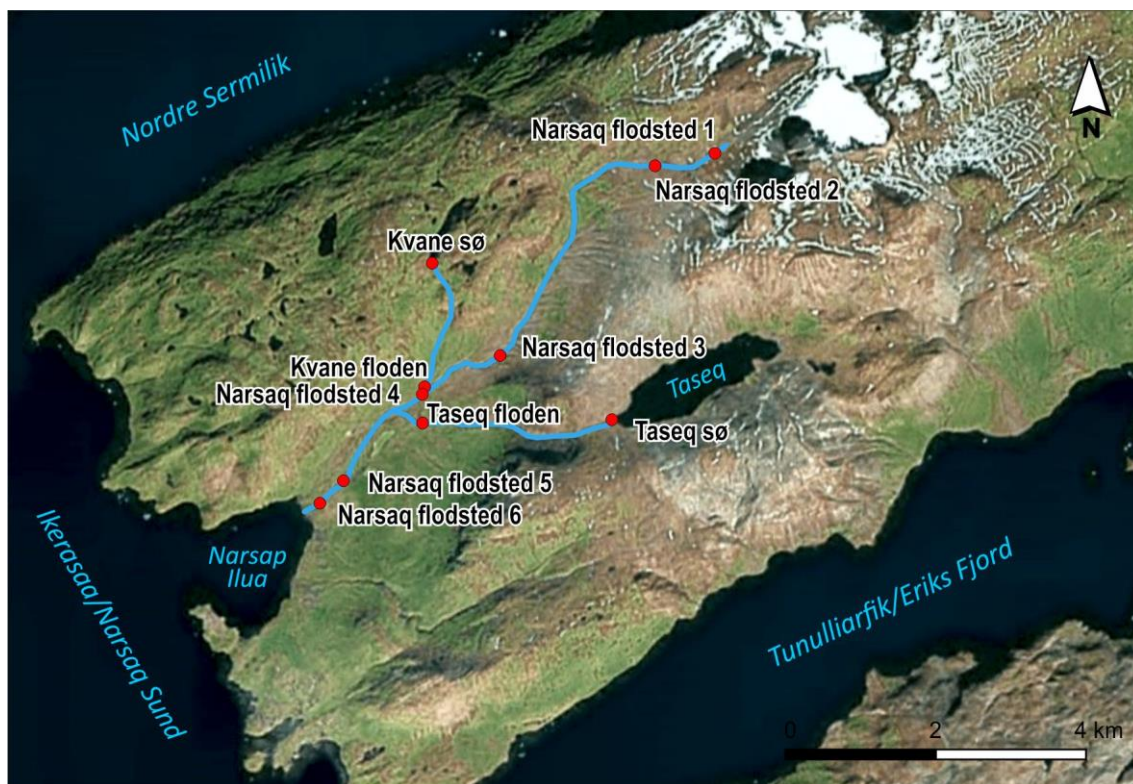
Tabel 60 Karakteristiske udledninger på udvalgte steder i afvandingsområdet for Narsaq-elven ([51] - Tabel 3.6)

Kilde	Placering	Område km ²	Højde m.o.h.	Qmin m ³ /s	Qmm m ³ /s	Q25% m ³ /s	Qgns m ³ /s	Qmax m ³ /s
Vandafløb fra mine	Udløb Bredefjord	2,3	0	0	0	0,004	0,07	1,1
Narsaq-elven	Dæmning til råvand	8,4	490	0,05	0,01	0,04	0,33	3,2
Narsaq-elven	Vandkraftstation	14,9	110	0,01	0,03	0,1	0,52	5,2
Kvane udløb	Sø udløb	1,8	525	0	0,001	0,007	0,06	0,8
Kvane-elven	Vandkraftstation	3,1	105	0	0,002	0,01	0,09	1,2
Taseq udløb	Gammel vandkraftstation	8,3	510	0	0,02	0,06	0,25	3
Taseq-elven	Vandkraftstation	12,1	65	0,005	0,03	0,09	0,37	4,4
Narsaq-elven	Narsap Ilua udløb	36,6	0	0,035	0,105	0,3	1,15	12,4

Vandkvalitet

Vandkvaliteten i Narsaq-elven, Kvane-elven og -søen og Taseq-elven og -søen er blevet vurderet [32] [53] [58]. Det bemærkes, at prøvetagning er foregået siden 2007 og omfatter mange vandprøver fra elve, søer og borehuller. De fleste prøver tages om sommeren, da det er vanskeligt at komme ind i projektområdet om vinteren. Basislinje-koncentrationer er om sommeren meget forskellige fra koncentrationerne om vinteren, idet der forekommer overfladeafløb om sommeren, mens vinter-afløb primært stammer fra grundvand.

Mangfoldigheden i geologi i området er årsag til betydelig variation i basislinje-vandkvaliteten. For eksempel observeres der høje koncentrationer af fluorid (F) i Narsaq-elven, Taseq-elven og Kvane-elven; disse overskrider de internationale kriterier for vandkvalitet. Kilden til fluoridindholdet er det vandopløselige mineral villiaumit (NaF), som findes i geologien i visse dele af Narsaq-elvens opsamlingsområde. Tabel 61 viser et eksempel på en række prøvetagninger [53]. I Narsaq-elven stiger indholdet af fluorid væsentligt fra de øvre dele af elven til udmundingen i Narsap Ilua (Figur 55).

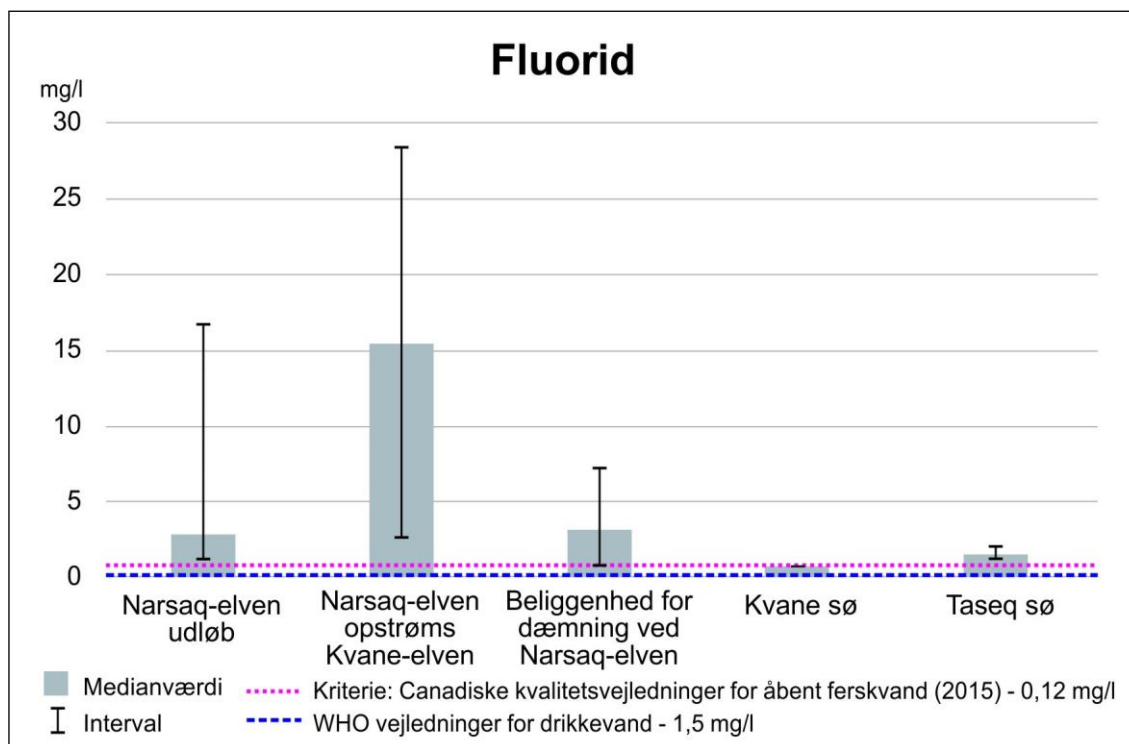


Figur 55 Placering af overvågningssteder for vandkvalitet

Tabel 61 Eksempel på fluoridkoncentrationer (mg/l) i overfladevand - august 2009 ([53] - Tabel 4-5)

Sted	Fluorid (F) mg/l
Narsaq-elven sted 1	0,58
Narsaq-elven sted 2	0,88
Narsaq-elven sted 3	2,7
Narsaq-elven sted 4	2,9
Narsaq-elven sted 5	2,9
Narsaq-elven sted 6	3,0
Taseq-bassinet	2,0
Taseq-elven	1,7
Kvane sø	0,83
Kvane-elven	5,6
Canadas kvalitetskriterier for ferskvand 2015	0,12
WHO standard for drikkevand 1993	1,5

Ud over ovenstående eksempel fra 2009 kan et generelt indtryk af variationen i vandkvalitet fra den oprindelige kvalitet udledes fra de grafiske præsentationer af resultaterne af udvalgte vandkvalitetsparametre og udvalgte steder i tidsrummet 2007-2014. For eksempel vises en grafisk præsentation af fluoridniveauerne i Figur 56. Her ses betydelig variation hen over afvandingsområdet. Til analyse blev der udvalgt Narsaq-elven (nedstrøms nær udløbet), Narsaq-elven opstrøms for Kvane-elven, Narsaq-elven nær den foreslåede dæmning til råvandsindtag, Kvane-søen og Taseq-søen [53].



Figur 56 Fluoridkoncentrationer i afvandingsområdet ([53] - Figur 4.8)

Antallet af analytiske resultater varierede mellem 4 og 7 for hvert sted. Fra analysen kan det fortolkes, at:

- Fluoridkoncentrationer i de forskellige vandkilder varierer markant med værdier mellem 1 og 28 mg/L med en medianværdi i Narsaq-elven opstrøms for Kvane-elven på 15 mg/L
- Koncentrationer af U varierede mellem ca. 0 og 2,8 µg/L med medianværdier på omkring 0,5 µg/L. Dette er væsentligt under værdierne i de internationale retningslinjer (f.eks. de canadiske retningslinjer på 15 µg/L)
- Grundniveauet for U og Th i Narsaq-elven er højere end niveauerne i Kvane-søen og Taseq-søen
- Grundniveauet for arsen (As), undtagen for en enkelt prøve i Narsaq-elven, ligger under værdierne i de grønlandske kriterier for vandkvalitet – (GWQC) på 4 µg/L
- Koncentrationer af cadmium (Cd), krom (Cr (III)), kobber (Cu) og bly (Pb) ligger under værdierne i GWQC på alle steder
- Koncentrationer af zink (Zn) ligger typisk under GWQC-niveau i Narsaq-elven, men over GWQC-niveau i Kvane-søen
- Den maksimale registrerede koncentration af fosfor (Tot-P) i Narsaq-elven oversteg GWQC-værdierne (20 µg/L), men medianværdien på 0,5 µg/L ligger langt under GWQC-værdien
- Der blev observeret meget væsentlige årstidsvariationer i koncentrationerne. I sommertiden med høj gennemstrømning var koncentrationen af visse elementer såsom P meget lav. I vinterperioder med lav gennemstrømning (hovedsageligt påvirket af grundvandet) blev der observeret meget højere koncentrationer af P, på omkring 100 µg/L. Dette viser, at oprindelsen af vandet i elven bestemmer indholdet af visse af elementerne.

Undersøgelsen af vandkvalitetet konkluderer, at basiskoncentrationsniveauet af fluorid i dele af Narsaq-elven er omkring 100 gange over de Canadiske retningslinjer for ferskvandskvalitet og 10 gange over standarderne for drikkevandskvalitet angivet af WHO.

Alle prøvetagningssteder i Narsaq-elven, Kvane-søen og Taseq-søen har medianværdier for fluorid, der overstiger kvalitetskriterierne for omgivende vand med mindst en faktor på 5. Basiskoncentrationer af As, Zn og P oversteg på nogle steder på visse tidspunkter vandkvalitetskriterierne [58]. Variationerne kan sandsynligvis ses som et resultat af Kvanefjelds uensartede geologi og årstidsmæssige forskelle mellem afstrømningskilder om sommeren og om vinteren.

I Grønland leveres drikkevand primært fra søer og elve. Narsaq får vand fra elvene Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven, som samlet udgør Napasup Kuua oplandsområdet. I øjeblikket kommer vandforsyningen til Narsaq næsten udelukkende fra Landnamselven. Det samlede årlige forbrug er på ca. 80.000 m³. Vand opsamles i byens reservoir med en kapacitet på 280.000 m³. Vandet filtreres og behandles med klor. Forsyningen af drikkevand til Narsaq håndteres af Nukissiorfiit. I Figur 54 viser kortet, at afvandingsområdet for drikkevand (orange farve) er afsondret fra Taseq-elven.

10.1.2 Havmiljøet

Narsaq ligger midt mellem to tærskelfjorde, der er forbundet med en passage. Fjordene er udformet som bogstavet H med Narsaq placeret i midterbjælken. De overordnede egenskaber ved de to tærskelfjorde er beskrevet i [17].

Tabel 62 Beskrivelse af tærskelfjorde ([17] - Tabel 4.1)

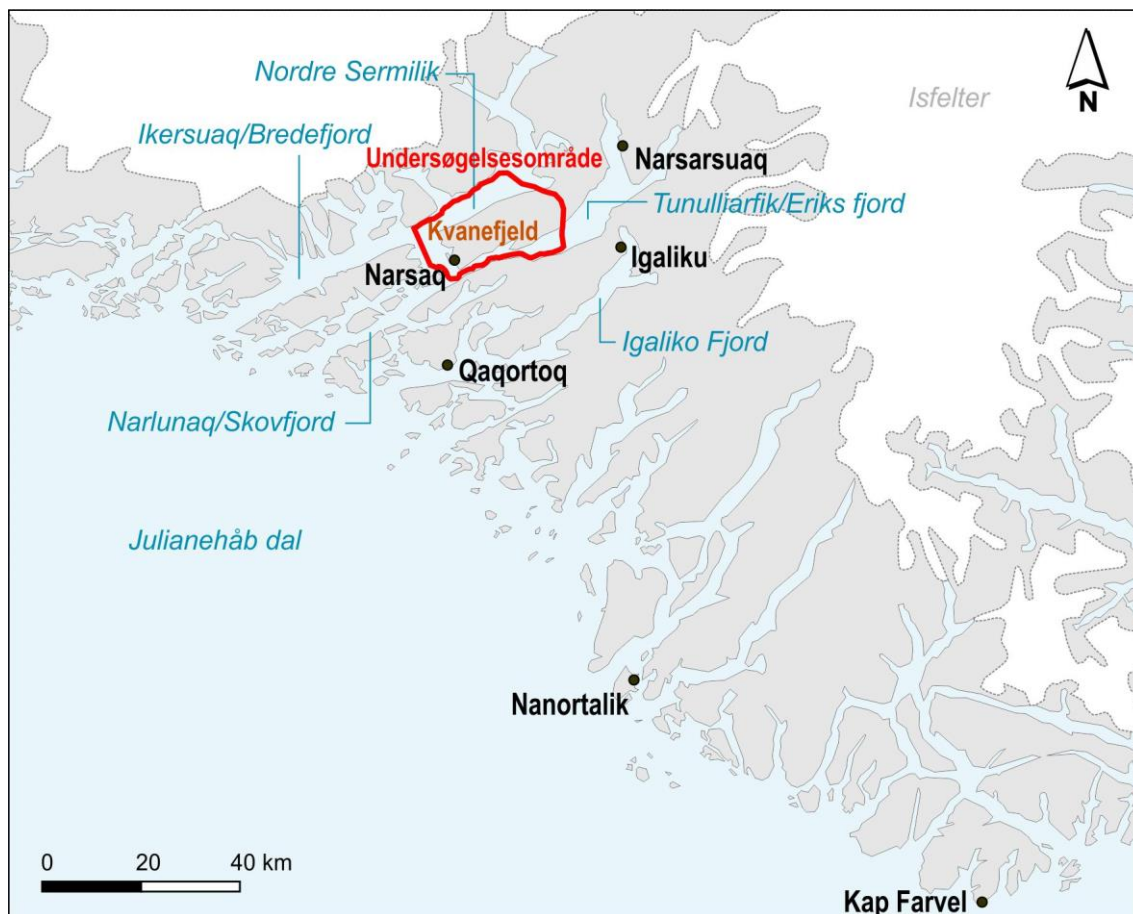
Beskrivelse	Bredefjord Ikersuaq (ydre del) eller Isa Fjord (indre del) og Nordre Sermilik (inderste del)	Tunulliarfik Skovfjord (ydre del) og Eriksfjord (indre del)
Tærskeldybde, der afskærer fjordene fra Davisstrædet	140 m	70 m
Dybde i Narsaq Sund mellem de to fjorde	80 m	80 m
Anslået gennemsnitlig dybde	450 m	200 m
Maksimal kendt dybde	700 m	410 m
Længde	130 km	110 km
Område	660 km ²	420 km ²
Omtrentlig volumen	300 km ³	85 km ³

Havene ud for Syd- og Vestgrønland, nord til 65-67° N, er isfrie året rundt. Dette åbne vandområde er primært et resultat af den forholdsvis varme nordligt eller nordvestligt strømmende Vestgrønlandsstrøm. Imidlertid kan der forekomme tre typer havis i det marine område omkring Erik Aappalaartup Nunaa (Figur 57):

- Flygtig hurtigtflydende is kan forekomme i fjordenes indre om vinteren. Denne type isdække varierer ekstremt både inden for den enkelte vinterperiode og mellem vintrene
Fastis har i de senere år hovedsagelig været begrænset til bunden af fjordene, hvorimod de resterende dele af fjordene har været isfrie om vinteren
- Isbjerge og drivis fra gletsjere i Ikersuaq/Bredefjord-Sermilik og Tunulliarfik/Eriksfjord-systemet er almindelige hele året
Om sommeren kan isbjerge og drivis dække store dele af Nordre Sermilik og undertiden Ikersuaq/Bredefjord
- Flerårig søis/drivis (storis), der flyder med den Østgrønlandske Strøm, bevæger sig sydover langs Grønlands østkyst, vender mod vest ved Kap Farvel og flyder derefter nordover langs Grønlands sydvestkyst

I nogle år forårsager vind og bølger, at “storis” fylder munden af de større fjorde i Sydgrønland, herunder Ikersuaq/Bredefjord og Narlunaq/Skovfjord om foråret.

Som de fleste fjorde i Syd- og Vestgrønland er de tre fjorde i området omkring projektet gamle glacialdale (Ikersuaq/Bredefjord, Nordre Sermilik og Narlunaq/Skovfjord, se Figur 57). Disse fjorde er generelt dybe, med maksimale vanddybder på op til 700 m.



Figur 57 Havmiljøet

Ikersuaq/Bredefjord og Narlunaq/Skovfjord er også “tærskelfjorde”, hvor lave vanddybder ved fjordens mund forhindrer fri indgang af havvand. Ved udmundingen af Ikersuaq/Bredefjord er dybden 140 m, mens dybden ved udmundingen af Narlunaq/Skovfjord kun er 70 m. Da morænevolden stærkt begrænser udvekslingen af vand mellem de dybere dele af fjordene og det åbne hav, afhænger cirkulationen af vand i større omfang i fjordene stort set af tilførslen af ferskvand. Indløbet af ferskvand kommer hovedsagelig fra elve, såsom Narsaq-elven, men også fra isbjerge, der er knækket af gletsjere.

I disse tærskelfjorde udgør tilstrømningen af ferskvand et overfladelag af brakvand, der forårsager et højere vandniveau i fjordene end udenfor [46]. Denne forskel i vandstanden tvinger brakvandet i overfladen ud af fjordene. Når vandet strømmer ud mod fjordens munding, bliver brakvandet i stigende grad salt på grund af, at overfladevandet blandes med det underliggende vand. For at erstatte saltvandet fanget underoverfladestrømmen strømmer en understrøm af mere salt vand ind i fjordene ved mellemdybder [46].

Om vinteren reduceres tilstrømningen af ferskvandet til fjordene, fordi søer og elve fryser til, og nedbør på land falder som sne snarere end som regn. Den reducerede tilstrømning af ferskvand forårsager, at indholdet af overfladesalt i fjorden øges til niveauerne i kystvandet uden for fjorden. Den reducerede forskel i saltindholdet mindsker cirkulationen i fjorden til et minimum.

Som et resultat af den reducerede udveksling af saltvand med havet er tærskelfjorde dynamiske marine økosystemer [46]. Derudover er mængden og kvaliteten af ferskvandstilstrømning fra elve af særlig betydning for marin flora og fauna, da disse vandkilder er en af de primære årsager til vandudveksling i disse fjorde [51] [51a].

De vigtigste egenskaber ved tærskelfjorde er opsummeret nedenfor [17]:

- Fjordene er lagdelte. Saltindholdsforskelle på mellem 30 og 34 ‰ er den vigtigste årsag til lagdelingen
- Lodrette forskelle i saltholdighed og temperatur er tre størrelsesordener større end vandrette gradienter i fjordene. Vandbevægelser er hovedsageligt vandrette og afstedkommes af ferskvandsafstrømning, primært fra gletsjere og elve
- Begge tærskelfjorde indeholder vand med højt saltindhold (34,5 ‰) og lidt varmere vand (op til 4 grader C) i deres dybere bassiner som følge af indtrængning af havvand over tærsklerne, hvilket forekommer regelmæssigt sent på efteråret
- Saltindholdet er normalt højt med niveauer på 7 mg/L selv i de dybere områder
- Overfladevandet nær kysten kan i de indre dele indeholde lommer med meget lavt saltindhold på grund af påvirkningen fra smeltende is og afstrømning af ferskvand.

10.1.3 Grundvand

Eksisterende grundvandshydrologiske data for Taseq-bassinet og omliggende områder er blevet vurderet for at bestemme den sandsynlige forekomst af vand i grundvandssystemerne og potentialet for udslip fra TSF-anlægget til disse [24] [58].

Potentialet for forekomst af grundvand i Taseq-bassinet opfattes som værende lille som følge af de stejle skråninger, den blottede klippe og de begrænsede lag af jord og sedimenter; det meste grundvand har tendens til at blive skubbet ind i Taseq-søen.

Geologi

Tektoniske aktiviteter kan medføre åbne brud. For afvandingsområdet i Taseq er tektonisk aktivitet forbundet med magmatiske aktiviteter, hvilket skaber relativt få åbne brud.

Grundfjeldet under bunden af FTFS og CRSF er sammensat af Ilimaussaq naujait [24] og, i mindre grad, af Gardar basalter sydvest for udløbet fra Taseq-bassinet. Naujait er en krystallinsk magmabjergart, der mere bredt klassificeres som en syenit. Selvom der ikke er blevet udført nogen målrettet hydrogeologisk boring eller hydraulisk afprøvning i dette område, antyder overfladisk geoteknisk boring (6 huller på 17-33 m) ved bassinets udløb, at graden af forvitring ville betragtes som lav. Følgelig betragtes de permeabiliteter, der er forbundet med værtsstenen, også som lave. En kontinuerlig borekerne fra et 500 m dybt hul (DDH-V001) boret fra et sted ved siden af Taseq-søen demonstrerer yderligere, at forekomsten af naujait fortsætter til 233 m under det nuværende vandniveau med minimal forvitring og brud. Nedefter fra 233 m findes der lommer af Lujavrit mellem naujaitforekomsterne.

Eftersom matrixpermeabiliteten sandsynligvis er ubetydelig, ville transmissiviteten være af sekundær natur og underlagt brudforholdene. Hydrauliske test fra det fremtidige mineområde i Kvanefjeld antyder lave transmissiviteter i størrelsesordenen flere m^2/d , hvilket ville indikere meget lave volumenpermeabilitetsværdier fra 0,001 til 0,01 m/d for hele værtsklippe-området (Lujavrit). Mineområdet har et væsentligt større antal bjergarter og er mere strukturelt komplekst end området under Taseq-bassinet, der domineres af massiv naujait. Det er derfor rimeligt at anskue de hydrauliske test i det fremtidige mineområde som en konservativ sammenligning med Taseq.

Under forudsætning af, at lignende permeabilitetsværdier gælder i TSF-området, og at de sandsynlige grundvandsgradienter i bassinet er relativt lave, antages grundvandets strømningshastigheder under

bassinet at være lave, anslået til en hastighed på nogle meter om året. Tilstedeværelsen af brud kan øge grundvandets strømningshastigheder lokalt (advektion) til 10-100 meter om året.

Disse anslåede advektionshastigheder kunne pege på potentielt begrænset transport af kontaminerende stoffer gennem grundvandspassagen, forudsat at de hydrauliske egenskaber i Taseq-bassinet ligner egenskaberne for det Lujavrit-holdige mineområde. På baggrund af disse antagelser ville risikoen for transport af kontaminanter være lav, men disse antagelser skal bekræftes gennem et testprogram med hydraulisk boring.

Ud over dette indikerer den digitale højdemodel en potentiel tilstedeværelse af den forkastnings-/brudzone, der krydser CRSF-området i VSV-ØNØ retning. Vurdering af borekerner fra udforskningsboringer tyder på, at der har været ubetydelig forskydning eller bevægelse langs forkastnings-/brudzonen inden for Ilimaussaq-intrusionen. Det vides ikke, om denne potentielle brudzone er forbundet med områder uden for Taseq-bassinet, og dette vil også blive vurderet gennem fremtidige boreprogrammer.

Afvandingsområdets vandbalance

Vandbalancen i afvandingsområdet ved Taseq er blevet beregnet ved hjælp af data fra Danmarks Meteorologiske Institut, lokale meteorologiske data og lokale hydrologiske overvågningsdata [60].

Vandbalancen beskriver vandcirkulationen i afvandingsområdet og angiver, om nogen mængde vand går tabt til grundvandssystemerne.

- Tilgang = Afgang og tab til systemet
- Nedbør = Overfladeafledning + fordampning + tab til grundvand

Data for Narsaq-elven for 50-årsperioden 1964 til 2014 viser følgende årlige gennemsnit:

- Nedbør = 1.120 mm
- Overfladeafledning = 990 mm
- Fordampning = 160 mm.

På grundlag af disse data overstiger vandafgangen fra afvandingsområdet vandtilgangen til afvandingsområdet med et årligt gennemsnit på 30 mm. Denne forskel er inden for nøjagtighedsmargenen for dataregistrering og modellering og indikerer begrænset eller intet tab af vand fra Taseq til grundvandssystemer.

Geologien under bassinet (og det foreslåede TSF-anlæg) er kendetegnet ved krystallinsk bjergart med minimal forvitring. Bjergarterne under Taseq-bassinet forventes at vise lignende egenskaber, der ligner den omgivende geologi, og de vil sandsynligvis være uigennemtrængelige med begrænset interaktion med grundvandssystemer.

De begrænsede hydrogeologiske undersøgelser, der hidtil er foretaget, antyder, at der er ringe eller ingen forbindelse mellem Taseq-søen og afvandingsområdet Napasup Kuua (hvorfra drikkevand til Narsaq kommer) [24] [58]. Dette vil blive yderligere vurderet af det geotekniske boreprogram, der skal gennemføres under arbejdet med at udforme projektets design. I tilfælde af, at der findes betydelig forbindelse mellem Taseq og Napasup Kuua, er en række afbødninger mulige, som kan indbygges i projektets design. Disse afbødninger omtales nærmere senere i dette afsnit.

Skønt risikoen for væsentlig udsivning fra det foreslåede TSF-anlæg anses for at være lav [24] [60], vil geotekniske boringer, der skal gennemføres under projektudvikling, afprøve denne antagelse.

10.2 Potentielle påvirkninger

De mulige påvirkninger af vandmiljøet omfatter:

- Konstruktion og drift af projektet vil ændre de hydrologiske processer, hvilket potentielt kan påvirke vandkvaliteten
- Drift af TSF-anlægget kan potentielt medføre kontaminering uden for TSF-anlægget
- Svigt i FTSF kan potentielt medføre kontaminering af vandmiljøet
- Frigivelse af aerosoler fra TSF-anlægget kan potentielt medføre kontaminering af vandet, herunder drikkevandet i Narsaq, i retning med vinden fra TSF-anlægget
- Kvaliteten af Narsaqs drikkevand kan potentielt blive påvirket af projektet på grund af aerosoler eller udsivning fra TSF eller i tilfælde af svigt i FTSF
- Udledning af behandlet overskydende vand fra projektet kan potentielt påvirke vandkvaliteten i Nordre Sermilik
- Afstrømning fra gråbjerg
- Grubevandets kvalitet efter nedlukning
- Risiko for ulykker, der medfører udledning af kulbrinter og kemikalier
- Risiko for ulykker, der medfører udledning af procesvand fra projektet.

10.3 Vurdering af påvirkninger

10.3.1 Ændring af hydrologiske processer

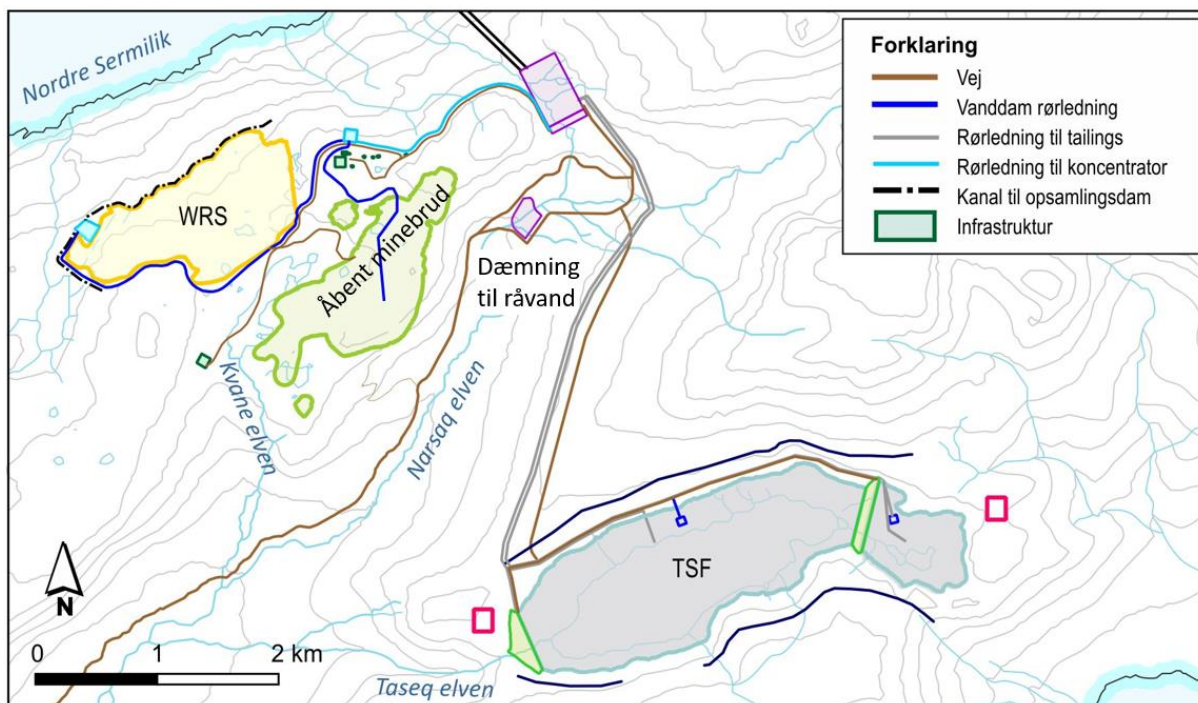
De vigtigste hydrologiske ændringer, der vil opstå som resultat af projektet, er:

- Udløb fra Taseq-bassinet vil blive blokeret af dæmninger konstrueret til TSF-anlægget
- Vand, der kommer ind i bassinet, pumpes gennem en rørledning til forarbejdningsanlægget; dette vand vil blive genbrugt og behandlet (for at fjerne fluorid), før en del af det ledes ud i Nordre Sermilik
- Der vil blive konstrueret afledningskanaler til at føre regnvand og vand fra smeltende sne væk fra TSF-anlægget; en del af dette vand vil blive ført til Taseq-elven
- Dybden af Taseq-søen reduceres i løbet af et tidsrum på tre år for at lette anlæggelsen af dæmningen; vand udledes til Taseq-elven på en måde, der stemmer overens med omfanget af årstidsbestemte strømninger
- Gennemstrømningen i Kvane-elven vil gradvist blive reduceret og vil ikke længere komme ud til Narsaq-elven
- Vand fra Kvane-elven vil passere gennem anlægget til udtørring af mineområdet og vil blive pumpet gennem en rørledning til produktionsanlægget
- Der vil blive bygget gennemløbskanaler på tværs af de nedre dele af Narsaq-elven
- For at oprette en opbevaringsfacilitet til råvand anvendt i projektet vil en dæmning med en sluse blive bygget på tværs af Narsaq-elven ved råvandsdammen.

Den reducerede gennemstrømning fra Kvane-elven til Narsaq-elven vil have begrænset indflydelse på gennemstrømningen i Narsaq-elven. Kvane-elven bidrager kun med 5 % af den gennemsnitlige årlige gennemstrømning i Narsaq-elven [51]. Dæmningerne i Taseq-bassinet vil reducere tilstrømningen til Narsaq-elven med ca. 17 %. Disse tal henfører til gennemsnitsgennemstrømningen i løbet af året.

Om vinteren vil de hydrologiske ændringer få meget ringe eller ingen indflydelse på gennemstrømningen i Narsaq-elven, fordi meget lidt eller intet vand løber ud af Kvane-søen og Taseq-søen om vinteren.

Opførelsen af råvandsdammen vil ikke få nogen nævneværdig indflydelse på hydrologien i Narsaq-elven (Figur 58).



Figur 58 Placering af dæmning til råvand

Gennemløbsakvæduker vil blive bygget og opgraderet efter behov på tværs af Narsaq-elven. Disse gennemløbskanaler vil blive udformet, så de ikke forårsager nogen signifikant strømningsforstyrrelse for elven. Et eksempel på en gennemløbskanal kan ses i Figur 59. Under anlæggelsen af gennemløbskanalerne vil vandstrømmen i Narsaq-elven blive opretholdt ved at pumpe vand rundt om byggepladsen, hvilket også vil bidrage til at sikre, at byggepladsen holdes tør.



Figur 59 Drækanal (eksempel)

Strømmen i Narsaq-elven varierer mellem 40 og 4.000 m³/t gennem året. Ca. 191 m³/t ferskvand vil blive ført fra Narsaq-elven til forarbejdningsanlægget. Med en gennemsnitlig gennemstrømning på 1.200 m³/t på dette sted og 4.100 m³/t nedstrøms nær udløbet i Narsap Ilua vil indflydelsen på gennemstrømningen være begrænset det meste af året. Der udtages intet vand, når gennemstrømningen er lav.

Ændringerne i hydrologien i elve og søer vil for det meste have begrænset indflydelse på områdets overordnede hydrologi, men de vil få en betydelig indvirkning på Kvane- og Taseq-elvene, idet der vil forekomme reduceret gennemstrømning i de øvre sektioner af disse elve.

10.3.2 Drift af TSF-anlægget

Udformningen og driften af TSF-anlægget inklusive FTSF og CRSF er beskrevet i afsnit 3.6.3. Problemer med vandkvaliteten i forbindelse med deponering af tailings under projektets levetid er modelleret og beskrevet i detaljer i tekniske rapporter, der dækker projektets aktiviteter under drift (år 1-37), nedlukning (år 38-44) og efter nedlukning (ud over år 44) [23] [53] [58].

Størstedelen af de tailings, der produceres under projektets driftsfase, kommer fra den fysiske udvinding af zink, uran og REE (ca. 90 % af de samlede tailings) fra malmen. Disse tailings vil blive deponeret som vådt Opslemmet tailings i FTSF-anlægget. Resten af tailings-materialet består af den rest, som er tilbage efter udvinding af REE og uran, og som vil blive deponeret i CRSF. Begge tailings-strømme vil blive deponeret under vand.

FTSF- og CRSF-anlæggene udnytter den naturlige topografi i Taseq-bassinets dal. Der vil blive bygget to dæmninger i bassinet, en til FTSF-anlægget og en til CRSF-anlægget. Højden af hver dæmning vil blive forøget trinvist for at imødekomme de stigende krav til oplagingskapacitet under projektets driftsfase.

Indstrømning fra afvandingsområdet til TSF-anlægget vil blive reduceret gennem bygningen af afledningskanaler inden igangsættelse af forarbejdning. Kanalerne vil delvis føre afløbsvand, der ikke har været i berøring med tailings, til Taseq-elven nedstrøms for FTSF-dæmningen.

Der vil ikke være nogen udledning fra FTSF- og CRSF-anlæggene til Taseq-elven under driftsfasen eller nedlukningsfasen. Efter nedlukningen, når det vand, der dækker FTSF- og CRSF-anlæggene, opfylder GWQC, vil vandet få lov til at løbe over dæmningen og ind i Taseq-elven.

På grund af nedbør og naturlig afstrømning vil vandniveauet i FTSF- og CRSF-anlæggene blive forøget i begyndelsen af fasen efter projektets nedlukning. Niveauet i FTSF-anlægget vil fortsætte med at stige, indtil vandet begynder at strømme over dæmningen og via afledningskanalen til Taseq-elven.

Vandkvaliteten i Taseq-elven nedstrøms for tailingsanlæggene skal overholde GWQC ved kontrolpunkt C nedstrøms for blandingszonen ved sammenløbet af Taseq- og Narsaq-elvene. Af praktiske hensyn vil kontrolpunktet i elven være let tilgængeligt for fremtidig overvågning.

Vandkvaliteten i FTSF- og CRSF-anlæggene er blevet modelleret og verificeret i udstrakt grad for at identificere:

- Koncentration og gennemstrømninger i anlæggene og deres samspil med produktionsanlægget under projektets driftsfase
- Koncentration og strømninger af udledning til ferskvandsområderne i Taseq- og Narsaq-elvene under fasen efter nedlukningen.

En dynamisk proces-simuleringsmodel er blevet udviklet til dette formål ved hjælp af IDEAS® software [53] [58]. Ved hjælp af denne software er der gennemført simulering af tre projektfaser gennem en levetid på næsten 100 år.

Sekvenserne og milepælene i faserne er opsummeret i Tabel 63.

Modellen fra IDEAS® er to gange blevet bekræftet med kontrolberegninger udført i Excel af Orbicon [58], en uafhængig virksomhed, og af GHD [23] ved hjælp af modelleringspakken fra GoldSim®. Det viste sig, at der var god overensstemmelse mellem de tre modelleringsmetoder, hvilket øger tilliden til brugen af hver af disse modeller [73]. De resultater, der præsenteres i dette afsnit, er hentet fra alle tre modelleringsmetoder.

Tabel 63 Tidsplan og milepæle for faciliteterne til håndtering af tailings

Fase	Minedriftsår	Bemærkninger
Anlægsarbejde	-3 - 0	Reduktion af vandniveau i Taseq-søen.
Drift - 37 år	1	Start på driftsfasen.
	1 - 37	Kontinuerlig deponering af tailings i FTSF- og CRSF-anlæggene. Overskydende vand (supernatant) sendes til genanvendelse i produktionsanlægget. Ingen udledning til Taseq-elven. Volumenkapacitet for tailings og dæmningshøjde øges flere gange.
	37	Afslutning på driftsfasen. Produktion af tailings ophører.
Nedlukning - 6 år	38	Start på nedlukningsfasen.
	38 - 43	Vand i FTSF- og CRSF-anlæggene sendes til forarbejdningsanlægget og behandles for at fjerne fluorid og udledes derefter til Nordre Sermilik efter behandling. Ingen udledning til Taseq-elven. Vandniveauet i damme sænkes gradvist. Nedbør og afstrømning vil delvis kompensere for det vand, der blev sendt til genbrug. Vandkvaliteten forbedres gradvist.
	43	Afslutning af nedlukningsfasen.
Efter nedlukning (> 44 år)	44	Start på efter-nedlukningsfase.
	44 - 48	Nedbør og afstrømning til FTSF- og CRSF-anlæggene vil øge vandstanden. Vedligeholdelse af afledningskanaler er ophørt, og som følge heraf forøges afstrømningen til FTSF- og CRSF-anlæggene gradvist. I modellering bringes effekten fra afledningskanaler til ophør i 2073.
	48	Vand fra CRSF-anlægget begynder at løbe over kanten af dæmningen til FTSF-anlægget. Ingen udledning til Taseq-elven.
	49	Modelleringen viser, at kriterier for vandkvaliteten vil opnås. Vand fra FTSF-anlægget begynder at løbe over kanten af dæmningen og ud til Taseq-elven. Fasen efter nedlukning afsluttes.
	59	Vandkvaliteten offentliggøres 10 år efter påbegyndelsen af udledningen til Taseq-elven.
	93	Tidshorisont for modelkørsler i IDEAS®.

Specifikke oplysninger fra geokemiske analyser af opslemmet tailings, fra kemiske processer i forarbejdningsanlægget og fra hydrologisk udvikling af TSF-processen er blevet anvendt til at udvikle en model for hydrologi i mineområdet [53].

Modellen IDEAS[®] forudsiger adfærden af forskellige kemiske stoffer og elementer gennem flotations- og raffinaderiprocesserne, herunder REE, uran, thorium, reagenser og urenheder. Der er lagt særlig vægt på de elementer, der er opført i GWQC. Ud over de elementer, der i undersøgelsesområdet findes med forhøjede koncentrationer i forhold til det kontinentale gennemsnit for jordskorpen, omfatter dette også elementer identificeret som "forbundet med miljømæssig bekymring".

Hvad angår identifikation af reagenser/materiale til modellering, er følgende kriterier blevet anvendt:

- reagensernes skæbne i processen
- økotoxicitetsegenskaber
- bioakkumulerende egenskaber og mængder.

I alt er 46 elementer og 15 reagenser og materialer, der er anvendt i processerne, blevet modelleret.

Basiskoncentrationer fra elve og søer er også blevet medtaget i modellen. Basiskoncentrationer fra Narsaq-, Taseq- og Kvane-elve og fra Kvane sø og Taseq sø målt siden 2007 viser vedvarende høje niveauer af fluorid, der overstiger de internationale vandkvalitetskriterier med op til en faktor på 100 (internationale standarder blev anvendt i dette tilfælde på grund af fraværet af en fluoridgrænse i GWQC).

Naturlige baggrundskoncentrationer af arsen, zink og fosfor overskrider også regelmæssigt grænseværdierne i GWQC. De naturlige geologiske træk i Narsaq-dalen er den sandsynlige årsag til variationerne og til de forhøjede koncentrationer af sjældne elementer i vand. Oprindelsen af afstrømningen (jordoverfladen i nærheden af afstrømning eller grundvand) og den geologiske variation inden for de enkelte mindre afvandingsområder bestemmer basisniveauet for vandkvaliteten [51]. Den eksisterende basis-vandkvalitet vil være en faktor, der skal med i betragtning, når fremtidig vandkvalitet vurderes i forhold til retningslinjer for denne.

Koncentrationen af visse elementer og reagenser, der er til stede i FTSF- og CRSF-anlæggene under driftsfasen, vil overstige kriterierne for kvaliteten af omgivende vand. Under driftsfasen vil FTSF- og CRSF-anlæggene dog drives som et lukket system uden nogen udledninger til det naturlige miljø. Der vil blive foretaget overvågning af vandløb, elve og potentielle udsivninger for at sikre, at vandkvaliteten ikke påvirkes af tailings-anlæggene. Hvis det skulle blive observeret, at tailings-anlæggene forårsager ændringer i vandkvaliteten (fra aerosoler eller udsivning fra anlægget), kunne der indføres vandbehandling for at forbedre vandkvaliteten, før der udledes vand til TSF. Tailings-vand vil blive genanvendt som procesvand i forarbejdningsanlægget, og eventuelt overskydende vand pumpes til vandbehandlingsanlægget i forarbejdningsanlægget, så det kan behandles, før det ledes ud i Nordre Sermilik.

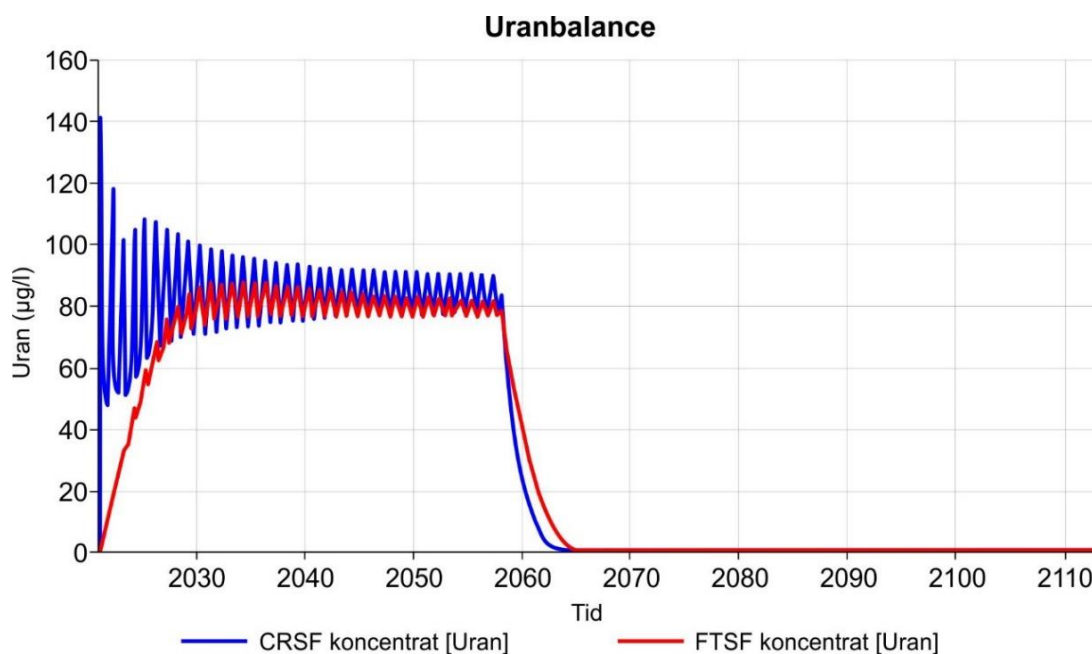
I løbet af projektets nedlukningsfase reduceres koncentrationerne af alle elementer og reagenser i supernatanterne i FTSF- og CRSF-anlæggene væsentligt ved vandbehandling og fortynding som følge af nedbør og afløb til FTSF- og CRSF-anlæggene. Det forventes, at der kræves et tidsrum på 6 år (defineret som nedlukningsperioden) for at opnå reduktioner i koncentrationerne af næsten alle elementer og reagenser til under vandkvalitetskriterierne eller PNEC. Når disse niveauer er nået, ophører vandbehandlingen, og vandstanden i tailings-anlæggene vil stige på grund af den fortsatte tilstrømning af overfladevand. I løbet af fasen efter nedlukning stiger vandstanden over dæmningen og genopretter strømmen i Taseq-elve.

Eksempler på koncentrationen af uran og fluorid i tailings-vandet kan ses i Figur 60 og Figur 61. Figur 60 beskriver mønsteret for urankoncentrationen i CRSF-anlægget med udsving i de første fem år (på grund af den beskedne mængde af materiale i CRSF-anlægget) sammen med de kvartalsværdier, der er anvendt til hydrologi-relateret input i modellens første fem år [23].

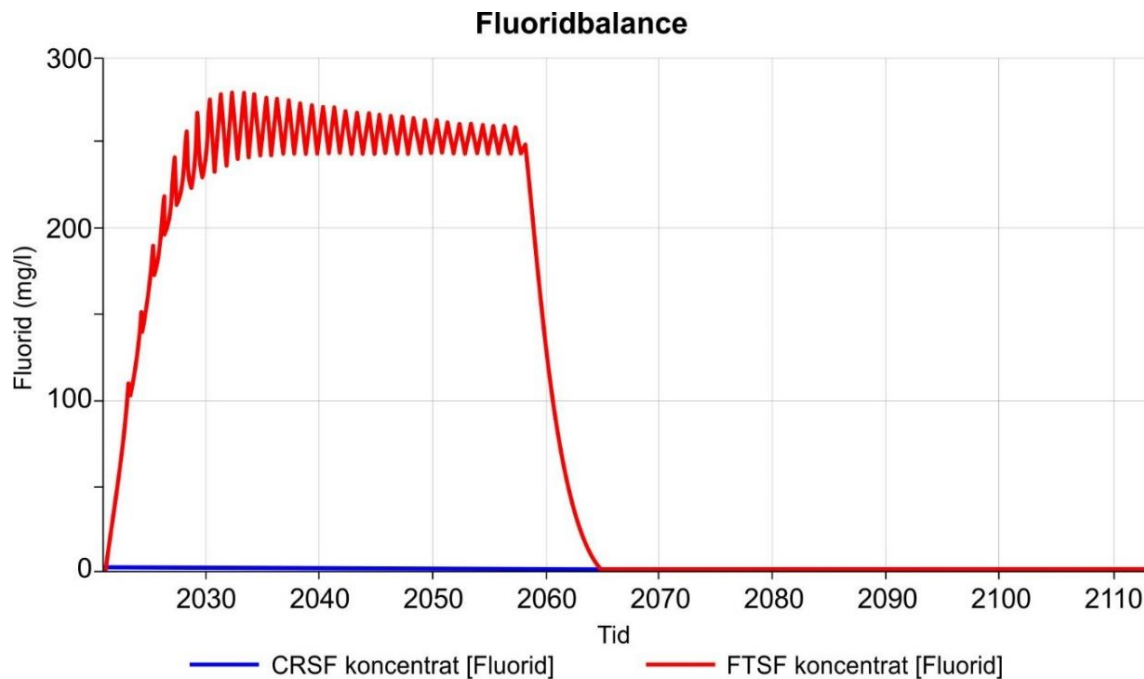
I de tidlige år i projektets driftsfasen vil der ske en støt stigning i koncentrationen af fluorid i FTSF-anlægget (se Figur 61), der skyldes konstant deponering af opslæmmede tailings. Denne stigning i koncentrationen jævner ud, før den igen vil falde dramatisk under nedlukningsfasen.

I CRSF-anlægget vil koncentrationerne af uran og fluorid være lavere end i FTSF-anlægget, men koncentrationen af sulfat og chloridsalte vil være høj. For at minimere udsivning af saltvand fra CRSF vil det blive forsynet med en dobbelt foring af ler og plastik.

Under projektets nedlukningsfase sker der et signifikant fald i koncentrationerne af opløste salte i CRSF-anlægget. Dette skyldes, at det vandopløselige metal fra tailings-opslæmningen ikke længere ledes ind i CRSF-anlægget, og at supernatant-vandet genanvendes via vandbehandlingsanlægget i forarbejdningsanlægget. Vandet bliver yderligere fortyndet fra afstrømning og nedbør.



Figur 60 Koncentration af uran i FTSF og CRSF gennem projektets levetid, som beregnet med GoldSim



Figur 61 Koncentration af fluorid i FTSF og CRSF gennem projektets levetid, som beregnet med GoldSim

I løbet af projektets driftsfase stiger koncentrationen af flotationsreagenser i FTSF-anlægget kraftigt i begyndelsen, hvorefter koncentrationen udjævnes gradvist med tiden. I nedlukningsperioden vil der ske et kraftigt fald i koncentrationen af disse reagenser, og faldet i koncentration fortsætter i tiden efter nedlukningen [58].

Flotationsreagenser anvendt i flotationsprocessen er ikke til stede i CRSF.

Tabel 64 opsummerer resultaterne af beregningen med IDEAS® angående koncentrationer af metaller og elementer nedstrøms for kontrolpunkt C. Modelresultaterne vises sammen med de relevante retningslinjer fra GWQC og yderligere internationale retningslinjer, hvor GWQC ikke definerer et kriterie, og sammen med de basisværdier, der anvendtes i modellen. Kriterier, der stammer fra ikke-grønlandske standarder, er angivet med *.

Tabel 64 Modelresultater fra IDEAS[®] for år 49, 59 og 93 nedstrøms for kontrolpunkt C ([53] - Tabel 5-3)

Elementer i Narsaq-elven	Kriterie	Basislinje (anvendt i modellen)	År 49: Udledning fra FTSF starter	År 59: 10 år efter start af udledning fra FTSF	År 93
Arsen (µg/l)	4	0,52	0,47	0,47	0,48
Cadmium (µg/l)	0,1	0	0,001	0,002	0,001
Krom (µg/l)	3	0	0	0	0
Kobber (µg/l)	2	0	0,002	0,003	0,002
Jern (µg/l)	300	22,18	17,39	17,39	17,4
Bly (µg/l)	1	0	0,000003	0,000006	0,00004
Kviksølv (µg/l)	0,05	0	0	0	0
Nikkel (µg/l)	5	0	0,003	0,006	0,004
Zink (µg/l)	10	3,1	3,0	3,0	3,1
Fosfor (µg/l)	20	2,3	5,5	5,8	4,3
Faste stoffer (ppm)		0,0	1,0	1,3	1,3
Fluorid (mg/l)	0,12*	2,7	5,6	4,7	3,8
Kalium (mg/l)		0,3	0,3	0,3	0,3
Svovl (mg/l)		1,0	1,9	2,8	2,2
Chlorid (mg/l)	120*	4,3	7,0	9,8	8,2
Natrium (mg/l)		5,2	12,0	13,7	10,6
Sulfat (mg/l)		3,1	5,6	8,3	6,5
Calcium (mg/l)		1,5	1,5	1,7	1,6
Uran (µg/l)	15*	0,4	0,9	0,9	0,7
Thorium (µg/l)		0,0E+00	2,6E-05	5,2E-05	3,5E-05
Mangan (µg/l)		0	15,24	30,93	20,67
Molybdæn (µg/l)	73*	0	0,35	0,32	0,19
Lithium (µg/l)		0	9,85	7,39	4,17
Thallium (µg/l)	0,8*	0	0,00	0,01	0,00
Radium-226 (Bq/l)	0,5**	0	6,8E-05	1,3E-04	1,0E-04

* Canada, 2015

** Health Canada, 2009

For visse elementer i modellen var basiskoncentrationen meget lav, og den blev derfor beregnet som nul i stedet for en meget lav værdi som vist i Tabel 64.

Basisværdierne defineres for kontrolpunkt C, dvs. efter sammenløbspunktet for Narsaq-elven og Taseq-elven.

Målinger af kemisk iltforbrug (COD) blev foretaget af SGS Oretest på forsøgsprøver af tailings-vand. Opløsningen viste 73 mg/L COD, som er under GWQC på < 75 mg/L. Størsteparten af oxideringen af reagenser sker under forarbejdningen på grund af forhøjede temperaturer og dannelsen af luftbobler.

Tabel 65 Sammenligning af kriterier for nuleffektkoncentrationer (PNEC) for reagenser og modelberegnete koncentrationer ved kontrolpunkt C ([53] – Tabel 5-5)

Reagenter Narsaq-elven	Kriterie PNEC	År 49: Udledning fra FTSF starter	År 59: 10 år efter start af udledning	År 93
Flokkuleringsmiddel i alt (µg/l)	10	0,00	0,00	0,00
SIBX (µg/l)	268	0,08	0,01	0,00
Kobbersulfat (µg/l)	0,1	0,00	0,01	0,01
Aero 6494 (µg/l)	0,33	0,03	0,00	0,00
Natriumsilikat (µg/l)	2.470	774	396	324
Skummer (µg/l)	0,24	0,06	0,01	0,00
Bariumchlorid (µg/l)	220	0,00	0,00	0,00
NaHS (µg/l)	10	0,01	0,01	0,01
Alamin 336 (µg/l)	0,014	0,00004	0,00002	0,00001
Isodecanol (µg/l)	10	0,00	0,00	0,00
PC88A (µg/l)	4,2	0,01	0,00	0,00
Shellsol fortynder (µg/l)	2	0,01	0,00	0,00
CW Biocid (µg/l)	0,2	0,00	0,00	0,00

Generelt kan de modellerede koncentrationsmønstre gennem tiden for reagenser og elementer ved kontrolpunkt C opsummeres som følger:

- Koncentrationer for alle elementer, der er omfattet af GWQC, ligger langt under grænseværdierne
- Uran er ikke omfattet af GWQC. Som et alternativt kriterie er koncentrationen på 15 µg/L fra den canadiske retningslinje [123] blevet anvendt. Den beregnede koncentrationen er 1/16 af den canadiske retningslinjes kriterie
- Koncentrationen af fluorid overstiger de canadiske retningslinjer på 0,12 mg/L med en faktor på næsten 50

Basiskoncentrationen af fluorid overskrider allerede denne retningslinjeværdi med en faktor på 22, hvorfor de canadiske retningslinjer ikke kan anvendes på undersøgelsesområdet.

Sammenlignet med typiske variationer i basiskoncentrationen af fluorid i Narsaq-elven opstrøms for kontrolpunkt C på mellem 1 og 28 mg/L ligger det forventede højeste fluoridniveau på 5,6 mg/L ved kontrolpunkt C i løbet af år 49 et godt stykke inden for intervallet for basislinje-forhold for dette sted.

Projektet forventes ikke at påvirke det eksisterende miljø nævneværdigt hvad angår fluoridkoncentrationen

- Reagenskoncentrationerne er et godt stykke under PNEC-værdier for alle reagenser.

Indholdet af fluorid i TSF-vand vil nå op på 300 mg/L under projektets driftsfase. Ved disse koncentrationer kan ingen indvirkning på miljøet observeres selv i tilfælde af udsivning eller aerosoler fra TSF [61]. Denne koncentration vil blive reduceret væsentligt ved vandbehandling under nedlukningsfasen. Fluspat, et handelsprodukt, vil blive udvundet fra dette vandbehandlingskredsløb [73].

I løbet af projektets nedlukningsfase vil koncentrationerne af alle elementer og reagenser i udløbet til fjorden være mindre end under driftsfasen, da der ikke tilføjes yderligere flotationstailings eller tailings fra forarbejdningsprocessen efter år 37.

Den potentielle påvirkning af havmiljøet under den 6-årige nedlukningsfase vil derfor være lavere end under driftsfasen.

Overløb af supernatant fra tailings

Dæmninger til både FTSF- og CRSF-anlæggene vil blive konstrueret til at modstå ekstrem indstrømning af vand, for eksempel på grund af ekstraordinær smeltning af sne under en hændelse med føhnvind. Et fribord på minimum 6 m er blevet valgt som en konservativ designløsning for begge tailings-damme, med et faktisk fribord på 6-13 m. Der vil blive konstrueret store afledningskanaler til at fange vandindløb til Taseq-søen og lede det væk fra TSF-anlægget. Disse kanaler vil væsentligt reducere sandsynligheden for et overløb fra TSF-anlægget.

Kapaciteten af TSF-anlægget er designet til at imødekomme en række ekstreme vejrscenarier, såsom en 1 i 10.000 år nedbørshændelse. I tilfælde af en 1 i 10.000 år begivenhed vil vandstanden i FTSF stige med cirka 0,5 meter, hvilket ligger et godt stykke inden for det minimale fribord [23].

Et overløb over CRSF-dæmningen ind i FTSF-anlægget vil ikke have umiddelbare konsekvenser. Supernatant-vandet fra CRSF-anlægget vil blive indesluttet i FTSF-anlægget. FTSF-dæmningsfribord er designet til at rumme en større tilstrømning af vand fra CRSF-anlægget eller fra det omgivende miljø.

I det usandsynlige tilfælde, at FTSF bliver oversvømmet, vil vandet overløbe FTSF-dæmningen ved det dertil indrettede udløbspunkt. Vandet vil først strømme ind i Taseq-elven og derefter ind i den nedre del af elvene i Narsaq-dalen, inden det når fjorden ved Narsap Ilua.

Påvirkningen fra et overløb på ferskvandsbiota og det marine liv vil afhænge af mængden og kvaliteten af det vand, der flyder over FTSF-dæmningen. Konsekvensen af en større overløbshændelse (et overløb) omtales i det næste afsnit.

Hvis overløbet af supernatant skyldes ekstrem nedbør eller snesmeltning, vil supernatant-vandet blive fortyndet før overløbet, og som følge heraf vil påvirkningen være signifikant mindre end den, der blev forventet i overløbsscenariet.

Påvirkningen på Taseq- og Narsaq-elvene vil højst sandsynligt være kortvarig og stå på i dage eller uger. Påvirkningen af det marine liv fra en hændelse med overløb vil sandsynligvis kun være lokal (begrænset til Narsap Ilua).

For at minimere risikoen for en hændelse med overløb er det vigtigt, at afledningskanalerne vedligeholdes godt under drifts- og nedlukningsfaserne.

10.3.3 Brud på TSF-dæmningen

Tre forskellige scenarier for et eventuelt brud (fuldstændigt eller delvist) på TSF-dæmningen er blevet vurderet for at bestemme miljøpåvirkningen fra brud under drift og i tiden efter nedlukning [110]. Under disse faser vil mængden af tailings være på sit maksimum; den vigtigste forskel ville være mængden og vandkvaliteten af supernatanten. Der blev udført 3D-modellering efter branchestandard af et katastrofalt brud på FTSF-dæmningen for visuelt at vise oversvømmelsesområdet [74]. Disse typer nedbrud er beskrevet i detaljer i afsnit 9.3.3., og beskrivelserne gentages ikke her. Dette afsnit fremsætter analysen af potentielle påvirkninger på vandmiljøet under hvert af svigtscenarierne. En geokemisk vurdering af den vandkvalitet, der ville opstå fra et dæmningsbrud, blev udført udelukkende for det værst tænkelige scenarie med et katastrofalt brud. Geokemiske påvirkninger på vandkvalitet forbundet med overløb og kanaldannelse ville være mindre betydelige end de påvirkninger, der er beskrevet for det katastrofale brud.

Overløb

I dette tilfælde kunne noget af vanddækket gå tabt, men det antages, at ingen faste stoffer vil gå tabt. I tilfælde af et svigt under drift ville ca. 15 Mm³ vand ville gå tabt ved en gennemsnitlig hastighed på 6.900 m³ pr. time (dette forventes at fortsætte gennem 3 måneder). For at sætte det i perspektiv bemærkes det, at udledningsgraden på 6.900 m³ pr. time er ca. 3 og 1,7 gange større end de gennemsnitlige årlige strømninger på henholdsvis 1.300 og 4.150 m³ pr. time for Taseq-elven og Narsaq-elven (neden for kontrolpunkt C) og betydeligt mindre end de typiske høje strømningshastigheder på ca. 12.000 og 31.800 m³ i timen for henholdsvis Taseq-elven og Narsaq-elven (videre fra kontrolpunkt C).

I tiden efter nedlukning kunne den frigivne mængde vand komme op på det dobbelte af mængden i scenariet for svigt under drift. Mens kvaliteten af supernatantvand under drift afspejler mineaktiviteter og forarbejdning, svarer kvaliteten af supernatantvand i tiden efter nedlukning generelt til kvaliteten i omgivende vand.

Ud over den offentlige bekymring over et brud på indeslutningen i et tailings-anlæg kan den største påvirkning fra en overløbshændelse efter nedlukning være en udstrakt og langvarig strøm, som midlertidigt kunne oversvømme græsmarkerne på sletten i hændelsesrummet (som antages at være 3 måneder i dette tilfælde) [110].

Hvis overløbet skulle finde sted under drift, kunne der af mineledelsen tages foretages initiativer til at minimere påvirkning og forbedre kvaliteten i supernatantvandet. Skønt der ikke er udarbejdet en model til vurdering af ikke-radiologiske påvirkninger på vandkvalitet forbundet med et overløb under drift, ville påvirkningerne være betydeligt mindre end de påvirkninger, der er beskrevet for en kanaldannelseshændelse eller et katastrofalt svigt under drift (beskrevet nedenfor).

Hvis svigtet forekom i tiden efter nedlukning, ville kvaliteten af overløbsvandet opfylde kriterierne i GWQC (med undtagelse af fluorid), og derfor forventes det ikke at have nogen indvirkning på vandkvaliteten nedstrøms.

Kanaldannelse - Manglende indeslutning som følge af et delvist brud på dæmningen.

I dette scenarie kan dæmningsmaterialer eroderes ved strømning af vand, og denne type erosion kan forværres og skabe en åben vej for strømning eller et rør / en tunnel. Dette kan resultere i tabet af 100 % af FTSF-vanddækket og udledning af en betydelig mængde tailings.

Det antages, at alt overfladevand (13,7 Mm³ under drift og 32,9 Mm³ i tiden efter nedlukning) og 25 % af de flotationstailings, der er lagret over den oprindelige Taseq søbund (15 Mm³ i begge faser), vil frigives gennem et tidsrum på 1 måned i det sidste driftsår og gennem et tidsrum på 2 måneder i tiden efter nedlukning.

Udledningen antages at begynde udelukkende med udledning af tailings med 60 % faste stoffer, som hurtigt går over til tailings med en lavere andel faste stoffer, idet supernatanten blandes i.

Strømmen af opslemmet tailings fra et svigt af denne art forventes at være i størrelsesordenen 42.000 m³/t (11,7 m³/s). Dette kan forventes at medføre en vis forstyrrelse af stenfyldet i dæmningen såvel som en fordeling af tailings med faste stoffer langs de aktuelle løb af Taseq- og Narsaq-elvene.

En betydelig del (60 til 70 %) af tailingspartikler, især grovere partikler, kunne forventes at aflejres i den nederste del af Narsaq-elven. Cirka 30-40 % af faste stoffer i tailings ville forventes at aflejres i Narsap Ilua, og kun en lille del af de faste stoffer (mindre end 5 %) ville forlade Narsap Ilua og komme ud i fjorden.

Et kanaldannelse kunne forventes at medføre oversvømmelse af græsmarkerne på sletten, mens hændelsen står på. Med en rapporteret gennemsnitlig naturlig strømning på 1,15 m³/s ville Narsaq-elven sandsynligvis ikke fortynde de frigivne tailings særlig meget [110].

Katastrofalt dæmningsbrud - Manglende indeslutning som følge af et fuldt brud på dæmningen.

Der blev vurderet lave og høje brudvolumener under driftsfasen for at vise en række potentielle konsekvenser under anvendelse af 3D-modellerings teknikker. Det lave brudvolumen antog 21 Mm³ af frigivne tailings, og det høje brudvolumen antog et tailings-volumen på 43 Mm³. Det blev vurderet, at cirka 80 % af faste stoffer i tailings (ca. 11 Mm³) ville nå Narsap Ilua.

I begge driftsscenarier er maksimalhastigheden og oversvømmelsesområdet nogenlunde ens. Den højeste hastighed ses 750 m nedstrøms for bruddet i et smalt afsnit af Taseq-elven, hvor der forventes hastigheder på 25 meter pr. sekund (mps). Resten af den smalle dal ville opleve hastigheder på 10-25 mps, inden de bremses ved deltaet til 2-5 mps. Det samlede oversvømmelsesområde for det "høje" scenarie svarer til området for det "lave" scenarie.

Den mest oplagte effekt af et brud på TSF-dæmningen er deponering af faste stoffer fra tailings-anlægget og dæmningsmateriale ud over et bredt område nedstrøms for bruddet. Den dybeste strømning ville forventes at forekomme i den smalle dal i den første tredjedel af ruten fra bruddet; den kunne overstige 25 m i dybden og 110 m i bredden. Ved den bredere dal og sletten forventes strømningdybden at være ca. 5 m og stige til 10 m i visse områder. Oversvømmelsesområdet kunne forventes at være ca. 510 m bredt på sletten med en maksimal bredde på ca. 640 m ved udmundingen til Narsap Ilua.

Det samlede påvirkede areal ville dække 1,84 km².

Der blev vurderet et katastrofalt dæmningsbrud i driftsfasen såvel som i tiden efter nedlukning.

I et scenarie med et katastrofalt dæmningsbrud i tiden efter nedlukning ville oversvømmelsen forventes at svare til den, der er modelleret for brud under drift, og derfor blev ingen yderligere 3D modellering foretaget for et dæmningsbrud i dette tidsrum. Den større mængde supernatant forbundet med et svigt i det våde dække ville sandsynligvis transportere en større del af de faste tailings ind i Narsap Ilua, og derfor udgør et svigt under drift sandsynligvis det værste scenarie for deponering af faste tailings på land.

For at vurdere påvirkninger på vandkvalitet fra ikke-radiologiske dele af et katastrofalt dæmningsbrud vurderede KCB [126] tre situationer. Disse situationer dækker et brud ved afslutning af driften (år 37), når højden af supernatant er på sit højeste, ved brud af vådt dække i år 49, og et brud samme år (år 49) på et tørt dække.

De antagelser, der blev anvendt i de tre situationer, er opsummeret i Tabel 67.

Tabel 66 Opsummering af kvaliteten i tailings porevand, supernatant og elvvand ([126] – Tabel 2.4)

Parameter ^a (mg/l)	Supernatant vand ved slutning af bearbejdning	Supernatant vand efter nedlukning	Tailings porevand	Narsaq Elv aug 2009 (Sted 6 ^b)	Taseq Elv aug 2009
Calcium	0,590	1,560	0,413	2,432	3,316
Natrium	378	37,9	2.427	6,599	5,411
Kalium	2,8	0,36	17,4	0,356	0,374
Sulfat	23,2	14,4	144	1,12	1,53
Chlorid	3,56	16,9	0,264	2,30	3,80
Fluorid	279	17,3	1.799	3,00	1,70
Jern	0	0	10	0,021	0,004

Mangan	0,0126	0,0683	0,081	0,000128	0,000110
Arsen	0,0002	0,00028	0,014 ^c	0,000531	0,000465
Thorium	0	0,0001	0,001	0,000023	0,00001
Uran	0,076	0,00247	0,492	0,000793	0,000553
Zink	0,00192	0,00267	0,500	0,00223	0,00155
Tabel i Orbicon A/S, 2018	(År 37) Tabel 5.3	(År 49) Tabel 5.3	Bilag 1	(Sted 6) Tabel 4.5-4.6	Tabel 4.5-4.6

^a Der rapporteredes ingen pH eller alkalinitet for disse prøver. Gennemgangsrapporten (DCE & GINR, 2019) rapporterede dog en neutral pH for elvvandet. Kinetiske udludningsprøver viser, at pH i tailingsvand vil være let basisk.

^b Sted 6 befinder sig ved elvens udmundning.

^c Den maksimale mængde arsen i yderligere rystekolbe-forsøg foretaget af SGS (SGS Lakefield, 2013).

Tabel 67 Opsummering af de modellerede situationer ([126] - Tabel 3.1)

Situation	Beskrivelse	Volumen porevand (Mm ³)	Volumen supernatant- vand (Mm ³)	Supernatant- vanddække (m)
1	Ved driftsafslutning	16,1	13,7	5
2	Ved afslutning af nedlukning (våd)	16,1	32,9	11,6
3	Ved afslutning af nedlukning (tør)	16,1	0	0

I det meget usandsynlige tilfælde af et svigt i FTSF ville der være kort- og langsigtede påvirkninger på miljøet. Der blev udarbejdet en geokemisk reaktionsmodel for at modellere den forventede ændring i elvvand efter svigtet for hver situation. Der blev set på vandkvaliteten i FTSF, belastningen af kemikalier i resterende tailings samt det vand, der flyder gennem elve.

Vurderingerne viste, at konservative bestanddele (dvs. Bestanddele, som ikke umiddelbart udfælder til mineraler) ville forblive opløst og blive fortyndet af den naturlige elvstrøm. Konservative kemikalier omfatter natrium, fluorid og sulfat. Straks efter et brud ville koncentrationen af disse ioner i elvvand til at begynde med være på niveauet alt efter blandingsforholdet mellem tailingsporevandet og supernatantvandet. Da disse kemikalier ikke udfælder nemt, er fortynding den primære mekanisme til at nedsætte deres koncentrationer. Da elven flyder hurtigt, vil koncentrationerne af kemikalierne aftage betydeligt med tiden. Tabel 68, Tabel 69 og Tabel 70 opsummerer resultaterne for de tre situationer.

Efter ca. 1-2 år simuleres i alle tre situationer, at fluorid ville nå en værdi på <30 mg/L i elvvandet, hvilket er under retningslinjerne for fluorid i elven om vinteren. Værdien er tæt på sommer-retningslinjen for elve for fluorid (5 mg/L) efter ca. 15, 10 og 20 år for situation 1 (svigt under drift), 2 (svigt i vådt dække efter nedlukning) og 3 (svigt i tørt dække efter nedlukning). Tidshorisonten for fortynding af fluorid forlænges på grund af tilstedeværelsen af baggrunds-fluorid på et niveau af 3 mg/L i Narsaq-elven.

Mere reaktive bestanddele (især metaller som jern og mangan) udviste en øjeblikkelig nedgang i koncentration i alle tre situationer, da de ville udfælde på elv-aflejringerne og derfor muliggøre efterfølgende genmobilisering efter at koncentrationerne var fortyndet af opstrøms elvvand. I alle tre situationer var den modellerede jernkoncentration under Grønlands retningslinje for ferskvand på 0,3 mg/L. Urankoncentrationen, uden at tage hensyn til udfældning i modellen, var under den canadiske retningslinje på 0,015 mg/L i alle tre situationer inden for to modellerede år.

Modellen antog, at elven ville være i fuld kontakt med tailings med kemiske rester. Der er en iboende begrænsning derved, at tailings deponeret i udkanterne af Narsaq-dalen muligvis ikke er i fuld kontakt med elvstrømmen. Det kan tage tid, før smeltende sne vasker tailings ned mod elven. Derfor ville der være nogen ensartethed i Narsaq-dalen med hensyn til vandkvalitet, og modellerne forsøgte udelukkende at anslå ændringerne i den gennemsnitlige vandkvalitet i elvene.

Blandt de tre modellerede situationer ville de vigtigste påvirkninger på vandkvalitet komme fra et brud på tørt dække, fordi manglen på supernatant ville umuliggøre fortynding.

Tabel 68 Situation 1: Sammendrag af beregninger for afslutning af driftsperioden (mg/l) ([126] - Tabel 3.2)

Parameter (enheder mg/L eller som angivet i parentes)	Model input: Tailings-porevand	Model input: Supernatant ved drifts-afslutning	Model input: Narsaq-elven aug 2009	Modelleret kvalitet i elvvand efter brud	Modelleret kvalitet i elvvand efter 2 år	Modelleret kvalitet i elvvand efter 10 år	Retningslinjer for vand-kvalitet	Havvand retningslinje / reference
pH (værdi)	9,40*	8,00*	7,00**	9,10	7,80	7,50		
Calcium	0,413	0,590	2,43	0,49	2,5	2,5		422 ^d
Natrium	2.427	378	6,60	1.488	25	10		11.020 ^d
Kalium	17,4	2,8	0,356	10,7	0,5	0,4		408 ^d
Sulfat	144	23,2	1,12	88,7	2,3	1,4		2.775 ^d
Chlorid	0,264	3,56	2,30	1,77	2,3	2,3	120 ^c	19.805 ^d
Fluorid	1.799	279	3,00	1.103	17	5,8	5 sommer 30 vinter ^a	1,4 ^d
Iron	10	0	0,021	5,42	0,028	0,028	0,300 ^b	0,030 ^b
Mangan	0,081	0,0126	0,00013	0,050	0,001	< 0,0001		0,0002 ^d
Arsen	0,014	0,0002	0,00053	0,008	< 0,001	< 0,001	0,004 ^b	0,005 ^b
Uran	0,492	0,076	0,000793	0,301	< 0,001 til 0,005***	< 0,001 til 0,002***	0,015 ^c	
Zink	0,500	0,00192	0,0022	0,272	0,006	0,003	0,010 ^b	0,010 ^b

Blå = modellerede koncentrationer

*Estimat fra udludningstest. **Tilpasset fra DCE gennemgangsrapport (DCE & GINR, 2019).

***< 0,001 mg/L ved muligjort udfældning.

^a Retningslinje fra DCE (DCE & GINR, 2018).

^b Retningslinjer for ferskvand og havvand fra BMP (BMP, 2015).

^c Canadiske retningslinjer (CCME, 2020).

^d Typisk havvandskomposition (Nordstrom et al., 1979).

Tabel 69 Situation 2: Sammendrag af beregninger for våd dækning efter nedlukning (mg/l) ([126] - Tabel 3.3)

Parameter (enheder mg/L eller som angivet i parentes)	Model input: Tailings-porevand	Model input: Supernatant ved drifts-afslutning	Model input: Narsaq-elven aug 2009	Modelleret kvalitet i elvvand efter brud	Modelleret kvalitet i elvvand efter 2 år	Modelleret kvalitet i elvvand efter 10 år	Retningslinjer for vand-kvalitet	Havvand retningslinje / reference
pH (værdi)	9,40*	8,00*	7,00**	9,10	7,60	7,40		
Calcium	0,413	1,560	2,43	1,18	2,5	2,5		422 ^d
Natrium	2.427	37,9	6,60	826	17	9		11.020 ^d
Kalium	17,4	0,36	0,356	5,98	0,4	0,4		408 ^d

Parameter (enheder mg/L eller som angivet i parentes)	Model input: Tailings-porevand	Model input: Supernatant ved drifts-afslutning	Model input: Narsaq-elven aug 2009	Modelleret kvalitet i elvvand efter brud	Modelleret kvalitet i elvvand efter 2 år	Modelleret kvalitet i elvvand efter 10 år	Retningslinjer for vand-kvalitet	Havvand retningslinje / reference
Sulfate	144	14,4	1,12	57,2	2	1,3		2.775 ^d
Chlorid	0,264	16,9	2,30	11,4	2,4	2,3	120 ^c	19.805 ^d
Fluorid	1.799	17,3	3,00	605	10,6	4,6	5 sommer 30 vinter ^a	1,4 ^d
Jern	10	0	0,021	3,30	0,028	0,028	0,300 ^b	0,030 ^b
Mangan	0,081	0,0683	0,00013	0,072	< 0,001	< 0,0001		0,0002 ^d
Arsen	0,014	0,0003	0,00053	0,008	< 0,001	< 0,001	0,004 ^b	0,005 ^b
Uran	0,492	0,025	0,000793	0,164	< 0,001 til 0,0035***	< 0,001 til 0,0015***	0,015 ^c	
Zink	0,500	0,00267	0,0022	0,272	0,004	0,003	0,010 ^b	0,010 ^b

Blå = modellerede koncentrationer

*Estimat fra udludningstest. **Tilpasset fra DCE gennemgangsrapport (DCE & GINR, 2019).

***< 0,001 mg/L ved muliggjort udfældning.

^a Retningslinje fra DCE (DCE & GINR, 2018).

^b Retningslinjer for ferskvand og havvand fra BMP (BMP, 2015).

^c Canadiske retningslinjer (CCME, 2020).

^d Typisk havvandskomposition (Nordstrom et al., 1979).

Tabel 70 Situation 3: Sammendrag af beregninger for tør dækning efter nedlukning (mg/l) ([126] – Tabel 3.4)

Parameter (enheder mg/L eller som angivet i parentes)	Model input: Tailings-porevand	Model input: Supernatant ved drifts-afslutning	Model input: Narsaq-elven aug 2009	Modelleret kvalitet i elvvand efter brud	Modelleret kvalitet i elvvand efter 2 år	Modelleret kvalitet i elvvand efter 10 år	Retningslinjer for vand-kvalitet	Havvand retningslinje / reference
pH (værdi)	9,40*	N/A	7,00**	9,10	7,60	7,40		
Calcium	0,413	N/A	2,43	0,413	2,5	2,5		422 ^d
Natrium	2.427	N/A	6,60	2.427	37	13		11.020 ^d
Kalium	17,4	N/A	0,356	17,4	0,6	0,4		408 ^d
Sulfate	144	N/A	1,12	144	3	1,5		2.775 ^d
Chlorid	0,264	N/A	2,30	0,264	2,4	2,3	120 ^c	19.805 ^d
Fluorid	1.799	N/A	3,00	1.799	26	7,6	5 sommer 30 vinter ^a	1,4 ^d
Jern	10	N/A	0,021	10	0,028	0,028	0,300 ^b	0,030 ^b
Mangan	0,081	N/A	0,00013	0,081	< 0,0001	< 0,0001		0,0002 ^d
Arsen	0,014	N/A	0,00053	0,014	< 0,001	< 0,001	0,004 ^b	0,005 ^b
Uran	0,492	N/A	0,000793	0,492	< 0,001 til 0,007***	< 0,001 til 0,002***	0,015 ^c	
Zink	0,500	N/A	0,0022	0,500	0,0085	0,0035	0,010 ^b	0,010 ^b

Blå = modellerede koncentrationer

*Estimat fra udludningstest. **Tilpasset fra DCE gennemgangsrapport (DCE & GINR, 2019).

***< 0,001 mg/L ved muliggjort udfældning.

^a Retningslinje fra DCE (DCE & GINR, 2018).

^b Retningslinjer for ferskvand og havvand fra BMP (BMP, 2015).

^c Canadiske retningslinjer (CCME, 2020).

^d Typisk havvandskomposition (Nordstrom et al., 1979).

I det usandsynlige tilfælde af et svigt ville elvvand, der flyder ud i Narsap Ilua, i alle tre situationer være under den gennemsnitlige havvandssammensætning for de modellerede vigtige kemikalier undtagen

fluorid. De fleste metaller og halvmetaller (f.eks. jern, mangan, zink, arsen og uran) ville udfælde og være under havvandssammensætning inden for 1-2 år efter et dæmningsbrud.

Narsaq by ligger væk fra strømningsvejen for alle de modellerede scenarier, og derfor forventes hverken oversvømmelse eller deponering af tailings at forekomme i byen Narsaq.

Der blev udført en vurdering for at bestemme, om de resterende faste stoffer fra et katastrofalt svigt i FTSF ville medføre kontaminering af drikkevandet i Narsaq eller andre følsomme receptorer. Evalueringen beregnede virkningen med den CALPUFF-model, der blev anvendt til luftkvalitetsvurderingerne, samtidig med at den inddrog geokemisk laboratorie-testarbejde. Resultaterne viser, at kontaminering af drikkevandet i Narsaq efter et brud på dæmningen sandsynligvis vil være ubetydelig [90].

Den mulige påvirkning fra radioaktivitet i de faste stoffer i tailings blev også vurderet (Arcadis 2020b). Kilden blev bestemt ud fra resultaterne af en test angående koldtvandsopbevaring (Tabel 71). Det fandtes, at der kan forekomme kortsigtede effekter fra et dæmningssvigt, men der forventes ingen langvarig kronisk eksponering fra tilstedeværelsen af radioaktivitet.

Tabel 71 Sammen drag af vurderede radionuklider under et svigt (ved afslutningen af driften)

Parameter (enheder Bq/l)	Tailings Porevand	Supernatantvand ved afslutning af drift	Narsaq Elv Aug 2009	Kvalitet i elvvand efter svigt	Retningslinjer for vandkvalitet ^a
U-238 ^e	27	0,94	0,014	8,3	3
Th-230 ^e	2,4	0,083	0,014	0,73	0,6
Ra-226 ^e	0,08	0	0,025	0,02	0,5
Pb-210 ^e	0,83	0,029	0,14	0,26	0,2
Po-210 ^e	0,83	0,029	0,025	0,26	0,1
Th-232 ^e	5,0	0	0,001	1,4	0,6
Ra-228 ^e	0,11	0	0,04	0,03	0,2
Th-228 ^e	0,03	0	0,001	0,01	2

Detaljer er angivet i Arcadis 2020b.

^a Canadiske retningslinjer – retningslinjer fra Health Canada (2009) angående radionuklider i drikkevand.

I det usandsynlige tilfælde af et katastrofalt dæmningssvigt vil ferskvandmiljøet i Narsaq-elven blive oversvømmet af opslæmmede faste stoffer og kontaminanter fra tailings-porevand. Ferskvandsstrømme om foråret vil forårsage erosion i bredder formet af tailings og i elvens kanalzoner. Tailings på sletten ville blive udsat for strømme, der bugter sig, og for dannelsen af stillestående søer afskåret fra elven under forårets snesmeltning. Hvis det ikke standses, kunne dette fænomen fortsætte i årtier. Der kunne overvejes forskellige afbødende foranstaltninger som vist nedenfor, men den mulighed bør tages i betragtning, at de miljømæssige påvirkninger fra afbødende foranstaltninger kunne være mere omfattende end de påvirkninger, der kommer fra naturlig genopretning.

Generelt kunne afbødende foranstaltninger til genopretning af ferskvandsmiljøet omfatte to muligheder:

- i. Opsamling af alle tailings fra alle kanalzoner samt kontamineret jord og grus ved hjælp af mekaniske midler, som det blev gjort ved Aznacollar i det sydlige Spanien. De naturlige strømbredder i de øvre to zoner er klippe. Hydraulisk oprensning kunne påtænkes. Der skulle så vælges eller udvikles et sted til deponering af dette materiale. Genopret de naturlige kanaler med rent grus.

- ii. Opsamling af tailings fra de øvre zoner og oprettelse paa sletten af kunstigt forede kanaler, som ikke kan bugte sig.

Valget af en af disse muligheder ville afhænge af detaljerede undersøgelser, vejrforhold og målsætning for genoprettelsen, og som tidligere nævnt er det muligt, at aktiv genoprettelse kunne medføre større miljøpåvirkninger end naturlig genopretning.

Brud på rørledninger og anlægssvigt

Tailings blandet med vand vil blive transporteret som opslemmet tailings gennem en rørledning fra forarbejdningsanlægget til TSF-anlægget. Et brud på rørledningen vil føre til et lokalt udslip af slam indeholdende tailings eller procesvand. Der vil blive monteret trykfølere og blokventiler på alle rørledninger for at detektere udslip. Nødprocedurer og programmerede blokeringsanordninger vil blive aktiveret for at minimere lækagen eller bruddet.

Vandbehandlingsanlægget vil fortsætte med at fungere i løbet af den 6 år lange nedluknings- og afviklingsfase. Vandet i FTSF- og CRF-anlæggene pumpes til forarbejdningsanlægget, som det er tilfældet under driftsfasen. Det behandlede vand anbringes i Nordre Sermilik ved brug af en specielt konstrueret rørledning og en spreader. Hvis behandlingsanlægget svigter under drifts- eller nedlukningsfaserne, ophører produktionen straks, og vandudledningen til Nordre Sermilik fjord ophører. Der er betydelig vandlagringskapacitet i TSF-anlægget og ved forarbejdningsanlægget. En stor mængde ubehandlet vand kan tilbageholdes i tilfælde af et svigt i vandbehandlingsanlægget.

I fasen efter nedlukningen vil intet spildevand fra tailings-dammen eller renseanlægget blive udledt til fjorden.

10.3.4 Aerosoler fra TSF

Som nævnt i afsnit 7.1.1 kan undersøgelsesområdet opleve stærke føhnvinde. I betragtning af disse vindes styrke har interessenter udtrykt bekymring om potentialet for, at aerosoler fra TSF vil påvirke drikkevandsforsyningen i Narsaq. En vurdering af påvirkningen fra sprøjt fra TSF-anlægget er blevet udført for at bestemme den sandsynlige koncentration af forurenende stoffer i Taseq- og Narsaq-elve efter deponering af aerosoler [59].

Afsnit 9.3.3 beskriver den modellering, der blev foretaget for at vurdere disse påvirkninger, og denne beskrivelse gentages ikke her. Evalueringen af radiologiske virkninger fra deponeringen er omtalt i afsnit 9.3.4. Dette afsnit omhandler påvirkninger forbundet med ikke-radioaktive elementer.

Koncentrationer blev testet ved kontrolpunkt C (Figur 53) nedstrøms for TSF. Dette er vigtigt, når der tages højde for variationerne i baggrundsniveauet af fluorid fra specifikke mindre afvandingsområder. Naturlige niveauer af fluorid er betydeligt højere i Narsaq-elven sammenlignet med Taseq-elven.

Fire elementer (fluorid, cadmium, fosfor og chlorid) og syv reagenser i TSF-vandet anslås at have koncentrationer, der overstiger GWQC og relevante internationale kvalitetskriterier for vand i naturen. Disse blev medtaget i screenings niveauberegninger og sammenlignet med basiskoncentrationer og PNEC (kun for reagenserne).

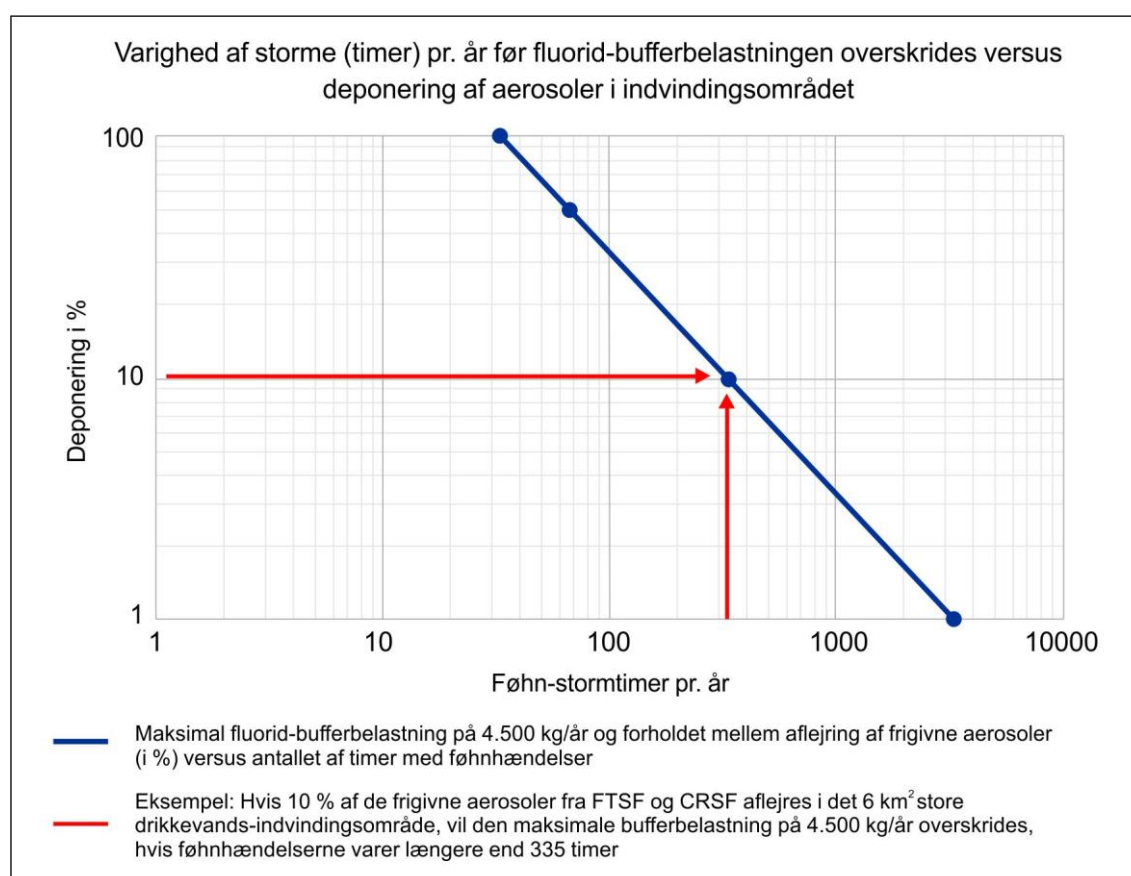
Vand til byen Narsaq hentes fra tre elve med en kombineret årlig gennemstrømning på 6 Mm³. Ved denne gennemstrømningshastighed er den anslåede årlige basistransport af fluorid (dvs. den mængde, der årligt transporteres i de 3 elve) 4.500 kg/år. Retningslinjer fra WHO for drikkevand [71] anvender en kritisk mængde af fluorid på 1,5 g/m³, hvilket svarer til 9.000 kg/år. Der er en margen på 4.500 kg/år som den maksimale "buffer"-belastning, dvs. sikkerhedsmargenen mellem basisgrænsen og den kritiske grænse.

Aerosolspredningsmodellen vurderer den anslåede deponering af fluorid i det tilfælde, at 1 % eller 10 % af aerosolen blev blæst fra tailingsdammene til indvindingsområdet for Narsaqs drikkevand. Et sammendrag af resultaterne findes i Tabel 72.

Tabel 72 Potentiel mængde fluorid (kg/år) aflejret i Narsaqs afvandsingsområde for drikkevand
([59] - Tabel 7.6)

Hændelser med føhnvind	Afsækning	Deponering af fluorid (kg/år)	
		1 %	10 %
1 hændelse / år	3,7 mm/år	31	309
3 hændelser / år	12 mm/år	100	1.000
6 hændelser / år	41 mm/år	346	3.460

Hvis 10 % af de frigivne aerosoler fra FTSF og CRSF aflejres i det 6 km² store indvindingsområde til drikkevand, vil den maksimale bufferbelastning på 4.500 kg/år kun overskrides ved føhnhændelser, der varer længere end 335 timer (se Figur 62).



Figur 62 Varighed af fluoridbufferbelastning i føhnhændelser ved 10 % deponering ([59] - Figur 7-6)

Resultaterne for stormhændelser på 24 og 64 timer viser, at de maksimale ekstra koncentrationer af fluorid ligger inden for basislinjeniveauet ved kontrolpunkt C (Tabel 73). Chlorid ligger lidt over basislinjekoncentrationen (men inden for GWQC-værdien på 120 mg/L).

Tabel 73 Maksimale koncentrationer af elementer ved kontrolpunkt C fra aerosol-aflejring nedstrøms for TSF under føhn-hændelser ([59] - Tabel 7-3 og 7-4)

Element	Basiskoncentration ved Narsaq og Taseq-elvenes sammenløb (interval)	Varighed af stormhændelse	Kontrolpunkt C
Fluorid (mg/l)	2 - 40	24 timer	7,5
		64 timer	24
Cadmium (mg/l)	< 0,001	24 timer	0,0014
		64 timer	0,004
Fosfor (µg/l)	1 - 13	24 timer	8
		64 timer	26
Chlorid (mg/l)	0,9 - 6,4	24 timer	2,2
		64 timer	7,1

Tabel 74 Maksimale koncentrationer af reagenser ved kontrolpunkt C fra aerosolaflejring under føhnhændelser ([59] - Tabel 7-3 og 7-4)

Reagens (µg/l)	PNEC (µg/l)	Varighed af stormhændelse	Kontrolpunkt C
Kobbersulfat	0,1	24 timer	0,0093
		64 timer	0,030
Alamin 336	0,014	24 timer	0,0103
		64 timer	0,033
PC88A	4,2	24 timer	1,4
		64 timer	4,5
Shellsol	2	24 timer	1,5
		64 timer	4,9
Aero 6494	0,33	24 timer	1,9
		64 timer	6,1
Natriumsilikat	2.470	24 timer	2.023
		64 timer	644
Skummere	0,24	24 timer	4,4
		64 timer	14,1

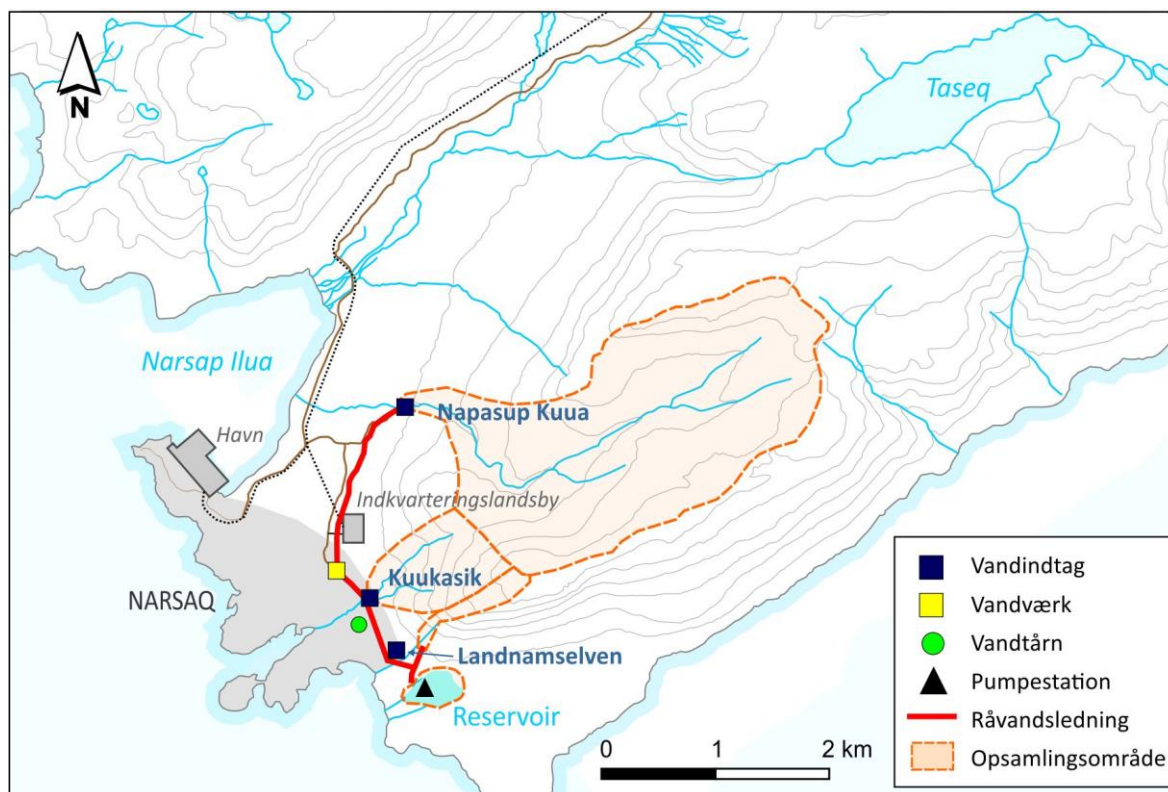
I betragtning af de konservative indstillinger for modelleringen med hensyn til den anslåede hastighed af aerosolaflejringen (1-10 %) i drikkevands-afvandingsområdet viser resultaterne, at den potentielle påvirkning fra forurenende aerosoler på Narsaqs drikkevand ville være lav.

10.3.5 Påvirkning på drikkevandsforsyningen i Narsaq

Vand til byen Narsaq hentes fra afvandingsområdet Napasup Kuua, primært fra Landnamselven (Figur 63). En 2 km lang tyngdekraftsrørledning forbinder de forskellige potentielle vandudvindingssteder med vandværket i Narsaq. Vand fra Kuukasik hentes fra en kunstig dam ved siden af vandværket.

Vandsystemet indeholder også et stort vandreservoir syd for Narsaq. Vand fra Landnamselven føres direkte ind i dette reservoir.

Den samlede kapacitet fra afvandingsområderne til Narsaqs vandforsyning ligger på mellem 3 og 6 millioner m³/år afhængigt af mængden af regn i det pågældende år.



Figur 63 Kilder til drikkevand i Narsaq

Ved vandværket føres råvand gennem et sandfilter. Det desinficeres ved brug af UV-belysning og tilsætning af klor. Kalk og natriumcarbonat tilsættes for at kontrollere vandets pH. Vandet pumpes fra vandværket til et vandtårn. Overskydende vand pumpes til reservoiret til brug i tørre perioder og (især) om vinteren, når strømmen i elvene er lav. Om vinteren, når det meste vand hentes fra reservoiret, føres råvandet desuden gennem et iltningsanlæg i vandværket.

Der er blevet identificeret og vurderet tre muligheder for potentiel påvirkning af Narsaqs drikkevandskilder:

- Luftbåren kontaminering fra aerosoler fra TSF (se ovenfor)
- Kontaminering via udsivning fra TSF
- Katastrofalt brud på TSF-dæmning.

Denne analyse bygger på den tekniske vurdering, der fremsættes i de foregående sektioner i dette afsnit. De resterende to muligheder omtales nedenfor.

Kontaminering via udsivning fra TSF

Vurderingen af eksisterende begrænsede hydrogeologiske data konkluderer, at potentialet for opbevaring og bevægelse af grundvand er begrænset. Geologien under bassinet (og det foreslåede TSF-anlæg) er kendetegnet ved krystallinsk bjergart med minimal forvitring. Bjergarterne under Taseq-bassinet viser lignende egenskaber som for den omgivende geologi og vil sandsynligvis være uigennemtrængelig med begrænset interaktion med grundvandssystemer. Derfor forventes det ikke,

at potentiel udsivning fra TSF vil komme i berøring med afvandingsområdet Napasup Kuua og påvirke vandforsyningen [85].

Vurdering af brud på dæmningen til tailings

Virkningen af et katastrofalt brud på tailings-dæmningen på kvaliteten af drikkevandet i Narsaq blev også vurderet. Med henblik på analysen blev det antaget, at både faste stoffer og vand ville blive frigivet; modellering blev udført for tilfælde med lav og høj volumen [74]. 3D-modellering af svigtsscenarierne indikerer en strømningsrute, som ikke direkte vil påvirke byen Narsaq, og som ikke forventes at påvirke afvandingsområderne for drikkevandet i Narsaq.

Der blev foretaget en yderligere vurdering for at undersøge potentialet for, at der efter et brud på dæmningen ville forekomme vinderosion af udtørrede tailings, som kunne påvirke drikkevandskvaliteten i Narsaq. Støv og tilknyttet spredning og deponering af metaller blev modelleret ved hjælp af CALPUFF, og påvirkningen på vandkvaliteten blev formodet på baggrund af den årlige mængde aflejrede metaller, der opløses i det årlige nedfald af regn. Analysen forudsagde ingen overskridelser af de årlige gennemsnitlige støvaflejringskriterier eller de månedlige maksimale blyaflejringskriterier. Det forudses, at på steder, der ligger meget tæt på oversvømmelsesområdet, vil de månedlige støvaflejringskriterier blive overskredet. Ved hjælp af disse støvaflejringsdata peger vandkvalitetsvurderingen på, at de eneste kriterier i GWQC, der vil overskrides, sandsynligvis drejer sig om jern. På grund af vurderingens konservative karakter (dvs. at der ikke er nogen yderligere fortynding, når nedfaldet af regn når til reservoiret) anses risikoen for vandkvaliteten i reservoiret for at være meget lav.

Konklusionen fra vurderingen [90] var, at det værst tænkelige dæmningsbrud ikke frembyder væsentlig risiko for udseendet af aflejring af støv, luftkvalitet, menneskelig sundhed eller vandkvalitet i opsamlingsområder.

Afbødende foranstaltninger for drikkevand

I det usandsynlige tilfælde, at drikkevandskvaliteten påvirkes af projektet, af hvilken som helst grund, kan afbødende foranstaltninger straks gennemføres. Narsaqs drikkevandskvalitet kontrolleres jævnligt på flere punkter for at sikre, at vandet opfylder GWQC. Vandudvinding fra Napasup Kuua, Kuukasik og Landnamselven-elvene kan til enhver tid afbrydes, hvis vandkontrollen viser, at vandkvaliteten ikke opfylder kriterierne. Vandudvinding kan også midlertidigt afbrydes under følnhændelser.

Det samlede årlige vandforbrug i Narsaq er ca. 80.000 m³. Byens reservoir har en kapacitet på 280.000 m³. Selv med øgede behov for vand på grund af indkvarteringen af minearbejdere i landsbyen er dette rigelig kapacitet til at understøtte en midlertidig begrænsning af vandudvinding fra afvandingsområdet, hvis det viser sig nødvendigt.

10.3.6 Forvaltning af overskydende vand

Overskydende vandstrømme frigives til miljøet, når det ikke er muligt at genanvende vandet yderligere til brug i anlægget. To strømme af overskydende vand fra forarbejdningsanlægget anbringes i Nordre Sermilik:

- Placering af rensat vand (TWP), som består af:
 - Overskydende procesvand fra koncentratoren efter at vandbehandling har fjernet fluoridindholdet
Denne strøm er saltvand, der indeholder natriumchlorid. Det er mindre salt end havvand med en gennemsnitlig strømningshastighed på 446 m³/t
 - Overskydende raffinaderivand efter at vandbehandling har fjernet organiske materialer og radionuklider

Der er tale om sterilt og neutraliseret vand, der indeholder natrium- og calciumsulfat. Den gennemsnitlige strømningshastighed for denne strøm er på 301 m³/t

- Chloridholdig væske efter udfældning (Barren Chloride Liquor, BCL) efter at REE er blevet udvundet i raffinaderiet. Der er tale om en salt opløsning, der indeholder andre kontaminerende stoffer. Dette vand neutraliseres og behandles for at fjerne kontaminerende stoffer, især organiske kontaminanter [32]. Den gennemsnitlige strømningshastighed for denne strøm er på 103,05 m³/t.

Det behandlede genbrugsvand og den chloridholdig væske efter udfældning føres i separate rør fra anlægget til et fælles udløbspunkt i Nordre Sermilik. De potentielle påvirkninger fra udledningen er:

- Risiko for det marine pelagiske miljø
- Indvirkning på sedimentboende organismer (marint benthisk samfund)
- Akkumulering i fødenettet.

For at vurdere disse potentielle påvirkninger udviklede Danmarks Hydrauliske Institut [15] [17] en hydrodynamisk model for det lokale fjordsystem og modellerede kvaliteten og mængden af alle vigtige kontaminerende stoffer i vandløbene med hensyn til temperatur, koncentration og strømning. Indledningsvis blev kontaminanterne fra udledningerne gennemgået og ranglistet i henhold til den ønskede fortynding for at opnå koncentrationer i havmiljøet under PNEC. Dette er den højeste koncentration i havmiljøet, hvorved der ikke forventes nogen påvirkning af det pelagiske miljø. PNEC-værdierne er blevet afledt af DHI på baggrund af økotoksicitet for de enkelte kontaminanter.

Alle kemiske stoffer i udledningerne er blevet vurderet for at bestemme, om de er persistente, bioakkumulerende og toksiske (PBT) eller meget persistente og meget bioakkumulerende (vPvB). For at fuldende indsigten i udledningerne er der blevet udført økotoksikologiske tests (akut og kronisk) med alger, vandlopper og fisk [16] [17].

De anslåede koncentrationer af kontaminerende stoffer er derefter blevet sammenlignet med Grønlands retningslinjer for havvand og ferskvand. Tabel 75 viser de grønlandske retningslinjer for havvand og ferskvand og giver oplysninger om basiskoncentrationer i fjordvandet. Når der ikke findes grønlandske retningslinjer, er de canadiske retningslinjer anvendt (disse er markeret med *).

Sammensætningen af disse overskudsvandstrømme er vist i Tabel 75, med den samlede vægtede gennemsnitlige sammensætning for en blanding af alle tre strømme. Disse kombinerede strømme udgør den eneste miljømæssige eksponering for vandstrømme fra forarbejdningsanlægget.

Inden udledning er vandet blevet behandlet for at sikre, at det opfylder kravene i GWQC og derfor er foreneligt med anbringelse i fjorden.

Tabel 75 Grønlandske (og canadiske*) retningslinjer og basiskoncentrationer for vand i Nordre Sermilik

Element	Ferskvands-kriterie	Marint krite-rie	Nordre Sermilik vand	Overskudsvand fra koncentrator (a)	Overskudsvand fra raffinaderi sulfat (b)	Steril chlorid-opløsning (c)	Vægtet gnsnit a, b, c
µg/L							
Arsen	4	5	2,6	1	1	1	1
Cadmium	0,1	0,2	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1
Krom	3	3	0,2	< 1	< 1	< 1	0,5
Kobber	2	2	1	1	1	1	1
Jern	300	30	3,4	< 5	< 5	< 5	2,5
Bly	1	2	5	< 1	< 1	< 1	0,5
Kviksølv	0,05	0,05	0,3	< 0,5	0,05	< 0,5	0,170
Nikkel	5	5	0,5	5	< 1	< 1	3
Zink	10	10	14	< 5	< 5	< 5	3
Fosfor	20		88	<50	<50	1.600	175
Mg/L							
Fluorid	0,12*		1,3	24	12	0,2	17
Kalium			392	11	180	139	84
Svovl			884	30	13.000	17	4.662
Chlorid	120*		18.980	1.840	397	40.400	4.995
Natrium			10.561	1.290	16.900	19.400	8.590
Bq/L							
U238				7,76		10,4	8,1
Th230				2,6		3,6	2,7
Ra226				0,1		2,9	0,4
Pb210				0,44		0,65	0,5
Po210				0,1		0,1	0,1
Th232				2,5		2,5	2,5
Ra228				0,1		3,1	0,5
Th228				0,1		0,1	0,1

PNEC-værdier

PNEC-værdier for kemiske stoffer med lav koncentration i det udledte procesvand er blevet hentet fra relevante officielle publikationer. Der er tale om en metode, der accepteres og anvendes inden for EU [18]. PNEC-værdierne og den påkrævede fortynding er vist i Tabel 76 for de kemiske stoffer i procesvandet, der kræver den højeste fortynding.

De elementer, der kræver høje fortyndingsfaktorer, er reagenser, der er afgørende for at producere egnede kvalitetsprodukter. Reagensen caprylsyre kræver den højeste fortynding (876) for at nå PNEC [17]. Caprylsyre er udledt af kokosnøddolie og er fuldt ud bionedbrydeligt [58]. Der er ikke taget højde for biologisk nedbrydelighed af caprylsyre og andre reagenser i vurderingen af de nødvendige fortyndingsfaktorer, hvilket sikrer en konservativ tilgang til modellering.

En samlet effluent-fortyndingsfaktor for de blandede strømme blev beregnet af DHI ud fra toksikologiprøver [15]. PNEC (M) er den højeste koncentration i havmiljøet, hvorved der ikke forventes nogen påvirkning af det pelagiske miljø. Den fortyndingsfaktor, der opnår en PNEC (M) er blevet vurderet af DHI til at være 1.612 [17].

Tabel 76 PNEC for udvalgte kemiske stoffer og den nødvendige fortynding, der kræves for at opfylde grænseværdien for PNEC ([17] - Bilag C, Tabel 7-4)

Kemisk stof	PNEC (µg/l)	Påkrævet fortyndingsfaktor
Caprylsyre	1,4	876
Alamin 336	0,0143	796
Alkylhydroxamsyre	0,26	674
Mangan	0,4	607
Uran	1	365
W22	1	97
Shellsol D70	2	386
Beryllium	0,03	71
Fluorid	19.600	<1
Decansyre	36	34
Barium	11,5	39
Rubidium	52	28
Kobber	5,2	27

Økotoksikologi

DHI har foretaget økotoksikologiske prøver ved anvendelse af test for akut og kronisk påvirkning på flere organismer.

Konklusionen er, at alger og fisk synes at være upåvirket af udledningerne, selv ved høje koncentrationer. Under visse høje koncentrationer kan udledningerne påvirke vandlopper [16].

Ingen af de kemiske stoffer i det udledte procesvand er blevet vurderet til at være vedvarende bioakkumulative og toksiske (PBT) eller meget persistente og meget bioakkumulative (vPvB).

Modellering af udledningsspredning og vurdering af optimal udledningsdybde

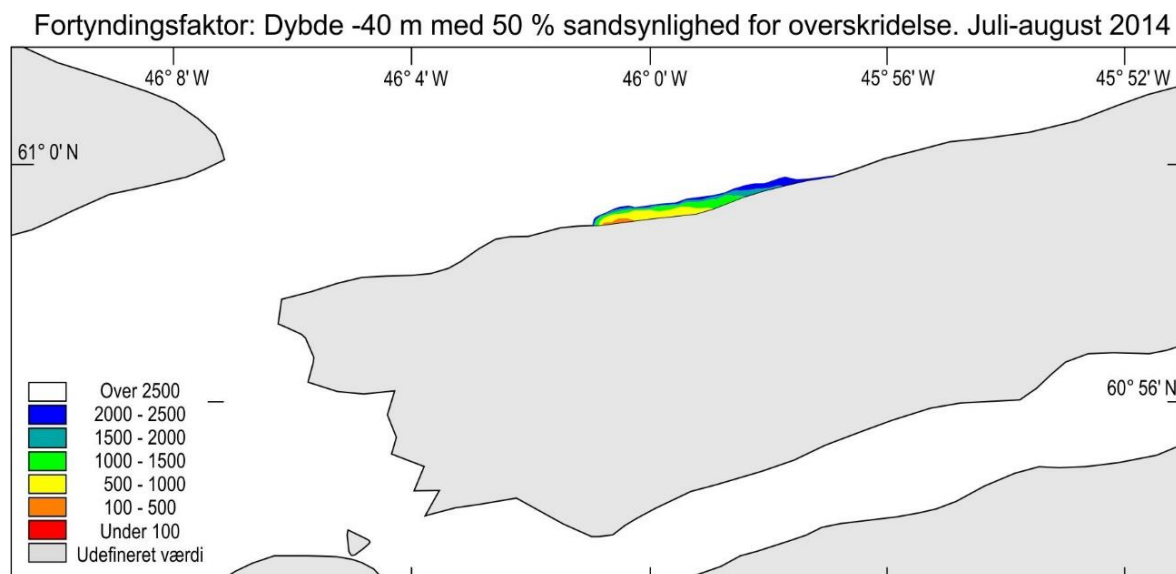
Modelberegning foretaget i 2015 viste, at reagensen Shellsol D70 kræver den højeste fortyndingsfaktor for at opnå PNEC. Den kræver en fortyndingsfaktor på 2.282 [16]. Efterfølgende teknisk kontrol på anlægget er blevet indarbejdet for at reducere koncentrationerne af opløst Shellsol og PC88A med en faktor på 10 [17] [19]. Denne designændring medfører en reduktion af den påkrævede fortynding af Shellsol (386).

Som vist i Tabel 76 kræver det en fortyndingsfaktor på 876 for at opnå PNEC for caprylsyre på 1,4 µg/L.

Resultaterne fra modelberegningen fremkom før den ovennævnte reduktion i fortyndingen af Shellsol og PC88A i forarbejdningsanlægget. Derfor er modelleringen udformet for at vise, hvor en fortyndingsfaktor på 2.500 opnås. Dette udgør nu et overdrevent konservativt scenarie i betragtning af, at PNEC (M) er 1.612.

Skæbnen og omfanget af spredningen af kemiske stoffer i det behandlede vand, som udledes i fjorden, blev modelleret for sommer- og vintermånederne. Modelleringen undersøgte den optimale position for den nedsænkede udledning, og efter evaluering af en række indførsedybder (overflade, -10 m, -20 m, -30 m og -40 m) blev det afgjort, at der ved udledning af behandlet vand i en dybde på under 40 m ville opnås den størst mulige blanding og dermed den hurtigste fortynding.

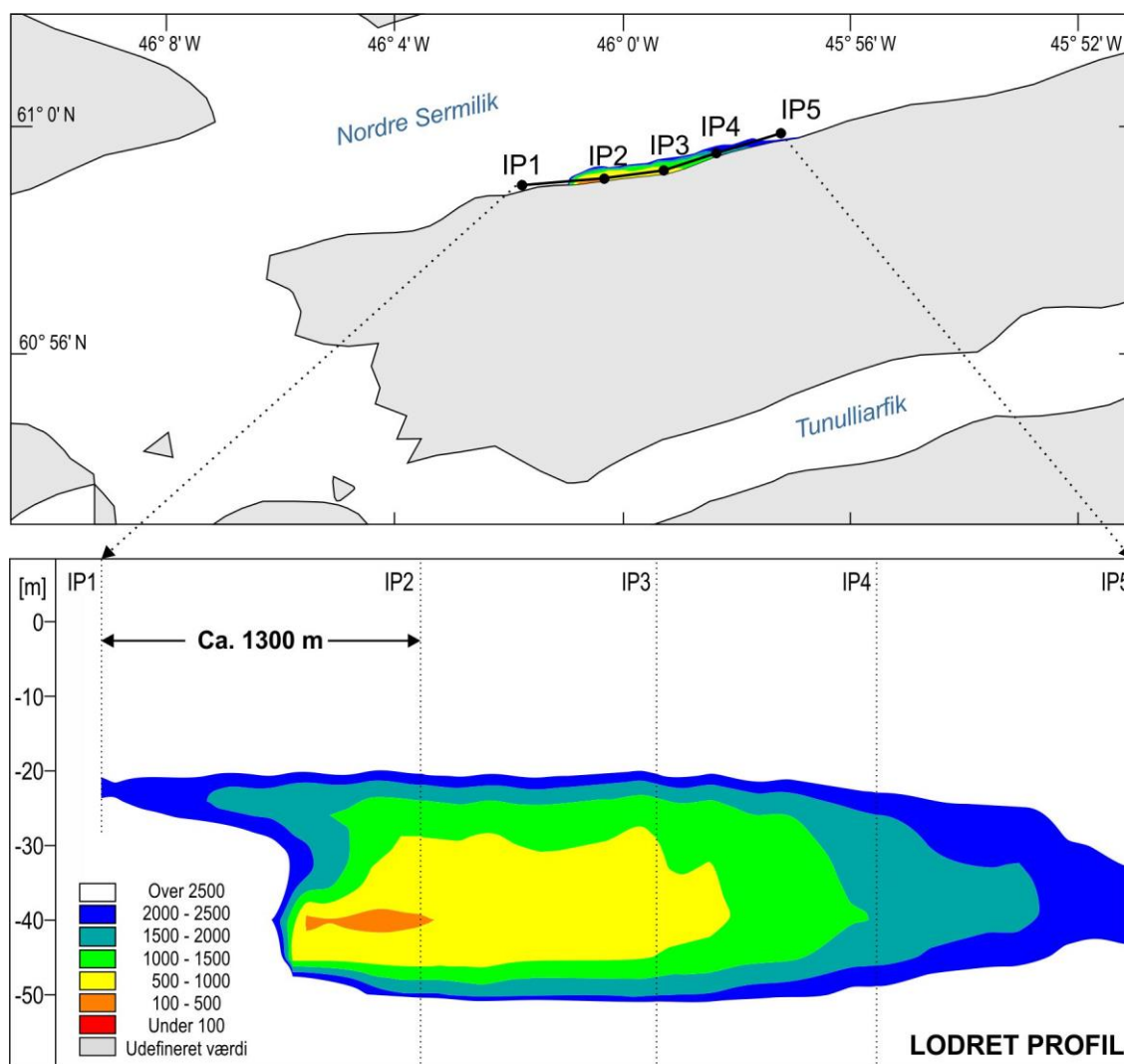
I Figur 64 vises det, at udledningen spredtes i et smalt bånd mod vest langs kysten. Modelleringen viser, at en fortynding på 2.500 gange opnås i ret kort afstand fra udledningspunktet. Spredningen dækker ca. 3 km², der strækker sig op til 700 m fra kysten ved dybder på mellem -20 og -50 m. Den grønne markering viser det omtrentlige omfang af det område, der kræves for at opnå PNEC for alle kontaminanter (i Figur 64 og Figur 65). Længere væk fra dette område er vandkvaliteten under PNEC for alle kontaminanter.



Figur 64 50 procent-percentilen for fortyndingsfaktorer ved en indførsedybde på -40 m i sommerhalvåret (spredningsområdet er lidt mindre i vinterhalvåret) ([16] - Figur 7-1e)

Den vertikale fordeling er fremsat i Figur 65, og den viser, at spredningen forbliver på mellem -20 og -40 meters dybde om sommeren. Om vinteren er båndet smallere og varierer mellem -35 og -45 m i dybden.

Det område, der er påvirket af den termiske udledning (12 °C), fremstår ubetydeligt, og der forventes kun lille eller ingen påvirkning af det marine liv i fjorden [17]. De modellerede temperaturforskelle var på omkring 0,5 °C inden for en radius på ca. 250 m fra udledningspunktet.



Figur 65 Lodret profil af 50 procent-percentilen for fortyndelsesfaktorer ved en udledningsdybde på -40 m i sommerhalvåret ([16] - Figur 7-2e,f)

Vurdering af påvirkning i havet

På grundlag af modellering fra DHI [15] er de potentielle påvirkninger af det marine miljø som følge af udledningerne blevet vurderet, og der konkluderes følgende:

- Hvad angår bioakkumulering og biomagnificering vurderes det, at:
 - Lanthan og yttrium kan biomagnificere i små mængder i fødenettene
 - Mangan vil biomagnificere i fødenettet, og der forventes en overskydende mangankoncentration i fødenettet som følge af udledningen
- Den potentielle påvirkning på den primære produktion af fytoplankton i fjorde i Sydgrønland og den potentielle påvirkning på fisk forventes at være meget begrænset
- Vandlopper/krebsdyr er sandsynligvis de arter, der er mest følsomme over for frigivelsen af disse kemiske stoffer, men med de modellerede fortyndinger bør der ikke forventes akutte og kroniske virkninger

Vandloppen *Calanus finmarchicus*, som er en vigtig del af det marine økosystem, vurderes kun at have meget begrænset kontakt med kemikalierne i udledningerne, da den vandrer lodret i den bredere vandkolonne (50-600 m)

- De pelagiske arter af dybhavsrejer med handelsrelevans (*Pandalus borealis*) vurderes også at have begrænset kontakt med kemikalierne i udledningerne

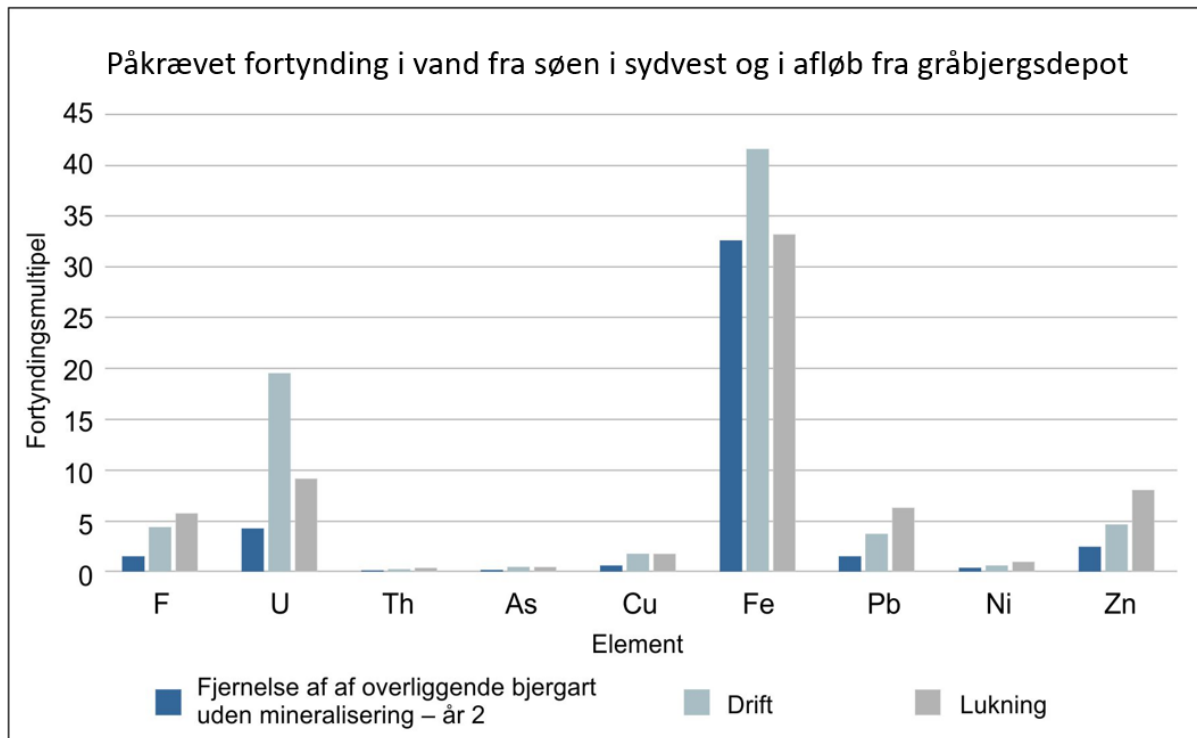
Lokalt kan larver fra hunnerne blandt den røde dybhavsreje komme i kontakt med kemikalierne i udledningerne.

- På baggrund af fjordmodellen forventes det ikke, at sedimentspredning vil få væsentlig påvirkning på havlevende dyr, og mængden af udledt sediment er relativt lav i sammenligning med mængderne af sediment i Bredefjord (denne får gletsjervand).

På denne modelleringsbaggrund forventes det ikke, at udledningen af vand til Nordre Sermilik fjord vil påvirke vandkvaliteten eller det marine økosystem i væsentlig grad.

10.3.7 Afstrømning fra gråbjerg

Sammensætningen af afstrømning fra WRS er blevet beregnet på baggrund af 50 prøver ved anvendelse af vurderingsmetoden beskrevet i [31]. Resultater viser, at sammensætning af afstrømningsvand fra mineområdet kun kræver lille fortynding for at nå sammensætningen af havvand. Afstrømning fra gråbjerg vil blive omdirigeret til anlægget i løbet af projektets levetid. Al afstrømning fra gråbjerg transporteres til anlægget under driftsfasen. Under konstruktion og nedlukning vil afstrømningen fra gråbjerg blive omdirigeret til søen i sydvest, hvor den fortyndes med naturlig afvanding. Indholdet af søen i sydvest vil derefter strømme ud i fjorden via et naturligt vandløb (tidligere eksisterende strømning), hvor vandstrømmen vil blive yderligere fortyndet med havvand fra fjorden. For hvert af elementerne af interesse blev der udført en analyse, der beregnede det antal fortyndinger i havvand, der kræves for at nå enten havvandskoncentrationen eller PNEC. Resultaterne af denne analyse er vist i Figur 66. De indikerer, at med undtagelse af Fe, der kræver en fortynding på 30 gange, kræves beskedne fortyndinger på mindre end 10 for at sikre, elementerne ikke har nogen påvirkning på miljøet. Undersøgelser fra DHI [16] [17] viser, at dette punkt nås inden for 30 meter. Der kræves en fortynding på > 500 gange for, at et element ikke kan detekteres i fjordvand baseret på DHI-modelleringen [31].



Figur 66 Fortyndingskrav for at elementer opfylder baggrunds niveauer eller PNEC-værdier ([31] - Figur 17)

10.3.8 Minevand ved nedlukning

Minedrift i den åbne minegrube vil ophøre efter 37 år på basis af den nuværende reserve i minen. Yderligere undersøgelsesboringer vil blive foretaget under driftsfasen, hvilket muligvis vil forlænge minens liv betydeligt [29]. Under nedlukning vil minegruben gradvist fyldes med vand og bidrage med en yderligere strøm til søen i sydvest. Vandet i minegruben ledes til søen i sydvest via et konstrueret vandløb, der følger naturlig topografi. Vandet i minegruben er blevet vurderet til at have et meget lavt indhold af opløste salte [30], og det sørger derfor for yderligere fortynding til afstrømningen fra gråbjerg. Figur 64 og 65 viser den mængde fortynding, der kræves for at nå forureningskoncentrationer, der ikke vil forårsage skade i fjorden. Vandkilden kommer fra søen i sydvest og omfatter følgende:

1. Sydvestsøens opland
2. Afstrømning fra gråbjerg
3. Vand fra minegruben.

[30] [32].

10.3.9 Udslip af kulbrinter og kemikalier

Under projektets driftsfase vil kemikalier og kulbrinter blive anvendt til forarbejdning. Disse produkter vil blive afsendt til Grønland og derefter transporteret med lastbil til minen og anlægget, hvor de vil blive opbevaret og anvendt.

De salgbare mineprodukter vil blive transporteret med lastbil til havnen, hvor de vil blive opbevaret inden afsendelsen.

Under driften kan følgende aktiviteter/hændelser medføre udslip af kemikalier og kulbrinter.

- Søtransport i fjordene
- Losning fra skibe til opbevaring på land
- Brud på eller lækage af opbevaringstanke til brændstof
- Udslip af kemikalier og kulbrinter under transport på land
- Lækager fra rørledninger
- Udslip fra påfyldning af brændsel på mobilt udstyr ved tankstationer.

Udslip på havnen

Opbevaringstanke til diesel vil blive placeret ved den vestlige grænse i havnen i en sikker afstand fra havnefaciliteterne og administrationsbygningerne [64].

Ca 56.000 m³ organisk brændsel vil ankomme til havnen hvert år i tankskibe. Derudover vil der ankomme ca. 270.000 tons kemikalier til havnen årligt, og 71.000 tons mineprodukter vil blive eksporteret [64].

Påfyldning af brændsel i mobilt udstyr vil finde sted ved tankstationen i havnen.

En større skibssulykke som f.eks. en kollision mellem to skibe eller en grundstødning vil kunne medføre udslip af olie, kemikalier eller mineprodukter. Hvis et tankskib med brændsel bliver involveret i en ulykke, vil det kunne afstedkomme et betydeligt udslip. På grund af strømme i fjordene vil olie, der lækkes til havmiljøet, hurtigt kunne blive transporteret over store afstande, og de smalle fjorde gør forurening af kystlinjen sandsynlig. Potentielle påvirkninger fra disse udslip omfatter forurening af hav og kystlinje.

Konsekvenserne af et olieudslip for havets liv, herunder fuglelivet, kan være betydelige. Fugle er yderst sårbare over for olieudslip. De fleste dødsfald skyldes typisk, at en fugls fjerdragt bliver dækket med

olie, men mange fugle dør også af forgiftning. Marine pattedyr er generelt mindre følsomme over for den direkte kontakt med olien.

Kun nogle mindre små fuglekolonier er placeret tæt på skibsruterne til havnen, mens et stort antal havænder (edderfugle) overvintrer i fjordene, så de er sårbare for olieudslip [57]. Bølgeaktivitet kan rense spildrester væk, og derfor er kyster med bølgeaktivitet mindre følsomme over for olieudslip. Imidlertid vil beskyttede klippekyster være i kontakt med udslip gennem længere tid, og virkningerne på hvirvelløse dyr kan potentielt påvirke den økologiske balance på kysten. De fleste af fjordene tæt på Narsaq har klippekystlinjer.

Store udslip af kemikalier kan også medføre negative påvirkninger, afhængigt af toksiciteten og bioakkumuleringen af de spildte kemikalier. Imidlertid vil de potentielt udledte mængder sandsynligvis være ret små, og det store vandvolumen i fjordene vil betyde, at fortynding og spredning sandsynligvis vil mindske påvirkningerne fra udslippet.

Skibsfart gennem fjordene, til og fra havnen, skaber potentielle farer. Disse farer er dog ikke forskellige fra andre ruter i arktiske kystområder, herunder ruter til andre grønlandske byer og bosættelser. Hvis alle søfartsbestemmelserne følges, og sejlruterne er godt placeret, vurderes sandsynligheden for en væsentlig hændelse af denne art under projektets driftsfase til at være lav [46].

Brændstof, der ankommer til havnen, pumpes fra tankskibene gennem underjordiske brændstofledninger til tankene på havnen. Brændstofopbevaringen i havneområdet består af to primære tanke til dieselolie (samlet kapacitet 10.417 m³) og en mindre tank til diesel (2.065 m³). Mindre tanke til brændstofopbevaring er også placeret ved forarbejdningsanlægget og i mineområdet [29].

Kemikalier vil også ankomme til søs. Reagenser transporteret i beholdere eller ISO-tanke bliver losset til kajen ved hjælp af løftegrej og flyttet til containerpladsen til stabling. Kemikalier, der transporteres som bulkgoods (natriumklorid, kalksten, svovl og natriumcarbonat), vil blive losset ved hjælp af bulkgrab-skovle og overført til en af fire bygninger til opbevaring af bulkgoods ved havnen.

De fleste udslip fra tankskibe skyldes rutinemæssige funktioner i forbindelse med lastning, losning og bunkring. Udslip af denne type er typisk små og lokale. Påvirkningen på marint liv vil være lokal og kunne fjernes ved hjælp af det i havnen tilgængelige udstyr til anvendelse i tilfælde af olieudslip.

Alle brændstoftanke, der anvendes til oplagring, vil blive udstyret med geotekstil-volde til inddæmning, der kan indeholde 110 % af det samlede tankvolumen i tilfælde af udslip efter et fuldt brud på tanken. Disse indeslutningsvolde afværger den potentielle spredning ved et olieudslip [55] [64].

Detaljeret oplysninger om den maritime sikkerhedsplan er angivet i den undersøgelse (Navigational Safety Investigation Study, NSIS), som Blue Water Shipping stod for [104]. Dette dokument er en del af den dokumentation, der stilles til rådighed for offentlige høringer.

Trafikulykke med udslip til følge

Trafikulykker, der involverer tankbiler med brændstof, og fladvogne, der transporterer containere med kemikalier og mineprodukter, er blevet identificeret som en potentiel fare. Det forholdsvis lille antal individuelle tankvogne og containere vil begrænse antallet af potentielle udslip og dermed konsekvenserne fra ulykker under lastvognstransport.

De fleste kemikalier og mineprodukter transporteres i tør form, hvilket reducerer konsekvenserne ved udslip. Udslip af brændstofprodukter og flydende kemikalier vil typisk ikke påvirke store områder, medmindre der forekommer udslip til nærliggende vandveje eller ved stejle skrån timer, der får udslippet til at spredes ned ad bakke.

Påvirkningerne på den arktiske vegetation på grund af olieudslip vil sandsynligvis være lokale, men da arktisk flora har meget lave vækstrater, kan virkningerne være langvarige og strække sig over flere årtier. Udslip på jorden vil sandsynligvis kun påvirke relativt små arealer, og det vil derfor for det meste

være muligt at forhindre terrestriske pattedyr i at blive udsat for sådanne udslip. Det er usandsynligt, at terrestriske fuglepopulationer vil blive påvirket væsentligt. Udslip i ferskvandsøkosystemer kan medføre påvirkning af mangfoldigheden og antallet af hvirvelløse dyr, planter og fisk.

Sandsynligheden for et utilsigtet udslip under landtransport er lav. I tilfælde af et udslip er det højest sandsynligt, at det kan begrænses til kun at påvirke terrestriske levesteder [55].

Udslip i minen og ved forarbejdningsanlæg

Områderne med den højeste sandsynlighed for udslip støder op til forarbejdningsanlægget, da der her håndteres reagenser og kemikalier. I dette kontrollerede område kan der træffes øjeblikkelige afbødende foranstaltninger for at begrænse påvirkningerne fra et udslip. Sandsynligheden for et stort utilsigtet udslip i minen (begrænset oplagring af brændstof eller kemikalier) eller i lokale vandløb (på afstand af anlægget) er lav.

Udslip på land vil blive afhjulpet ved mekanisk oprensning, eventuelt i kombination med enten naturlig eller accelereret nedbrydning på stedet (olie).

Mobilt udstyr ved mineområdet (lastbiler, gravemaskiner mv.) vil tanke brændstof i minens tankområde. Et udslip i forbindelse med påfyldning og håndtering af brændstof i mineområdet vil generelt være lille, og miljøpåvirkningen vil derfor begrænses.

Miljøpåvirkningerne fra udslip af kemikalier eller brændstof på land er begrænset til undersøgelsesområdet eller til en smal korridor på nogle få kilometer omkring projektaktiviteterne. Udslip til Narsaq-elven (eller andre vandløb) i sommerperioder med stor strømning kan spredes nedstrøms og nå fjorden, hvis ingen afbødende foranstaltninger foretages [55].

10.3.10 Risiko for udslip af procesvand

Under projektets driftsfase behandles overskydende vand, der ikke kan genanvendes, før det udledes i Nordre Sermilik. I tilfælde af en funktionsfejl under drift i et rensningsanlæg kan vand opbevares, før det udledes, hvilket reducerer risikoen for, at ubehandlet vand kommer ud i Nordre Sermilik. Under nedlukningsfasen pumpes vand fra TSF-anlægget til rensningsanlægget før udledning til Nordre Sermilik. En funktionsfejl eller et overløb fra rensningsanlægget kan potentielt føre til en mindre udledning af ubehandlet vand i fjorden. Frigivelsen af ubehandlet vand kan potentielt medføre en påvirkning af det marine liv nær udledningspunktet i Nordre Sermilik.

I tilfælde af funktionsfejl på rensningsanlægget i lukkefasen standses udledningen af vand straks, hvilket forhindrer ubehandlet vand fra TSF-anlægget i at blive frigivet til fjorden. Det er usandsynligt, at betydelige mængder ubehandlet procesvand eller vand fra TSF-anlægget vil blive udledt til fjorden. Da udledning af vand til Nordre Sermilik straks standses i tilfælde af funktionsfejl på behandlingsanlægget, er det usandsynligt, at fjorden eksponeres for ubehandlet vand [55] [58].

10.4 Afbødende foranstaltninger

Følgende afbødende foranstaltninger vil blive anvendt for at minimere risici og påvirkninger af vandmiljøet:

- Dæmningerne vil blive bygget i overensstemmelse med BAT og BEP
- Der vil blive anvendt opfyldning med sten sammen med en konservativ vægkonstruktion, og dæmningerne vil være forsynet med en dobbelt membran for at beskytte mod udsivning
- Begge dæmninger vil blive konstrueret til at modstå ekstrem indstrømning af vand, for eksempel på grund af ekstraordinær smeltning af sne under en hændelse med føhnvind
- For at minimere risikoen for et uventet overløb ved TSF-anlægget vil kanalerne til afledning blive vedligeholdt under drifts- og nedlukningsfaserne

- En afskæringsgrøft og en funktion til detektion af lækage/brud er også en del af den bedste tilgængelige teknologi (BAT) for at undgå udsivning fra TSF [1]
- I det usandsynlige tilfælde, at en dæmning skulle svigte, vil reparationsarbejde straks blive indledt
- Der vil ikke forekomme nogen udledning til Taseq-elven under drifts- eller nedlukningsfaserne
- For at holde overfladen af tailings-materialet våd (for at undgå vindspredning af faste stoffer) anvendes vandkanoner
- Hvis vandbehandlingsanlægget svigter under drifts- eller nedlukningsfasen, standses raffinaderiproduktionen straks
- Rørsystemer og kontrolsystemer vil blive vedligeholdt grundigt
- Lave hastighedsgrænser vil blive påbudt for at undgå transportulykker
- For at reducere risikoen for udslip af brændstof og kemikalier i fjordene fra skibstrafik under driftsfasen vil følgende afbødende foranstaltninger blive anvendt:
 - Påbudte hastighedsbegrænsninger for navigation
 - Obligatorisk anvendelse af lods
 - Adskillelse af sejlruiter
 - Procedurer for lastning og losning af skibe
 - Ved havnen:
 - Passende udstyr til håndtering af skibsrelaterede udslip, herunder inddæmningsudstyr til rådighed for fortløjede skibe, ekstra flydespærringer og skummere
 - Udstyr til anvendelse i tilfælde af olieudslip vil altid være tilgængeligt og vedligeholdt
 - Beredskabsplaner og procedurer til detektion og håndtering af skibsrelaterede udslip, herunder procedurer for udslip i havis
 - Beredskabsplaner og træning afstemt efter ulykkens art og årstiden
 - Forberedelse af beredskabsplaner i samarbejde med myndighederne til håndtering af store udslip
 - Alle brændstoftanke til lagring vil være udstyret med geotekstil-volde til inddæmning, der kan indeholde 110 % af det samlede tankvolumen i tilfælde af et fuldt brud på tanken
 - Indeslutningsvolde reducerer den potentielle spredning ved et olieudslip
 - Geotekstilvoldene til inddæmning skal inspiceres regelmæssigt for at sikre, at de er intakte
 - Under bygningen af gennemløbsakvædukterne i Narsaq-elven opretholdes vandgennemstrømning ved anvendelse af pumper, der pumper vand fra den ene til den anden side for at sikre en tør byggeplads.

10.5 Forventede påvirkninger

Projektets forventede indvirkninger på vandmiljøet er beskrevet i Tabel 77 nedenfor.

Tabel 77 Forventede resultater for vandmiljøet

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Ændring af hydrologiske processer	Konstruktion Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Permanent	Lav
	Vurdering Ændringer af hydrologien i elve og søer under konstruktionsarbejdet forventes at være beskedne. Mens der vil forekomme reduceret strømning i de øvre dele af Kvane- og Taseq-elvene, forventes den naturlige strømning i de nedre sektioner af disse vandløb at blive opretholdt i tilstrækkelig grad.			
Drift af dammen til tailings	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Minens levetid	Lav
	Vurdering Intet vand frigives fra TSF-anlægget under driftsfasen. Efter nedlukningen vil vandet blive behandlet i en periode på seks år eller indtil udledning vandet, med undtagelse af fluorid, opfylder GWQC. Fluoridkoncentrationer i udledningen forventes ikke at få en mærkbar påvirkning på det eksisterende miljø.			
Frigivelse af vand fra tailings og faste stoffer fra svigt i dæmningen i TSF-anlægget	Drift Efter nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Vurdering Sandsynligheden for denne hændelse er meget lav, men de kortsigtede konsekvenser af et modelleret katastrofalt brud på FTSF-dæmningen ville være høje på grund af, at det ikke ville være muligt at opfylde GWQC på kort sigt. Men inden for 2 år ville størstedelen af ikke-radiologiske elementer opfylde GWQC. Der kan kræves et tidsrum på 10-20 år (afhængigt af tidspunktet for og typen af nedbrud), før fluoridniveauer opfylder sommer-kriterierne for vandkvalitet i elven. I tilfælde af et dæmningsbrud kan aflejring og udfældning hvor muligt fjernes fra siderne af elvkanalen for at minimere risikoen for genmobilisering af stofferne.			
Påvirkning af drikkevandets kvalitet i Narsaq fra aerosol-sprøjt fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Vurdering Indvirkningen på afvandingsområdet er lav på grund af de typiske vindretninger, topografien og den lave deponeringshastighed.			
Påvirkning af drikkevandets kvalitet i Narsaq som følge af udsivning fra TSF	Drift Nedlukning	Undersøgelses- område	Langsigtet	Lav
	Vurdering Det forventes ikke, at en mulig udsivning fra TSF-anlægget vil komme i forbindelse med afvandingsområdet ved Napasup Kuua.			

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Udledning af overskydende vand til Nordre Sermilik	Drift	Undersøgelses-område	Minens levetid	Lav
	Vurdering Det vil kræve en fortyndingsfaktor på ca. 1.600 for at opnå PNEC-niveauer for de mest kritiske parametre, inklusive sikkerhedsmargener. Den nødvendige fortynding kan opnås i havområdet i en lokal skala på 1-3 km ² og i en lodret, begrænset vandsøjle, når udløbet konstrueres -40 m under havoverfladen.			
Udledning af overskydende vand til Nordre Sermilik	Nedlukning	Undersøgelses-område	Nedlukningstidsrum (6 år)	Lav
	Vurdering I nedlukningsfasen vil der fortsat blive foretaget vandbehandling, før vandet placeres i Nordre Sermilik. Vandkvaliteten forbedres gradvist i forhold til den, der forekom i driftsfasen, og derfor vil påvirkningerne være lavere end i denne periode.			
Afstrømning fra gråbjerg	Drift Nedlukning	Undersøgelses-område	Langsigtet	Lav
	Vurdering Studier viser, at sammensætningen af afstrømningsvand fra gråbjerg kun kræver meget lidt fortynding for at nå sammensætningen af havvand.			
Vand fra minegruben	Nedlukning	Undersøgelses-område	Langsigtet	Lav
	Vurdering Minegruben forventes gradvist at blive fyldt med vand efter nedlukning. Dette vil sørge for yderligere fortynding til afstrømningen fra gråbjerg.			
Udslip af kulbrinter og kemikalier	Konstruktion Drift	Undersøgelses-område	Minens levetid	Lav
	Vurdering Påvirkningen fra udslip forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af BEP og BAT.			
Driftsrelaterede udslip	Drift	Undersøgelses-område	Minens levetid	Lav
	Vurdering Nødprocedurer kan gennemføres for at standse udledning i tilfælde af et svigt i driftsprocessen.			

11. Affaldshåndtering

11.1 Nuværende situation

I Narsaq indsamles affald, der kan forbrændes. Det sendes til Qaqortoq til forbrænding. Qaqortoq er kommunens affaldsindsamlingscenter. Alt farligt affald og metalskrot sendes derefter til Danmark fra Qaqortoq.

Forrådneligt affald, herunder madaffald og dyrekroppe, kommer i et deponeringsanlæg i Narsaq. Der findes intet dræningsopsamlingsystem til spildevand fra affaldsdepotet, og det menes, at udløb fra affaldsdepotet løber ud til havet. Under visse vindforhold når lugten fra affaldsdepotet Narsaq by, hvilket medfører ubehagelige omgivelser.

Lossepladsen i Narsaq er placeret på det sted, hvor det foreslås at bygge havnen. Udvikling af havnen vil komme i vejen for visse eksisterende funktioner på det sted, hvor affaldshåndteringen finder sted i Narsaq.

11.2 Potentielle påvirkninger

Affald, der opstår under opførelse og drift, kan potentielt medføre miljøpåvirkninger, hvis det ikke håndteres hensigtsmæssigt.

11.3 Vurdering af påvirkninger

11.3.1 Affaldshåndtering

I konstruktions- og driftsfasen vil der fra projektet opstå:

- husholdningsaffald og spildevand
- brugte dæk fra mobilt udstyr, og
- forskellige typer farligt affald, f.eks. kulbrinteaffald, kemisk affald og batterier.

Affald, og især affald klassificeret som farligt, kan potentielt føre til væsentlig kontaminering af miljøet.

Spildevand fra alle bygninger i havnen, fra landsbyen, minen og anlægget og fra skibe langs kajen vil blive behandlet i et spildevandsanlæg, som placeres ved siden af havnen [69]. Der vil blive brugt tankvogne til at transportere spildevand og kloakvand fra beholdere i minen og forarbejdningsanlægget til behandling og bortskaffelse på spildevandsanlægget.

Spildevandsanlægget anvender mekaniske, biologiske og kemiske behandlingsprocesser på spildevandet for at gøre det forsvarligt at bortskaffe det permanent. Behandlet spildevand udledes til fjorden ved den nordlige ende af Tunu-halvøen.

Alt brændbart fast affald presses i baller og transporteres til Qaqortoq til forbrænding. Dette omfatter affald, der kan rådne. Projektet har ikke til hensigt at bidrage affald til lossepladsen i Narsaq. Farligt affald vil blive håndteret i henhold til Kommune Kujalleqs regler om håndtering af farligt affald [26]. Kommunens farlige affald sendes til Danmark og håndteres i overensstemmelse med den lovgivningsramme, EU har udstedt.

Akkumulatorer, batterier, elektroniske enheder, glas osv. oplagres midlertidigt i containere og sendes regelmæssigt til affaldsbehandlingsanlægget i Qaqortoq, hvor affaldet behandles yderligere med henblik på bortskaffelse i henhold til lovgivningen og, hvor det er relevant, efter aftale med de relevante myndigheder.

I tilfælde af, at nuværende affaldshåndteringssystemer og -processer i Kujalleq Kommune ikke har kapacitet til at behandle den mængde affald, der vil opstå fra projektet, vil der i samråd med Kujalleq

Kommune blive planlagt kapacitet i projektet til at håndtere og behandle brændbart, farligt og andet affald.

Specielle forbrugsvarer, såsom en brugt katalysator i syreanlægget, sendes tilbage til deres originale producent til renovering.

Affaldets påvirkning på miljøet vurderes at være lav.

11.4 Afbødende foranstaltninger

- Udvikling af procedurer for affaldsbehandling og en vejledende håndbog for affaldshåndtering
- Installation af et rensningsanlæg
- Afbødning af enhver kontaminering, der forekommer som følge af projektets aktiviteter.

11.5 Forventede påvirkninger

De forventede påvirkninger fra affald, som projektet vil afstedkomme, er beskrevet nedenfor.

Tabel 78 Forventede resultater for affaldshåndtering

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Kontaminering på grund af affald	Anlægsarbejde	Kommunen	Minens levetid	Lav
	Drift			
	Nedlukning			
Vurdering Med korrekt affaldshåndtering vurderes den indvirkning på miljøet, der skyldes affaldet, at være lav.				

12. Biodiversitet

12.1 Eksisterende miljø

12.1.1 Vegetation

Forekomsten og fordelingen af den naturlige vegetation i det sydlige Grønland er i høj grad bestemt af temperatur og nedbør. Begge disse faktorer følger gradienterne for hav og indland og for højde. Sådanne gradienter er tydelige, når man bevæger sig ind i landet gennem lange smalle fjorde mod Narsaq. I det ydre fjordområde er væksten af vegetationen hæmmet af kolde havstrømme, drivis, salttåge og vind. Tæt birk og pilekrat er almindelige under 200 meters højde og på sydvendte arealer i bunden af fjordene og inde i landet [57].

I Narsaq-dalen og området ved Kvanefjeld begrænser tidsrummet for snedække, vandforsyning, temperatur, jordtype og vindeksponering desuden fordelingen af plantesamfund.

Feltundersøgelser foretaget af Ernberg Simonsen [21] i august 2013 og september 2014 identificerede tre plantesamfund (Tabel 79).

Tabel 79 Plantesamfund [57]

Samfund	Beskrivelse
Narsap Ilua-bugten og den nedre Narsaq-dal (0 til ca. 200 meters højde)	Den dominerende vegetationstype i dette lavland er hede med dværgbuske, hovedsageligt bestående af mosebøllebær, revling, kirtelbirk og arktisk pil og med enkelte forekomster af mosser, græsser og star. På nogle sydlige skråninger findes plantesamfund, der er rigere på arter, med arter såsom almindelig blåklkke og rapgræs. Grønlandsk gøgelilje vokser almindeligt langs de fleste af vandløbene i lavlandet. Et usædvanligt plantesamfund blev fundet tæt på mundingen af Narsaq-elven. Her sås sjældent registrerede arter såsom smalbægret ensian, gylden ensian, alpin ensian og almindelig vibefedt. Smalbægret ensian er sjælden i Grønland og kendes kun fra tre steder. Den er opført som "sårbar" på rødlisten.
Højereliggende dele af Narsaq-dalen og Kvanefjelds-plateauet (ca. 200 til 680 meters højde)	På hederne i de højereliggende områder dominerer forskellige typer af dværgbusk, star og lav, men der er også udbredte åbne stenlandskaber, fordybninger med sne og mindre lavmoser. Skråninger med urter og stor variation i plantearterne findes langs nogle af vandløbene. Dværgbuskene i hedeområdet ved mellemhøjde domineres af revling, kirtelbirk, mosebøllebær og arktisk pil med rank star, hvene, og ulvefod i det nedre vegetationslag. Mosser og laver dækker også store arealer. Et enkelt eksemplar af rosmarinlyng (<i>Andromeda polifolia</i>), som er anført som "sårbar" på rødlisten, blev fundet på Kvanefjeld-plateauet. Denne art er meget sjælden i Grønland med kun to tidligere optegnelser fra det sydlige Grønland. På nogle nordvendte skråninger findes plantesamfund i fordybningerne med sne. Her dominerer dværgpil, rævehale-star, hønsetarm, stjerne-stenbræk og dværgranunkel. Vandplanten hestehale er blevet fundet i nogle damme og mindre søer på Kvanefjeld-plateauet. Den rundbladede orkidé (<i>Amerorchis rotundifolia</i>), Grønlands mest sjældne orkidé, er tidligere blevet registreret mellem den eksisterende grusvej og Narsaq-elven ved ca. 300 meters højde. Den blev dog ikke registreret ved undersøgelsen i 2014.

Samfund	Beskrivelse
Øvre nordlige skråninger i Narsaq-dalen og Taseq-søen (ca. 350 til 650 meters højde)	Højt oppe på den nordvendte skråning i Narsaq-dalen er meget af jorden dækket af løse sten og klippe. Dette område har meget begrænset plantedække; de mest almindelige arter er trebladet siv, tue-limurt, kryblyng, purpur-stenbræk og rank star. Lokalt vokser grønlandsk gøgelilje og satyrblomst tæt ved vandløb. Skråningerne omkring Taseq er for det meste uden vegetation og har meget få arter af karplanter. På nogle få steder med mere jævnt terræn blev der fundet større plantediversitet. Nordøst for Taseq skråner terrænet gradvist opad og skaber en glat sydvendt skråning uden ur. Dette område er dækket af græs og star-arter samt mange arter af urter såsom bjergløvefod, fjeld-frøstjerne, mælkebøtte og trefingerurt.

12.1.2 Fauna

Terrestrisk fauna

En undersøgelse foretaget af Orbicon [57] identificerede polarræven (*Alopex lagopus*) og polarharen (*Lepus arcticus*) som de eneste vilde terrestriske pattedyr i undersøgelsesområdet.

Polarræven er det eneste terrestriske kødædende dyr i det Sydgrønland og er tidligere registreret i området ved Kvanefjeld. Den er udbredt og almindelig i hele Grønland. Den finder sin føde, hvor den kan og spiser fugle om sommeren og fisk fundet langs fjorden om vinteren.

Polarharen (*Lepus arcticus*) findes i det meste af Grønland, dog ikke i det sydøstlige område. Antallet varierer fra år til år, mest på grund af vinterforholdene. Den er mest almindelig i det nordøstlige Grønland. Antageligt på grund af intensiv jagt i det sydlige Grønland er haren hovedsageligt begrænset til bjergrige områder i denne del af landet, og den ses ikke ofte. Polarharen er generelt beskyttet i maj, juni og juli, men jagt kan tillades lokalt hele året.

Halvgræsser, græsser og siv samt pil er de primære fødekilder for polarharen i Grønland.

Under feltundersøgelsen blev der observeret nogle få harer nær Kvanefjeld, og det menes, at arten forekommer i hele undersøgelsesområdet i mindre antal.

Fuglefaunaen på land og ved ferskvand er forholdsvis ringe på arter i Sydgrønland sammenlignet med andre arktiske områder. De blot fem arter af spurvefugle er almindelige og findes udbredt.

Havene og kystområderne har en rigere fuglefauna, både med hensyn til antallet af arter og antallet af individer. Fuglefauna omfatter fugle, der yngler i Grønland, og et stort antal fugle fra andre ynglesteder i det nordlige Atlanterhav, der overvintrer ud for Vest- og Sydgrønlands kyst. De fleste havfugle i Grønland yngler i koloni, men der kendes ingen store ynglekolonier mellem Ivituut og Nanortalik, hvilket omfatter undersøgelsesområdet og de nærliggende farvande.

Sammendrag

Grønlands sydvestlige kystfarvande og farvande længere væk fra kysten er internationalt vigtige overvintringsområder for havfugle [9]. De fleste af de overvintrende havfugle forbliver ude ved kysten, men nogle flytter ind i fjordene og er blevet registreret i fjordene på Erik Aappalaartup Nunaa (Figur 67).

Den almindelige edderfugl og Brünnichs lomvie kommer ind i fjordene i de største antal. Nogle få små fuglekolonier findes i gletsjersfjordene ved Akullit Nunaat, nord for den centrale del af Bredefjord. De havfugle, der yngler ved disse kolonier, er sorte lomvier og forskellige mågearter [9]. Nogle af disse fugle kan lejlighedsvis søge føde i de fjorde, der omgiver Erik Aappalaartup Nunaa.

Boertmann *et al.* (2004) identificerede et vigtigt overvintringsområde for strømand, edderfugl og Brünnichs lomvie ud for Sydgrønland (Figur 67). Eftersom strømærder overvintrer og skifter fjer langs udsatte klippekyster, blev de kun registreret langs kysten mod det åbne hav i det vigtige overvintringsområde [9] [111] og ikke i fjordene. Mens både edderfugl og Brünnichs lomvie er blevet set i nærheden af projektet, er strømærder aldrig blevet registreret under feltarbejde i forbindelse med dette projekt. På grund af det store feltarbejde i Narsaq-dalen gennem flere år er det usandsynligt, at en ynglende population vil blive overset ved Narsaq-elven eller andre elve i dalen.

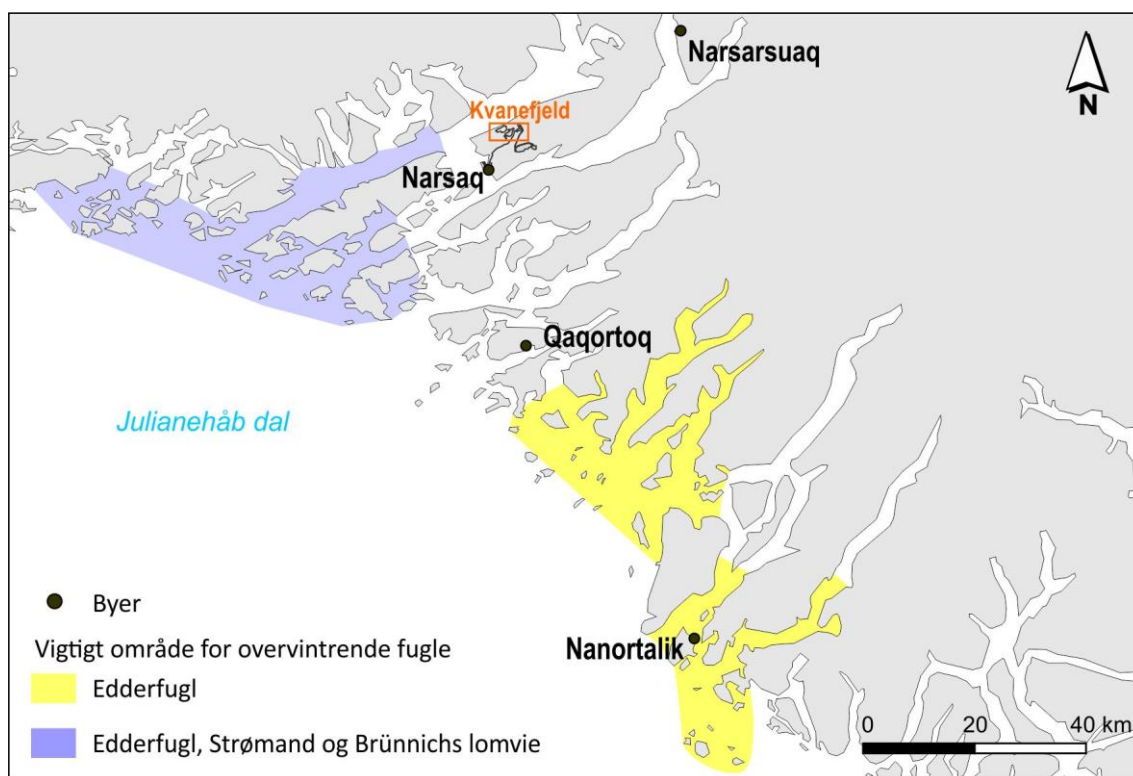
Tabel 80 opsummerer de fuglearter, der kan findes regelmæssigt på og omkring Erik Aappalaartup Nunaa (hvor de yngler og/eller overvintrer). Bortset fra hvor der specifikt er angivet andet, er alle arter opført som "mindste bekymring" på rødlisten [10].

Derudover er snespurv, stenpikker, hvidsiske og laplandsværling almindelige ynglende fugle i Narsaq-dalen og på Kvanefjeld. Disse fugle er almindelige og findes udbredt i hele Syd- og Vestgrønland. Raven (*Corvus corax*) yngler sandsynligvis også i små antal i området, men der findes ingen konkrete oplysninger.

Tabel 80 Potentielt forekommende fuglearter [57]

Art	Udbredelse
Gråand	Den eneste svømmeand, der regelmæssigt yngler i Sydgrønland. Det er en udbredt og relativt almindelig ynglende fugl ved søer og lave kyster. I Sydgrønland er gråanden hovedsageligt fastboende, men den flytter til den ydre kyst om vinteren. Gråænder er observeret regelmæssigt på hele Erik Aappalaartup Nunaa, mest langs kysten. Det er sandsynligt, at nogle få gråænder yngler ved vådområder i undersøgelsesområdet.
Edderfugl	En udbredt og almindelig ynglende fugl i Grønland. Den yngler typisk på små øer og skær langs kysten. Der kendes ingen ynglekolonier med edderfugle langs kysten af Erik Aappalaartup Nunaa, men meget store antal overvintrer ud for Sydgrønland. Derudover tilbringer flere hundrede edderfugle regelmæssigt vinteren på fjordene ved Erik Aappalaartup Nunaa. Normalt ses de fleste i Tunulliarfik / Skovfjord syd for halvøen, hvor de ernærer sig af muslinger. Vestgrønlands population af edderfugle er opført som "sårbar" på rødlisten. Antallet af edderfugle er faldet dramatisk i de sidste 50-100 år på grund af intensiv, ikke-bæredygtig jagt. I de senere år har der været tegn på en genopretning af populationen i visse områder.
Toppet lappedykker	En temmelig almindelig art langs den grønlandske syd- og vestkyst og langs en del af østkysten. Yngler ved søer og lavvandede fjorde og bugter og ernærer sig primært af fisk. Små flokke er ret almindelige i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa og på Ilua-søen. Det er sandsynligt, at nogle fugle yngler langs halvøens kyster, især i Ilua-området, men der er ikke noget konkret bevis herfor.
Fjeldrype	Udbredt og almindelig i hele Grønland, men med markante årlige udsving i antal. På Erik Aappalaartup Nunaa ses den hovedsageligt i oplandsområder, hvor den ernærer sig af plantemateriale.
Havørn	Begrænset til Grønlands syd- og vestkyst nord for Upernavik. I de senere år er populationen vokset, og antallet er nu på 150-200 par. Da ynglebestanden stadig er relativt lille, er den opført som "sårbar" på rødlisten. Havørnen ses for det meste i kystområder, hvor den ernærer sig af fisk. Reden er typisk placeret på fremspring på stejle klipper. De voksne fugle forbliver normalt inden for yngleområderne hele året, mens de unge fugle flytter til de ydre kystområder om vinteren. Ynglende havørne opholder sig i reden fra omkring marts til begyndelsen af september. Æglægning finder typisk sted i begyndelsen af april. I yngleperioden er ørnen kendt for at være meget følsom overfor forstyrrelser. Der ses havørne på Erik Aappalaartup Nunaa, oftest langs kysten. Ingen ynglesteder er kendt fra dette område, men flere par yngler utvivlsomt i regionen.
Vandrefalk	Ret almindelig i Sydgrønland, hvor den typisk bygger rede på fremspring på stejle klipper inde i landet. Et par yngler regelmæssigt på et fremspring på en stejl bjergside nær udmundingen af Narsaq-elven, og falken er et almindeligt syn på hele Erik Aappalaartup Nunaa. Falken ernærer sig primært af mellemstore fugle. Falken er en trækfugl, der ankommer i maj og tager afsted igen i august-november.

Art	Udbredelse
Jagtfalk	Ses i hele Grønland, men er ikke almindeligt udbredt. Bygger rede på fremspring på stejle klippesider og ernærer sig primært af store fugle såsom måger. Størrelsen af den grønlandske ynglebestand er anslået til ca. 500 par, og på grund af den lille population er den opført som “næsten truet” på rødlisten. Der kendes ikke til ynglesteder i undersøgelsesområdet for denne falk, men enkelte fugle er under feltarbejde blevet observeret et par gange ved Killavaat Alannguat.
Stor præstekrave	Yngler næsten overalt i Grønland, men er mest almindelig i de nordligste arktiske områder. Yngler typisk på sandstrande og grusområder langs kyster. Den ankommer til Grønland i maj, og de sidste fugle flyver væk i begyndelsen af oktober. Ét, måske to par af arten stor præstekrave yngler regelmæssigt i Narsaq-elvdeltaet.
Sortgrå ryle	En forholdsvis almindelig og udbredt vadefugl i det sydlige arktiske Grønland. Yngler i dværgbuske på heder langs fjorde eller nær kysten. Uden for yngletiden findes den for det meste langs kysten, hvor den ernærer sig i tidevandsområdet. Det er muligt, at et mindre antal af denne vadefugl yngler på Erik Aappalaartup Nunaa, selvom der ikke findes konkrete beviser.
Hvidvinget måge, gråmåge, svartbag, sildemåge, sølvmåge og ride	Forekommer i fjorden omkring Erik Aappalaartup Nunaa og har deres nærmeste ynglepladser i gletsjerfjorden ved Akullit Nunaat, nord for de centrale dele af Bredefjord. Den hvidvingede måge og gråmågen er langt de mest almindelige måger i undersøgelsesområdet. Sildemågen og ride er trækfugle og forlader de grønlandske fjorde om vinteren. Ride er opført som “sårbar” på rødlisten på grund af stor nedgang i bestanden, hvilket sandsynligvis er resultatet af en kombination af ikke-bæredygtig jagt og klimaforhold.
Tejst	Den mest udbredte alkefugl i Grønland yngler langs de fleste af kysterne i Sydgrønland. Den er normalt strengt fastboende, idet den kun forlader yngleområderne, når den tvinges væk af is. Ernæres hovedsageligt af små fisk. Denne alkefugl yngler ikke ved kysten på Erik Aappalaartup Nunaa, men der findes flere små kolonier i nabofjordene.
Brünnichs lomvie	En almindelig og udbredt alkefugl i Grønland. Der findes ingen ynglekolonier i fjordene nær Narsaq, men enkelte fugle eller små flokke observeres nogle gange om vinteren i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa. Opført som “sårbar” på rødlisten på grund af det store fald i den grønlandske ynglebestand. Nedgangen i bestanden er sandsynligvis resultatet af ikke-bæredygtig jagt.
Strømand	Strømanden (<i>Histrionicus histrionicus</i>) er ikke almindelig i Grønland; den yngler kun på vestkysten syd for Upernavik og i nogle få områder i det sydøstlige Grønland [111]. I det sydvestlige Grønland yngler den i et beskedent antal (Boertmann 2008). Den yngler ved rene, hurtigt flydende vandløb, hvor reden normalt er skjult på øer midt i strømmen. Føden består næsten udelukkende af hvirvelløse vanddyr. I Grønland migrerer strømanden over korte afstande. Den tilbringer vinteren på udsatte klippekyster ud for det sydvestlige Grønland (Boertmann 2004). Strømanden er beskyttet i Grønland og vurderet til “mindst bekymring” på den regionale version af rødlisten over truede dyr og planter.



Figur 67 Vigtige områder til overvintring for havfugle ud for Sydgrønland og i nærliggende fjorde

Marin fauna

Der er identificeret 18 arter af havpattedyr, primært hvaler og sæler, i den sydøstlige del af Davisstrædet ud for Sydgrønlands kyst [57]. De fleste hvaler, og mindst en sælart, forbliver sædvanligvis i åbent hav og kommer kun lejlighedsvis ind i fjordene. Det samme gælder for isbjørne, der lejlighedsvis ankommer til Sydgrønland mellem februar og maj med drivisen (storisen). Isbjørnen kommer sjældent ind i fjordområdet, før de aflives, hvorfor de ikke omtales yderligere.

De arter, der sandsynligvis vil forekomme i farvandet omkring projektområdet, er opsummeret i Tabel 81

Tabel 81 Potentielt forekommende marine arter [57]

Art	Udbredelse	Klassificering i IUCN eller rødlisten
Ringsæl	Generelt almindelig i grønlandske farvande og i mindre grad langs den sydvestlige kystlinje. Det antages, at den hovedsageligt er fastboende i Sydgrønland, hvor den foretrækker fjorde med is. Ringsælen trækker op og fælder på fastis og drivis, og den opretholder adskillige åndehuller i isen om vinteren. Ringsælen yngler typisk i bunden af fjordene, hvor der om vinteren dannes fastis. Ungerne fødes i snehuller på havisen i marts/april. Sælen ernærer sig af mange slags bytte, herunder fisk og krebsdyr. Ringsælen er almindelig i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa, især i Nordre Sermilik nord for halvøen, hvor den sandsynligvis også yngler. Ringsælen er udsat for omfattende ikke-reguleret jagt og sælges regelmæssigt på det lokale marked "Brættet" i Narsaq.	Mindste bekymring (rødliste)
Klapmyds	En stor sæl. I sommermånederne registreres der regelmæssigt et mindre antal klapmyds i fjorden på Erik Aappalaartup Nunaa, hvor de primært ernærer sig af større fisk såsom atlantisk torsk, hellefisk og især rødfisk fanget i store dybder (ned til 800 m eller endda dybere). Jagt på klapmydsen er ikke reguleret i Grønland.	Sårbar (rødliste)
Grønlandssæl	En almindelig ikke-ynglende gæst i de grønlandske fjorde i sommermånederne. I slutningen af efteråret og den tidlige vinter forlader grønlandssælen de grønlandske farvande igen og vender tilbage til dens ynglepladser. Grønlandssælen er den mest talrige sælart i fjordene i Sydgrønland om sommeren, hvor den trænger dybt ind i fjordene. På denne tid af året danner grønlandssælen typisk grupper på 5-20 dyr, der søger føde og hovedsageligt ernærer sig af lodde. Også almindelig i fjordene på Erik Aappalaartup Nunaa fra maj til efterår. Sælges regelmæssigt på det lokale marked "Brættet" i Narsaq. Jagt på grønlandssælen er ikke reguleret i Grønland.	Mindste bekymring (rødliste)
Remmesæl	En stor sæl, der forekommer i små antal i alle grønlandske farvande. Den er sædvanligvis forbundet med havis, men især unge sæler forbliver ofte i fjordene i Sydgrønland om sommeren. Jagt på remmesælen er ikke reguleret i Grønland. Der er ikke meget kendt materiale om denne sæls status i Grønland, og den er opført som "mangelfulde data" på rødlisten [10], men globalt betragtes den som "ikke truet".	Data mangler (rødliste)
Vågehval	Almindelig langs Grønlands syd- og vestkyst. Ankommer til Sydgrønland om foråret og tidligt om sommeren fra vinterområder i Atlanterhavet og forlader grønlandske farvande igen i november. En regelmæssig besøgende i fjordene i Sydgrønland og i undersøgelsesområdet. Vågehvaler forekommer undertiden i Qaqortup Ikera/Julianehåbsfjorden og i Qaqortup Imaa, hvor de jages. Jagt på vågehvaler i grønlandske farvande reguleres af et kvotesystem.	Mindste bekymring (rødliste)
Finhval	En besøgende i Sydgrønland om sommeren og efteråret, typisk mellem juni og oktober. Den forbliver normalt i åbent hav langs banker, hvor den ernærer sig af krebs og fiskestimer. Den er dog også en regelmæssig besøgende i fjordene i Sydgrønland og i undersøgelsesområdet. Finhvaler forekommer undertiden i Qaqortup Ikera/Julianehåbsfjorden og endda i Qaqortup Imaa, hvor de jages. Jagt på finhvaler i grønlandske farvande reguleres af et kvotesystem.	Mindste bekymring (rødliste)

Art	Udbredelse	Klassificering i IUCN eller rødlisten
Pukkelhval	I de seneste år er populationen af pukkelhvaler i grønlandske farvande steget markant. Den er nu ret almindelig i nogle fjorde i Vestgrønland om sommeren, hvor den er nærer sig af krebs og små fisk som f.eks. lodde og tobis. I Sydgrønland er den mindre talrig, men i visse år ankommer der et mindre antal til fjorden. I 2008 blev der observeret mindst tre forskellige individer ved Narsaq. Jagt til selvforsyning, der følger et årligt kvotesystem, er for nylig blevet tilladt igen i Grønland.	Mindste bekymring (rødliste)
Marsvin	En lille tandhval, der ses i løbet af året i de Sydgrønlandske farvande. Generelt ret almindelig i grønlandske farvande, men de fleste marsvin forbliver på åbent hav, og kun få kommer ind i fjordene. Marsvinet ernærer sig af fisk fra de øvre vandlag. Jagt på arten er ikke reguleret i Grønland. Der er meget lidt eksakt viden om marsvinets status i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa, men den er nok en relativt almindelig besøgende i mindre antal.	Mindste bekymring (rødliste)

Der er hidtil ikke indsamlet data om den eksisterende flora og fauna på havbunden, men der vil blive foretaget en vurdering inden anlæggelsen af havnen. Projektet forventes ikke at have væsentlig påvirkning på havbundens flora og fauna.

Fiskearter

Der findes et stort antal fiskearter i de grønlandske fjorde, men generelt vides der kun lidt om arter, der ikke udnyttes handelsmæssigt eller fanges til privat forbrug [57]. Omtalen i dette afsnit er derfor begrænset til sådanne arter.

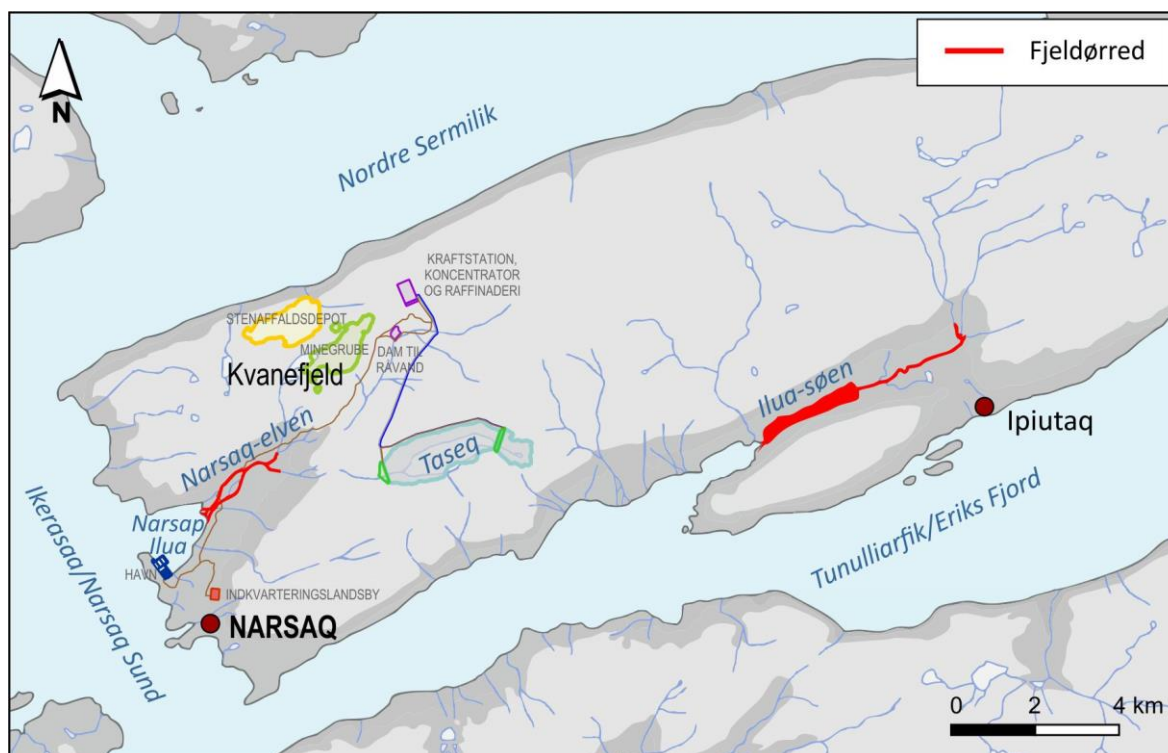
Fjeldørred (Char)

Fjeldørreden er almindeligt udbredt og findes i vandløb, til søs og i alle levesteder i oligotrofiske søer over hele Grønland. Dens livscyklus er meget varieret, både inden for og mellem forskellige lokaliteter. Populationen af fjeldørred i de grønlandske elve består typisk af residente fisk (ikke-anadrome) og anadrome fisk, der migrerer til havet om sommeren, når de har nået en vis alder.

Fordelingen og den generelle biologi for bestanden af den arktiske fjeldørred i Narsaq-elven blev undersøgt i 1981 [33]. Orbicon [57] udførte en revurdering af fordelingen i Narsaq- og Ilua-elve ved hjælp af elektrofiskeri i 2018. Fjeldørreden er meget almindelig i den nedre del af Narsaq-elven, men findes ikke i søerne forbundet med elven, herunder Taseq. En anden bestand af fjeldørreder befinder sig i elven Ilua (Figur 68). Undersøgelser fra Orbicon [57] tyder på, at fjeldørreden ikke findes i de andre vandløb og søer på Erik Aappalaartup Nunaa.

Populationerne af fjeldørred i elvene Narsaq og Ilua antages at være primært anadrome, og disse havgående bestande eksisterer sammen med de residente bestande af den arktiske fjeldørred.

Den anadrome fjeldørred i Narsaq-elven begynder at vandre ind i fjorden, når den er omkring 4 år gammel og ca. 15 cm lang. Migrationen til havet starter sandsynligvis, når isen i elven begynder at bryde op, og fisken vender sandsynligvis tilbage fra fjordene i slutningen af juli.



Figur 68 Fordelingen af fjeldørred i elve, vandløb og søer på halvøen Erik Aappalaartup Nunaa

Fjeldørreden i Narsaq-elven bliver typisk kønsmoden, når den er omkring 5 år gammel, dvs. efter dens første havgang. Gydning i Narsaq-elven finder sted fra slutningen af august til begyndelsen af oktober.

De fleste fjeldørreder gyder i hovedstrømmen på steder med en dybde på 30 til 35 cm, der har grusbund og er udsat for beskedne strømme. Hunnen danner en hulning i elvlejet, hvor æggene bliver lagt. Når æggene er blevet befrugtet, bruger fjeldørreden sin hale til at dække æggene med grus. Æggene udklækkes det følgende forår.

Om vinteren, når de fleste af de grønlandske elve er dækket af tyk is, og vandstrømmen er væsentligt begrænset, findes fjeldørreden i roligere områder i de større elve. I Narsaq-elven findes fjeldørreden sandsynligvis i de dybeste dele af elven. Om foråret spreder fiskebestanden sig ud for at udnytte alle de vanddækkede områder under strømfaldene, der ligger ca. 5 km opstrøms.

Mindre fisk i Narsaq-elven lever for det meste af larven chironomidae (dansemyg), mens de større fisk hovedsagelig lever af pupper og voksne. Det er også sandsynligt, at der finder kannibalisme sted [33].

I elve, hvor den primære fødekilde er insektlarver, vokser fjeldørreden generelt meget langsomt. Ikke-anadrome fisk vil typisk vokse mindre end 2 cm om året og nå en maksimal længde på ca. 25 cm.

Den anadrome fjeldørred ernærer sig af fytoplankton, vandlopper samt fisk og bliver større i løbet af sommeren. I undersøgelsen fra 1981 [33] blev det konstateret, at gennemsnitslængden af den havgående fjeldørred var på 23 cm, 28 cm og 33 cm for henholdsvis 4, 5 og 6 år gamle fisk.

I samme undersøgelse blev det forsøgt at vurdere antallet af fjeldørreder i Narsaq-elven [33]. På dette tidspunkt (oktober) var nogle af de lavvandede dele i Narsaq-elven tørlagt, og bestanden af fjeldørreder var begrænset til hovedstrømmen i et område på 20.800 m². Bestanden af fjeldørreder blev anslået til at være på 31.000, hvoraf 8.300 var 3 år eller ældre, dvs. potentielt havgående. Antallet af den anadrome fjeldørred i august blev anslået til at være på 1.200.

Fjeldørreden er den eneste fisk, der er kendt i ferskvand i Narsaq-Kvanefjeld området. Dette står i modsætning til fjorden, hvor der findes mange fiskearter.

Andre arter

Atlantisk torsk (*Gadus morhua*) er for nuværende ret almindelig i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa, men i løbet af det 20. århundrede har der været store udsving i antallet og udbredelsen som mulig følge af klimaændringer.

Stenbider (*Cyclopterus lumpus*) er en almindelig og udbredt art, der tilbringer det meste af året i dybe farvande ud for kysten. Sent om vinteren migrerer den modne del af bestanden dog til meget lavt vand for at gyde, og den er derefter almindelig langs kysterne af Narsaq-områdets fjorde. I de senere år er fiskeri af stenbideren blevet vigtig i fjordene ved Narsaq. Der fiskes hovedsageligt efter hunnerne på grund af deres rogn.

Grønlandsk torsk (*Gadus ogac*) eller uvak forekommer langs kysterne og fjordene nord for Upernavik og er almindelige i fjorden omkring Erik Aappalaartup Nunaa. I kommercielt fiskeri anses den grønlandske torsk for at være mindre værdifuld end den atlantiske torsk, men den grønlandske torsk har betydning for selvforsyningsfiskeri.

Plettet havkat (*Anarhichas minor*) er udbredt langs Grønlands vestlige og østlige kyster og findes sandsynligvis i alle dybe dele af fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa. Antallet af denne art er faldet de seneste år, men fisken har stadig stor betydning for selvforsyningsfiskeri.

Atlantisk laks (*Salmo salar*) ses langs Grønlands kyst fra august til omkring november, når den søger føde under migrationen fra de amerikanske og europæiske kontinenter. Nogle år er den atlantiske laks temmelig almindelig i Narlunaq/Skovfjord og i Qaqortup Ikera/Julianehåbfjord, og et mindre antal kommer sandsynligvis også ind i fjordene omkring Erik Aappalaartup Nunaa.

Lodde (*Mallotus vilosus*) er en økologisk kritisk art på grund af dens rolle som en vigtig fødevareressource for større fisk, havfugle og havpattedyr. Den udnyttes også kommercielt og til selvforsyningsfiskeri. Der er tegn på, at individuelle fjordssystemer indeholder adskilte loddebestande.

Lodden menes at være almindelig langs kysten af Erik Aappalaartup Nunaa, selv om der ikke findes nogen præcise data.

Rødfisk (*Sebastes spp.*) er ganske almindelig i de dybe dele af fjordene, der omgiver Erik Aappalaartup Nunaa, selv om der ikke findes nogen præcise data.

Den trepiggede hundestejle (*Gasterosteus aculeatus*) er en anadrom fisk, som typisk findes i marine af ferskvandsområder i Grønland. Denne art er af "mindste bekymring" fra IUCN.

12.1.3 Truede arter og vigtige samfund

Af de dyr og planter fra Erik Aappalaartup Nunaa, der er registreret, er fem fuglearter og en orkidéart opført som "sårbar" eller "næsten truet" på rødlisten [10].

Disse arter var genstand for feltundersøgelser i 2013 og 2014 [57], og der blev foretaget en vurdering af betydningen af undersøgelsesområdet for de truede arter alt efter kendt udbredelse og foretrukne habitater (Tabel 82).

Tabel 82 Registrerede truede arter på halvøen Erik Aappalaartup Nunaa [57]

Art	Status i undersøgelsesområdet	Primært habitat	Status på Grønlands rødliste [2018]	Vigtigheden af Erik Aappalaartup Nunaa for populationen
Jagtfolk	Gæst	Indland, kyst	Næsten truet	Lav
Havørn	Potentielt en del af territoriet	Indland, kyst	Sårbar	Mellemstor
Ride	Gæst	Åbent hav, kyst, fjorde	Sårbar	Lav
Brünnichs lomvie	Gæst	Åbent hav, kyst, fjorde	Sårbar	Lav
Klapmyds	Gæst	Kyst, åbent hav, fjorde	Sårbar	Lav
Rundbladet orkidé	Registreret en gang (dato ukendt)	Hede med dværgbuske tæt ved vandløb	Sårbar	Ukendt
Knude-Firling	Fundet flere steder	Lavtliggende områder	Næsten truet	Mellemstor
Smalbægret ensian	Mange på et sted	Grus	Sårbar	Høj
Rosmarinlyng	Fundet i undersøgelsesområdet	200-680 meters højde	Sårbar	Mellemstor
Sort byg	Fundet få steder	Delta-området	Sårbar	Mellemstor

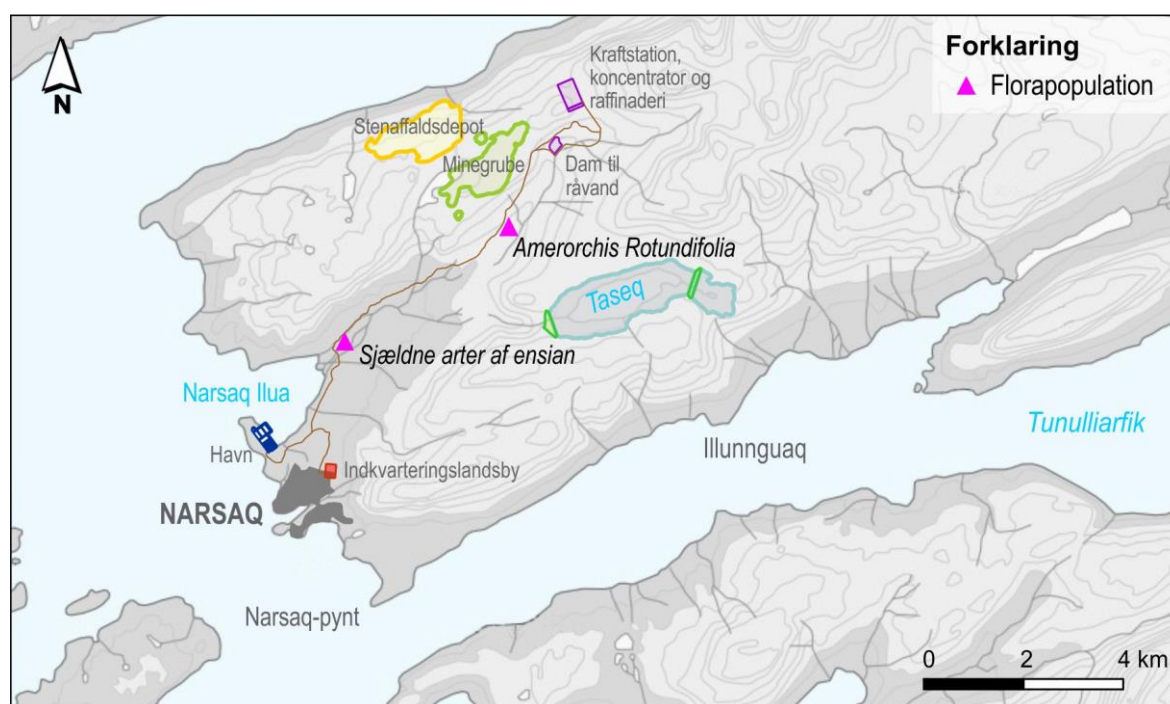
Den rundbladede orkidé (*Amerorchis rotundifolia*), Grønlands mest sjældne orkidé, er på rødlisten. Den er tidligere blevet registreret mellem grusvejen og en placering lige syd for "testdepoterne" ved ca. 300 meters højde. Dette sted blev besøgt i september 2014, men der blev ikke fundet spor efter den sjældne orkidé. Denne art kan stadig være til stede i området.

Undersøgelsen registrerede arten grønlandsk gøgelilje (*Platanthera hyperborean*) langs vandløbene i lavlandet og omkring Taseq-søen.

Et usædvanligt vegetationssamfund på grus blev også identificeret. Det bestod af defugtkrævende arter almindelig vibefedt (*Pinguicula vulgaris*) og kogleaks (*Scirpus caespitosus*) og de tørkebestandige arter øjentrøst (*Euphrasia frigida*), tidlig timian (*Thymus praecox*), mosdværgulvefod (*Selaginella selaginoides*) og stargræs (*Kobresia myosuroides*).

Denne population omfattede også smalbægret ensian (*Gentiana amarella* ssp. *acuta*), gylden ensian (*G. aurea*), alpin ensian (*G. nivalis*) og grønlandsk gøgelilje. Der er tale om en artssammensætning, der sjældent ses i denne del af Grønland. Smalbægret ensian er aldrig blevet observeret på Narsaq-halvøen før, og den er kun registreret ved to steder i Sydgrønland [22].

Vejstrækningen i lavlandet har et lille marsklandsområde på bjergsiden af vejen, der domineres af forskellige typer star (*Carex rariflora* og *C. scirpoidea*) og hirsestar (*C. panacea*). Sidstnævnte er en sjælden art i Grønland.

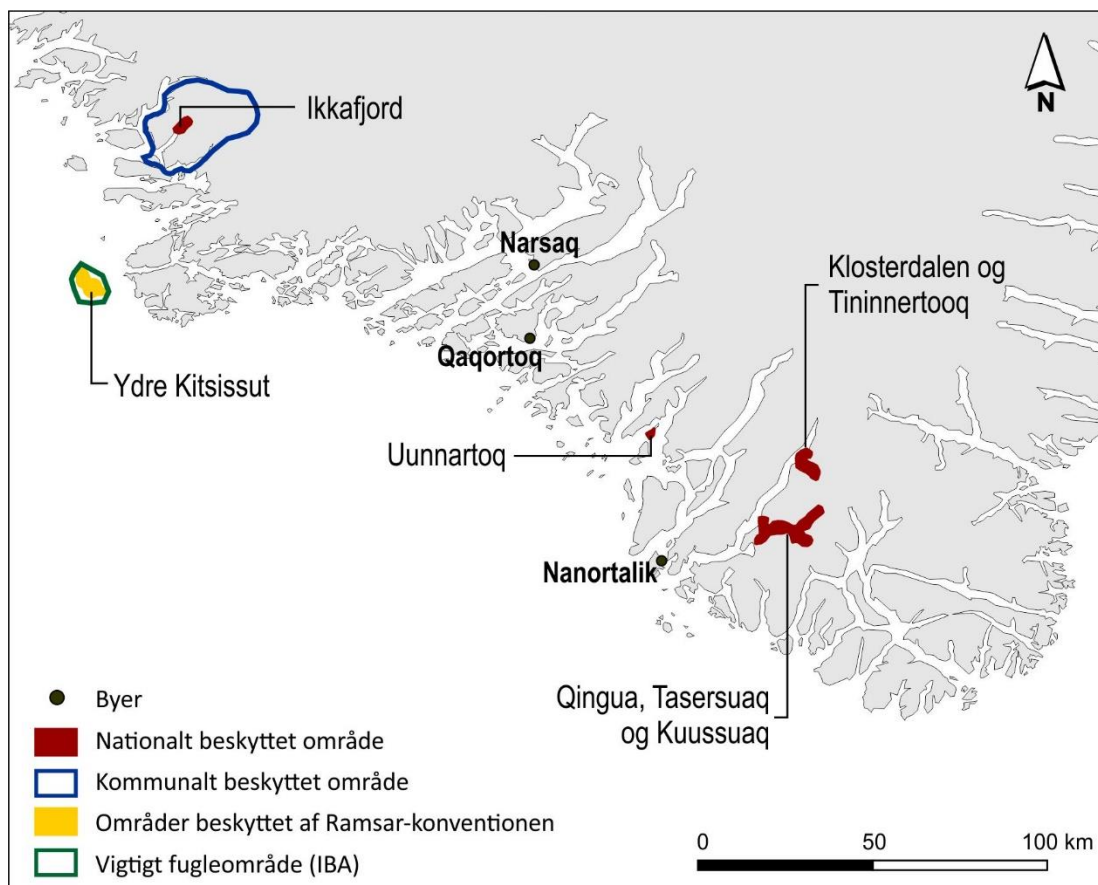


Figur 69 Sjælden flora i projektområdet

Økologisk beskyttede områder

Ingen områder, der er udpeget som økologisk beskyttede, ligger tæt på Erik Aappalaartup Nunaa. De nærmeste beskyttede områder er vist i Figur 70. Derudover er en del af øen Uunartoq, som ligger omkring 50 km sydøst for Erik Aappalaartup Nunaa, afgrænset som et beskyttet område med det formål at værne om øens unikke varme kilder samt dens naturlige og kulturhistoriske værdier.

Kujataa verdensarvsområdet er beskrevet i afsnit 13. Dets nærmeste del (område 5: Qaqortukulooq) ligger mere end 18 km fra projektet.



Figur 70 Økologisk beskyttede områder i det sydlige Grønland

12.2 Potentielle påvirkninger

Byggeriet og driften af projektet:

- Vil medføre forstyrrelse af:
 - habitat for terrestrisk fauna og flora
 - habitat for ferskvandsfauna
 - habitat for marin fauna
- Vil potentielt kunne:
 - kontaminere habitat for terrestrisk fauna og flora
 - kontaminere ferskvandshabitater
 - kontaminere marine habitater
- Vil medføre forøgelse af transport med motordrevne køretøjer, hvilket muligvis kan medføre dødelighed for fauna
- Vil forøge den havgående trafik, hvilket kan afstedkomme indførsel af invasive ikke-oprindelige arter fra ballastvand samt sammenstød med fauna.

12.3 Vurdering af påvirkninger

12.3.1 Forstyrrelse af habitat for terrestrisk fauna og flora

Flere af byggeaktiviteterne kan potentielt forstyrre dyr, især pattedyr og fugle:

- Støj og vibrationer, især den intermitterende sprængningsstøj fra minen, vil potentielt kunne forskrække pattedyr og fugle

- Visuelle forstyrrelser fra personale, køretøjer, bygninger og andre projektstrukturer kan forårsage, at pattedyr og fugle vil undgå levesteder i mineområdet.

De forskellige arter af fugle og pattedyr reagerer meget forskelligt på støj og visuelle forstyrrelser. Havørnen er kendt for at blive påvirket af forstyrrelser tæt på reden i ynglesæsonen. Havørnen observeres almindeligvis i undersøgelsesområdet, og det forventes, at der er redepladser i området.

Ravnen er kendt for at være følsom over for støj eller visuelle forstyrrelser. Ravne vil derfor sandsynligvis ikke yngle inden for 1 til 2 kilometers afstand fra minen og anlægget. Ravne yngler generelt kun i begrænset omfang i Grønland, og projektet forventes ikke at føre til en betydelig reduktion af populationen af ynglende par i regionen.

Der findes to terrestriske pattedyr i området ved Kvanefjeld, polarræven og polarharen. Disse dyr tilpasser sig normalt godt til menneskelige aktiviteter på steder, hvor de ikke jages. Da truslen fra jagt i Sydgrønland generelt er høj, vil ræve og harer sandsynligvis undgå faciliteter og aktiviteter knyttet til projektet.

Flytning af det klippemateriale, der kræves til konstruktion af havneanlægget, forarbejdningsanlægget, veje og tilhørende infrastrukturer samt til forberedelse af minen til driftsfasen, vil føre til tab af naturlig vegetation og flugt af de fleste landlevende dyr fra mineområdet.

Vegetationen i undersøgelsesområdet domineres af arter, der er almindelige og vidt udbredt i det sydlige Grønland.

En botanisk undersøgelse blev udført i 2013-14 [57]. Den identificerede følgende:

- En planteart, der er sjælden i Grønland, *Gentiana amarella*, blev registreret ved den nordlige side af Narsaq-elvens udmunding. Der er blevet optalt 50 enkelte planter på dette sted. Et usædvanligt plantesamfund er også blevet registreret på dette sted
- Den rundbladede orkidé (*Amerorchis rotundifolia*), Grønlands mest sjældne orkidé, er tidligere blevet registreret mellem grusvejen og en placering lige syd for "testdepoterne" ved ca. 300 meters højde. Dette sted blev besøgt i september 2014, men der blev ikke fundet spor efter den sjældne orkidé. Frø fra denne art kan stadig være til stede i området
- Ved vejstrækningen i lavlandet er der et lille marsklandsområde på bjergsiden af vejen, der domineres af forskellige typer star (*Carex rariflora*, *Carex scirpoidea* og *Carex panacea*). Sidstnævnte er en sjælden art i Grønland
- Den beskyttede art grønlandsk gøgelilje (*Platanthera hyperborean*) vokser langs vandløbene i lavlandet og omkring Taseq-søen.

På steder, hvor byggearbejder vil finde sted inden for områder med sjældne plantearter eller plantesamfund, forventes det samlede fodaftryk af minens infrastruktur at være lille i forhold til udbredelsen af lignende habitater i Sydgrønland.

Typisk forekommer der få dyr i undersøgelsesområdet (polarræv og polarhare), og ingen af de kendte arter er sjældne eller truede i Grønland. Betydningen af tabt terrestrisk habitat på grund af projektet vurderes til at være lav.

Forstyrrelser, der skyldes støj fra maskiner og sprængninger, vil være de samme i konstruktionsfasen og i driftsfasen.

Støj og visuelle forstyrrelser under driften vil kun medføre lokal forstyrrelse af terrestriske fugle og pattedyr. På baggrund af undersøgelserne vurderes påvirkningen ved forstyrrelse af terrestriske pattedyr og fugle som værende lav.

12.3.2 Forstyrrelse af habitat for ferskvandsarter

En betydelig population af fjeldørred lever i Narsaq-elven, hvor den gyder om efteråret i hovedstrømmen i dele af elven på steder med grusbund i elvsengen. Om sommeren forlader mange fjeldørrede elven for at finde føde i fjordene, men om vinteren er hele populationen til stede i den nedre del af elven.

I år med lange perioder med temperaturer under frysepunktet bliver vandstrømmen i Narsaq-elven reduceret betydeligt, og en yderligere reduktion i gennemstrømningen som følge af projektrelaterede ændringer i hydrologien kan påvirke overlevelsen af den overvintrende fjeldørred.

Byggearbejder i forbindelse med gennemløbsakvædukt på tværs af Narsaq-elven og bygning af dæmninger ved Taseq kan forårsage kortvarige stigninger i uklarheden af vandet i Narsaq og Taseq-elvene. Dette kan forstyrre ferskvandsorganismer, herunder fjeldørreden, i Narsaq-elven. De fleste anlægsarbejder vil finde sted i sommermånederne, når en betydelig del af bestanden af den arktiske fjeldørred forlader Narsaq-elven til fordel for fjordene. Enhver stigning i uklarheden af vandet på grund af disse byggearbejder vil være midlertidig (og kortvarig) og forekomme i løbet af sommeren. Derfor betragtes forstyrrelsen af den arktiske fjeldørred og ferskvandsøkosystemet på grund af uklart vand som værende af ringe betydning.

På bestemte tidspunkter af året vil projektaktiviteter reducere gennemstrømningen i Narsaq-elven. Vand, der skal bruges i anlægget, vil blive taget fra Narsaq-elven i perioder med høj gennemstrømning. Gennemstrømningen i Taseq- og Kvane-elvene vil enten blive standset eller betydeligt reduceret under driftsfasen.

Projektrelaterede ændringer i strømningsmønstrene i Kvane- og Narsaq-elvene vil medføre en gennemsnitlig reduktion af vandgennemstrømningen i det primære gyde-område i Narsaq-elven på ca. 18 % [29] [51]. Dette er en mindre strømningsreduktion, som ikke vil få væsentlig indflydelse på yngleresultatet for fjeldørred-populationen i Narsaq-elven.

Vand til projektet vil udelukkende blive udvundet fra Narsaq-elven uden for vinterperioder (med en hastighed på 191 m³/t). Eksisterende data indikerer, at der forekommer en minimumsstrøm på 40 m³/t hele året.

På grund af begrænsningen af vandudtag til perioder uden for vintersæsonen (dvs. til perioder med større strømning) vil projektrelaterede ændringer i hydrologien i Narsaq-elven dens indløbende elve sandsynligvis ikke få betydelig påvirkning på populationen af fjeldørreden i Narsaq-elven.

12.3.3 Forstyrrelse af levesteder for marin fauna

Byggearbejder ved havnen vil medføre midlertidig undervandsstøj fra sprængning og pilotering og øget uklarhed af havvandet i nærheden. Skibe, der bringer maskiner, materialer mv. til havneområdet under anlægsarbejdet vil skabe støj både over og under vand og visuel forstyrrelse over vand. I tillæg til anlægsarbejdet, kan marine habitater blive påvirket af vandbehandlingen placeret i Nordre Sermilik. Begge disse aktiviteter kan potentielt medføre forstyrrelser og fordrivelse af havpattedyr, havfugle og fisk.

Væsentlige marine arter, der kan blive påvirket, omfatter:

- Ringsæler hele året og grønlandssæler om sommeren
- Havfuglekolonier ved Akullit Nunaat
- Flokke af overvintrende edderfugle
- Fjeldørred i sommerhalvåret.

Undersøgelser af eksisterende forhold viser, at tre sælarter og fire hvalarter enten er permanente i undersøgelsesområdet eller antages at være regelmæssige besøgende [57]. Der er indsamlet en begrænset mængde data om den eksisterende marine fauna i Narsap Ilua specifikt.

Flokke af havfugle, først og fremmest edderfuglen, overvintrer i fjordene omkring Narsaq, herunder i Narlunaq/Skovfjord og Narsaq Ikerasaa. Overvintrende edderfugle, der hviler og søger føde i fjordene, kan midlertidigt blive forstyrret af fartøjer, der lægger til eller fra havnen. Denne forstyrrelse anses imidlertid for ubetydelig på grund af det lave antal af forventede ankomster og afgang af fartøjer (1 eller 2 om ugen).

Hvis skibe sejler igennem Bredefjord som et alternativ til den mere regelmæssigt anvendte Skovfjord, vil de potentielt kunne forstyrre havfuglekolonier. Fjeldørreder, der migrerer gennem Narsap Ilua til de omkringliggende fjorde om sommeren for at finde føde, kan også blive forstyrret. Fartøjer, der sejler til og fra havnen via Bredefjord i stedet for via Skovfjord, passerer adskillige små kolonier med havfugle ved Akullit Nunaat i en afstand af et par kilometer. Det er usandsynligt, at denne trafik vil forstyrre havfuglenes yngel, da erfaringer fra andre dele af Grønland har vist, at ynglende fugle kun forstyrres, hvis et fartøj ligger inden for et par hundrede meter fra kolonien [13].

Sæler er almindelige i fjordene ved Narsaq. Dog anses alvorlige forstyrrelser fra sprængning og ramning af spunsvægge for usandsynlig, da sæler generelt udviser stor tolerance for undervandsstøj [13].

Fjeldørreder, der migrerer fra Narsaq-elven til fjordene om foråret og vender tilbage sent om sommeren eller om efteråret, passerer nær havnen. Støj og øget uklarhed af vandet i Narsap Ilua under anlæggelsen af havnen vil potentielt kunne forstyrre migrerende fjeldørreder. Da byggearbejderne er midlertidige med sjældne sprængninger og pilotering, og idet den øgede uklarhed af vandet er begrænset til et lille område, betragtes forstyrrelsen af de migrerende fjeldørreder i byggetidsrummet som værende lav.

På grund af det lave antal fartøjer til betjening af projektet under konstruktionsfasen (og driftsfasen) betragtes forstyrrelserne fra skibsfarten i fjordene som lave.

Den nye havn vil kræve ændringer af en del af kysten. Disse ændringer vil være permanente. Dette vil medføre tab af nogle levesteder i tidevandsområdet, hvilket potentielt vil kunne påvirke populationer af marine dyr og planter. De potentielt berørte arter omfatter fjeldørred fra bestanden i Narsaq-elven, der vandrer ud i fjorden i sommermånederne. Der findes kun begrænset viden om den marine flora og fauna ved Narsap Ilua. Observationer foretaget under den økologiske basisprøvetagning [57] tyder på, at ingen havpattedyr eller havfugle er specifikt knyttet til denne del af fjorden. Tabet af fødeareal for fjeldørreden på grund af anlæggelsen af havnen forventes at være ubetydelig, da der i nærheden findes store områder af lignende habitat langs fjordene i regionen.

I driftsfasen forventes ca. 30 skibe at ankomme til havnen årligt.

Anbringelse af behandlet vand i Nordre Sermilik er nødvendig for at bortskaffe overskydende vand fra anlæggene under drift og nedlukning. En detaljeret beskrivelse af placeringen af behandlet vand findes i afsnit 10.3.5. Der blev foretaget toksikologiske undersøgelser for at vurdere virkningerne af denne vandudledning på oprindelige marine arter [15]. Resultaterne viser en forventet lav påvirkning på alle arter og en begrænset påvirkning på vandlopper.

12.3.4 Kontaminering af habitat for terrestrisk fauna og flora

Projektaktiviteter kan potentielt medføre direkte kontaminering af terrestriske levesteder som følge af:

- Ulykker i forbindelse med transport, opbevaring og håndtering af farlige materialer såsom kulbrinter og kemikalier
- Brud på TSF-dæmningen, der resulterer i udslip af vand og tailings-materiale til land.

Udslip af kemikalier eller kulbrinter

Al transport af brændstof og kemikalier foregår med lastbiler fra havnen til minen og anlægget. Brændstof transporteres i specielle brændstofbiler, hvorimod alle flydende kemikalier transporteres i

små mængder (tønder med 25 liter, tønder med 250 liter eller isotainere på 1 m³), undtagen flotationskemikaliet (Aero 6494), der transporteres i isotainere med 20 m³. Isotainere er specielt designet til at forbedre sikkerheden ved transport af kemikalier. Desuden vil 19 ud af de 30 kemikalier, der bruges i projektet, blive transporteret i tør form, hvilket vil reducere spredningen af udslip [55], medmindre udslip foregår til lokale vandveje. Efterfølgende ville den mest sandsynlige kontaminering af de terrestriske levesteder skyldes et kulbrinteudslip. Kontaminering af overfladejord og vegetation med kulbrinter eller andre farlige materialer udgør potentielt en risiko for dyr, planter og deres levesteder.

På grund af deres organiske natur nedbrydes små udslip af kulbrinter generelt af bakterier i jorden. Denne proces er dog meget langsommere i det arktiske klima, og selv små olieudslip kan dræbe vegetation, som det derefter kræver årtier at genskabe.

Risikoen for et stort udslip på land er for det meste forbundet med sandsynligheden for en transportulykke. Trafik ind og ud af projektfaciliteterne vil blive nøje overvåget, chaufførtræning vil blive påbudt, og strenge hastighedsbegrænsninger vil blive håndhævet. Det er mere sandsynligt, at der kan forekomme mindre udslip, men virkningerne vil være lokale og forholdsvis lette at afhjælpe.

Miljøpåvirkningerne fra udslip af brændstof og kemikalier på land vurderes til at være begrænset til projektområdet. Risikoen for et potentielt tab eller en potentiel reduktion af terrestrisk habitat som følge af kontaminering anses for at være lav [55].

Brud på tailings-dæmningen

I det meget usandsynlige tilfælde af et brud på tailings-dæmningen (overløb, rørbrud eller katastrofalt brud) ville der være påvirkninger på de terrestriske økosystemer i Narsaq-dalen [110]. De mulige svigtscenarier for TSF-anlægget er beskrevet i afsnit 9.3.3.

Overløb af vandet i FTSF ville medføre, at en udstrakt og længerevarende strøm midlertidigt oversvømmer græsmarkerne på sletten i begivenhedstidsrummet. Hvis man antager, at overløbshændelsen finder sted i tidsrummet efter nedlukning, ville vandkvaliteten af den frigivne væske opfylde GWQC for alle kriterier undtagen fluorid. En overløbshændelse i driftsfasen ville forventes at forårsage en kortvarig overskridelse af GWQC, men den ville forventes at fortyndes hurtigt.

Derfor ville påvirkninger på terrestrisk fauna og flora fra ændringer i vandkvalitet forårsaget af en overløbshændelse forventes at være beskedne. I en overløbshændelse under drift ville der ifølge en vurdering forekomme radiologisk eksponering for terrestriske receptorer, som kunne udsættes i tidsrummet for vandudledningen (f.eks. ænder, der drikker fra strøme, planter og orm), og det konkluderedes, at ingen påvirkninger ville forventes. Der kunne forventes en påvirkning på terrestrisk fauna og flora på grund af øget strømning i elven og den dermed følgende nedslidning.

Et brud på et FTSF-rør forventes at oversvømme græsmarkerne på sletten og medføre afsætning af de fleste faste stoffer i tailings (60-70 %) inden for de nedre dele af Narsaq-elven. I tilfælde af kanaldannelse kan der forekomme nedslidning, og elven ville blive væsentligt ændret. Tailings ville primært forventes at blive deponeret i den eksisterende Narsaq-elvkanal, hvorfor der ikke ville forventes påvirkning af terrestriske arter [110]. Den vigtigste påvirkning i forbindelse med radiologisk eksponering ville være forbundet med porevand, og derfor er eksponerings-scenarierne for en kanaldannelse under drift og efter nedlukning nogenlunde ens. På længere sigt ville tailings sandsynligvis kvæle eksisterende biota i nogen grad, og visse arter vil have behov for at genkolonisere.

Radiologiske dosisestimer for forbundet med en kanaldannelse er blevet bestemt for en række arter [110]. Den maksimale anslåede kortsigtede risikokvotient identificeret i den radiologiske analyse blev registreret for vaskulære planter (risikokvotient på 14) og zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse organismer reproducerer hurtigt, vil påvirkningen forventes at være kortvarig.

Den maksimale anslåede risikokvotient for længerevarende eksponering er 4,9 for fugle, der lever i det lokale miljø. Dette viser, at der kunne være uønskede påvirkninger på biota i dette miljø, men alvorlige påvirkninger ville ikke forventes. Denne vurdering er også et konservativt skøn, da den antager, at fugle ville få al eksponering fra det påvirkede område, hvorimod de fleste arter, og især fugle, faktisk vil være på træk [110].

Et katastrofalt brud på FTSF-dæmningen ville medføre en oversvømmelse af et område på ca. 1,84 km² i forskellige dybder langs udledningsruten fra tailings-dæmningen til Narsap Ilua. Det blev anslået, at cirka 20 % af de faste stoffer i tailings ville forblive på land. I de områder, hvor de faste stoffer aflejres, forventes det, at den eksisterende biota ville blive kvalt, og arter ville have behov for at genkolonisere. Påvirkningerne på fugle forventes at være de samme som dem, der blev modelleret for kanaldannelsen.

Den terrestriske fauna, der findes i det berørte område, er almindelig i hele det sydlige Grønland, og bevarelsen er ikke afhængig af lokale bestande. I et scenarie med katastrofalt brud på dæmningen under drift eller efter nedlukning kan der forventes påvirkning af arter på lokalt niveau, men der forventes ikke påvirkning på populationsniveau på grund af det relativt lille habitatområde, der ville blive påvirket.

Den vurderede påvirkning af terrestrisk og akvatisk biota i tilfælde af et brud på TSF-dæmningen betragtes som værende høj. Men når denne vurdering kombineres med den ekstremt lave risiko for et brud på dæmningen, anses den samlede potentielle påvirkning af biota som værende lav [110].

12.3.5 Kontaminering af ferskvandshabitater

Projektaktiviteter, der vil eller potentielt kan forårsage direkte kontaminering af ferskvandshabitater, omfatter:

- Ulykker i forbindelse med transport, opbevaring og håndtering af farlige materialer såsom kulbrinter og kemikalier
- Brug af Taseq-søen til opbevaring af tailings-materiale
- Brud på TSF-dæmningen, der medfører udslip af vand og tailings-materiale.

Udslip af kemikalier eller kulbrinter

De konsekvenser, der vurderes i dette afsnit, er afhængige af den samme analyse som den, der er beskrevet i afsnit 12.3.4, og derfor omtales den ikke nærmere her. Fjeldørred er den eneste ferskvandsfisk i projektområdet, og der findes en stor bestand i den nederste del af Narsaq-elven. Et olieudslip i ferskvand kan potentielt påvirke gydemigrationen, gydearealet og fodringen af den unge fjeldørred.

Sandsynligheden for, at et stort udslip forekommer på land eller i lokale ferskvandsressourcer, er ikke stor. Det er mere sandsynligt, at der kan forekomme mindre udslip, men virkningerne vil sandsynligvis være lokale og forholdsvis lette at afhjælpe.

Udslip, der påvirker elvstrømmen i sommerperioder med betydelige strømme, har potentiale til at sprede sig nedstrøms og øge størrelsen af det berørte område, hvis der ikke implementeres nogen afbødende foranstaltninger.

Der ville blive observeret påvirkninger fra udslip på ferskvandshabitater, og nogle påvirkninger kan være af lang eller mellemlang varighed, før der opnås fuld eller delvis genoprettelse. Påvirkningen vil ikke, eller kun i mindre grad, påvirke arter på populationsniveau.

Brug af Taseq-søen til opbevaring af tailings

Taseq-søen vil blive brugt til opbevaring af to udledninger af tailings fra projektet: Tailings fra flotation og tailings fra raffinaderiet. Taseq-søen har ikke en fiskebestand [120]. Det rapporteres, at der

lever et lille antal hvirvelløse dyr i Taseq-ferskvandsmiljøet. Placeringen af tailings i Taseq-søen forventes at medføre tab af den eksisterende hvirvelløse population. I driftsperioden forventes adgang for vilde dyr til tailings-anlægget at være begrænset på grund af driftsaktiviteter og forstyrrelser. Langsigtet sikkerhed og beskyttelse til sikring af adgang for mennesker og dyr til Taseq-søen er blandt de emner, der behandles i nedlukningsplanen.

Brud på tailings-dæmningen

I det meget usandsynlige tilfælde af et brud på tailings-dæmningen (overløb, kanaldannelse eller et katastrofalt brud) forventes der påvirkninger på ferskvandshabitater i projektområdet [110]. De forskellige mulige brudscenarier for TSF-anlægget er beskrevet i afsnit 9.3.3.

Overløb af vandet i FTSF ville medføre, at en udstrakt og længerevarende strøm midlertidigt oversvømmer græsmarkerne på sletten i begivenhedstidsrummet. Hvis det antages, at overløbet forekommer i tiden efter nedlukning, ville kvaliteten af det udledte vand opfylde GWQC for alle kriterier undtagen fluorid. Et overløb under drift ville på kort sigt overskride GWQC, men denne påvirkning ville aftage hurtigt som følge af fortynding. Ingen radiologiske påvirkninger på ferskvandshabitater ville forventes fra en overløbshændelse under drift eller efter nedlukning.

Det forventede strømningsvolumen under et overløb forbliver mindre end den maksimale strømning, der opleves i Narsaq- og Taseq-elvene, og derfor vil påvirkninger på ferskvandshabitater fra nedslidning og afskrabning sandsynligvis svare til dem, der opleves naturligt.

Et brud på et FTSF-rør forventes at oversvømme græsmarkerne på sletten og medføre afsætning af de fleste faste stoffer i tailings (60-70 %) inden for de nedre dele af Narsaq-elven. Strømmen fra tailings forventes at overvælde den naturlige elvstrøm og ville sandsynligvis medføre, at biota såsom fisk bliver skyllet væk med strømmen. På kort sigt ville de fysiske effekter fra frigivelsen være den primære årsag til påvirkninger på ferskvandshabitater. Når først tailings-partikler var blevet aflejret i den nedre del af Narsaq-elven, ville biota blive udsat for radioaktivitet på grund af tilstedeværelsen af uran og thorium i tailings-partiklerne. Den maksimale anslåede kortvarige risikokvotient i analyse af radiologi blev optegnet for zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse er hurtigt reproducerende organismer, kunne det forventes, at en påvirkning ville være kortvarig. For at evaluere den radiologiske påvirkning i det tilfælde, at biota genoprettede i restaflejringerne, blev der foretaget en screeningsniveau-beregning med ERICA-modellen. Der blev identificeret problemer for bløddyr og zooplankton, men fisk blev ikke identificeret som værende i fare. Risikokvotienterne pegede på visse uønskede påvirkninger, men alvorlige påvirkninger forventes ikke.

Vandkvaliteten i Narsaq-elven forventes at opfylde GWQC (bortset fra fluorid) inden for 2 år efter bruddet.

Et katastrofalt brud på FTSF-dæmningen ville medføre en oversvømmelse af et område på ca. 1,84 km² i forskellige dybder langs udledningsruten fra tailings-dæmningen ned til Narsap Ilua. Det anslås, at cirka 20 % af de faste stoffer i tailings ville forblive på land. Strømmen fra tailings ville forventes at overvælde den naturlige elvstrøm. Der vil forekomme betydelig nedslidning, og biota som f.eks. fisk ville kunne blive skyllet væk med strømmen. Akvatisk liv ville forventes at blive påvirket af en række mekanismer: At blive begravet i slam eller få gællerne stoppet til; turbiditet, der forhindrer lysindtrængning og dermed fotosyntese; samt ændringer i surhed og temperatur i vandet. Disse påvirkninger forventes at overvælde radiologisk eksponering på kort sigt. Den radiologiske påvirkning, der blev beskrevet for en kanaldannelse, gælder ligeledes for dette scenarie.

12.3.6 Kontaminering af marine habitater

Projektaktiviteter, der potentielt kunne forårsage direkte kontaminering af marine habitater, omfatter:

- Ulykker i forbindelse med transport, opbevaring og håndtering af farlige materialer såsom kulbrinter og kemikalier
- Brud på TSF-dæmningen, der medfører udslip af vand og tailings-materiale.

Udslip af kemikalier eller kulbrinter

De konsekvenser, der vurderes i dette afsnit, er afhængige af den samme analyse som den, der er beskrevet i afsnit 12.3.4, og derfor omtales den ikke nærmere her.

Konsekvenserne af et stort olieudslip forårsaget af en skibulykke kan være meget alvorlige, især hvis et tankskib mister en stor mængde dieselolie, eller et stort lastskib mister en stor del af bunkerolien. Med hensyn til sidstnævnte skal det bemærkes, at skibe ikke vil ankomme med brændstofmængder, der svarer til deres fulde kapacitet, da de allerede vil have forbrugt en del deraf under sejladserne til havnen [55].

Hvis alle maritime regler overholdes, og skibene sejler i velplacerede render, anses sandsynligheden for, at en ulykke i fuld skala kunne ske, som værende meget lav, og den angives som 'usandsynlig'. I modsætning til udslip forårsaget af skibulykker er sandsynligheden for udslip forårsaget af driftsmæssige begivenheder højere, selvom mængderne af udsluppet olie typisk er mindre end i udslip forårsaget af skibulykker. Årsagerne kan omfatte menneskelige fejl, funktionsfejl i ventiler, brud på slanger osv. Dette kræver afbødende foranstaltninger rettet mod driftsmæssige udslip [55].

Generelt er virkningerne af oliespild på havfugle og havpattedyr grundigt dokumenteret. I Bredefjord og Skovfjord vurderes nogle få havfuglearter at være særligt sårbare over for udslip på grund af lav reproduktionsevne (f.eks. tejst og edderfugl). Disse arter er dog almindelige i mange grønlandske farvande og ses ikke udelukkende i dette område. Marine pattedyr (sæler og hvaler) er almindelige i Bredefjord og Skovfjord, men fjordsystemet betragtes ikke specifikt som et vigtigt område for disse arter [55].

Brud på tailings-dæmningen

Et brud på tailings-dæmningen (overløb, kanaldannelse eller et katastrofalt brud) kunne forventes at påvirke marine habitater i projektområdet [110]. De mulige brudscenarier for TSF-anlægget er beskrevet i afsnit 9.3.3.

Overløb af vandet i FTSF ville medføre, at en udstrakt og længerevarende strøm midlertidigt oversvømmer græsmarkerne på sletten i begivenhedstidsrummet og til sidst når frem til Narsap Ilua. De forudsagte koncentrationer af radionuklider i Narsap Ilua som resultat af et overløb i tiden efter nedlukning blev vurderet, og niveauerne forventes ikke at ændre sig fra de oprindelige værdier. Påvirkningen fra en overløbsbegivenhed i tiden efter nedlukning på det marine habitat forventes at være meget lav.

Hvis et overløb forekom under drift, kunne forhøjede uranniveauer udgøre en mulig risiko for fytoplankton. Påvirkningen forventes ikke at være alvorlig (maksimum risikokvotient på 4,6), og den ville forventes at være kortvarig.

Et brud på et FTSF-rør forventes at oversvømme græsmarkerne på sletten og medføre afsætning af en vis mængde tailings med faste stoffer (30-40 %) i Narsap Ilua. Af disse forventes 5 % at fortsætte ud i fjorden. En kanaldannelse har potentiale til at skabe radiologiske påvirkninger fra det vand, der er gået tabt som en del af bruddet, og fra aflejringen af faste stoffer. Den primære faktor for radiologisk eksponering forbundet med en kanaldannelse ville være tilstedeværelsen af porevand, og derfor er eksponeringsscenerierne for kanaldannelse under drift og efter nedlukning nogenlunde ens.

I løbet af den tid, der går med at frigive vand, kan der være negative kortvarige radiologiske påvirkninger på biota i Narsap Ilua (som vist med en risikokvotient på 100 for fytoplankton) ved udsættelse for radioaktivitet fra det frigivne vand. Dette udgør en væsentlig dosis med betydelige påvirkninger. Når frigivelsen ophører, forventes niveauerne af radioaktivitet at falde til tæt på de

oprindelige niveauer og indebære doser, der falder til under effektniveauet. De radiologiske påvirkninger, som stammer fra den vandmængde, der udløses af en kanaldannelse, ville potentielt være betydelige, men kortvarige.

Der forventes også længerevarende påvirkning fra eksponering for tailings med faste stoffer, der aflejres i Narsap Ilua. Der er foretaget modellering under antagelse af, at de faste stoffer i tailings ville udgøre et nyt sedimentlag i Narsap Ilua. Resultaterne fra denne modellering indikerer, at der ikke forventes nogen langsigtet radiologisk påvirkning på biota, der genetablerer i de tailings, der udgør sediment. Det bemærkes dog, at tailings ville kvæle den eksisterende biota, og at arter ville have behov for at genkolonisere.

Et katastrofalt brud på FTSF-dæmningen ville medføre en oversvømmelse af et område på ca. 1,84 km² i forskellige dybder langs udledningsruten fra tailings-dæmningen til Narsap Ilua. Det blev anslået, at cirka 80 % af de faste stoffer i tailings ville aflejres i Narsap Ilua eller videre frem. De radiologiske virkninger på marine habitater forventes at være i overensstemmelse med dem, der er rapporteret ovenfor for kanaldannelse, og derfor omtales de ikke yderligere her. De fysiske påvirkninger på havmiljøet fra et katastrofalt brud på dæmningen kunne forventes at være større end i tilfældet med kanaldannelse på grund af den større mængde frigivne tailings. Visse mængder tailings kunne forventes at komme ud i Narsaq bugten, men dette er et miljø med meget hurtig bevægelse, og tailings ville derefter blive blandet og spredt over et større område. De fleste hvaler, og mindst en sælart, forbliver sædvanligvis i åbent hav og kommer kun lejlighedsvis ind i fjordene, hvilket minimerer deres eksponering for de aflejrede tailings [110].

12.3.7 Forøget påkørsel af terrestrisk fauna

Projektet kan potentielt føre til øget direkte dødelighed blandt dyr og fugle på grund af påkørsler i trafikken.

Kørende lastbiler og andre køretøjer langs transport- og serviceveje udgør en risiko for dyr. Men i betragtning af den begrænsede tilstedeværelse af terrestrisk fauna i undersøgelsesområdet er det usandsynligt, at dette vil være en stor fare for dyrelivet.

Bevægelsen af køretøjer mellem habitater af forskellig kvalitet kan risikere at indføre invasive ikke-hjemmehørende arter. Tilstedeværelsen af invasive ikke-hjemmehørende arter i undersøgelsesområdet er ikke identificeret som et emne, der vækker særlig bekymring, og derfor forventes brugen af køretøjstransport fra havnen til minen og anlæggets områder ikke at udgøre nogen betydelig risiko for indførsel af ikke-hjemmehørende arter til terrestriske levesteder.

12.3.8 Invasive ikke-indfødte marine arter

Fartøjer, der lægger til i havnen, vil udlede ballastvand inden lastning af gods. Ballastvandet kan indeholde ikke-indfødte arter, der potentielt vil kunne etablere sig i de sydlige grønlandske fjorde. Når disse nye arter indføres i nye områder, vil de kunne trives og blive en trussel mod indfødte arter og det lokale økosystem.

Konventionen om ballastvand (BWM, ballast water management) har til formål at forhindre potentielt ødelæggende virkninger fra spredningen af skadelige vandlevende organismer, der findes i skibenes ballastvand. BWM kræver, at alle skibe gennemfører en forvaltningsplan for ballastvand og sediment. Det kræves af alle skibe, at der udføres procedurer af en given standard for forvaltning af ballastvand. For at minimere en potentiel introduktion af ikke-oprindelige arter vil reglerne i BWM-konventionen blive fulgt for projektet.

Hvis fartøjer, der lægger til ved projektets havn, følger BWM-forskrifterne, er risikoen for at indføre invasive ikke-oprindelige arter med ballastvand usandsynlig.

12.4 Afbødende foranstaltninger

- Begrænsning af bevægelsen af medarbejdere uden for projektområdet i løbet af foråret og sommeren for at minimere den generelle forstyrrelse af dyrelivet
- Minimering af forstyrrelsen af vandet i Narsaq-elven og Taseq-elven, når der bygges gennemløbskanaler og dæmninger, ved at gøre byggeriet så kortvarigt som det er praktisk muligt
- Vedligeholdelse af et minimum af gennemstrømning i Narsaq-elven om vinteren (40 m³/t). Dette vil kræve yderligere genanvendelse af anlæggets vand om vinteren for at reducere ferskvandsforbruget
- Krav om lav hastighed for fartøjer i fjordene
- Afstandsbegrænsninger for skibe til flokke af overvintrende havfugle (når det er muligt)
- Minimering af det område, der forstyrres, ved hjælp af infrastrukturer med så lille et fodaftryk som muligt
- Forberedelse af beredskabsplaner for udslip i samarbejde med de relevante myndigheder og let tilgængelighed af udstyr til udslip, der er egnet til risikoen for udslip
- Udvikling af procedurer for og en håndbog i affaldshåndtering
- Fastsættelse og håndhævelse af hastighedsgrænser på tværs af projektet
- Rapportering af påkørsel af fauna
- Udvikling af håndteringsplan for ballastvand og sedimenter.

12.5 Forventede påvirkninger

De forventede påvirkninger på biodiversiteten som følge af projektet er beskrevet i Tabel 83.

Tabel 83 Forventede resultater for biodiversiteten

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Forstyrrelse af levesteder for terrestrisk fauna og flora	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Vurdering Støj og visuelle forstyrrelser under driften vil kun medføre lokal forstyrrelse af terrestriske fugle og pattedyr. Da der ikke findes kendte ynglepladser for havørnen, der er følsom over for forstyrrelser, inden for eller tæt på undersøgelsesområderne, vurderes påvirkningen ved forstyrrelse af terrestriske pattedyr og fugle som værende lav.			
Forstyrrelse af levesteder for ferskvandsarter	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Vurdering Ændringerne i hydrologien på grund af projektet vil være minimale. Om vinteren forventes der ingen projektrelateret strømningsreduktion for ferskvandskilder.			
Forstyrrelse af levesteder for marin fauna	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Vurdering Påvirkningen på marin fauna og habitat forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af internationale standarder for bedste praksis.			
Kontaminering af habitat for terrestrisk fauna	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Lav
	Vurdering Et potentielt tab eller en potentiel reduktion af terrestrisk habitat som følge af et udslip anses for at være en lav påvirkning. I det usandsynlige tilfælde af et katastrofalt svigt i FTSE-anlægget ville flora og fauna på land blive påvirket betydeligt på et individuelt niveau, men der er ingen forventede påvirkninger på populationsniveau. Kortvarige radiologiske påvirkninger kunne muligvis gøre sig gældende for vaskulære planter og zooplankton, og langvarige påvirkninger kunne forekomme for fugle, men ingen af dem forventes at være alvorlige. På grund af den lave sandsynlighed for, at noget sådant sker, er dette blevet betragtet som en lav påvirkning.			
Kontaminering af ferskvandshabitater	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Mellemstor
	Vurdering Det potentielle tab eller den potentielle reduktion af ferskvandshabitat som følge af et udslip betragtes som en mellemstor påvirkning på grund af udslippets mulighed for at sprede sig gennem vandløbet. Brug af Taseq-søen til opbevaring af tailings forventes ikke at have væsentlige påvirkninger på ferskvandslevesteder på grund af søens lave antal arter. I det usandsynlige tilfælde af, at der skulle forekomme et katastrofalt svigt i FTSE-anlægget, ville ferskvandsarter og levesteder blive påvirket betydeligt på et individuelt niveau og potentielt på populationsniveau. Kortvarige radiologiske påvirkninger ville muligvis forekomme for vaskulære planter og zooplankton, mens langvarige påvirkninger kunne forekomme for fugle, bløddyr og zooplankton, men ingen af disse påvirkninger forventes at være alvorlige. På grund af den lave sandsynlighed for, at dette sker, er denne risiko med stor konsekvens blevet betragtet som en påvirkning af mellemstor styrke.			
Kontaminering af marine habitater	Anlægsarbejde Drift Efter nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Mellemstor
	Vurdering Det potentielle tab eller den potentielle reduktion af marine arter og/eller levesteder som følge af et udslip betragtes som en lav risiko. I det usandsynlige tilfælde af et katastrofalt svigt i FTSE-anlægget ville havlevende arter og levesteder i havet blive påvirket betydeligt på kort sigt på grund af sediment og dermed forbundne radiologiske påvirkninger på biota. På længere sigt forventes individuelle påvirkninger, men påvirkninger på populationsniveau forventes at være begrænsede. På grund af den lave sandsynlighed for, at dette sker, er denne risiko med stor konsekvens blevet betragtet som en påvirkning af mellemstor styrke.			
Forøget påkørsel af terrestrisk fauna	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
	Vurdering Påvirkningen på den terrestriske fauna og levestederne forventes at være begrænset baseret på det begrænsede antal køretøjer og på den lave tæthed af terrestrisk fauna.			
Invasive ikke-indfødte marine arter	Anlægsarbejde Drift Nedlukning	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Vurdering Påvirkningen af marin fauna og habitat forventes at være begrænset på baggrund af anvendelsen af internationale standarder for bedste praksis.			

13. Lokal brug og kulturarv

13.1 Eksisterende miljø

Med mere end 40.000 km kystlinje er Grønland verdens største ø. Kombinationen af vanskelige klimatiske og fysiske forhold har gjort Grønland til et tyndt befolket område med en anslået nuværende befolkning på 57.000 [69].

Der findes ingen privat ejendomsret i Grønland. Landjord betragtes som fælles og skal deles på ansvarlig vis af alle grønlændere. I tilfælde, hvor adgangen til landområder er nødvendig for en specifik gruppe, f.eks. fåreavlere, kræver Selvstyret, at gruppen i fællesskab er ansvarlig for at aftale vilkårene for retten til at bruge jorden. I tilfælde, hvor personer bygger et hus, kan de eje bygningen, men de skal søge arealtildeling til den grund, hvorpå huset er bygget.

Størstedelen af Grønland er dækket af is, og det anslås, at kun 0,6 % af Grønlands landområde anvendes til landbrug. Størstedelen heraf foregår i Kujalleq kommune. I 2017 var 34 af 37 aktive gårde i Grønland fåreavlsgårde, og der var to rensdyrgårde og et kvægbrug.

Kvanefjeld-forekomsten ligger ca. 8 km nord for Narsaq, som befinder sig på sydspidsen af halvøen Erik Aappalaartup Nunaa. Narsaq med ca. 1.400 indbyggere [69] er den by, der ligger nærmest ved projektet. Qaqortoq (med ca. 3.000 indbyggere) er Kujalleq Kommunes administrative center og ligger 28 km syd-sydøst for projektet på en nærliggende halvø.

Andre bosættelser i nærheden af projektet omfatter gården med kvægbrug og sommerhuse i den nedre del af Narsaq-dalen.

Undersøgelser af lokal områdeanvendelse blev gennemført i 2011 og 2015 af Orbicon [54]. Orbicon identificerede jagt og fiskeri som levebrødsaktiviteter i Narsaq-området, der udgør en vigtig indtægtskilde og forsyning for mange familier. Størstedelen af det lokale fiskeri udføres af mindre virksomheder, der arbejder i fjorden omkring Narsaq. Omkring 30 personer i Narsaq har angivet fiskeri som deres primære indtægtskilde. Derudover har 10-15 personer en erhvervstilladelse og supplerer deres indkomst ved at sælge fisk. De fleste år er torsk, rødfisk, fjeldørred og havkat de vigtigste fiskearter i handelen. I slutningen af vinteren og om foråret er fiskeri efter rogn en vigtig aktivitet.

Selv om den er mindre betydningsfuld som handelsmæssig aktivitet er sæljagt en vigtig indtægtskilde, hovedsagelig via privat salg og distribution af sælkød. Den er også vigtig for selvforsyningen i mange familier i Narsaq. Sæler jages i fjordene omkring Narsaq, især i Bredefjord og Nordre Sermilik. Den vigtigste art er ringsælen, men i sommermånederne jages der også mange grønlandssæler.

Om vinteren er jagt på fjeldryper og harer populær blandt mange borgere i Narsaq. Der er primært tale om fritidsjagt, der finder sted højt i bjergene nordøst for Narsaq.

Søgning efter ædelstene til smykker eller personlige souvenirs finder sted i hele undersøgelsesområdet. Den halvædle sten tugtupit er langt den mest populære og findes overvejende på Kuannersuit. Tre personer i Narsaq har erhvervstilladelse til udgravning af ædelstene i mindre skala i undersøgelsesområdet; dog var kun en af dem aktiv i 2017 [69]. Yderligere 4 til 5 personer sælger sten fundet andre steder i området; de poleres til smykker eller sælges som rå sten.

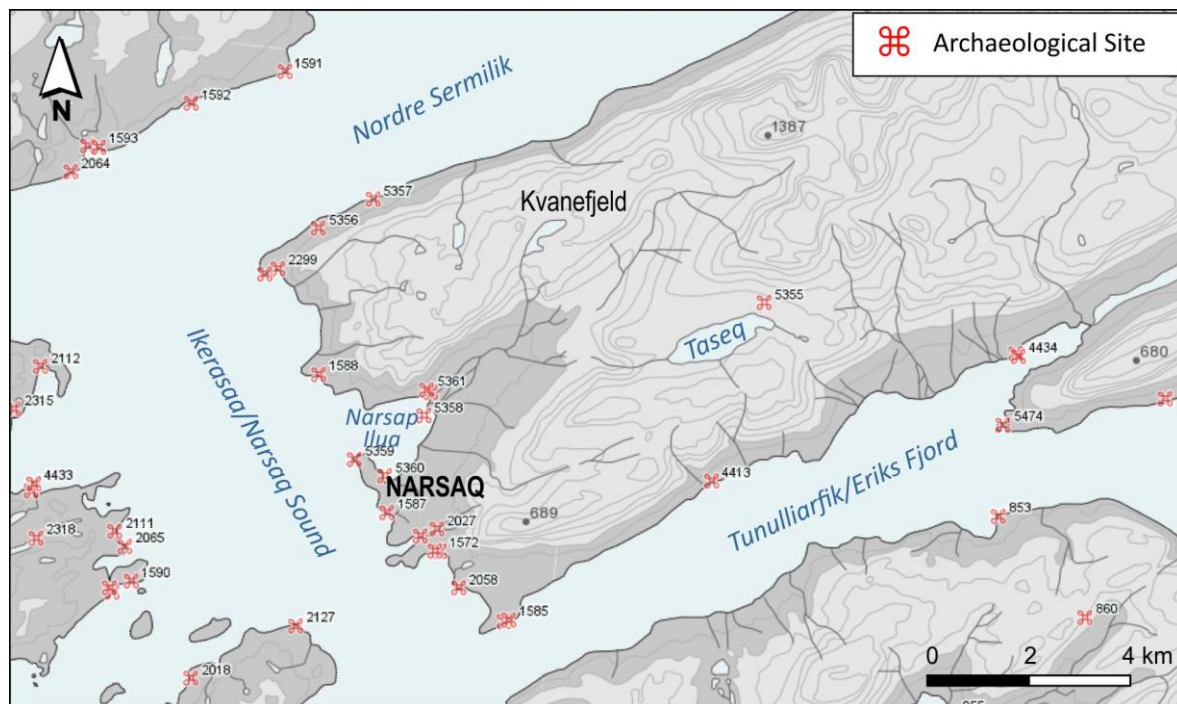
Turisme i og omkring Narsaq er relativt begrænset. De fleste turister ankommer typisk til Narsaq som en del af en rundrejse i Sydgrønland, og besøgets fokus er aktiviteterne i byen. Nogle turister kommer dog alene og bor på det lille hotel i byen, mens de besøger Narsaq-dalen.

Bærplukning i efteråret og vandreture i bjergene omkring Narsaq er meget populære aktiviteter blandt Narsaqs borgere. Der fiskes efter ørred i Narsaq-elven. Yderligere detaljer om lokal områdeanvendelse og de sociale og økonomiske påvirkninger fra projektet findes i VSB-dokumentet for projektet [69].

13.1.1 Arkæologi og kulturarv

Grønlands Nationalmuseum og Arkiv (NKA) har undersøgt steder af arkæologisk interesse i området omkring Kvanefjeld i 2009 og 2010 [40] [48].

Der findes steder af arkæologisk interesse langs kysten på halvøen Aappalaartup Nunaa (Figur 71). Størstedelen af disse steder er efterladenskaber efter inuitter fra Thule-kulturen (1300 A.D.) og historiske inuit-bosættelser. Stederne omfatter spor af permanente vinter-bosættelser i form af huse bygget af græstørv samt teltfundamenter.



Figur 71 Steder af arkæologisk interesse ved Narsaq/Kvanefjeld (Kilde: <http://nunniffiit.natmus.gl>)

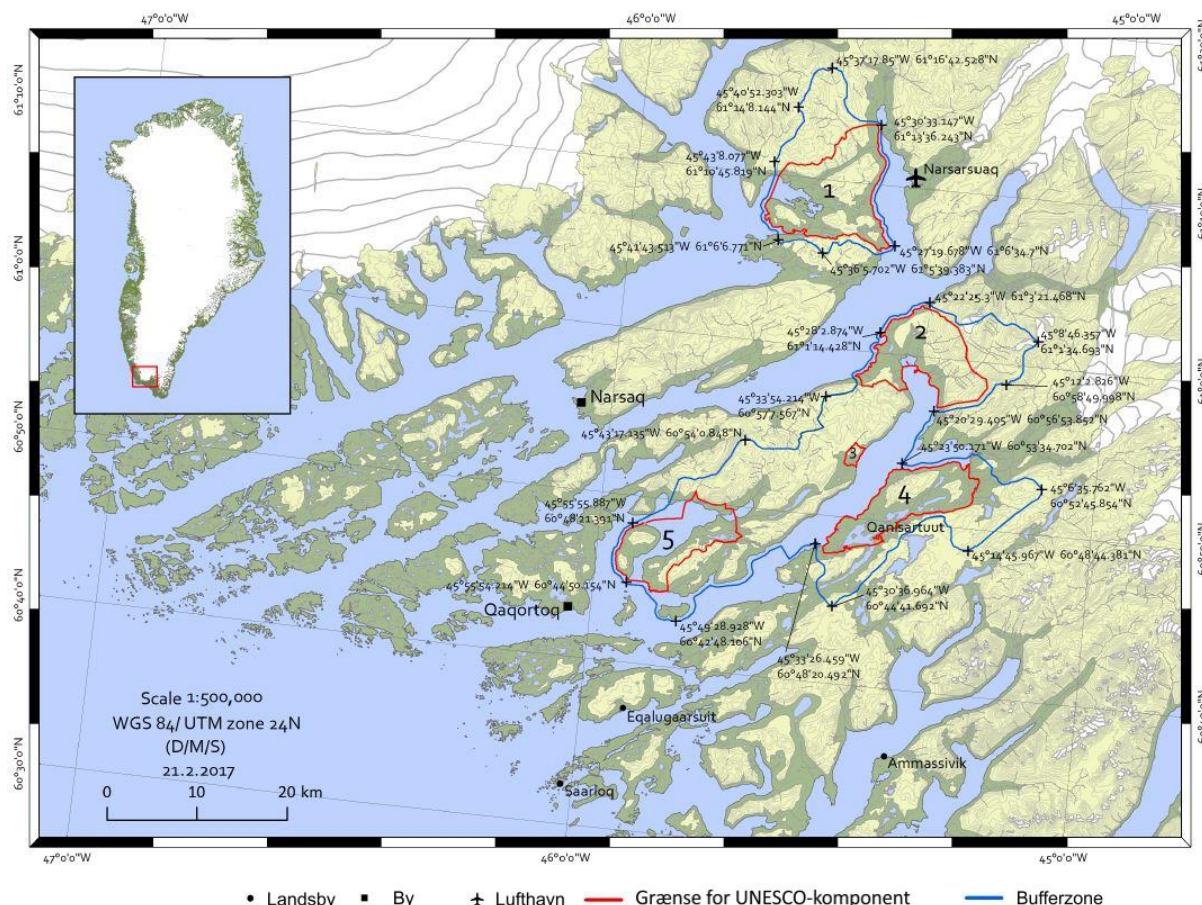
Resterne af en bygd fra den norrøne periode ligger ved Narsap Ilua/Dyrnæs lige nord for udmundingen af Narsaq-elven. Den norrøne periode anses generelt for at dække årene mellem 985 og 1450 A.D.

Bygden omfattede et stort beboelseshus, en kirke og en række andre bygninger. På tidspunktet for undersøgelsen i 2010 var der på stedet rester af 18 individuelle bygninger opført af sten og græstørv.

I 2017 blev fem områder, der er typiske for subarktiske landbrugsområder i Grønland, samlet benævnt som Kujaata, optaget på UNESCO's Verdensarvsliste [105]. Områderne ligger i fjordsystemet omkring Tunulliarfik- og Igaliku-fjorden (Figur 72) og omfatter:

- Område 1 – Qassiarsuk
- Område 2 – Igaliku
- Område 3 – Sissarluttoq
- Område 4 – Tasikuluulik (Vatnahverfi)
- Område 5 – Qaqortukuloq (Hvalsey).

Kujataas fem dele udgør sammen den demografiske og administrative kerne af to landbrugskulturer, en nordbo-grønlandsk kultur fra slutningen af det 10. århundrede til midten af det 15. århundrede e. Kr. og en inuitkultur fra 1780'erne op til nu. Område 5 ligger tættest på projektområdet med en afstand på ca. 18 km mellem områdets grænse og projektområdet.



Figur 72 Kujataa-områderne på UNESCO's Verdensarvsliste (UNESCO, 2017)

13.2 Potentielle påvirkninger

De mulige påvirkninger af lokal brug og kulturarv omfatter:

- Konstruktion og drift forbundet med projektet vil begrænse den lokale brug af undersøgelsesområdet
- Konstruktion og drift af projektet vil påvirke visse kulturarvssteder.

Projektets sociale konsekvenser vurderes i detaljer i VSB-dokumentet (vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed) [69].

13.2.1 Begrænsning af den lokale brug

En stor del af indbyggerne i Narsaq bruger undersøgelsesområdet til rekreation [54]. Selvom der vil være adgangsrestriktioner i umiddelbar nærhed af projektaktiviteterne, forbliver det meste af dalen og farvandene omkring Erik Aappalaartup Nunaa åbne for beboerne i Narsaq til rekreativ brug.

Nogen jagt på harer og fjeldryper finder sted i undersøgelsesområdet, men den meste jagt på disse dyr foregår i bjergene længere væk fra Narsaq. Fra byggefasens begyndelse vil der blive afgrænset et område med forbud mod jagt på land for at undgå ulykker med vådeskud. Det nøjagtige område, der skal indgå i denne zone, vil blive aftalt med de relevante lokale myndigheder, inden anlægsarbejde begynder. Ved slutningen af projektets efter-nedlukningsfase vil behovet for og størrelsen af en sikkerhedszone blive drøftet med de lokale myndigheder.

Beboere i Narsaq (flekt kvinder) plukker sortebær og mosebøllebær sent om sommeren og om efteråret. De foretrukne steder for bærplukning er sydøst for Narsaq og på bakkerne mod nord. Nogle plukker også bær i de nedre dele af Narsaq-dalen. Bortset fra arbejdsområdet nær vejen fra havnen til minen vil projektaktiviteter få begrænset indflydelse på bærplukning i dalen.

Af sikkerhedsgrunde vil der ikke tillades adgang til mine- og forarbejdningsområdet under bygge- og driftsfaserne, og dette vil begrænse adgang til visse tugtupit-indsamlingssteder. Der er andre steder i området, hvor disse halvædelstene findes, og der vil blive truffet foranstaltninger til at muliggøre indsamling i påvirkede områder, inden adgangsforbud iværksættes.

Sæljagt finder sted i Nordre Sermilik og i nogle dele af de andre fjorde omkring Narsaq. Der forventes ingen væsentlige restriktioner af sæljagten med undtagelse af sikkerhedszonerne med forbud mod jagt i Narsap Ilua og i umiddelbar nærhed af udledningspunktet for behandlet anlægsvand i Nordre Sermilik. Omfanget af disse zoner vil blive aftalt med de relevante lokale myndigheder. Resultatet af oprettelsen af disse marine sikkerhedszoner anses for at være ubetydeligt, da de blot vil udgøre en lille reduktion i de sæljagtområder, beboerne i Narsaq har adgang til.

Visse aktiviteter med professionelt fiskeri og fritidsfiskeri finder sted i fjorden omkring Narsaq [54]. Fiskeri af fjeldørred i de nedre dele af Narsaq-elven er populært blandt Narsaqs beboere. Kun meget lokalt, tæt på havnen, vil fiskeri ikke være muligt. Der vil også være et område med forbud mod fiskeri omkring udledningspunktet for behandlet anlægsvand i Nordre Sermilik. Dette har sandsynligvis ingen indflydelse, da fiskeri i dette område er vanskeligt på grund af de mange isbjerge. Fjeldørredfiskeri i Narsaq-elven vil fortsætte under byggefasen.

Gåture, løb, vandring og i mindre grad kørsel er i øjeblikket populære rekreative anvendelser af Narsaq-dalen blandt beboerne i Narsaq og turister. Af sikkerhedsgrunde er det ikke tilladt at køre og vandre på vejen fra minen til havnen. Området ved minen og forarbejdningsanlægget og et område omkring de forskellige projektfaciliteter, herunder TSF-anlægget, vil også blive lukket for offentligheden.

Kajaksejls er også en populær aktivitet, især blandt turister. Da havneudnyttelsen ikke forventes at overstige 20 %, forventes påvirkningen på sikkerheden for kajaksejlere ikke at være betydelig, men et alternativt sted til at sætte kajakker i vandet kan muligvis blive nødvendigt af æstetiske årsager.

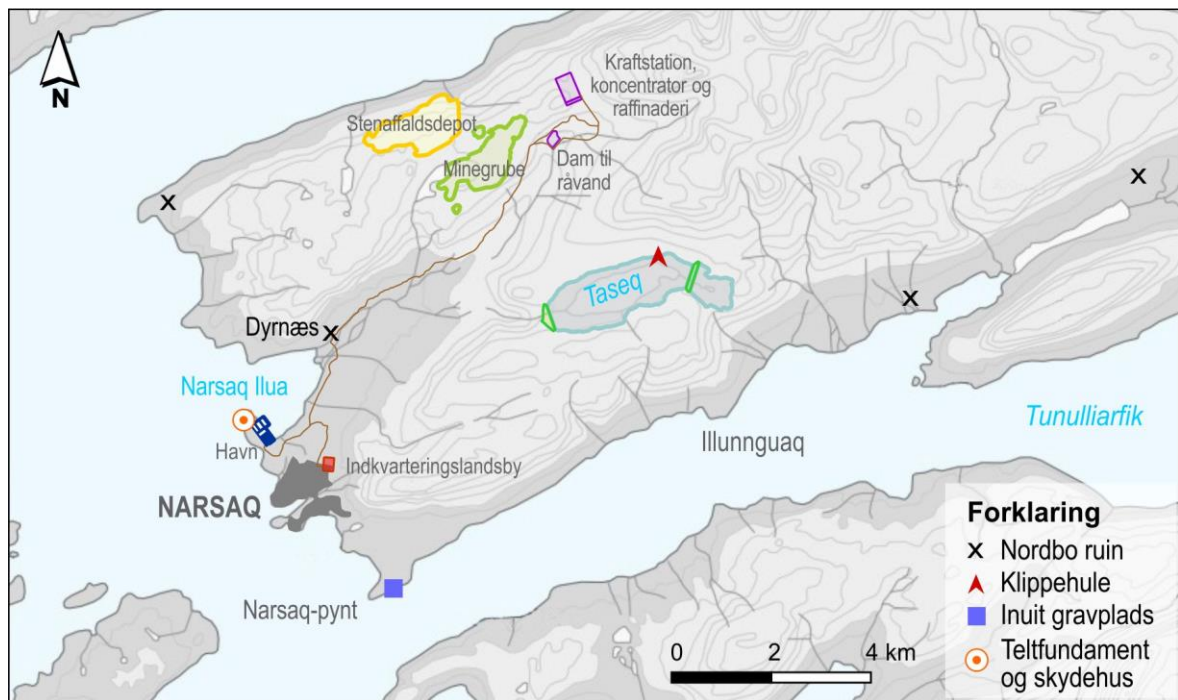
Der er to gårde i undersøgelsesområdet: En kvægbedrift i Narsaq-dalen og en fåreavlsgård i Ipiutaq. Ipiutaq-gården fungerer også som et gæstehus og et gourmetkøkken. Ipiutaq er relativt isoleret fra projektet, og projektrelaterede aktiviteter forventes at have en begrænset påvirkning på landbrugsaktiviteter.

Projektledelsen og ejeren af kvægbedriften i Narsaq-dalen har tidligere haft uformelle drøftelser. Når projektet får udstedt en udnyttelsestilladelse, kan der arrangeres en forhandling mellem selskabet og ejeren af bedriften med henblik på et muligt køb af denne. Det understreges, at der på nuværende tidspunkt ikke foreligger nogen aftale.

13.2.2 Forstyrrelse af kulturarvssteder

NKA har identificeret flere steder med kulturarv inden for undersøgelsesområdet, inklusive nordbogården Dyrnæs, på kysten ved Narsap Ilua, og flere Inuit-bosættelser og gravpladser [40] [48]. Placeringen af havnen blev til dels valgt for at minimere projektets indvirkning på nordbogården.

En identificeret lokalitet vil blive ødelagt af projektets byggearbejder: En klippehule langs kysten af Taseq-elven (reference: Taseq 60V2-01V-071). Yderligere kulturarvssteder, som kunne blive forstyrret af projektet, omfatter et teltefundament og skydehus beliggende på spidsen af Tunu-halvøen (reference: Nuugaarmiut 60V1-001-169) tæt på havnens placering [48] (Figur 73) samt lokaliteter tæt på vejen fra havnen til minen (reference: Illunnguaq 60V1-001-168 og unavngiven 60V1-001-170).



Figur 73 Steder af arkæologisk interesse

I samråd med NKA vil der blive foretaget yderligere arkæologiske undersøgelser på steder, hvor det foreslås, at visse elementer i projektets infrastruktur bygges. Disse undersøgelser foretages, inden der bliver gravet.

Hvis det er nødvendigt, vil der blive foretaget mere detaljerede arkæologiske undersøgelser af arvssteder, der allerede er identificeret, samt af nye arvssteder, som identificeres gennem yderligere undersøgelser.

Det nærmeste sted på UNESCO's Verdensarvsliste (Qaqortukulooq) ligger 18 km fra projektet. Projektet medfører ingen påvirkninger på dette eller andre UNESCO-områder.

13.3 Afbødende foranstaltninger

- Der vil blive foretaget yderligere arkæologiske undersøgelser i samråd med NKA
- Under faserne med konstruktion og drift vil der blive oprettet et sikkerhedsområde med forbud mod jagt
- Under faserne med konstruktion og drift vil der blive oprettet et område med forbud mod fiskeri og jagt i Narsap Ilua og omkring anlæggets udledning af behandlet vand i Nordre Sermilik
- Der vil blive etableret procedurer til at håndtere eventuelle uventede forekomster af kulturarv, der måtte blive fundet i anlægsfasen.

13.4 Forventede påvirkninger

De påvirkninger på jordbrugen og kulturarven, der forventes som følge af projektet, er beskrevet i Tabel 84.

Tabel 84 Forventede resultater for lokal brug og kulturarv

Påvirkning	Projektfase	Fysisk udstrækning	Varighed	Betydning
Begrænsning af den lokale arealanvendelse	Anlægsarbejde Drift	Undersøgelsesområde	Langsigtet	Lav
	Vurdering Lokal adgang til jagt, fiskeri og traditionelle områdeanvendelser vil være underlagt begrænsninger i nærheden af projektaktiviteter. Omfanget af disse begrænsninger vil blive aftalt med lokale myndigheder for at sørge for sikkerheden for beboere i Narsaq, der er involveret i rekreative eller erhvervsmæssige aktiviteter. Det forventes, at disse begrænsninger vil have beskeden indvirkning på rekreative muligheder eller erhvervsaktivitet i undersøgelsesområdet.			
Forstyrrelse af kulturarvssteder	Konstruktion	Undersøgelsesområde	Permanent	Lav
	Vurdering Forstyrrelse af en klippehule ved Taseq og et teltfundament og skydehus på spidsen af Tunu-halvøen. Ingen af disse anses for at være vigtige som kulturarv..			
Forstyrrelse af steder på UNESCO's Verdensarvsliste	Anlægsarbejde Drift	Undersøgelsesområde	Minens levetid	Meget lav
	Vurdering Som følge af afstanden fra projektet forventes ingen forstyrrelse eller påvirkning.			

14. Vurdering af kumulative påvirkninger

14.1 Indledning

“Kumulative påvirkninger opstår fra de samlede indvirkninger fra et projekt i tillæg til andre eksisterende, planlagte og/eller rimeligt forventelige fremtidige projekter og anden udvikling”¹. Vurderinger af kumulative påvirkninger begrænses typisk til de påvirkninger, som generelt anses for at være vigtige ud fra videnskabelige betragtninger og/eller bekymringer i de påvirkede samfund².

Dette afsnit er blevet udarbejdet ifølge vejledningen i en håndbog fra det Internationale Finansieringsinstitut: “Good Practice Handbook: Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets” (2013) (Håndbog for den private sektor i udviklingsmarkeder om god praksis angående vurderinger og håndtering af kumulative påvirkninger) [131].

- Trin 1 – Bestemmelse af fysiske og tidsmæssige grænser
- Trin 2 – Identificering af værdifulde miljømæssige og sociale elementer (VEC’er) og identificering af alle aktiviteter og eksterne naturlige og sociale stressfaktorer, som har indvirkning på VEC’erne
- Trin 3 – Vurdering af den nuværende tilstand af VEC’erne
- Trin 4 og 5 – Vurdering af kumulative påvirkninger og deres betydning i forhold til de forudsete fremtidige tilstande for VEC’erne
- Trin 6 – Bestemmelse af styringsstrategier til håndtering af påvirkningerne

Denne vurdering er foretaget som et skrivebordsstudie (desk-based evaluation), men den er bygget på specialisters erfaring og ekspertise som anført i deres afsnit af VVM-dokumentet og på indsigt i vigtige VEC’er inden for lokale samfund som indhentet gennem konsultationer.

Ud over fremgangsmåden beskrevet ovenfor, blev der efter vejledning fra DCE/GINR desuden foretaget vurderinger af potentielle kumulative påvirkninger på tværs af hvert af emnerne behandlet i denne VVM.

De kumulative effekter adresserer de kerneparametre som er centrale i VVM-redegørelsen i et kumulativt aspekt. I den kumulative effekt fokuseres på de samlede effekter af de enkeltkomponenter, der indgår i de enkelte vurderinger af virkninger på miljøet, herunder det fysiske miljø, atmosfæriske omgivelser, radiologiske emissioner, vandmiljø, affaldshåndtering, biodiversitet - altså alle de væsentlige parametre hvor miljø, natur og klimapåvirkning har været vurderet i VVM'en.

Desuden er det vurderet om der er påvirkninger på baggrund af andre belastende faktorer og aktiviteter, som kan medføre en kumulativ påvirkning.

Resultatet af denne vurdering indikerede, at omfanget af kumulative påvirkninger isoleret set ikke forventes væsentligt at ændre vurderingen af påvirkninger for projektet (se afsnit 14.6).

¹ US Council on Environmental Quality (1997)

² IFC (2012) Performance Standard 1 – Assessment and management of Environmental and Social Risks and Impacts, http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/3be1a68049a78dc8b7e4f7a8c6a8312a/PS1_English_2012.pdf?MOD=AJPERES

14.2 Fysiske og tidsmæssige grænser

I denne vurdering er den tidsmæssige grænse fastsat til projektets levetid (herunder konstruktion, drift, nedlukning og 6 år efter nedlukning), dvs. i alt 46 år. Den fysiske grænse afhænger af den VEC, der er under betragtning. Alle de VEC'er, der er anført nedenfor, udgør elementer, som Kvanefjeld-projektet enten forventes eller kunne forventes at have indvirkning på. En fysisk grænse er vist for hver VEC anført i Tabel 85.

Tabel 85 VEC'er og fysiske grænser³

Værdifulde miljømæssige og sociale elementer (VEC'er)		Fysisk grænse
Kategori (VEC)	Beskrivelse (Fokus område)	
Fysisk påvirkning og naturlige miljø	Havmiljøet (sikkerhed og risiko for udslip)	Undersøgelsesområdet
	Atmosfæriske omgivelser inklusiv drivhusgasemissioner	Nationalt
	Forstyrrelse af habitat for terrestrisk fauna og flora	Nationalt og regionalt
	Forstyrrelse af habitat for ferskvandsfauna	
	Forstyrrelse af habitat for marin fauna	
	Forurening af habitat for terrestrisk fauna og flora	
	Forurening af habitat for ferskvandsfauna	
	Forurening af habitat for marin fauna	
	Øget trafik med motordrevne køretøjer	
	Havgående trafik	
	Vandmiljø inklusiv fersk-, drikke-, og havvand	
	Albedo påvirkning fra støvaflejringer på sne og is	Natioalt og regionalt
Økosystemtjenester, turisme, rekreative aktiviteter og kulturarv	Indsamling af føde og plukning af bær	Undersøgelsesområdet
	Kajaksejls, vandring og camping m.m.	Undersøgelsesområdet
	Landbrug inklusiv fåreavl, grønsags- og foderdyrkning	Nationalt
	UNESCO kulturarvsområder og andre kulturarvsområder	Regionalt

14.3 Øvrige aktiviteter og sociale og miljømæssige stressfaktorer

For at få overblik over mulige kumulative påvirkninger er det nødvendigt at identificere eksisterende og fremtidige planlagte projekter, som kunne indvirke på konklusionerne i VVM. I udarbejdelsen af denne liste blev der set på tidligere aktiviteter, hvis påvirkninger vedvarer, eksisterende aktiviteter og forventelige fremtidige aktiviteter såvel som relevante miljømæssige faktorer.

³ Nogle af de kumulative effekter af beskrivelserne (fokusområderne) i tabellen er sammenfattet i afsnit 14.5 og andre i 14.6.

Tabel 86 Øvrige stressfaktorer og aktiviteter

Øvrige aktiviteter og stressfaktorer	Mulig påvirkning på VEC'er
Global klimaforandring	Marine arter, terrestriske arter og ferskvandsarter, albedo påvirkning
Mineprojektet TANBREEZ	Sikkerhed på havet og risiko for udslip Drivhusgasemissioner, støjaflejringer m.m.
Udvidelse af Kvanefjeld-projektet	Drivhusgasemissioner Anlæggelse af et vandkraftværk Radiologiske emissioner Vandmiljø Atmosfæriske omgivelser Affaldshåndtering Fåreavl Terrestriske arter Indsamling af føde og plukning af bær
Udvidelse af turismen	Kajaksejls, vandring og camping m.m.
Ændringer i omfanget af landbrug	Fåreavl

En kort beskrivelse af hver aktivitet eller stressfaktor vises nedenfor:

Global klimaforandring

Grønland nævnes ofte i drøftelser om klimaforandring på grund af tilstedeværelsen af Grønlands indlandsis (indlandsisen), som indeholder omkring 10 % af klodens beholdning af ferskvand. Det er nok til at øge verdenshavens vandstand med gennemsnitligt 7 m, hvis isen smeltede helt bort [127]. I Grønland har refleksionen af sollys, den såkaldte albedo, fra is og sne været faldende siden begyndelsen af satellitobservationer i 1981⁴. Skønt mange klimaforandringsmodeller er blevet udarbejdet, peger en nylig analyse af videnskabelige data om indlandsisens smeltning på en stigning på 10 cm i verdenshavene ved slutningen af det 21. århundrede, hvis udviklingen i global opvarmning fortsætter [129]. Derudover forventes Grønland at blive 4-6,6 grader Celsius varmere ved år 2100 (ibid) i et scenarie, hvor der fortsættes som sædvanlig.

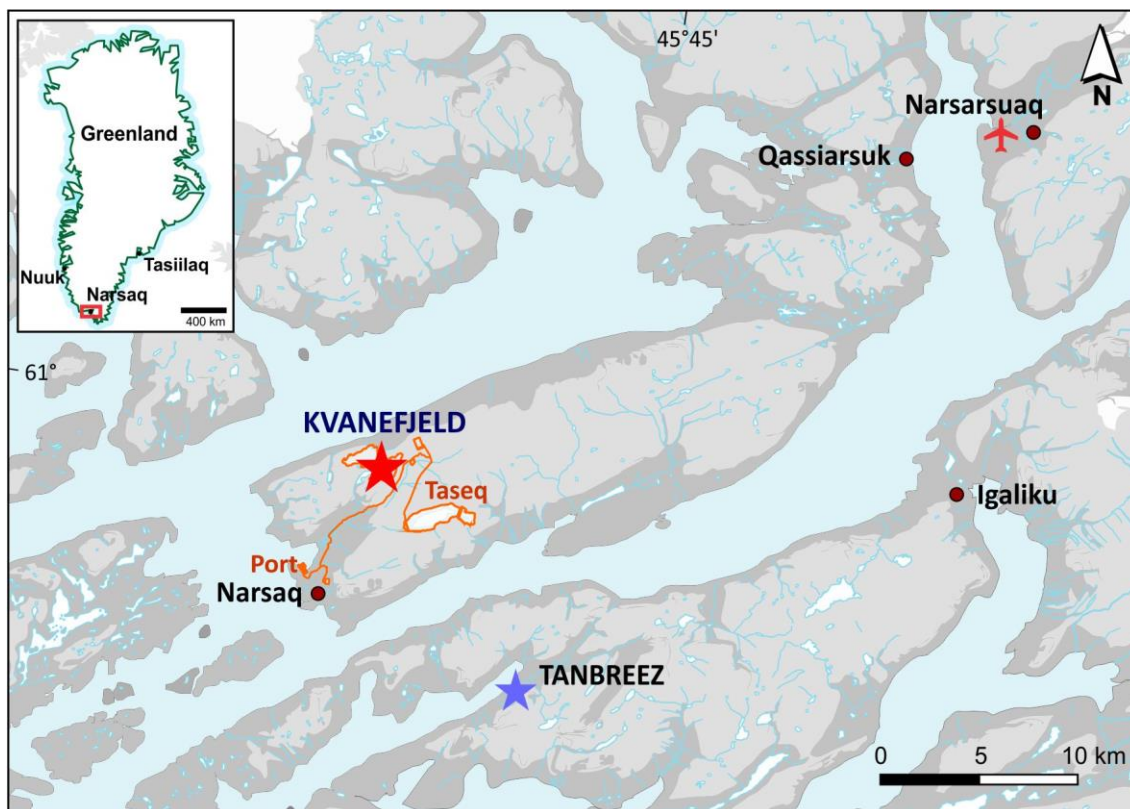
Påvirkningerne fra klimaforandringer forventes at blive betydelige både miljømæssigt og socialt. For eksempel rapporterede landbrugere i Sydgrønland, at de fik gavn af de varmere somre på deres for ti år siden udvidede græsningsarealer, men denne gavn ser ud til at være forsvundet i forbindelse med større udsving i høsten og formindskede afgrøder som resultat af varmere somre [130].

I det miljømæssige perspektiv er der den risiko, at klimaforandring yderligere vil belaste udsatte eller kritisk udsatte arter i takt med, at der er påvirkning på eller tab af deres habitat.

⁴ PROMICE Program for Monitoring af den grønlandske indlandsis www.promice.org/DarkeningIce.html

Mineprojektet TANBREEZ

Hvis det udføres, vil TANBREEZ-projektet (TANBREEZ) udvinde, forarbejde og eksportere mineralkoncentrater med indhold af zirkonium, yttrium, niobium, hafnium, tantal og sjældne jordarter. Det befinder sig i Killavaat Alannguut (Kringlerne) ved Kangerluarsuk-fjorden i Sydgrønland. Det ligger omkring 20 km nordøst for Qaqortoq og 12 km sydvest for Narsaq. Som beskrevet i VVM-dokumentet for TANBREEZ (2012) forventes TANBREEZ at udvinde 0,5 Mtpa malm fra to åbne gruber gennem en minelevetid på 10 år. Figur 74 viser beliggenheden i forhold til Narsaq.



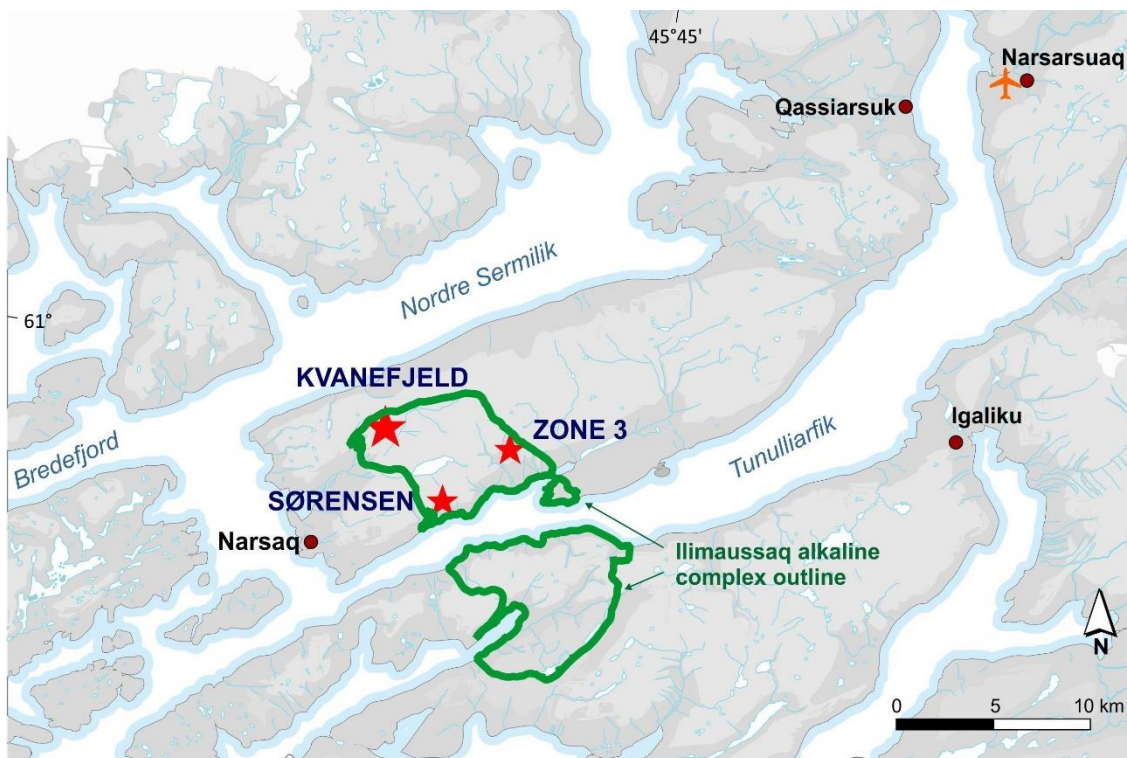
Figur 74 Beliggenheden af TANBREEZ-projektet i forhold til Narsaq (Kilde: VVM-dokumentet for TANBREEZ (2013))

Følgende er relevant for de identificerede VEC'er:

- TANBREEZ forventer at anvende tre dieseldrevne generatorer til strømforsyning for projektet; de vil forbruge omkring 7,8 millioner liter per år. Bidraget til drivhusgasser fra projektet (alt efter brændstofforbrug) er blevet anslået til 20.881 tons CO₂ pr. år.
- TANBREEZ forventer hvert år at få behov for anløb af seks tørlastskibe med kapacitet til 57.000 ton dødvægt (DWT) ved en havn i Kangerluarsuk-fjorden. Derudover vil skibe på 15.000 DWT fra Arctic Line anløbe havnen nogle gange om året med forsyninger. Brændstof vil blive leveret fire gange om året via et 2.300 DWT tankskib.

Udvidelse af Kvanefjeld-projektet

Projektet befinder sig i en geologisk prospektiv region (Ilimaussaq-komplekset) med mineralressourcer beregnet for tre beliggenheder: Kvanefjeld (emnet for denne VVM), Sørensen og Zone 3 (som vist i Figur 75).



Figur 75 Ilimaussaq-komplekset (www.ggg.gl)

Udvindingen af disse yderligere ressourcer kan anses for at være en forventet fremtidig aktivitet, og yderligere efterforskning vil muligvis afsløre flere ressourcer i samme kompleks. Enhver yderligere minedrift ville være underkastet de samme betingelser for godkendelse af miljømæssige og sociale aspekter, som det var tilfældet for Kvanefjeld-projektet.

Udvidelse af turismen

Turisme har været en vigtig del af Narsaqs økonomi i mange år (som beskrevet i projektets VSB). De nuværende turistaktiviteter fokuserer på udendørs aktiviteter, herunder vandring, kajaksejls, besøg til kulturarvssteder og ture til isbræmmen. Blandt turisterne er der uafhængigt rejsende og deltagere i organiserede ture eller krydstogter. I de senere år er der sket en betydelig stigning i antallet af krydstogtpassagerer, der kommer til Grønland om sommeren (fra 13.594 i 2014 til 33.809 i 2019), men kun en lille del af disse passagerer kommer til Narsaq. De fleste besøger området ved Diskobugten [131].

Der kendes ingen planer for specifikke programmer til udvidelse af turisme, men det kan antages, at bedre transportmuligheder til Narsaq vil frembyde muligheder for øget udendørsturisme i området.

Som nævnt i afsnit 13 i denne VVM er der identificeret fem UNESCO-verdensarvsteder. Disse steder dækker primært områder med historiske nordiske ruiner med nuværende landbrugs- og fåreavlsaktiviteter, der kan føre til muligheder for øget turisme i fremtiden.

Ændringer i omfanget af landbrug

Næsten alt landbrug (får/kvæg/rensdyr) i Grønland finder sted i Kujalleq Kommune. Landbrug blev indført til Narsaq-området i 1900-tallet [69]. Blandt de 37 landbrug, som var aktive i Kujalleq Kommune i 2017, drev 34 fåreavl. Der var to med rensdyr og et med kvæg. Grønlands dyrkbare områder omfatter 68 % i nærheden af Narsaq, 17 % i nærheden af Nanortalik og 13 % i nærheden af Qaqortoq [128]. Landbrug anses for at være en kulturelt vigtig aktivitet i Grønland, og til trods for udfordrende økonomiske forhold modtager det betydelig støtte fra det offentlige i form af tilskud og andre bevillinger.

I de seneste årtier har der været tendens til, at fåreavlsbrug blev færre men større, i visse tilfælde med flere generationer i arbejde [131]. Der er rapporteret et fald i antallet af får på mere end 10 % fra 2009 til 2019 (fra 20.439 i 2009 til 17.785 i 2019) [131]. Det er kun køer, der blandt dyrene er vokset i antal fra 2009 til 2019 (fra 56 til 300).

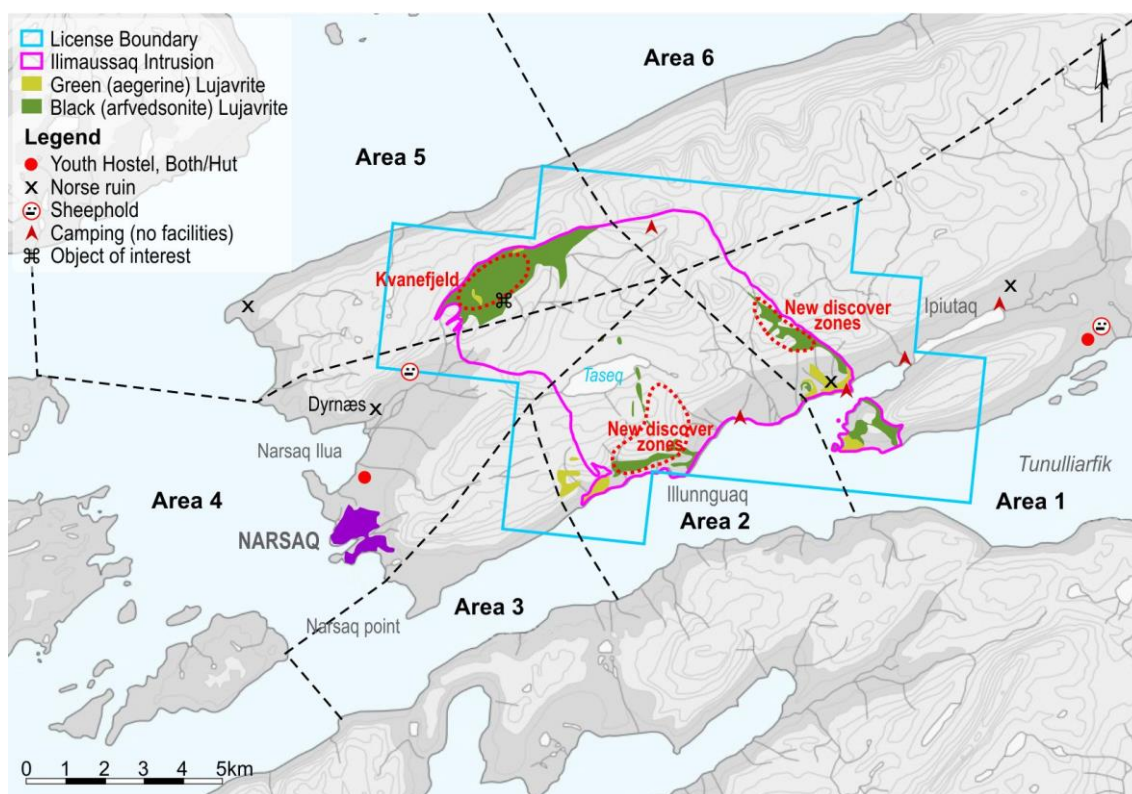
14.4 Oprindelig status for VEC'er

Den oprindelige tilstand af de VEC'er, der er identificeret i Tabel 85, er blevet fremsat gennem hele denne VVM (med yderligere oplysninger i VSB-dokumentet i forbindelse med visse emner). Med henblik på dette afsnit om vurdering af kumulative påvirkninger fremsættes i Tabel 87 et kort sammendrag af tilstanden med hensyn til nogle af de VEC'er, og deres følsomhed over for forandringer og mulige indikatorer til vurdering af deres tilstand. De resterende er beskrevet i afsnit 14.6.

Tabel 87 Modstandsdygtighed i VEC'er

VEC	Oprindelig tilstand	Modstandsdygtighed over for stressfaktorer	Indikatorer til måling af tilstanden
Havmiljøet	Narsaq ligger mellem to tærskelfjorde forbundet med en passage. Havet ud for det sydlige og vestlige Grønland er isfrit året rundt. Det største område til oplagring af containere findes i hovedbyen Qaqortoq, men Narsaq har havne til fiskeri og skibe, og Nanortalik har en kombineret fiskeri- og erhvervshavn. Disse byer betjenes primært af lastskibe fra Royal Arctic Line, som ejes af Grønlands regering.	Høj – dette skyldes den store mængde vand, som yder stærk fortynding af udslip eller af forstyrrelser af arter. Det relativt lave niveau af skibstrafik forbundet med projektet yder mulighed for øget skibstrafik med begrænset risiko for sikkerheden.	Overvågning af vigtige marine arter (som vil blive specificeret i overvågningsplanen) i fjordene og i havneområder. Optegnelser over sikkerhed på havet (udslip og sikkerhedshændelser).
Drivhusgasemissioner	Grønland rapporterede i 2016 0,5 Mt CO ₂ -emissioner (som andrager omkring 2 % af Danmarks årlige emissioner).	Lav – Mens Grønland i sig selv producerer beskedne CO ₂ -emissioner, er landet meget sårbart over for ændringer i globale emissioner og deres efterfølgende påvirkninger på klimaforandring.	Årlige CO ₂ -emissioner i Grønland og CO ₂ -emissioner fra Grønland som en brøkdel af Danmarks emissioner.
Bærplukning	Narsaq-dalen bruges ofte til plukning af blåbær og urter og andre vækster i varmere måneder. Plukning er som regel påvirket af afstanden fra boliger, og græsområder tættere på samfund tilgås oftere. Undersøgelsen af lokal brug identificerede Område 3 og 4 (se Figur 76) som værende mest vigtige for plukning.	Høj – bærrerne og andre vækster indsamlet i projektområdet findes også i andre områder, og mange indsamlingsområder nær Narsaq by vil forblive upåvirket af projektet. Den samlede størrelse af Område 3 og 4 er anslået til cirka 35 km ² .	Social adfærd beskrevet i rundspørger blandt lokale grupper.
Kajaksejlds	Kajakturisme tager udgangspunkt i Narsaq og har været en del af byens liv i en række år. Kajakture går typisk fra Narsaq til isbræmmen. Kajakturismens nuværende omfang kan sagtens håndteres af byen og omegn.	Mellem – udgangspunktet for kajakture skal sandsynligvis flyttes, når projektet går i gang, for at undgå sejlds i havnen og områder med havgående skibe. Det er den fjerne beliggenhed, der udgør meget af det attraktive ved turisme i Narsaq; dette kunne påvirkes negativt af et mineprojekt (se VSB-dokumentet	Antal turister, der kommer til Narsaq for at sejle kajak.

VEC	Oprindelig tilstand	Modstandsdygtighed over for stressfaktorer	Indikatorer til måling af tilstanden
		for yderligere analyse af dette emne). Hvis kajakturismen skulle vokse betydeligt, ville der være behov for nye afsætningssteder og muligvis yderligere opholdsmuligheder i Narsaq.	
Landbrug	Fåreavlen i hele Grønland er faldet med hensyn til antallet af fåreavlsbrug og det samlede antal får opdrættet i hele landet. Dette fortolkes delvist som et resultat af klimaforandringer og delvist som et resultat af de udfordrende økonomiske forhold i fåreavl. Oprettelsen af Verdensarvsområdet Kujataa i 2017 yder beskyttelse for fem forskellige subarktiske landbrugsområder og understreger vigtigheden af landbrug i den grønlandske (og internationale) kultur.	Mellem – størrelsen af det dyrkbare område er på nationalt niveau en begrænsning, men klimaforandringer forventes at frembyde muligheder for øget landbrugsproduktivitet i Sydgrønland [128] samtidig med, at de øger omskifteligheden i vejrforhold med tørkeperioder, tøperioder og voldsom regn om vinteren.	Antal aktive fåreavlsbrug Antal hektar anvendt til permanent græsning Antal dyr Finansielle rapporter om landbrugsaktiviteter i Grønland.



Figur 76 Undersøgte områder angående lokal brug

14.5 Kumulative påvirkninger på VEC'er

Tilgangen til evalueringen af de kumulative påvirkninger i dette afsnit bygger på en litteraturgennemgang, og resultaterne er fremlagt i Tabel 88.

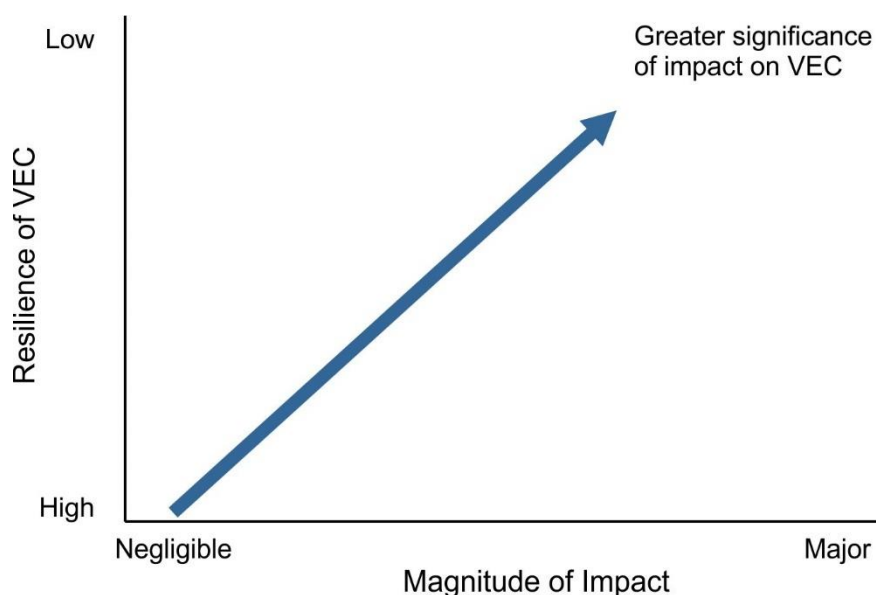
Tabel 88 Omfanget af de kumulative påvirkninger

VEC'er	Kumulative påvirkninger	Påvirkning på bæredygtighed eller levedygtighed af VEC	Foreslåede tiltag
Havmiljøet	Under driften af Kvanefjeld forventes det, at der hvert år anløber 30 skibe på cirka 40.000 DWT. Hvis også TANBREEZ bliver udført, vil det betyde yderligere 6 store skibe hvert år i fjordmiljøet. Havnekapaciteten i Narsaq forventes at udnyttes 20 %, hvilket giver mere end tilstrækkelig kapacitet til, at andre havnebrugere kan lægge skibe til. Skønt behovet for øget skibstrafik forbundet med Kvanefjeld-projektet er betydeligt, forventes der ingen betydelig ekstra risiko for skibssammenstød eller udslip. Sikkerhed på havet er omtalt specifikt i undersøgelsen af navigationssikkerheden (NSIS)	Lav – projektets påvirkning på havmiljøet fra skibstrafik er blevet evalueret som lav (risiko for udslip), og denne risiko forbliver lav i betragtning af kumulative påvirkninger.	Drift i henhold til undersøgelsen af navigationssikkerheden (NSIS).
Drivhusgasemissioner	Kvanefjeld-projektet vil udlede en mængde, der svarer til cirka 0,24 Mt CO₂ pr. år. Det er 45 % af Grønlands nuværende nationale CO₂-emissioner. Hvis emissionerne fra TANBREEZ-projektet også tages i betragtning (20.881 t CO₂), vil bidraget fra de to projekter samlet andrage 0,26 Mt pr. år. Dette vil udgøre lidt over 50 % af Grønlands nuværende nationale emissioner. Skønt dette er en betydelig stigning for Grønland, vil den hermed bidrage 2 % af Danmarks årlige drivhusgasemissioner. Ved videreudvikling af mineaktiviteterne for både TANBREEZ og Kvanefjeldet vil behovet for energi stige. På globalt niveau vil Kvanefjeld-projektet producere 6.000 tons sjældne jordarter med magnetiske egenskaber, eller cirka 15 % af den globale efterspørgsel. Sjældne magnetiske jordarter er centrale i omstillingen fra forbrændingsbilmotorer til elektriske biler og bl. a. i udviklingen af den internationale vindenergisektor.	Lav – omfanget af stigninger i drivhusgasemissioner forventes ikke at forårsage betydelig påvirkning på marine arter, terrestiske arter eller ferskvandsarter eller deres habitater. Ved videreudvikling af mineaktiviteterne for både TANBREEZ og Kvanefjeldet vil behovet for energi stige. På globalt niveau vil de produkter, der kommer fra projektet, understøtte brugen af alternativer til fossile brændstoffer i motorteknologi og derved udgøre et positivt bidrag til håndteringen af denne påvirkning.	Årlig rapportering angående drivhusgasser Yderligere undersøgelse af muligheder for at udvikle løsninger til vedvarende energi, så som vandkraftløsninger under projektets levetid. Et partnerskab med EU-Kommissionens European Raw Materials Alliance (ERMA), en alliance til sikring af adgang til kritiske råmaterialer, ikke mindst sjældne jordarter.

VEC'er	Kumulative påvirkninger	Påvirkning på bæredygtighed eller levedygtighed af VEC	Foreslåede tiltag
Bærplukning	Der gror bær i meget af landskabet omkring Narsaq, hvor Kvanefjeld-projektet vil blive bygget (med undtagelse af området ved Taseq, som for det meste er gold ur). Projektets fodaftryk (uden medregning af TSF ved Taseq) er 3,43 km ² . Hvis det konservativt antages, at alle disse områder på nuværende tidspunkt var tilgængelige for bærplukning (hvilket ikke er tilfældet, da visse af disse områder allerede er forstyrret (fx vejen), ville der ske et tab af cirka 10 % af bærplukningsområdet inden for Område 3 og 4.	Lav – projektets indvirkning på indsamlingsaktiviteter, selv i forbindelse med et højere antal indbyggere i Narsaq, som muligvis kunne øge behovet for indsamling, forventes ikke at lægge noget betydeligt pres på tilgængeligheden af eller adgangen til bærindsamlingsområder.	Minimering af projektets fodaftryk, hvor muligt, under alle dets faser
Kajaksejlad	Udvikling af projektet vil øge antallet af skibe i Narsaq-fjorden, og bygning af havnen vil sandsynligvis indvirke på det nuværende afsætningssted for turisternes kajakker. Havnen forventes at blive benyttet i blot 20 % af året, hvilket giver mange muligheder for uforstyrret kajaksejlad, men følelsen af "natur" vil muligvis være mindre udtalt. Hvis kajakturismen opretholdes eller øges, ville der være behov for at identificere og vedligeholde alternative steder til afsætning af kajakker.	Lav – de nuværende udbydere af turistaktiviteter ser ud til at være fleksible med hensyn til hvor og hvordan de arrangerer deres ture og sørger for gæsternes ophold.	Sørg for at oplyse turismeudbydere om projektets mulige påvirkninger på kajaksejlad og for at identificere løsninger derpå efter behov.
Landbrug	Projektledelsen og ejeren af kvægbedriften i Narsaq-dalen har tidligere haft uformelle drøftelser. Når projektet får udstedt en udnyttelsestilladelse, kan der arrangeres en forhandling mellem selskabet og ejeren af bedriften med henblik på et muligt køb af denne. Det understreges, at der på nuværende tidspunkt ikke foreligger nogen aftale. Hvis et sådant køb forekom, ville det reducere antallet af landbrug i Grønland med cirka 3 %. Der kan derudover forekomme nedlægning af yderligere landbrug som resultat af sammenlægning eller vanskelig økonomi (uafhængigt af projektets aktiviteter).	Lav – der er allerede udstedt kontrakter for betydeligt arbejde for at få indsigt i metoder til beskyttelse og fremme af landbrug i Grønland, herunder praksis under ændring, og for yderligere forskning. Der ser ud til at være vigtige muligheder for at forbedre landbruget, men økonomien i branchen vil forblive en udfordring i endnu nogle år.	Påvirkninger på landbrug omtales i VSB-dokumentet.

VEC'er	Kumulative påvirkninger	Påvirkning på bæredygtighed eller levedygtighed af VEC	Foreslåede tiltag
	Hvis forekomsterne i Zone 3 eller Sørensen blev udvundet, kunne der muligvis ske påvirkninger på yderligere landbrugsområder. Enhver udvinding ville være underlagt sociale og miljømæssige godkendelsesprocesser.		

Den mulige betydning af en kumulativ påvirkning er blevet afgjort ved hjælp af Figur 77 som vejledning. På grund af den uvished, der er forbundet med de typer påvirkninger, der behandles i dette dokument, er påvirkningerne beskrevet som betydelige, muligvis betydelige eller ikke betydelige på baggrund af en bedømmelse af VEC'ens modstandsdygtighed (Tabel 87) og påvirkningens omfang (Tabel 88). Resultaterne af denne bedømmelse fremsættes i Tabel 89.



Figur 77 Betydning af påvirkninger på VEC'er

Tabel 89 Betydning af påvirkning

VEC'er	VEC'ens modstandsdygtighed	Påvirkningens omfang	Indikator for påvirkningens betydning for VEC'en
Havmiljøet	Høj	Lav	Ikke betydelig
Drivhusgasemissioner	Lav	Lav	Muligvis betydelig
Indsamling	Høj	Lav	Ikke betydelig
Kajaksejlsads	Mellem	Lav	Muligvis betydelig
Landbrug	Mellem	Lav	Muligvis betydelig

14.6 Oversigt over potentielle kumulative påvirkninger pr. afsnit om Vurderingen af Virkninger på Miljøet (EIA)

De følgende afsnit vurderer, om påvirkninger på baggrund af andre belastende faktorer og aktiviteter som defineret i tabel 86 kan medføre en kumulativ påvirkning ifm. med de påvirkninger, der er identificeret som potentielt resulterende fra Kvanefjeld-projektet. Hver af disse påvirkninger, der er identificeret i afsnit 7-13 i Vurderingen af Virkninger på Miljøet (EIA), er beskrevet nedenfor, hvad angår den mulige påvirkning af disse fra andre belastende faktorer og aktiviteter.

Afsnit 7 – Fysisk miljø

De mulige påvirkninger af det fysiske miljø under konstruktions- og driftsfaserne af projektet er defineret som:

- Fysisk ændring af landskabet og reduceret visuel herlighedsværdi
- Erosion
- Støj
- Lysemissioner
- Fysisk ændring af landskabet, der kan generere en seismisk hændelse.

Af disse påvirkninger er det kun “fysisk ændring af landskabet og reduceret visuel herlighedsværdi”, der anses for sandsynligvis at kunne påvirkes af andre belastende faktorer og aktiviteter, og dette vil være forbundet med en mulig udvidelse af Kvanefjeld-projektet. Mens TANBREEZ-projektet muligvis vil kunne generere lignende påvirkninger for det pågældende projektsted, vil disse påvirkninger ske på andre geografiske steder og vil ikke både være synlige eller opleves fra et enkelt udsigtspunkt.

Det område, der er identificeret til den mulige udvidelse af Kvanefjeld-projektet, forventes ikke at være synligt fra Narsaq og forventes som sådan ikke at ændre vurderingen af påvirkningen betydeligt (påvirkningen er vurderet til at have mellemstor betydning for projektet isoleret set). Enhver foreslået udvidelse af Kvanefjeld-projektet vil også være underlagt den samme grundige miljømæssige godkendelsesproces, som der er foretaget for Kvanefjeld.

Afsnit 8 – Atmosfæriske omgivelser

Projektets potentielle påvirkninger af de atmosfæriske omgivelser under konstruktions-, drifts- og lukningsfaserne er identificeret som:

- Støvdannelse, der potentielt kan medføre forringet luftkvalitet og kan medføre sekundære påvirkninger i forbindelse med den fysiske eller kemiske sammensætning af støvet og som følge af aflejring af støvet på sne og is i forbindelse med vinterdrift i nærheden af Kvanefjeld
- Generering af gasformige luftemissioner (nitrogenoxider, svovloxider, sodpartikler og polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)), som har potentiale til at reducere luftkvaliteten
- Generering af drivhusgasemissioner (GHG) fra forbrænding af diesel i mobilt udstyr og ved kraftværket.

Udvidelsen af Kvanefjeld-projektet er den eneste belastende faktor eller anden aktivitet, der anses for potentielt at kunne generere en kumulativ støv- og luftkvalitetspåvirkning ifm. projektets omgivende atmosfæriske luft. De andre identificerede belastende faktorer eller andre aktiviteter vil enten sandsynligvis ikke generere sådanne emissioner eller være placeret uden for projektets omgivende atmosfæriske luft. Enhver foreslået udvidelse af Kvanefjeld-projektet vil være underlagt den samme grundige miljømæssige godkendelsesproces, som der er foretaget for Kvanefjeld, og vil være designet til at ske i overensstemmelse med gældende regler og bestemmelser for luftkvalitet. Dette anses som sådan ikke for at have nogen potentiel kumulativ påvirkning af betydning.

Generering af drivhusgasemissioner (GHG) anses for sandsynligvis at blive betydeligt påvirket af andre belastende faktorer og aktiviteter pga. en kombination af den mulige udvidelse af Kvanefjeld-projektet og udviklingen af TANBREEZ-mineprojektet. Dette udgør lidt over 50 % af Grønlands nuværende nationale emissioner. Mens det er en markant stigning på Grønlandsk niveau, vil det, selv inklusive denne stigning, bidrage med 2% af de årlige danske drivhusgasemissioner.

En kumulativ effekt af udviklingen af både Kvanefjeld og Tanbreez-projektet kan være, at etableringen af et vandkraftværk til energiforsyning vil være relevant. Miljøeffekterne heraf ville være en øget indvirkning af drivhusgasemissioner i anlægsfasen, men dette ville blive udlignet af en reduktion i

drivhusgasemissionerne i driftsfasen med 50 % sammenlignet med basisscenarierne for begge projekter projekter (den foreslåede løsning for begge projekter er, at energi leveres af et dieselgeneratoranlæg).

På verdensplan producerer Kvanefjeld-projektet 6.000 ton sjældne jordartsmagnetmetaller svarende til ca. 15 % af verdens efterspørgsel. Sjældne jordartsmagnetmetaller er centrale for omdannelsen af forbrændingsmotorkøretøjer til elbiler og for udviklingen af den internationale vindmølleenergisektor m.m.

På globalt plan vil de produkter, der genereres af projektet, understøtte erstatning af fossile brændstoffer i motorteknologi, hvilket repræsenterer et positivt bidrag til styringen af denne påvirkning.

Isreflektionsevnen (også kaldet albedo) udviser en stærk kontrol over isens smeltning. Grønlands is-albedo har dog været faldende siden begyndelsen af satellitobservationer i 1981.

Isdækket-albedo påvirkes blandt andet af global opvarmning, støv, transporteret fra nær og fjern, partikler frigivet i atmosfæren ved stigende mængder af natur brande i Nordamerika, pollen og industrielle emissioner, såsom dem fra skibe, der tager en nordlig rute. De kumulative virkninger af Kvanefjeld og Tanbreez-projekterne ville have en negativ indvirkning på indlandsisen albedo.

De kumulative påvirkninger af drivhusgasemissioner (GHG) og deres resulterende påvirkning af marinehabitatet, det terrestriske habitat og ferskvandshabitatet samt de tilhørende arter er beskrevet og vurderet i Tabel 88, hvor det blev konkluderet, at den kumulative påvirkning var potentiel betydelig men med et lavt omfang.

Afsnit 9 – Radiologiske emissioner

Udledningen af radionuklider fra projektaktiviteter kan potentielt påvirke miljøet og menneskers sundhed. De påvirkninger og risici, der blev vurderet, inkluderer:

- Udslip af urandioxid under projektdrift, der kan resultere i yderligere radiologiske emissioner
- Brud på TSF-dæmningen kan potentielt medføre frigivelse af tailings-vand og faste stoffer til land- og vandområder nedstrøms for TSF-anlægget og tilknyttet radiologisk eksponering
- Frigivelse af aerosoler fra TSF-anlægget kan potentielt medføre forurening af jorden og frigivelse af radioaktivitet i retning med vinden og fra TSF-anlægget
- Spredning af radionuklider via grundvandsudsivning
- Spredning af radionuklider via spredning af støv.

Hovedparten af de identificerede belastende faktorer eller andre aktiviteter forventes ikke at have indflydelse på nogen af disse mulige påvirkninger. En undtagelse vil være den potentielle udvidelse af Kvanefjeld-projektet, der vil øge den samlede mængde af tailings-vand, som ville skulle opbevares, og den mængde uranoxid, der skulle transporteres, i projektets levetid. Enhver foreslået udvidelse af Kvanefjeld-projektet vil være underlagt den samme grundige miljømæssige godkendelsesproces, som der er foretaget for Kvanefjeld. Hvis man tager fraværet af specifikke fremtidige udviklingsplaner i betragtning, vil det være forhastet at komme med en forudsigelse af, hvordan disse påvirkninger bedst kunne håndteres, men der kunne i overensstemmelse med de grønlandske lovgivningsmæssige krav blive anvendt BAT- og BEP-teknologi ifm. eventuelle fremtidige udvidelser.

Afsnit 10 – Vandmiljø

De potentielle påvirkninger, der er identificeret for vandmiljøet, inkluderer:

- Ændring af de hydrologiske processer, hvilket potentielt kan påvirke vandkvaliteten
- Drift af TSF-anlægget, der potentielt kan medføre forurening uden for TSF-anlægget
- Fejl eller skade på TSF-anlægget, der potentielt kan medføre forurening af vandmiljøet
- Frigivelse af aerosoler fra FTSF-anlægget, der potentielt kan medføre vandforurening i retning med vinden fra TSF-anlægget
- Kvaliteten af drikkevandet i Narsaq kan potentielt blive påvirket af projektet pga. frigivelse af aerosoler eller udsivning fra TSF-anlægget eller ved fejl eller skade på FTSF-anlægget
- Udledning af overskydende behandlet vand fra projektet kan potentielt påvirke vandkvaliteten i Nordre Sermilik-fjorden
- Afløb fra depot til gråbjerg
- Vandkvalitet efter lukning af minegruber
- Risiko for ulykker, der resulterer i udledning af kulbrinter og kemikalier
- Risiko for ulykker, der resulterer i udledning af procesvand fra projektet.

Hovedparten af de identificerede belastende faktorer eller andre aktiviteter forventes ikke at have indflydelse på nogen af disse mulige påvirkninger. En undtagelse vil være den potentielle udvidelse af Kvanefjeld-projektet, der vil øge den samlede mængde af materiale, der udvindes og behandles, samt det tailings-vand, der genereres, og som skal opbevares, og mængden af reagenser og produkt, der skal transporteres. Der kan også være en potentiel mulighed for en udvidelse af antallet af åbne minegruber og depoter til gråbjerg ved et lukningsscenario. Enhver foreslået udvidelse af Kvanefjeld-projektet vil være underlagt den samme grundige miljømæssige godkendelsesproces, som der er foretaget for Kvanefjeld. Hvis man tager fraværet af specifikke fremtidige udviklingsplaner i betragtning, vil det være forhastet at komme med en forudsigelse af, hvordan disse påvirkninger bedst kunne håndteres, men der kunne i overensstemmelse med de grønlandske lovgivningsmæssige krav blive anvendt BAT- og BEP-teknologi ifm. eventuelle fremtidige udvidelser.

Udviklingen af TANBREEZ-mineprojektet og en udvidelse af turismen i Kujalleq kommune kan også begge øge mængden af havtrafik. Den kumulative påvirkning af ændringerne i havtrafik, der er forbundet med udviklingen af TANBREEZ-mineprojektet, er beskrevet i tabel 88. Både TANBREEZ- og Kvanefjeld-projektet har fået foretaget en NSIS, der specifikt tager højde for risikoen for udslip og ulykker, der påvirker havmiljøet. Den aktuelle tendens til øget turisme fra krydstogtskibe i Kujalleq kommune kan også bidrage til denne påvirkning, selvom den relative stigning i skibsforsendelsesmængderne stadig anses for at have et lavt omfang og være "ikke betydelig" pga. af havmiljøets meget store udstrækning og store robusthed.

Afsnit 11 – Affaldshåndtering

Under projektets konstruktions- og driftsfaser vil det generere:

- Husholdningsaffald og spildevand
- Brugte dæk fra mobilt udstyr og
- Forskellige former for farligt affald, f.eks. kulbrinteaffald, kemisk affald og batterier.

Kapaciteten af systemerne til håndtering af husholdningsaffald og spildevand i Narsaq i forhold til at kunne klare en affaldsstigning, der er forbundet med projektet, er blevet vurderet i VSB'en [91]. Den stigning, der forekommer i turismen, synes at være koncentreret om turisme fra krydstogtskibe – med et begrænset antal overnatninger i selve Narsaq, hvilket begrænser påvirkningen på affaldshåndteringen i byen. Der er ikke identificeret nogen potentiel kumulativ påvirkning af betydning for affaldshåndteringen.

Afsnit 12 – Biodiversitet

Anlæggelsen og driften af projektet:

- Vil medføre forstyrrelse af;
 - habitat for terrestrisk fauna og flora
 - habitat for ferskvandsfauna
 - habitat for marin fauna
- Vil potentielt kunne;
 - forurene habitat for terrestrisk fauna og flora
 - forurene ferskvandshabitat
 - forurene marint habitat
- Vil medføre forøgelse af trafikken med motordrevne køretøjer, der potentielt kan medføre dødelighed for fauna
- Vil forøge den havgående trafik, der kan føre til indførelse af invasive ikke-oprindelige arter fra ballastvand og kollision med fauna.

Grundet antallet af specifikke påvirkninger relateret til biodiversitet, er de potentielle kumulative virkninger sammenfattet i tabel 90.

Tabel 90 Potentielle kumulative påvirkninger forbundet med biodiversitet

Projektpåvirkning	Andre aktiviteter eller belastende faktor med potentiel påvirkning	Indikation af betydning af kumulativ påvirkning
Forstyrrelse af habitat for terrestrisk fauna og flora	Global klimaændring Ændringer i omfanget af landbrugsaktivitet	Lave tætheder af de terrestriske arter i projektområdet, og arterne er hverken sjældne eller truede. De arter af fauna og flora, der påvirkes af projektet, er ikke endemiske for området, og betydningen af mistet terrestrisk habitat pga. projektet vurderes at være lav. Den kumulative påvirkning anses også for at være lav pga. det relativt lille omfang af påvirkningerne, der er forbundet med andre belastende faktorer og aktiviteter.
Forstyrrelse af habitat for ferskvandsfauna	Global klimaændring	Den kumulative påvirkning forventes ikke at være betydelig.
Forstyrrelse af habitat for marin fauna	Stigning i turisme Global klimaændring	De primære kilder til yderligere forstyrrelse vil være forbundet med øget havtrafik i Narsaq-fjorden og ændringer i placeringen af marine arter og habitater som et resultat af klimaændring. I begge tilfælde forventes omfanget af de kumulative påvirkninger at blive mindre i løbet af projektets levetid.
Forurening af habitat for terrestrisk fauna og flora	Udvidelse af Kvanefjeld-projektet	En udvidelse af projektet vil resultere i opbevaringen af en større mængde tailings-vand. I det usandsynlige tilfælde, at der opstår dæmningsbrud, kunne der blive frigivet en større mængde tailings-vand, men påvirkningen af den terrestriske fauna og flora vil i det store og hele være uændret.
Forurening af ferskvandshabitater	Udvidelse af Kvanefjeld-projektet	En udvidelse af projektet vil resultere i opbevaringen af en større mængde tailings-vand. I det usandsynlige tilfælde, at der opstår dæmningsbrud, kunne der blive frigivet en større mængde tailings-vand, men påvirkningen af ferskvandsfaunaen og -floraen vil i det store og hele være uændret.
Forurening af marine habitater	TANBREEZ-mineprojekt Udvidelse af Kvanefjeld-projektet Stigning i turisme	Hver af de belastende faktorer eller andre aktiviteter, der er identificeret, har potentielle til at øge mængden af havtrafik, hvilket vil øge risikoen for udslip. Selv med den stigning i havtrafik, der er forbundet med hver af disse aktiviteter, anses kapaciteten i havmiljøet ift. at kunne klare den øgede mængde (og den potentielt medfølgende forurening) som stor og den kumulative påvirkning som lav.
Øget trafik med motordrevne køretøjer	Mulig udvidelse af Kvanefjeld	En potentiel udvidelse af Kvanefjeld-projektet vil være designet til at minimere trafikpåvirkningerne og vil ikke forekomme på spidsbelastningstidspunktet for Kvanefjeld-konstruktionstrafikken. Enhver kumulativ påvirkning af terrestriske arter vil blive anset for at være lav.
Øget havgående trafik, der medfører en stigning i invasive ikke-oprindelige marine arter	TANBREEZ-mineprojekt Udvidelse af Kvanefjeld-projektet Stigning i turisme	Enhver aktivitet forventes at blive udført i henhold til konventionen for administration af ballastvand (Ballast Water Management Convention) for at minimere en sådan risiko. Den kumulative påvirkning anses for at være lav.

Afsnit 13 – Lokal anvendelse og kulturarv

Projektets potentielle påvirkning af lokal anvendelse og kulturarv er:

- Projektets opførelse og drift vil begrænse den lokale anvendelse af området
- Projektets opførelse og drift vil påvirke nogle kulturarvssteder.

De andre aktiviteter og stressfaktorer, der er anført i Tabel 86, forventes ikke at påvirke kulturarvssteder. De kan dog have en vis indvirkning på den lokale anvendelse af området på følgende måder:

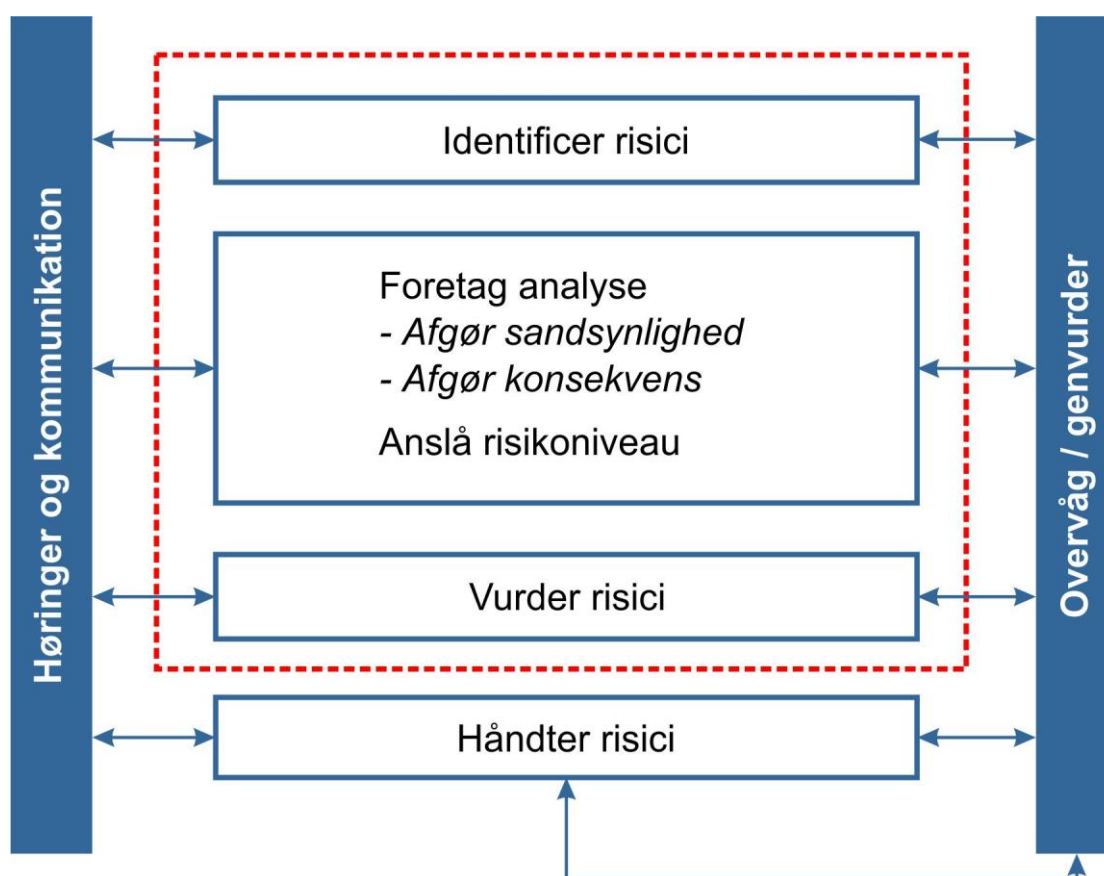
- Øget turisme kan øge antallet af mennesker, der vil gøre brug af lokalområdet; inklusiv besøg til UNESCO verdensarvsområdet.
- Ændringer i omfanget af landbrugsaktiviteter kan (enten positivt eller negativt) påvirke adgangen til og udnyttelsen af områder til lokal anvendelse.
- Globale klimaændringer kan ændre vækstbetingelserne og adgangen til områder med bærrum, som er det aktuelle fokus på terrestriske forageringsaktiviteter samt adgangen til og placeringen af ferskvand og marine arter, hvor der er fiskeriaktiviteter.

De potentielle, kumulative påvirkninger af bærplukning, kajaksejlad og landbrug er specifikt anført i Tabel 88. De kumulative påvirkninger af kajak- og landbrugsaktiviteter blev anset for at være potentielt betydelige.

15. Vurdering af miljørisici

Dokumentet *Retningslinjer for udarbejdelse af en vurdering af virkninger på miljøet (EIA, VVM) for udnyttelse af mineraler i Grønland (2015)* bemærker, at "VVM skal identificere, forudsige, beskrive, vurdere og kommunikere potentielle miljøpåvirkninger af et foreslået minedriftsprojekt i alle dets faser". De foregående afsnit af denne VVM viser alle de forventede potentielle følgevirkninger fra Kvanefjeld-minedriftprojektet, uanset deres sandsynlighed.

I dette afsnit angående risikovurdering vurderes de miljømæssige følgevirkninger, der "måske eller måske ikke forekommer" (dvs. hvor der er sandsynlighed for forekomst eller ikke-forekomst) igen, nu i et risikoperspektiv. Risikovurderinger vurderer sandsynligheden og konsekvensen af en miljøpåvirkning, der opstår som en følge af projektet. Risikovurderingsprocessen blev gennemført ved hjælp af en systematisk tilgang i overensstemmelse med dokumentet *AS/NZS 31000:2009 Risk Management - Principles and guidelines* (Risikostyring - Principper og retningslinjer), og den er illustreret i Figur 78.



Figur 78 AS/NZS 31000:2009 Risikostyring - Principper og retningslinjer

15.1 Risikoidentifikation

Med henblik på denne vurdering af følgevirkninger bygger risikoidentifikationsprocessen på den analyse, som omtales i afsnittene angående vurdering af påvirkninger, og som rapporteres i de understøttende tekniske rapporter. De risici, der overvejes i denne vurdering, udgør miljømæssige følgevirkninger, som "måske eller måske ikke" vil forekomme, modsat de fleste af de følgevirkninger, der i denne vurdering anses for at have en rimelig sandsynlighed for at forekomme. Det er ikke hensigten med risikovurderingen at præsentere nye oplysninger, men snarere i et risikoperspektiv at præsentere en del af de oplysninger, der omtales i afsnittene om følgevirkninger. De overordnede kriterier for medtagelse i risikovurderingen er sammenfattet nedenfor:

- Risici, der er blevet fremhævet som værende genstand for offentlig bekymring eller interesse i drøftelser med offentligheden;
- Reelle eller opfattede begivenheder med alvorlige konsekvenser og lav sandsynlighed;
- Utilsigtede begivenheder (f.eks. ulykker eller udslip).

Det understreges, at begivenheder med lav sandsynlighed og lav konsekvens ikke er blevet vurderet, undtagen hvor tilfældet er af særlig offentlig interesse. Beslutningen om at udelukke begivenheder med lav konsekvens og lav sandsynlighed blev truffet for at sikre, at risikooptegnelsen fokuserede på vigtige tilfælde forbundet med risiko eller konsekvenser for offentligheden.

15.2 Risikoanalyse og vurdering

Risikovurderingen er udarbejdet med farer som udgangspunkt, hvor farer er defineret som begivenheder, der kan forårsage skade, og risikoen er defineret som sandsynligheden for, at denne fare forårsager et defineret niveau af skade. For hver linje i risikooptegnelsen er der defineret en fare og en årsag forbundet med denne fare. Flere årsager kan medføre samme type fare.

Den skade, der voldes af en fare (benævnt konsekvensen), kan forekomme på tværs af en række miljøreceptorer. Derfor vurderes risikokonsekvenser i visse tilfælde for hver af de relevante miljøreceptorer for den samme fare. De miljøreceptorer, for hvilke risici blev vurderet, omfatter:

- Økologi
- Luftkvalitet
- Overfladevand
- Grundvand
- Jord og jordoverflade
- Landskab og visuel påvirkning
- Folkesundhed.

Risikoniveauer blev fastlagt på basis af risikovurderingerne i de specialtrapporter, der blev gennemgået i udarbejdelsen af denne VVM. Specialtrapporterne anvender en række forskellige bedømmelsessystemer, og derfor var det nødvendigt at definere et fælles grundlag for risikovurdering, som alle risici kunne sammenlignes med. De på dette grundlag opbyggede tabeller over konsekvens og sandsynlighed, som risiciene måles efter, er vist her som henholdsvis Tabel 91 og Tabel 92. Tabel 93 illustrerer det anvendte risikoklassificeringssystem.

To typer risici blev vurderet: Iboende risiko og restrisiko. Den iboende risiko måler sandsynligheden for og konsekvensen af risikobegivenheden alt efter projektdesignet, men uden planlagte kontroller. Vigtige dokumenter anvendt i arbejdet med risikovurderingen er angivet i risikotabellen efter behov.

Tabel 91 Klassifikation af konsekvens

Konsekvens	Økologi	Luftkvalitet	Overfladevand	Grundvand	Jord og jordoverflade	Landskab og visuel påvirkning	Folkesundhed
Meget lille	Direkte eller indirekte påvirkninger på habitat og arter er stort set ikke synlige Mindre end 1 % af et habitat ligger inden for projektets påvirkningsområde	Projektets/bearbejdnings-processens bidrag plus eksisterende baggrundskoncentrationer er < 5 % af standarderne Ingen synlig stigning i støvniveauer	Ingen effekt på brugere Udslip fra en utilsigtet begivenhed, der kun forårsager skade på nærområdet; området kan gendannes til en tilstand, der svarer til uskadt, på få dage eller op til en måned, dvs. fuld genoprettelse opnås som følge af øjeblikkeligt oprensningsarbejde	Udslip eller utilsigtet begivenhed, der kun forårsager skade på nærområdet; området kan gendannes til en tilstand, der svarer til uskadt, på få dage eller op til en måned	Ingen påviselig effekt på jord eller jordoverfladeforhold Udslip eller utilsigtet begivenhed, som kun forårsager skade på nærområdet; området kan gendannes til en tilstand, der svarer til uskadt, på få dage eller op til en måned	Lille eller umærkelig ændring i komponenter i landskabet eller introduktion af et nyt element, der er i overensstemmelse med omgivelserne, eller ingen mærkbar ændring af eksisterende udsigtsforhold	Isolerede kortvarige klager fra beboere: Støj, lugt, hovedpine, hoste
Lille	Mindre ændring fra oprindelige forhold Direkte eller indirekte påvirkninger vil være synlige, men den/de underliggende karakter/sammensætning/egenskaber af den oprindelige tilstand vil svare til omstændigheder/mønstre, der eksisterede før udvikling af projektet Mindre forstyrrelse i artens adfærd eller artsinteraktioner, der ikke påvirker den generelle sundhed/integritet for artsbestanden Påvirker en bestemt gruppe lokale enkeltindivider i en population i løbet af en kort periode (en generation eller mindre), men påvirker ikke andre trofiske niveauer eller populationen i sig selv Cirka 1-5 % af habitatet berøres inden for projektets virkningsområde	Projektets/bearbejdningsprocessens bidrag plus eksisterende baggrundskoncentrationer udgør 5-20 % af standarderne Synlig stigning i støvniveauer, som ikke forventes at forårsage gener eller føre til klager eller negative sundhedsmæssige påvirkninger	Spildevand/udledning fra projektet ligger inden for standarderne for spildevandskvalitet og overtræder ikke omgivende miljøkvalitetsstandarder for det modtagende vandløb Synligt sediment og tilsløring af vandløbssengen observeret i under 1 uge Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til skade i nærområdet eller lokal skade, som kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i nærområdet eller lokal skade, som kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til skade i nærområdet eller lokal skade, som kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Mindre betydelig permanent ændring i landskabet (det nye element afviger kun lidt); den eksisterende landskabskvalitet opretholdes Midlertidig ændring; den oprindelige landskabskarakter forventes at blive gendannet inden for 1-2 år	Visse afbrydelser i lokale funktioner i mindre end 24 timer Patienter på lokal klinik: Hovedpine, nysen, hoste, øjenirritation

Konsekvens	Økologi	Luftkvalitet	Overfladevand	Grundvand	Jord og jordoverflade	Landskab og visuel påvirkning	Folkesundhed
Mellemstor	Direkte eller indirekte påvirkninger på et eller flere vigtige elementer eller karakteristika i de oprindelige forhold (habitat og/eller arter), således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne af de oprindelige forhold ændres til en vis grad uden at true den samlede levedygtighed af habitatet eller arten Påvirker en del af en population og kan medføre en ændring i rigdom og/eller fordeling over en eller flere generationer, men truer ikke levedygtigheden af denne population eller nogen anden population, der er afhængig af den Ca. 5-20 % af et habitat ligger inden for projektets påvirkningsområde	Projektets/bearbejdningsprocessens bidrag plus eksisterende baggrundskoncentrationer udgør 20-50 % af standarderne Støv er en gene for mennesker eller kan forårsage mindre materiel eller økologisk skade	Direkte eller indirekte påvirkninger på brugerne eller på værdien af ressourcen, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne i ressourcen midlertidigt ændres og/eller anvendelsen midlertidigt påvirkes eller begrænses uden at true ressourcen i sin helhed Forventet tilbagevenden til oprindelige forhold inden for 3-6 måneder Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i nærområdet eller lokal skade, som kan tage mellem 6 måneder og 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i et større område, der kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i nærområdet eller lokal skade, der kan tage mellem 6 måneder og 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i et større område, der kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Jorderosion er synlig uden at føre til synlig kløftdannelse Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i nærområdet eller lokal skade, der kan tage mellem 6 måneder og 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i et større område, der kan tage op til 6 måneder at genoprette til den forud eksisterende kapacitet eller funktion	Permanente ændringer i landskabet kan forventes i et lokalt område; et nyt element kan være fremtrædende, men ikke iøjnefaldende ukarakteristisk Midlertidige ændringer, hvor den oprindelige landskabskarakter forventes at blive gendannet inden for 2-5 år	Tilskadekomst/sygdom med moderat skade eller svækkelse (< 30 % på en skala for nedsat funktion) oplevet af en eller flere personer - typisk en skade/sygdomstilstand, som medfører mistet arbejdstid eller en begrænsning i arbejdsfunktioner
Stor	Væsentlige direkte eller indirekte påvirkninger af vigtige elementer og karakteristika i de oprindelige forhold, således at deres karakter/sammensætning/egenskaber efter projektets udvikling bliver grundlæggende ændret, og den samlede levedygtighed af habitatet eller arten trues Påvirker en hel population eller art i tilstrækkeligt omfang til at forårsage et fald i rigdom og/eller ændring i fordeling, således at naturlig tilvækst (yngel, indvandring fra upåvirkede områder) ikke ville føre denne population eller art eller nogen population eller art, der er afhængig heraf, tilbage til det tidligere niveau inden for flere generationer Cirka 20-80 % af et habitat findes inden for projektets påvirkningsområde Introduktion af invasive ikke-hjemmehørende arter	Projektets/bearbejdningsprocessens bidrag plus eksisterende baggrundskoncentrationer udgør > 50 % af standarderne Støv er en betydelig gene for mennesker eller vil medføre målbare, men ikke betydelige sundhedsmæssige effekter eller moderat materiel eller økologisk skade	Spildevand/udledning fra projektet overtræder standarderne for spildevandskvalitet eller miljøkvalitetsstandarder for det modtagende vandløb, men fortyndes hurtigt Projektet forårsager midlertidig oversvømmelse i et lille område Direkte eller indirekte påvirkninger for andre brugere eller for værdien af ressourcen, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne i ressourcen efter projektets udvikling ændres og truer ressourcens samlede levedygtighed eller midlertidigt i høj grad begrænser anvendelsen for andre brugere Vejledende tidsskema for tilbagevenden til oprindelige forhold: 6-12 måneder Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til lokal skade, der ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i et større område, der kan tage 6 måneder til 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Direkte eller indirekte påvirkninger for andre brugere eller for værdien af ressourcen, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne i ressourcen efter projektets udvikling ændres, eller der midlertidigt i høj grad begrænses for andre brugeres anvendelse Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til lokal skade, som ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til skade i et større område, der kan tage 6 måneder til 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Jorderosion kan forventes at føre til synlig kløftdannelse Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til lokal skade, der ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år Udslip eller utilsigtet begivenhed, som fører til skade i et større område, der kan tage 6 måneder til 1 år at genoprette til den forud eksisterende kapacitet/funktion	Permanente ændringer i et udstrakt område og/eller ny udvikling, der vil medføre en betydelig negativ ændring af det eksisterende landskabs karakter Midlertidige ændringer, hvor den oprindelige landskabskarakter forventes at blive gendannet inden for 5-10 år	Enkelt dødsfald eller alvorlig permanent svækkelse hos en person (> 30 %), f.eks. tab af en hånd eller nedre ekstremitet (ved knæet), paraplegi

Konsekvens	Økologi	Luftkvalitet	Overfladevand	Grundvand	Jord og jordoverflade	Landskab og visuel påvirkning	Folkesundhed
Meget stor	Fuldstændigt tab eller meget væsentlig ændring af vigtige elementer/egenskaber i det oprindelige habitat eller den oprindelige art, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne efter projektets udvikling vil blive fundamentalt ændret og helt kan gå tabt Påvirker en hel population eller art i tilstrækkeligt omfang til at forårsage en permanent nedgang i rigdom og/eller ændring i fordeling >80 % af et habitat ligger inden for projektets påvirkningsområde	Projektets/bearbejdningsprocessens bidrag plus eksisterende baggrundskoncentrationer udgør > 70 % af standarderne Støv er en meget betydelig gene for mennesker eller vil medføre betydelige sundhedsmæssige følgevirkninger eller betydelig materiel skade	Spildevand/udledning fra projektet overtræder standarderne for spildevandskvalitet eller miljøkvalitetsstandarder for det modtagende vandløb, og dette vandløb har begrænset kapacitet til at håndtere forurening Projektet forårsager midlertidig oversvømmelse i et stort område Fuldstændigt tab eller meget væsentlig ændring af vigtige elementer/egenskaber i vandløb, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne efter projektets udvikling vil blive fundamentalt ændret og helt kan gå tabt; eller anvendelsen for andre brugere påvirkes permanent Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til udbredt skade, som ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år	Fuldstændigt tab eller meget væsentlig ændring af vigtige elementer/egenskaber i et vandløb eller grundvandsreservoir, således at karakteren/sammensætningen/egenskaberne efter projektets udvikling vil blive fundamentalt ændret og helt kan gå tabt; eller anvendelsen for andre brugere påvirkes permanent Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til skade i et større område, som ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år	Kløftdannelse forudses at være omfattende Udslip eller utilsigtet begivenhed, der fører til skade i et større område, som ikke kan genoprettes til den forud eksisterende kapacitet/funktion inden for 1 år	Permanent ændring i et udstrakt område og/eller introduktion af elementer, der fundamentalt vil ændre landskabets karakter Midlertidige ændringer, hvor genoprettelse af den oprindelige landskabskarakter forventes at tage længere end 10 år	Flere dødsfald eller alvorlig permanent svækkelse hos flere mennesker (< 5 personer).

Tabel 92 Klassifikation af sandsynlighed

	Meget usandsynlig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig	Næsten sikker
Sandsynlighed for en enkelt hændelse	< 5 %	6-20 %	21-50 %	51-75 %	> 75 %

Tabel 93 Risikoklassifikationsoversigt

Risikoklassificering		Sandsynlighed				
		Meget usandsynlig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig	Næsten sikker
Mulig konsekvens	Meget stor	M	M	H	H	H
	Stor	L	M	M	H	H
	Mellemstor	L	L	M	M	H
	Lille	L	L	L	M	M
	Meget lille	L	L	L	L	M

15.3 Resultater

Risikovurderingen er vist i Tabel 94. Der blev vurderet i alt 10 farer, hvilket førte til en optegnelse af 35 forskellige risikokonsekvenser. Af de 35 risici blev 7 vurderet til at have en mellemstor restrisiko, og for 28 blev risikoen betragtet som lav. Alle de "mellemstore" risici var forbundet med miljømæssige konsekvenser i tilfælde af, at der forekom et brud på FTSF-dæmningen. Selv om disse risici har meget lave sandsynligheder (som beskrevet udførligt i dette dokument), er omfanget af den medfølgende konsekvens tilstrækkelig til at anse dem for at være forbundet med mellemstor risiko.

Tabel 94 Risikovurdering

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
Svigt i FTSF og/eller CRSF på grund af en seismisk hændelse	Der forekommer et maksimalt forventeligt jordskælv (MCE) (styrke 5,4 i 10 km afstand fra TSF)	Deformering af FTSF- og/eller CRSF-dæmningerne som resultat af den seismiske begivenhed, hvilket medfører svigt i tailings-anlæggene	Meget usandsynlig	Stor	Lav	MCE-hændelsen er et 1 i 10.000 år jordskælv (Annual Exceedance Probability, AEP). MCE-begivenheden forventes at forårsage < 5 cm deformation af FTSF og CRSF. Et sådant deformationsniveau forventes ikke at være tilstrækkeligt til at svække stabiliteten i dæmningerne. Sikkerhedsfaktoren (FoS) for strukturer forbliver på 1,1 eller højere under MCE-omstændigheder. Dæmninger konstrueres ved brug af BAT efter ICOLD-standarder. De vil fyldes med klippe, og FTSF-dæmningen bliver forankret til fast klippe.	Ingen yderligere afbødende foranstaltninger.	Meget usandsynlig	Stor	Lav
Super-natant løber ud fra FTSF i driftsfasen og efter nedlukning	Overdreven nedbørshændelse eller blokering på grund af is, der forårsager overløb (dette antages at ske i år 37 for et driftsbrud og efter år 49 for et brud efter nedlukning), hvilket får supernatanten til at strømme ned i Taseq-dalen og flyde ind i Taseq- og Narsaq-elvene og videre til Narsap Ilua. Der forventes oversvømmelse på sletter i det alluviale område i begivenhedstidsrummet.	Tab af terrestrisk flora og fauna / påvirkning af terrestriske habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Lille	Lav	I tilfælde af en overløbshændelse ville strømmen blive indesluttet af Narsaq-elven. Frigivelsen ville udgøre en stor vandstrøm (6.900 m³/t sammenlignet med de gennemsnitlige årlige strømninger på 1.300 m³/t og 4.150 m³/t for Taseq-elven og Narsaq-elven (ved kontrolpunkt C) uden nogen forventet væsentlig påvirkning på miljøet fra radioaktivitet [110]. Ved et brud efter nedlukning ville vandkvaliteten forventes at opfylde alle kriterier i GWQC, med undtagelse af fluorid, ved kontrolpunkt C. Ved et brud under drift ville der forventes et kortvarig overskridelse af GWQC. Påvirkning på terrestriske habitater på grundlag af vandkvalitet forventes at være af ringe omfang. Fysiske påvirkninger på det terrestriske miljø forventes at omfatte en midlertidig oversvømmelse af græsmarkerne i sletten i overløbstidsrummet. Når overløbet ophører, forventes det terrestriske habitat at dræne ned i Narsaq-elven uden nogen betydningsfulde langtidsvirkninger [analyse foretaget af KCB angående brud på dæmningen]. De terrestriske habitater forventes at opleve mindre betydelig nedslidning og at vende tilbage til forholdene før begivenheden.	Ingen yderligere afbødende foranstaltninger.	Usandsynlig	Lille	Lav
		Tab af ferskvandsflora og -fauna og påvirkning af ferskvands-habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Meget lille	Lav	Påvirkning på vandkvaliteten forventes at være begrænset, og strømningsmængden forventes at forblive mindre end den maksimale strøm i elvene Taseq og Narsaq. Der forventes minimal påvirkning af ferskvandshabitater ved både brud under drift og brud efter nedlukning [110].	Ingen yderligere afbødende foranstaltninger.	Usandsynlig	Meget lille	Lav
		Tab af havets flora og fauna / påvirkning af det marine habitat på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Meget lille	Lav	Det forudsagte niveau af radionuklider i Narsap Ilua som resultat af en overløbshændelse blev vurderet, og ved et brud efter nedlukning forventes niveauerne ikke at ændre sig fra de oprindelige forhold. Hvis en overløbshændelse fandt sted under drift, kunne forhøjede niveauer af uran udgøre en potentiel risiko for fytoplankton. Påvirkningen ville ikke forventes at være alvorlig (maksimal risikokvotient på 4,6) og ville forventes	Ingen yderligere afbødende foranstaltninger.	Usandsynlig	Meget lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						at være kortvarig. Påvirkningen fra en overløbsbegivenhed på marine habitater forventes at være lav [110].				
		Strålingspåvirkning på menneskers sundhed forbundet med supernatantstrøm	Usandsynlig	Meget lille	Lav	Der ville ikke forventes nogen påvirkning på menneskers sundhed, da vandet i supernatantstrømmen ville opfylde alle kriterier i GWQC, med undtagelse af fluorid, i fasen efter nedlukning. Radiologisk dosis vil ikke blive påvirket af dette svigt [110].	I begivenheds-tidsrummet kunne sletten midlertidigt oversvømmes. Oversvømmelsen forventes at afløbe naturligt, når strømmen ophører. Alle områder, hvor vand blev tilbageholdt på grund af overfladetopografi, kunne drænes manuelt om nødvendigt.	Usandsynlig	Meget lille	Lav
		Konsekvenser for drikkevandet i Narsaq	Usandsynlig	Meget lille	Lav	Der forventes ingen påvirkning på drikkevandet i Narsaq under dette scenarie på grund af to faktorer: Kvaliteten af det vand, der ville blive udledt (det opfylder alle kriterier i GWQC undtagen for fluorid) og placeringen af den forventede midlertidige oversvømmelseszone (den ville ikke påvirke afvandsingsområderne for drikkevandsforsyningen til Narsaq) [110].	Ingen yderligere afbødende foranstaltninger påkrævet.	Usandsynlig	Meget lille	Lav
Tab af supernatant og faste stoffer (delvist svigt) fra FTSF efter nedlukning	Kanaldannelse i dæmningen medfører, at supernatant (væske over aflejringen af faste tailings) og en vis mængde faste stoffer flyder ned i Taseq-dalen og føjer sig til elvene Taseq og Narsaq og udledes i Narsap Ilua	Tab af terrestrisk flora og fauna / påvirkning af terrestriske habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Lille	Lav	Under dette scenarie kunne dæmningsmaterialer eroderes ved strømning af vand og åbne et rør/en tunnel for yderligere erosion i dæmningen. Dette kunne resultere i 100 % tab af vanddækket på FTSF (13,7 Mm ³ under drift og 32,9 Mm ³ ved et brud efter nedlukning) og 25 % af faste stoffer fra flotationstailings (15 Mm ³). 60-70 % af de faste stoffer ville forventes at aflejres i de nedre strækninger af Narsaq-elven, 30-40 % ville aflejres i Narsap Ilua, og mindre end 5 % ville fortsætte ud til fjorden [KCB REF]. Tailings ville forventes at overvælde den naturlige elvstrøm kortvarigt. Det kunne forventes, at elvkanalen nedslides, og elven ville blive betydeligt ændret. Tailings ville forventes primært at blive aflejret i den eksisterende elvkanal, hvilket mindsker påvirkningen på terrestriske arter, men visse biota ville blive kvalt og ville have behov for at genkolonisere. Den primære indflydelse med hensyn til radiologisk eksponering forbundet med en kanaldannelse ville være tilstedeværelsen af porevand, og derfor er eksponeringsscenarierne for brud under drift og brud efter nedlukning nogenlunde ens. Den maksimale anslåede kortsigtede risikokvotient, der blev identificeret i den radiologiske analyse, var	Genoprettelses-aktiviteter ville begynde umiddelbart efter svigtet for at reducere niveauet af kontaminering i miljøet.	Usandsynlig	Lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						forbundet med vaskulære planter (risikokvotient 14) og zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse er hurtigt reproducerende organismer, forventes det, at enhver påvirkning ville være kortvarig. Den maksimale anslåede risikokvotient i længerevarende eksponering er 4,9 for fugle, der lever i det lokale miljø. Dette er en konservativ vurdering [110].				
		Tab af ferskvandsflora og -fauna og påvirkning af ferskvands-habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor	Strømmen fra en kanaldannelse ville forventes at overvælde den naturlige elvstrøm og ville sandsynligvis medføre, at biota såsom fisk bliver skyllet bort med strømmen. På kort sigt ville de fysiske påvirkninger fra kanaldannelsen være den primære årsag til påvirkninger på ferskvandshabitater. Den maksimale anslåede kortsigtede risikokvotient, der blev identificeret i den radiologiske analyse, var forbundet med zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse er hurtigt reproducerende organismer, forventes det, at enhver påvirkning ville være kortvarig. Radiologiske vurderinger indikerer, at bløddyr og zooplankton kan opleve en forhøjet risiko for radiologisk påvirkning på længere sigt; dog blev fisk ikke identificeret som værende i fare, og alvorlige påvirkninger forventedes ikke [110].	ingen yderligere afbødende foranstaltninger.	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor
		Tab af havets flora og fauna / påvirkning af det marine habitat på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor	En kanaldannelse har potentiale til at skabe radiologiske påvirkninger fra det vand, der er gået tabt som en del af bruddet, og fra aflejringen af faste stoffer. I løbet af frigivelsestidsrummet kan der være negative kortsigtede radiologiske påvirkninger på biota i Narsap Ilua (risikokvotient for fytoplankton på 100) på grund af det frigivne vand. Når begivenheden ophører, forventes niveauerne af radioaktivitet at falde til tæt på de oprindelige niveauer, og doserne vil falde til under effektniveauet. De radiologiske påvirkninger fra vandmængden ville være betydelige, men kortvarige. Der forventes også længerevarende påvirkning fra eksponering for tailings med faste stoffer, der aflejres i Narsap Ilua. Tailings ville danne et nyt sedimentlag i Narsap Ilua, og resultaterne viser, at der ikke forventes nogen længerevarende radiologiske påvirkninger på biota i Narsap Ilua. Tailings ville dog kvæle biota, og arter ville have behov for at genkolonisere, hvilket kan tage en vis tid [110].	Omfattende overvågning af biota oprettes. Rådgivende sundhedsmeddelelser leveres til samfundet vedrørende indtagelse af fisk efter hændelsen.	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor
		Strålings-påvirkninger på menneskers sundhed forbundet med supernatantstrøm	Usandsynlig	Mellemstor	Lav	Der blev udført vurderinger af spredningsveje for radiologiske påvirkninger i rørscenariet, hvilke viser, at beboere i Narsaq kunne hente op til 20 % af deres fiskeforsyning fra Narsap Ilua uden at overskride	Omfattende overvågning af biota oprettes. Rådgivende	Usandsynlig	Mellemstor	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						folkesundhedsgrænsen på 1 mSv/år over baggrundsniveauer om året.	sundhedsmeddelelser leveres til samfundet vedrørende indtagelse af fisk efter begivenheden.			
Brud på FTSF-dæmning efter nedlukning	Et katastrofalt brud på dæmningen vil skabe faste stoffer og væske, som vil strømme ned ad Taseq-elven og gennem Narsaq-dalen og udledes i Narsap Ilua; en vis mængde ville fortsætte ud til fjorden.	Tab af terrestrisk flora og fauna / påvirkning af terrestriske habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor	Der er modelleret et scenarie med lavt volumen og et scenarie med højt volumen ved brud på dæmningen. Denne risikovurdering drejer sig om det værste tilfælde med "høj" volumen, hvor 43 Mm³ materiale ville gå tabt ved bruddet på dæmningen, hvis det skete under drift, og 63 Mm³ ville gå tabt, hvis det skete efter nedlukning. Et katastrofalt brud på dæmningen ville medføre aflejring af faste stoffer fra tailings og dæmningsmateriale hen over et udstrakt område nedstrøms for bruddet. Den dybeste strømning ville forekomme på den første 1/3 af strømningsruten med dybder på over 25 m og bredder på over 110 m. Når strømmen nåede til sletten, ville strømningsdybden være ca. 5 m (i visse områder op til 10 m), og bredden ville maksimalt være ca. 640 m ved udmundingen til Narsap Ilua. Det samlede påvirkede landareal ville være 1,84 km². På kort sigt vil den primære årsag til påvirkning af alle habitater være en konsekvens af aflejring af en stor mængde faste stoffer og meget høje væskestrømme. I de områder, hvor tailings aflejres, ville det forventes, at den eksisterende biota ville blive kvalt, og arter ville have behov for at genkolonisere. Den højeste anslåede risikokvotient for længerevarende eksponering, der blev identificeret i den radiologiske analyse, var forbundet med vaskulære planter (risikokvotient på 14) og zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse er hurtigt reproducerende organismer, ville det forventes, at enhver påvirkning ville være kortvarig. Den maksimale anslåede risikokvotient for længerevarende eksponering er 4,9 for fugle, der lever i det lokale miljø. Dette er en konservativ vurdering [110]. Den terrestriske fauna i det påvirkede område er almindelig i hele det sydlige Grønland, og bevarelsen er ikke afhængig af lokale bestande. Ved et katastrofalt brudscenarie under driftsfasen og efter nedlukning kunne påvirkninger på arter lokalt forventes, men påvirkninger på populationsniveau forventes ikke i betragtning af det lille levestedsområde, der ville blive påvirket af bruddet.	Genoprettelsesaktiviteter ville begynde umiddelbart efter svigtet for at reducere niveauet af kontaminering i miljøet.	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
		Tab af ferskvandsflora og -fauna og påvirkning af ferskvands-habitater på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor	Der kunne forventes betydelig nedslidning, og biota som f.eks. fisk ville kunne blive skyllet væk med strømmen. Akvatisk liv ville forventes at blive påvirket af en række mekanismer: Begravelse i slam eller tilstopning af gællerne; turbiditet, der forhindrer lysindtrængning og fotosyntese; samt ændringer i surhed og temperaturer i vandet. På kort sigt ville disse påvirkninger overvælde påvirkningerne fra radiologisk eksponering. Den maksimale anslåede kortsigtede risikokvotient, der blev identificeret i den radiologiske analyse, var forbundet med zooplankton (risikokvotient over 1). Da disse er hurtigt reproducerende organismer, forventes det, at enhver påvirkning ville være kortvarig. Radiologiske vurderinger viser, at bløddyr og zooplankton kan opleve en forhøjet risiko for radiologisk påvirkning på længere sigt, men fisk blev ikke identificeret som værende i fare, og alvorlige påvirkninger forventedes ikke [110]. Vandkvaliteten i Narsaq-elven forventes at overholde GWQC (bortset fra fluorid) inden for 2 år efter bruddet.	Genoprettelses-aktiviteter ville begynde umiddelbart efter svigtet for at reducere niveauet af kontaminering i miljøet.	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor
		Tab af havets flora og fauna / påvirkning af det marine habitat på grund af vandkvalitet, vandstrøm eller radiologiske påvirkninger	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor	Et brud på dæmningen har potentiale til at skabe radiologiske påvirkninger fra det ved bruddet frigivne vand og fra deponering af faste stoffer. Under tidsrummet for frigivelsen kunne der være negative kortvarige radiologiske påvirkninger på biota i Narsap Ilua (risikokvotient for fytoplankton på 100) på grund af det frigivne vand. Når hændelsen er ophørt, ville niveauerne af radioaktivitet forventes at aftage til værdier tæt på basislinje, med doser faldende til under effektgrænsen. De radiologiske påvirkninger fra vandmængden ville være betydelige men kortvarige. Længerevarende påvirkninger fra eksponering til faste stoffer i tailings, der deponeres i Narsap Ilua, ville også forventes. Tailings ville danne et nyt sedimentlag i Narsap Ilua, og resultater vises, at der ikke forventes langvarige radiologiske påvirkninger på biota i Narsap Ilua. Men tailings ville kvæle biota, og arter ville have behov for at genkolonisere, hvilket kunne tage tid [110].	Omfattende overvågning af biota oprettes. Rådgivende sundhedsmeddelelser leveres til samfundet vedrørende indtagelse af fisk efter begivenheden.	Usandsynlig	Stor	Mellem-stor
		Strålingseffekter på menneskers sundhed forbundet med afsætning af tailings-materiale og efterfølgende erosion af disse materialer	Usandsynlig	Lille	Lav	Beregninger af menneskers radiologiske eksponering afledt fra lejlighedsvis anvendelse af områder med deponerede tailings og fra bosættelse i Narsaq blev foretaget ved hjælp af RESRAD-ONSITE-modellen. Yderligere bidrag fra erosion af aflejrede tailings (når de er tørret) og indtagelse af lokale fisk er også beregnet. De estimerede samlede doser ville være langt under den årlige dosisgrænse på 1 mSv angivet af ICRP (Den Internationale Kommission for Strålebeskyttelse) for medlemmer af offentligheden.	Der ville blive etableret overvågning i tilfælde af en svigtbegivenhed for at bekræfte modelforudsigelser.	Usandsynlig	Lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						Indbyggerne i Narsaq ville være i stand til at indtage op til 20 % af deres fisk fra Narsap Ilua uden at overskride folkesundhedsgrænser for radiologiske doser. Mens langvarige radiologiske eksponeringer ville forventes at være lave i Narsaq-dalen og Narsap Ilua, vil det sandsynligvis tage tid, før de terrestriske arter genoprettes efter svigtet.				
		Konsekvenser for drikkevandet i Narsaq	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav	Der blev udført en vurdering for at bestemme, om de resterende faste stoffer fra et katastrofalt svigt i FTSF ville resultere i kontaminering af drikkevandet i Narsaq eller andre følsomme receptorer. Vurderingen modellerede påvirkningen ved hjælp af CALPUFF-luftkvalitetsmodellen. Resultater viser, at kontaminering af drikkevandet i Narsaq sandsynligvis vil være ubetydelig [90].	Der vil blive foretaget overvågning af vandkvaliteten i drikkevands-reservoiret i tilfælde af et brud på dæmningen.	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav
		Påvirkninger på vandkvaliteten	Meget usandsynlig	Meget Stor	Mellem-stor	Det vurderes, at udslippet af vand fra tailings-anlægget sammen med faste stoffer og dermed forbundet porevand ville resultere i midlertidig overskridelse af kriterier i GWQC for flere elementer i elvene Taseq og Narsaq. Niveauerne af natrium, kalium, sulfat, fluorid, jern, mangan og uran ville alle forhøjes straks efter et katastrofalt brud. Inden for 2 år ville koncentrationerne af disse stoffer (bortset fra fluorid) svare til basislinje-forholdene i Narsaq-elven, både i tilfælde af et brud i under drift og i tilfælde af et brud efter nedlukning (våd dækning og tør dækning). Fluorid-niveauer i elven ville leve op til retningslinjerne for kvalitet om vinteren inden for 2 år, men ville ikke leve op til retningslinjerne for kvalitet om sommeren før 10-20 år senere, afhængigt af det tidspunkt, hvorpå bruddet fandt sted.	Orensning efter brud og fjernelse af sediment og nedbør hvor muligt.	Meget usandsynlig	Meget stor	Mellem-stor
		Potentielt tab af liv på grund af brud på dæmning	Meget usandsynlig	Meget stor	Mellem-stor	“Risikopopulationen” (PAR) omfatter alle mennesker, der vil blive direkte udsat for oversvømmelsesvand, hvis man antager, at de ikke reagerer ved at evakuere. I fasen efter nedlukning er det antageligt, at antallet af mennesker, der måtte være i dette miljø, ikke er stort, da det kun bruges til lejlighedsvis rekreation. En PAR på 1-10 er anslået i denne sammenhæng. I tilfælde af, at der opstår brud på dæmningen, og enkeltpersoner var nedstrøms for anlægget på tidspunktet for bruddet, kunne begivenhedens hastighed medføre tab af liv.	Installation af alarmer til at advare om ændringer i belastningen i FTSF. Overvågning af TSF-dæmningen i overensstemmelse med krav udviklet af ANCOLD.	Meget usandsynlig	Meget stor	Mellem-stor
		Påvirkninger på byen Narsaq	Meget usandsynlig	Lille	Lav	Byen Narsaq ligger væk fra strømningsvejen for alle de modellerede scenarier, og derfor forventes hverken oversvømmelse eller deponering af tailings at forekomme i byen Narsaq. Radiologiske eksponeringsniveauer for beboere i Narsaq og besøgende i Narsaq-dalen ville ikke overstige	Der ville regelmæssigt blive gennemført sikkerhedstræning i samfundet for at informere Narsaq-beboerne om risici og	Meget usandsynlig	Lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						eksponeringsniveauerne for folkesundheden i et scenarie efter brud på dæmningen.	beredskabsforanstaltninger.			
Brud på dæmning i FTSF og CSRF i fasen efter nedlukning	En hændelse, der forårsager brud på både CRSF og FTSF og udleder tailings ned gennem Taseq-elven og gennem Narsaq-dalen og ud i Narsap Ilua og sender en vis mængde videre ud til fjorden	Radiologiske påvirkninger på arter på land, i havet og i ferskvand som følge af den kombinerede tailingsstrøm	Usandsynlig	Mellemstor	Lav	CRSF og FTSF er begge bygget til BAT. Svigt i FTSF isoleret set forventes ikke at have potentiale til at forårsage svigt i CRSF. Der blev udført en følsomhedsanalyse af det tilfælde, at der forekommer svigt i begge for at bestemme de radiologiske konsekvenser af tailings på miljøet [5]. Risikokvotienterne for ferskvandsarter blev forudsagt at være højere (6 sammenlignet med 4,9 for fugle), men de forbliver dog langt under det niveau, der er forbundet med alvorlige følgevirkninger på langt sigt. Potentialet for påvirkninger på fytoplankton i det marine miljø og i lav på landjorden blev også bemærket, men i alle tilfælde viste risikokvotienterne ikke en alvorlig påvirkning. Følsomhedsanalysen konkluderede, at den kombinerede frigivelse fra CRSF og FTSF ville føre til dosisestimer, der var ca. 20-30 % højere end dem, der blev registreret for et svigt udelukkende i FTSF.	Genoprettelsesaktiviteter ville begynde umiddelbart efter svigtet for at reducere niveauet af kontaminering i miljøet. Den primære indledende påvirkning fra svigtet ville være fysisk, som beskrevet for den næste risiko. Ingen af de længerevarende radiologiske påvirkninger på arter forventes at have alvorlige effekter, men for visse arter kan det dog tage tid at genkolonisere områder på grund af tab, der er forårsaget af de fysiske følgevirkninger af svigtet.	Usandsynlig	Mellemstor	Lav
		Fysiske påvirkninger på arter på land, i havet og i ferskvand som følge af den kombinerede tailingsstrøm	Usandsynlig	Stor	Mellemstor	CRSF og FTSF er begge bygget til BAT. Svigt i FTSF isoleret set forventes ikke at have potentiale til at forårsage svigt i CRSF. I tilfælde af, at der opstod brud på begge dæmninger, forventes volumen af tailings at stige med 10 % (proportionalt med størrelsen af de to anlæg). Selvom dette er en betydelig stigning, ville denne ekstra volumen ikke forventes at nå nogen miljømæssige grænser med fysiske påvirkninger til følge, der er påviseligt forskellige fra dem, der var forventet under scenariet med brud på FTSF.	Genoprettelsesaktiviteter ville begynde umiddelbart efter svigtet for at reducere niveauet af kontaminering i miljøet.	Usandsynlig	Stor	Mellemstor
Ukontrolleret udsivning fra TSF	Utilstrækkelige analyser af grundvandsforhold fører til betydelig udsivning fra TSF	Indvirkninger på overfladevand-kvaliteten	Mulig	Lille	Lav	Det menes, at forbindelsen mellem grundvand og overfladevand er begrænset, hvilket gør denne risiko usandsynlig. I tilfælde af, at der identificeres en vis udsivning, forventes omfanget ikke at være betydeligt i betragtning af stabiliteten i Taseq-søens vandstand.	I tilfælde af, at der identificeres betydeligt udslip med forhøjede fluoridniveauer, kunne projektet implementere et anlæg, der behandler vand før udledning i TSF.	Mulig	Lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
		Konsekvenser for drikkevandet i Narsaq	Mulig	Lille	Lav	Det menes, at forbindelsen mellem grundvand og overfladevand er begrænset.	I tilfælde af udsivning er risikoen for påvirkninger af drikkevandsforsyningen til Narsaq begrænset på grund af de fortyndingsvirkninger, der ville opstå, og om nødvendigt kan potentielt påvirkede drikkevandskilder blive suspenderet ved en ekstrem begivenhed.	Mulig	Meget lille	Lav
Aerosoler genereret fra overfladen af TSF	Stærke vinde (föhn) udvikler aerosoler på TSF med deponering ud over TSF-anlæggets rammer	Indvirkninger på afvandingsområdet for drikkevand i Narsaq og på forsyningen	Usandsynlig	Lille	Lav	En spredningsmodel for aerosoler anslog afsætningen af fluorid, hvis 1 % og 10 % af aerosoler fra TSF under føhnvind-forhold landede i afvandingsområdet for drikkevand til Narsaq. Hvis 10 % (det maksimale tilfælde) landede i det 6 km ² store afvandingsområde til drikkevand i Narsaq, ville den maksimale bufferbelastning på 4.500 kg/år (ifølge retningslinjer fra WHO for basisniveauer for drikkevandskvalitet og fluoridniveauer) kun blive overskredet, hvis føhnhændelser varede i mere end 335 timer. Deponering af aerosoler i afvandingsområdet til drikkevand i Narsaq betragtes som usandsynlig på grund af vindretning, topografi og den bjergryg, der adskiller Taseq-dalen fra det område, der bruges til udvinding af råvand til Narsaqs vandforsyning. Vurderinger af kritiske belastninger viser, at potentielle påvirkninger på kvaliteten af drikkevandet i Narsaq betragtes som lave [59].	I tilfælde af, at det blev vist, at føhnvinde skabte ændringer i kvaliteten af drikkevandet i Narsaq, kunne yderligere vandbehandling implementeres ved TSF for at forbedre vandkvaliteten i supernatanten inden udledning. Der vil blive foretaget miljøovervågning ved kontrolpunkt C (Narsaq-elven lige neden for sammenløbet med Taseq-elven), hvilket muliggør hurtig identifikation af ændringer i vandkvaliteten, der måtte kræve indgreb.	Usandsynlig	Meget lille	Lav
		Påvirkninger på flora og fauna i Ilua-dalen	Usandsynlig	Meget lille	Lav	Deponering af aerosoler kunne potentielt dække et område på 10 km ² . Dette ville overvejende dække Narsaq-dalen. Sprøjt kunne tørre og forblive på land i et længere tidsrum, men koncentrationer ville forblive lave uden nogen forventet væsentlig påvirkning på flora og fauna.	I tilfælde af, at miljøpåvirkningerne blev identificeret som et resultat af spredning af aerosoler, kunne mulighederne for at forbedre vandkvaliteten ved TSF blive fremsat.	Usandsynlig	Meget lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
		Indvirkninger på overfladevand-kvaliteten	Usandsynlig	Stor	Lav	Forventet kortvarig overskridelse af retningslinjerne for omgivende vandkvalitet.	I tilfælde af, at miljøpåvirkningerne blev identificeret som et resultat af spredning af aerosoler, kunne mulighederne for at forbedre vandkvaliteten ved TSF blive fremsat.	Usandsynlig	Stor	Lav
Utsigtet udslip af tailings-slam	Brud på rørledning og/eller svigt i vandrensningsanlægget	Påvirkninger på vandkvaliteten	Mulig	Mellemstor	Mellemstor	Hvis der skulle forekomme svigt i vandrensningsanlægget under driften eller i nedlukningsfasen på 6 år, ville produktionsarbejdet ophøre, og udledning af vand i Nordre Sermilik ville ligeledes ophøre. Der kan opbevares betydelige mængder vand i TSF og på forarbejdningsanlægget for at have fortsat adgang til vand, indtil udstyret er repareret.	Der vil blive monteret trykfølere og blokventiler på alle rørledninger til slam for at detektere udslip. Nødprocedurer og programmerede blokeringsanordninger ville blive aktiveret for at minimere lækagen eller bruddet.	Usandsynlig	Mellemstor	Lav
Utsigtet udslip af uranoxid i Narsaq-dalen	Udslip i Narsaq-dalen fra en lastbil, som vælter og spilder uranoxid, der er på vej til havnen	Indvirkninger på menneskers sundhed på grund af eksponering for stråling (medarbejder-eksponering for gammastråling)	Meget usandsynlig	meget lille	Lav	Sandsynligheden for udslip fra en lastbil, der vælter under transport af uranoxid, er beregnet til at være $4,4 \times 10^{-6}$ om året. Ved at anvende betingede sandsynligheder for, at ulykken medfører frigivelse af uranoxid, bliver sandsynligheden for frigivelse af uranoxid i miljøerne meget usandsynlig (en 1 i 4,3 millioner om året begivenhed). Uranoxid emballeres i forseglede 200-liter tønder på raffinaderiet og lastes i containere og transporteres til havnen på fladvogne i overensstemmelse med sikkerhedsstandarder udstedt af IAEA. Hvert år transporteres der ca. 40 containere med tønder med uranoxid fra raffinaderiet til havnen Der er udført en specifik vurdering af urantransport for projektet. Hvis man antager maksimal eksponering gennem en oprensning på 10 timer, ville den maksimale modtagne dosis være 0,026 mSv pr. ulykke (sammenlignet med den fra ICRP anbefalede strålingsdosisgrænse for medlemmer af offentligheden på 1 mSv om året over naturlige baggrunds niveauer) [3].	Medarbejderne bærer personligt beskyttelsesudstyr under oprensningen af udslippet Sandsynligheden for en ulykke er meget lav, og uddannelse af lastbilchauffører minimerer risikoen for ulykker yderligere.	Meget usandsynlig	meget lille	Lav
		Påvirkninger på menneskers sundhed som følge af eksponering for stråling (medarbejderens indånding)	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav	Modellering viser, at eksponeringsdosen for en lastbilchauffør eller medarbejder, der var til stede på ulykkestidspunktet og tog del i oprensning af et udslip, er på 0,164 mSv, hvilket er væsentligt lavere end regulativernes dosisgrænse (1 mSv/år). Der forventes	Medarbejderne bærer personligt beskyttelsesudstyr under oprensning af udslip. Sandsynligheden for en ulykke er meget lav, og	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
						ingen generelle skadelige helbredsvirkninger for en lastbilchauffør, der udsættes for støvet efter en ulykke.	uddannelse af lastbilchauffører minimerer risikoen for ulykker yderligere.			
		Påvirkninger på luftkvaliteten for offentligheden efter en ulykke	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav	Offentligheden forventes ikke at være nærmere end 100 m på en ulykke. Alt støv, der fremkommer ved begivenheden, forventes at aflejres i nærheden, hvilket medfører en lavere strålingseksponering end den, der er modelleret for medarbejdere, hvilket betyder langt under dosisgrænser.	Uddannelse af lastbilchauffører minimerer risikoen for ulykke yderligere. I tilfælde af en ulykke vil der blive indført restriktioner for at undgå offentlig adgang til stedet på kort sigt.	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav
		Påvirkninger på fauna og flora som følge af udslip	Meget usandsynlig	Mellemstor	Lav	Påvirkninger på fauna og flora, der findes i et lille landområde. Enkelte arter kunne blive påvirket, men dette vil ikke påvirke nogen betydelig del af bestanden af arter eller andel af habitatet [3].	Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet.	Meget usandsynlig	Lille	Lav
		Indvirkninger på overfladevand-kvaliteten	Meget usandsynlig	Lille	Lav	Kortvarige påvirkninger på kvaliteten af overfladevand kunne skyldes dræning fra udslipsstedet, men påvirkningerne ville være lavere end risikoen vurderet for udslip direkte i havn eller elv (se nedenfor).	Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet.	Meget usandsynlig	Lille	Lav
		Påvirkninger på jordkvalitet og sediment	Meget usandsynlig	Lille	Lav	Påvirkninger på jordkvalitet og sediment i umiddelbar nærhed af et udslip [3].	Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet.	Meget usandsynlig	Lille	Lav
Utilsigtet udslip af uranoxid i havnen eller i elve	Håndteringsfejl ved transport af uranoxid i havneområdet	Påvirkninger på menneskers sundhed som følge af eksponering for stråling (medarbejdere)	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav	Medarbejderes eksponering ville være begrænset på grund af brug af mekanisk udstyr i havnen og øjeblikkelig vanddækning over eventuelt udsluppet uranoxid. Påvirkningerne ville være betydeligt lavere end dem, der forventes for udslip på land.	Risikoen for ulykke minimeres ved brug af mekanisk udstyr til at flytte containere, hvor det er muligt, hvilket reducerer samspillet mellem medarbejdere og containere. Medarbejderne bærer personligt beskyttelsesudstyr under oprensning af udslip.	Meget usandsynlig	Meget lille	Lav

Fare	Risikobeskrivelse		Iboende risiko		Risiko-niveau	Begrundelse for vurdering	Afbødende kontroller	Restrisiko		Risiko-niveau
	Årsag	Konsekvens	Sandsynlighed	Konsekvens				Sandsynlighed	Konsekvens	
							Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet. Påvirkningen ville være lavere om vinteren, da visse vandløb er frosset til.			
		Indvirkninger på overfladevand-kvaliteten	Meget usandsynlig	Lille	Lav	Der kunne forekomme kortsigtede påvirkninger på vandkvaliteten (overskridelse af standarden for drikkevand, hvis vandet blev hentet nedstrøms for udslippet) i et par uger.	Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet. Påvirkningen ville være lavere om vinteren, da visse vandløb er frosset til.	Meget usandsynlig	Lille	Lav
		Påvirkninger på akvatiske arter i havnen	Meget usandsynlig	Mellemstor	Lav	Der kunne forekomme kortsigtede påvirkninger på de enkelte arter, men der forventes ikke påvirkninger på populationsniveau for biota. På længere sigt skal frigivet materiale inddæmmes og fjernes, og der skal foretages afbødende foranstaltninger i området. Modellering af skæbne, transport og eksponeringsvej viser, at en omfattende oprensningsindsats ville fjerne > 90 % af frigivne materialer. På længere sigt kan kvaliteten af sediment påvirkes, hvilket fører til uønsket eksponering af benthiske hvirvelløse dyr og anden biota, der udsættes for kontamineret vand og sedimenter.	Der ville blive foretaget omfattende oprensning for at fjerne så meget spildt materiale som muligt umiddelbart efter udslippet. Påvirkningen ville være lavere om vinteren, da visse vandløb er frosset til.	Meget usandsynlig	Lille	Lav

16. Litteraturliste

- [1] Amec Foster Wheeler Earth & Environmental UK Ltd. 2017. Flotation Tailings and Chemical Residue Storage Facilities Feasibility Study, Kvanefjeld Rare Earth and Uranium Project, Greenland (*Lønsomhedsundersøgelse af flotationstailings og anlæg til deponering af kemikalierester, Kvanefjeld-projektet for uran og sjældne jordarter*), 256 pp.
- [2] AMEC Minproc. 2011. Kvanefjeld Multi Element Project Tailings Management Options, Presentation, 26 slides, 14 March 2011. (*Valgmuligheder for håndtering af multi-element tailings fra Kvanefjeld*, Præsentation, 26 sider, 14. marts 2011.)
- [3] ARCADIS. 2015. Uranium Product Transportation Assessment, Kvanefjeld Multi-Element Project, Narsaq Area, Greenland (*Vurdering af transporten af uranprodukt for Kvanefjeld multi-elementprojektet*), 35 pp.
- [4] ARCADIS. 2015. Radiation Monitoring Plan Outline, Kvanefjeld Multi-Element Project, Narsaq Area, Greenland (*Skitseplan for strålingsovervågning for Kvanefjeld multi-elementprojektet*), 7 pp.
- [5] ARCADIS. 2019. Radiological Assessment for the Kvanefjeld Multi-Element Project in Narsaq Area, Greenland (*Radiologisk vurdering for Kvanefjeld multi-elementprojektet*), 453 pp.
- [6] ARCADIS. 2020. Rev 1. Mining the Kvanefjeld Rare Element Resource, Narsaq Area, Greenland (*Radon og Thoron frigivelser i Kvanefjeld-forekomsten af sjældne jordarter*), 64 pp.
- [8] Auerbach, N. A., M. D. Walker & D. A. Walker, 1997. Effects of roadside disturbance on substrate and vegetation properties in Arctic tundra (*Påvirkninger fra vejsideforstyrrelser af jordbund og vegetation i arktisk tundra*). Ecological Applications, 7:218-235.
- [9] Boertmann, D., Lungs, P., Merkel, F.R. og Mosbech, A. 2004. The significance of Southwest Greenland as winter quarters for seabirds (*Betydningen af Sydvestgrønland som overvintringsområde for havfugle*). Bird Conservation International, 14, 87-112.
- [10] Boertmann, D., Bay, C. Grønlands Rødliste, 2018. Aarhus University, Department of Bioscience, <http://www.natur.gl/en/roedliste/>.
- [11] Boulanger, J., K.G. Poole, A. Gunn og J. Wierzchowski, 2012. Estimating the zone of influence of industrial developments on wildlife: a migratory caribou Rangifer tarandus groenlandicus and diamond mine case study (*Estimering af indflydelsesområdet på dyreliv for industrielle udviklinger: Case study af migrerende karibou Rangifer tarandus groenlandicus og diamantmine*). Wildlife Biology 18(2):164-179.
- [12] Rypdal, K. et al. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 1 General Guidance and Reporting – Introduction, 12 pp.
- [13] Christensen, T., Falk, K., Boye, T., Ugarte, F., Boertmann, D. & Mosbech, A. 2012. Identifikation af sårbare marine områder i den grønlandske/danske del af Arktis. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 pp.
- [14] Søfartsstyrelsen Bek. nr. 417 af 28. maj 2009: "Bekendtgørelse for Grønland om skibes sikre sejlads m.v.", 4 pp.
- [15] DHI. 2015. Kvanefjeld Marine Discharges and Fjord Dynamics – Ecotoxicity test of the mixture of TWP and Barren Chloride (*Marine udledninger og fjorddynamik, økotoksikologiske undersøgelser af blandingen af TWP og steril chlorid*), 54 pp.

- [16] DHI. 2015. Kvanefjeld Marine Discharges and Fjord Dynamics – Modelling and Interpretation of Ecotoxicology Studies (*Marine udledninger og fjorddynamik – Modellering og fortolkning af økotoxikologiske undersøgelser*), 104 pp.
- [17] DHI. 2019. Kvanefjeld Marine Discharges and Fjord Dynamics – Modelling and Interpretation (*Udledninger til havet og fjorddynamik ved Kvanefjeld – modellering og fortolkning*), 93 pp.
- [18] ECHA. 2008. Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration] response for the environment (*Vejledning om informationskrav og kemikaliesikkerhedsvurdering, kapitel R.10: Karakterisering af dosis respons for miljøet*).
- [19] ERM. 2020. Air Quality Assessment – Project (*Luftkvalitetsvurdering af projektet*), 232 pp.
- [20] ERM. 2019. Greenhouse Gas Assessment – Kvanefjeld Uranium Mine Project (*Vurdering af drivhusgas for mineprojektet Kvanefjeld*), 43 pp.
- [21] Ernberg Simonsen, C. 2014. Botanical investigations concerning the GME mining Project at Kvanefjeld in south Greenland 2013-14 (*Botaniske undersøgelser vedrørende GME-minedriftsprojektet i Kvanefjeld i Sydgrønland*), 42 pp.
- [22] Feilberg, J. 1984. A phytogeographical study of South Greenland: Vascular plants. Meddelelser om Grønland, Bioscience 15, 72 pp.
- [23] GHD. 2018. Kvanefjeld-forekomsten af sjældne jordarter: GOLDSIM-modellering af minens levetid (vand, fluorid og uran), 46 pp.
- [24] GHD. 2018. *Kvanefjeld multi-element projekt. Indledende vurdering af påvirkningen af grundvandet fra tailings. Udkast til teknisk rapport for GMEL – Kvanefjeld multi-element project.* Preliminary groundwater impact assessment from tailings. Draft technical report for GMEL, August 2018, 52 pp.
- [25] GHD. 2019. Brev. Discussion of downstream construction of tailings storage facilities – Kommentarer angående konstruktion af nedstrøms opbevaringsfaciliteter for tailings, 6 pp.
- [26] Kommune Kujalleq. 2015. Regulations for disposal of hazardous waste (*Regulativ for bortskaffelse af miljøfarligt affald*).
- [27] GML. 2015. CO₂ reduction from Uranium production (CO₂ reduktion fra uranproduktion), 5 pp.
- [28] GML. 2015. Project – Dust Control Plan (Støvkontrolplan), 50 pp.
- [29] GML. 2016. Feasibility Study Update (*Opdatering, lønsomhedsundersøgelse*), 501 pp.
- [30] GML. 2019. Pit Water Composition at 37 years (*Sammensætning af vand i minegruben ved år 37*), 15 pp.
- [31] GML. 2019. DCE Waste Rock Run-off Calculation using Humidity Cell Test Results (*Beregning foretaget af DCE ved hjælp af fugtighedscelleresultater angående afstrømning fra stenaffald*), 27 pp.
- [32] GML. 2019. Narsaq Water Requirements and Mine Water (*Behov for vand i Narsaq og minevand*), 13 pp.
- [33] Grønlands Fiskeriundersøgelser. 1982. Fjeldørredundersøgelser i Narsaq Elv, 1981, 39 pp.
- [34] Grønlands Statistik. 2019. Greenland in Figures 2019, 40 pp.

- [35] International Atomic Energy Agency Safety Standards 2018. Occupational Radiation Protection, General Safety Guide No. GSG-7, Vienna 2018 (*Beskyttelse mod stråling på arbejdspladsen, Generel sikkerhedsvejledning nr. GSG-7*), 320 pp.
- [36] International Atomic Energy Agency. 2009. Best practice in environmental management of uranium mining (*Bedste praksis for miljøforvaltning ved uranminedrift*), 47 pp.
- [37] International Atomic Energy Agency. 2009. NF-T-1.1: Establishment of Uranium Mining and Processing Operations in the Context of Sustainable Development (*Oprettelse af uranminedrift og forarbejdningsprocesser inden for rammerne af bæredygtig udvikling*), 80 pp.
- [38] International Atomic Energy Agency. 2018. SSR-6: Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material (*Regulativ for sikker transport af radioaktivt materiale*), 109 pp.
- [39] Joint Ore Reserves Committee (JORC). 2012. Australasian Code for reporting of exploration results, mineral resources and ore reserves (*Australisk-asiatisk kodeks for rapportering af efterforskningsresultater, mineralressourcer og malmreserver*), 44 pp.
- [40] Kapel, H. 2009. Arkæologiske interesser i området omkring Kvanefjeld, Narsaq. Foreløbig evaluering af sårbarheden af gamle, beskyttede monumenter. Nunatta Katersugaasivia Allagaateqarfialu. Grønlands Nationalmuseum og Arkiv, 9 pp.
- [41] IMO. 2009. Henstilling A.1024 (26). Retningslinjer for skibe, der opererer i polare farvande, 35 pp.
- [42] Den Internationale Søfartsorganisation. 1973. International konvention om forebyggelse af forurening fra skibe (MARPOL). Vedtagelse: 1973 (konvention), 1978 (1978-protokol), 1997 (protokol - bilag VI); Ikrafttræden: 2. oktober 1983 (bilag I og II), [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx) tilgået maj 2020.
- [43] Den Internationale Søfartsorganisation. 2004. International konvention for kontrol og styring af ballastvand og sedimenter på skibe (Ballast Water Management). Vedtagelse: 13. februar 2004, Ikrafttræden: 8. september 2017, [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx) tilgået maj 2020.
- [44] International Maritime Organisation. 1990. International konvention om beredskab, bekæmpelse og samarbejde ved olieforurening (OPRC). Vedtagelse: 30. November 1990, Ikrafttræden: 13. maj 1995, [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Oil-Pollution-Preparedness,-Response-and-Co-operation-\(OPRC\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-on-Oil-Pollution-Preparedness,-Response-and-Co-operation-(OPRC).aspx) tilgået maj 2020.
- [45] Mineral Resources Authority. 2015. Retningslinjer for udarbejdelse af en vurdering af miljøpåvirkningerne (EIA) for udnyttelse af mineraler i Grønland, 24 pp.
- [46] Mosbech, A., Boertmann, D., Olsen, B.Ø., Olsvig, S., von Platen, F., Buch, E., Hansen, K.Q., Rash, M., Nielsen, N., Møller, H.S., Potter, S., Andreassen, C., Berglund, J. og Myrup, M. 2004. Kort over miljømæssig følsomhed over for olieudslip, Sydgrønlands kystområde. National Environmental Research Institute, Denmark. NERI Technical Report No. 493, 341 pp.
- [47] Myers-Smith, I.H., B.K. Arnesen, R.M. Thompson og F.S. Chapin III. 2006. Cumulative impacts on Alaskan arctic tundra of a quarter century of road dust (*Kumulative indvirkninger på Alaska-arktisk tundra fra 25 års vejstøv*). *Ecoscience* 13(4):503-510.

- [48] Myrup, M. 2010. Archaeological survey Narsaq 2010. Nunatta Katersugaasivia Allagaateqarfialu. Greenland National Museum and Archives, 18 pp.
- [49] Nielsen, S.P. 2005. Radionuclides in seal flesh and liver. In Proceedings of the Summary Seminar within the NKS-B Programme 2002-2005. 24-25 October 2005, Tartu, Estonia, pp 89-93.
- [50] OECD Nuclear Energy Agency (NEA). 2014. Managing environmental and health impacts of uranium mining (*Håndtering af miljømæssige og sundhedsmæssige påvirkninger fra udvinding af uran*), NEA No. 7062, 144 pp.
- [51] Orbicon. 2014. Kvanefjeld Hydrology (*Kvanefjelds hydrologi*), 41 pp.
- [51a] Orbicon. 2014. Kvanefjeld Hydrology, Annexes 1 and 2 (*Kvanefjelds hydrologi, bilag 1 og 2*), 74 pp.
- [52] Orbicon. 2015. Kvanefjeld Multi-Element Project, Noise Assessment (*Støjvurdering for Kvanefjeld multi-element-projektet*), 41 pp.
- [53] Orbicon. 2015. Vandkvalitetsvurdering af tailings – vand og afstrømning fra stenaffald, 97 pp.
- [54] Orbicon. 2015. Local Use Study Kvanefjeld (*Undersøgelse af lokal brug, Kvanefjeld*), 35 pp.
- [55] Orbicon. 2015. Oil and Chemicals and Assessment of Potential Impacts of Spills, Technical Report (*Olie og kemikalier og vurdering af mulige indvirkninger fra udslip. Teknisk rapport*), 53 pp.
- [56] Orbicon. 2017. Note Concerning Review of the Hydrology and Water Mass Balance in the Project (*Bemærkning om gennemgang af hydrologi og vandmassebalancen i projektet*), 28 pp.
- [57] Orbicon. 2018. Det naturlige miljø i undersøgelsesområdet, 67 pp.
- [58] Orbicon. 2018. Vandkvalitetsvurdering af tailings-vand og afstrømning fra stenaffald, 402 pp.
- [59] Orbicon. 2018. Note on Wind Dispersion of Polluted Water from Taseq (*Bemærkninger om vindspredning af forurenede vand fra Taseq*), 66 pp.
- [60] Orbicon. 2018. Taseq Basin – Groundwater Hydrology (*Taseq Bassinet – Grundvandshydrologi*).
- [61] Orbicon. 2019. Safe Fluoride Levels in Taseq Tailings Dam. Technical Report. June 2019 (*Sikre niveauer af fluorid i Taseq tailings-inddæmningen. Teknisk rapport*), 12 pp.
- [64] Rambøll Danmark. 2014. Kvanefjeld Port Feasibility Study, Prepared for Greenland Minerals and Energy December 2014 (*Lønsomhedsundersøgelse angående Kvanefjeld havn*), 79 pp.
- [65] SENES Consultants (an ARCADIS Company). 2011. Risikovurdering for transport i forbindelse med Kiggavik Projekt, udarbejdet for AREVA Resources Canada Inc., 106 pp.
- [66] SENES Consultants (an ARCADIS Company). 2014. Risikovurdering for transport af urankoncentrat (UOC) i Canada, udarbejdet for AREVA Resources Canada Inc., 236 pp.
- [67] SGS Lakefield Orestest Pty Ltd. 2013. Geochemical/Environmental Testwork on Kvanefjeld Materials (*Geokemisk/miljørelateret testarbejde på materialer fra Kvanefjeld*), 45 pp.
- [68] SRK Consulting. 2017. Project Mining Study, 74 pp.
- [69] Shared Resources Pty Ltd. 2018. Greenland Minerals Kvanefjeld Project Social Impact Assessment (*Kvanefjeld – Vurdering af samfundsmæssig bæredygtighed*), 304 pp.
- [70] UNSCEAR. 2008. Sources and Effects of Ionizing Radiation (*Kilder til og indvirkninger fra ioniserende stråling*), 179 pp.

- [71] WHO. 2017. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Ed. (*Retningslinjer for drikkevandskvalitet, 4. udgave*), 631 pp.
- [72] Wood Group. 2018. TSF Environmental Risk Assessment. Tailings Disposal and Closure Cover Options, Document No. L157-18-R2429 (*Miljørisikovurdering af muligheder for deponering af tailings og langsigtet tildækning*), 62 pp.
- [73] GML. 2019. Production of Fluoride and Mass Balance (*Produktion af fluorid og materialebalance*), 8 pp.
- [74] Klohn Crippen Berger. 2020. Taseq Lake FTSF Dam Failure Report - Final (*Endelig rapport om brud på FTSF-dæmningen ved Taseq-søen*), 37 pp.
- [75] Klohn Crippen Berger. 2020. Kvanefjeld Multi-Element Project - Seismic Stability Assessment of FTSF and CRSF Dams – Revision 3 (*Kvanefjeld multi-element projekt – Vurdering af seismisk stabilitet i damme til FTSF og CRSF – Revision 3*), 14 pp.
- [76] GML. 2019. Hydrology Summary Key Points (*Vigtigste punkter i hydrologioversigten*), 14 pp.
- [77] Klohn Crippen Berger. 2020. Kvanefjeld Rare Earths Project – Closure Cover Options Comparison Assessment – Revision 2 (*Kvanefjeld projektet, sjældne jordarter – Sammenligningsvurdering af muligheder for tildækning ved minens lukning – Revision 2*), 18 pp.
- [78] Arcadis. 2020. Kvanefjeld Tailings Dam State of the Art Review and Comparison, Addendum 1 to Consequence Assessment of Tailings Dam Failure for the Kvanefjeld Project (*Kvanefjeld tailings-dæmning: Gennemgang og sammenligninger af den seneste teknologi, Tillæg 1 til Vurdering af følgerne af brud på tailings-dæmning for Kvanefjeld-projektet*), 64 pp.
- [79] GML. 2020. Review of the Environmental Impact of the Sulphuric and Chlor-Alkali Plants (*Gennemgang af miljøpåvirkningen fra svovlsyre- og chloralkali-produktionsanlæg*), 19 pp.
- [80] International Atomic Energy Agency – Safety (Internationalt Atomenergiagentur (IAEA) – Sikkerhed). 2002. Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores (*Håndtering af radioaktivt affald fra minedrift og forarbejdning af malm*), WS-G-1-1.2, 48 pp.
- [81] AMEC. 2014. Technical Note – Kvanefjeld Project RSF Feasibility Study – Seismic Hazard (*Teknisk notat – Kvanefjeld-projektet, gennemførlighedsundersøgelse angående seismisk fare*), 8 pp.
- [82] DTU. 2017. Predicted Radiation Exposure from Mining at Kvanefjeld (DTU Nutech (2018) (*Forventet strålingseksponering fra minedrift i Kvanefjeld*), 48 pp.
- [83] GML. 2016. Returning Tailings to the Kvanefjeld Pit from Taseq (*Returnering af tailings til Kvanefjeld-minen fra Taseq*), 10 pp.
- [84] Orbicon. 2012. Narsaq Drinking Water System (*Drikkevandssystemet i Narsaq*), 31 pp.
- [85] Orbicon. 2012. Taseq Risk Assessment (*Taseq risikovurdering*), 42 pp.
- [88] Orbicon. 2018. Seepage from the FTSE to the Taseq River (*Udsivning fra FTSE til Taseq-elven*), 4 pp.
- [90] ERM. 2020. Addendum – Air Quality Assessment (*Tillæg – Luftkvalitetsvurdering*), 11 pp.
- [92] Klohn Crippen Berger. 2020. Probabilistic Seismic Hazard Assessment – Kvanefjeld Rare Earth Project, Greenland – Revision 2 (*Probabilistisk vurdering af seismisk fare – Kvanefjeld Rare Earth Project, Grønland – 2. revision*), 70 pp.

- [98] OSPAR Convention (OSPAR konventionen). 1992. The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic (*Konventionen til beskyttelse af havmiljøet i det nordøstlige Atlanterhav*), 33 pp.
- [99] EU. 2010. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (*Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2010/75/EU af 24. november 2010 om industrielle emissioner (integreret forebyggelse og bekæmpelse af forurening)*), 103 pp.
- [100] EF. 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (*Bedste tilgængelige teknik (BAT) - Referencedokument angående håndtering af affald fra udvindingsindustrier*), 722 pp.
- [101] SRK. 2015. Kvanefjeld Project Ore Reserve Estimation (*Kvanefjeld-projektet – estimat for malmreserver*), 27 sider.
- [102] Fertilizers Europe. 2000. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Sulphuric Acid and Fertilizer Industries (*Bedste tilgængelige teknikker til forebyggelse og kontrol af forurening i de europæiske svovlsyre- og gødningssektorer*), 68 pp.
- [103] Klohn Crippen Berger. 2020. Taseq TSF Review, Kvanefjeld Rare Earth Project, Greenland – Dry Closure Cover Concept Design (Rev 2) (*Gennemgang af Taseq TSF, Kvanefjeld Rare Earth Project, Grønland – Konstruktionsdesign til tør lukning (Rev 2)*), 94 pp.
- [104] Blue Water Shipping. 2017. Navigational Safety Investigation Study (*En undersøgelse af navigationssikkerhed*), 68 pp.
- [105] UNESCO. 2017. Optegnelse for Kujataa i Verdensarvslisten, 19 pp.
- [107] International Atomic Energy Agency (Det Internationale Atomenergiagentur). 2004. The long term stabilization of uranium mill tailings (*Den langsigtede stabilisering af tailings fra uranproduktionsanlæg*), 309 pp.
- [108] RISØ. 1981. Evaluation of alternative energy supply options from hydropower and CHP stations (*Evaluering af alternative muligheder for energiforsyning fra vandkraft- og kraftvarmeværker*), 45 pp.
- [110] Arcadis. 2020. Consequence Assessment of Tailings Dam Failure for the Kvanefjeld Project – Revision 2 (*Vurdering af følgevirkninger af brud på tailings-dæmningen for Kvanefjeld-projektet – Revision 2*), 220 pp.
- [111] NERI. 2003. Seabird colonies and moulting harlequin ducks in South Greenland (*Havfuglekolonier og strønmænder i Sydgrønland*), 36 pp.
- [112] USDoE. 2007. RESRAD-OFFSITE – A Tool for Evaluating Radiation Doses and Risks to Humans (*Et værktøj til vurdering af stråledoser og risici for mennesker*), 4 pp.
- [114] Outotec. 2014. SKID 250 – Sulfuric Acid Plant (*Svovlsyreanlæg*), 9 pp.
- [115] USEPA. 2000. Chlorine (*Klor*), 4 pp.
- [116] USEPA. 2000. Hydrochloric Acid (Hydrogen Chloride) (*Saltsyre (hydrogenchlorid)*), 4 pp.
- [117] Thyssen-Krupp. 2014. Kvanefjeld Chloralkali Plant Estimating Services (*Kvanefjeld chloralkali anlæg – estimeringstjenester*), 93 pp.
- [118] GML. 2018. Waste Rock Samples (*Stenaffaldsprøver*), 9 pp.

- [119] DCE-GINR. 2016. Recommendations for tailings, waste rock and water management for Kvanefjeld Multielement Project (*Anbefalinger vedrørende tailings, affaldssten og vandforvaltning for Kvanefjeld multielement-projektet*), 25 pp.
- [120] RISØ. 1990. Preliminary Environmental Impact Statement for the Kvanefjeld Uranium Mine (*Indledende erklæring om miljømæssig påvirkning fra Kvanefjeld-uranminen*), 138 pp.
- [121] WHO, Verdenssundhedsorganisationen. 2016. Radon Key Facts (*Nøglefakta om radon*), <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> tilgået maj 2020.
- [122] USEPA. Radioactive Decay (*Radioaktivt henfald*), <https://www.epa.gov/radiation/radioactive-decay>, tilgået maj 2020.
- [123] Health Canada. 2014. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality (*Retningslinjer for drikkevandskvalitet i Canada*), 25 pp.
- [124] EU. 2003. Framework for Assessment of Environmental Impact – Deliverable 1-6 including No. 3 – Dosimetric models and data for assessing radiation exposures to biota (*Ramme til vurdering af miljøpåvirkninger – Levering 1-6 inklusive nr. 3 – Dosimetriske modeller og data til vurdering af stråleeksponering oplevet af biota*).
- [125] WHO, Verdenssundhedsorganisationen. 2016. Radon Information Sheet (*Informationsark om radon*), 7 pp.
- [126] KCB. 2020. A geochemical assessment of river water quality changes upon a tailings dam break (*En geokemisk vurdering af ændringer i vandkvalitet i flodvand efter et brud på en tailings-dæmning*), 25 pp.
- [127] Boberg, F., Langen, P.L., Mottram, R.H., Christensen, J.H., og Olesen, M. (2018) 21st Century climate change around Kangerlussuaq, west Greenland: From the ice sheet to the shores of the Davis Strait (Klimaforandringer i det 21. århundrede i Vestgrønland), Arctic, Antarctic and Alpine Research, Vol 50, Issue 1.
- [128] GRAIN (2019) Agriculture in Greenland – possibilities and needs for future development and research, Synthesis Report for Greenland Agricultural Initiative (GRAIN) in Cooperation with Greenland Perspective (*Landbrug i Grønland – muligheder og behov for fremtidig udvikling og forskning; sammenfattende rapport udarbejdet for Greenland Agricultural Initiative i samarbejde med Greenland Perspective*) <https://natur.gl/wp-content/uploads/2020/03/ENG-Synthesis-Report-on-Agriculture-in-GL.pdf>
- [129] Hanna, E., Cappelen, J., Fettweis, X., Mernild, S.H., Mote, T.L., Mottram, R., Steffen, K., Ballinger, T.J., og Hall, R. (2020) Greenland surface air temperature changes from 1981 to 2019 and implications for ice-sheet melt and mass-balance change (*Ændringer i overflade-lufttemperaturer i Grønland fra 1981 til 2019*), *International Journal of Climatology*
- [130] Merrild Hansen, A. og Brown Burkins, M. (2020) Melting and Mining in Greenland: Understanding Arctic Climate Change Through Dialogue with Locals (*Smeltning og minedrift i Grønland – dialog med lokale*) *Georgetown Journal of International Affairs* <https://gjia.georgetown.edu/2020/05/29/greenland-understanding-climatechange-through-localdialogue/>

- [131] Statistics Greenland (2020) Greenland in Figures 2020 (*Grønland i tal*), <https://stat.gl/publ/en/GF/2020/pdf/Greenland%20in%20Figures%202020.pdf>
- [132] IFC (2013) Good Practice Handbook: Cumulative Impact Assessment and Management: Guidance for the Private Sector in Emerging Markets. 102 pp. (*Håndbog i god praksis for vurdering og håndtering af kumulative påvirkninger*)

Bilag

Bilag A – Environmental Management Plan (miljøforvaltningsplan)

Indledning

En miljøforvaltningsplan for et projekt (EMP) beskriver, hvordan projektet har til hensigt at håndtere de miljøproblemer, der er identificeret i vurderingerne af virkninger på miljøet. Planen identificerer ligeledes, hvor ansvaret for den enkelte forpligtelse ligger.

Miljøforvaltningsplan for Kvanefjeld

Projektets miljøforvaltningsplan omfatter forpligtelser og foranstaltninger, som GML vil gennemføre for at sikre, at de miljømæssige risici, der er forbundet med projektet, håndteres på et acceptabelt niveau.

Miljøforvaltningsplanen skitserer for hver projektfase og hvor det er relevant:

- Målene under hver kategori af påvirkninger, der er identificeret i VVM-rapporten
- De potentielle påvirkninger på miljøet
- De afbødende foranstaltninger for hver påvirkning
- Den person, der er ansvarlig for hver forpligtelse.

De forpligtelser, der beskrives i planen, skal danne grundlag for præstationer og overensstemmelser i forbindelse med miljøet, der kan måles under projektets varighed.

Miljøforvaltningsplanen og arbejdsprocedurerne vil regelmæssigt blive gennemgået og opdateret i løbet af projektets levetid. Forpligtelserne for miljøforvaltning, der beskrives detaljeret i planen, vil indgå i relevante kontraktdokumenter og tekniske specifikationer udarbejdet til projektet. Alle medarbejdere i GML, underleverandører og andet personale ansat i forbindelse med projektet, vil blive gjort opmærksomme på planen via introduktionsprocesserne indarbejdet i projektet. Under alle faser af projektet vil overensstemmelsen med miljøforvaltningsforanstaltningerne regelmæssigt blive overvåget, eventuel manglende overensstemmelse vil blive taget op, og der vil blive gennemført indgreb til forbedring.

Nedenstående miljøforvaltningsplan er en referenceramme og omfatter:

- Et program, der udspecificerer de aktiviteter, der skal udføres for at minimere forstyrrelserne af det naturlige miljø og forebygge eller minimere alle former for forurening;
- En definition af roller, ansvar og beføjelser, der skal til for at kunne gennemføre miljøforvaltningsprogrammet.

Rammen for miljøforvaltningsplanen vises nedenfor. Tabellen indeholder oplysninger relateret til:

- Projektaktivitet
Den aktivitet, der er knyttet til projektet og er blevet identificeret til potentielt at kunne påvirke eller udgøre en risiko for miljøet
- Miljømæssig påvirkning
En beskrivelse af påvirkningen fra aktiviteten (såsom forurening eller forstyrrelse af det naturlige miljø)
- Handling

De afbødende foranstaltninger eller handlinger, der er identificeret for at forhindre eller minimere de negative miljøpåvirkninger; og

- **Ansvar**

Den part eller de parter, der har ansvar for at sikre aktivering af de afbødende foranstaltninger.

Ansvar for at sørge for overensstemmelse med nogle af forpligtelserne vedrørende miljøforvaltning, der er angivet i tabellerne, vil blive overført til GML's leverandører. Gennem udviklingen af et kodeks for en ansvarlig miljøpraksis, der vil blive medtaget i alle udbudsdokumenter og kontrakter, forpligter GML sine leverandører til at opfylde det relevante miljøforvaltningsansvar.

GML forstår, at miljøforvaltningsansvaret ikke bortfalder ved at sikre, at de relevante forpligtelser overholdes af leverandørerne. Det ultimative ansvar for overensstemmelsen med alle forpligtelser ligger hos den relevante medarbejder i GML, der typisk vil være den fastboende minechef og/eller virksomhedens miljøchef.

Specifikke planer for håndtering af stråling og en plan for håndtering af radioaktivt affald vil blive udarbejdet i løbet af Grønlands godkendelsesproces.

Miljøforvaltningssystemet hos GML

Inden arbejdet påbegyndes, er GML forpligtet til at udvikle og implementere et miljøforvaltningssystem (EMS) i overensstemmelse med ISO 14001 Retningslinjer for miljøforvaltningssystemer.

Formålet med et miljøforvaltningssystem er at formalisere procedurer for miljøforvaltning og reducere miljøbelastningen fra et projekt. Systemet vil hjælpe GML med at overholde de grønlandske miljøbestemmelser, formindske miljøbelastningen, reducere risici, udvikle indikatorer for påvirkning og forbedre præstationen med hensyn til miljøet.

ISO 14001 (2004) bygger på metoden "Plan-Do-Check-Act" (planlægning-udførelse-kontrol-forbedring):

- **Planlæg**

Etabler de mål og processer, der er nødvendige for at levere resultater i overensstemmelse med organisationens miljøpolitik

- **Udfør**

Implementer processerne

- **Foretag kontrol**

Overvåg og mål processer i forhold til miljøpolitik, mål, målværdier, juridiske og andre krav og rapporter derefter resultaterne

- **Foretag forbedrende handling**

Træf foranstaltninger, der løbende forbedrer ydeevnen for miljøforvaltningssystemet.

Miljøforvaltningssystemet hos GML vil sikre, at miljøforpligtelserne i forbindelse med projektet forvaltes på en måde, der er planlagt, kontrolleret, overvåget, registreret og revideret. Miljømæssige hændelser vil blive rapporteret, undersøgt, analyseret og dokumenteret. Oplysninger indhentet fra hændelsesundersøgelserne analyseres for at overvåge tendenser og udvikle forebyggelsesprogrammer, som omfatter korrigerende og forebyggende tiltag for at eliminere årsagerne til hændelserne. Alle medarbejdere, leverandører og underleverandører skal overholde miljøforvaltningsplanen og sørge for, at systemet til afbødningsforanstaltninger ved afvigende hændelser/adfærd på Kvanefjeld er i funktion.

Miljøforvaltningsplan for anlægsfasen

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
8.1.1	Afskrabninger af området ved minens grube	Mineaktiviteterne kan medføre æstetisk påvirkning	Forberedelse af afskrabning, så den så vidt som praktisk muligt falder ind i det omgivende landskab	Projektleder
8.1.2	Anvendelsen af Taseq og tilstødende dam til deponering af tailings	Mineaktiviteterne kan medføre æstetisk påvirkning	Forbered anlæggelsen til tailings-dæmningerne, så de så vidt som praktisk muligt falder ind i det omgivende landskab	Projektleder
8.1.3	Ændring af landskab til andre minefaciliteter og konstruktion af minefaciliteter	Ændring af terræn til infrastrukturer kan medføre æstetisk påvirkning	Forbered veje, så de så vidt som praktisk muligt falder ind i det omgivende landskab	Projektleder
8.1.4	Byggeaktiviteter kan medføre erosion	Tab af jord, sand og grus, der skyldes kræfter fra vand, is eller vind	Medregn erosionen, når byggemetoder og ruter for forbindelserne planlægges	Projektleder
8.1.5	Mobilt udstyr, boring og sprængning, landtransport og skibsfart afgiver støj	Forøget støjbelastning kan forstyrre dyreliv og mennesker	Planlæg støjende aktiviteter, såsom sprængninger, så de finder sted, når støjpåvirkningen er mindst	Projektleder
8.1.6	I perioder med mørke vil byggepladserne blive belyst	“Miljømæssig lysforurening” kan distrahere dyreliv, især trækfugle	Ingen handling nødvendig, da problemet er ubetydeligt	Projektleder
8.2.1	Sprængninger, udgravning og skibsfart i fjordene medfører støv- og luftemissioner	Potentiel forurening af vand og jord	Planlæg byggeriet, så støvdannelse og luftforurening minimeres	Projektleder
8.2.2	Mobilt udstyr såsom gravemaskiner, bulldozere og lastbiler frembringer drivhusgasser	Klimaforandringer	Begræns brændstofforbrændingen så meget som muligt	Projektleder
8.3.1	Byggeaktiviteterne vil medføre ændringer i det naturlige mønster for gennemstrømningen i og kapaciteten af ferskvandsressourcerne	Påvirkning af ferskvandsmiljøet inklusive fiskepopulationer	Begræns påvirkningen så meget som praktisk muligt	Projektleder

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
8.4.1	Støj og visuelle forstyrrelser fra personale	Forstyrrelse af terrestriske pattedyr og fugle	Begræns bevægelsen af medarbejdere uden for byggepladserne	Mineleder
8.4.2	Byggeaktiviteter ved havnen og skibsfart i fjordene	Forstyrrelse af marine pattedyr og fugle	Lav sejlhastighed i fjordene og god afstand til flokke af overvintrende havfugle (når det er muligt)	Projektleder
8.4.3	Opførelse af broer og dæmninger	Forstyrrelse af ferskvandsorganismer, herunder fisk	Minimer forstyrrelsen af vandområder, når der bygges nye broer og dæmninger, ved at holde byggeperioden så kort som det er praktisk muligt	Projektleder
8.4.4	Ændringer for at gøre plads til bygninger	Tab af terrestrisk habitat	Minimering af det område, der forstyrres, ved at planlægge infrastrukturer med så lille et fodaftryk som muligt	Projektleder
8.4.5	Deponering af tailings i Taseq	Tab af ferskvandshabitat	Ingen afbødende foranstaltninger er mulige	Mineleder
8.4.6	Ændringer af kysten for at gøre plads til havnen	Tab af marint habitat	Minimer det område, der forstyrres	Projektleder
8.4.7	Ulykker kan føre til udslip af olie og kemikalier på land	Påvirkning af terrestrisk habitat og biota	Forbered beredskabsplaner for olie- og kemikalieudslip, herunder effektiv træning i praktisk beredskab	Mineleder
8.4.8	Ulykker kan føre til udslip af olie og kemikalier	Forurening af marine habitat og ferskvandshabitat og biota	Forbered beredskabsplaner for olie- og kemikalieudslip, herunder effektiv træning i praktisk beredskab	Mineleder
8.5	Forurening af miljøet fra husholdningsaffald og industriaffald	Affald - og især farligt affald - kan føre til betydelig kontaminering af miljøet	Håndter affald i overensstemmelse med procedurerne i affaldshåndbogen og i overensstemmelse med god miljøpraksis med høj grad af genbrug og genanvendelse	Mineleder
8.5.1	Trafik langs transport- og serviceveje	Dyr dræbes på vejene	Sørg for, at hastighedsgrænserne overholdes, og at alle medarbejdere er opmærksomme på faren for at skade dyr	Mineleder

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
8.5.2	Skibstrafik i fjordene	Indførsel af invasive fremmede arter via ballastvand	Følg reglerne i den internationale konvention for kontrol og styring af ballastvand og sedimenter på skibe (Ballast Water Management)	Projektleder
8.6.1	Sikkerhedsbestemmelser i mineområdet	Forhindring af traditionel arealanvendelse	Hold det område, der er lukket for offentligheden, og området med forbud mod jagt så lille som muligt	Mineleder
8.6.2	Den nye vej mellem havnen og mineområdet vil være lukket for offentligheden	Begrænsning af rekreativ brug og turisme	Ingen afbødende foranstaltninger er mulige; veje vil være til rådighed i nødsituationer og til planlagte specielle lejligheder	Mineleder
8.6.3	Byggearbejde i havnen og ved Taseq	Forstyrrelse af kulturarvssteder	Kontakt medarbejdere ved Grønlands Nationalmuseum og Arkiv	Projektleder

Miljøforvaltningsplan for driftsfasen

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
9.1.1	Landskabsændringer ved gruben og dæmningerne	Æstetisk påvirkning	Planlæg således, at ændringerne så vidt som muligt falder ind i det omgivende landskab	Projektleder
9.1.3	Støj fra projektdrift, sprængninger ved gruben	Forstyrrelse af dyreliv og mennesker	Undgå sprængninger om aftenen og om natten	Mineleder
9.2.1	Mineaktiviteter forårsager luftemissioner	Forøgede luftemissioner (koncentration og aflejring af støv, NOx, SOx og sodpartikler)	Minimer støvgenerering ved at implementere støvkontrolplanen fra GML Anvend køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at optimere udledningsraterne Vedligehold kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere udledninger	Mineleder

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
9.2.2	Mobil og stationær brændstofforbrænding skaber emissioner af drivhusgasser	Klimaforandringer	Anvend køretøjer og udstyr med energibesparende teknologier for at optimere udledningsraterne Vedligehold kraftværk, køretøjer og andet brændstofdrevet udstyr i henhold til producentens specifikationer for at minimere udledninger	Mineleder
9.3	Visse mineaktiviteter forårsager frigivelse af radioaktiv stråling	Radiologiske emissioner	Minimer generering af støv (det kan være radioaktivt) ved at implementere støvkontrolplanen fra GML	Projektleder
9.5.1	Mennesker og maskiner arbejder i grubeområdet	Visuel og støj­mæssig forstyrrelse af terrestriske dyr	Begræns bevægelsen af medarbejdere uden for projektområdet i løbet af foråret og sommeren for at minimere den generelle forstyrrelse af dyrelivet	Projektleder
9.5.2	Udledning af vand fra minedriften til fjorden	Forurening af havmiljøet	Optimering af spredning (mulig teknisk udfordring, da dette skal udføres 40 m under havets overflade)	Projektleder
9.5.3	Mineaktiviteter ændrer hydrologien	Påvirkning på populationen af fisk i Narsaq-elven	Ingen afbødende foranstaltninger kræves	Projektleder
9.5.4	Ulykker kan føre til udslip af olie og kemikalier	Forurening af ferskvandshabitat og marint habitat	Forbered beredskabsplaner for olie- og kemikalieudslip, herunder effektiv træning i praktisk beredskab	Projektleder
9.5.5	Trafik langs transport- og serviceveje	Øget dødelighed blandt terrestriske dyr	Sørg for, at hastighedsgrænserne overholdes, og at alle medarbejdere er opmærksomme på faren for at skade dyr	Projektleder
9.5.6	Skibstrafik i fjordene	Indførelse af invasive fremmede arter med ballastvand	Følg reglerne i den internationale konvention for kontrol og styring af ballastvand og sedimentter på skibe (Ballast Water Management)	Projektleder
9.6	Mange projektaktiviteter skaber affald	Kontaminering af miljøet	Håndhævelse af procedurer for affaldshåndtering og kontinuerlig opdatering af affaldshåndteringshåndbogen	Projektleder

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
9.7	Adgang til mineområde er ikke mulig, og der indføres et sikkerhedsområde med forbud mod jagt	Begrænsning af den traditionelle brug af området for den lokale befolkning (og besøgende)	Minimer de afspærrede områder og områderne med forbud mod jagt så meget som muligt	Projektleder

Miljøforvaltningsplan for nedlukningsfasen og fasen efter nedlukning

Ref. nr.	Projektaktivitet	Miljømæssig påvirkning	Handling	Ansvar
10.1.	Udledning af vand fra minedriften til fjorden	Forurening af havmiljøet	Ingen, ud over kontinuerlig overvågning af udledningerne	Projektleder

Bilag B – Konceptuel plan for nedlukning og afvikling af projektet

Indledning

Nedlukningsfasen og fasen derefter er integrerede dele af et projekt med minedrift og af miljøforvaltningen i et projekt med minedrift. Denne del af VVM-rapporten opsummerer de retslige rammer for nedlukning af projektet og beskriver overordnet, hvordan hver enkelt komponent i projektet vil blive nedlagt. Da denne konceptuelle plan er udarbejdet, før mineaktiviteterne påbegyndes, vil planen blive udvidet og forsynet med yderligere detaljer under projektets driftsfase.

Forpligtelser ved nedlukning

Loven om de grønlandske råstofressourcer af 2009 (ændret i 2012 og 2014) specificerer, at der skal udarbejdes og godkendes en plan for nedlukningen, inden udnyttelsen påbegynder (del 10, afsnit 43).

I loven fastsættes det, at *“Licenshaveren skal forelægge en plan for de foranstaltninger der skal træffes med hensyn til ophør af aktiviteterne med henblik på faciliteter, mv. etableret af licenshaveren, og hvordan de berørte områder vil blive efterladt (plan for nedlukning). Hvis licenshaveren har planer om at forlade faciliteter mv. i området, der af miljømæssige, sundhedsmæssige eller sikkerhedsmæssige årsager kræver vedligeholdelse eller andre foranstaltninger efter nedlukningen, skal planen indeholde planer for vedligeholdelse eller foranstaltninger og overvågning heraf”*.

Plan for afslutning og genopretning af Kvanefjeld-projektet

Planen bygger på de på nuværende tidspunkt planlagte konfigurationer med åben minegrube og produktionshastigheder og går ud fra, at minedriften ophører efter 37 år, på hvilket tidspunkt aktiviteterne med nedlukning af minen vil blive påbegyndt. Dog kan midlertidig afbrydelse og mulig nedlukning før tid være påkrævet, hvis driften bliver umulig på grund af ændringer i projektets økonomi eller andre vanskeligheder.

Da planen udarbejdes, før minen er bygget, indeholder den bredt identificerede opgaver for aktiviteter med nedlukning, som vil blive detaljeret og udvidet inden datoen for nedlukningen af minedrift og forarbejdning.

Planen dækker nedlukningsfasen, som anslås at vare cirka seks år. I denne fase vil nedlæggelsen af udstyr, bygninger og andre strukturer finde sted. I hele nedlukningsfasen vil TWP-anlægget fortsætte med at køre for at behandle vand fra TSF-anlægget inden udledning i fjorden.

Efter nedlukningsfasen følger fasen efter nedlukning og rehabilitering; dette er en overvågningsfase. Under fasen efter nedlukningen kræves der ingen aktiv håndtering undtagen mindre vedligeholdelse af grusveje og TSF-afløb. Adgangen til minen og TSF-anlægget vil blive opretholdt for at sikre adgang for inspektion og overvågningsaktiviteter.

I tidsrummet efter nedlukning styres aktiviteter ved hjælp af en overvågningsplan og i samarbejde med myndighederne. Mod slutningen af projektets levetid vil målene for fasen efter nedlukningen blive beskrevet i yderligere detaljer for at imødekomme de aktuelle forhold på stedet.

Formål og anvendelsesområde for planen for nedlukning og genopretning

Det generelle mål med nedlukning og genopretning er at genetablere mineområdet og de påvirkede områder som levedygtige og i praktisk muligt omfang selvberende økosystemer, der er forenelige med et sundt miljø og med menneskers aktiviteter.

Følgende vigtige principper vil blive fulgt med henblik på opnåelse heraf:

Fysisk stabilitet

Alle tilbageværende projektkomponenter efter nedlukningen vil være fysisk stabile i forhold til mennesker og dyreliv.

Kemisk stabilitet

Alle tilbageværende projektkomponenter (inklusive tilhørende affald) vil efter nedlukningen være kemisk stabile og ikke-forurenende eller ikke-kontaminerende, hvilket betyder, at depoter på overfladen eller i søer ikke frigiver stoffer i en koncentration, der i betydelig grad vil kunne skade miljøet.

Minimeret radiologisk påvirkning

Det vil blive sikret, at en langsigtet strålingseksponering af offentligheden, på grund af radiologisk kontaminering af mineområdet, vil blive holdt "så lav som rimeligt muligt" (ALARA).

Ingen væsentlig ændring af de oprindelige landskabsformer

Den oprindelige landskabsform og arealanvendelsen inden minedriften vil vende tilbage til lignende landskabsæstetik og geografiske forhold, hvor det er muligt.

Implementering af nedlukning

Arbejdet med nedlukningen, f.eks. hvordan hver enkelt projektkomponent vil blive nedlagt, beskrives i store træk nedenfor. Som nævnt ovenfor er planen på dette tidlige trin konceptuel, og den vil blive udvidet og forsynet med detaljer under projektets driftsfase.

Minearbejder i åbent minebrud

Det åbne minebrud vil blive indhegnet for at begrænse adgangen for mennesker, husdyr og dyreliv (af sikkerhedsmæssige årsager). Gruben vil blive fyldt op naturligt fra nedbør. Når gruben er fuld, vil vandet strømme over og flyde gennem vandløb til en sø sydvest for gruben. Her vil vandet blive fortyndet i det naturlige afvandingsområde, før det naturligt strømmer ud i Nordre Sermilik.

Depot til gråbjerg

Under driftsfasen bliver WRS-anlægget konstrueret og styret på en sådan måde, at den forbliver fysisk og geoteknisk stabil på langt sigt. Enhver risiko for erosion, sammensynkning som følge af optøning, svigt i skråningerne eller sammenbrud efter minens nedlukning forventes at være ubetydelig.

Det geokemiske testarbejde, der allerede er blevet gennemført, viser, at der efter den seksårige nedlukningsfase ikke sker nogen væsentlig syredræning eller metaludledning fra WRS-anlægget eller overfladeafstrømningen. Vandkvaliteten i udsivningen fra stenbunken svarer til de oprindelige betingelser for elvstrømmene i mineområdet. Afløbsvand fra WRS-anlægget vil blive omledt til naturlige vandløb, der strømmer ind i søen sydvest for minen. Her vil afløbsvand fra WRS-anlægget blive fortyndet betydeligt med nedbør i afvandingsområdet, før det naturligt strømmer ud i Nordre Sermilik.

Vandforvaltningssystemer

Vandforvaltningssystemer omfatter dæmninger og afledningskanaler på TSF-anlægget, dæmninger og afledningskanalen på Kvanefjeld, TWP-rørledningerne og råvandsdammen ved raffinaderiet.

TSF-dæmningerne og afledningskanalerne bevares. Efter seks år ophører behandlingen af det vand, der dækker TSF-anlægget, rørene til transport af returvand fjernes, og TSF-anlægget bliver efterladt til naturlig opfyldning med vand fra grundvandsindstrømning og nedbør. Vandet vil i starten flyde over fra CRSF-anlægget til FTSF-anlægget, og når FTSF-anlægget bliver fyldt, vil det efterhånden flyde over

og ud i Taseq-elven. Vandudledning til Nordre Sermilik fra vandrensningsanlægget vil ophøre på dette tidspunkt.

Dæmningen til råvandsdammen efterlades som en bro over Narsaq-elven for at muliggøre fremtidige inspektioner og overvågningsaktiviteter i Taseq. Elvens naturlige strøm genoprettes.

Nedlukning af tailings-anlægget

TSF-anlægget vil blive lukket som våde søer indeholdt i Taseq-bassinet ved hjælp af dæmningsvægge og klipper. Dette vil udgøre en permanent struktur designet med de højeste standarder ved hjælp af BAT.

Der vil blive bibeholdt et lag af vand oven på tailings-materialet for at undgå støvdannelse og eliminere strålingseksponering. Vandlaget vil være dybt nok til at forhindre udslip af faste stoffer under alle omstændigheder.

De faste tailings-materialer vil forblive som et komprimeret lag af fine faste stoffer i bunden af tailings-søen. Dette lag er så godt som uigennemtrængeligt og vil derfor virke som en membran, der forhindrer udsivningsproblemer.

Bygninger og udstyr

Anlæg til stenkusning, koncentrator, raffinaderi, syreanlæg, kraftværk, brændstoftanke, vedligeholdelsesværksteder, kontorer, lagerbygninger, indkvartering, opbevaringsfaciliteter til reagenser og eksplosive stoffer, mobilt udstyr og rørføringer til afløb og returvand er medtaget her.

Bortset fra indkvarteringen ved Narsaq vil alle bygninger og større strukturer blive demonteret og fjernet. Hvor det er muligt, vil fundamentet blive fjernet, og i modsat fald vil det blive dækket af naturlige materialer, så det falder ind i de naturlige omgivelser.

Under forudsætning af, at de lokale myndigheder kræver det, vil indkvarteringslandsbyen blive efterladt, som den er bygget.

Af æstetiske årsager og fordi et dække af vegetation vil beskytte mod erosion og spredning af støv samtidig med at give føde til dyreliv, vil det blive overvejet at iværksætte et aktivt program med genbeplantning, når bygningerne og minefaciliteterne er fjernet. Et sådant program vil imidlertid ikke fokusere på hurtig etablering af et grønt lag over de forstyrrede områder, f.eks. ved hjælp af græs. Sådanne foranstaltninger opfylder undertiden de kortsigtede forventninger til æstetisk forbedring og undertiden også forventningerne til kontrol af erosion og udledninger af støv, men de varetager ikke de langsigtede krav til genoprettelse af levesteder. I stedet vil de arter, der udvælges til genbeplantning, afspejle områdets økologiske forhold og passe til den type forstyrrelser, minedriften har medført. De vil følge princippet: "De bedste arter til plantning på en minegrund er de planter, der allerede vokser i nærheden" (Withers 1999).

Minens infrastruktur

Infrastrukturen omfatter veje indenfor området, elforsyningssystemet (herunder kraftledninger til havnen), broer, kanaler og havneanlægget.

Transportvejene vil blive nedlagt, så snart mineaktiviteterne ikke længere kræver dem. Vejene bliver revet op for at muliggøre genbevoksning (se ovenfor).

Strømledningen, der forbinder anlægget på mineområdet med havneområdet, vil blive fjernet, og kanaler, der potentielt kunnen fungere som hydrauliske vandledninger efter nedlukningen, vil blive fjernet.

Vejen fra havnen til minen (herunder broerne over Narsaq-elven) samt sporet mellem minen og Taseq vil blive efterladt for at lette fremtidige aktiviteter forbundet med inspektion og overvågning.

Havnen vil blive efterladt, som den er bygget (hvis dette aftales med de grønlandske myndigheder), og lokalsamfundet og lokale erhverv vil få den tilbudt til anvendelse.

Mulige kontaminerende materialer / forekomster i mineområdet

I betragtning af den omfattende overvågning, der vil finde sted under hele projektets driftsfase, er det usandsynligt, at en betydelig kontaminering af jord, klippe eller grundvand i og omkring mineområdet vil forblive uopdaget indtil genopretningsfasen i løbet af nedlukningen af minen.

Endvidere vil der på grund af uranproduktionen blive indført procedurer til styring af enhver kontaminering af udstyr, bygninger og omgivelser. Desuden vil alle anlæg og alt udstyr være indesluttet inden for et afgrænset område, hvilket minimerer risikoen for kontaminering af jorden uden for anlæggene. Det er derfor meget usandsynligt, at der vil være behov for at fjerne eller isolere kontamineret jord, klippe, udstyr eller byggemateriale ved afslutningen af driftsfasen. Hvis et sådant behov alligevel skulle opstå på noget tidspunkt, vil det kontaminerende materiale blive isoleret i tailings-anlægget.

Identifikation og håndtering af udfordringer i nedlukningsfasen

For at sikre, at projektets nedlukningsfase og fasen efter nedlukning opfylder de principper, der er anført i afsnit 2.6, er hvert projektområde blevet analyseret omhyggeligt for at identificere, hvorvidt der skulle være udfordringer, der kræver særlig opmærksomhed. Denne vurdering identificerede følgende:

Potentiel syredræning og metaludludning fra affaldssten

Syredræning og metaludludning fra forvitringen af uforstyrrede ophobninger af affaldssten er et potentielt problem i forbindelse med minens nedlukning. Selvom de lave temperaturer i Grønland vil bremse de kemiske forvitningsprocesser, der forårsages af vejrliget i en stor del af året, vil der muligvis forekomme en årtidsbestemt stigning i akkumulerede kontaminanter under smelteperioden i foråret.

Statistiske og kinetiske forudberegningstests af afløb fra klippe og udludning af metal har vist begrænset udludning af metal og ingen frigivelse af syre. Imidlertid forventes der i løbet af de første år af nedlukningsfasen en vis udludning af fluorid. Praktiske tests på området vil beskrive affaldsvandet fra minen yderligere, inklusive koncentrationen af fluorid. For at forhindre, at Narsaq-elven udsættes for udsivning (hovedsageligt fluorid) af vandet fra affaldsstenene, vil der blive konstrueret grøfter og volde til at lede affaldsvandet væk fra Narsaq-elven.

Mulig radiologisk kontaminering af minearealet

Det er et mål med nedlukningsplanen at sikre, at der ikke forekommer nogen uacceptabel radiologisk sundhedsrisiko for mennesker, husdyr og dyreliv efter projektets nedlukning. Dette opnås ved at styre strålingsudledningen i overensstemmelse med princippet "så lav som rimeligt opnåeligt" (ALARA-princippet) og "princippet for den bedste praktisk mulige teknologi".

De minekomponenter, der potentielt er forbundet med forhøjet stråling efter minens nedlukning, identificeres som værende mineområdet og TSF-anlægget.

Fra mineområdet kan der stadig være udslip af radon og støv (fra affaldsstenbunker, der ikke er dækket til). Disse frigivelser forventes at være meget små og vil ikke resultere i nogen målbare ændringer i modtagermiljøet.

De deponerede tailings-materialer i TSF-anlægget vil indeholde uran og thorium og deres henfaldsprodukter. Tailings-materialerne vil afgive stråling. For at sikre, at intet af denne stråling vil have nogen sundhedsrisiko for mennesker, husdyr eller dyreliv, vil tailings-materialerne forblive deponeret under et permanent vanddække. Dette vil sikre, at der ikke vil forekomme nogen strålingsfrigivelse.

I fasen efter nedlukningen af projektet vil der forekomme mindre frigivelse af radioaktivitet til ferskvandsmiljøet, men koncentrationerne vil være lave, og eksponeringen vil være lav, tæt på baggrunds niveauerne. Samlet set forventes det ikke, at der vil være nogen strålingsproblemer forbundet med tailings.

Tilbageførsel af hydrologien og strømningen i overfladevandet (Narsaq-elven)

Alle de ændringer i hydrologi for Narsaq-elven og dens indløbende elve, der kræves under minedriften, vil blive tilbageført ved afslutningen af minens nedlukningsfase. Dette vil under projektets drifts- og nedlukningsfaser omfatte de kontrolindgreb, der anvendes i Narsaq-elvens øvre dele for at levere vand til råvandsdammen, og reduktionen i udstrømningen fra Taseq-bassinet..

Det vand, der flyder over fra gruben 50 år efter minens nedlukning, ledes til Nordre Sermilik.

Litteratur

Withers, S.P. 1999. Natural Vegetation Succession and Sustainable Reclamation at Yukon Mine and Mineral Exploration Sites (*Naturlig vegetationsrehabilitering og bæredygtig genopretning ved områder for minedrift og mineraludvinding i Yukon*). Mining Environment Research Group (MERG), 67 pp.

Bilag C – Konceptuelt miljøovervågningsprogram for projektet

Indledning

GML vil udvikle og gennemføre et miljøovervågningsprogram (EMP) i overensstemmelse med de grønlandske retningslinjer for at overvåge de forventede resterende effekter på miljøet som følge af projektet og effektiviteten af de implementerede afbødende foranstaltninger. Miljøovervågningsprogrammet vil omfatte alle faser af projektet (opførelse, drift, nedlukning og efter nedlukning) og vil identificere de eventuelle afvigelser fra forventninger, der måtte opstå, og afgøre, hvorvidt sådanne afvigelser kræver handling, herunder eventuelle yderligere afbødende foranstaltninger.

Indholdet af GML's miljøovervågningsprogram

Projektets miljøovervågningsprogram vil følge "bedste praksis", hvilket omfatter en lang række prøvetagninger, inklusive prøver af vand, luft, jord, lav, planter, muslinger, fisk og sæler fra mange steder i og omkring minen. Disse prøver testes for at bekræfte, at de anvendte systemer til miljøbeskyttelse er effektive. Resultaterne fra overvågningen vil blive forelagt for myndighederne til gennemgang.

Miljøovervågningsprogrammet for Kvanefjeld-projektet omfatter:

1. Luftkvalitet (herunder drivhusgasser) og støv
2. Hav og ferskvand
3. Jord og terrestrisk biota
4. Tailings-anlægget
5. Meteorologiske forhold, og
6. Drikkevandet i Narsaq

Hvert af programelementerne vil omfatte:

- Beskrivelse af design og målsætninger
- Specifikke overvågningsstationer
- Tidsplaner for overvågningsaktiviteter
- Prøvetagningsprocedurer, krav til bevarelse af prøver samt analysemetoder alt efter behov
- Procedurer for sammenligning af overvågningsresultater med basisdata, miljøstandarder og miljøkvalitetsmål
- Foranstaltninger, der skal gennemføres, når kravene i lovgivningen eller tilladelser ikke er blevet opfyldt
- Procedurer for rapportering af resultater til de grønlandske myndigheder
- Roller og ansvar for nøglepersonale vedrørende intern og ekstern rapportering af overvågningsaktiviteter og resultater samt forvaltning af miljøovervågningsprogrammet
- Kvalitetskontrol og kvalitetssikringsprocesser, og
- Procedurer for vurdering og opdatering af overvågningsprogrammet.

Da uran er et biprodukt fra projektet, vil miljøovervågningsprogrammet omfatte såvel radiologiske som ikke-radiologiske parametre⁵. For denne konceptuelle MSP har Arcadis forberedt en specifik *Skitseplan for strålingsovervågning* (Arcadis 2015), som fremsætter de miljømedier, der skal måles eller testes. Skitseplanen fra Arcadis følger de principper, der er blevet defineret af Canadian Standards Association (CSA) i 2010. Disse principper angiver, at de overvågede medier vil:

- Frembyde oplysninger til vurdering af dosis
- Være tæt på receptoren
- Tillade medtagelse af forventet skæbne i miljøet, og
- Tillade anerkendelse af mediernes variabilitet.

Miljøovervågningsprogrammet vil blive udviklet og opdateret gennem hele minens levetid.

Konceptuelt overvågningsprogram

Forud for projektets driftsfase vil der blive udviklet et mere detaljeret undersøgelsesdesign for hvert af elementerne i miljømonitoringsplanen. Dette vil blive gennemført i samarbejde med de grønlandske myndigheder. Nedenfor angives beskrivelserne af den foreslåede tilgang til hvert enkelt element i miljøovervågningsprogrammet. Ud over de undersøgelser, der er skitseret nedenfor, kan supplerende undersøgelser udføres for specifikke, veldefinerede mål, der ikke forventes at foregå gennem hele programmet (for eksempel indendørs overvågning af radon).

1. Overvågning af luftkvalitet og støv

Overvågning af luftkvalitet og støv vil fortsætte ved etablerede stationer i byen Narsaq og i Narsaq-dalen ved hjælp af prøvetagningsudstyr med stor kapacitet og beholdere til støvopsamling og/eller prøvetagning fra skorstene. I produktionsanlæggenes skorstene vil der benyttes scrubber-udstyr for at fjerne partikler og kontaminanter fra luften inden udledning. Resultaterne vil blive sammenlignet med basisværdierne samt de gældende retningslinjer for at afgøre, om der er sket en ændring som følge af mineaktiviteterne. De parametre, der skal overvåges, vil blive aftalt med de grønlandske myndigheder, men forventes at omfatte:

- Støvnedfald
Den månedlige indsamling af prøver ved basisstationerne og langs en gradient relativt tæt på kilden. Afhængigt af aflejringsresultaterne kan der anvendes udvalgte støvfaldsbeholdere til analyse af radiologiske parametre
- Koncentrationsniveauer for partikler (PM₁₀ og PM_{2,5})
- Radionuklidindhold i støv
Indsamling af prøver fra et område tæt på driftsområderne samt andre steder som i Narsaq by og ved en referenceplacering. Sammensatte prøver vil hvert kvartal blive sendt til analyse for radionuklider. Hvis der ikke foreligger tilstrækkelig masse til opnåelse af lave detektionsgrænser, vil der blive udført kemisk analyse, og der vil blive antaget sekulær ligevægt
- Radon, thoron og relevant nedbrydningsprodukt
Overvågning (integreret halvårlig prøvetagning) på steder nær grubeområdet og på andre specifikke steder som i Narsaq by, inden for Narsaq-dalen, Ipiutaq og ved en referenceplacering

⁵ Overvågningen skal omfatte actinium (227Ac).

- Der vil blive implementeret gammadetektorer på samme steder som for overvågningen af niveauerne for radon og thoron
 - Nitrogenoxider (NO_x) fra et udvalg af stationer
 - Drivhusgasser
- Beregning af emissioner fra en række aktiviteter såsom forbrænding af fossile brændstoffer og energiproduktion.

Der vil med de grønlandske myndigheder blive aftalt rapporteringskrav og prøvetagningstidsrammer, og det vil med dem blive bestemt, hvilke sporstoffer, dominerende ioner og radioisotoper skal analyseres.

2. Overvågning af hav- og ferskvand

Vandkvalitet

Den grundlæggende vandkvalitet er blevet målt ved et stort antal stationer i fjordene ved Narsaq og i vandløb, søer og damme på Kvanefjeld-plateauet, i Narsaq-dalen, ved Taseq-søen og ved et referenceområde. Der er også blevet indsamlet sedimentprøver fra elve og søer i og omkring Narsaq-dalen, og disse er blevet analyseret.

Overvågning af vandkvalitet og sedimenter vil fortsætte på de samme steder under alle faser af mineprojektet. Dette omfatter mindst et overvågningssted opstrøms for Kontrolpunkt C (Figur 53). Prøvetagningshyppigheden, rapporteringskrav og de parametre, der skal overvåges, vil i samarbejde med de grønlandske myndigheder blive defineret både for aktiviteter med feltovervågning og for laboratorieaktiviteter.

Det forventes, at prøvetagningen af vand og sedimenter vil omfatte såvel radiologiske som ikke-radiologiske parametre. Der vil også blive udført overvågning af radionuklidindholdet i supernatantvandet i tailings-dammen for at bekræfte de modellerede forventninger.

Når projektoperationerne påbegyndes, vil overvågningen af udledninger (kemi) udføres ved udledningspunktet i Nordre Sermilik. Der vil blive udført overvågning af det afløbsvand fra minens WRS-anlæg og gruben, der udledes til Nordre Sermilik.

Resultaterne fra overvågningen vil blive sammenlignet med basisværdierne samt de gældende retningslinjer for at afgøre, om der er sket en ændring i vandkvaliteten som følge af projektet. Der vil blive udarbejdet detaljerede procedurer for kvalitetssikring, som vil omfatte kalibrering og validering af feltmåleudstyr samt prøvetagningsforanstaltninger. Data vil blive gennemgået for at opdatere antagelser angående forurening med hensyn til områdets vandbalance og for at bekræfte modellerne for vandkvaliteten.

Biota i havvand og ferskvand

Afsnittet om biota i havvand og ferskvand i miljøovervågningsplanen vil indeholde detaljerede oplysninger om metal- og radioisotopkoncentrationer i udvalgte vigtige plante- og dyrearter.

Siden 2007 er der indsamlet prøver af indikator-planter og -dyrearter fra et stort antal stationer for at bestemme baggrundsniveauet for metaller. Stationerne var placeret i nærheden af fjordene, der omgiver Narsaq, i Narsaq-elven og i referenceområder. De pågældende arter var ringsæl, ulk, fjeldørred, blåmusling og blæretang.

Det foreslås, at overvågningen af fisk og sæler foretages hvert år, og at der foretages analyser for radionuklider. Desuden vil udvalgte eller sammensatte prøver fra blåmuslinger og tang med jævne mellemrum blive stillet rådighed for analyse.

Overvågningen af disse arter vil fortsætte på de samme steder under alle faser af projektet, og metalbelastningerne vil blive sammenlignet med basisværdier for at afgøre, om der er sket en ændring som følge af projektets aktiviteter.

Overvågning af vandkvalitet vil også blive foretaget nær ved udledningspunktet for kloakvand fra Tunu-halvøen.

Hydrologi

Overvågning af overfladevandstrømninger vil blive opretholdt på etablerede stationer i undersøgelsesområdet (elvene Narsaq, Taseq og Kvane) for at:

- Overvåge årstidsbetingede og årlige strømningsmønstre
- Støtte foranstaltninger til forvaltning af vandressourcer
- Justere vandbalancen, og
- Understøtte modellering af vandkvaliteten.

Vandniveauet vil blive målt kontinuerligt med en tryktransducer på automatiserede stationer, og der vil blive udført kalibreret måling af afstrømningen ved en række strømme under planlagte besøg på stederne.

3. Overvågning af jord og terrestrisk biota

For at bestemme baggrundskoncentrationerne af metaller og radioisotoper i terrestrisk habitat er der siden 2007 indsamlet prøver af jord, lav, græs og blade fra buske ved stationer i Kvanefjeld, i Narsaq-dalen og i et referenceområde.

Overvågningen vil fortsætte på de steder, der er identificeret i den grundlæggende undersøgelse. Den vil omfatte jord, lav, græs og blade fra dværgbuske, herunder pil (f.eks. en gang hvert tredje år). Denne hyppighed er i overensstemmelse med den tilgang, der er blevet anvendt ved uranminedrift i Canada for disse typer medier, hvori eventuelle ændringer forventes at være gradvise.

Resultaterne vil blive sammenlignet med basisværdierne for at afgøre, om der er sket en ændring som følge af projektaktiviteterne.

4. Overvågning af tailings-anlægget

Målet med overvågningen af tailings-anlægget er at tilvejebringe løbende beskrivelse af vandkvaliteten i TSF under projektets drifts- og nedlukningsfaser og efter nedlukningen for at bekræfte de forudsagte koncentrationer af metaller i TSF-anlægget.

Overvågning af TSF-anlægget vil omfatte radiologiske såvel som ikke-radiologiske parametre.

Overvågningen dækker også dæmninger, herunder udsivning.

5. Meteorologisk overvågning

Indsamling af meteorologiske data fortsætter på en etableret vejrstation på Kvanefjelds plateau. Vedvarende meteorologisk dataindsamling er nødvendig for at verificere designantagelser for vandforvaltningssystemer og for modellering af støvspredning.

Rapportering af den meteorologiske overvågning vil indeholde et sammendrag af de målte parametre, herunder temperatur, nedbør og vind.

De indsamlede data vil blive sammenlignet med forventningerne for ekstreme begivenheder eller for forventede resultater. Resultaterne vil blive anvendt til efter behov at revidere driftsprocedurer. Resultaterne vil også blive anvendt i overvågningen af luftkvalitet.

6. Drikkevandet i Narsaq

Kvaliteten af drikkevandet i Narsaq overvåges allerede af de grønlandske myndigheder. Det anbefales at udvide undersøgelserne til at omfatte relevante radiologiske parametre, samlet indhold af organisk kulstof, fosfor og en række bakterier.

Litteratur

Arcadis. 2015. Radiation Monitoring Plan Outline, Kvanefjeld Multi-Element Project, Narsaq Area, Greenland (*Skitseplan for strålingsovervågning for Kvanefjeld multi-elementprojektet*), 7 pp.

Canadian Standards Association (CSA). 2010. Environmental monitoring programs at Class I nuclear facilities and uranium mines and mills (*Miljøovervågningsprogrammer for nukleare anlæg og uranminer og forarbejdningsanlæg i klasse I*). N288.4-10.

Nedenstående tabeller viser en ramme for de foreslåede overvågningsparametre og prøvetagningssteder. Den foreslåede prøvetagningshyppighed for hver parameter vil sikre, at de faktiske miljøforhold i projektområdet og dets omgivelser bliver afspejlet korrekt. Definerede overvågningstidsrum identificerer, hvilke faser i mineprojektet vil afstedkomme den potentielle påvirkning, der kræver prøvetagning og overvågning. Hvor det er relevant indeholder programmet kontrolsteder, hvor der ikke forventes nogen påvirkninger fra projektet.

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁶	Rapportering
Støvflejrning	Støvindsamlingsstationer med stor kapacitet langs en gradient relativt tæt på kilden	Støvfald	Kontinuerlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Koncentrationsniveauer for partikler	Placering af støvindsamlingsstationer med stor kapacitet	Koncentration af TSP	Kontinuerlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Radionuklidindhold i støv	Placering af støvindsamlingsstationer med stor kapacitet	En række relevante radionuklider	Kontinuerlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Radon, thoron og relevante henfaldsprodukter	Placering nær grænsen til mineområdet og i Narsaq by, inden for Narsaq-dalen, Ipiutaq og en referenceplacering	Radon, thorium og henfaldsgasser	Halvårlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁷	Rapportering
Gammastråling	Placering nær grænsen til mineområdet og i Narsaq by, inden for Narsaq-dalen, ved Ipiutaq og på en referenceplacering	Gamma	Halvårlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

⁶ Bedømmelseskriterierne vil bygge på vand- og luftkvalitetskriterierne for Grønland (og for Canada, hvis der ikke findes grønlandske værdier).

⁷ Bedømmelseskriterierne vil bygge på vand- og luftkvalitetskriterierne for Grønland (og for Canada, hvis der ikke findes grønlandske værdier).

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁷	Rapportering
Nitrogenoxider	Støvindsamlingsstationer med stor kapacitet	NOx-koncentration	Halvårlig	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i elve	Elvene Narsaq, Taseq og Kvane (ved basisstationerne)	Metaller inkl. radionuklider i vand	Månedlig Halvårlig efter nedlukning	Konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i elve	Elvene Narsaq, Taseq og Kvane (ved basisstationerne)	Metaller inkl. radionuklider i sedimenter	Årlig (august)	Konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁸	Rapportering
Supernatant-vand i tailings-damme	Vand fra FTSF- og CRSF-anlæg	Relevante elementer, reagenser og radionuklidkoncentrationer	Kontinuerlig under drift og nedlukning Halvårlig i fasen efter nedlukning	Drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Ugentlig under drift og nedlukning Årlig overvågningsrapport i fasen efter nedlukning
Placering af behandlet vand	TWP	Relevante elementer og radionuklidkoncentrationer	Kontinuerlig	Drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Ugentlig og årlig overvågningsrapport
Vandstrøm til Nordre Sermilik fra gråbjerg og grube	Udløbet til fjorden	Relevante elementer, herunder radionuklider i vand og sedimenter	Kontinuerlig (prøver og analyser) under drift og nedlukning	Drift, nedlukning og	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

⁸ Bedømmelseskriterierne vil bygge på vand- og luftkvalitetskriterierne for Grønland (og for Canada, hvis der ikke findes grønlandske værdier).

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁸	Rapportering
			Årlig i fasen efter nedlukning	efter nedlukning		

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ⁹	Rapportering
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i marine fisk og pattedyr	Basisstationer i fjordene og referencestationer	Metaller inkl. radionuklider i ringsæl, ulk og fjeldørred	Årlig (august)	Konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i muslinger	Basisstationer i fjordene og referencestationer	Metaller inkl. radionuklider i blåmuslinger	Årlig (august)	Konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i tang	Basisstationer i fjordene og referencestationer	Metaller inkl. radionuklider i blæretang	Årlig (august)	Konstruktion, drift, nedlukning og efter nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Strømning i overfladevand	Elvene Narsaq, Taseq og Kvane	Årstidsbetingede og årlige strømningsmønstre	Kontinuerligt ved automatiserede stationer Årlig kalibreret måling af afstrømningen	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

⁹ Bedømmelseskriterierne vil bygge på vand- og luftkvalitetskriterierne for Grønland (og for Canada, hvis der ikke findes grønlandske værdier).

Genstand for overvågning	Områder/aktiviteter, der skal overvåges	Parameter, der skal overvåges	Hypighed	Varighed	Vurderingskriterie ¹⁰	Rapportering
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i højere planter	Basisstationer og referencestationer	Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i lav, græs og blade fra pil	Årlig (august) eller en gang hvert tredje år	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Metaller inkl. radionuklidkoncentrationer i jorden	Basisstationer i og omkring mineområdet og referencestationer	Metaller i jorden	Årlig (august) eller en gang hvert tredje år	Konstruktion, drift og nedlukning	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport
Lokalt klima	Vejrstation ved Kvanebjerg	Temperatur, nedbør, vindhastighed og vindretning	Kontinuerlig	Minens levetid	-	Årlig overvågningsrapport
Højere fauna	Mineområdet og de nærmeste omgivelser	Lejlighedsvis observationer af fugle og pattedyr i forbindelse med andre overvågningsaktiviteter	Årlig (august)	Minens levetid	Fastlægges i samarbejde med GL	Årlig overvågningsrapport

¹⁰ Bedømmelseskriterierne vil bygge på vand- og luftkvalitetskriterierne for Grønland (og for Canada, hvis der ikke findes grønlandske værdier).