

## Notat

**Til:** Tor Gautestad (Norcem)  
**Fra:** Espen Gåserud and Stian Jensen (Aker Solutions)  
**Kopi:**  
**Dato:** 3. september 2020  
**Emne:** Sammendragsrapport av risikoanalysen av Norcems planlagte anlegg for fangst og lagring av CO<sub>2</sub>

### Introduksjon

Norcem er en del av regjeringens satsning for å etablere en verdikjede for karbondioksid (CO<sub>2</sub>) i Norge. Ved Norcems anlegg i Brevik planlegges det å fange 400 000 tonn CO<sub>2</sub> per år fra produksjonen av sement. Aker Solutions (AKSO) har blitt valgt av Norcem som teknologileverandør til prosjektet og som kontraktør for å designe anlegget for fangst, lagring og eksport.

Ulykker med store utslipp av CO<sub>2</sub> kan føre til skader og i verste fall død for personer som blir eksponert. Derfor har det blitt utført en kvantitativ risikoanalyse for å kartlegge risikoen knyttet til driften av CO<sub>2</sub>-anlegget og gi innspill til arealplanleggingen i kommunen.

Merk at dette dokumentet kun omfatter risiko knyttet til det planlagte fangst- og lagringsanlegget for CO<sub>2</sub>. Risiko knyttet til andre deler av Norcems operasjon på industriområdet er ikke analysert. Det samme gjelder transport av CO<sub>2</sub> på skip. Videre bygger risikoanalysen på spesifisering av anlegget under innledende fase av prosjektet.

Dette dokumentet inneholder et kort sammendrag av den utførte risikoanalysen [1]. For ytterligere detaljer henvises det til risikoanalysen (skrevet på engelsk).

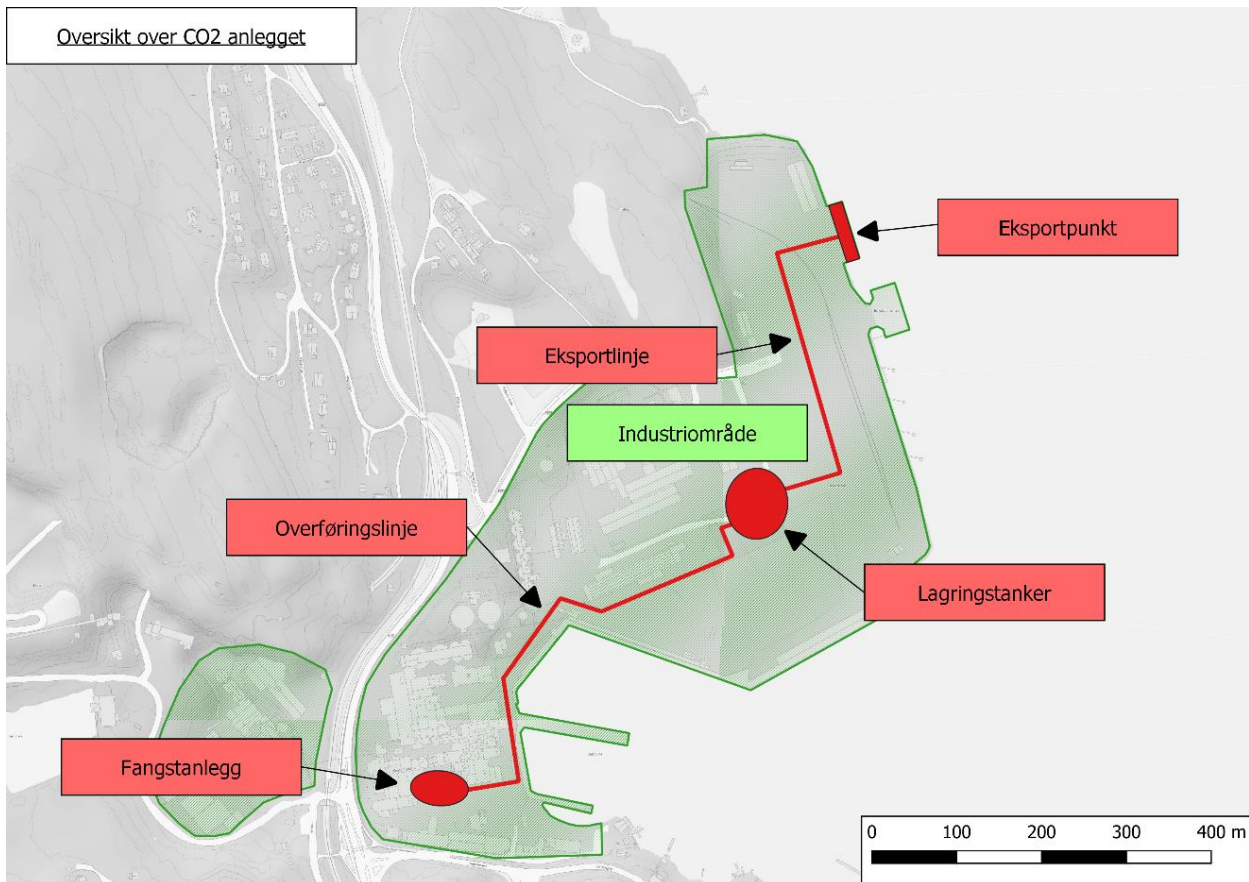
### Systembeskrivelse

#### Fangst- og lagringsanlegg for CO<sub>2</sub>

Norcem er lokalisert på et industriområde i Brevik, inntil Eidangerfjorden. CO<sub>2</sub>-anlegget er planlagt lokalisert på det samme eksisterende industriområdet, som vist i Figur 1. Industriområdet deles av Norcem, Renor og Breviksterminalen.

Anlegget fanger CO<sub>2</sub> fra røykgassen fra sementproduksjonen ved å bl.a. bruke overskuddsvarme fra sementproduksjonen. CO<sub>2</sub> blir så flytendegjort og kondisjonert for å møte spesifikasjonskrav for transport på skip. Anlegget består grovt sett av følgende deler:

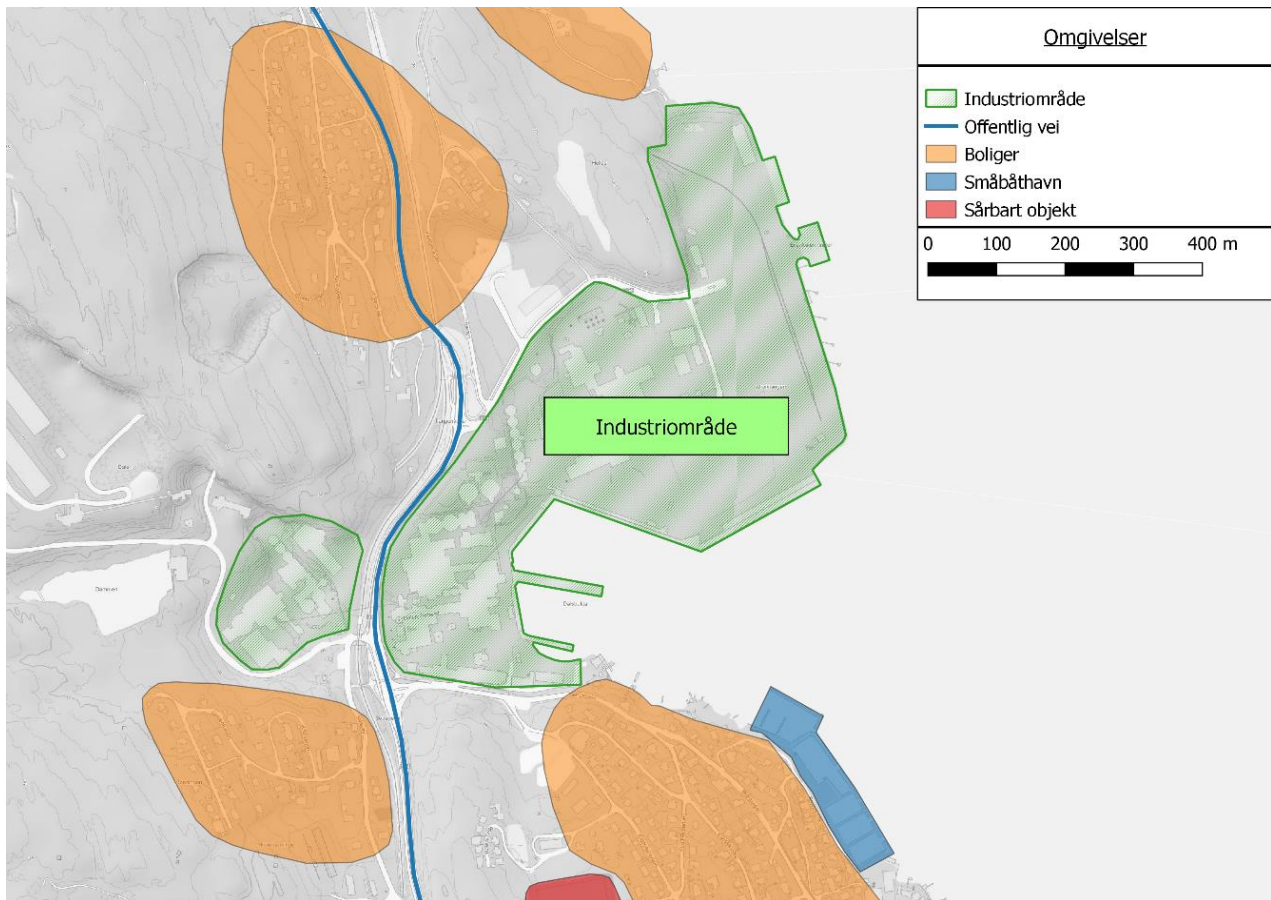
- Fangstanlegg
- Overføringslinje
- Lagringstanker for flytende CO<sub>2</sub>
- Eksportlinje fra lagringstankene til kai
- Eksportpunkt på kai



**Figur 1: Skjematisk oversikt over hovedkomponentene i CO<sub>2</sub>-anlegget.**

## Omgivelser

Omgivelsene rundt industriområdet er preget av boligbebyggelse og en del skog, og er vist i Figur 2. Syd for Dalsbukta er det en småbåthavn. Fylkesvei 354 (markert som blå strek i Figur 2) splitter industriområdet i to. Merk at særlig sårbare objekter slik som barnehager, skoler, sykehus og publikumsarenaer skal være lokalisert utenfor ytre hensynssone i henhold til akseptkriteriene til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). Risikoanalysen viser at de nærmeste sårbare objektene (Brevik kunstgress, Furulund stadion og Brevik barnehage) er plassert på sikker avstand mer enn 400 m fra den planlagte lokasjonen for fangstanlegget.



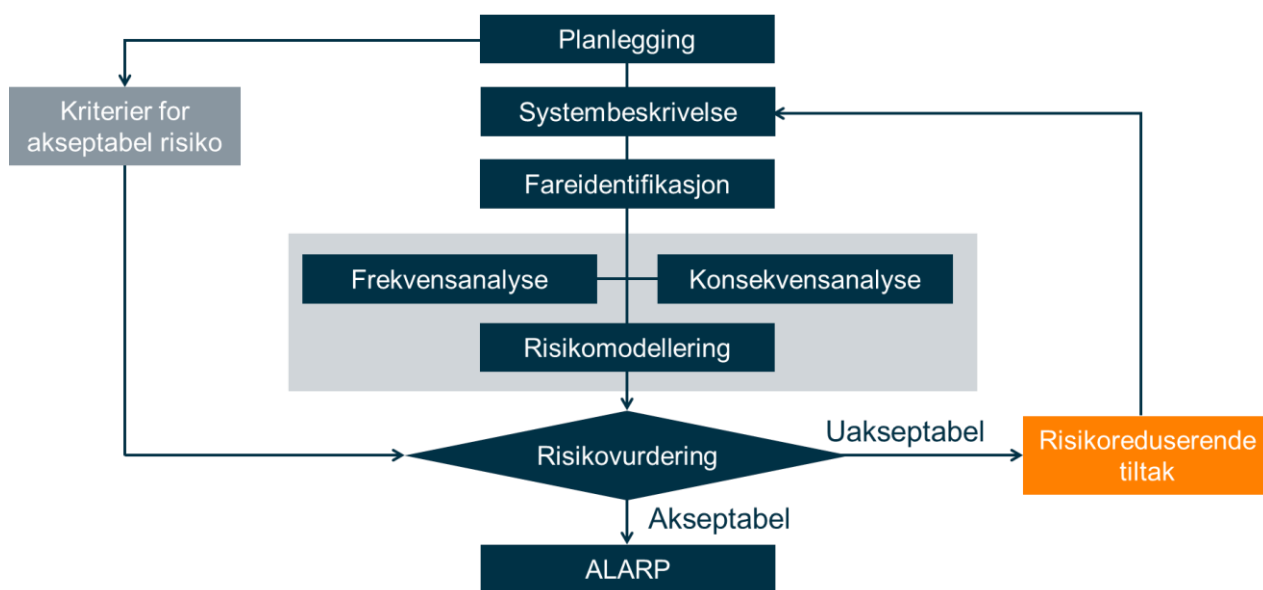
**Figur 2: Omgivelsene rundt industriområdet.**

## Metodikk og rammeverk

### Risikoanalyse

Anlegg med potensial for storulykke som definert i «Storulykkeforskriften» [2] er typisk pålagt å utføre en kvantitativ risikoanalyse for å demonstrere akseptable risikonivåer anlegget utsetter omgivelsene for. Videre, for å sørge for konsistente risikoanalyser i industrien, har DSB gitt ut en veileder [3] som følges i nåværende analyse. Anvendt metodikk er vist i Figur 3.

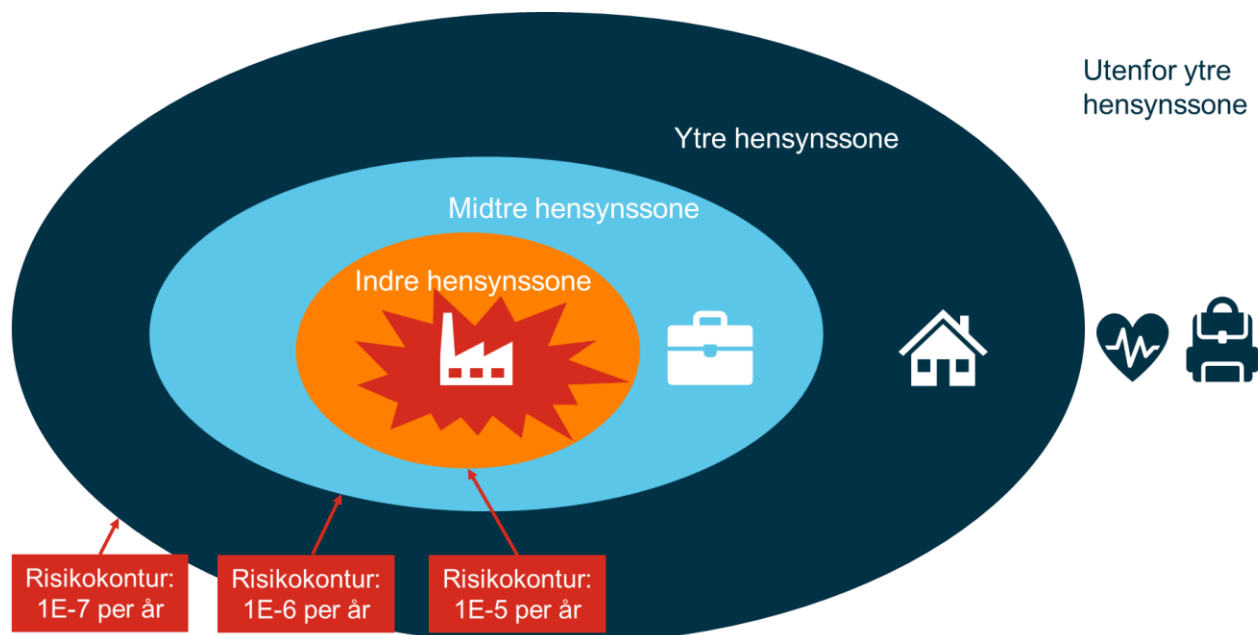
Risikoanalysen av fangst- og lagringsanlegget for CO<sub>2</sub> tar for seg hendelser som kan påvirke utstrekningen av hensynssonene. Dette inkluderer hendelser der operatørene ikke klarer å stoppe en eventuell lekkasje av CO<sub>2</sub>.



Figur 3: De forskjellige stegene i en risikoanalyse.

### Risikoakseptkriterier

Ifølge §16 i «Forskrift om håndtering av farlige stoffer» [4] skal det gjøres arealmessige begrensninger rundt anlegg som håndterer farlig stoff dersom risikoen knyttet til operasjonen av anlegget tilsier dette. For å avgjøre om begrensninger er nødvendig benyttes kriteriene for akseptabel bruk av areal rundt anlegg gitt av DSB i Tema 13 [5]. Disse kriteriene er vist i Figur 4 og Tabell 1.



Figur 4: Skjematisk fremstilling av kriterier for akseptabel risiko.

Tabell 1: Oversikt over akseptabel aktivitet i de forskjellige hensynssonene.

Hensynssone	Definisjon	Beskrivelse
Indre	Avgrenset av risikokontur med frekvens 1E-5 per år	Dette er i utgangspunktet virksomhetens eget område. I tillegg kan for eksempel LNF område inngå i indre sone. Kun kortvarig forbipassering for tredjeperson (turveier etc. se fotnote <sup>1</sup> ).
Midtre	Avgrenset av risikokontur med frekvens 1E-6 per år	Offentlig vei, jernbane, kai og lignende. Faste arbeidsplasser innen industri- og kontorvirksomhet kan også ligge her. I denne sonen skal det ikke være overnatting eller boliger. Spredt boligbebyggelse kan aksepteres i enkelte tilfeller.
Ytre	Avgrenset av risikokontur med frekvens 1E-7 per år	Områder regulert for boligformål og annen bruk av den allmenne befolkningen kan inngå i ytre sone, herunder butikker og mindre overnattingssteder.
Utenfor ytre hensynssone	Lavere risiko enn 1E-7 per år	Skoler, barnehager, sykehjem, sykehus og lignende institusjoner, kjøpesenter, hoteller eller store publikumsarenaer må plasseres utenfor ytre sone.

## Fareidentifikasjon

CO<sub>2</sub> er en farge- og luktfri gass med molvekt på 44 kg/kmol. Luft har til sammenligning en molvekt på om lag 29 kg/kmol. Det vil si at CO<sub>2</sub> er ca. 1.5 ganger tyngre enn luft ved samme temperatur. Således vil spredningen i en mulig storulykke foregå bakkenært og i stor grad påvirkes av fysiske hindringer slik som bygninger og terreng.

Innånding av konsentrert CO<sub>2</sub> er farefullt siden det fortrenger oksygen i luften og øker syrenivået i blodet. Dette kan gi alvorlige konsekvenser for luftveiene, hjerte og sentralnervesystemet. Innånding av luft med en konsentrasjon av CO<sub>2</sub> over 6vol% kan være dødelig avhengig av eksponeringstiden, dvs. hvor lenge individet puster inn en slik CO<sub>2</sub>-luftblanding. Jo høyere konsentrasjon man eksponeres for, jo høyere er dødeligheten. Og likeledes – jo lengre man eksponeres for en gitt konsentrasjon, jo høyere er dødeligheten.

Den største risikoen for omgivelsene er knyttet til lekkasjer av CO<sub>2</sub> i væskefase. I en ukontrollert hendelse vil væsken raskt gå over i gassfase og temperaturen vil falle. Den lave temperaturen fører til kondensering av vanddamp i luften og noe CO<sub>2</sub> vil danne partikler av tørris (snø av tørris). Lekkasjen vil derfor kunne observeres som en tykk tåke i nærheten av lekkasjepunktet (se Figur 5). Lenger unna lekkasjepunktet derimot, vil ikke nødvendigvis tilstedeværelse av tåke være en god indikator på om det er farlige konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> i luften. Dette kommer av at CO<sub>2</sub>-luftblandingen varmes opp igjen av omgivelsene etter hvert som den spres fra lekkasjepunktet. Vanddampen vil dermed fordampe og tørrisen sublimeres (går over i gassfase), og gasskyen vil kunne være usynlig.

<sup>1</sup> Tredjeperson er f.eks. naboer og personer som ikke arbeider på anlegget.



**Figur 5: Eksempel på stor lekkasje av CO<sub>2</sub>. Gasskyen kan ofte sees som en tåke, pga vannet i luften som kondenserer som følge av lav temperatur. Bildet er hentet fra CO2PIPETRANS [6].**

## Resultater

### Forklaring av beregnet risiko

Risikoen som beregnes for anlegget er lokasjonsspesifikk individuell risiko. Den beskriver hvor ofte det kan forventes at omgivelsene blir utsatt for potensiell dødelig eksponering. Det vil si at det er risikoen i geografiske punkter som gis og ikke nødvendigvis risiko for at personer faktisk blir eksponert.

La oss si at en person er lokalisert på risikokonturen med frekvens 1E-6 per år i et helt år. Det vil si at personen er lokalisert utendørs på samme sted 24 timer i døgnet 365 dager av året. Videre antar vi at denne personen ikke flytter på seg (rømmer/evakuerer) hvis det skjer en ulykke med CO<sub>2</sub>. Da har denne personen en sannsynlighet for å omkomme på 0,0001% i løpet av det året som følge av ulykkeshendelser på anlegget. Det tilsvarer en milliondels sjanse for å omkomme det året.

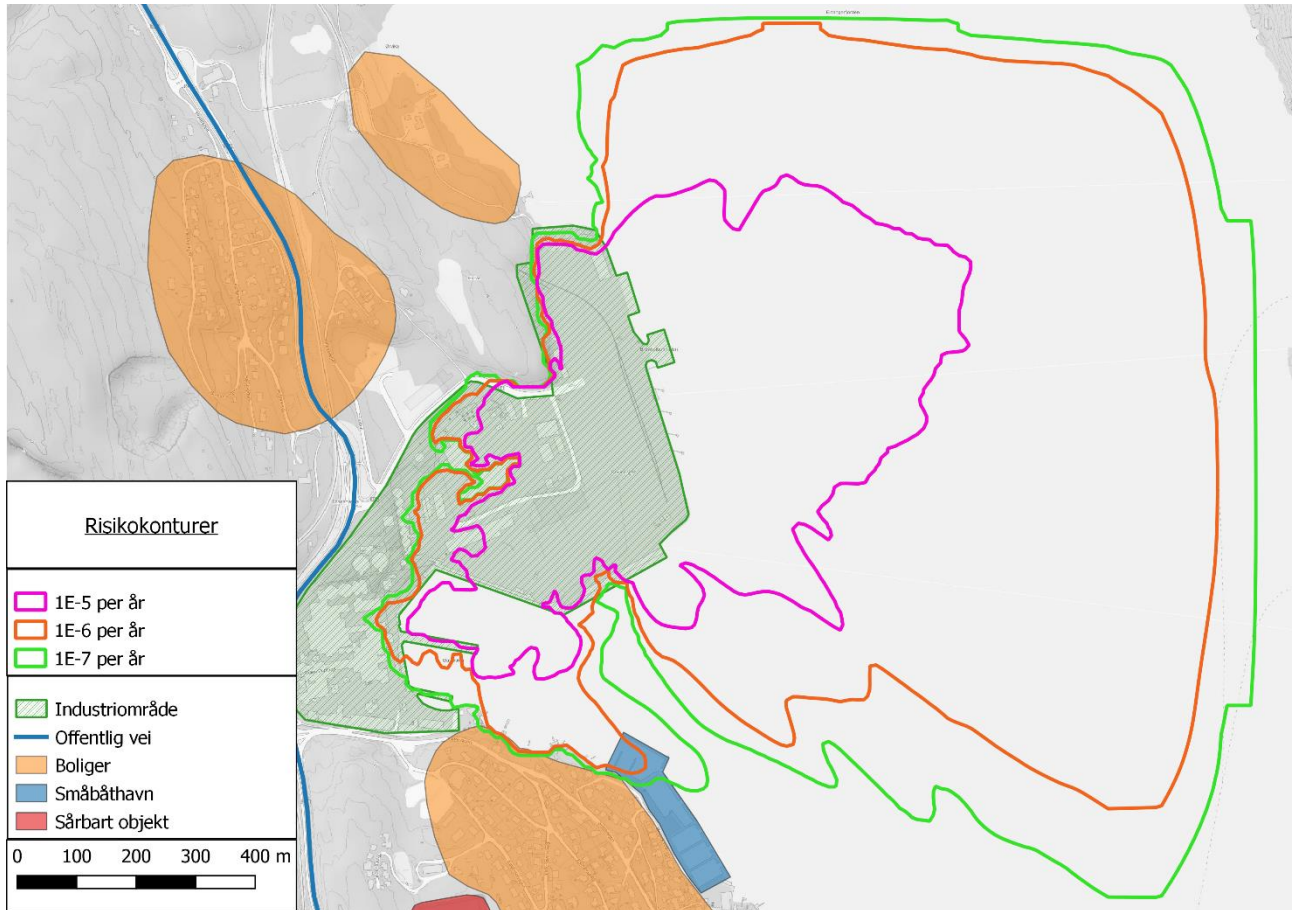
### Risikokonturer

Risikokonturer benyttes for å visualisere den individuelle risikoen rundt anlegget. Konturene etableres ved å kombinere simulerte ulykkeshendelser (spredning av CO<sub>2</sub>), forventet frekvenser for disse hendelsene og fatalitetssannsynlighet gitt CO<sub>2</sub> eksponering. De tre risikokonturene for CO<sub>2</sub>-anlegget som avgrenser de tre hensynssonene definert i Tabell 1 er vist i Figur 6 og Figur 7.

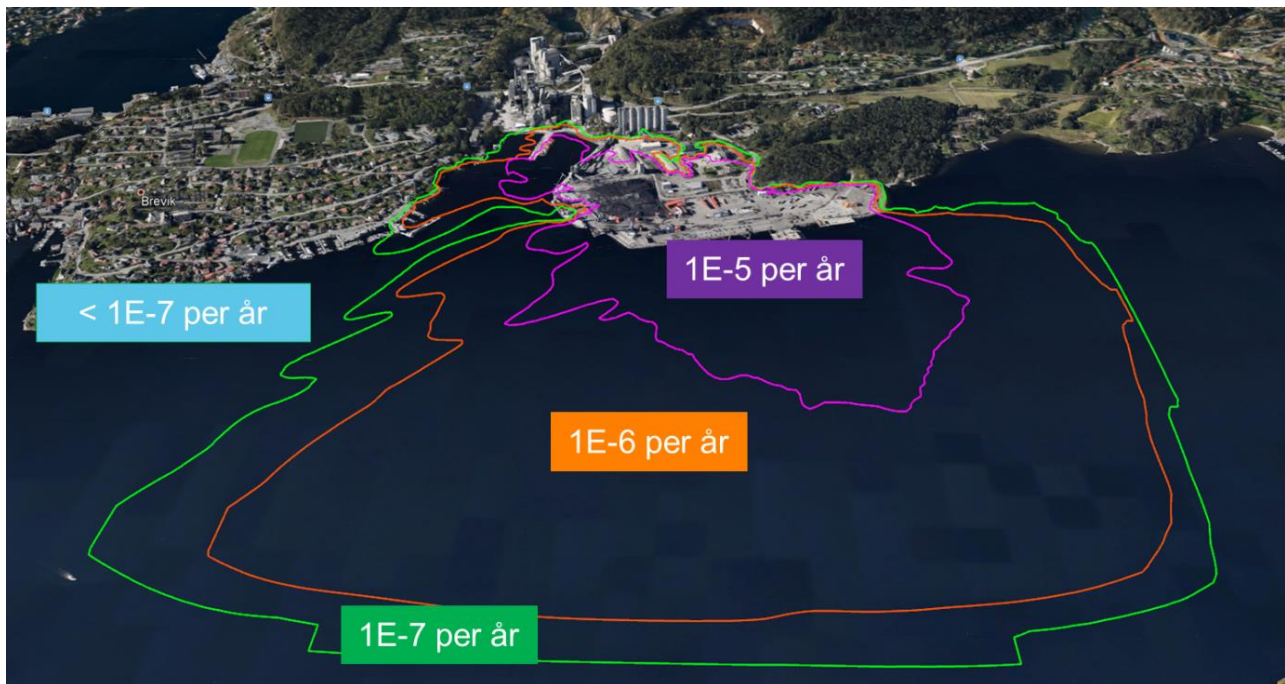
Det er hendelser knyttet til lagertankene med flytende CO<sub>2</sub> som dominerer risikobildet og som i stor grad dikterer utstrekningen av risikokonturene. Hendelsen med størst potensial for eksponering av omgivelsene for giftige konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> er en stor lekkasje fra en av lagertankene samtidig som det er lav eller ingen vind.

Merk også at risikokonturene følger terrenget og kystlinjen i stor grad. Områder som ligger på en høyere elevasjon enn industriområdet og havet er i liten eller ingen grad eksponert. Man ser også at jordvullen nord på industriområdet fungerer som en effektiv barriere. Dette skyldes i stor grad at CO<sub>2</sub> er tyngre enn luft og

dermed vil ligge lavt i terrenget. Tykkelsen på sjiktet med giftig gasskonsentrasjon vil typisk være under 1 m over vannoverflaten i Dalsbukta og utover på fjorden selv ved de største hendelsene.



Figur 6: Risikokonturene som i henhold til akseptkriteriene avgrensner de tre hensynssonene.



Figur 7: Risikokonturer fra CO<sub>2</sub>-anlegget sett fra øst.

## Referanser

- [1] Aker Solutions, «UPDATED ISO-RISK CONTOURS, NC03-AKER-S-RA-0012, Rev B01,» 2020.
- [2] DSB, «Storulykkedeforskriften, FOR-2016-06-03-569,» 2016.
- [3] DSB, «Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff,» 2017.
- [4] DSB, «Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen,» 2009.
- [5] DSB, «Temarapport 13 – Sikkerhet rundt anlegg som håndterer brannfarlige, reaksjonsfarlige, trykksatte og eksplosjonsfarlige stoffer – kriterier for akseptabel risiko,» 2012.
- [6] Advantica, «Overview report: CO2PIPETRANS,» 2012.