
Appendiks A: Sensitivitet probit for varmestråling fra brann og tennsannsynlighet

Probitfunksjon for brann

«Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff», ref. /1/, angir en probitfunksjon for dødelighet som følge av varmefluks fra en brann. I tillegg står at det ikke skal tas hensyn til at personer kan rømme i forbindelse med en brann. I det benyttede risikoberegningsverktøyet Safeti, ligger den begrensning på maksimal eksponeringstid for branner på 100 sekunder, noe som strider med at man skal anta at personer ikke kan rømme. Det bør derfor undersøkes i hvor stor grad denne begrensningen i eksponeringstid påvirker de reelle hensynssonene.

Figur 1 viser dødelighet som funksjon av varmestråling for tre ulike eksponeringstider. Maks eksponeringstid (100 sekunder) i Safeti gir 1% sannsynlighet for død ved 3 kW/m² og 50% sannsynlighet for død ved 5.8 kW/m². En pølbrann kan ha varighet på mange timer. Hvis en pølbrann har en varighet på akkurat 1 time, så vil det gi 1% dødelig ved 0.8 kW/m² og 50% dødelig ved 1.5 kW/m². Dette er ekstremt lave strålingsnivåer og det kan stilles spørsmål om probitfunksjonen er gyldig ved så lave strålingsnivåer. For eksempel er solstrålingen midt på dagen omtrent 1.2 kW/m². Schubert, ref. /2/, hevder at den opprinnelige probitfunksjon som probitfunksjonen fra retningslinjene er basert på overestimerer dødeligheten ved lange eksponeringstider og at eksponeringstiden derfor bør være begrenset når probitfunksjonen benyttes. Den lengste varigheten i datagrunnlaget som ble brukt for å utlede probitfunksjonen var på 45 sekunder. Det må også nevnes at probitfunksjonen først ble utledet fra kjernefysisk stråling og deretter justert for å ta hensyn til stråling fra branner.

Siden en uendelig varighet vil gi 100% dødelighet for tilnærmet 0 kW/m² stråling er det klart at probitfunksjonen bør ha en nedre begrensning på dødelighet fra strålingsvarme. Antakeligvis er dette en av grunnene til at Safeti har et øvre tak på eksponeringstiden.

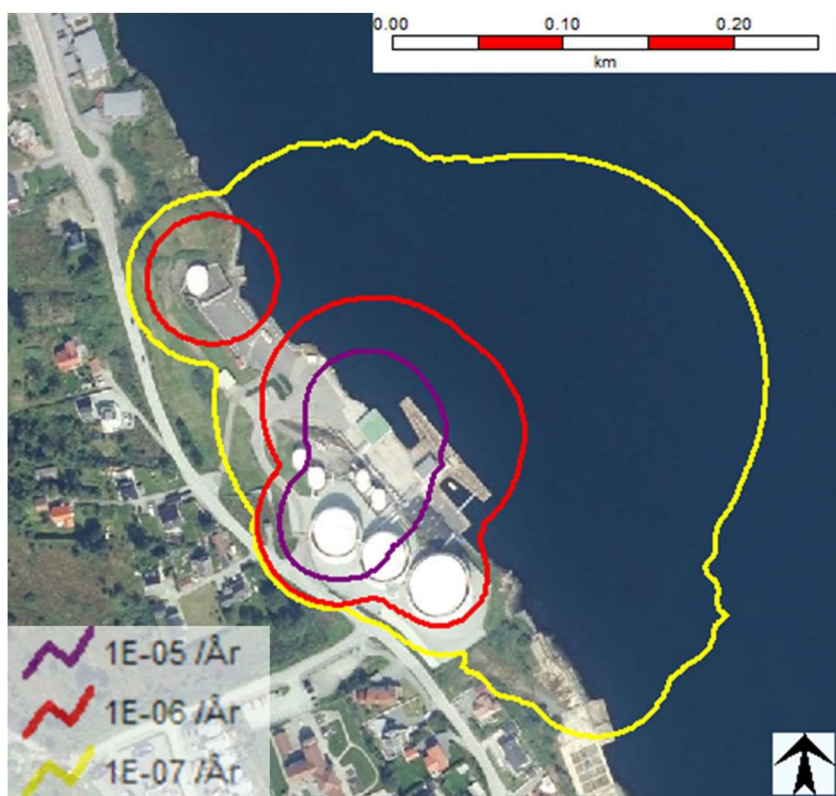


Figur 1 – Dødelighet som funksjon av strålingsvarme

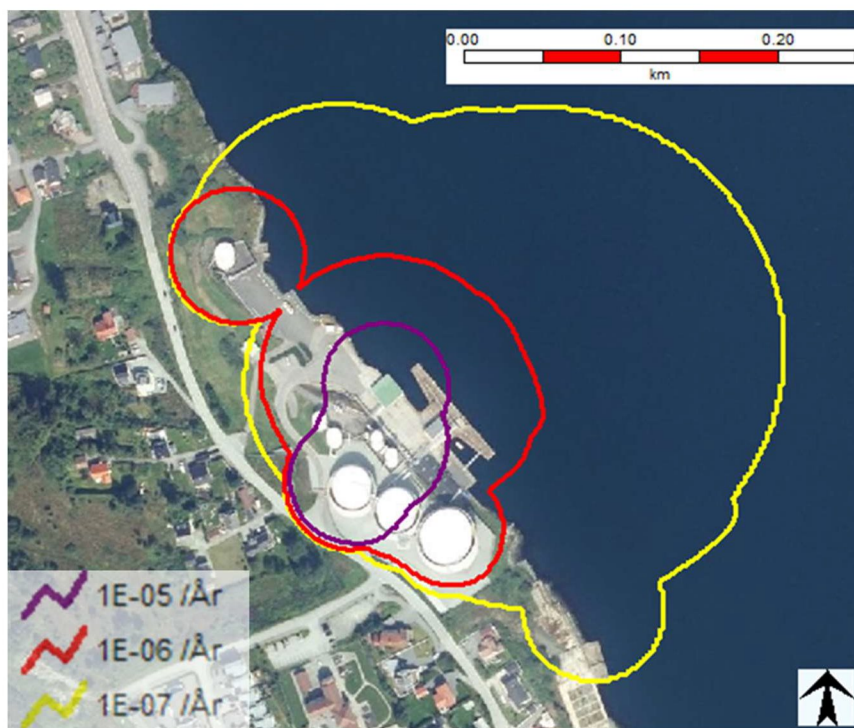
I retningslinjene, ref. /1/, står det at en nedre grense for 50% sannsynlighet for død på 1.5kW/m2 kan benyttes. Dette strålingsnivået kommer fra TNO og er det nivået hvor det oppleves uhåndterlig smerte. Selv om dette strålingsnivået gir stor smerte, vil det ikke nødvendigvis være dødelig. Kroppen har en evne til å transportere varme igjennom huden og i blodet og det gjør at selv om eksponeringstiden er uendelig så finnes det en nedre varmestralingsgrense for hva et menneske faktisk kan dø av. Technica, ref. /3/, angir at et strålingsnivå på 4 kW/m2 ikke vil være dødelig. Per nå så gir probitfunksjonen i Safeti dødelighet helt ned til 3 kW/m2 (ved bruk av maksimal eksponeringstid på 100 sekunder). I Safeti er det ikke mulig å legge til en nedre grense for dødelig ved bruk av probitfunksjon og det bør derfor brukes en terskelverdi fram til denne funksjonaliteten er til stede. For å være sikker på at dødeligheten ikke blir underestimert for langvarige branner, så bør terskelverdien settes til nedre grense for død på 4 kW/m2. Vanligvis skal terskelverdien settes til det som tilsvarer 50% sannsynlighet for død, men som det kan ses fra Figur 1 vil dette for langvarige branner ligge langt under det som kan anses som nedre grense for død.

Sammenligning av hensynssoner for probitfunksjon og terskelverdi

Figur 2 viser hensynssoner for St1s anlegg på Lillesund ved bruk av probitfunksjon, mens Figur 3 viser hensynssonene ved bruk av terskelverdi. Bruken av terskelverdi gir ikke veldig store utslag i hensynssonene. Generelt får ytre sone litt mindre utstrekning der tankhendelser dominerer og litt større utstrekning på havet hvor store ubegrensede pølbranner fra importhendelser dominerer. Indre sone blir litt større rundt tank 3 når terskelverdi brukes. Det gjør at indre sone strekker seg et par meter utenfor anleggsgrensen inn på Storasundveien, noe som ikke er i henhold til akseptkriteriene til DSB.



Figur 2 – Hensynssoner for alternativ layout for St1 sitt anlegg på Lillesund. Probitfunksjon med 100 maks eksponeringstid er benyttet for dødelighet fra varmestråling



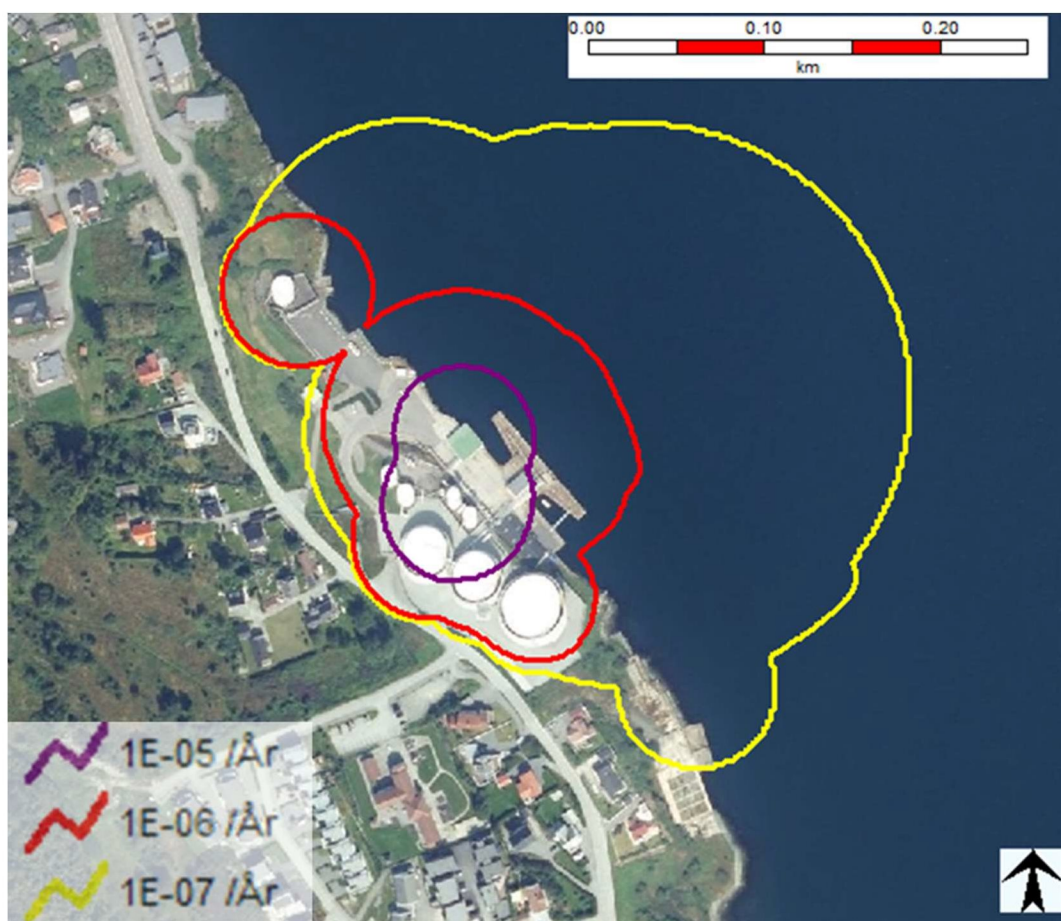
Figur 3 - Hensynssoner for alternativ layout for St1 sitt anlegg på Lillesund. En terskelverdi på 4 kW/m² er benyttet for dødelighet fra varmestråling

Hensynssoner med justert tennsannsynlighet for tank 3

Figur 4 viser et bilde av tank 3, som i den alternative layout-en skal brukes til å lagre bensin istedenfor diesel. Utformingen med en høy ringmur og lavt overflateareal gjør at avdampningen fra et utslipp vil bli lav. Tennmodellen til OGP antar en gitt lekkasjerate vil gi en gitt skystørrelse som eksponerer mulige tennekilder. Generelt så gir større lekkasjerater større brennbare skyer. En svakhet ved OGP sin tennmodell er at den kun bruker lekkasjerate som input i beregningen av tennsannsynlighet, selv om det er brennbar skystørrelse som burde vært input. For et utslipp i ringmuren til tank 3, så vil alle lekkasjerater over 1.4 kg/s gi en pøl med areal tilsvarende oppsamlingsarealet. Siden alle disse lekkasjene vil gi samme pølareal og dermed samme avdampning og brennbare skystørrelse, så bør disse også ha samme tennsannsynlighet. Stort og mindre utslipp fra tank 3 har nå en tennsannsynlighet på 1.3% (tilhørende lekkasjerater over 10 kg/s), men bør ha en tennsannsynlighet tilhørende en lekkasjerate på 1.4 kg/s (omtrent 0.3% tennsannsynlighet) for å være mest mulig forventningsrett. Ved å benytte den justerte tennsannsynligheten for stort og mindre utslipp fra tank 3, får man hensynssonene som er vist i Figur 5. Det kan ses at indre sone nå ligger godt på innsiden av anleggsgrensen.



Figur 4 - Bilde av tank 3



Figur 5 – Hensynssoner for alternativ layout for St1 sitt anlegg på Lillesund. En terskelverdi på 4 kW/m² er benyttet for dødelighet fra varmestråling. Tennsannsynligheten for stort og mindre utslipp fra tank 3 er justert for å ta hensyn til at den brennbare skyen er begrenset av pølareal istedenfor av lekkasjerate

Siden det er usikkerhet knyttet til valget av terskelverdi på 4 kW/m², har det blitt gjort en sensitivitet med en terskelverdi på 1.5 kW/m² (fra retningslinjene). Figur 6 viser hensynssoner hvis det brukes en terskelverdi på 1.5kW/m² istedenfor 4 kW/m². Det kan ses at utstrekningen til alle tre sonene øker noe, men at indre sone fortsatt ligger godt innenfor anleggs grensen.



Figur 6 - Hensynssoner for alternativ layout for St1 sitt anlegg på Lillesund. En terskelverdi på 1.5 kW/m² er benyttet for dødelighet fra varmestråling. Tennsannsynligheten for stort og mindre utslipp fra tank 3 er justert for å ta hensyn til at den brennbare skyen er begrenset av pølareal istedenfor av lekkasjerate

/1/ Vysus Norway AS, "Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff", 1. juli 2021

/2/ S. Schubach, "Thermal radiation targets used in risk analysis", 1995

/3/ Technica, "Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques", World Bank, 1985