

Task 1: estimate time to overpressure in a closed tank

Consider a flash tank with total volume of 1000 liters. Into this tank, you have a steady-state flow of 10 L/min of a liquid. When it enters the tank, 20% of the liquid flashes off at an operating pressure of 1 barg. The tank has a normal operating level of 750 L of liquid. The liquid's density is 1 kg/L and its molecular weight is 25 g/mol. Suddenly both the liquid and gas outlet is blocked from the tank but it keeps filling at the same rate. You can assume the temperature is constant (350 K) and that it still flashes off 20% of the feed to gas phase. How long does it take for the pressure to reach the design pressure of 3 barg?

12,7

$$P = \frac{n_g}{V_g} RT$$

$$\text{Feed: } 10 \text{ L/min} \stackrel{?}{=} 10 \text{ kg/min} \stackrel{\cdot \frac{1}{M_w}}{=} 400 \text{ mol/min}$$

$$\text{Trenger } n_g, \quad n_g = \frac{PV_g}{RT} = \frac{2 \text{ bar} \cdot 250 \text{ L}}{0,08314 \text{ L} \cdot \text{bar} / \text{K} \cdot \text{mol} \cdot 350 \text{ K}} = 17,18 \text{ mol}$$

Ken nå lage tidsavhengige uttrykk:

$$n_g(t) = 17,18 + 0,2 \cdot 400 \cdot t = 17,18 + 80 \cdot t \quad [t] = \text{min}$$

$$V_g(t) = 250 - 0,8 \cdot 10 \cdot t = 250 - 8 \cdot t$$

$$P = 3 \text{ barg} = 4 \text{ bar}$$

$$\text{Løser } P = \frac{n_g(t)}{V_g(t)} \cdot R \cdot T \quad \text{med hensyn på } t \text{ (og mange desimaler for } R)$$

$$\Rightarrow \underline{t = 0,2119 \text{ min} = 12,7 \text{ s}}$$

Task 2: identify important barriers

Consider the flash tank from task 1. The flash gas is toxic, and overpressure may lead to a leak situation. A HAZOP study has been performed, and has identified the following high-pressure scenarios for the flash tank:

Guideword	Cause	Consequence	Safeguards in place
High pressure	Blocked outlet gas	Pressure build-up in headspace in tank, potentially causing overpressure	None
	Failure of liquid level control	Liquid rising in tank, compressing the gas in the headspace. Could potentially lead to overpressure.	Alarm in control room, operator to shut off feed to tank by closing a manual block valve on the feed line

- Does this design satisfy the principle that no single event should immediately (or rapidly) lead to unacceptable consequences?
- Is it reasonable to rely on the operator to stop overpressure from building up if the level control fails? Explain your reasoning.
- What technical barriers would you suggest outfitting the system with to mitigate the risks identified in the HAZOP?

a) Nei, det gjør den ikke, ingen Safeguard for overtrykk, og det bør være en ekstra automatisk Safeguard for feil på LLCen

b) Nei, i oppgave 1 så vi at det tar 12,7 s før kritisk feil (sikkert litt mer hvis outlet er åpen). Hvis operatoren skal høre alarmen, og deretter gå og manuelt stenge feed, er det liten tid. Hvis operatoren ikke er i kontrollrommet er det enda verre.

c) Det bør installeres en PSV - pressure safety valve
pressure control som stenger feed hvis trykket er for høyt.

Og en PSD - process shut down på LLCen.

Task 3: Regulatory compliance for the flash tank

Your company is considering building a new factory where the flash tank above is a pre-processing step taken to stabilize a liquid feed that will be used in a reactor downstream the process. The plan is to locate the plant next to an office building between a busy train station and a shopping mall. This is a small city in Norway.

Can you identify important regulatory requirements you will need to take into account in planning the siting of the plant, as well as the safety systems required to operate the plant?

Websites you should use: lovdata.no, arbeidstilsynet.no, dsb.no.

- DSB sin storulykkeforskrift del 6, arealplanleggingen må sørge for forsvarlig avstand til befolkningen.
- Siden anlegget er tett på områder med mye trafikk, må det være gode barrierer mot utslipp, brann og eksplosjoner.
↳ Bør ikke bygge fabrikken der den er planlagt å ligge.
- Fra Lovdatas forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff...

§15 Forebyggende sikkerhetstiltak

Virksomheten skal som et minimum iverksette følgende forebyggende sikkerhetstiltak relatert til bygg- og anleggstekniske forhold:

- Bygning der farlig stoff håndteres skal ha effektiv ventilasjon som sikrer mot brann, eksplosjon og annen ulykke.
- Bygning eller rom som er klassifisert som eksplosjonsfarlig område skal ha avlastningsflate(r) som er svekket i forhold til bygningskonstruksjonen forøvrig, og som skal fungere som trykkavlastning dersom eksplosjon inntreffer i bygningen. Avlastet trykk skal ledes bort i sikker retning.
- Rørbruddsventiler eller annet konsekvensreducerende utstyr skal monteres dersom konsekvensene for omgivelsene etter rørbrudd er store.
- Prosesssikrings-, nødavstengnings- og nødstrømsystem tilpasset virksomhetens kompleksitet skal installeres dersom det er nødvendig for å forhindre at unormale tilstander utvikler seg til faresituasjoner.
- Trykkavlastningssystem skal installeres slik at utstyr og anlegg ikke utsettes for uakseptabelt trykk. Systemet skal lede bort farlig stoff på en sikker måte.