

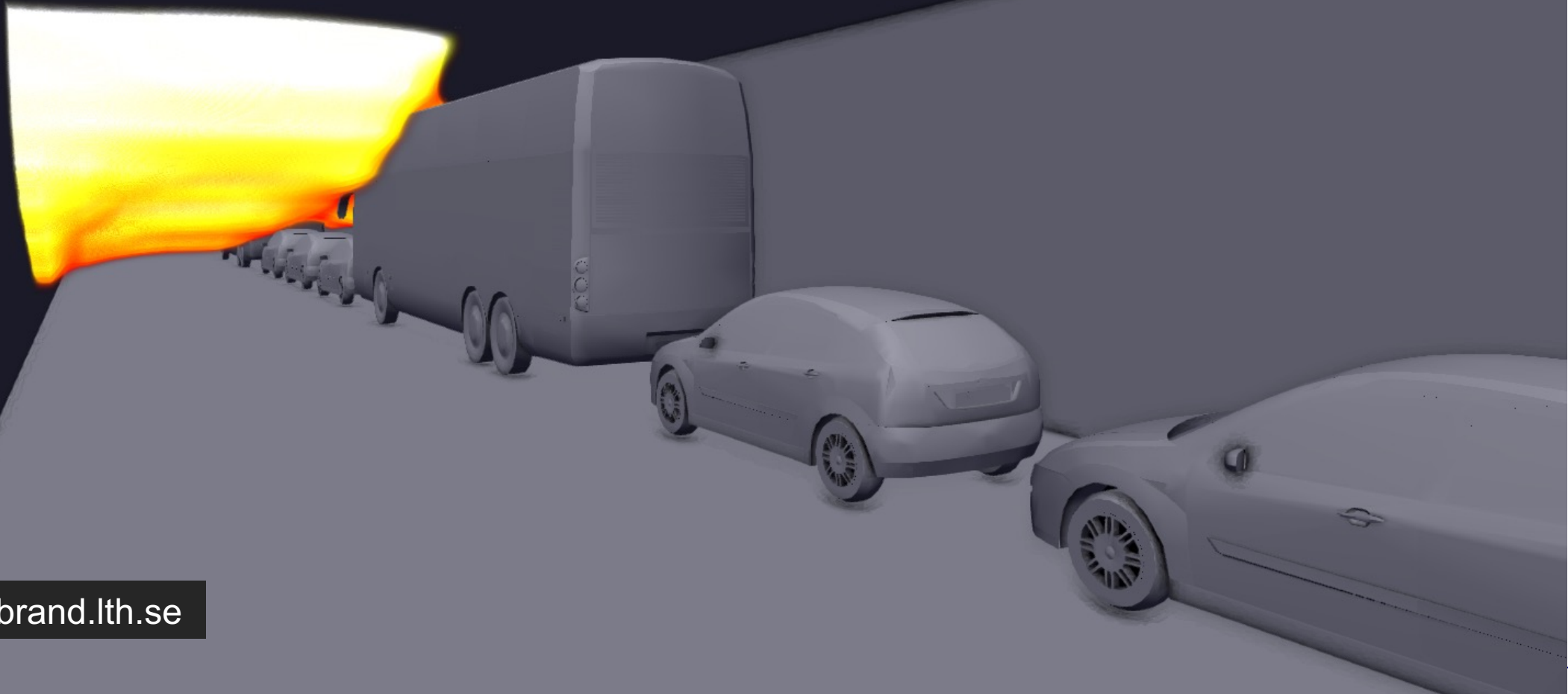


LUNDS
UNIVERSITET

Senaste inom vätgasforskning – *Fokus säkerhetsavstånd*

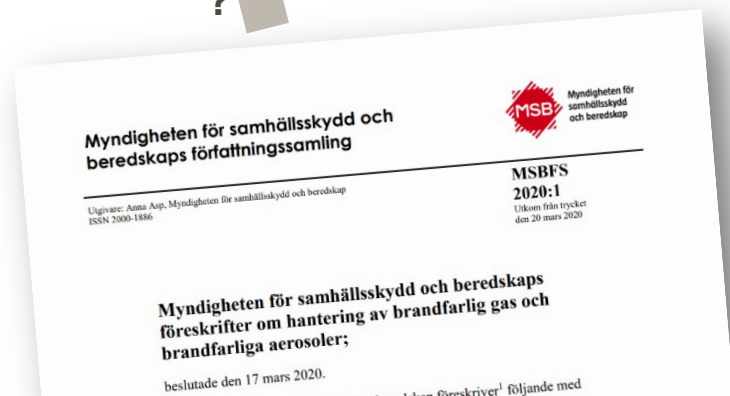
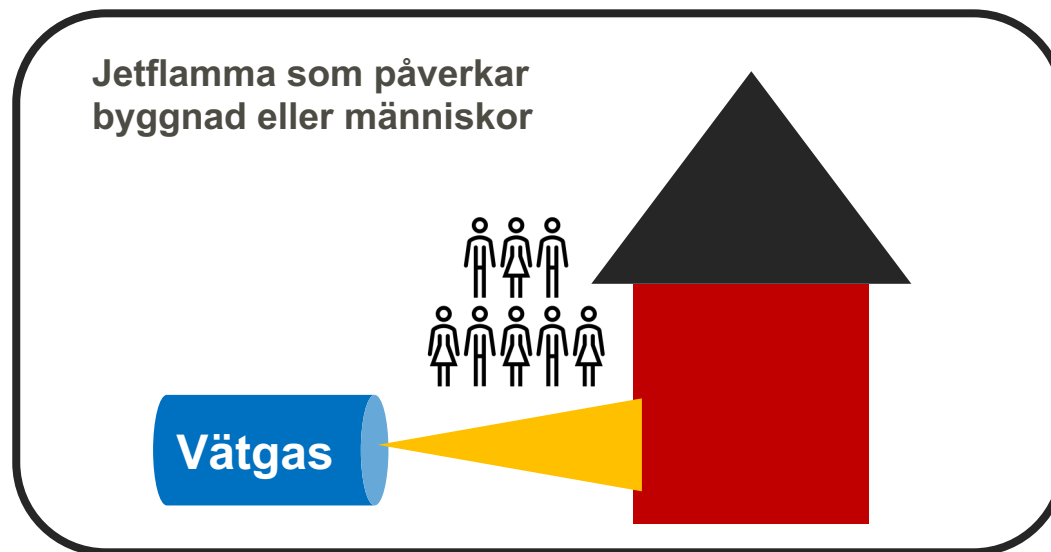
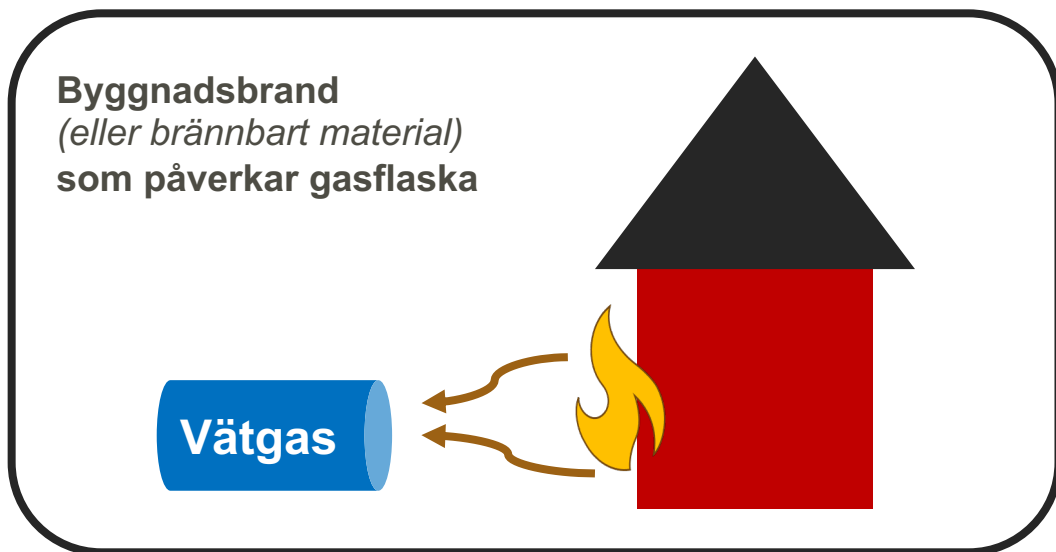
MARCUS RUNEFORS,

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola (LTH)



marcus.runefors@brand.lth.se

Skyddsavstånd



Skyddsavstånd – MSBFS 2020:1

MSBFS 2020:1, kap 2

9 § Lösa behållare, gascisterner, gasklockor och rötkammare ska vara placerade på ett betryggande sätt med hänsyn till

- risken för brandpåverkan och annan skadlig uppvärmning från omgivningen till anordningarna,
- risken för skador på omgivningen genom brand eller explosion orsakad av läckage och antändning av den brandfarliga gasen, och
- möjligheterna att utrymma området kring anordningarna vid brand.



Används mycket! Inkl mycket högre volymer och knappast lösa behållare.

Tabell 2. Minsta avstånd vid placering av lösa behållare, publik verksamhet

De lösa behållarnas totala volym (liter)	Avstånd mellan lösa behållare och						
	- byggnad i allmänhet, - brännbart material eller - brandfarlig verksamhet	stor mängd brännbart material		utrymningsväg från svårutrymda lokaler		meter	EI 60*
		meter	meter	meter	meter		
0 - ≤250	3**	EI 30*	EI 60*	EI 60*	EI 60*	25***	0
>250 - ≤1200	3	3	0	12	0	25	0
>1200 - ≤4000	6	6	3	12	6	50	25
>4000 - ≤8000	12	12	6	25	12	100	50

Lösa behållare (Gasol?)

Tabell 3. Minsta avstånd vid placering av en eller två gascisterner med gasol ovan mark

Avstånd i meter mellan	Byggnad i allmänhet, brännbart material el. brandfarlig verksamhet	Stor mängd brännbart material	Utrymningsväg från svårutrymda lokaler	Pump och förångare	Parkerade fordon (personbilar/tyngre fordon)	Tankfordonets slanganslutningspunkt	Cisternens slanganslutningspunkt
Cisternvolym högst 13 m ³	6*	12*	100*	3*	6/8*	12*	0
Cisternvolym >13 m ³ ≤100 m ³	12*	25*	100*	3*	6/8*	12*	6*
Tankfordonets slanganslutningspunkt	12*	25*	100*	-	6	-	-
Cisternens slanganslutningspunkt	12***	12*	100*	3*	6	-	-
Pump och förångare	3**	12*	-	3**	6*	3**	3*

Gasolcisterner

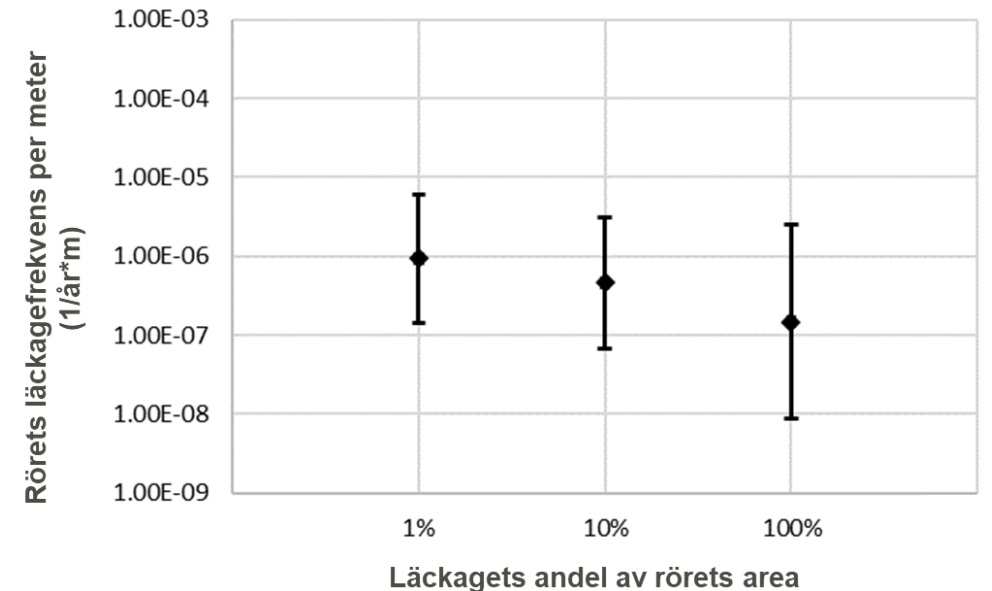
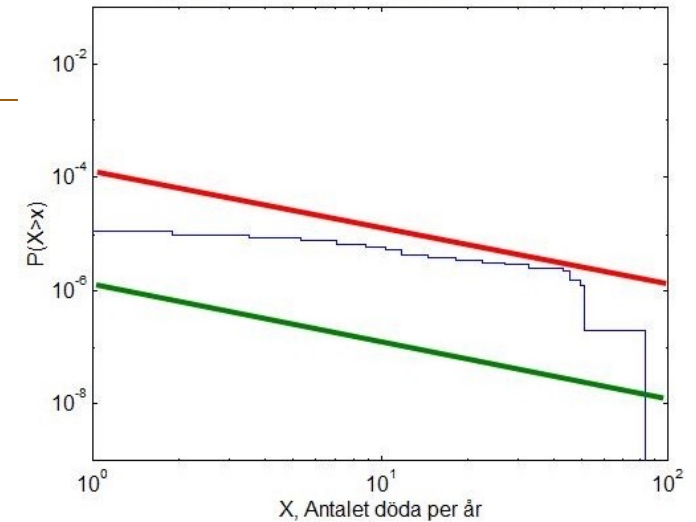
Dimensionerande skadefall

- **”Största troliga utsläpp”**
- Stor variation mellan länder och standarder, t.ex.
 - 1 mm
 - 10% av tvärsnittsarea
 - 3% av tvärsnittsarea
 - 1/3 av omkrets x 1 mm
 - Fullt rörbrott
- Jag deltar i en arbetsgrupp inom IEA som vill få det mer samstämmigt

*Energigas Sveriges
tankstationsregler (H₂-TSA)*

Alternativ till dimensionerande skadefall

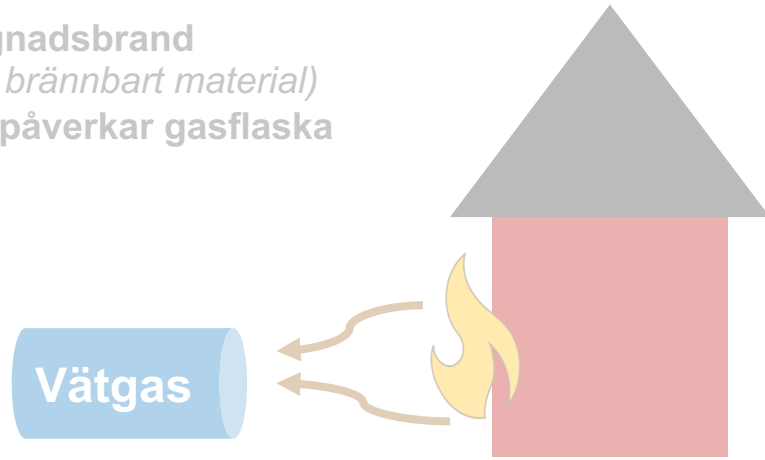
- **Kvantitativ riskanalys (QRA)**
- **Fördelar**
 - Tar hänsyn till den faktiska utformningen och omgivningen
 - Kan undersöka påverkan av skyddsåtgärder på säkerhetsnivån
- **Nackdelar**
 - Dyr
 - Väldigt beroende av (osäker) indata
 - Godtyckligt (?) acceptanskriterium
 - Behöver göras sent i projektet → oförutsägbart och en vilja att “få igenom” projektet



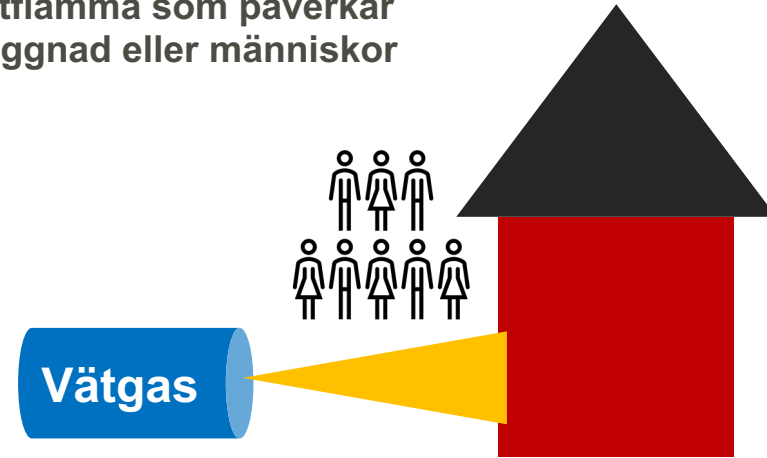
Skyddsavstånd –

Del 1, vätgasanläggningens påverkan på omgivningen

Byggnadsbrand
(eller brännbart material)
som påverkar gasflaska



Jetflamma som påverkar
byggnad eller människor



Tabell 1. Minsta avstånd vid placering av lösa behållare, icke-publik verksamhet

De lösa behållarnas totala volym (liter)	Avstånd mellan lösa behållare och		
	- byggnad i allmänhet, - brännbart material eller - brandfarlig verksamhet	stor mängd brännbart material	utrymningsväg från svårutrymda lokaler

Säkerhetsavstånd – Vad ska vi skydda?

MSBFS 2020:1



Vätgas



Vätgas

Skyddsmål i andra regelverk

Safety distance	Example targets ^a
Clearance distance	<p>Persons:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Workers in the fuelling station (1st party); — Users of the fuelling station (2nd party); — Public and users of other facilities within the fuelling station (3rd party). <p>Other facilities within the fuelling station:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Building such as convenience stores, carwash; — Gasoline storage; — Gasoline dispensing facilities; — Fuel delivery areas; — Building openings, air intakes.
Installation lay-out distance AND Protection distance	<p>Equipment of the fuelling station:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Dispenser; — Compressor; — Liquid hydrogen storage; — Gaseous hydrogen storage; — Vent stack exits.

Safety distance	Example targets ^a
External risk zone	<p>Persons:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Public (3rd party); — Places of public assembly. <p>Property:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lot lines; — Parking; — Houses; — Public buildings such as schools, hospitals; — High voltage lines.

^a The information in this table is provided to simplify target selection. It is not required to establish safety distances for any of the targets in the table. It is also permissible to establish safety distances for targets not listed in this table.

ISO 19880-1

Exposures Group 1
<p>Lot lines</p> <p>Air intakes (HVAC, compressors, other)</p> <p>Operable openings in buildings and structures</p> <p>Ignition sources such as open flames and welding</p>
Exposures Group 2
<p>Exposed persons other than those servicing the system</p> <p>Parked cars</p>
Exposures Group 3
<p>Buildings of non-combustible non-fire-rated construction</p> <p>Buildings of combustible construction</p> <p>Flammable gas storage systems above or below ground</p> <p>Hazardous materials storage systems above or below ground</p> <p>Heavy timber, coal, or other slow-burning combustible solids</p> <p>Ordinary combustibles, including fast-burning solids such as ordinary lumber, excelsior, paper, or combustible waste and vegetation other than that found in maintained landscaped areas</p> <p>Unopenable openings in building and structures</p> <p>Encroachment by overhead utilities (horizontal distance from the vertical plane Below the nearest overhead electrical wire of building service)</p> <p>Piping containing other hazardous materials</p> <p>Flammable gas metering and regulating stations such as natural gas or propane.</p>

NFPA 2

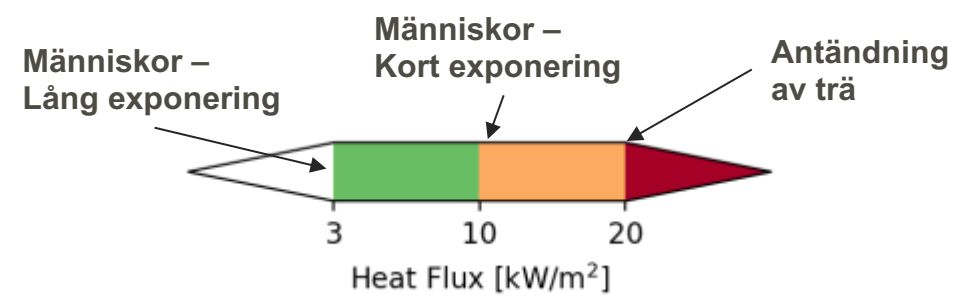
Skyddsmål

- **Människor**
 - Folksamlingar
 - Enskilda personer (*vilka?*)
 - Utrymningsvägar från samlingslokaler (>150 p – Vk2B och Vk2C)
- **Byggnader (antändning) och Luftintag/öppning (brännbar blandning)**
 - Mycket svårutrymda byggnader (Vård – Vk5B till Vk5D)
 - Byggnader i allmänhet
- *Fler/färre?*

Vilken påverkan klarar skyddsmålen?

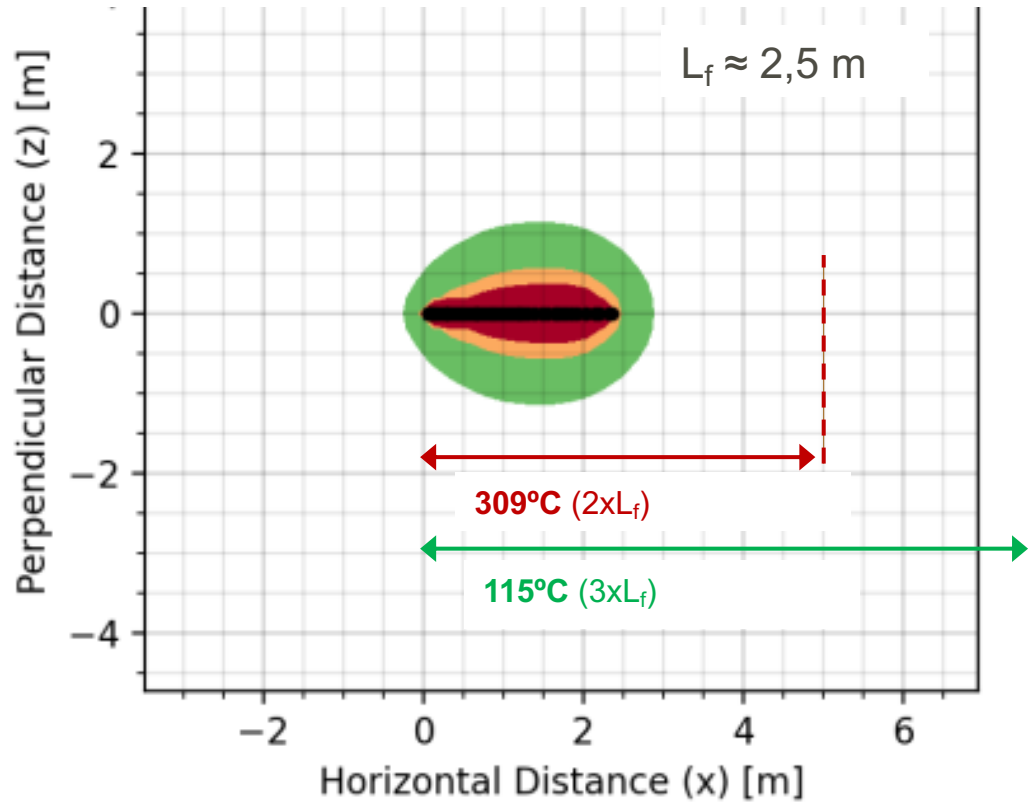
- **Människor** – Temperatur eller strålning?
- **Antändning av byggnader**
- **Luftintag/öppning** – Brännbar blandning

Värmestrålning och Temperatur



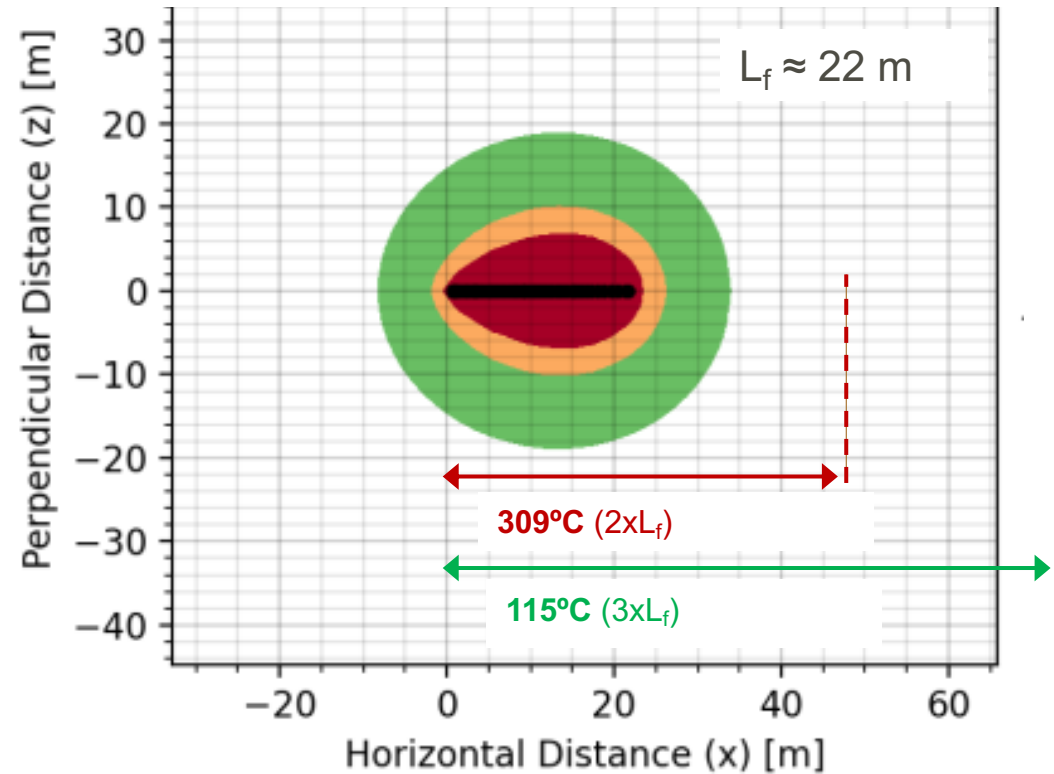
Litet läckage

(1 mm och 200 bar)

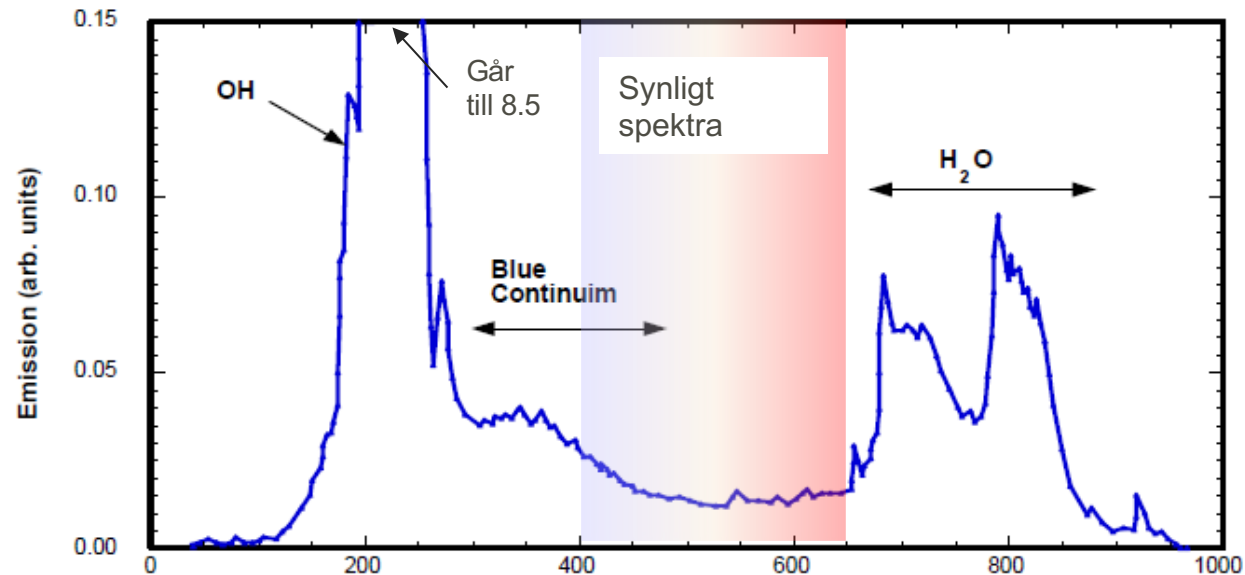


Stort läckage

(6 mm och 700 bar)



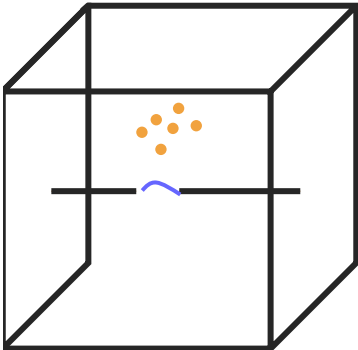
Våglängder från en vätgasflamma



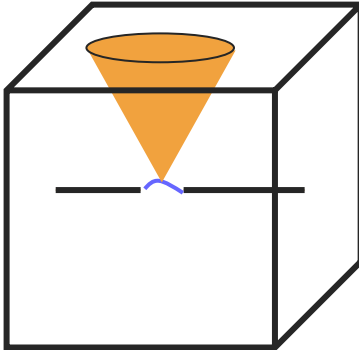
Gränsvärde 3-10 kW/m²????



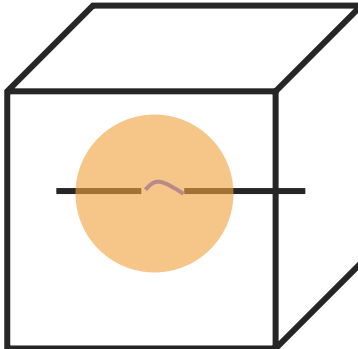
Den nedre brännbarhetsgränsen är 4%. Vad händer om man har 4-8%?



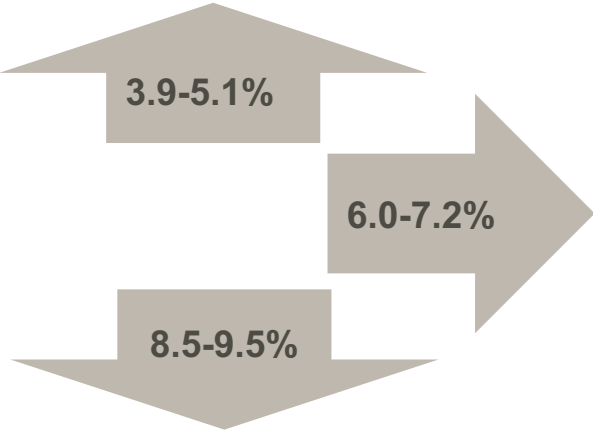
4-6%



6-8%

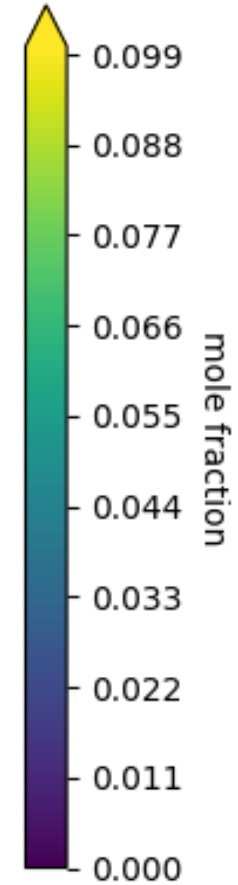
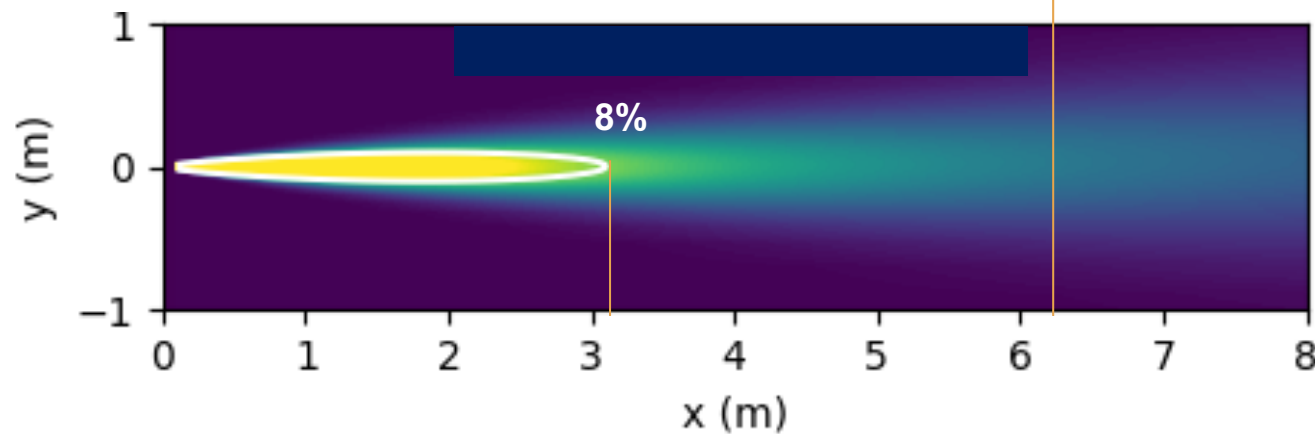
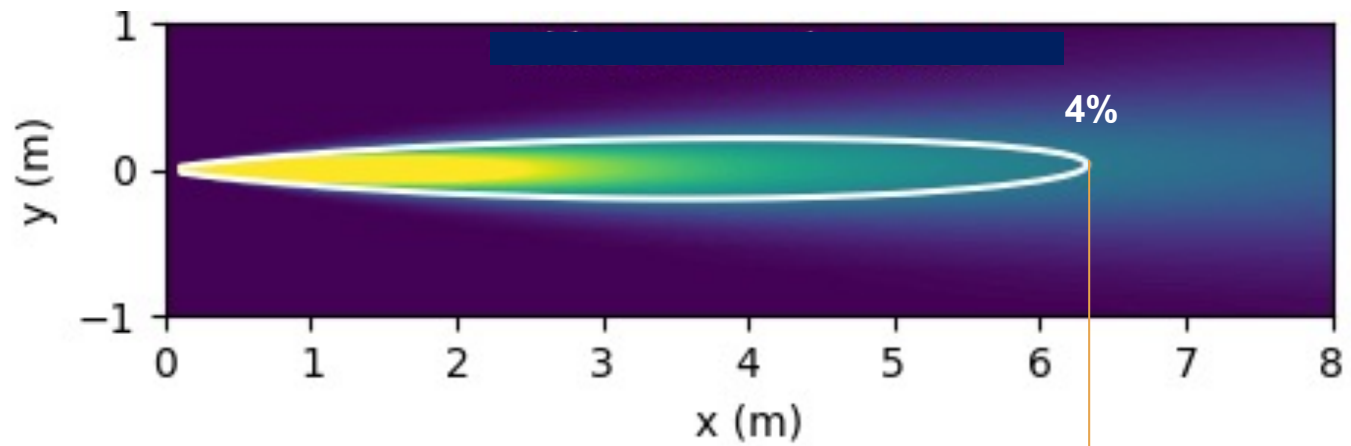


8+%



Lower Hazardous Limit (LHL)?

Antändbar jet?



Exempel, 1 mm och 700 bar

Vilken påverkan klarar skyddsmålen?

- **Människor**

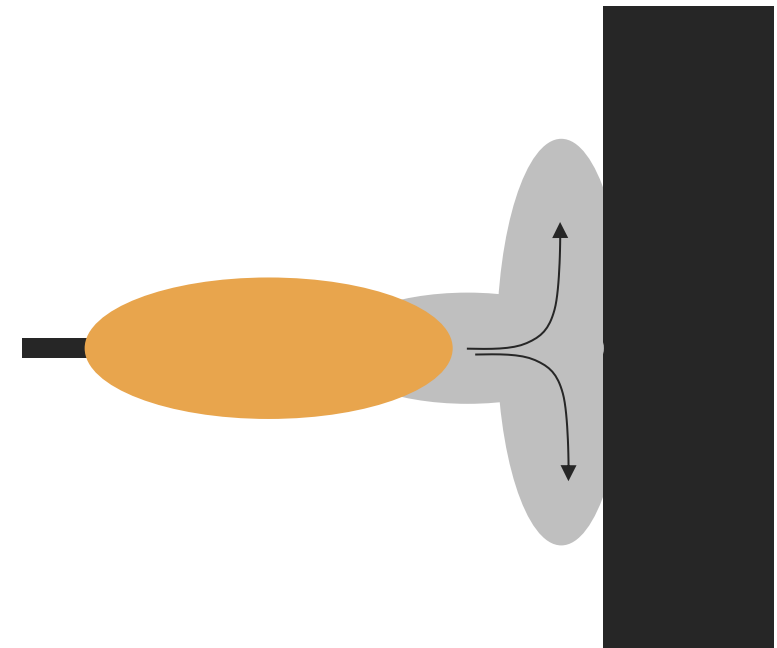
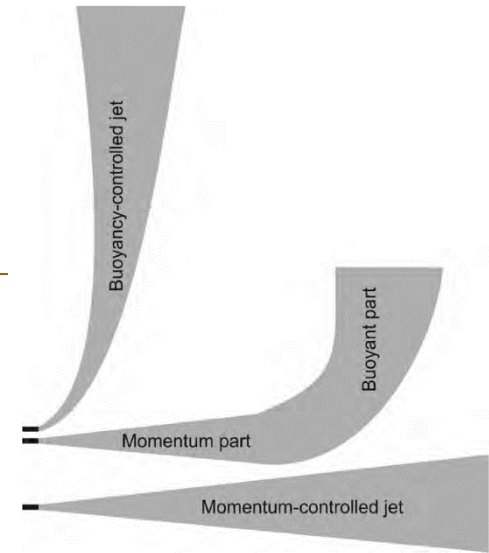
- Temperatur bör alltid ge längst avstånd
- Mycket osannolikt att strålning ger längre avstånd, men osäkerhet kring acceptabel UV-strålning

- **Antändning av byggnader**

- Osäker, men troligen kring flamlängd

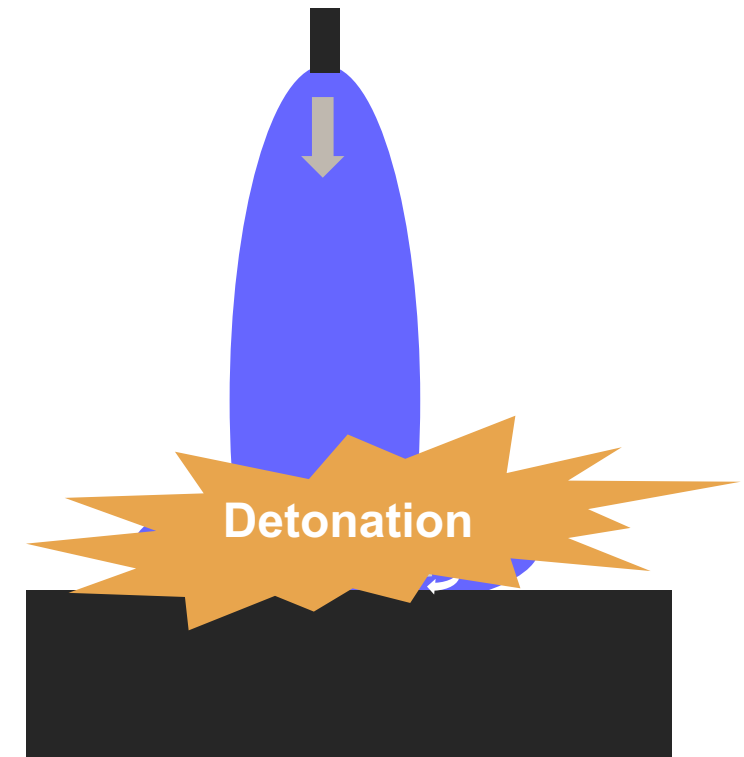
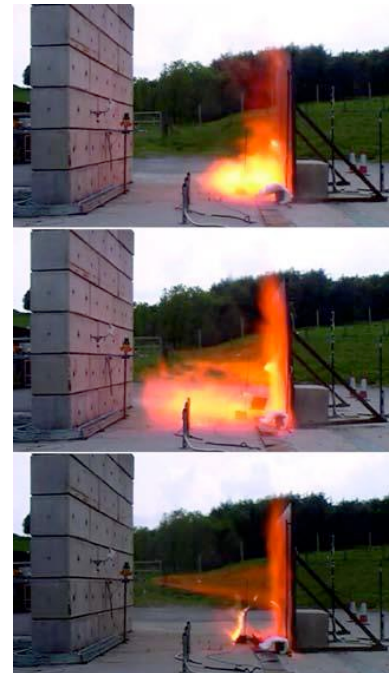
- **Luftintag/öppning – Brännbar blandning**

- 8% vätgas! (LHL)

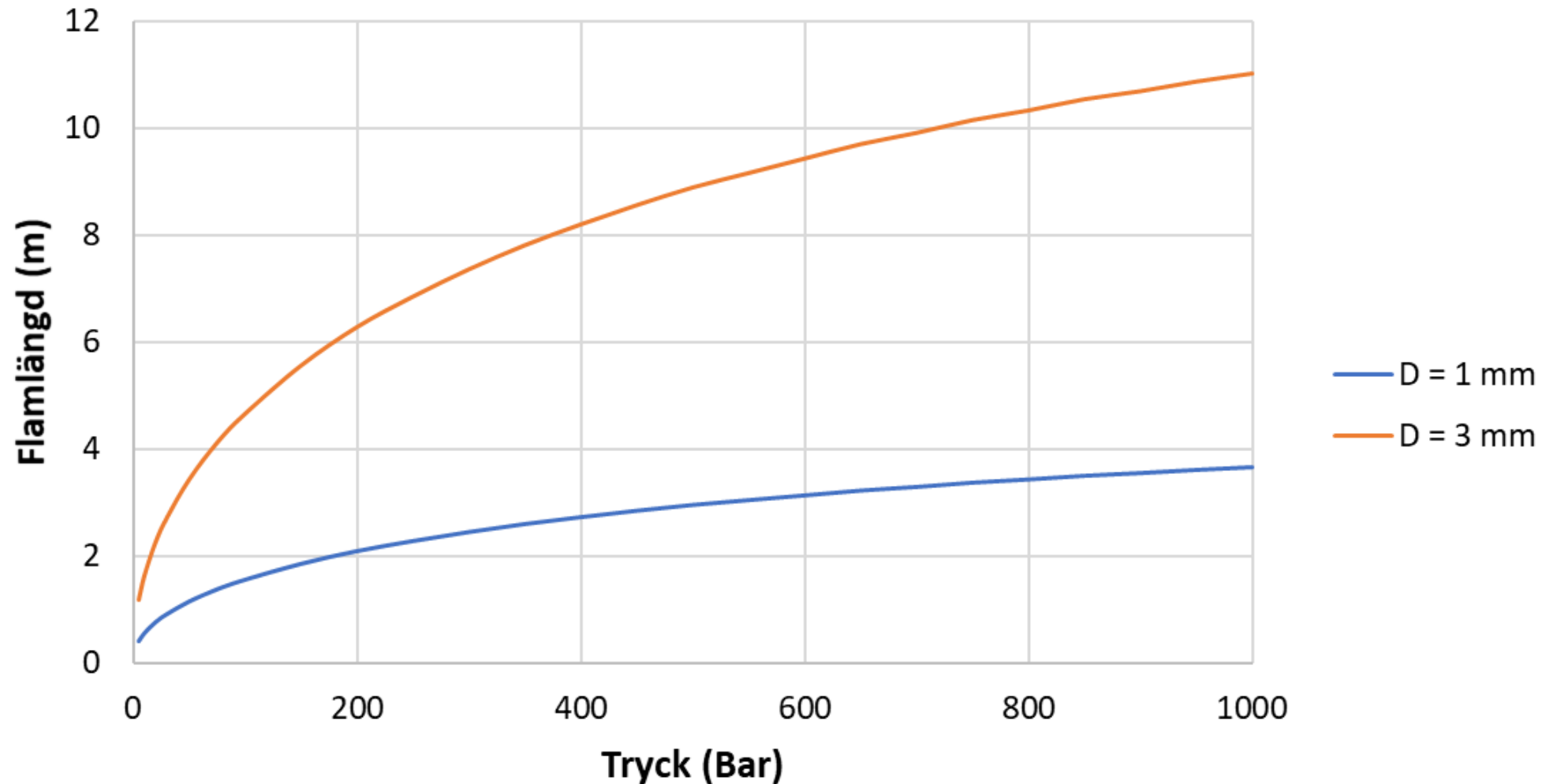


Explosioner?

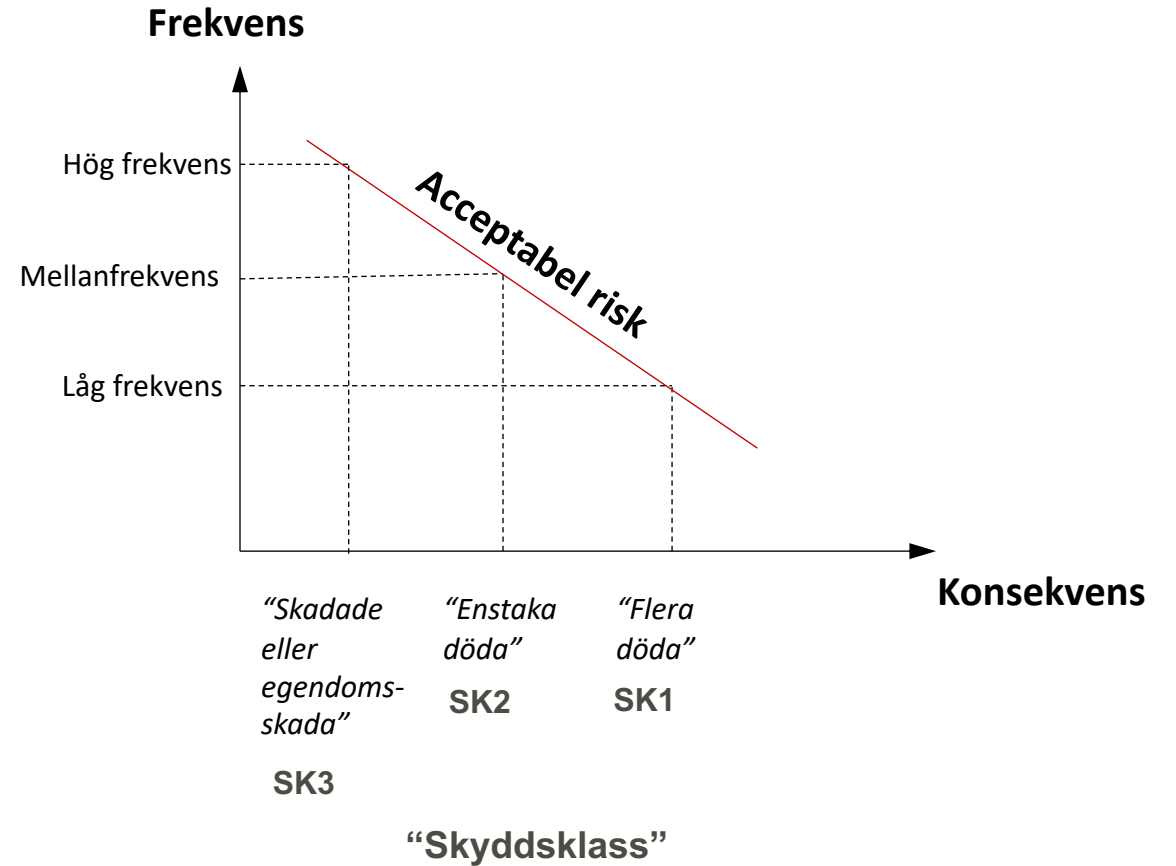
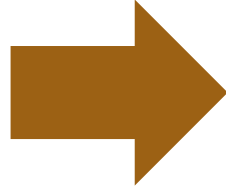
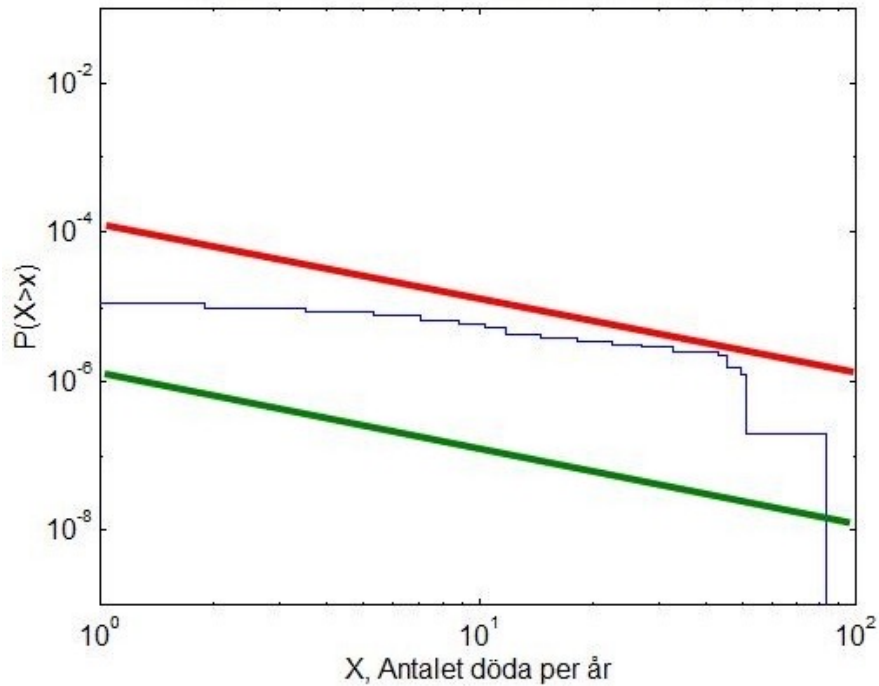
- Utan instängning inget moln!
- Antändning av fria jets (t.ex. ventilation/kallfackla) ger inga tryckökningar
- Jets som träffar hinder?
 - Vi visste att man kunde få viss ökning (~42 kPa)
 - Sandvika var dock något nytt....



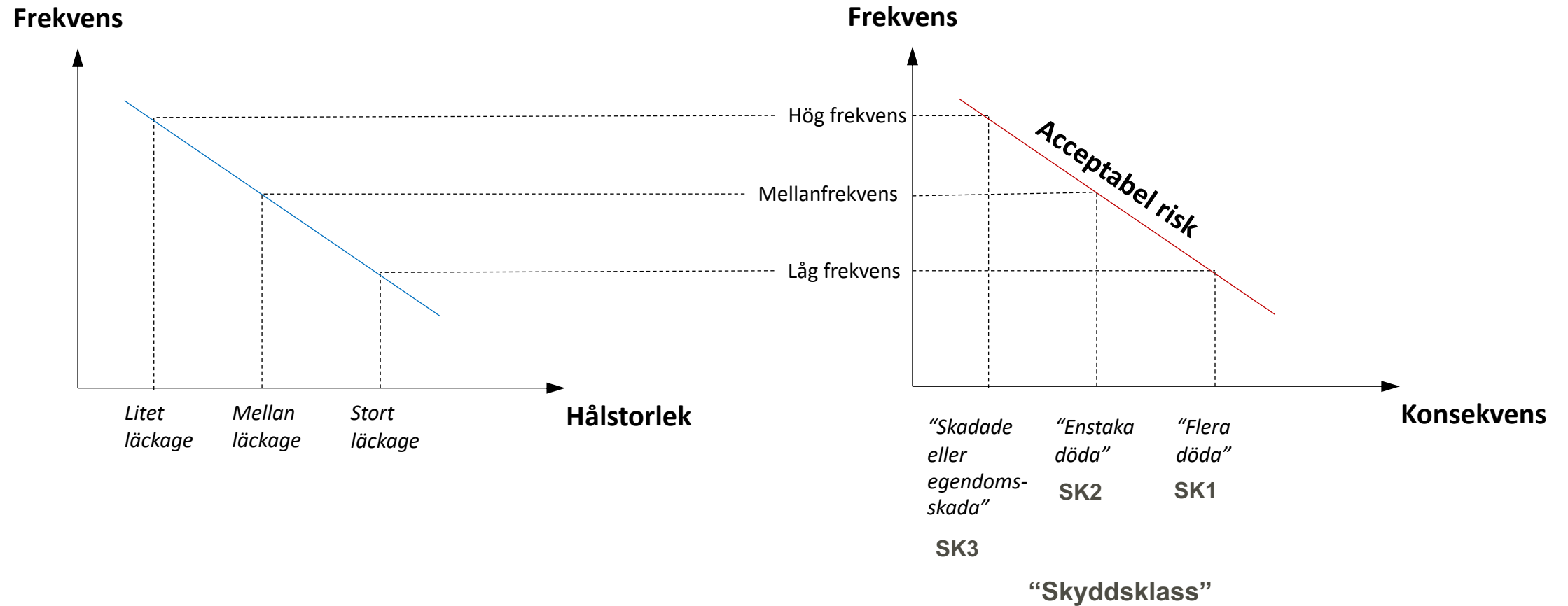
Påverkan av tryck och hålstorlek



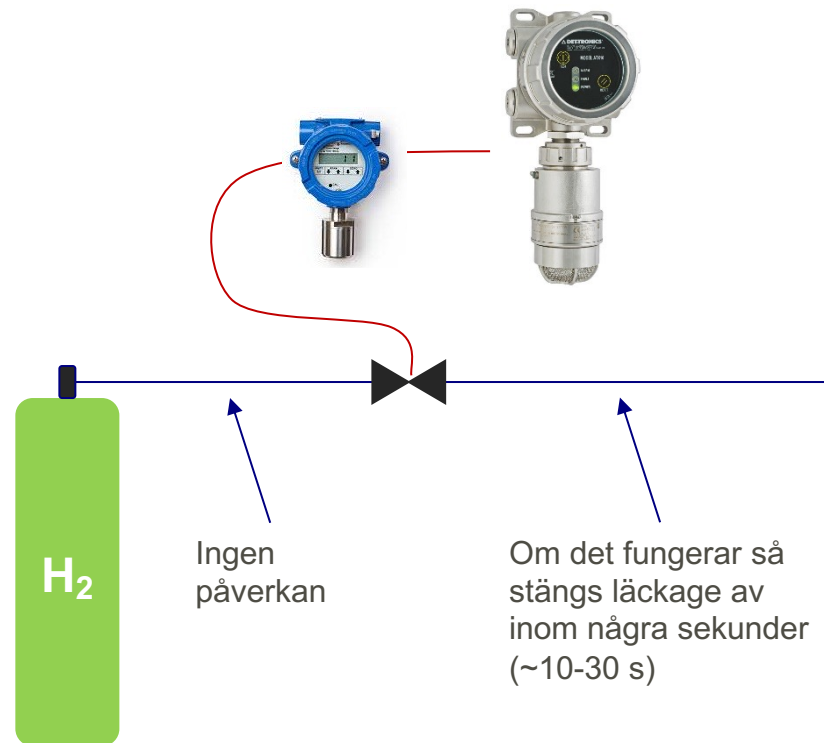
Metod för hålstorlek(-ar)



Metod för hålstorlek(-ar)



Hur påverkar detektion och automatiska ventiler?



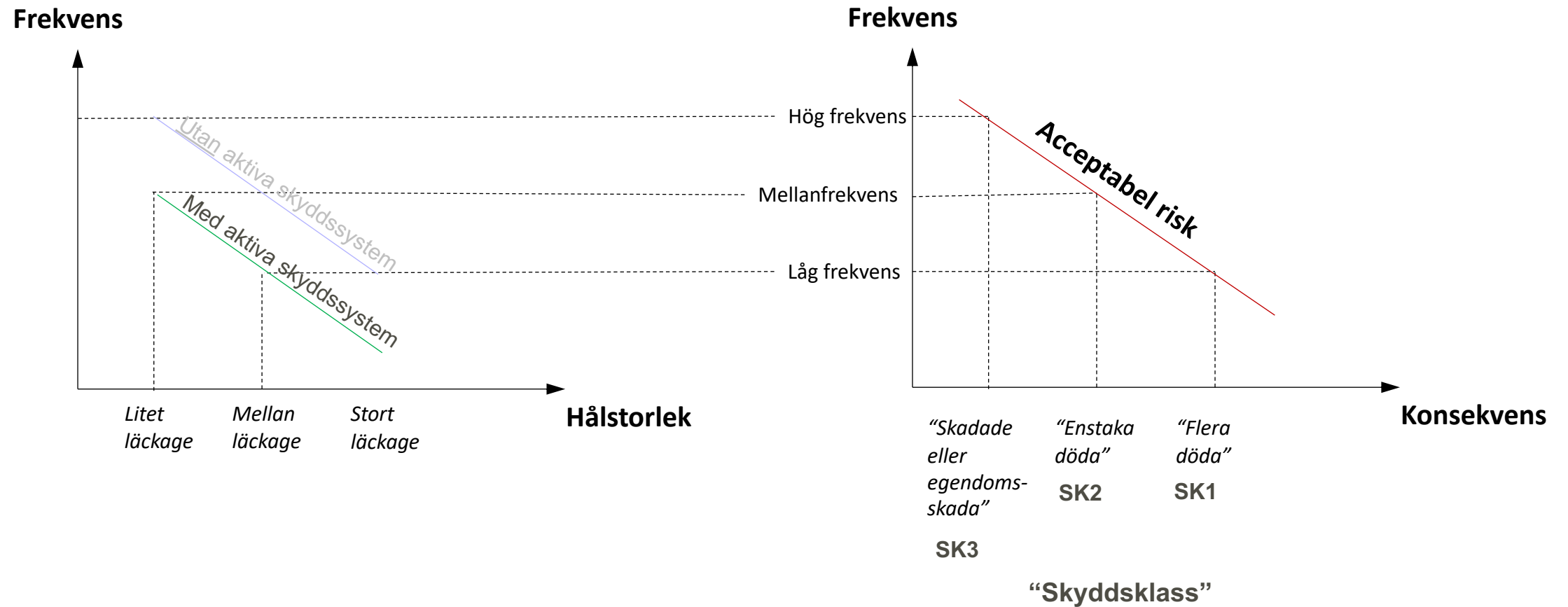
Ingen påverkan

Om det fungerar så stängs läckage av inom några sekunder (~10-30 s)



Frekvensen av (långvariga) läckage minskar inom den kontrollerade delen av systemet

Hålstorlekar med aktiva skyddssystem



Exempel på skyddsmål i olika skyddsklasser

Skyddsklass	Skyddsmål	Kommentar
1	Folksamling	
	Utrymningsväg i Vk2B eller Vk2C	Vid utrymning av stora samlingslokaler är det svårt att vända flöden
	Luftintag till Vk5B till Vk5D	Svårt att utrymma personer
2	Enstaka personer	Vilka?
	Mycket svårutrymd byggnad (Vk5B till Vk5D)	Om byggnad börjar brinna kan det påverka boende
	Luftintag till byggnad i allmänhet	
3	Byggnad i allmänhet	Medför omfattande egendomsskador

Dimensionerande skadefall – Eller ”hur stort är ett hål?”

Exempel från vissa vätgasregler

Regelverk	Dimensionerande skadefall	Kommentar
NPFA 2:2020	3% av area	Baserat på att täcka in ~97% av alla läckage
ISO 19880-1:2022	1 mm, 10% av area eller fullt	Bara exempel som anges i bilaga A, men troligen normsättande.
H ₂ -TSA	1/3 av omkretsen x 1 mm	Baserat på äldre praxis för gasolslangar

Förslag baserat på ovanstående



Beskrivning	Storlek
Litet	3% av area, dock minst 1 mm
Mellan	10% av area
Stort	Fullt rörbrott

OBS! Preliminärt

Dimensionerande skadefall per skyddsmål *(utan aktiva skyddssystem)*

Måltyp	Skyddsmål	Dimensionerande skadefall
Människor	Folksamling (SK1)	Stort
	Enstaka (SK2)	Mellan
Mycket svårutrymd byggnad	Byggnaden (SK2)	Mellan
	Luftintag (SK1)	Stort
Samlingslokal	Utrymningsväg (SK1)	Stort
Byggnad i allmänhet	Byggnaden (SK3)	Litet
	Luftintag (SK2)	Mellan

OBS! Preliminärt

Sammanställning: Skyddsmål, skadefall och skadekriterium

Måltyp	Skyddsmål	Isoleringsmöjlighet	Dimensionerande skadefall	Skadekriterium (Preliminärt)
Människor	Folksamling (SK1)	Ja	Stort	309°C
		Nej	Stort	115°C
	Enstaka (SK2)	N/A	Mellan	309°C
Mycket Svårutrymd byggnad	Byggnaden (SK2)	Ja	Litet	Flamlängd
		Nej	Mellan	
	Luftintag (SK1)	Ja	Mellan	8% H ₂ (LHL)
		Nej	Stort	
Samlingslokal	Utrymningsväg (SK1)	Ja	Mellan	309°C
		Nej	Stort	115°C
Byggnad i allmänhet	Byggnaden (SK3)	Ja	Inget	Flamlängd
		Nej	Litet	
	Luftintag (SK2)	Ja	Litet	8% H ₂ (LHL)
		Nej	Mellan	

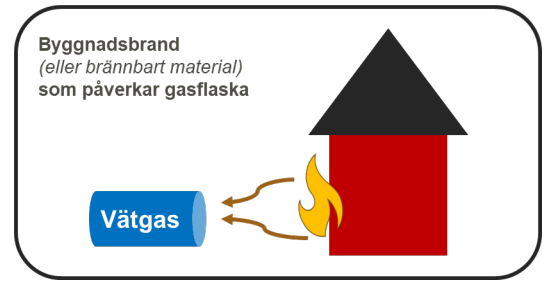
OBS! Preliminärt

Exempel: 500 bar och 6 mm rör

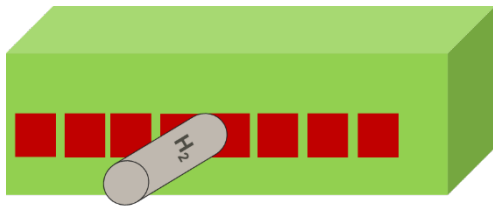
Måltyp	Skyddsmål	Isoleringsmöjlighet	Skyddsavstånd
Människor	Folksamling (SK1)	Ja	23,7 m
		Nej	35,5 m
	Enstaka (SK2)	N/A	7,5 m
Mycket Svårutrymd byggnad	Byggnaden (SK2)	Ja	3,0 m
		Nej	3,7 m
	Luftintag (SK1)	Ja	4,5 m
		Nej	14,4 m
Samlingslokal	Utrymningsväg (SK1)	Ja	11,2 m
		Nej	35,5 m
Byggnad i allmänhet	Byggnaden (SK3)	Ja	3,0 m
		Nej	0,0 m
	Luftintag (SK2)	Ja	3,6 m
		Nej	4,5 m

OBS! Preliminärt

Påverkan från omgivningen på lager

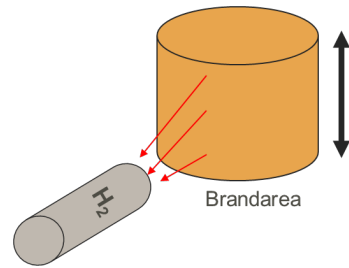


Exponering



8 st fönster á 1,5x1,5 m

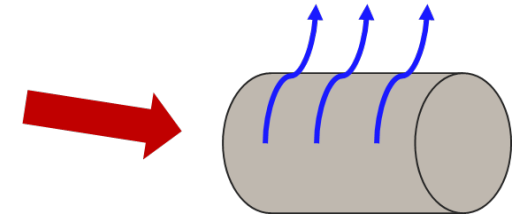
Byggnad



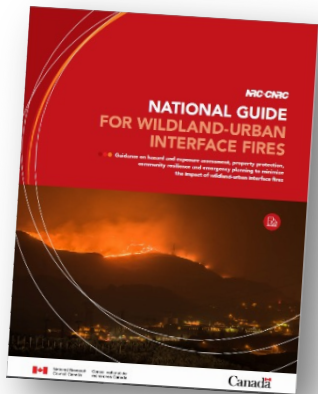
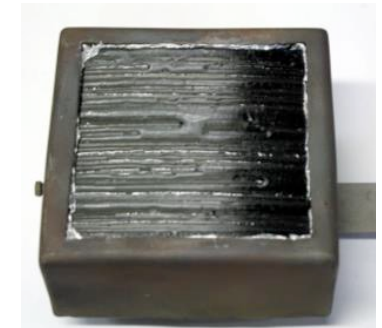
Brännbart material

Påverkan

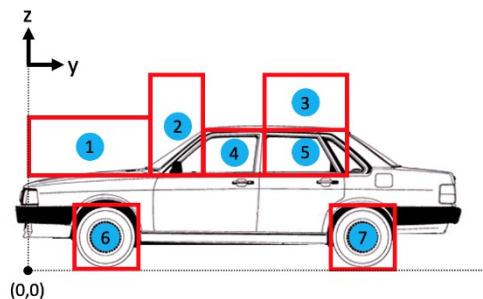
Stål



Komposit



Skogsbrand



Personbil

OBS! Preliminärt

Om vi inte klarar det (och inte kan flytta behållarna)

- Barriärer!
- Oklar bakgrund till det kvarvarande avståndskraven
- Skydd från vilket håll?

Tabell 1. Minsta avstånd vid placering av lösa behållare, icke-publik verksamhet

De lösa behållarnas totala volym (liter)	Avstånd mellan lösa behållare och						
	- byggnad i allmänhet, - brännbart material eller - brandfarlig verksamhet		stor mängd brännbart material		utrymningsväg från svårutrymda lokaler		
	meter		meter		meter		
	EI 30*	EI 60*		EI 60*		EI 60*	
0 - ≤60	0**	0	0	0**	0	0**	0
>60 - ≤250	3***	0	0	12	0	25	0
>250 - ≤1200	3	3	0			25	0
>1200 - ≤4000	6	6	3	12	6	50	25
>4000 - ≤8000	12	12	6	25	12	100	50

* Brandteknisk avskiljning motsvarande

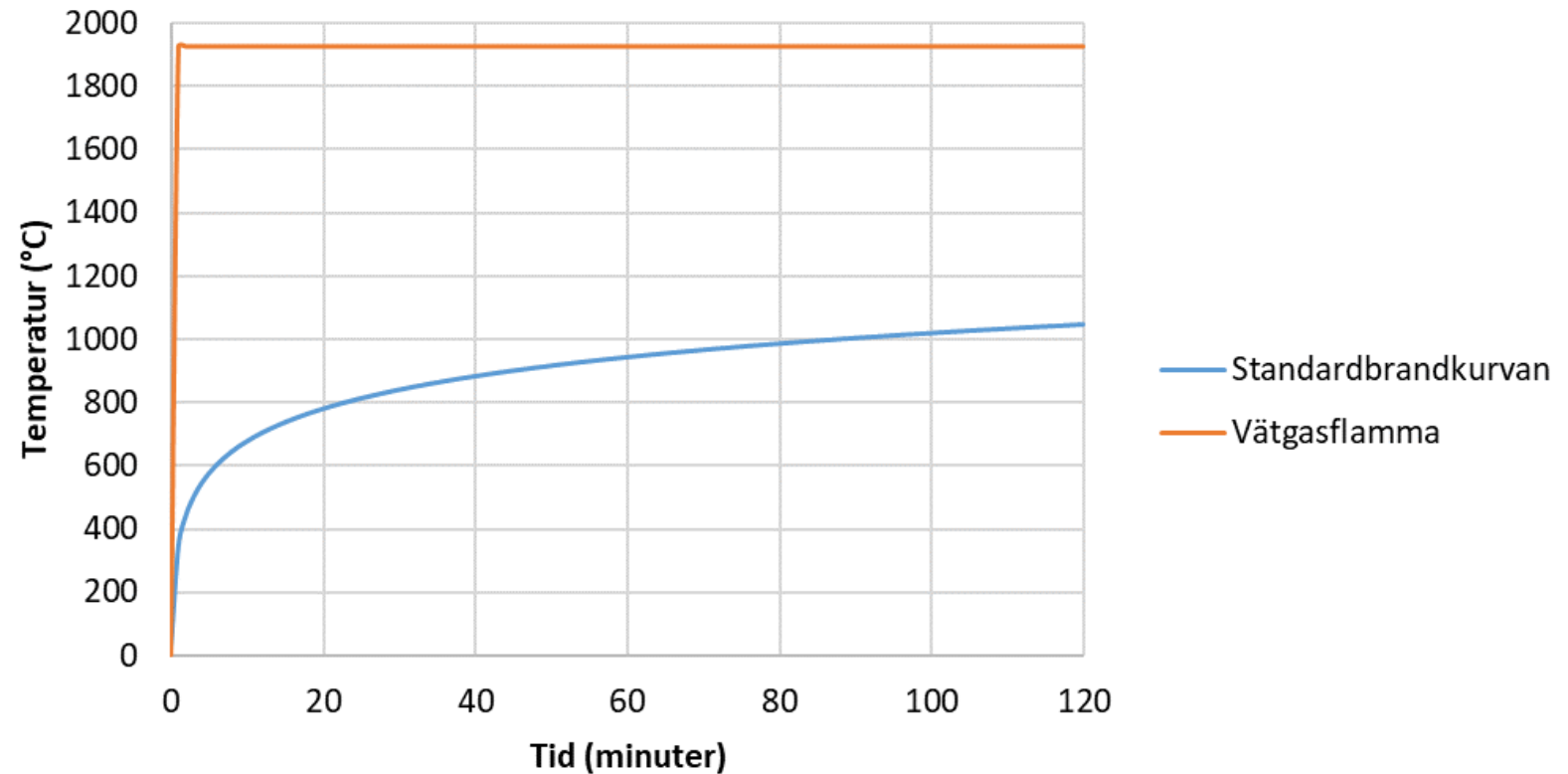
** Behållarna bör samlas på lämplig plats när de inte är inkopplade/används, i syfte att kunna föras i säkerhet vid brand.

*** Inget avstånd behövs vid användning av lösa behållare på kärra eller liknande som står lätt åtkomliga i syfte att kunna föras i säkerhet vid brand.

Barriärer – Brandteknisk klass?

EI60? EI90? EI120?

Eller något helt annat?



Sammanfattning

- Förslag på nytt ramverk för avstånd till uppdaterad MSBFS 2020:1
- Viktiga skillnader
 - Transparent – Alla antaganden och scenarier framgår
 - Repeterbart – Ger möjligheter till egna beräkningar på samma antaganden
- Saknas för närvarande vägledning för val av klass på barriärer

- Rapport går ut på remiss inom några veckor (tillsammans med ny MSBFS 2020:1).
- Målsättning: Publicering i januari