



# ATEX

Risiko kortlægning

ATEX zoner



Mike Thomsen

Risk Assessment Engineer

[mt@tml-as.dk](mailto:mt@tml-as.dk)

+45 60 16 89 91



**TML**  
SAFETY ENGINEERING



# Om mig

- ▶ **Mike Thomsen**
  - ▶ **Maskinmester**
  - ▶ **TML Safety Engineering**
    - ▶ ATEX opgaver
      - ▶ Kortlægning og risikoanalyse af gas- og støvatmosfærer
      - ▶ Risikovurdering og certificering af både elektrisk og ikke-elektrisk udstyr
      - ▶ Lovpligtige inspektioner af EX udstyr
    - ▶ CE-mærkning af maskiner og anlæg
    - ▶ Behandling af Risikovirksomheder iht. Risikobekendtgørelsen (Seveso III)
    - ▶ Brandtekniske undersøgelser vedr. brandfarlige oplag af væsker og gasser m.v.
- 



# TML Safety Engineering

**Vores mission:**

- ▶ **At skabe sikre arbejdsforhold for os alle og de fremtidige generationer ved brug af viden, netværk, ansvar og rettidig omhu.**

**Vi er en moderne mindre netværksvirksomhed med en kæmpe kapacitet og vidensbase.**

**Vores specialister og samarbejdspartnere sikrer os en fleksibilitet og vidensbase som de færreste kan matche.**

**Vores simple og effektive projektstyring kombineret med innovative og stærke medarbejdere sikrer den rigtige løsning til den rigtige pris og tid.**

# Hvem er I?

## ► ATEX findes mange steder:

- Kemisk industri
- Kraftværker
- Møbel- og træindustrien
- Sprøjtemaling
- Feed & Pharma
- Gasforsyning og distribution
- Rensningsanlæg
- Metalbearbejdning
- Genbrug
- Offshore
- Landbrug
- Og mange andre steder!





# Emner til diskussion

- ▶ **Baggrund: ATEX – med risikobrillerne på!**
    - ▶ Hvorfor benytte ATEX?
    - ▶ Hvad er ATEX zoner?
  - ▶ **Zoneklassifikation**
    - ▶ Kilder til zoneklassifikation
    - ▶ Hovedtræk i zoneklassifikationen
- 



# Emner til diskussion

- ▶ **Zoneklassifikation af gasatmosfærer med 60079-10-1:2015**
  - ▶ Gennemgang af indholdet i standarden
  - ▶ Gennemgang af Annex F flowchart med guldkorn
  - ▶ Gennemgang af konkret eksempel fra standarden
  
- ▶ **Zoneklassifikation af støvatmosfærer med 60079-10-2:2015**
  - ▶ Gennemgang af indholdet i standarden
  - ▶ Gennemgang af eksempel

# Hvorfor benytte ATEX?

"ATEX er besværligt"

"Anlægget er ikke eksploderet før – hvorfor skulle det så?"





# Hvad er ATEX zoner?

Hvad er en ATEX zone egentlig?

Hvad har en ATEX zone at gøre med risiko?



EX





# Hvad er ATEX zoner?


Hvad er en ATEX zone egentlig?

Hvad har en ATEX zone at gøre med risiko?

**Brugerdirektivet definerer at**

”Eksplodingsfarlige områder klassificeres i zoner på grundlag af hyppigheden og varigheden af forekomsten af eksplosiv atmosfære.”

**ATEX-zoner er derfor en sandsynlighed for en eksplosiv atmosfære!**



# Hvad er ATEX zoner?

ATEX Zone	Definition jfr. Brugerdirektivet
0/20	Område, hvor der <u>uafbrudt eller i lange perioder eller ofte forekommer eksplosiv atmosfære</u> bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåge med luft eller i form af en sky af brændbart støv i luft.
1/21	Område, hvor <u>det kan forventes, at der ved normal drift lejlighedsvis forekommer eksplosiv atmosfære</u> bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåge med luft, eller i form af en sky af brændbart støv i luft.
2/22	Område, hvor <u>det ikke forventes, at der ved normal drift forekommer eksplosiv atmosfære</u> bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåge, eller sky af brændbart støv, med luft, <u>eller hvis dette sker, da kun i korte perioder.</u>

# Hvad er ATEX zoner?

Et eksempel på fortolkningen af Direktivets zoner  
– en gylden tommelfingerregel:

ATEX Zone	Definition	Periode hvor eksplosionsfarlig atmosfære er til stede
0/20	Område, hvor der uafbrudt eller i lange perioder eller ofte forekommer eksplosiv atmosfære	> 1000 timer/år
1/21	Område, hvor det kan forventes, at der ved normal drift lejlighedsvis forekommer eksplosiv atmosfære	10 - 1000 timer/år
2/22	Område, hvor det ikke forventes, at der ved normal drift forekommer eksplosiv atmosfære eller hvis dette sker, da kun i korte perioder.	2 - 10 timer/år
	Ingen zone	< 2 timer/år

# Zoneklassifikation

Kilder til zoneklassifikation – dvs. at finde og kortlægge sandsynligheden for en eksplosiv atmosfære:

- Erfaringer, observationer og "sund fornuft"
- Vejledninger (konservativ antagelse)
- Standarder
- Beregninger

**DS** Dansk standard **DS/EN 60079-10-1:2015**  
3. udgave  
2015-12-18

**Eksplorative atmosfærer –  
Del 10-1: Klassifikation af områder –  
Eksplorative gasatmosfærer**  
Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of  
areas – Explosive gas atmospheres

**Beregninger - gasudslip fra flange**

$$P_a \left( \frac{\gamma_c + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma_c}{\gamma_c - 1}} = 1.696 \text{ bar} \quad \text{Kritisk tryk (60079-10-1:2015 p.43)}$$

Udslippet er subsonisk, og udslippet er subsonisk:

$$\frac{M_{Vg}}{\sqrt{\gamma_c}} = \frac{1}{\sqrt{\gamma_c - 1}} \left( \frac{2}{\gamma_c + 1} \right)^{\frac{\gamma_c}{\gamma_c - 1}} = 12,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$\frac{M_{Vg}}{\sqrt{\gamma_c}} = \frac{2 - \gamma_c}{\gamma_c - 1} \left[ 1 - \left( \frac{P_a}{P_{con}} \right)^{\frac{\gamma_c}{\gamma_c - 1}} \right] \left( \frac{P_a}{P_{con}} \right)^{\frac{1}{\gamma_c}} = 5,462 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$W_g$  er et udtryk for udslippets størrelse pr. tidsenhed.  
Der er tale om et subsonisk udslip. Dette udslip omregnes til gasvolumen.

60079-10-1 Annex E p. 2  
Bruges til at vurdere zonestørrelse hvis relevant.

DANSK STANDARD  
Oleberg Park 1  
2600 Lyngby  
Tlf: +45 39 58 01 00  
Fax: +45 39 58 01 01  
dansk.standard@da.s  
www.danskstandard.dk

# STOP og tænk!

Er det nødvendigt at zoneklassificere?

Tjek:

- Gas- og støvdata
- Indledningsvis vurdering af mængder og forhold
- Kan gas/støvmængderne forhindres?



# Kompetence "anbefalinger" for at zoneklassificere

## Brugerdirektivet:



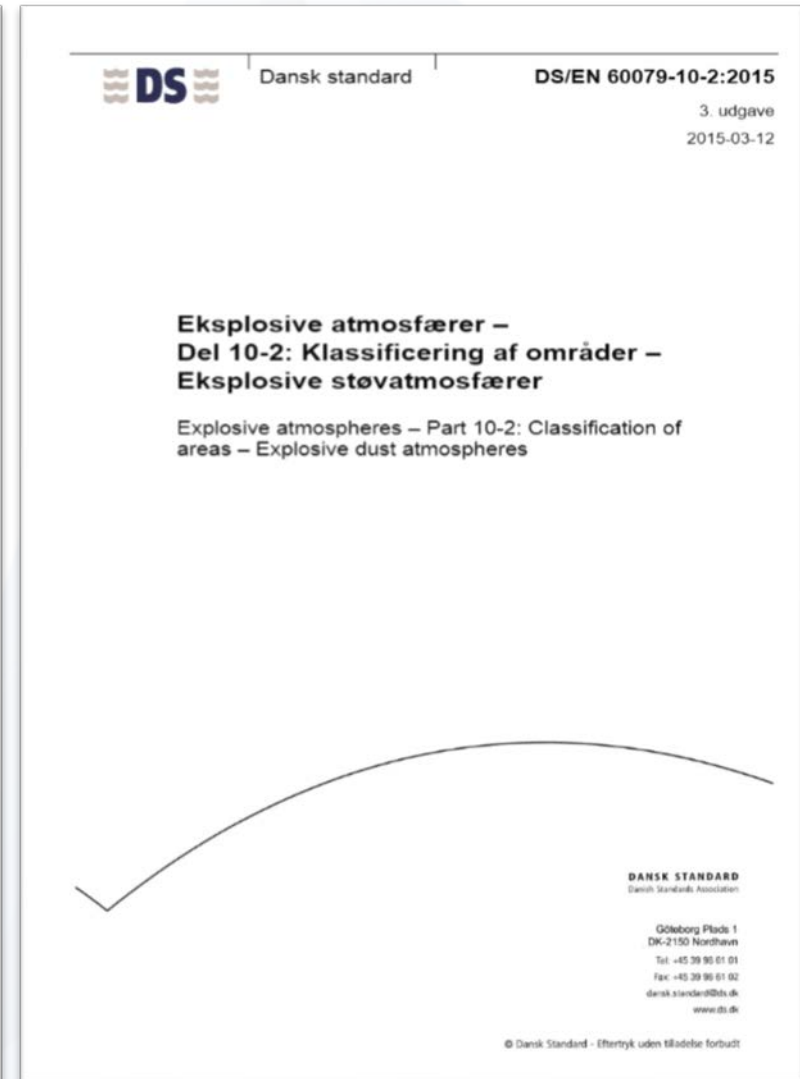
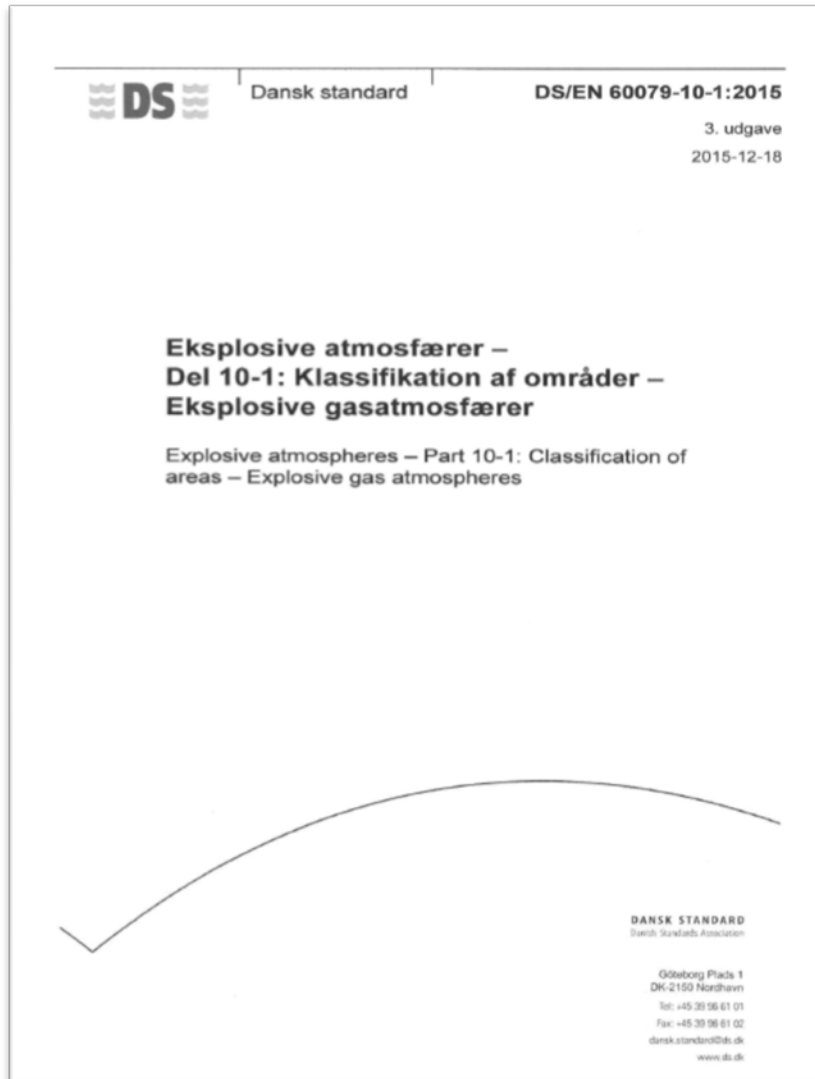
## AT-vejledning C.0.9

Kortlægning skal udføres af personer med "kompetence på eksplosionssikringsområdet".

## EN 60079-10-1 §4.4:

"Områdeklassifikation bør udføres af personer, som forstår relevansen og betydningen af brændbare stoffers egenskaber, principperne for gas- og dampspredning, og personer, som har kendskab til processen og materiellet. (...) Personens kompetence skal være relevant for anlæggets art og den metodik, der anvendes til at gennemføre områdeklassifikationen. Personale bør efter behov regelmæssigt gennemføre passende efteruddannelse eller oplæring."

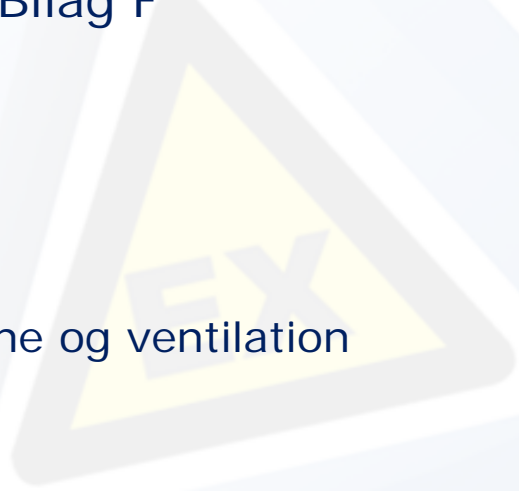
# EN 60079-10 serien





# EN 60079-10-1:2015

## Lidt om standarden

- ▶ Metoder til zoneklassifikation
  - ▶ "Udslipkilde-metoden" → Bilag F
    - ▶ Typer af udslip
    - ▶ Udslipsformer
    - ▶ Ventilation
    - ▶ Sammenhæng imellem zone og ventilation
    - ▶ Størrelsen på zonen
- 






# 60079-10-1: Metode

**Formålet med zoneklassifikation er at finde:**

- ▶ Typen af zone (zone 0/1/2)
- ▶ Udstrækning af zone

**Metoder:**

- ▶ "Simpel" zoneklassifikation
    - ▶ Vejledninger og eksempler benyttes med tilpasninger og konservative antagelser
  - ▶ "Grundig" zoneklassifikation
    - ▶ Faste forudsætninger, udslipsberegninger og grafer
    - ▶ Bilag F
- 

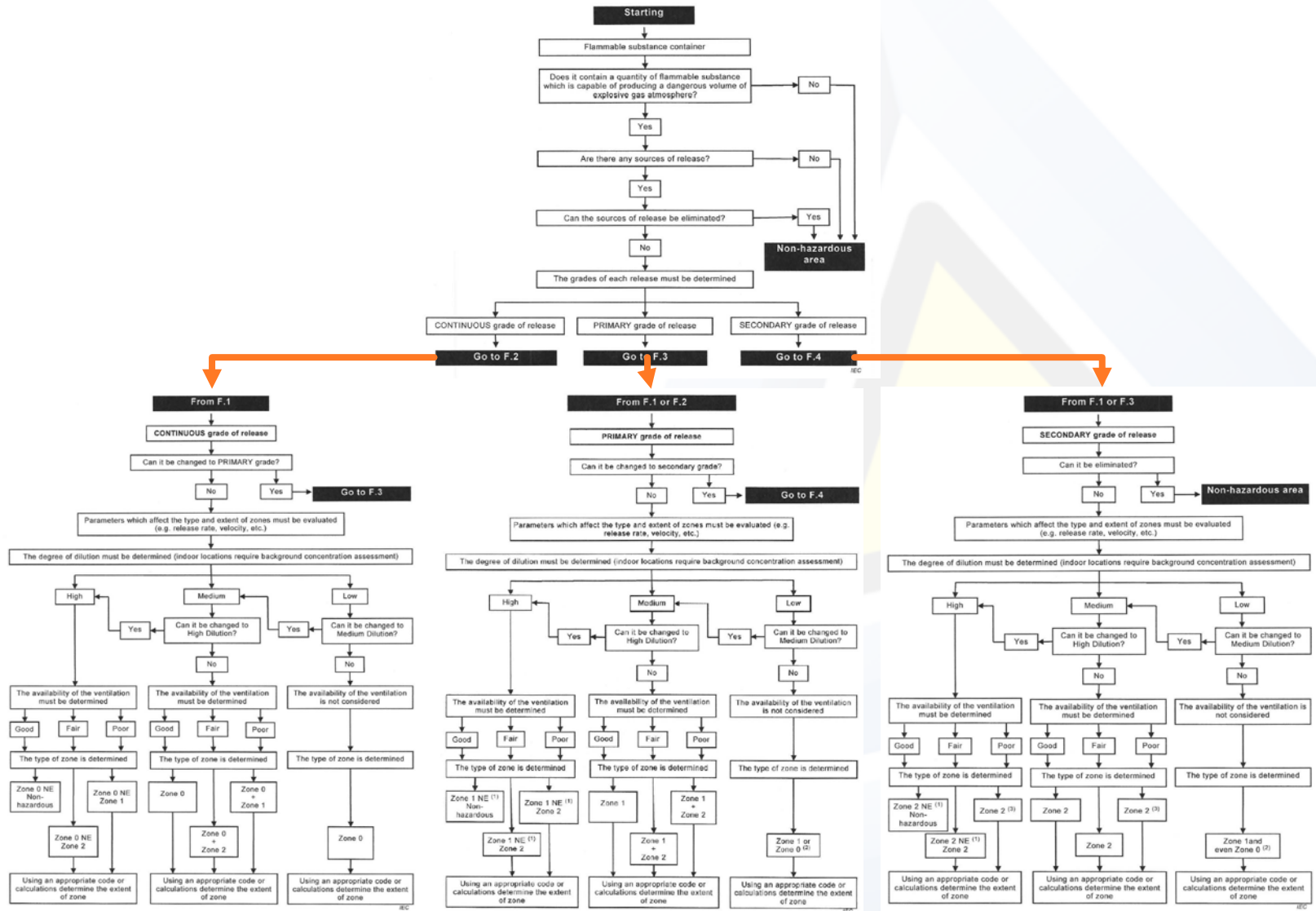
# Udslipkilde-metoden

## Fremgangsmåde:

- ▶ Indledende overvejelser – skal der zoneklas.?
- ▶ Identificér udslipkilde(r)
- ▶ Bestem udslipsgraden – reducer hvis muligt
- ▶ Definér procesparametre der har indflydelse på zonen type og størrelse
- ▶ Bestem ventilationsgraden
- ▶ Bestem typen af zone(r)
- ▶ Bestem zoners udstrækning ved udslips- og koncentrationsberegninger samt grafer

Ovenstående er illustreret i EN 60079-10-1 bilag F.

# 60079-10-1: Bilag F



# Bilag F: Indledende overvejelser for zoneklassifikation



Maskine, anlæg eller beholder indeholdende brandfarligt stof

Indeholder ovenstående container mængder af brandfarlige substanser, der medfører farlige volumener af eksplosionsfarlige gas-atmosfærer?

JA

NEJ

Er der nogen udslipskilder?

NEJ

JA

Kan udslipskilderne fjernes?

JA

NEJ

Udslipsgraden skal bestemmes!

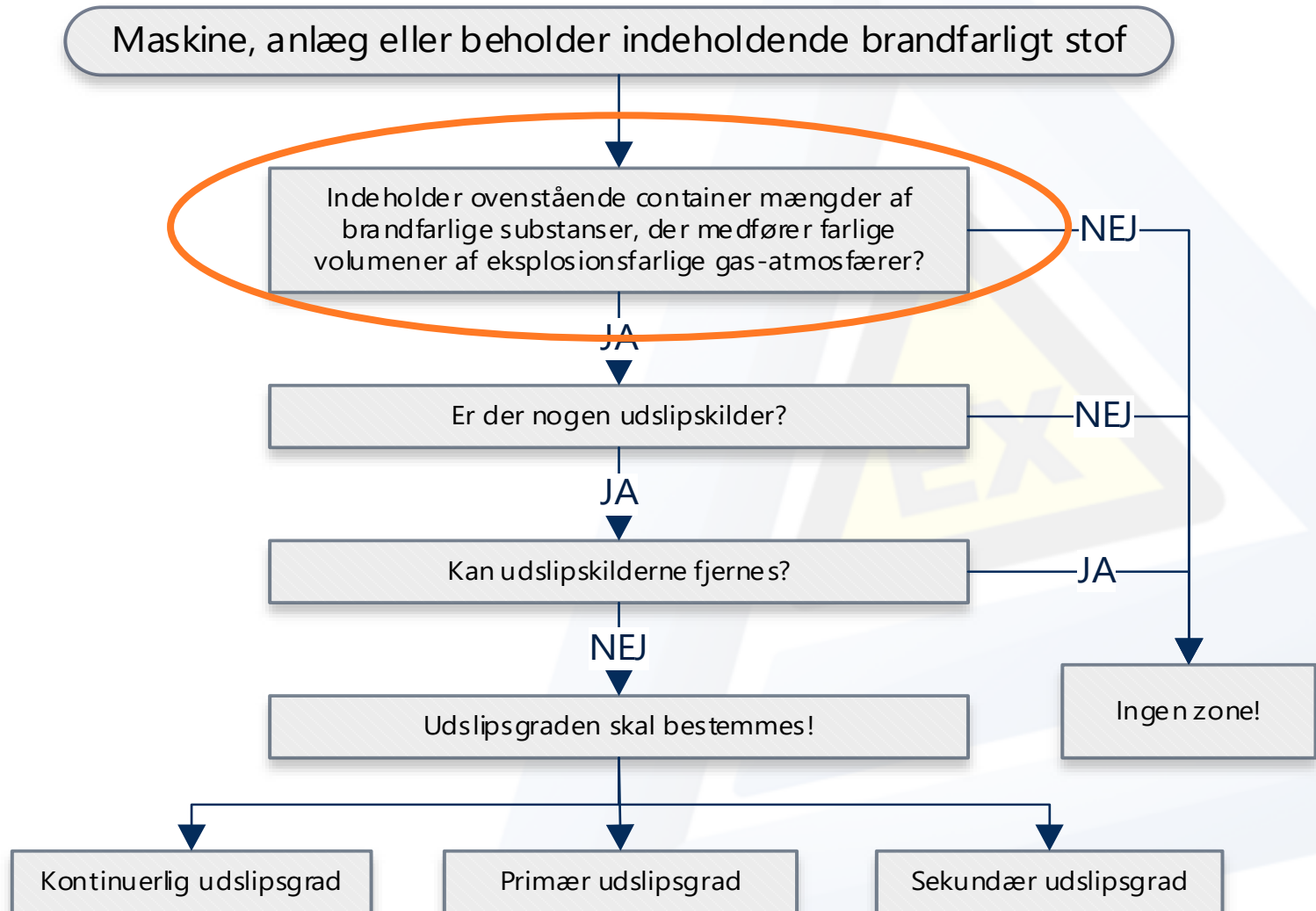
Ingen zone!

Kontinuerlig udslipsgrad

Primær udslipsgrad

Sekundær udslipsgrad

# Bilag F: Indledende overvejelser for zoneklassifikation





# Brandfarlige substanser?

## Brandfarlige substanser:

- ▶ Væsker
  - ▶ Gasser
  - ▶ (Tåger – disse uddybes i bilag G)
- 
- A large, faint, light blue hazard symbol is visible in the background. It consists of a large triangle containing a smaller yellow triangle with the letters 'EX' in black. The symbol is partially obscured by the text and other elements on the slide.



# Brandfarlige væsker

Brandfarlige væsker – nødvendige data:




EX

A large, light blue, semi-transparent hazard symbol is positioned in the lower right quadrant of the slide. It consists of a yellow triangle with a black border, containing the letters 'EX' in black. This symbol is set against a background of several overlapping, light blue, semi-transparent triangles that create a layered, geometric effect.



# Brandfarlige væsker

## Brandfarlige væsker – nødvendige data:

- ▶ Flammepunkt 
- ▶ Væsketemperatur
- ▶ Væske- og gasformdensiteter
- ▶ LEL/UEL

Farligt volumen - hvornår?





# Brandfarlige væsker

## Brandfarlige væsker – nødvendige data:

- ▶ Flammepunkt
- ▶ Væsketemperatur
- ▶ Væske- og gasformdensiteter
- ▶ LEL/UEL

## Farligt volumen - hvornår?

Hvis flammepunktet er enten:

- ▶ Under 30°C
- ▶ Lavere end produkt- eller omgivelsestemperatur + 10°C

A large, faint, light blue hazard symbol is visible in the background. It consists of a large triangle containing a smaller yellow triangle with the letters 'EX' in black. This symbol represents an explosive atmosphere hazard.



# Brandfarlige gasser

Brandfarlige gasser – nødvendige data:



EX

The image shows a large, light blue, semi-transparent hazard symbol in the background. It is a triangle with a yellow center and a black border, containing the letters 'EX' in black. This is a standard hazard symbol for highly flammable gases (H2+).



# Brandfarlige gasser

## Brandfarlige gasser – nødvendige data:

- ▶ Gasdensitet
- ▶ LEL/UEL

Farligt volumen - hvornår?



EX



# Brandfarlige gasser

## Brandfarlige gasser – nødvendige data:

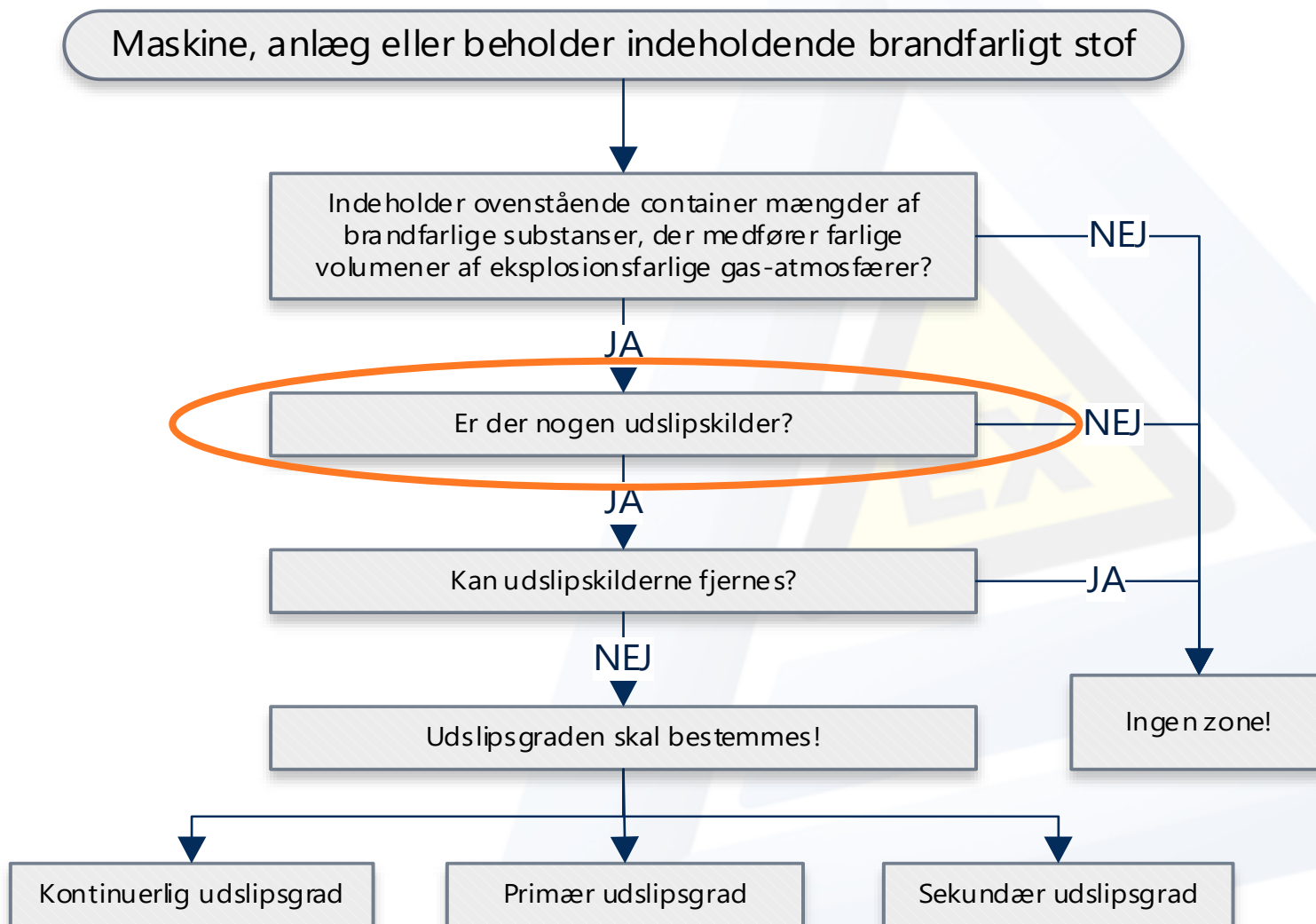
- ▶ Gasdensitet
- ▶ LEL/UEL

## Farligt volumen - hvornår?

Hvis det vurderes at der kan være 10L sammenhængende eksplosiv atmosfære er der typisk tale om et "farligt volumen".

Vurderingen kan gøres kvalitativt eller kvantitativt ved udslips- og koncentrationsberegning.


# 60079-10-1: Bilag F



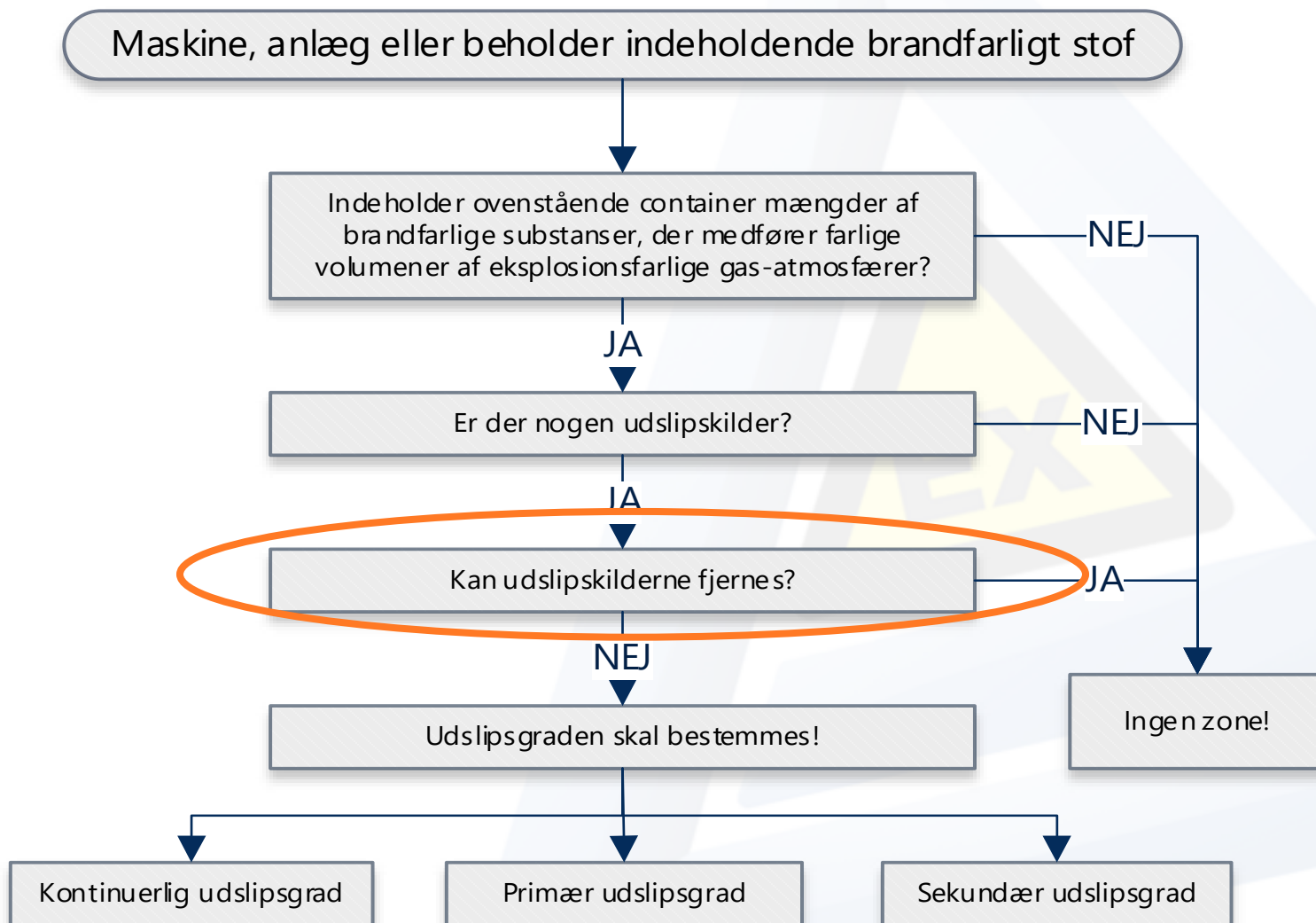


# Udslipskilder

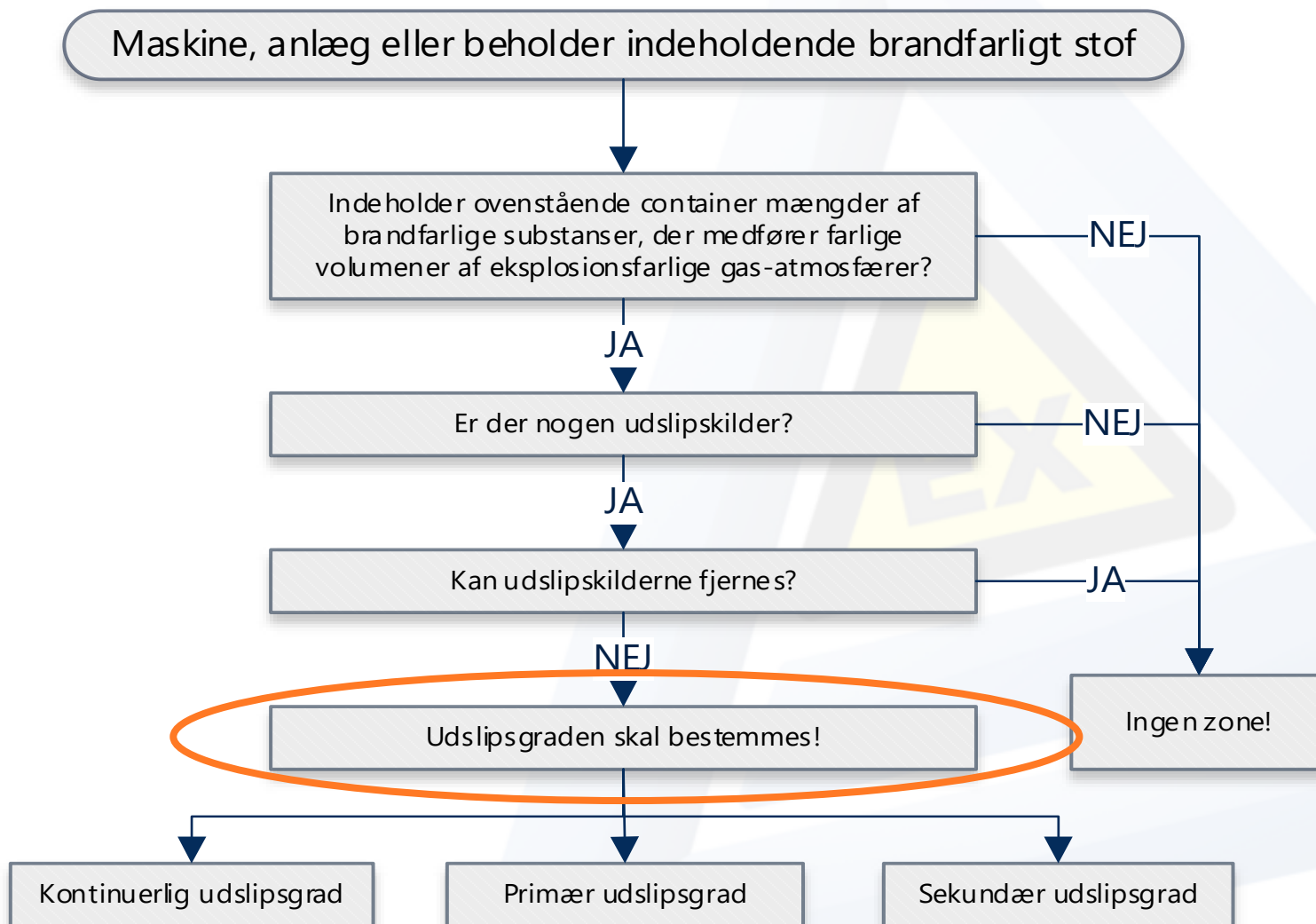
## Undersøges på følgende måde:

- ▶ Gennemgang af anlæg for udslipskilder
  - ▶ Typen af udslipskilderne fastlægges – udslip kan være:
    - ▶ En jet (højt tryk)
    - ▶ Diffus (lavt tryk)
    - ▶ En tåge
  - ▶ Udslippets forventede forløb fastlægges:
    - ▶ Lettere end luft
    - ▶ Tungere end luft
    - ▶ Ansamling af spild og fordampning
    - ▶ Tidsperioder med udslip
- 

# 60079-10-1: Bilag F



# 60079-10-1: Bilag F

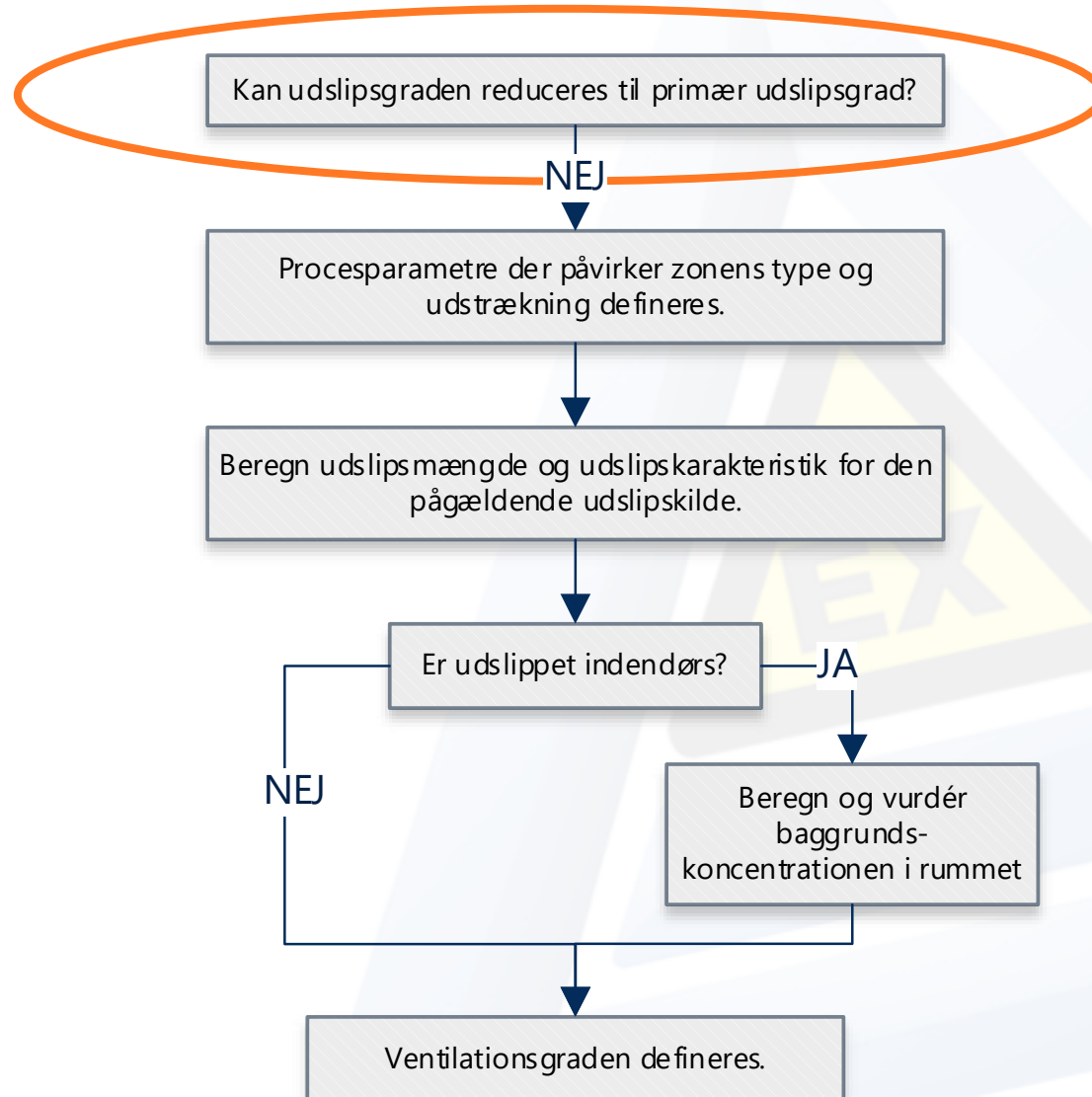




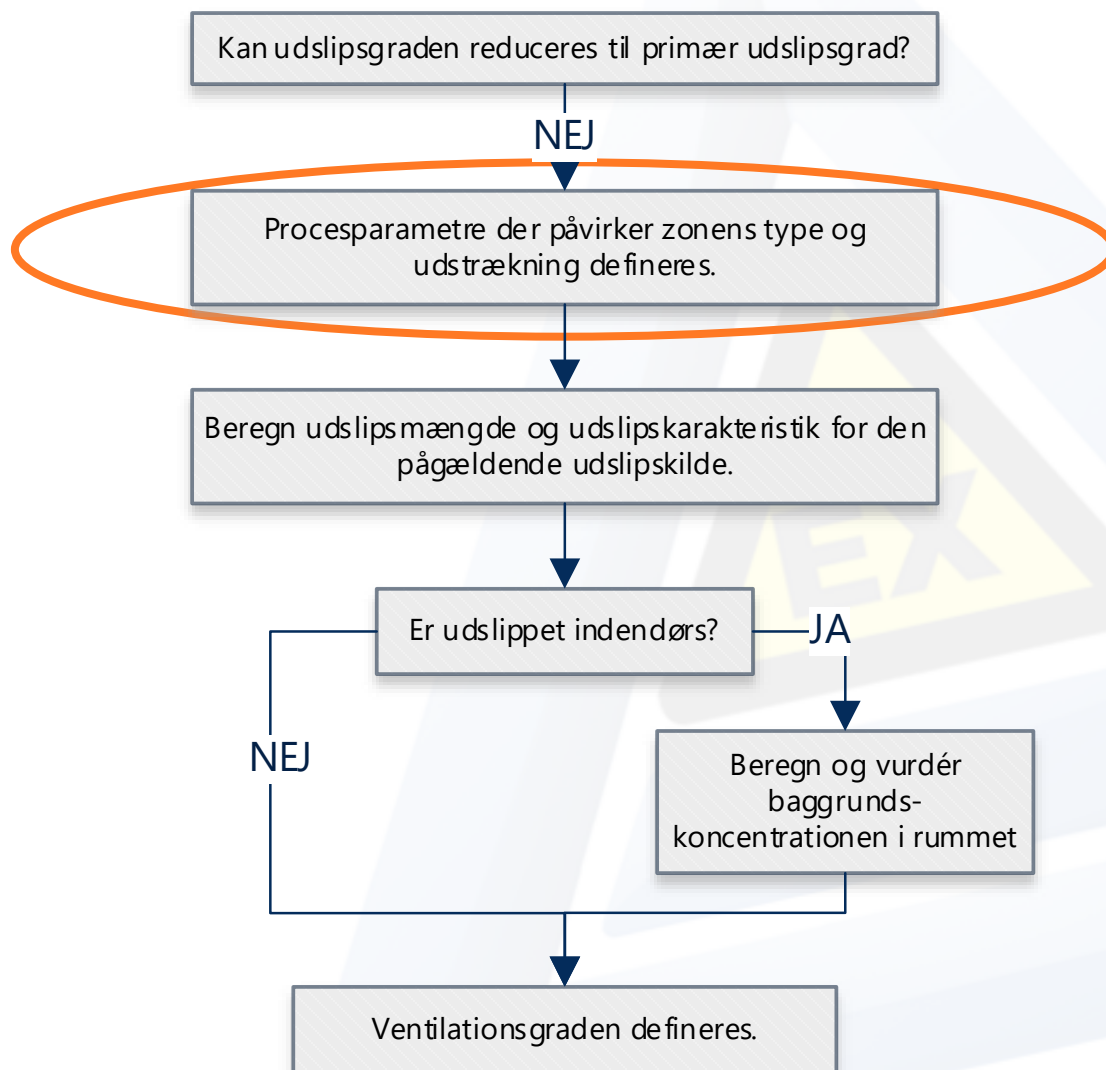
# Udslipsgrader

Udslipsgrad	Definition	Fortolkning	Betydende zone u. ventilation
Kontinuerlig	Udslip der er kontinuerlig eller forventes ofte og i lange perioder.	> 1000 timer/år	0
Primær	Udslip der periodisk og sommetider forventes ved normal drift.	10 - 1000 timer/år	1
Sekundær	Udslip der ikke forventes ved normal drift, men hvis det sker, så kun sjældent eller i korte perioder.	2 - 10 timer/år	2

## Bilag F: Udslip og ventilation



## Bilag F: Udslip og ventilation





# Hvilke parametre er relevante for zonen?

Undersøges:




EX

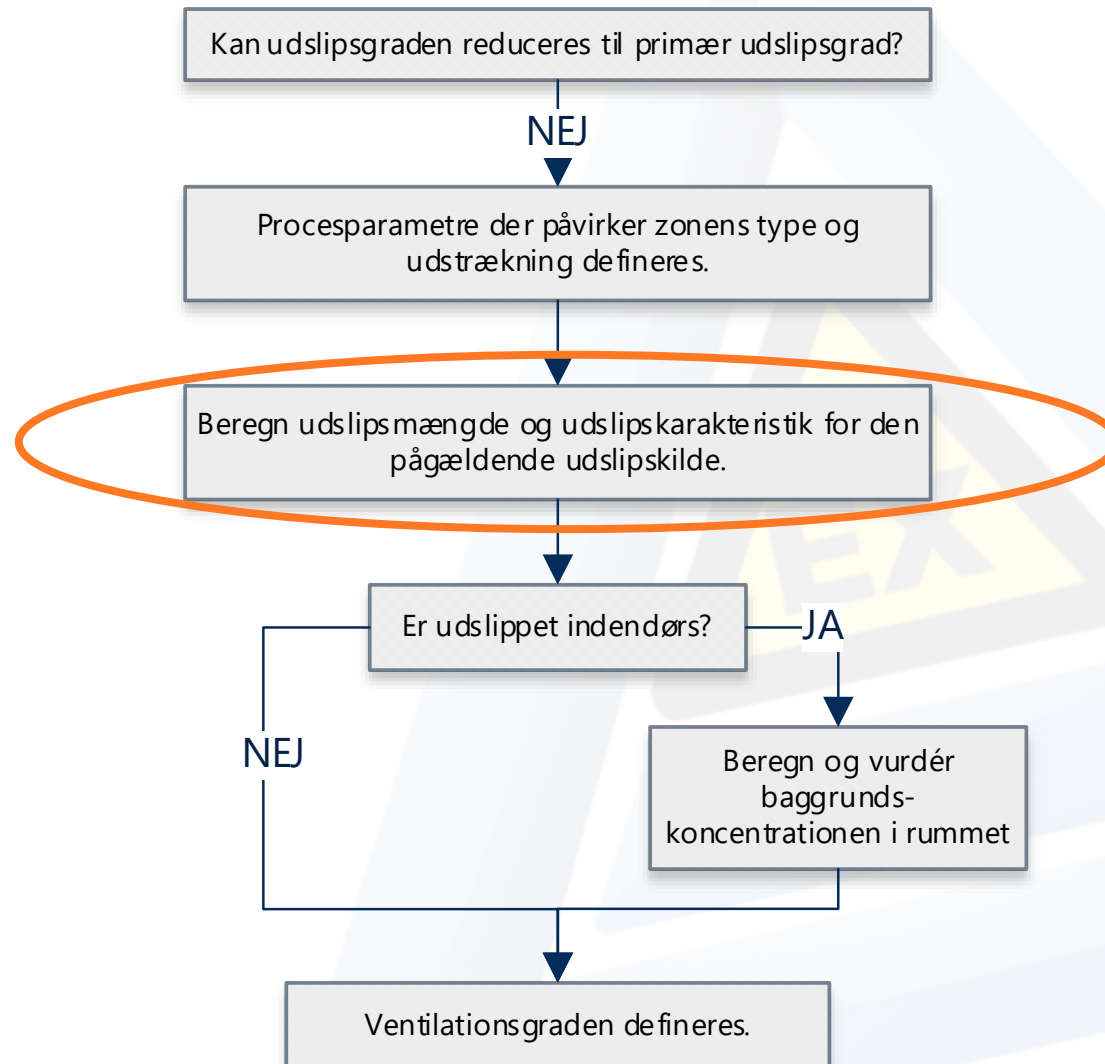
The image shows a large, light blue, semi-transparent hazard symbol in the background. It is a triangle with a yellow center and a black border, containing the letters 'EX' in black. This is a standard hazard symbol for explosive atmospheres.

# Hvilke parametre er relevante for zonen?

## Undersøges:

- ▶ Substansdata
    - ▶ LEL/UEL
    - ▶ Væske/gas densitet
  - ▶ Data om processen (udslipskilden)
    - ▶ Driftstryk/temperatur
  - ▶ Data om omgivelserne
    - ▶ Volumenet på rummet hvori udslippet sker
    - ▶ Rumtemperatur- og tryk
  - ▶ Data om ventilationen
    - ▶ Typen af ventilation – naturlig eller mekanisk
    - ▶ Ventilationsmængder
- Dem kender vi allerede!
- 

## Bilag F: Udslip og ventilation



# Udslipsberegninger eksempler

**Variabler for ventilationen:**

$u_w := 0.15 \frac{m}{s} = 0.54 \frac{km}{t}$

$f_{vent} := 3$

$Q_{vent} := 1000 \frac{m^3}{h} \quad Q_{vent} = 0.278 \frac{m^3}{s}$

$C_{AC} := \frac{Q_{vent}}{V_{rumkor}} = 0.556 s^{-1} \quad C_{AC} = 2000 h^{-1}$

For højere tryk end 50 bar bør tal findes.

Ventilationshastigheden ved sugeåbning.  
Baseret på målinger i blok 3.

Ventilationstilgængelighed [1-5]:  
1 = Ideal ventilation  
5 = Forstyrret ventilation

Indblæst volumen luft til/fra rummet.

Antal luftskifte pr. sekund/time.

---

**Beregninger - gasudslip fra flange**

$\gamma_c := \frac{M_v \cdot c_p}{M_v \cdot c_p - R} = 1.04 \quad p_c := p_a \left( \frac{\gamma_c + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma_c}{\gamma_c - 1}} = 1.696 \text{ bar} \quad \text{Kritisk tryk (60079-10-1:2015 p.43)}$

Hvis det kritiske tryk er større end omgivelsernes tryk, er udslippet subsonisk:

Sonisk udslip:  $p_c < p_a = 0$

$W_{gsonisk} := C_d \cdot S_{læk} \cdot p_{con} \cdot \sqrt{\gamma_c \cdot \frac{M_v}{Z_{comp} \cdot R \cdot T_a} \left( \frac{2}{\gamma_c + 1} \right)^{\frac{\gamma_c + 1}{\gamma_c - 1}}} = 12.3 \frac{kg}{s}$

Subsonisk udslip:  $p_c > p_a = 1$

$M_v$	$2 \cdot \gamma_c$	$\left( \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_c} \right)$	$\left( \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_c} \right)$	$\frac{1}{\gamma_c}$	-
-------	--------------------	--	--	----------------------	---

# Beregning - opbygning

## Opbygning af beregningen:

- ▶ Definition af parametre for substansen, processen omgivelserne og ventilationen
- ▶ Beregning af udslipsmængde  $W_g$
- ▶ Beregning af udslipskaraktistik  $Release_{characteristic}$
- ▶ Evt. koncentrationsberegninger
- ▶ Evt. ventilationsmængdeberegninger

Alle beregningerne udføres vha. formler fra EN 60079-10-1:2015.



# Udslipsberegning - metode

Metoden til beregning af udslippets størrelse afhænger af udslipskildens type:

Udslipkilde type	Beregningsmetode
Væskeudslip læk eller åbent system (intet tryk)	Væskepøl fordampningsberegning
Væskeudslip under tryk	Væskeudslipsberegning + væskepøl fordampningsberegning (væsketåger kan være relevante)
Gasudslip under tryk	Gasudslipsmængde beregning (adiabatisk ekspansion)
2-faset udslip under tryk	Gasudslipsmængde beregning (adiabatisk ekspansion) + Væskeudslipsberegning + væskepøl fordampningsberegning (væsketåger kan være relevante)

## Udslipsberegning - væskelæk

**EN 60079-10-1:2015 Formel B.1:**

Udslipsrate (tilnærmet formel):

$$W_g = C_d * S * \sqrt{2 * \rho * \Delta p} \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$C_d$  = Udslipskoefficient

$S$  = Tværsnitsareal læk

$\rho$  = Substansens væskedensitet

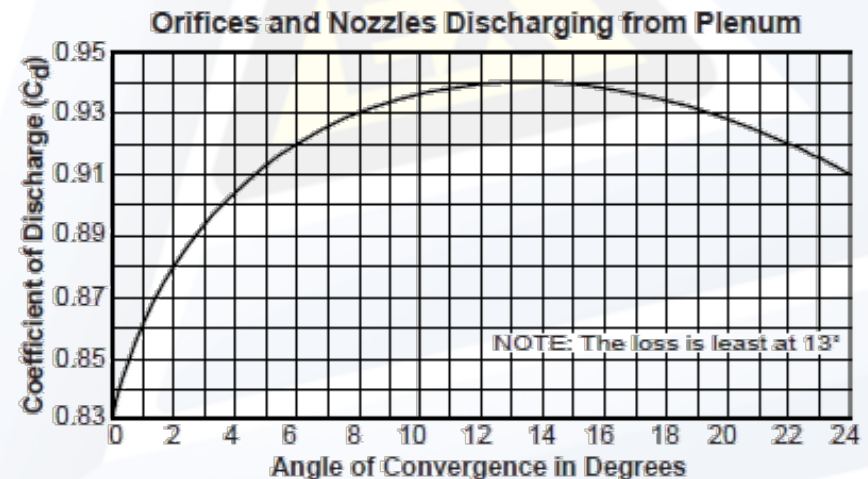
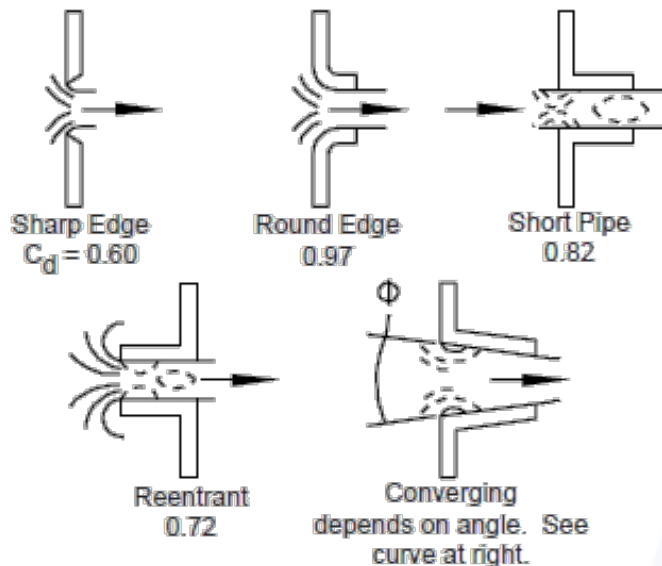
$\Delta p$  = trykforskel imellem anlæg og omgivelser

# Udslipskoefficienten $C_d$

Korrigerer for åbningens udformning, turbulens og viskositet.

Udslipskoefficienten er:

- ▶ imellem 0,5-0,85 for "grove" skarpkantede huller
- ▶ imellem 0,95-0,99 for "fine" rundkantede huller



# Hullets tværsnitsareal S

Enhedstype	Enhed	Overvejelser om utæthed		
		Typiske værdier for de forhold, hvor udslipsåbningen ikke vil udvides S (mm <sup>2</sup> )	Typiske værdier for de forhold, hvor udslipsåbningen vil kunne udvides, fx erosion S (mm <sup>2</sup> )	Typiske værdier for de forhold, hvor udslipsåbningen vil kunne udvides indtil et alvorligt svigt, fx blow out S (mm <sup>2</sup> )
Tætningselementer på faste dele	Flanger med trykpåvirket fiberpakning el.lign.	≥ 0,025 op til 0,25	> 0,25 op til 2,5	(sektion mellem to bolte) × (pakningstykkelse) normalt ≥ 1 mm
	Flanger med spiralviklet pakning el.lign.	0,025	0,25	(sektion mellem to bolte) × (pakningstykkelse) normalt ≥ 0,5 mm
	Samlingsforbindelser af ringtypen	0,1	0,25	0,5
	Forbindelser med lille hul diameter op til 50 mm	≥ 0,025 op til 0,1	> 0,1 op til 0,25	1,0
Tætningselementer på bevægelige dele ved lav hastighed	Ventilspindel-pakninger	0,25	2,5	Skal defineres i henhold til materielproducentens data men ikke under 2,5 mm <sup>2</sup>
	Overtryksventil	0,1 x åbningssektion	N/A	N/A
Tætningselementer på bevægelige dele ved høj hastighed	Pumper og kompressorer	N/A	≥ 1 up to 5	Skal defineres i henhold til materielproducentens data og/eller procesenheds konfigurationen men ikke under 5 mm <sup>2</sup>

## Udslipsberegning - fordampning

**EN 60079-10-1:2015 Formel B.6:**

Fordampningsrate (tilnærmet formel):

$$W_g = \frac{6,55 * u_W^{0,78} * A_p * p_v * M^{0,667}}{R * T} \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$$W_g = \frac{6,55 * u_W^{0,78} * A_p * p_v}{10^5 * M^{0,333}} * \frac{T_a}{T} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$u_W$  = lufthastighed over pølen

$A_p$  = Arealet på pølen

$p_v$  = Væskens damptryk

$M$  = Substansens molarmasse

$T_a$  = Rummets temperatur

$T$  = Substansens temperatur

# Udslipsberegning - fordampning

## Eksempel:

### Beregninger

$$Q_{\text{evaporation}} := \frac{6.55 \cdot 10^{-3} \cdot u_{\text{wa}} \cdot p_v \cdot A_1 \cdot M_{1a}}{R \cdot T_a} = 64.8 \cdot \frac{\text{g}}{\text{min}}$$

U.S. Environmental Protection Agency equation, as described in DS/EN 60079-10-1:2015 Annex B.

$$Q_{\text{evaporation.gas}} := \frac{Q_{\text{evaporation}}}{\rho_g} = 1159.8 \cdot \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

Omregnet til volumen fordampet gas.

$$W_g := Q_{\text{evaporation.gas}} = 1.16 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$W_g$  er et udtryk for udslippets størrelse pr. tidsenhed.

$$\text{Release}_{\text{charac}} := \frac{W_g}{k_{\text{sik}} \cdot \text{LEL}_v} = 0.02 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

60079-10-1 Annex E p. 2.

Bruges til at vurdere zonestørrelse og type.

# Udslipsberegning - gaslæk

- 1) Beregning af kritisk tryk
- 2) Sub-sonisk eller sonisk udslip?
- 3) Beregning af udslipsmængde

EN 60079-10-1:2015 Formel B.2:

Kritisk tryk:

$$p_c = p_a * \left(\frac{y+1}{2}\right)^{\frac{y}{y-1}} [Pa]$$

$p_a$  = Atmosfæretryk

$y$  = Polytropisk index  $\rightarrow y = \frac{M * c_p}{M * c_p - R}$

$M$  = Molarmassen

$c_p$  = Specifik varmekapacitet

## Udslipsberegning - gaslæk

### EN 60079-10-1:2015 Formel B.3 og B.4:

Sub-sonisk udslip ( $p_c > p_a$ ):

$$W_g = C_d * S * p * \sqrt{\frac{M}{Z * R * T} * \frac{2 * y}{y - 1} * \left(1 - \left(\frac{p_a}{p}\right)^{\frac{(y-1)}{y}}\right)} * \left(\frac{p_a}{p}\right)^{\frac{1}{y}} \left[\frac{kg}{s}\right]$$

Sonisk udslip ( $p_c < p_a$ ):

$$W_g = C_d * S * p * \sqrt{y * \frac{M}{Z * R * T} * \left(\frac{2}{y+1}\right)^{\frac{(y+1)}{(y-1)}}} \left[\frac{kg}{s}\right]$$

$C_d$  = Udslipskoefficient

$S$  = Tværsnitsareal læk

$p$  = Anlæggets driftstryk

$M$  = Gassens molarmasse

$Z$  = Kompressibilitetsfaktor

$T$  = Gassens temperatur

$y$  = Polytropisk index

$p_a$  = Atmosfæretrykket





# Kompressibilitetsfaktoren Z

**Kompenserer for forskellen imellem idealgasser og andre gassers egenskaber (de brugte formler er lavet til idealgasser).**

En sikker tilnærmelse er at  $Z = 1,0$ .

Ved anlægstryk over 50 bar bør korrekte faktor findes.



EX

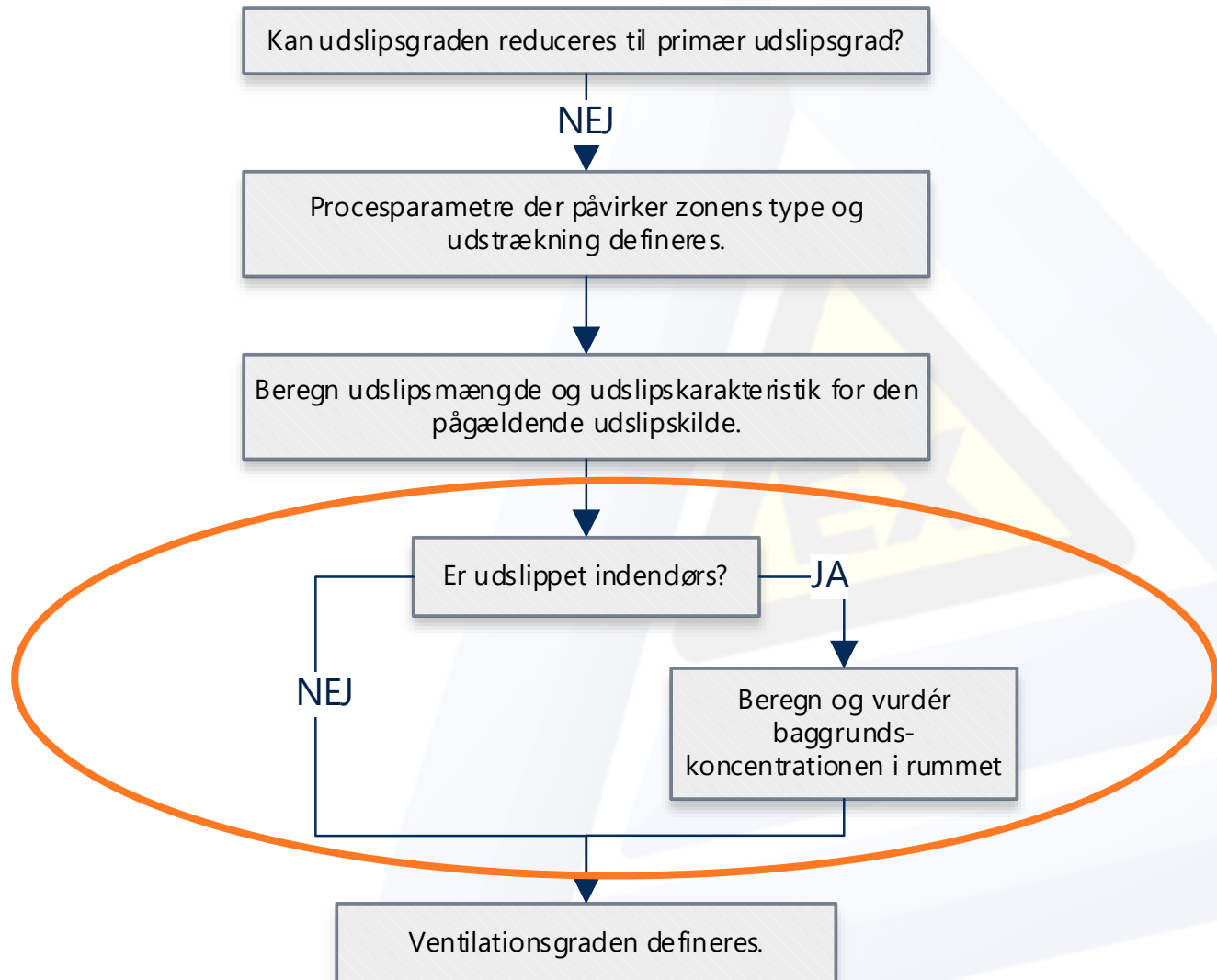


# Udslipsberegning - gaslæk



EX

## Bilag F: Udslip og ventilation



# Baggrundskoncentration $X_b$

- Skal altid beregnes ved indendørs udslip

$$X_b = \frac{f_{vent} * Q_g}{Q_g + Q_1} \left[ \frac{vol}{vol} \right]$$

Hvis  $X_b$  er større end 25% LEL er tommelfingerregelen at ventilationsgraden sættes til dårlig!

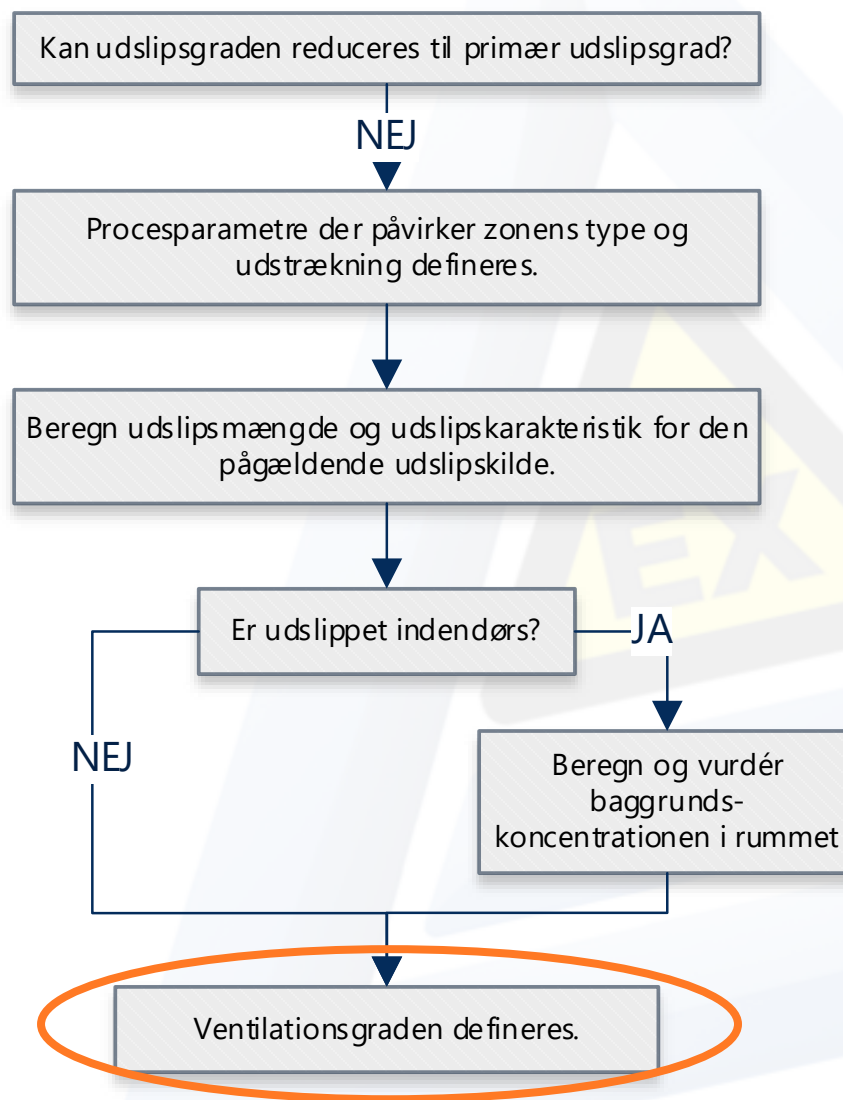
$f_{vent}$  = Faktor for ventilationens effektivitet 1 ⇔ 5

1 = effektiv ventilation ⇔ 5 = dårlig ventilation

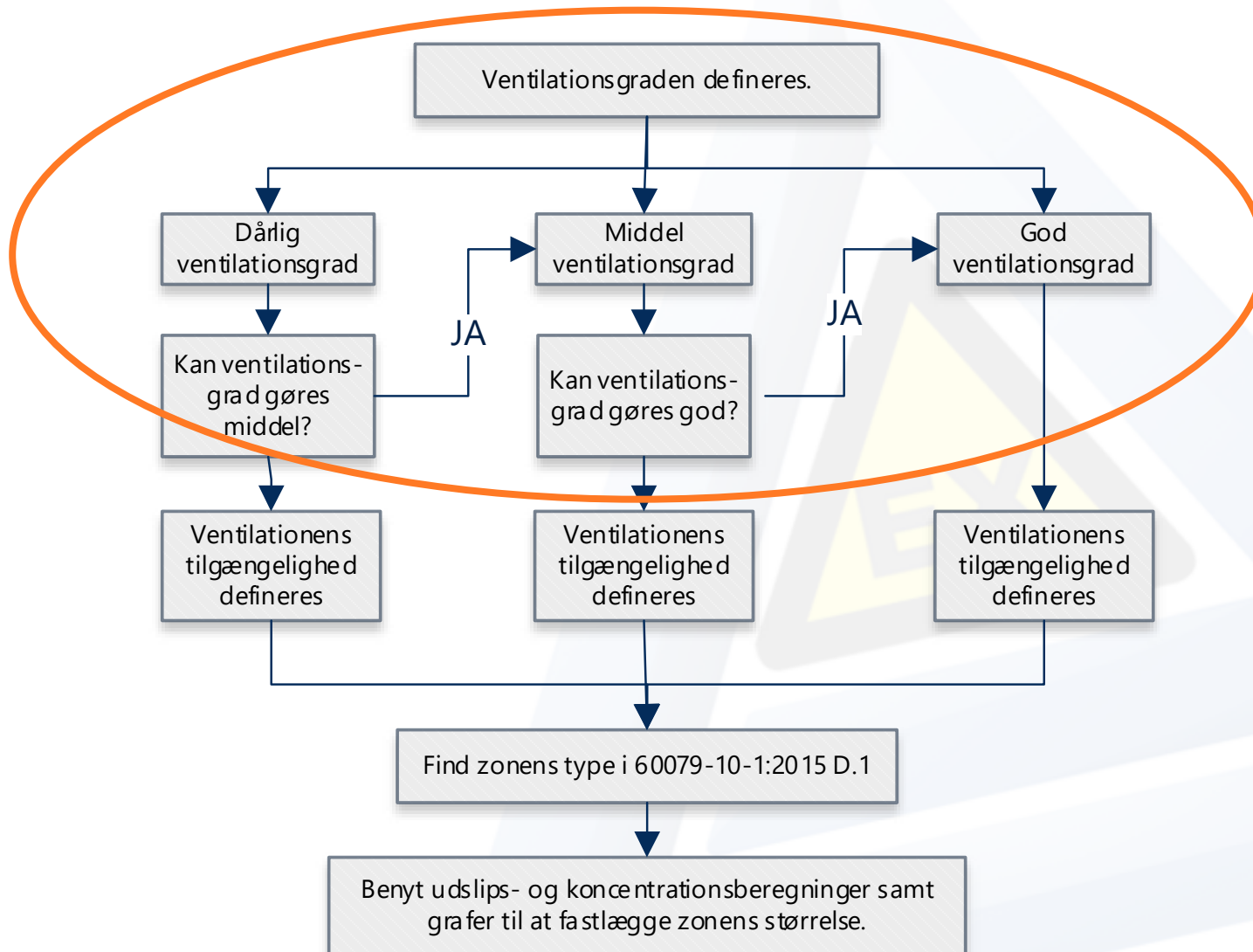
$Q_g = W_g$  som volumenstrøm (fås ved at dividere  $W_g$  med  $\rho$ )

$Q_1$  = Ventilationsflowet ind i rummet (aflæses ofte på ventilatoren)

## Bilag F: Udslip og ventilation



## Bilag F: Ventilationsgrad og zoner





# Ventilationsgraden

Ventilationsgraden er et udtryk for kvaliteten af opblandingen af ventilationsluften og den eksplosive atmosfære.

Faktorer:



EX

# Ventilationsgraden

Ventilationsgraden er et udtryk for kvaliteten af opblandingen af ventilationsluften og den eksplosive atmosfære.

Faktorer:

- ▶ Udslipskaraktistik (baseret på udslipsmængden  $W_g$ )
- ▶ Luftens hastighed

A large, faint, light blue triangular hazard symbol is visible in the background. It contains a yellow triangle with the letters 'EX' in black, indicating an explosive atmosphere.



## Udslipskarakteristikken

EN 60079-10-1 definerer udslipskarakteristikken som:

$$Release_{characteristic} = \frac{W_g}{(\rho_g * k * LEL)} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$W_g$  = Udslipsflow som tidligere beregnet

$\rho_g$  = Gasdensiteten

$k$  = Sikkerhedsfaktor (0,5  $\leftrightarrow$  1 afhængigt af sikkerheden i LEL)

$LEL$  = Nedre eksplosionsgrænse for substansen

## Ventilationshastighed - ude

Tabel C.1 i EN 60079-10-1 kan bruges som estimat.

Type of outdoor locations	Unobstructed areas			Obstructed areas		
	≤ 2 m	> 2 m up to 5 m	> 5 m	≤ 2 m	> 2 m up to 5 m	> 5 m
<b>Elevation from ground level</b>	≤ 2 m	> 2 m up to 5 m	> 5 m	≤ 2 m	> 2 m up to 5 m	> 5 m
<b>Indicative ventilation velocities for estimating the dilution of lighter than air gas/vapour releases</b>	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1 m/s
<b>Indicative ventilation velocities for estimating the dilution of heavier than air gas/vapour releases</b>	0,3 m/s	0,6 m/s	1 m/s	0,15 m/s	0,3 m/s	1 m/s
<b>Indicative ventilation velocities for estimating the liquid pool evaporation rate at any elevation</b>	> 0,25 m/s			> 0,1 m/s		

## Ventilationshastighed - inde

Brug en vindmåler! Ellers:

Ventilationshastigheden indendørs tilnærmes ved:

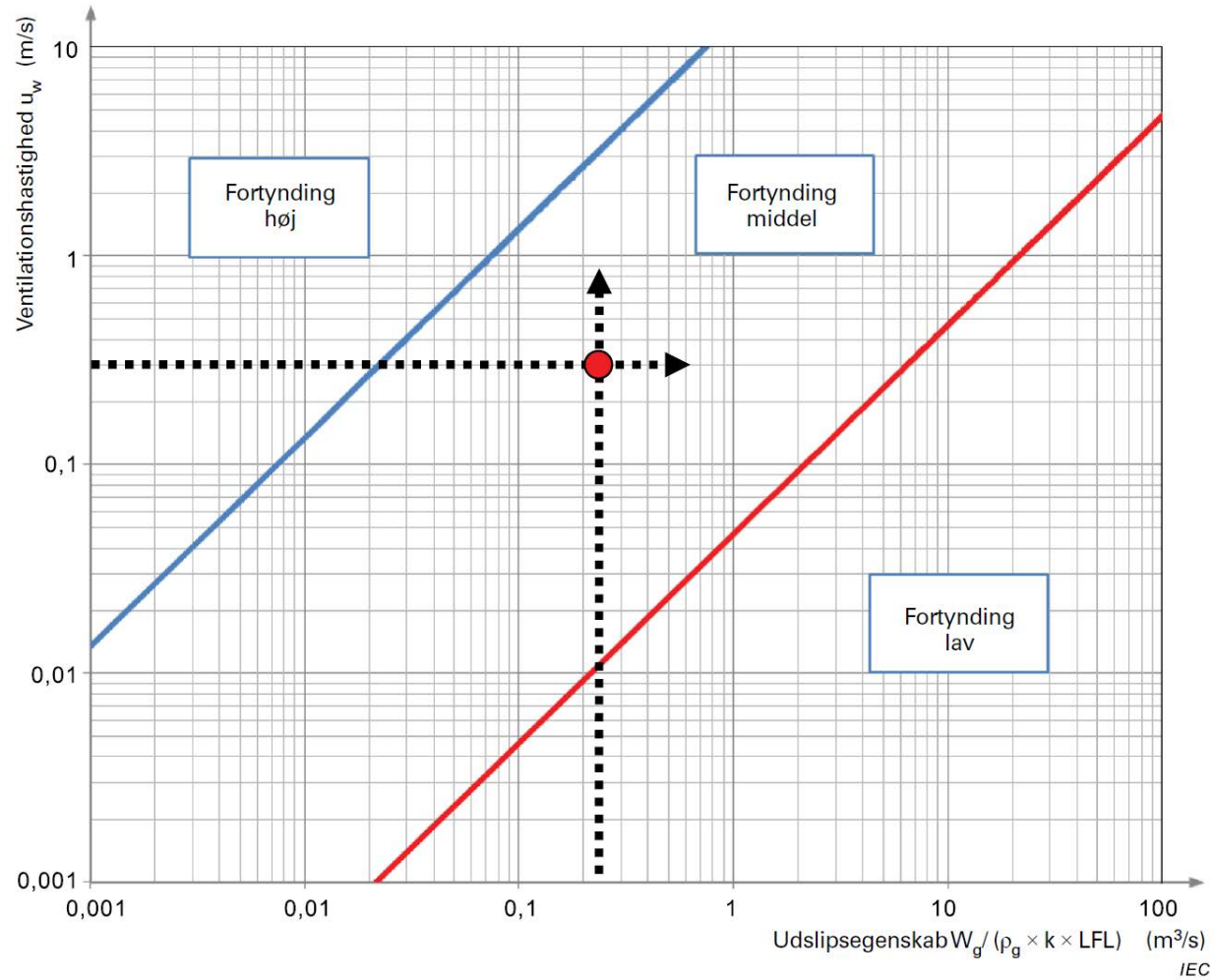
$$u_W = \frac{Q_1}{A_{tv}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Hvis ovenstående ikke er muligt, estimeres konservativt 0,05 m/s.

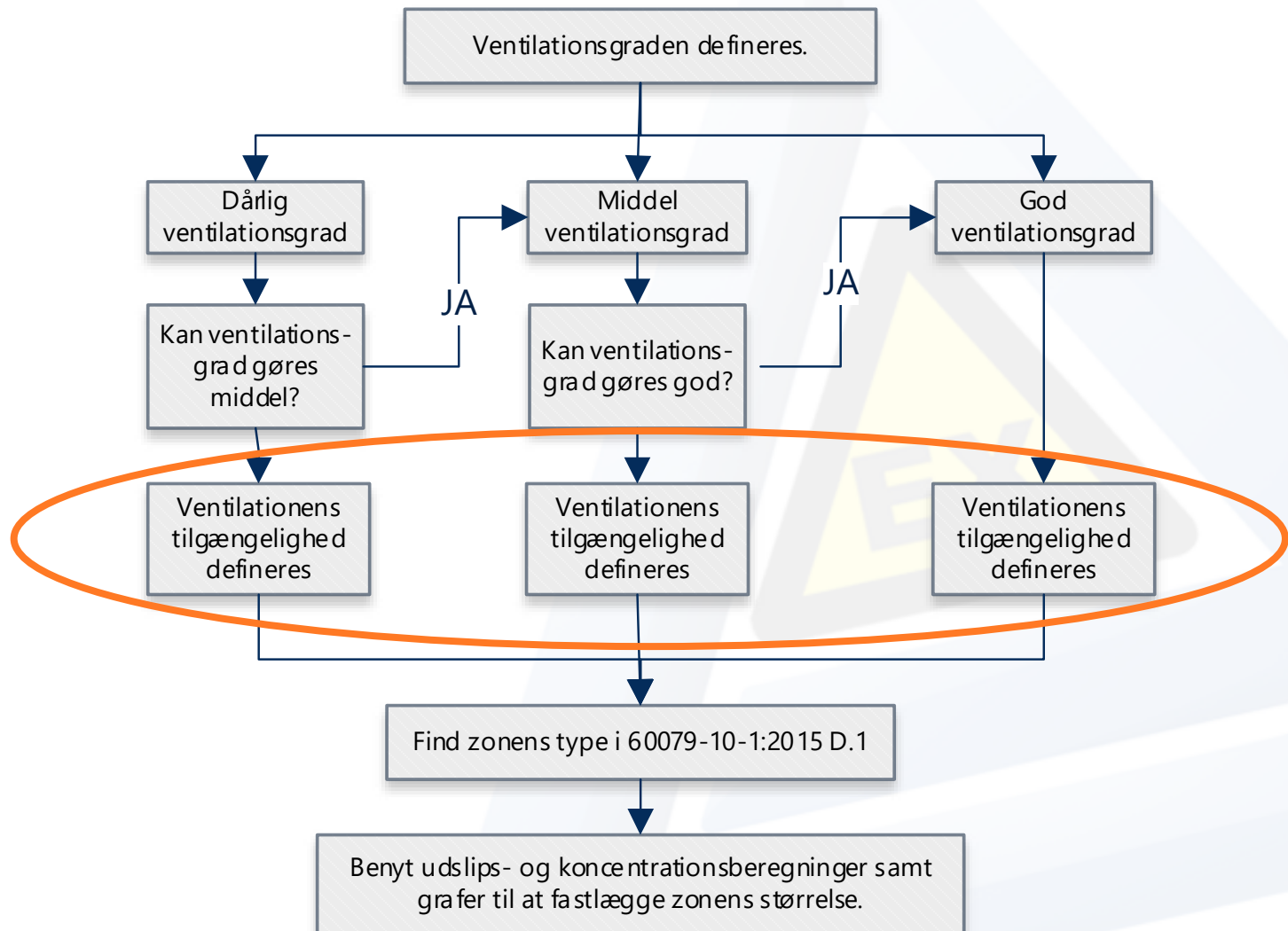
$Q_1$  = Ventilationsflowet ind i rummet (aflæses ofte på ventilatoren)

$A_{tv}$  = Tværsnitsareal i rummet ved udslippet – med arealer for udstyret i snittet fratrukket

# Ventilationsgraden



## Bilag F: Ventilationsgrad og zoner



# Ventilationens tilgængelighed

Ventilationens tilgængelighed er et udtryk for i en hvor høj grad ventilation er til stede.

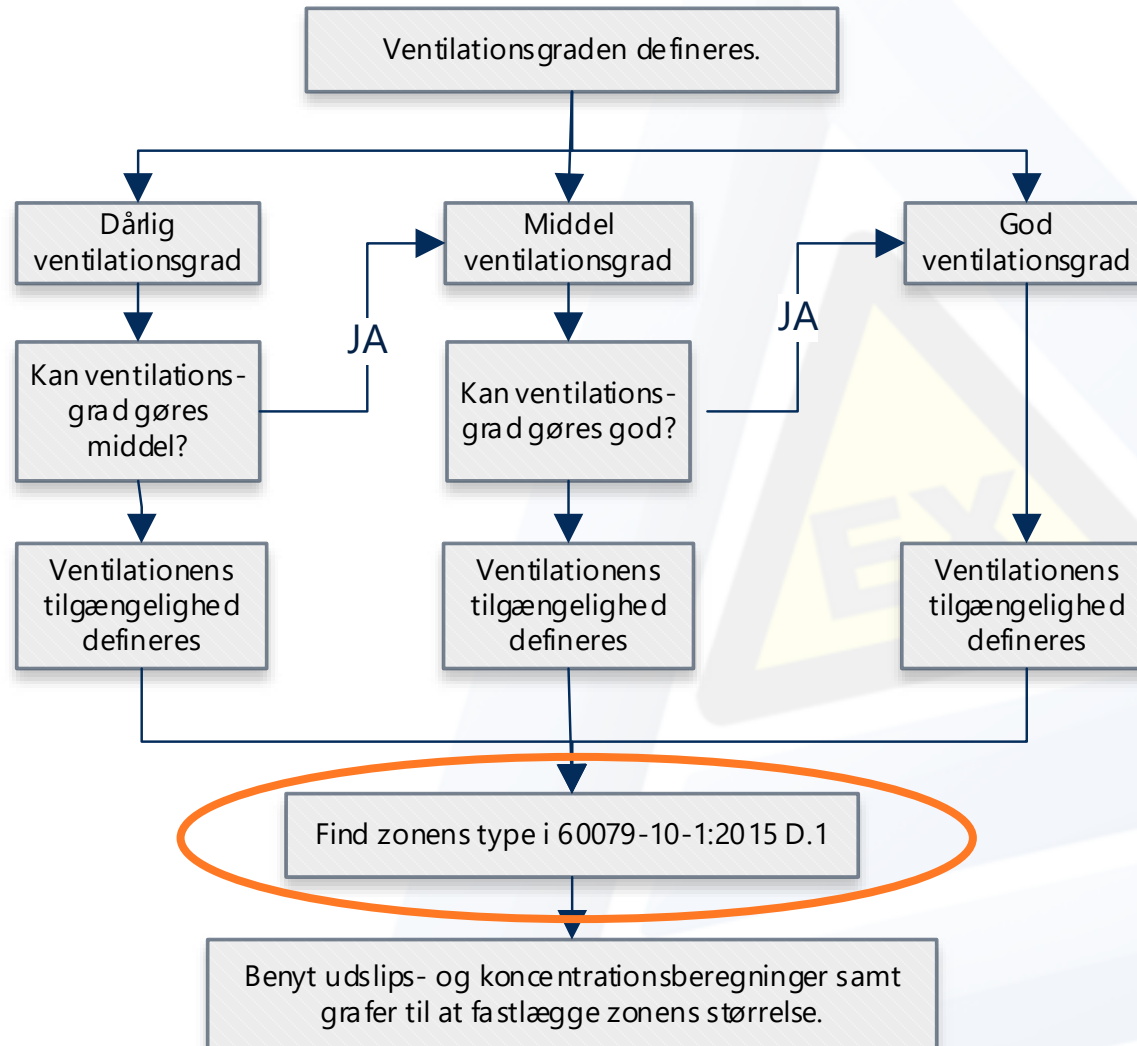
Ventilation tilgængelighed	Definition
God	Ventilationen er konstant til stede.
Acceptabel	Ventilationen forventes at være til stede ved normal drift. Ventilationsstop er tilladt, hvis disse sker sjældent og i korte perioder.
Dårlig	Ventilation der ikke er god eller acceptabel, men ventilationsstop forventes ikke i lange perioder.
Ingen	Ventilation der ikke er god, acceptabel eller dårlig. Ventilationen er så ringe at den ikke anses som eksisterende. Dette bevirker at ventilationsgraden skal være lav.

# Ventilationens tilgængelighed

Ventilationens tilgængelighed er et udtryk for i en hvor høj grad ventilation er til stede.

Ventilation tilgængelighed	Eksempel naturlig ventilation	Eksempel mekanisk ventilation
God	Udendørs: Overalt bortset fra i fordybninger og læ. Indendørs: Som udgangspunkt aldrig.	Pålideligt ventilationsanlæg med trykvagt der stopper udslipsskilden ved vent. stop, eller som starter backup ventilation.
Acceptabel	Udendørs: I mindre fordybninger og læ. Indendørs: Indetemperatur er lavere end udetemperatur.	Pålideligt ventilationsanlæg. Vurderingssag.
Dårlig	Udendørs i fordybninger og læ. Indendørs hvis indetemperatur er højere end udetemperatur og i tætpakkede rum.	Upålideligt ventilationsanlæg. Vurderingssag.

## Bilag F: Ventilationsgrad og zoner

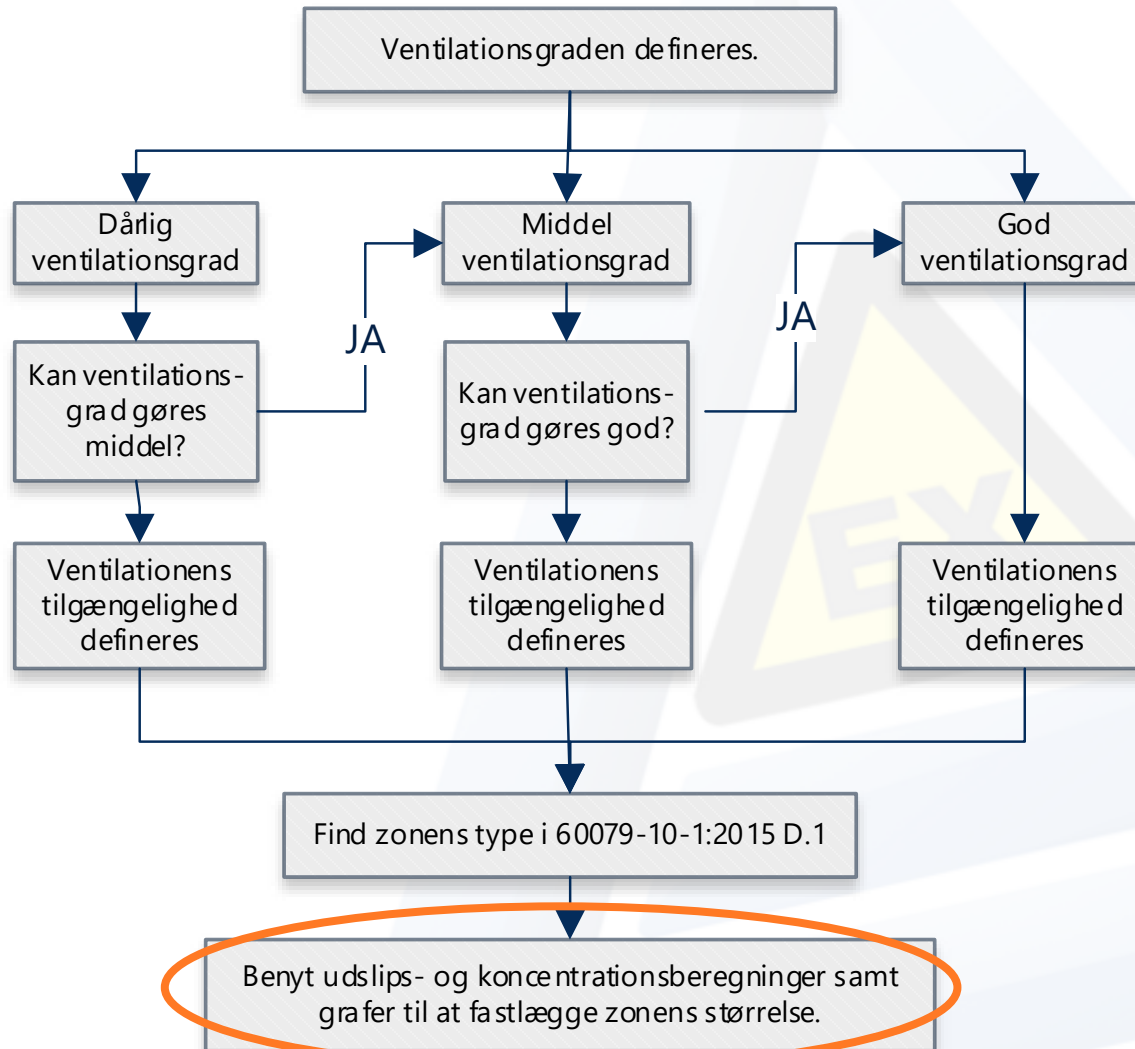




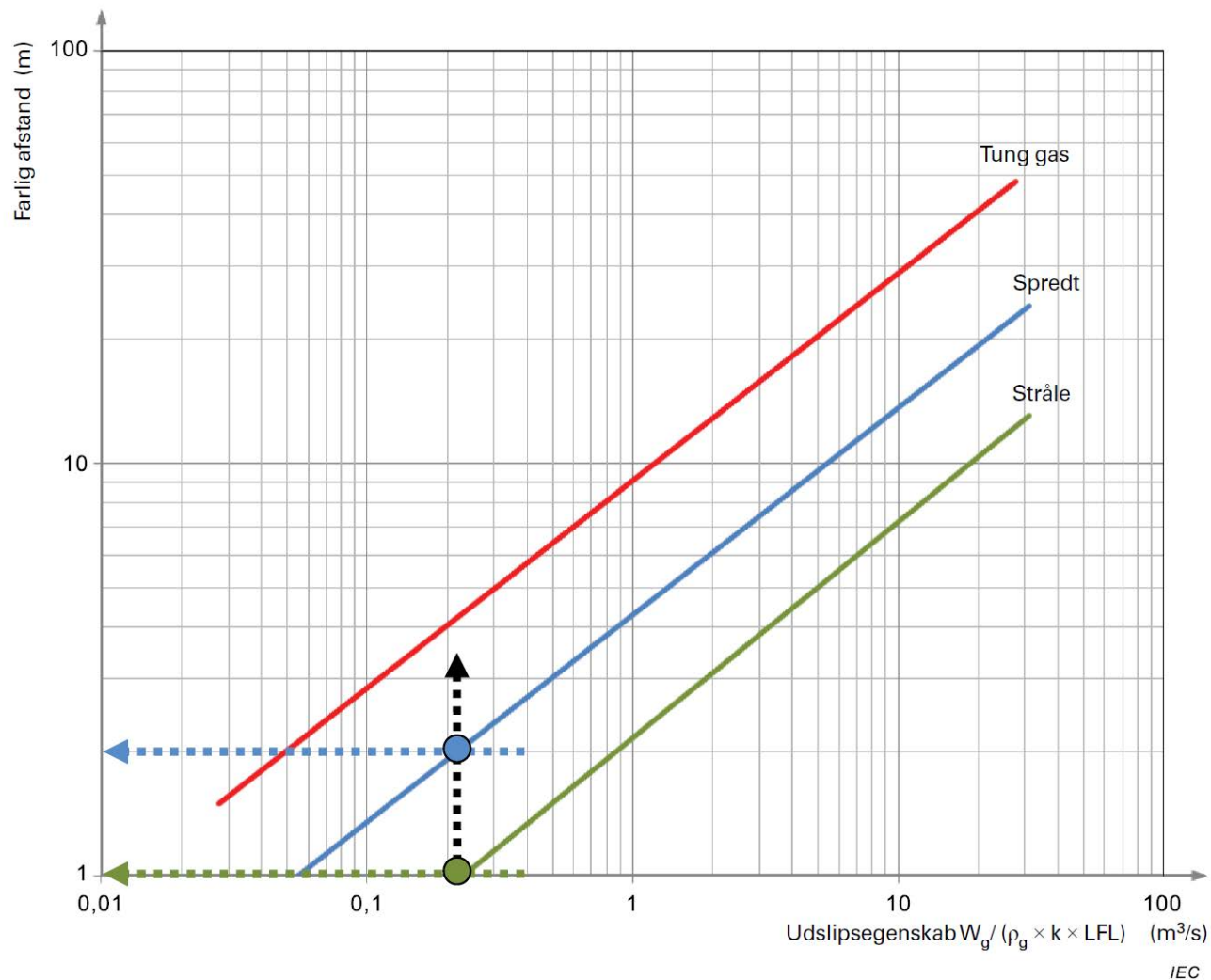
# Zonens type

Udslips- grad	Ventilationsgrad (dilution)						
	Høj			Middel			Lav
	Ventilationens tilgængelighed						
	God	Acceptabel	Dårlig	God	Acceptabel	Dårlig	God/ acceptabel/ dårlig
Kontinuerlig	Ingen zone (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 1 (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primær	Ingen zone (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1/ zone 0 <sup>c</sup>
Sekundær <sup>b</sup>	Ingen zone (Zone 2) <sup>a</sup>	Ingen zone (Zone 2) <sup>a</sup>	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1/ Zone 0 <sup>c</sup>

## Bilag F: Ventilationsgrad og zoner



# Zonens størrelse

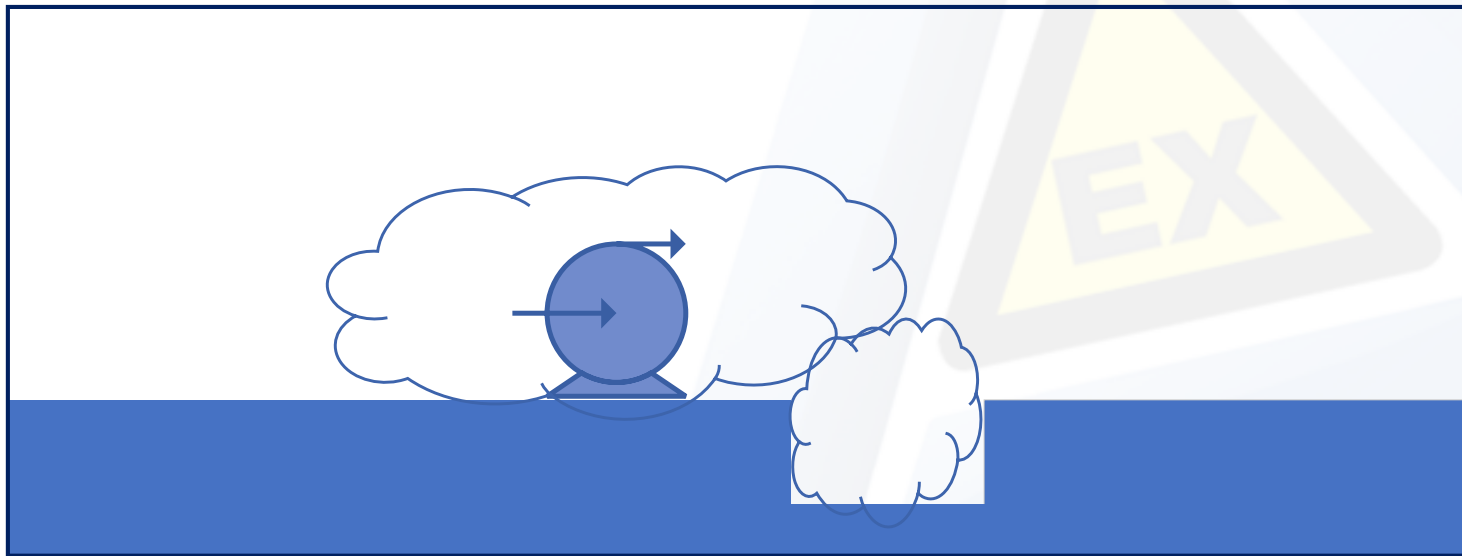


# 10 min "strække ben" pause



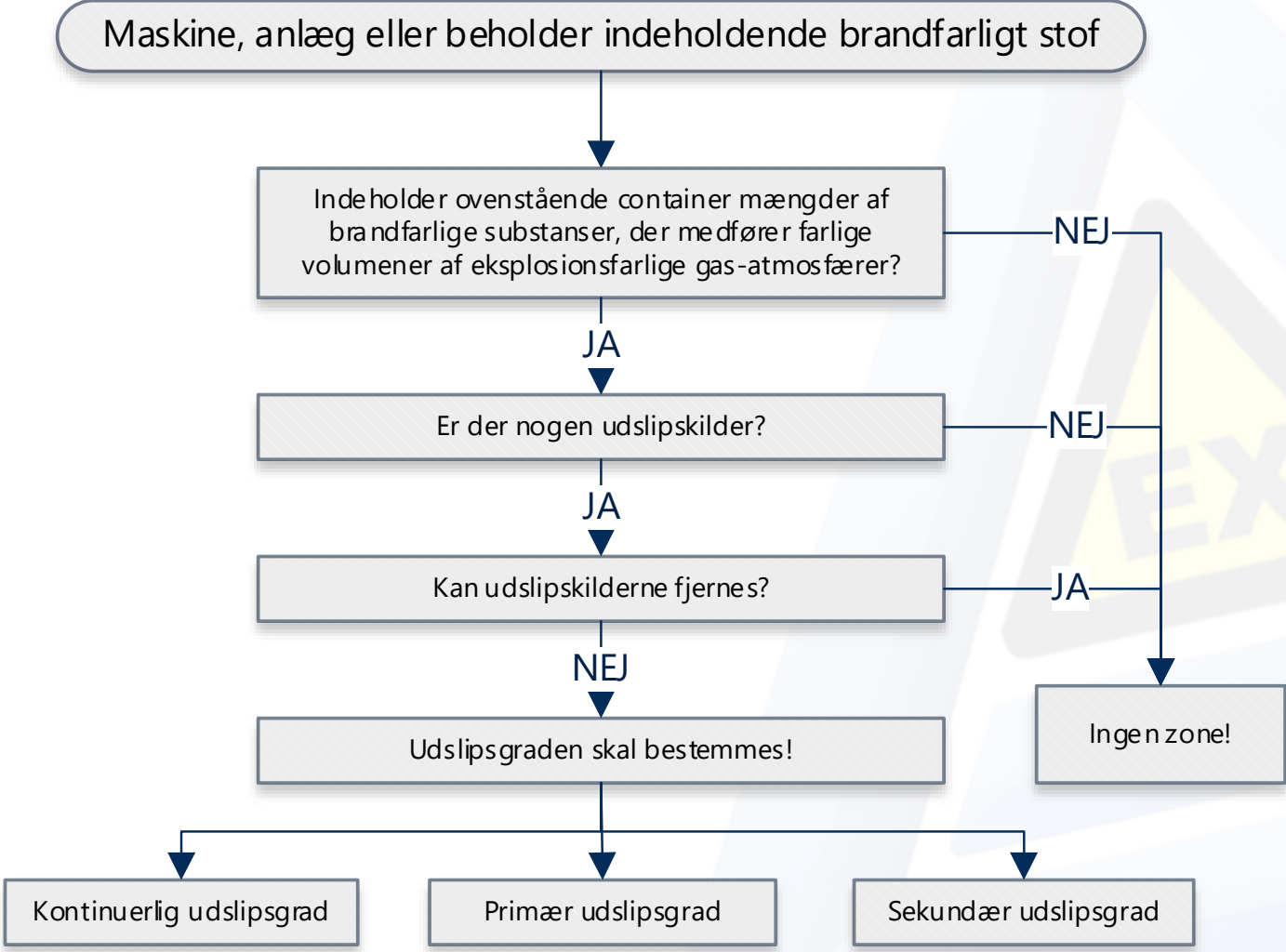
# Eksempel!

- **Substans:** Benzen på væskeform
- **Udslipkilde:** Mekanisk pakningsdåse i pumpe på gulv
- **Omgivelser:** Indendørs i lokale, naturlig ventilation



# Eksempel!

JA!

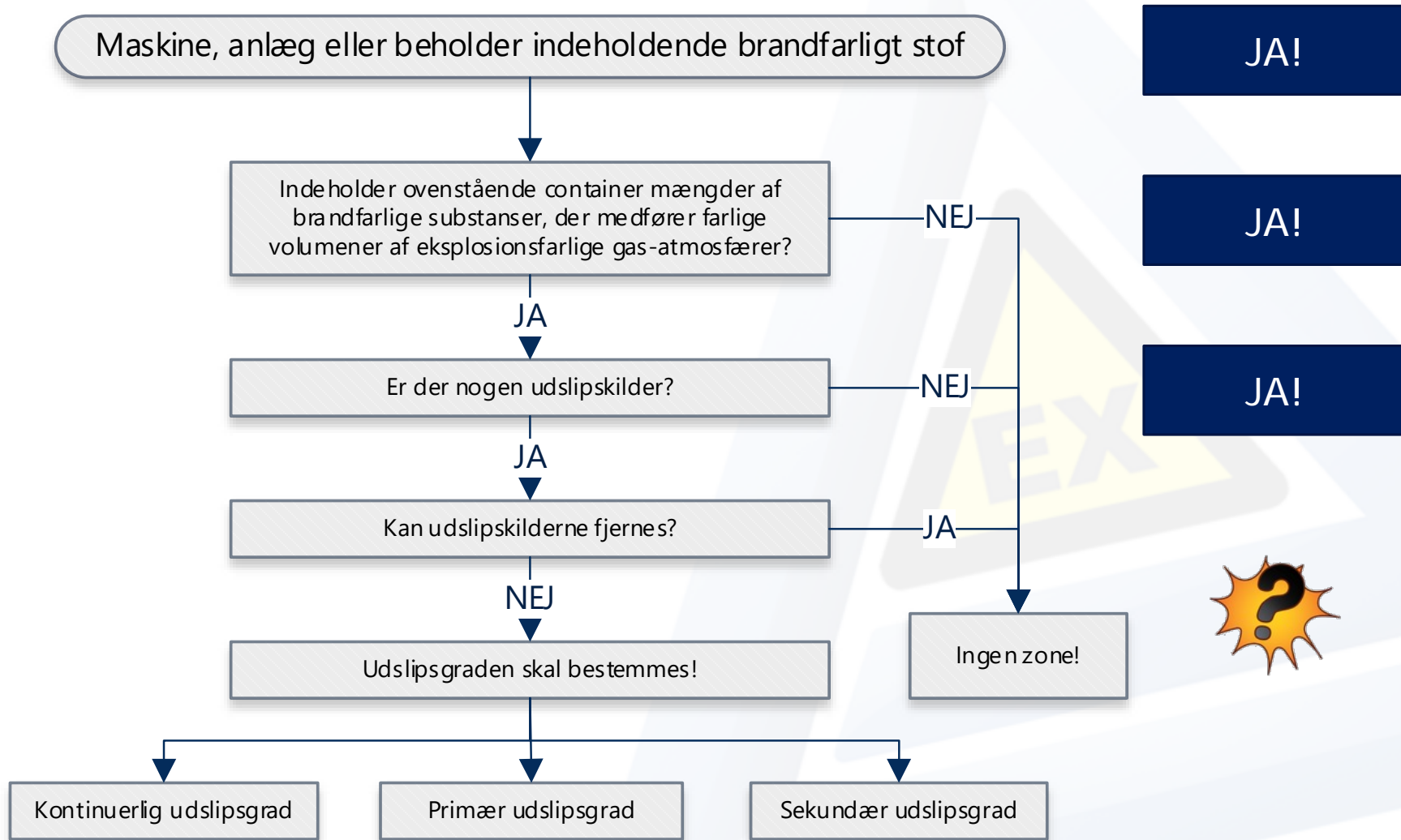


# Substansdata

Benzen på væskeform ved 16 bar/20°C:

Egenskab	Data v/ 16 bar/20°C
Flammepunkt	-11 °C
Molarmasse	78,11 g/mol
LEL	1,2 %vol
Gasmassefylde, $\rho_g$	3,25 kg/m <sup>3</sup>
Farligt volumen?	Udslip kan potentielt afgive > 10L gas i eksplosionsfarlig koncentration

# Eksempel!

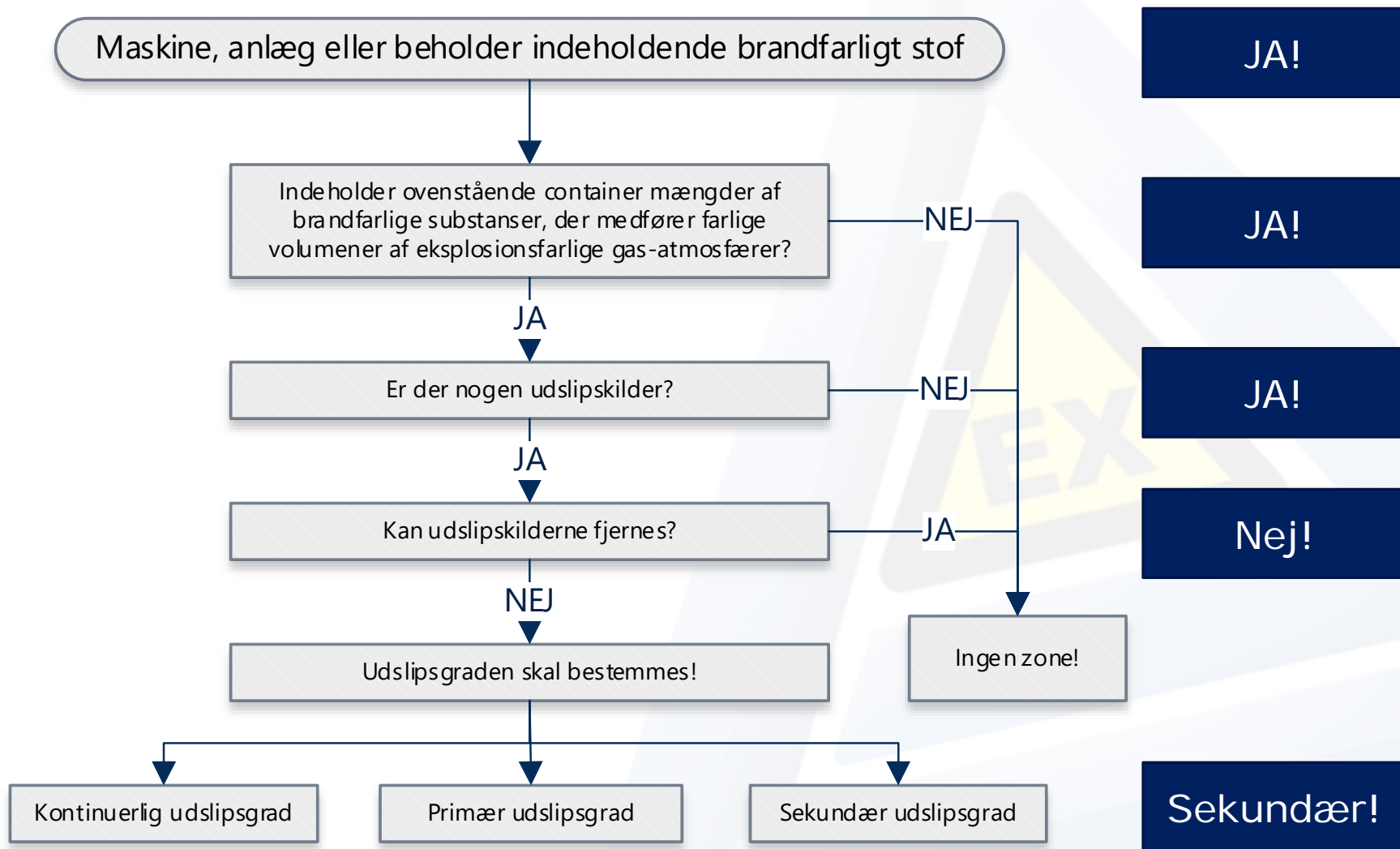




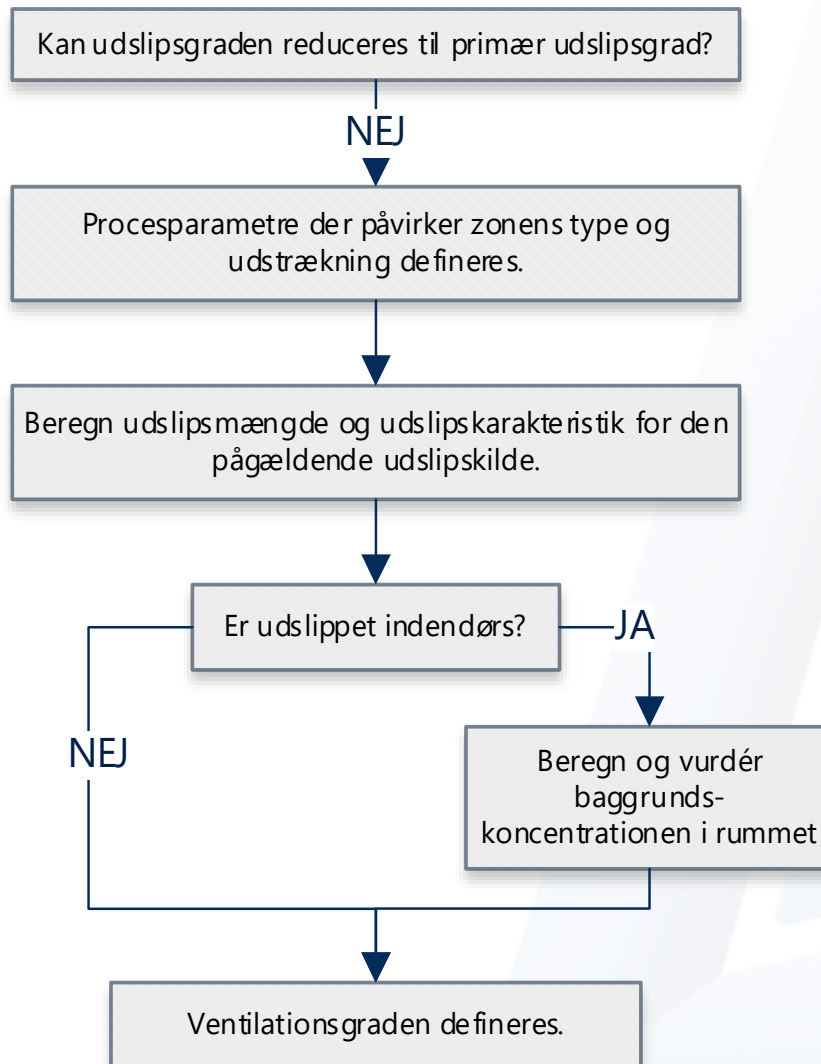
# Udslipskilder

Spørgsmål	Svar
Udslipskilde?	Mekanisk pakning i pumpe ved brud/lækage i denne ved forventelig fejl, hvilket vurderes at kunne være årsag til EX atmosfære i > 2 timer/år.
Kan udslipskilde fjernes?	Måske ved forebyggende vedligehold. Det kan ikke garanteres at sandsynlighed for EX atmosfære kommer under 2 timer/år.
Udslipsgrad	Sekundær (2-10 timer/år EX atmosfære), da dette kun sker ved brud/lækage.

# Eksempel!



# Eksempel! Udslip og ventilation



Nej!

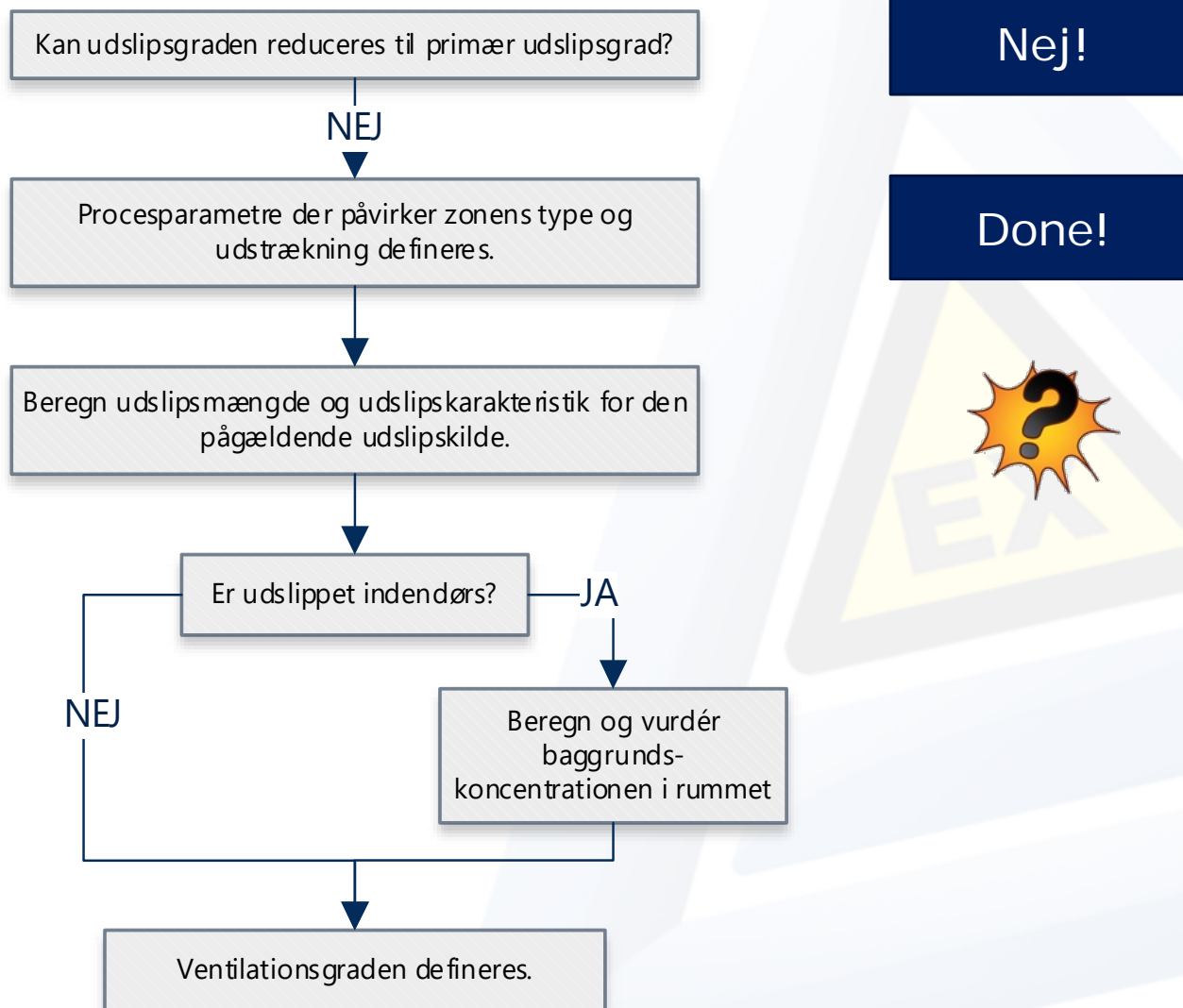


EX

# Procesparametre

Egenskab	Parameter
Udslipstype	Væskeudslip under tryk
Beregningsmetoder	Væskeudslipsberegning + væskepøl fordamplingsberegning
Udledningskoefficient $C_d$	0,75
Hulstørrelse	5 mm <sup>2</sup> (tabel B.1)
$\rho_{\text{væske}} / \rho_{\text{gas}}$	876,5 kg/m <sup>3</sup> / 3,486 kg/m <sup>3</sup>
Trykforskel $\Delta p$	15 bar
Sikkerhedsfaktor k	0,5 (stor usikkerhed i LEL)
$p_a$	101325 Pa (1 atm)
$T_a$	20°C
$V_0$ (rumvolumen)	6m x 5m x 5m = 150 m <sup>3</sup>
Luftgennemstrømning $Q_1$	306 m <sup>3</sup> /h
Ventilationshastighed	0,003 m/s ( $Q_a / (L \times H)$ )
Ventilation effektivitetsfaktor f	5

# Eksempel! Udslip og ventilation



## Udslipsberegning - væskelæk

**EN 60079-10-1:2015 Formel B.1:**

Udslipsrate (tilnærmet formel):

$$W = C_d * S * \sqrt{2 * \rho * \Delta p} \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$$W = 0,75 * 5mm^2 * \sqrt{2 * 876,5 \frac{kg}{m^3} * 15bar} = 0,192 \frac{kg}{s}$$

$C_d$  = Udslipskoefficient

$S$  = Tværsnitsareal læk

$\rho$  = Substansens væskedensitet

$\Delta p$  = trykforskel over læk

# Fordampning

## Fordampning fra udslippet:

Udslippet løber direkte i kloak hvorfor denne ikke beregnes, men estimeres i stedet til 2% af udslip:

$$W_g = 0,02 * W = 0,02 * 0,192 \frac{kg}{s} = 0,0038 \frac{kg}{s}$$

# Udslipskararakteristikken

EN 60079-10-1 definerer udslipskararakteristikken som:

$$Release_{characteristic} = \frac{W_g}{(\rho_g * k * LEL)} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$$Release_{characteristic} = \frac{0,0038 \frac{kg}{s}}{\left( 3,25 \frac{kg}{m^3} * 0,5 * 1,2\% \right)} = 0,2 \frac{m^3}{s}$$

$W_g$  = Udslipsflow som tidligere beregnet

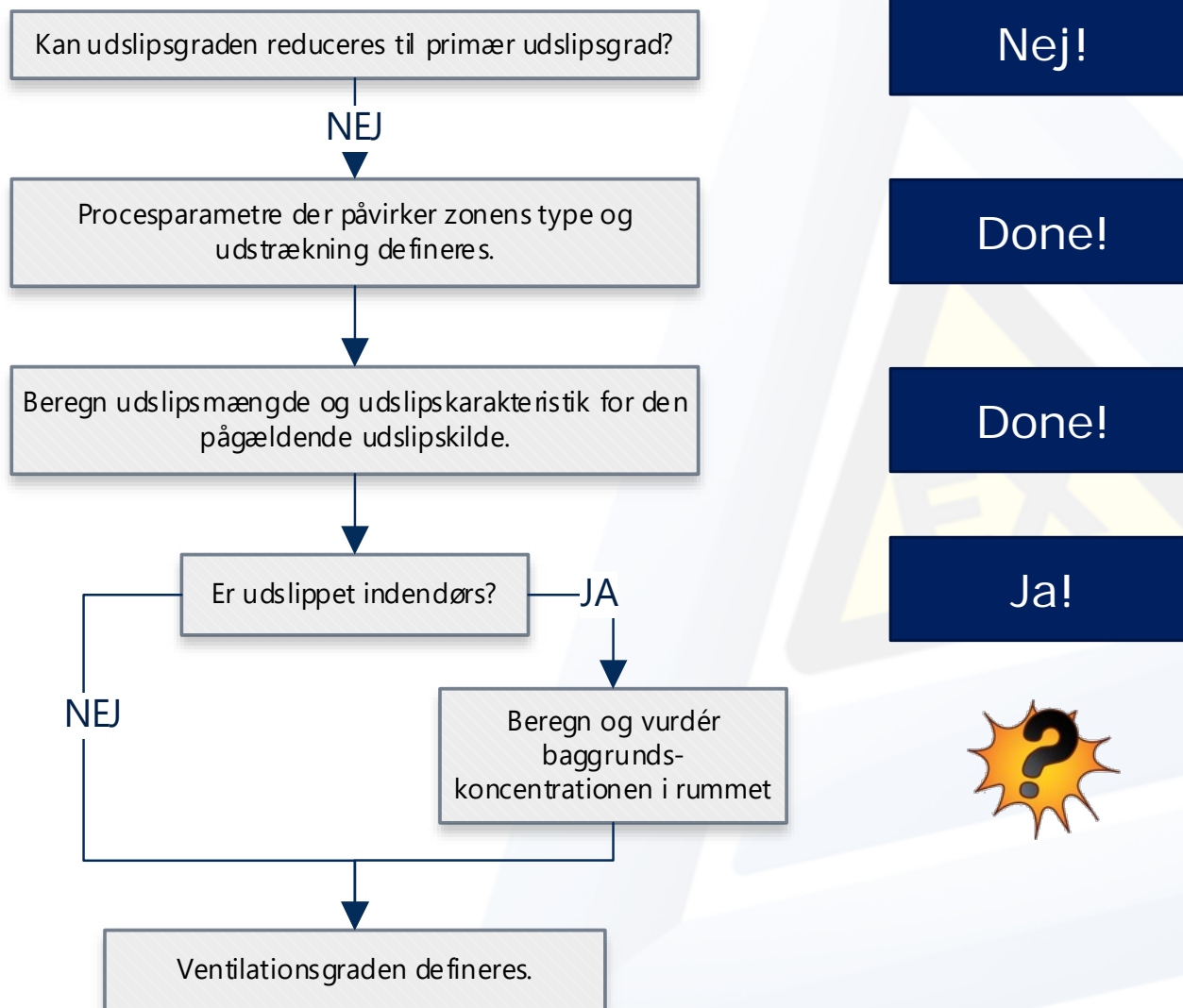
$\rho_g$  = Gasdensiteten

$k$  = Sikkerhedsfaktor (0,5  $\leftrightarrow$  1 afhængigt af sikkerheden i LEL)

$LEL$  = Nedre eksplosionsgrænse for substansen



## Bilag F: Udslip og ventilation



# Baggrundskoncentration $X_b$

$$X_b = \frac{f_{vent} * Q_g}{Q_g + Q_1} \left[ \frac{vol}{vol} \right]$$

$$X_b = \frac{5 * \frac{W_g}{\rho_g}}{\frac{W_g}{\rho_g} + 306 \frac{m^3}{h}} = \frac{5 * 4,2 \frac{m^3}{h}}{4,2 \frac{m^3}{h} + 306 \frac{m^3}{h}} = 6,79 \%vol$$

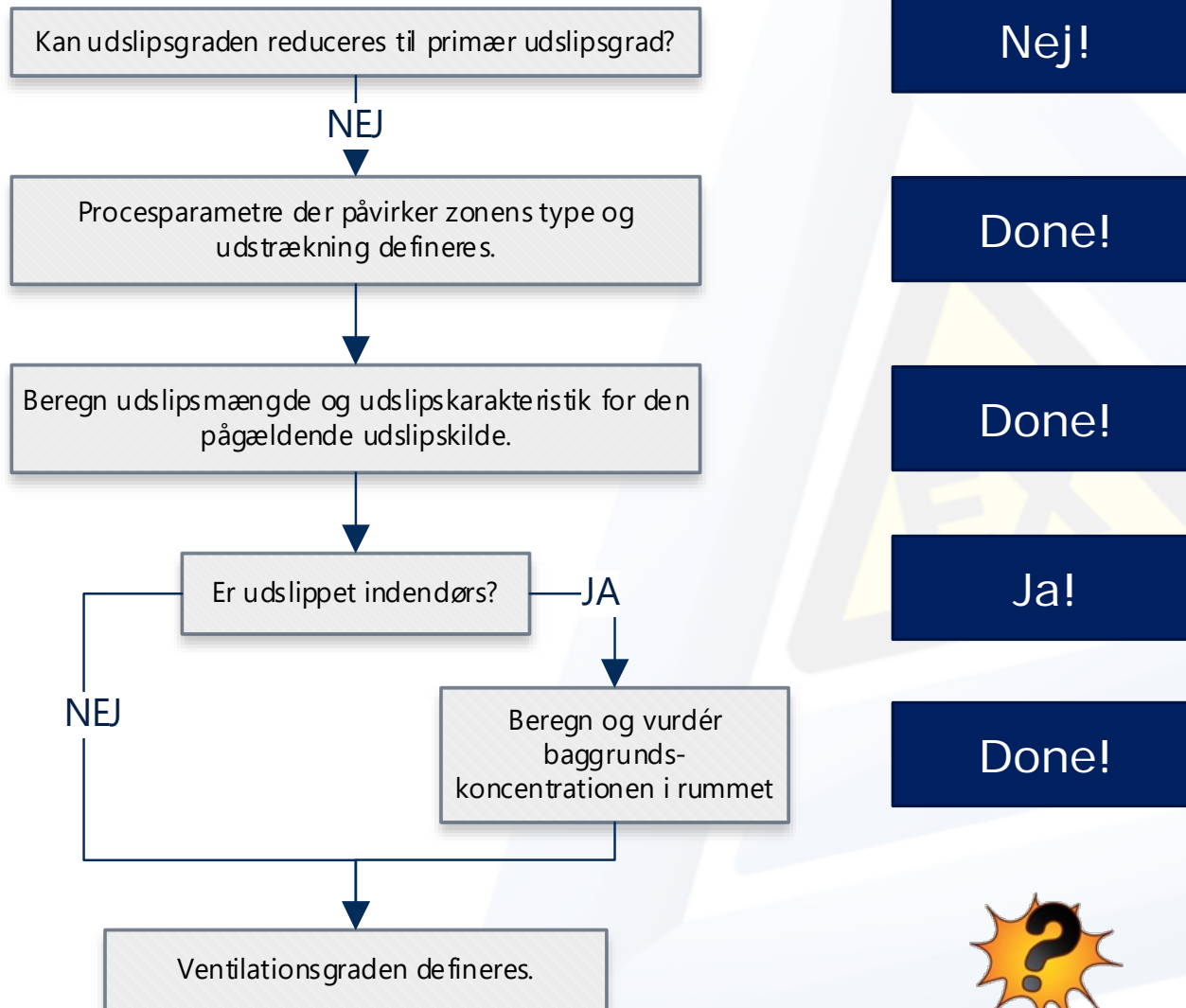
$X_b > 0,25 * LEL \rightarrow 6,79 \%vol > 0,3 \%vol = \text{Dårlig ventilationsgrad!}$

$f_{vent}$  = Faktor for ventilationens effektivitet 1  $\Leftrightarrow$  5

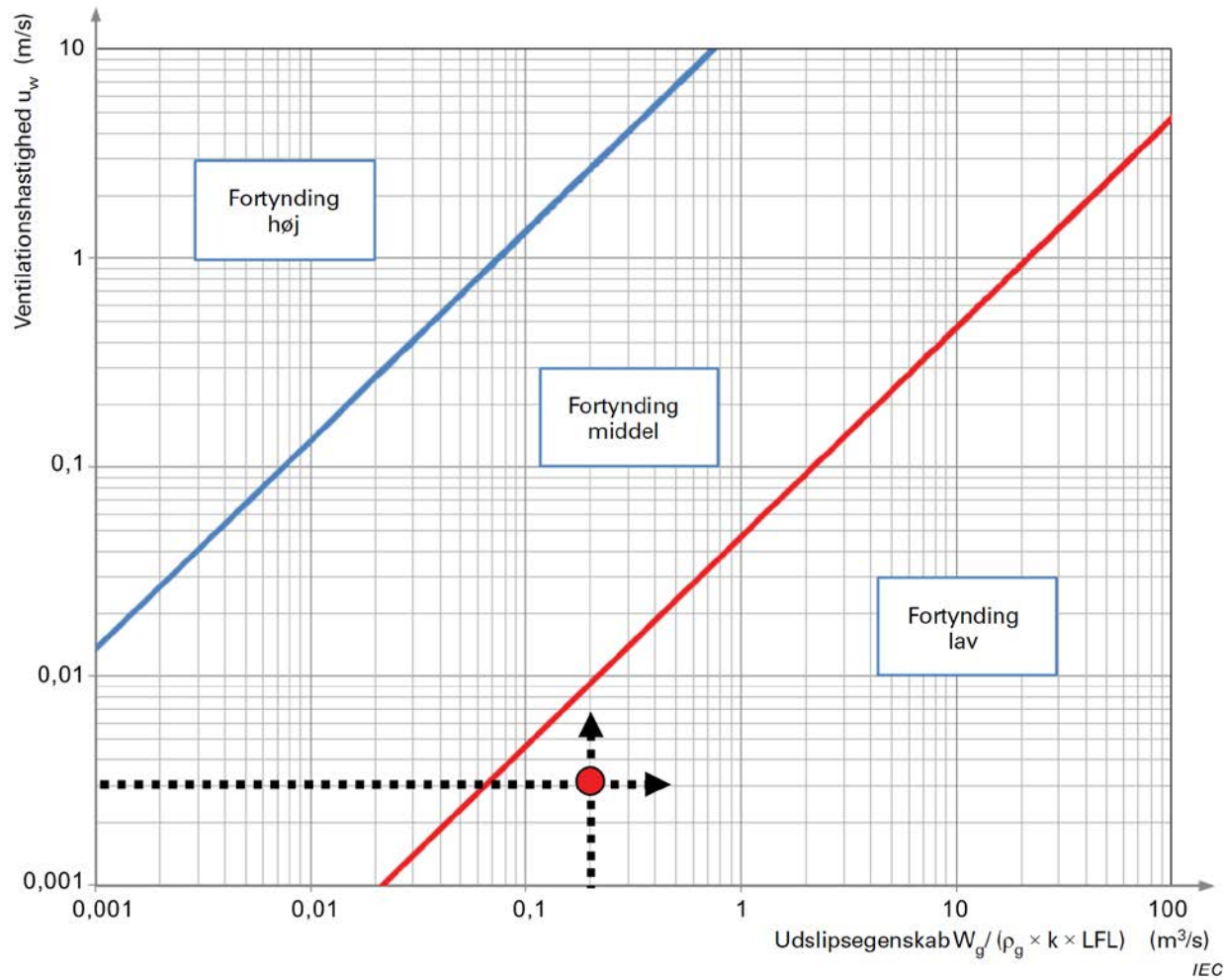
$Q_g = W_g$  som volumenstrøm (fås ved at dividere  $W_g$  med  $\rho$ )

$Q_1$  = Ventilationsflowet igennem rummet

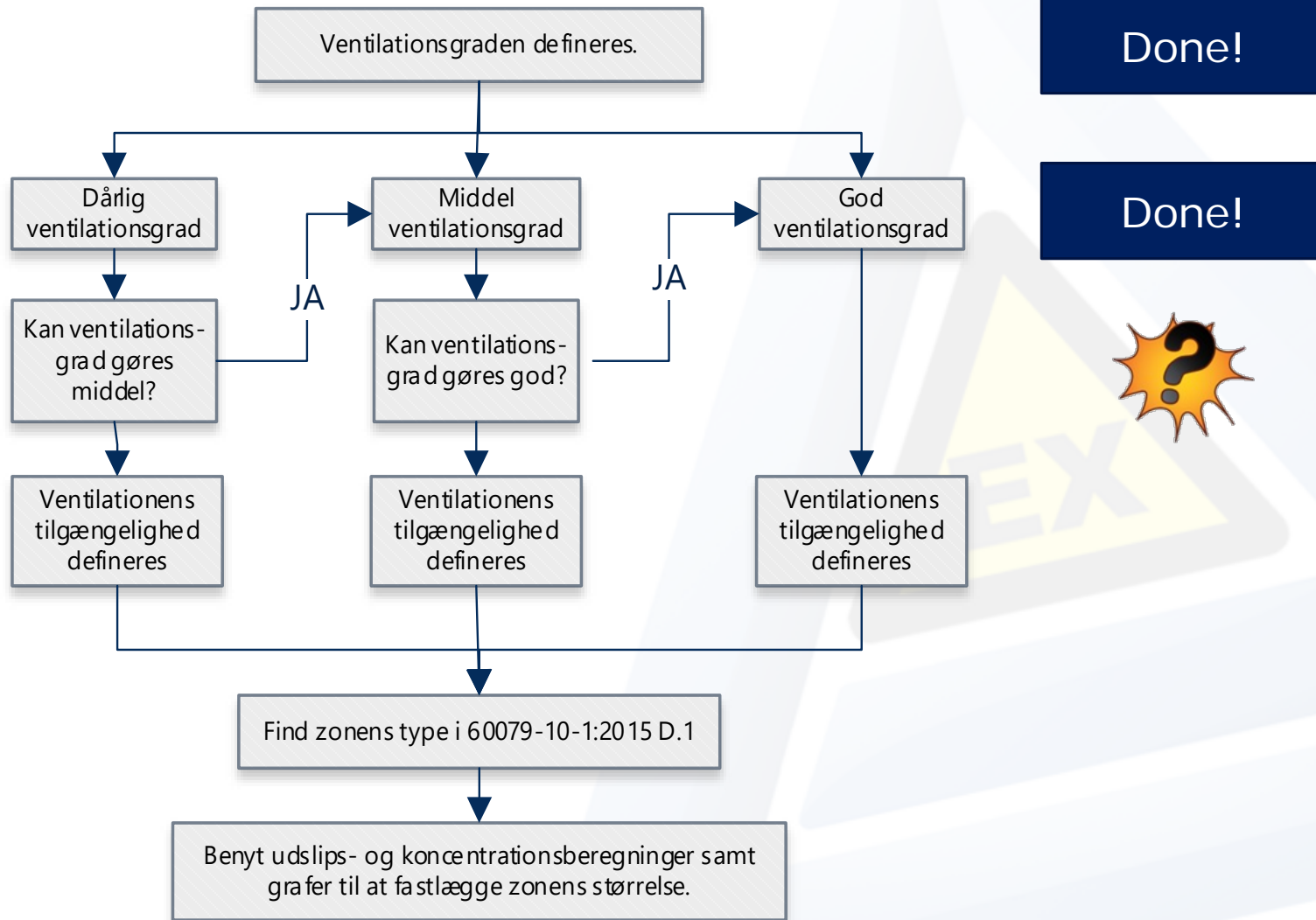
## Bilag F: Udslip og ventilation



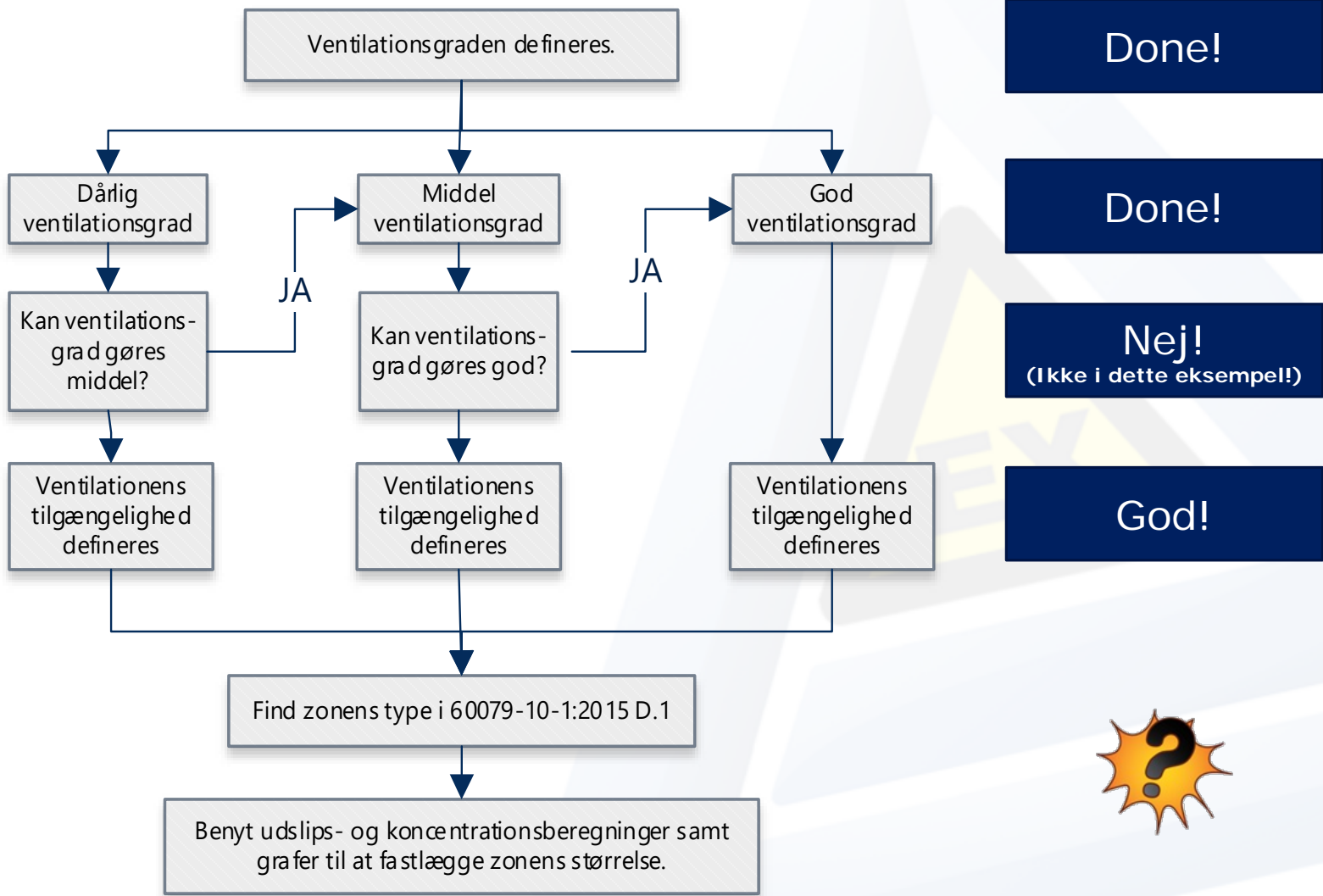
# Ventilationsgraden



# Bilag F: Ventilationsgrad og zoner



# Bilag F: Ventilationsgrad og zoner

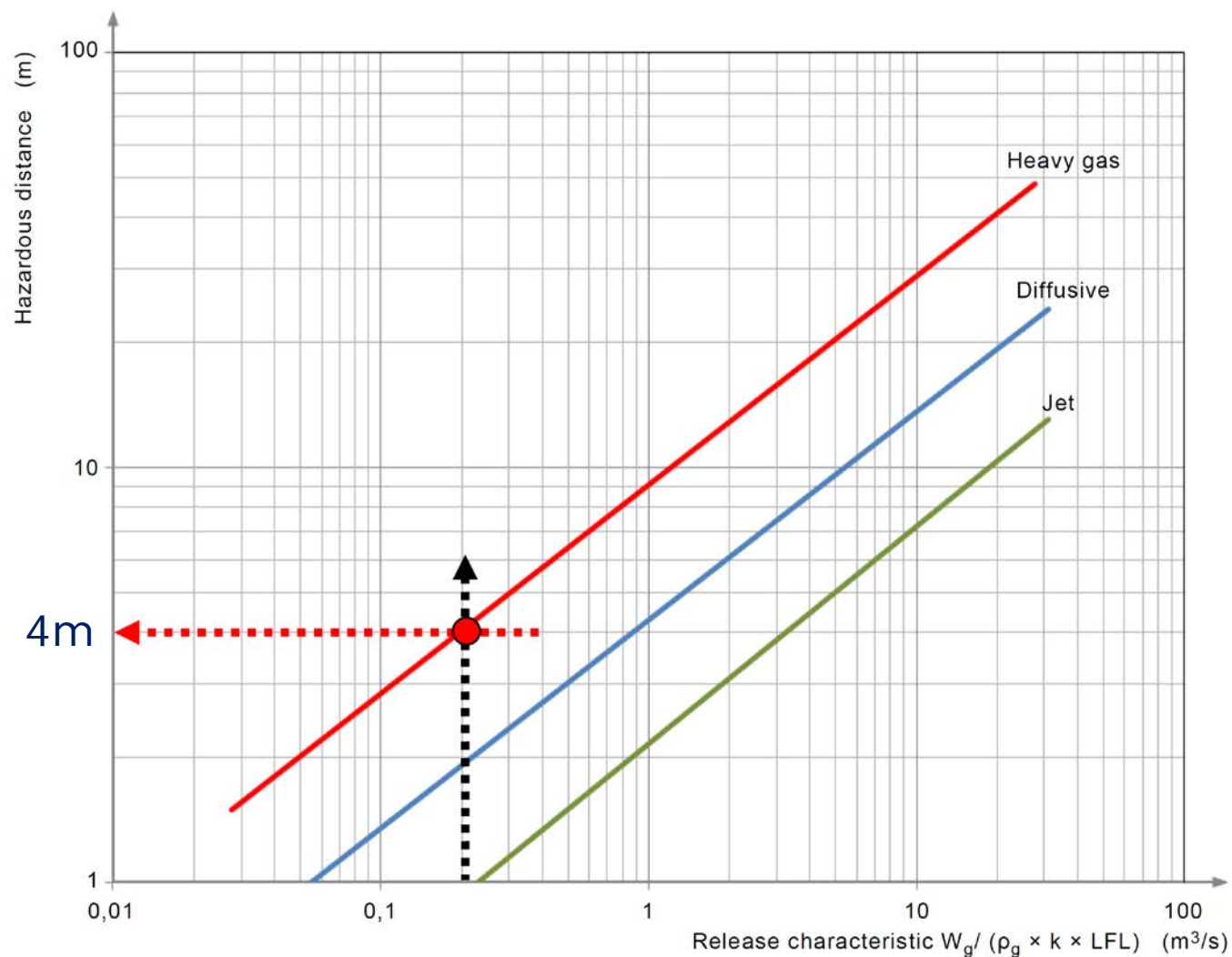


# Zonens type

Udslips-grad	Ventilationsgrad (dilution)						
	Høj			Middel			Lav
	Ventilationens tilgængelighed						
	God	Acceptabel	Dårlig	God	Acceptabel	Dårlig	God/ acceptabel/ dårlig
Kontinuerlig	Ingen zone (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 1 (Zone 0) <sup>a</sup>	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primær	Ingen zone (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 2 (Zone 1) <sup>a</sup>	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1/ zone 0 <sup>c</sup>
Sekundær <sup>b</sup>	Ingen zone (Zone 2) <sup>a</sup>	Ingen zone (Zone 2) <sup>a</sup>	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1/ Zone 0 <sup>c</sup>

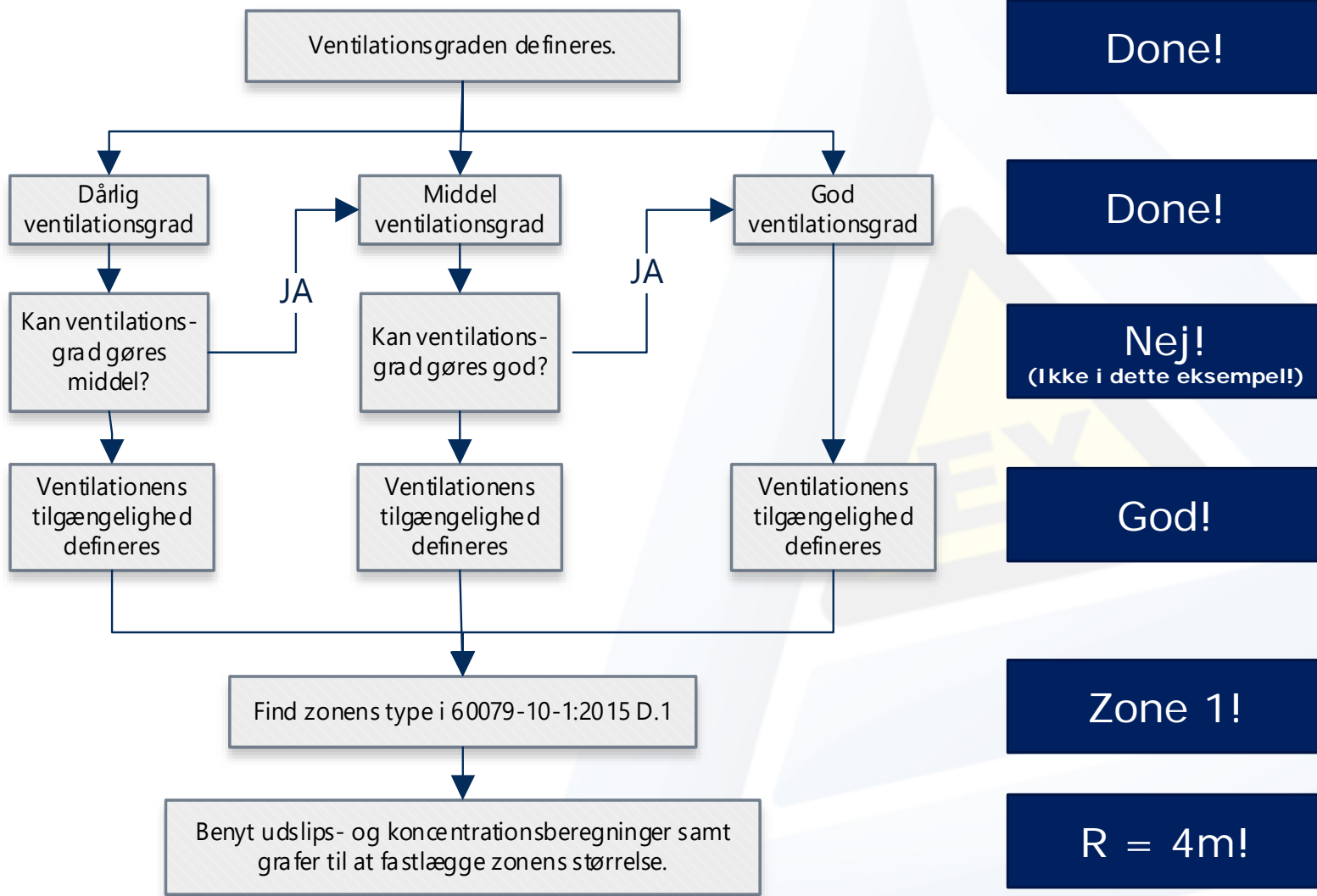


# Zonens udstrækning





## Bilag F: Ventilationsgrad og zoner





# EN 60079-10-2:2015

## Lidt om standarden

- ▶ Metoder til zoneklassifikation
- ▶ Zoneklassifikation af støvområder
  - ▶ Typer af udslip
  - ▶ Størrelsen på zonen



EX

The image shows a large, faint, light blue triangular hazard symbol with a yellow center and the letters 'EX' in grey. This symbol is a standard warning for explosive atmospheres. The background of the slide features a large, stylized, light blue triangle that partially overlaps the hazard symbol.

# 60079-10-2: Metode

**Formålet med zoneklassifikation er at finde:**

- ▶ Typen af zone (zone 20/21/22)
- ▶ Udstrækning af zone

**Metode:**

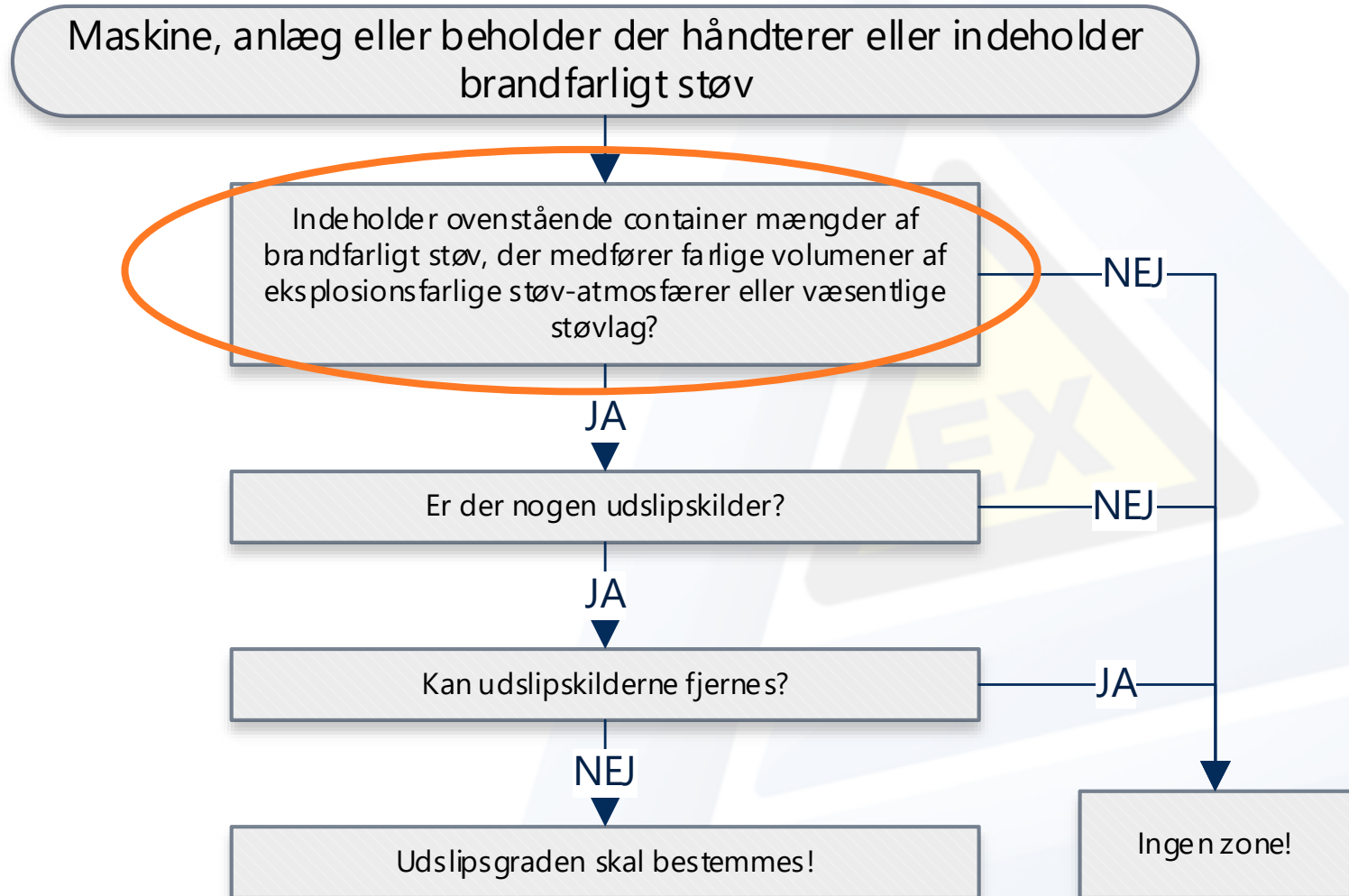
- ▶ "Simpel" zoneklassifikation
  - ▶ Vejledninger og eksempler benyttes med tilpasninger og konservative antagelser
- ▶ "Grundig" zoneklassifikation
  - ▶ Faste forudsætninger, observationer og støvkoncentrationsberegninger
  - ▶ Brug af dele fra bilag F i DS/EN 60079-10-1:2015 til zoneklassifikation af støvatmosfærer

# Støv zoneklassifikation

## Fremgangsmåde:

- ▶ Indledende overvejelser – skal der zoneklas.?
- ▶ Identificér udslipkilde
- ▶ Bestem udslipsgraden – reducer hvis muligt
- ▶ Definér procesparametre der har indflydelse på zonens type og størrelse
- ▶ Bestem typen af zone(r)
- ▶ Bestem zoners udstrækning

# Støv zoneklassifikation





# Brandbart støv?

**Definition:** Fint fordelte massive partikler på 500  $\mu\text{m}$  eller mindre, som kan forårsage en eksplosiv blanding med luft ved normalt tryk og temperatur.

**Hvilke typer støv kan danne en eksplosiv blanding med luft?**



EX

# Brandbart støv?

**Definition:** Fint fordelte massive partikler på 500  $\mu\text{m}$  eller mindre, som kan forårsage en eksplosiv blanding med luft ved normalt tryk og temperatur.

## Hvilke typer støv kan danne en eksplosiv blanding med luft?

- Organiske støvtyper
  - Foderstoffer
  - Carbonholdigt støv
- Metalstøv
- Plastikstøv (bestemte typer)
- Kemikaliestøv (bestemte typer)

# Brandbart støv?

## **Agricultural Products**

Egg white  
Milk, powdered  
Milk, nonfat, dry  
Soy flour  
Starch, corn  
Starch, rice  
Starch, wheat  
Sugar  
Sugar, milk  
Sugar, beet  
Tapioca  
Whey  
Wood flour

## **Agricultural Dusts**

Alfalfa  
Apple  
Beet root  
Carrageen  
Carrot  
Cocoa bean dust  
Cocoa powder  
Coconut shell dust  
Coffee dust  
Corn meal  
Cornstarch  
Cotton

Cottonseed  
Garlic powder  
Gluten  
Grass dust  
Green coffee  
Hops (malted)  
Lemon peel dust  
Lemon pulp  
Linseed  
Locust bean gum  
Malt  
Oat flour  
Oat grain dust  
Olive pellets  
Onion powder  
Parsley (dehydrated)  
Peach  
Peanut meal and skins  
Peat  
Potato  
Potato flour  
Potato starch  
Raw yucca seed dust  
Rice dust  
Rice flour  
Rice starch  
Rye flour  
Semolina

Soybean dust  
Spice dust  
Spice powder  
Sugar (10x)  
Sunflower  
Sunflower seed dust  
Tea  
Tobacco blend  
Tomato  
Walnut dust  
Wheat flour  
Wheat grain dust  
Wheat starch  
Xanthan gum

## **Carbonaceous Dusts**

Charcoal, activated  
Charcoal, wood  
Coal, bituminous  
Coke, petroleum  
Lampblack  
Lignite  
Peat, 22% $H_2O$   
Soot, pine  
Cellulose  
Cellulose pulp  
Cork  
Corn

## **Chemical Dusts**

Adipic acid  
Anthraquinone  
Ascorbic acid  
Calcium acetate  
Calcium stearate  
Carboxy-methylcellulose  
Dextrin  
Lactose  
Lead stearate  
Methyl-cellulose  
Paraformaldehyde  
Sodium ascorbate  
Sodium stearate  
Sulfur

## **Metal Dusts**

Aluminum  
Bronze  
Iron carbonyl  
Magnesium  
Zinc

## **Plastic Dusts**

(poly) Acrylamide  
(poly) Acrylonitrile  
(poly) Ethylene  
(low-pressure process)

Epoxy resin  
Melamine resin  
Melamine, molded  
(phenol-cellulose)  
Melamine, molded  
(wood flour and  
mineral filled phenol-  
formaldehyde)  
(poly) Methyl acrylate  
(poly) Methyl acrylate,  
emulsion polymer  
Phenolic resin  
(poly) Propylene  
Terpene-phenol resin  
Urea-formaldehyde/  
cellulose, molded  
(poly) Vinyl acetate/  
ethylene copolymer  
(poly) Vinyl alcohol  
(poly) Vinyl butyral  
(poly) Vinyl chloride/  
ethylene/vinyl  
acetylene suspension  
copolymer  
(poly) Vinyl chloride/  
vinyl acetylene  
emulsion  
copolymer





# Brandbart støv?

## Vigtigste egenskaber for zoneklassifikation:

- ▶ Partikelstørrelse
- ▶ Fugtindhold
- ▶ LEL

## Oplysninger findes ved:

- ▶ Test
  - ▶ Gestis StaubEX (IFA) eller andre databaser
  - ▶ Internettet
- 

# Farlige mængder støv?

## Støvskyer:

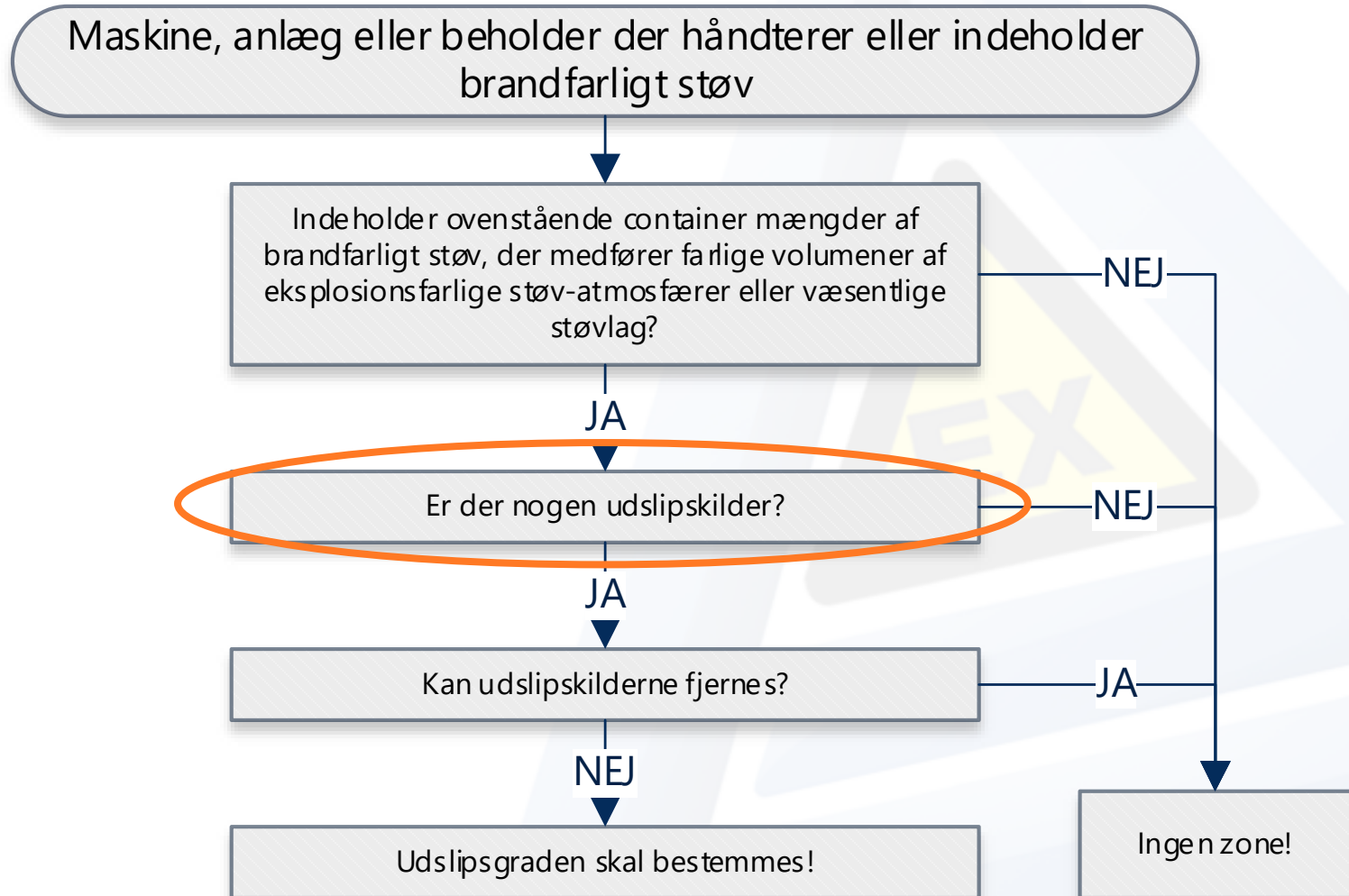
- ▶ Hvis det vurderes at der kan være 10L sammenhængende eksplosiv atmosfære er der typisk tale om et "farligt volumen".

## Støvlag:

- ▶ > 5mm støv

A large, faint, light blue hazard symbol is visible in the background. It consists of a yellow triangle with a black border, containing the letters 'EX' in black. This is a standard hazard symbol for explosive atmospheres.

# Støv zoneklassifikation



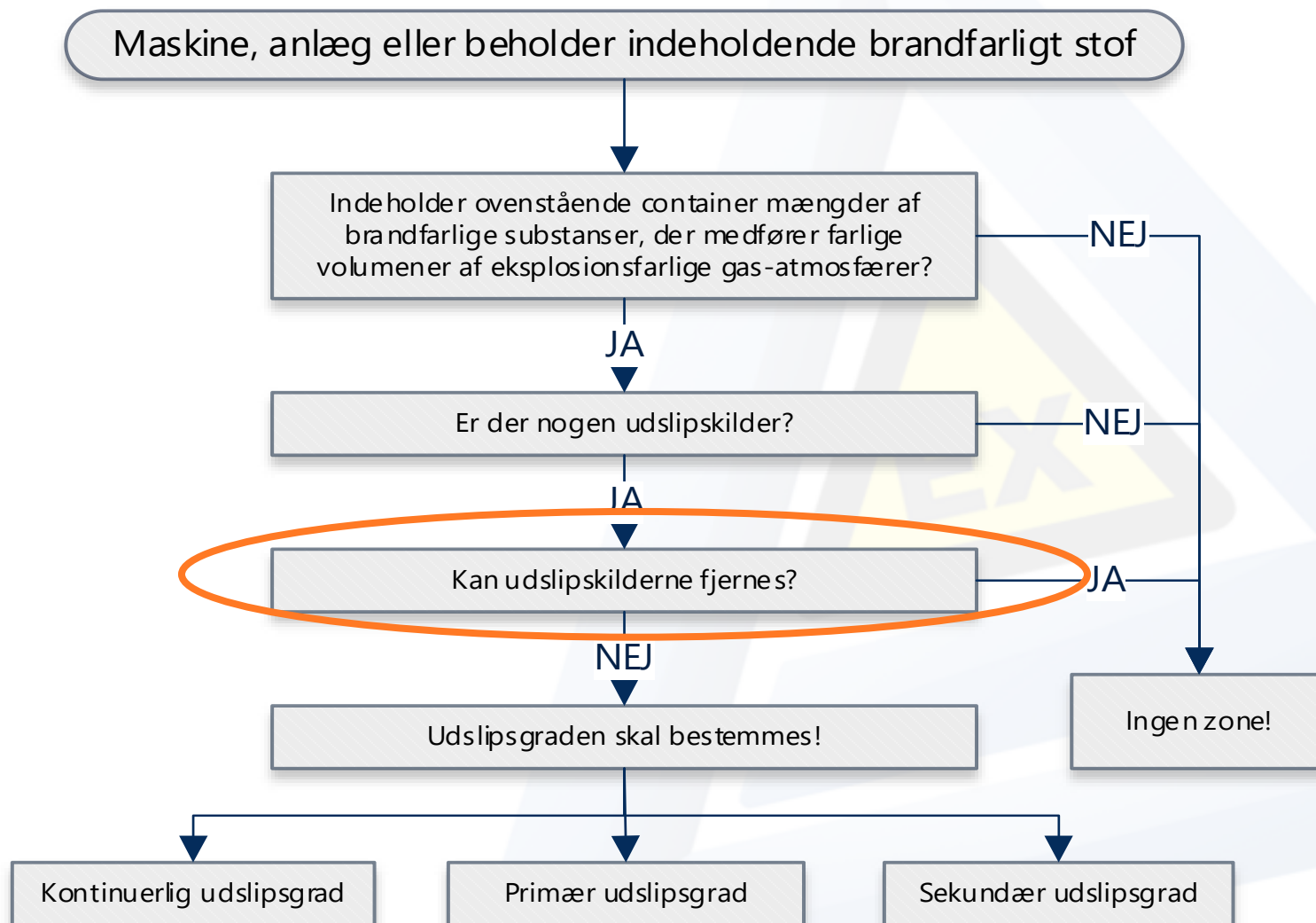


# Udslipsskilder

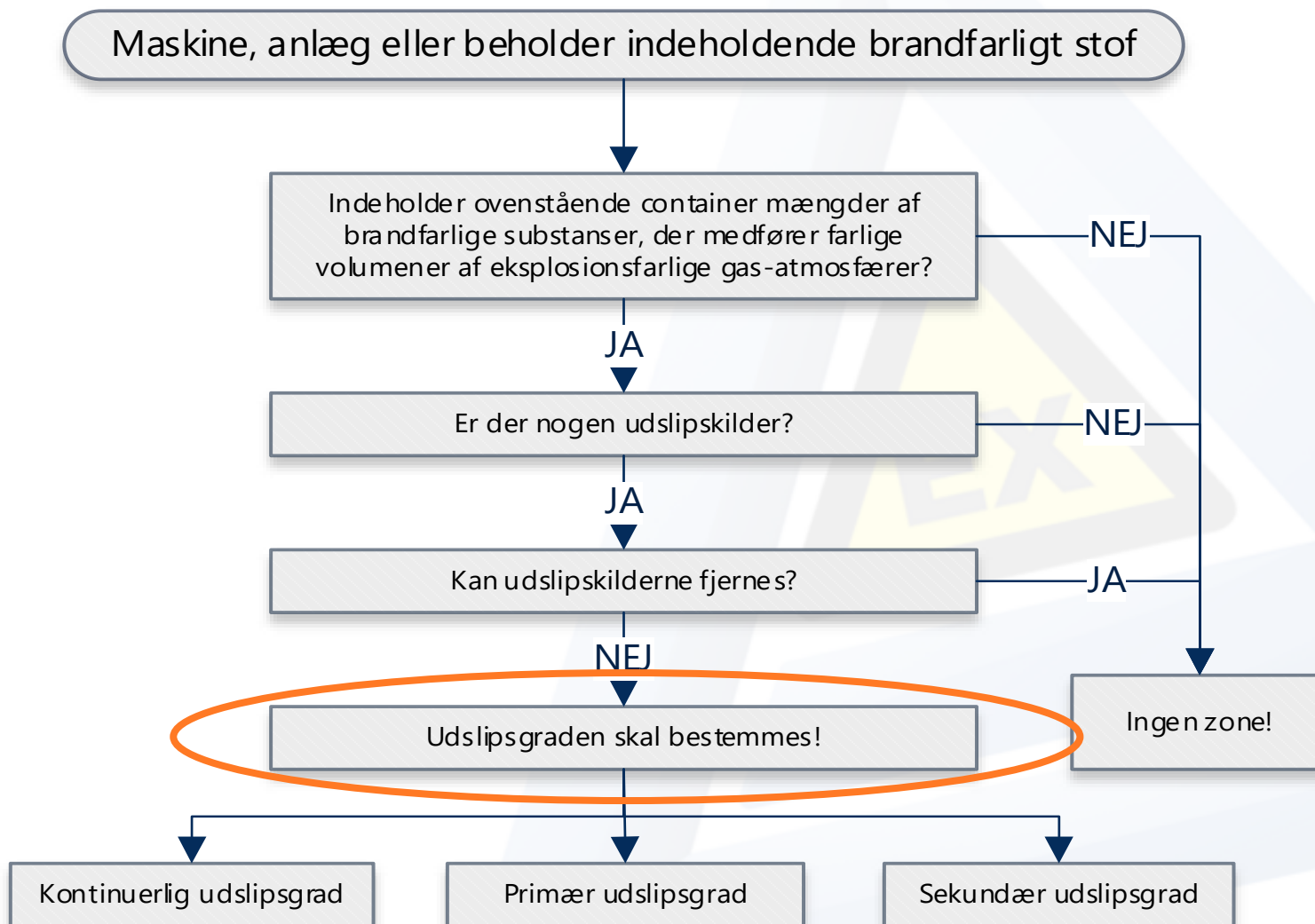
## Eksempler på udslipsskilder:

- ▶ Udslipsskilder pga. håndtering
    - ▶ Støvudvikling ved håndtering, transport, fyldning og tømning med brandfarligt støv
  - ▶ Udslipsskilder pga. proces
    - ▶ Biprodukt ved bearbejdning af solide materialer
- 

# Støv zoneklassifikation



# Støv zoneklassifikation



# Udslipsgrader

Udslipsgrad	Definition	Fortolkning	Zone
Kontinuerlig	Område, hvor der uafbrudt eller i lange perioder eller ofte forekommer eksplosiv atmosfære i form af en sky af brændbart støv i luft.	> 1000 timer/år	20
Primær	Område, hvor det kan forventes, at der ved normal drift lejlighedsvis forekommer eksplosiv atmosfære i form af en sky af brændbart støv i luft.	10 - 1000 timer/år	21
Sekundær	Område, hvor det ikke forventes, at der ved drift forekommer eksplosiv atmosfære i form af en sky af brændbart støv i luft, eller hvor forekomsten, hvis det sker, kun er af kort varighed.	2 - 10 timer/år	22

# Zonens type

Zone	Tilnærmede eksempler
20	I områder med kontinuerlig udslipsgrad. Indvendigt i siloer og lagre, produktions- og håndteringsudstyr, møller, hvor der er eksplosiv atmosfære tilstede kontinuerligt.
21	I områder med primær udslipsgrad. Indvendigt i produktions- og håndteringsudstyr hvor der er eksplosiv atmosfære tilstede periodisk, samt omkring adgangsområder ved disse. Beskidte side af filtre i ventilationsanlæg. Uden på en eksisterende ikke-indelukket zone 20.
22	I områder med sekundær udslipsgrad. Støvlag, hvis der er sjælden mulighed for at disse kan ophvirvles. Rene sider af filtre (ved fejl i disse). Uden på en eksisterende ikke-indelukket zone 21. Zone 21 der nedklassificeres med ventilation eller tilsvarende.





Hvilke parametre er relevante for fastlæggelse af udslipsgrad?

**Undersøges:**

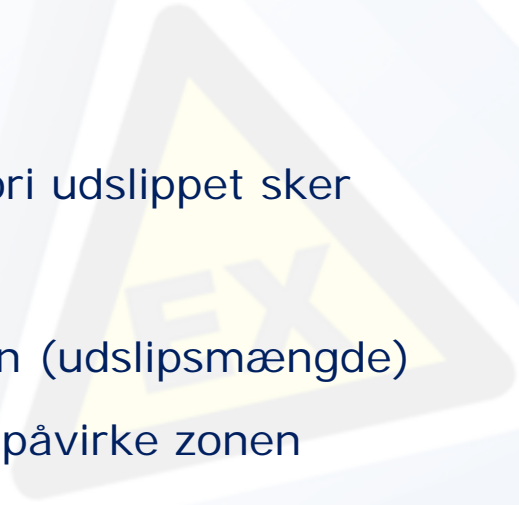


EX

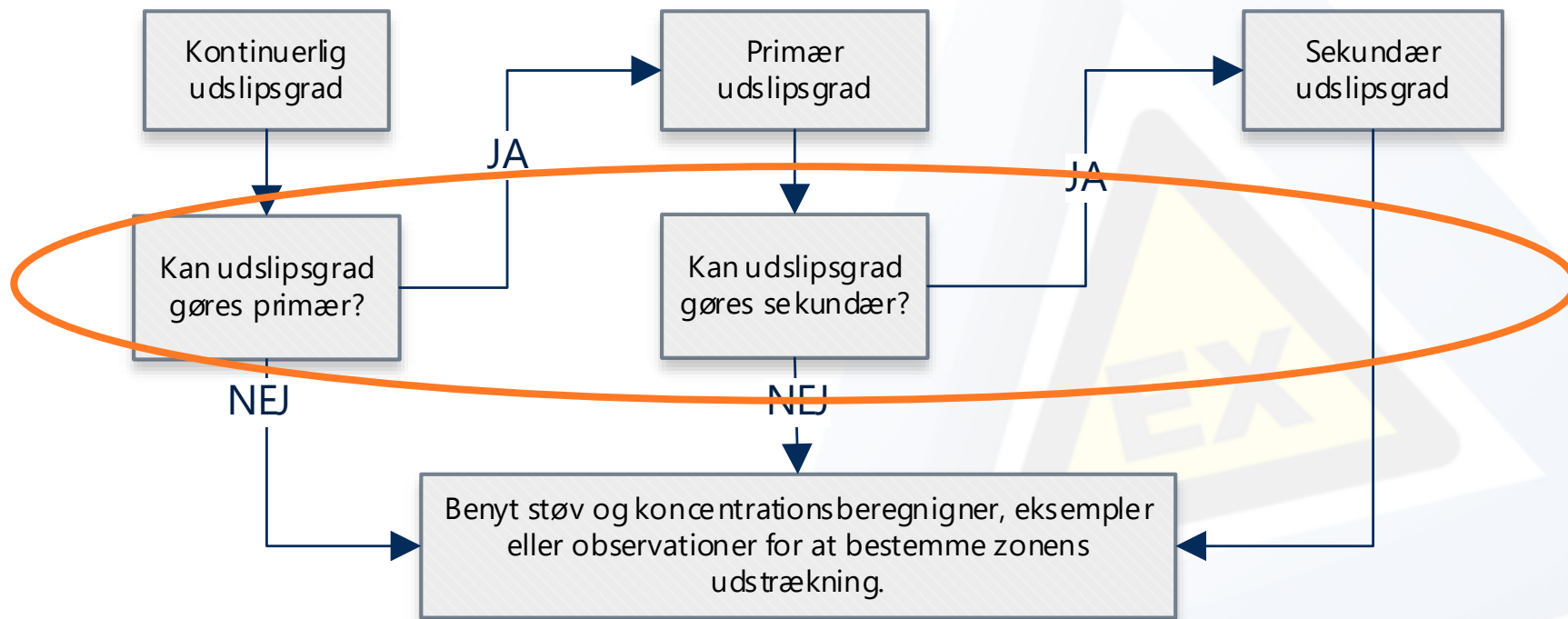


## Hvilke parametre er relevante for fastlæggelse af udslipsgrad?

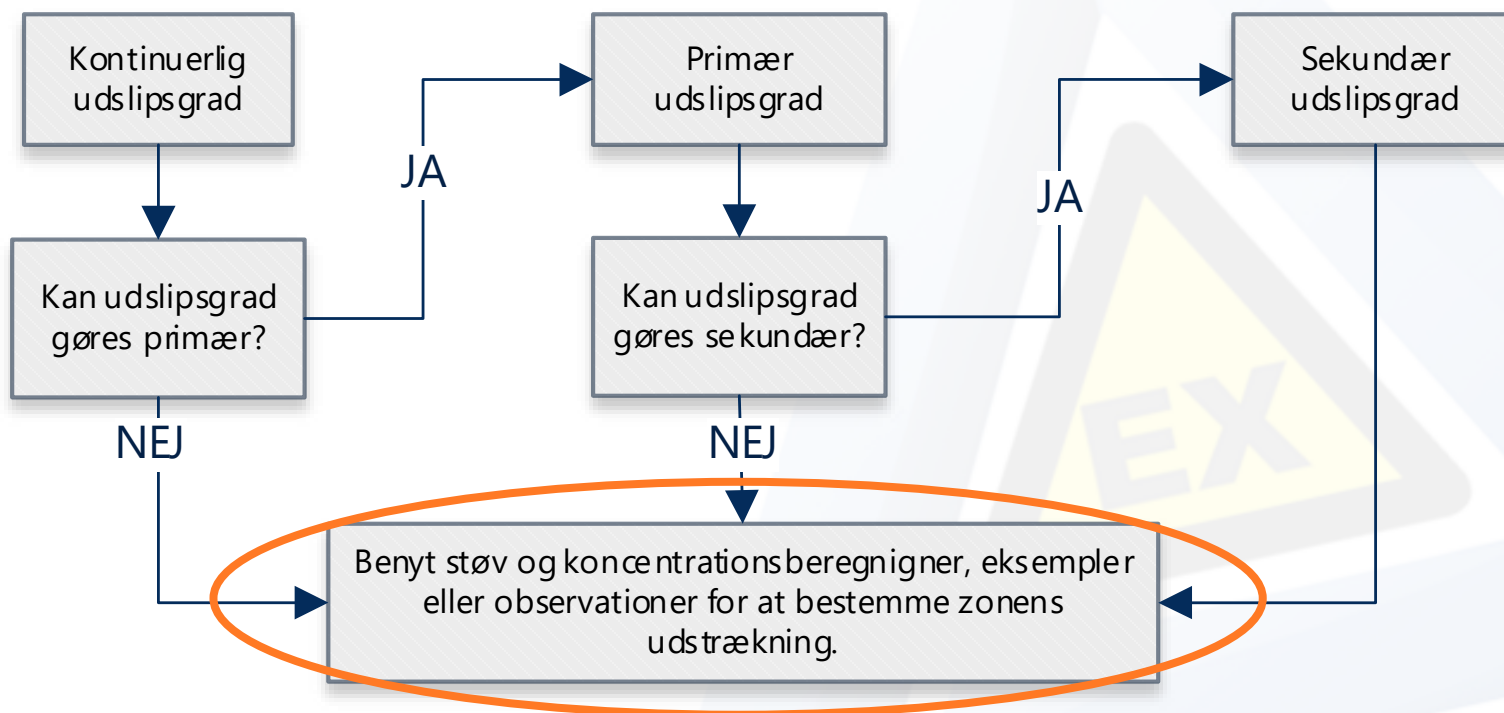
### Undersøges:

- ▶ Støvdataba
    - ▶ LEL
  - ▶ Data om omgivelserne
    - ▶ Volumenet på rummet hvori udslippet sker
  - ▶ Data om processen
    - ▶ Omfanget af støvdannelsen (udslipsmængde)
    - ▶ Ventilation/udsug der kan påvirke zonen
    - ▶ Rengøringsrutiner
- 

# Støv zoneklassifikation




# Støv zoneklassifikation





## Fastlæggelse af zonen størrelse

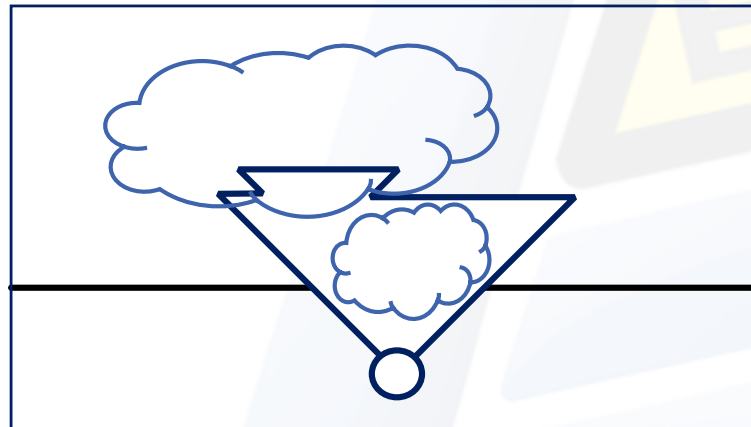
### Praktisk vurdering - muligheder:

- ▶ Overvej om støvskyen er afgrænset
  - ▶ Beregning koncentrationen af støvskyen og vurder hvor langt ud at støvskyen er over 25% LEL
- 

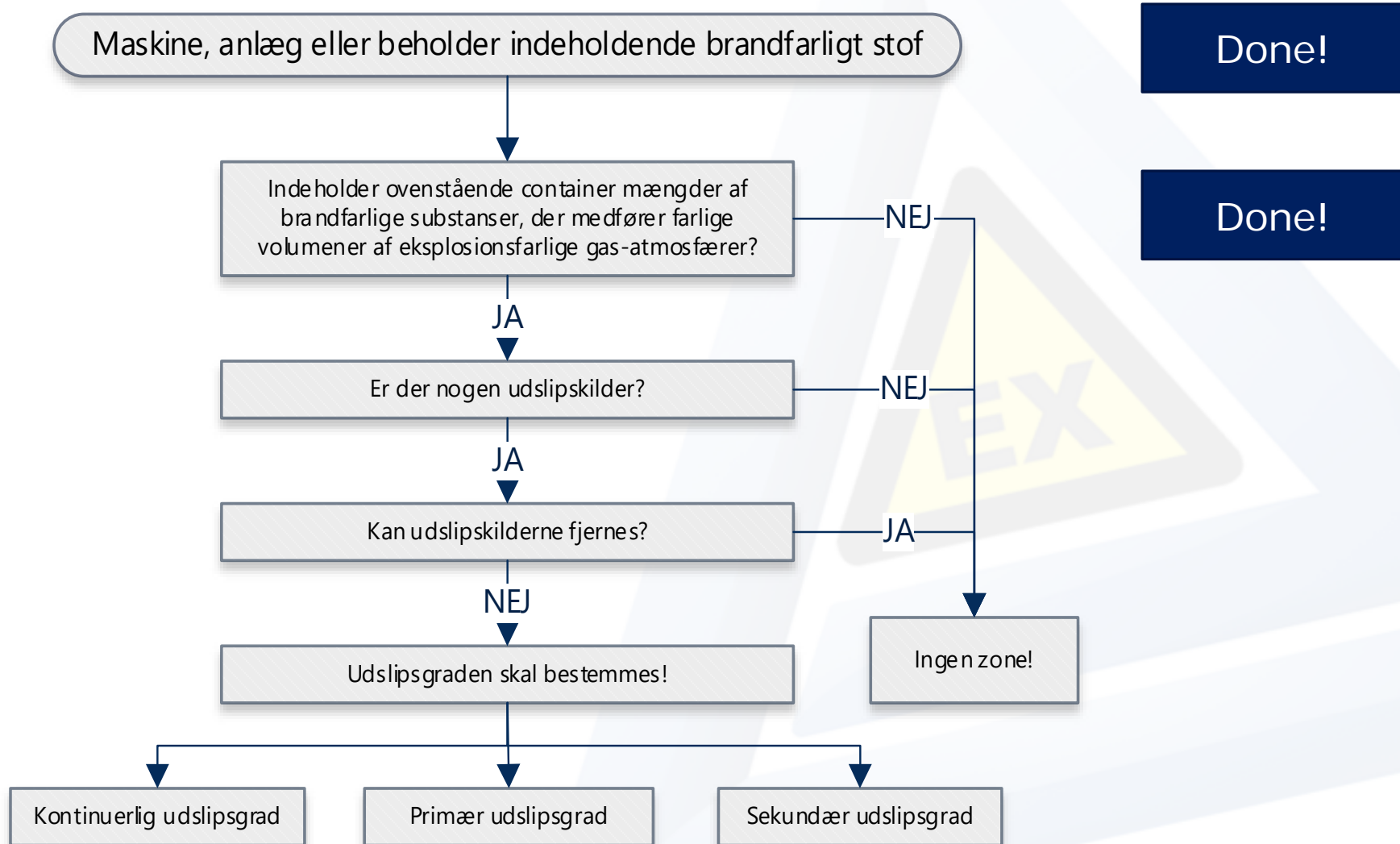
# Eksempel!

## Station til sækketømning inde i en bygning og uden udsugning

- Der håndteres brandbart støv i store mængder
- Personalet oplyser at anlægget kører konstant
- Sækketømningsstationen består af en sigte med et åbent mandehul i top og en celledluse i bunden



# Støv zoneklassifikation



# Eksempel!

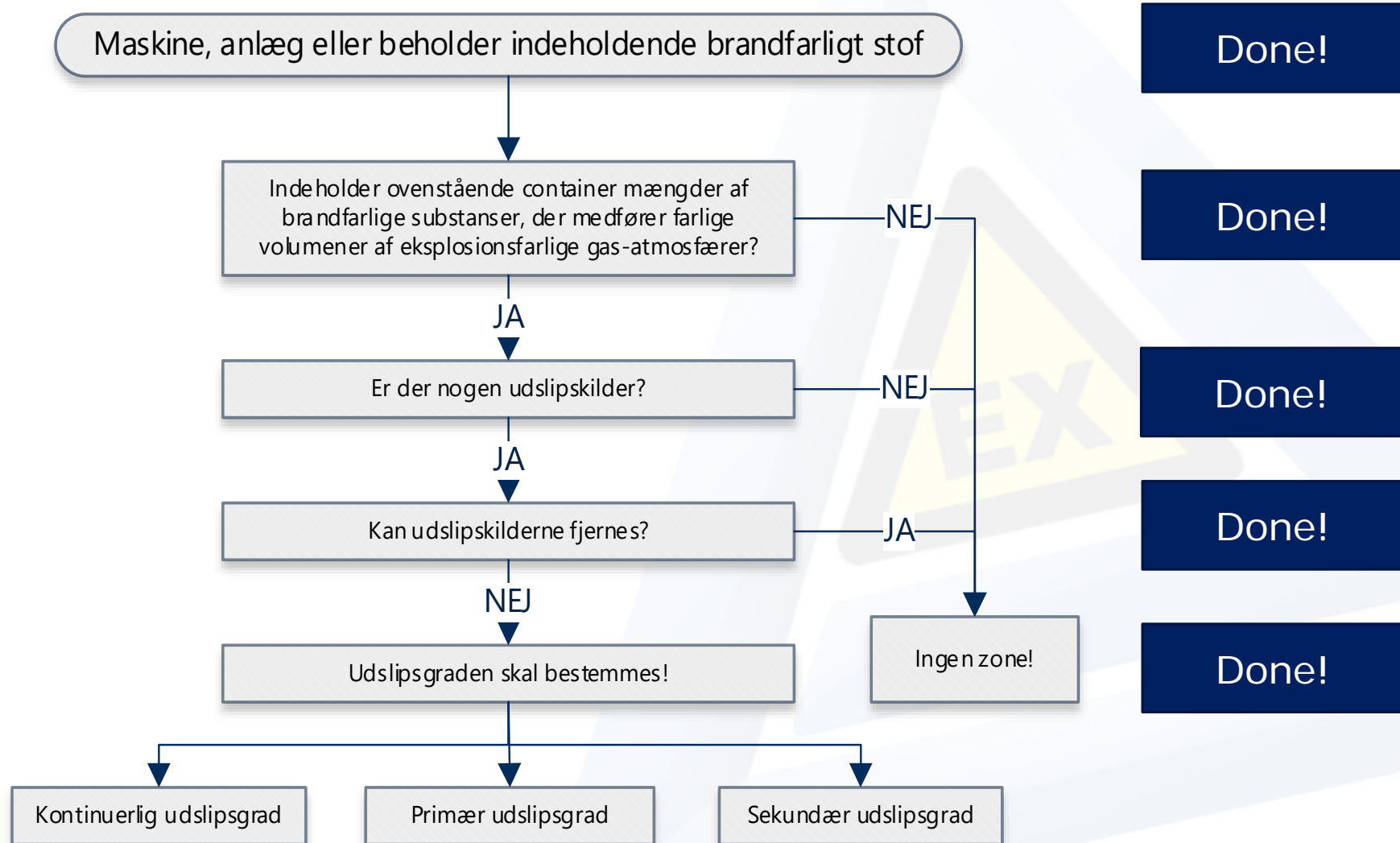
## Udslipskilder og zoneklassifikation:

Placering	Vurdering	Udslipsgrad	Zone
I sigten	Der er en eksplosiv atmosfære til stede hyppigt og i tilfælde kontinuerligt (>1000 timer/år).	Kontinuerlig	20
Ud fra mandehul pga. støvudvikling	Det åbne mandehul har ingen udsugning. Derfor zone 21, som strækker sig en vis afstand fra kanten af mandehullet og ned til gulvet. En zone 22 kan forekomme i nærheden af zone 21 på grund af ansamling af støv som et lag.	Primær/ sekundær	21 + 22

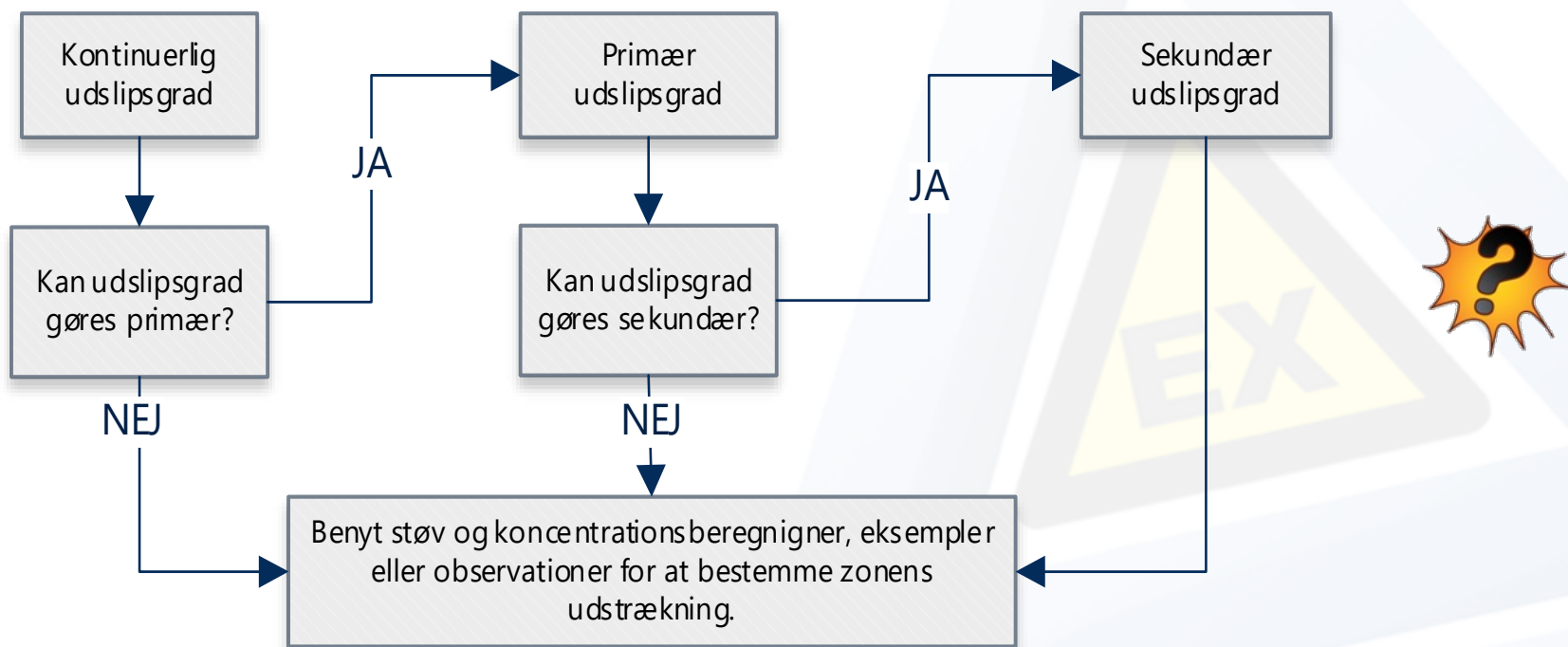
Hvordan kunne ovenstående forbedres?



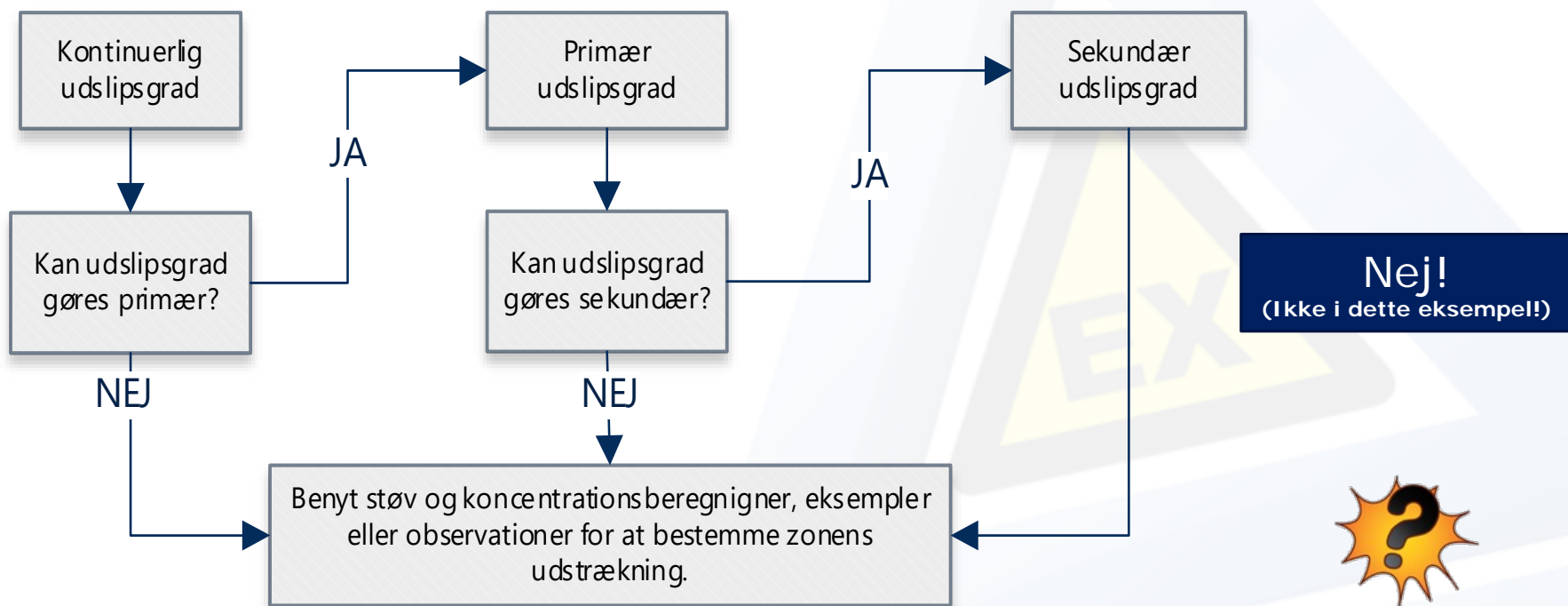
# Eksempel!



# Eksempel!



# Eksempel!



# Eksempel!

## Praktisk vurdering - muligheder:

- Overvej om støvskyen er afgrænset
- Beregning koncentrationen af støvskyen og vurder hvor langt ud at støvskyen er over 25% LEL

Placering	Zone	Udslipsgrad	Udstrækning
I sigten	20	Kontinuerlig	I hele sigten indvendigt.
Ud fra mandehul pga. støvudvikling	21	Primær	1m omkring mandehullet ned til gulv ud fra visuel vurdering og beregning af støvmængder (25% LEL).
	22	Sekundær	1m omkring zone 21 pga. støvlag på gulvet.

**Så kan vi zoneklassificere!**



# Spørgsmål?



**Mike Thomsen**

**Risk Assessment Engineer**

**[mt@tml-as.dk](mailto:mt@tml-as.dk)**

**+45 60 16 89 91**



**TML**  
**SAFETY ENGINEERING**