



Technologische Reeks Poedertechnologie  
Handleidingen en Codes van Goede Praktijk

## **Deel 2 : Stofexplosies en de ATEX-regelgeving**

Augustus 2007

*Stijn Lemmens  
Kathleen Smolders*



# Inhoudstafel

<b>INHOUDSTAFEL</b> .....	<b>2</b>
<b>1 STOFEXPLOSIES</b> .....	<b>4</b>
1.1 WAT IS EEN STOFEXPLOSIE? .....	4
1.2 HOE ONTSTAAT EEN STOFEXPLOSIE? .....	4
1.3 HOE VERLOOPT EEN STOFEXPLOSIE? .....	8
<b>2 ATEX-RICHTLIJNEN</b> .....	<b>9</b>
2.1 WAT? .....	9
2.2 ATEX 95 : ECONOMISCHE RICHTLIJN.....	9
2.3 ATEX 137 : SOCIALE RICHTLIJN .....	10
<b>REFERENTIES</b> .....	<b>12</b>



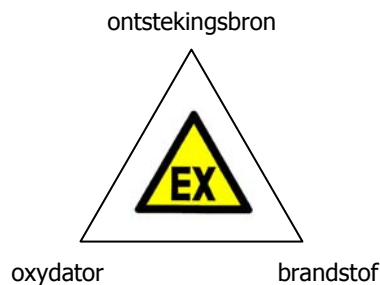
# 1 Stofexplosies

## 1.1 Wat is een stofexplosie?

Een (stof)explosie is een plotselinge, heftige vrijzetting van energie, die gepaard gaat met de opbouw van drukgolven.

## 1.2 Hoe ontstaat een stofexplosie?

Voor een stofexplosie moet er voldaan zijn aan de *nodige* voorwaarden. Deze kunnen samengevat worden in de explosiedriehoek die staat voorgesteld in figuur 1.



Figuur 1 : de explosiedriehoek

### 1. Oxydator :

De meest gangbare oxydator is zuurstof. Deze is van nature uit in de lucht aanwezig zodat hier weinig of geen invloed kan worden op uitgeoefend tenzij de ruimte geïntertiseerd wordt.

### 2. Ontstekingsbron :

Een ontstekingsbron is bijvoorbeeld een vonk. Deze kan ontstaan in of door elektrische apparatuur (verlichting, elektromotoren, stopcontacten,...) of op plaatsen waar statische elektriciteit ontstaat door metalen machineonderdelen die aanlopen tegen vaste metalen onderdelen (ventilatoren, spiraaltransportsystemen,...). Verder in deze tekst wordt dieper ingegaan op de verschillende types van ontstekingsbronnen.

### 3. Brandstof :

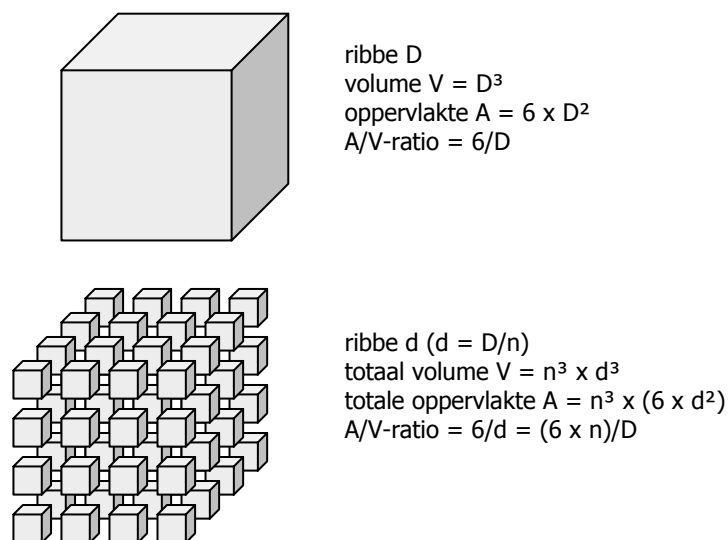
De taak van de brandstof in de explosiedriehoek wordt bij stofexplosies vervuld door brandbare stoffen/poeders. Suiker, veevoeder, meel, melkpoeder, metaalpoeder,... zijn alom bekende organische producten die kunnen branden en dus exploderen. Ook poeders uit de kunststof- of farmaceutische wereld kunnen echter exploderen.

Deze drie nodige voorwaarden volstaan echter niet om een explosie te veroorzaken. Er moet ook rekening gehouden worden met onderstaande voorwaarden.

- a) Het poeder moet in suspensie/turbulentie gebracht zijn. Er moet contact zijn tussen de poederdeeltjes en de oxydator.
- b) De poederdeeltjes moeten fijn genoeg zijn.  
Wanneer een compacte brandbare stof tot ontsteking wordt gebracht, zal deze langzaam verbranden. We spreken dan van een brand. Wanneer dezelfde hoeveelheid echter fijn

verdeeld en vermengd met lucht een stofwolk vormt, kan een zeer snelle verbranding plaatsvinden, die gepaard gaat met een explosie.

Hieruit kan afgeleid worden dat verbranding een oppervlakteproces is. In figuur 2 wordt dit visueel voorgesteld. Hoe groter de Oppervlakte/Volume-ratio, hoe sneller de verbranding kan verlopen. Voor deeltjes kleiner dan  $50\mu\text{m}$  is de impact van de deeltjesgrootte op het verloop van de explosie miniem. Deeltjes groter dan  $1\text{mm}$  zijn slechts in zeer zeldzame gevallen explosief.



**Figuur 2: Oppervlakte/Volume-ratio**

Ook de vorm van de poederdeeltjes speelt een rol. Een mooi sferisch deeltje zal minder snel verbranden dan een deeltje met eenzelfde volume, maar met een onregelmatige vorm, aangezien ook hier de Oppervlakte/Volume-ratio groter is.

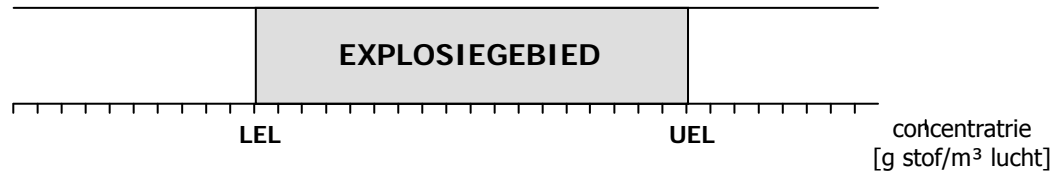
- c) De concentratie van het poeder moet hoog genoeg zijn.

Een belangrijk begrip bij de bespreking van stofexplosies is het explosiegebied, dat wordt begrensd door de onderste explosiegrens (Lower Explosion Level – LEL) en de bovenste explosiegrens (Upper Explosion Level – UEL).

De explosiegrens is de concentratie van de vaste stof uitgedrukt in volumepercent in lucht waarbij het stof/luchtmengsel bij ontsteking kan ontbranden of exploderen.

Bij een te lage concentratie aan vaste stof is er geen explosiegevaar (een te arm mengsel) en zal het alleen reageren als er voortdurend warmte van buitenaf wordt toegevoegd. De onderste explosiegrens wordt bepaald door het laagste percentage waarbij het mengsel nog tot ontploffing kan worden gebracht.

Bij een te grote concentratie aan stof is er ook geen explosiegevaar (te rijk mengsel) maar er is wel kans op het ontstaan van brand. Beide explosiegrenzen verschillen naar gelang de poeders. Voor poeders ligt de LEL meestal boven  $30\text{g/m}^3$ . De UEL ligt meestal in de orde van  $\text{kg/m}^3$  en is daarom weinig zinvol in reële toepassing. In figuur 3 wordt het explosiegebied schematisch voorgesteld.



Figuur 3: LEL en UEL

Door aanwezigheid van een zeer minieme fractie aan brandbare dampen of gassen, kan de onderste explosiegrens van het stof/luchtmengsel aanzienlijk verlagen. Dergelijke hybride mengsels kunnen o.a. ontstaan bij de op- en overslag en verwerking van producten zoals sojaschroot, wanneer het extractiemiddel onvoldoende verwijderd is.

- d) Het poeder moet droog genoeg zijn.

Ook het vochtgehalte van het desbetreffende poeder is van belang aangezien het aanwezige vocht zal verdampen en dus warmte zal onttrekken tijdens de verbranding. Het vochtgehalte beïnvloedt dus vooral de nodige ontstekingsenergie.

- e) Ontstekingsgevoeligheid

De ontstekingsbron waarover hierboven gesproken werd, moet in staat zijn voldoende energie te leveren om de brandbare stof te ontsteken. Een belangrijke term die hiermee gepaard gaat is de minimale ontstekingsenergie, vaak afgekort tot MIE of MOE. De minimale ontstekingsenergie wordt gedefinieerd als de kleinste vonkenergie waarmee een stof/luchtmengsel onder ideale omstandigheden kan worden ontstoken. De waarde kan enorm variëren, van minder dan 0,1mJ tot meer dan 1000mJ.

Ook de minimale ontstekingstemperatuur (MOT) is een belangrijk begrip. Dit geeft de laagste temperatuur weer die volgens bepaalde testmethoden een stof/luchtmengsel tot explosie kan brengen. In tegenstelling tot de minimale ontstekingsenergie, varieert de minimale ontstekingstemperatuur veel minder. Vaak ligt de waarde rond 400 – 500°C.

- f) De maximale explosiedruk en maximale drukstijgsnelheid in een *gesloten volume*

De maximale explosiedruk ( $P_{\max}$ ) is de hoogste druk die kan optreden bij een explosie van een optimale concentratie in een gesloten volume. De maximale drukstijgsnelheid ( $dp/dt_{\max}$ ) is de hoogste waarde van de drukstijgsnelheid die kan optreden tijdens deze explosie in een gesloten volume. De maximale explosiedruk in een gesloten volume is afhankelijk van de eigenschappen van de desbetreffende stof (samenstelling, deeltjesgrootte,...) én de initiële druk en temperatuur. De maximale drukstijgsnelheid daarentegen is tevens afhankelijk van het volume waarin de explosie zich kan manifesteren.

Via volgende fomule kan men de stofexplosieconstante  $K_{st}$  bepalen, welke niet langer afhankelijk is van het volume.

$$K_{st} = V^{1/3} \cdot \left( \frac{dp}{dt} \right)_{\max}$$

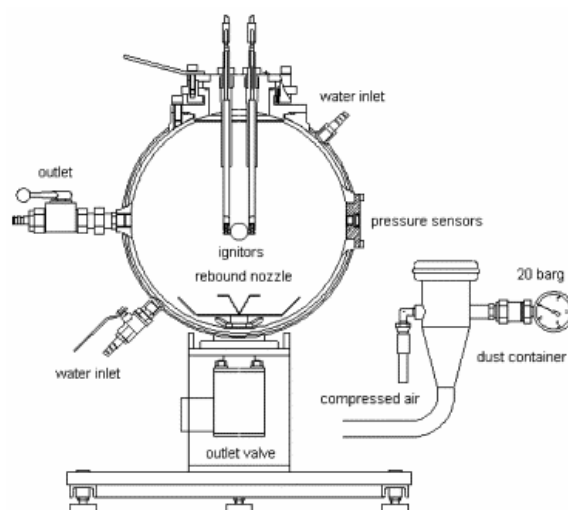
De  $K_{st}$ -waarde van een brandbaar stof is dus de maximale drukstijgsnelheid van het meest ontplofbare stof/luchtmengsel in een bolvormig volume van 1 kubieke meter. Het is een indicatie voor de hevigheid van de explosie en bepaalt tevens de snelheid waarmee dient ingegrepen te worden om een eventuele explosie vroegtijdig te kunnen inperken.

Op basis van de stofexplosieconstante, kunnen stoffen ingedeeld worden in 4 stofexplosieklassen, zoals aangegeven in tabel 1.

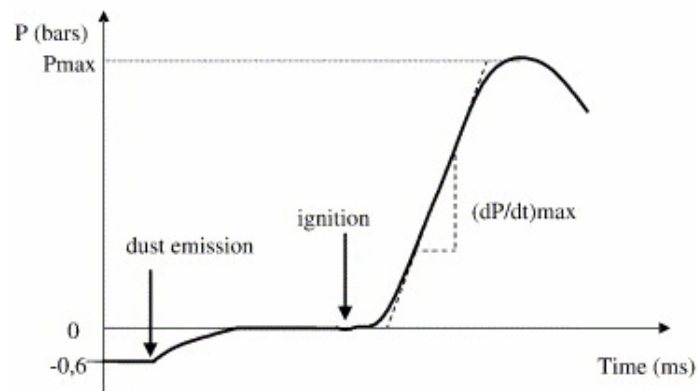
Tabel 1 : De stofexplosieklassen

stofklasse	stofexplosieconstante [bar·m/s]	voorbeelden
St 0	$K_{st} = 0$	cement, krijt, zand, as, aerosil, zouten,...
St 1	$0 < K_{st} \leq 200$	meel, moutstof, veel maïszetmelen, suikerstof, veel houtstofsoorten, zwavelstof, PVC-stof,...
St 2	$201 < K_{st} \leq 300$	beukenhoutstof, epoxyde harsstof, sommige pigmenten, sommige poederaroma's,...
St 3	$K_{st} \geq 301$	aluminiumstof, magnesiumstof,...

Eén van de standaardtesten gebeurt met een 20 liter bol (figuur 4). Met deze opstelling bekomt men een grafiek, analoog aan figuur 5.



Figuur 4: De 20 liter bol



Figuur 5: Evolutie van de druk in een 20 liter bol tijdens een explosie

### 1.3 Hoe verloopt een stofexplosie?

Als er voldaan is aan de hierboven besproken voorwaarden, dan bestaat er een reële kans op een stofexplosie. Zulk een stofexplosie is in wezen niets anders dan een zeer snelle verbranding van zwevende brandbare stofdeeltjes in lucht. Omdat de verbranding heel snel plaatsvindt, spreekt men over een explosieve verbranding. De reactie is op een bepaald moment beperkt tot een deel van de stofwolk (heterogene explosie). Dit reagerende deel vormt de vlam. De warmte die in de vlam wordt vrijgemaakt, wordt overgedragen aan nog niet reagerende deeltjes voor het vlamfront.

Veelal zal een dergelijke primaire stofexplosie dus aanleiding geven tot secundaire stofexplosies. De eerste, veelal lichte stofexplosie wervelt ander stof op tot een nieuwe explosieve wolk. Dit leidt tot een kettingreactie, waarbij de opeenvolgende secundaire stofexplosies meestal groter zijn dan de primaire stofexplosie. De secundaire stofexplosies kunnen zo met hoge snelheid door een heel gebouw of een hele fabrieksruimte razen.

Een stofexplosie veroorzaakt een snelle verhoging van de druk. De voortgebrachte drukgolf wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de hitte die bij de verbranding vrijkomt. De voortplantingssnelheid van de vlammen variëren van 1 meter per seconde tot 100 meter per seconde. Indien de voortplantingssnelheid van de vlammen kleiner is dan de geluidssnelheid spreken we van **deflagratie**. Indien de voortplantingssnelheid van de vlammen gelijk is aan de geluidssnelheid spreken we van **detonatie**. Dit laatste gaat gepaard met een schokgolf. Een detonatie zal dikwijls door een deflagratie voorafgegaan worden.

## 2 ATEX-richtlijnen

### 2.1 Wat?

De ATEX-richtlijn (Atmosphères Explosives) is een Europese richtlijn die op 23/3/1994 door het Europese Parlement werd goedgekeurd. De Europese Unie verwacht van iedere lidstaat dat men deze Europese richtlijn omzet naar een nationale wet. De ATEX-richtlijn is bedoeld om te komen tot een totale harmonisering van Europese normen en is van toepassing op alle apparatuur en producten (zowel elektrisch als niet-elektrisch) en beveiligingssystemen die gebruikt worden op plaatsen waar explosieve gas- en/of stofmengsels kunnen ontstaan onder atmosferische omstandigheden. Door de ATEX-richtlijnen kan er het vrij handelsverkeer binnen de Europese Unie gegarandeerd worden.

De ATEX-richtlijn kent twee onderdelen: ATEX 95 en ATEX 137, die in feite een directe aanvulling is op ATEX 95. ATEX 95 (94/9/EC) beschrijft hoe veilig apparatuur moet zijn en ATEX 137 (99/92/EG) beschrijft de eisen om het voor de werknemer zo veilig mogelijk te maken, zowel tijdens de installatie als tijdens het gebruik en het onderhoud van explosiegevaarlijke installaties. De richtlijn betreft minimumvoorschriften voor de verbetering van de gezondheidsbescherming van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen. Deze minimumvoorschriften maken het voor alle Europese lidstaten mogelijk om bij omzetting van de Europese richtlijn naar een nationale wetgeving deze regels nog verder aan te scherpen.

De ATEX-richtlijnen zijn sinds 1 juli 2003 definitief van kracht. Dit betekent dat vanaf deze datum apparaten en beveiligingssystemen moeten voldoen aan de eisen die beschreven zijn in de richtlijnen. Wel werd een overgangstermijn voorzien voor reeds bestaande apparatuur. De arbeidsplaatsen die op of na 1 juli 2003 in gebruik zijn genomen of zijn gewijzigd, uitgebreid of verbouwd moeten direct voldoen aan de bepalingen van dit besluit. Arbeidsplaatsen die voor 1 juli 2003 in gebruik zijn genomen, dan wel zijn gewijzigd, uitgebreid of verbouwd, moeten vanaf 1 juli 2006 voldoen aan de bepalingen van dit besluit.

### 2.2 ATEX 95 : economische richtlijn

#### Titel

*Richtlijn 94/9/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 maart 1994 inzake de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de Lidstaten betreffende apparaten en beveiligingssystemen bedoeld voor gebruik op plaatsen waar ontploffingsgevaar kan heersen.*

#### Inhoud

In de ATEX 95-richtlijn worden minimeisen aan apparaten en beveiligingssystemen voor het gebruik in explosiegevaarlijke omgevingen gedefinieerd en is dus in eerste plaats bedoeld voor fabrikanten van apparatuur die deze op de markt willen brengen.

Apparaten worden volgens de ATEX 95-richtlijn ingedeeld in twee groepen :

Groep I : mijnen (ondergronds)

Groep II : alle overige bestemmingen

Deze groepen worden verder ingedeeld in categorieën, afhankelijk van de categorie worden zwaardere eisen gesteld.



Voor Groep I zijn dit :

Categorie 1 : Apparaten van deze categorie moeten in een explosieve omgeving om veiligheidsredenen blijven functioneren en worden gekenmerkt door ontploffingsbeveiligingssystemen die zodanig werken dat er :

- in geval van storing van één geïntegreerd beveiligingsmiddel, ten minste een tweede beveiligingsmiddel voor een voldoende beveiliging zorgen;
- in geval van twee storingen die zich onafhankelijk van elkaar voordoen, een voldoende veiligheidsniveau wordt gewaarborgd.

Categorie 2 : De energietoevoer naar apparaten van deze categorie moet worden onderbroken indien er sprake is van ontploffingsgevaar.

Voor Groep II zijn dit :

Categorie 1 : Apparaten bestemd voor een omgeving die continu, langdurig of dikwijls explosief is. Het vereist veiligheidsniveau wordt gewaarborgd, zelfs in geval van uitzonderlijke storing van het apparaat. Categorie 1-apparatuur moet gekeurd worden door speciaal daarvoor door de Europese Unie erkende instituten, de zogenaamde Notified Bodies.

Categorie 2 : Apparaten bestemd voor een omgeving die waarschijnlijk explosief kan worden. Het vereist veiligheidsniveau wordt gewaarborgd, zelfs bij frequente storingen of gebreken in de werking van het apparaat waarmee gewoonlijk rekening moet worden gehouden. Bij elektrische apparatuur moet nog steeds een keuring door een Notified Body gebeuren, bij mechanische apparatuur mag de fabrikant de keuring zelf uitvoeren op voorwaarde dat hij het desbetreffende dossier bij een Notified Body deponeert.

Categorie 3 : Apparaten bestemd voor een omgeving waar een explosieve atmosfeer weinig waarschijnlijk is en waar een dergelijk gevaar zich slechts zelden voordoet en van korte duur is. De fabrikant mag hier zelf keuren, zonder Notified Body.

Als we spreken over apparatuur die in een stofrijke omgeving wordt geplaatst, wordt vaak de letter "D" toegevoegd. Voor gasexplosiegevaarlijke omgevingen wordt de letter "G" gehanteerd.

### **CE-markering**

Met een CE-markering verklaart de fabrikant dat het product is gefabriceerd in overeenstemming met alle van toepassing zijnde bepalingen en eisen van o.a. de ATEX 95-richtlijn en dat het product alle noodzakelijke procedures voor de beoordeling van overeenstemming heeft doorlopen. De CE-markering is verplicht en moet worden aangebracht alvorens het apparaat of beveiligingssysteem in de handel wordt gebracht of in bedrijf wordt gesteld.

## **2.3 ATEX 137 : sociale richtlijn**

### **Titel**

*Richtlijn 1999/92/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 1999 betreffende minimumvoorschriften voor de verbetering van de gezondheidsbescherming en van de veiligheid van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen.*



## Inhoud

Veiligheid is van groot belang bij de bescherming tegen explosies, aangezien explosies het leven en de gezondheid van werknemers in gevaar brengen vanwege de ongecontroleerde gevolgen van vuur en druk, de aanwezigheid van giftige reactieve producten en het verbruik van zuurstof in de omgevingslucht die de werknemers inademen. De ATEX 137-richtlijn is dan ook bedoeld voor de werkgevers die organisatorische maatregelen dienen te treffen ter voorkoming van explosies. Uiteraard is dit niet nieuw. De werkgever is altijd al verplicht geweest zijn werknemers te beschermen tegen eventuele risico's. Nieuw is wel dat de ATEX 137-richtlijn eist dat dit nu wordt vastgelegd in een explosie veiligheidsdocument van de installatie.

Het explosie veiligheidsdocument moet volgens de richtlijn ten minste volgende informatie bevatten:

- ♦ Identificatie en beoordeling van de explosierisico's;
- ♦ Voorziening van afdoende maatregelen;
- ♦ Zone-indeling;
- ♦ Opsomming van waar de minimumvoorschriften uit bijlage II van de ATEX 137-richtlijn van toepassing zijn;
- ♦ Bewijs dat de arbeidsplaats en arbeidsmiddelen met de vereiste aandacht voor veiligheid worden ontworpen, bediend en onderhouden (inclusief de alarminrichtingen);
- ♦ Bewijs dat overeenkomstig richtlijn 89/655/EEG voorzorgsmaatregelen voor het veilig gebruik van de arbeidsmiddelen zijn getroffen.

Het document moet vóór de aanvang van de werkzaamheden worden opgesteld en moet worden herzien wanneer belangrijke wijzigingen, uitbreidingen of verbouwingen van de arbeidsplaatsen, arbeidsmiddelen of het arbeidsproces plaatsvinden.

De zone-indeling wordt hieronder verder besproken.

De ATEX 137-richtlijn gaat uit van drie gevarencategorieën:

- ♦ **Zone 20** : Een plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een wolk brandbaar stof in lucht, voortdurend, gedurende lange perioden of herhaaldelijk aanwezig is.
- ♦ **Zone 21** : Een plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een wolk brandbaar stof in lucht, in normaal bedrijf af en toe aanwezig kan zijn.
- ♦ **Zone 22** : Een plaats waar de aanwezigheid van een explosieve atmosfeer, in de vorm van een wolk brandbaar stof in lucht, bij normaal bedrijf niet waarschijnlijk is en wanneer dit toch gebeurt, het verschijnsel van korte duur is.

In vergelijking met de zone-indeling tot 1 juli 2003 is zone 20 vergelijkbaar met zone Z, zone 21 met zone Y en is zone 22 een nieuw geïntroduceerde zone. Ter vergelijking: voor gasexplosies worden de zones 0, 1 en 2 gebruikt.

Tenslotte legt deze maatregel vast welke categorie apparatuur (zoals hierboven gedefinieerd) in welke zone mag worden gebruikt:

- ♦ **Zone 20**: categorie 1D
- ♦ **Zone 21**: categorie 1D, 2D
- ♦ **Zone 22**: categorie 1D, 2D, 3D



## Referenties