

Sikring mod statisk elektricitet i den kemiske industri

Dette er en anbefaling af DS 60079-32-1: "Elektrostatiske farer, Vejledning", til de, der vil have hjælp til at sikre procesanlæg mod statisk elektricitet. Standarden er på engelsk.

Af civilingeniør Hanne Troen

Hvis man i procesanlæg håndterer brandfarlige væsker som f.eks. organiske opløsningsmidler kan der være risiko for brand og eksplosion.

Anlægget skal i så fald indrettes, så eksplosiv atmosfære, tændkilder og/eller tilstrækkelig ilt undgås. Hvis eksplosiv atmosfære kan forekomme, skal anlægget zoneklassificeres og alle komponenter skal overholde krav til den pågældende zone. Dette dækker blandt andet elektrisk og mekanisk udstyr. Når alt materiel er sikret svarende til zonen, skal der også sikres mod statisk elektricitet.

Statisk elektricitet opstår, når stoffer gnider mod hinanden, faste stoffer mod faste stoffer, væsker mod væsker eller faste stoffer mod væsker. Ren gasfase opbygger ikke statisk elektricitet. Sådanne gnidninger forekommer f.eks., når væsker transporteres i eller ind i og ud af procesanlæg.

DS 60079-32-1 angiver, hvordan man sikrer et anlæg mod statisk elektricitet, der kan give anledning til brand og eksplosion. Det er en meget omfangsrig og detaljeret vejledning, der indeholder en lang række relevante målelige data og konkrete anvisninger. Den omhandler opbygning af statisk elektricitet i faste stoffer, væsker, gasser (aerosoler) og pulvere og desuden de processer og anlægsdele, som berøres af disse og meget mere.

I det følgende vil jeg ud fra en ulykke give eksempler på relevante anvisninger i DS 60079-32-1 samt skrive lidt om brug af isolerende materialer i eksplosive atmosfærer i produktionsanlæg.

Eksempel 1 - Statisk elektricitet antænder eksplosion inden i tank
Den 17. juli 2007 udløste

statisk elektricitet en eksplosion inden i en tank med brandfarlig væske i et tanklager i Kansas, USA. 12 personer fik brug for førstehjælp, heraf en brandmand. 6.000 indbyggere blev evakueret og tanklageret blev totalskadet.

Uheldet skete, da der blev indpumpet VM&P naphta (en oliefraktion) i en lagertank fra en tankbil. Under indpumpningen blev slangen på tankbilen skiftet mellem tre kamre, hvorved der kom luft ind i tanken.

Der opstod en eksplosiv blanding af ilt og VM&P naphta inden i tanken. Selve indpumpningen gav anledning til dannelse af statisk elektricitet. Tankbil, beholdere, slange m.m. var jordet, men en niveaumåler i tanken var ikke potentialudlignet og jordet hele tiden, da indpumpningen af væske med luft gav anledning til turbulens i beholderen. En del af niveaumåleren, der var af metal, blev opladet så meget, at der sprang en gnist, der antændte den eksplosive atmosfære.

Beholderen eksploderede og indholdet brændte. Brand og eksplosion forplantede sig til det øvrige tanklager.



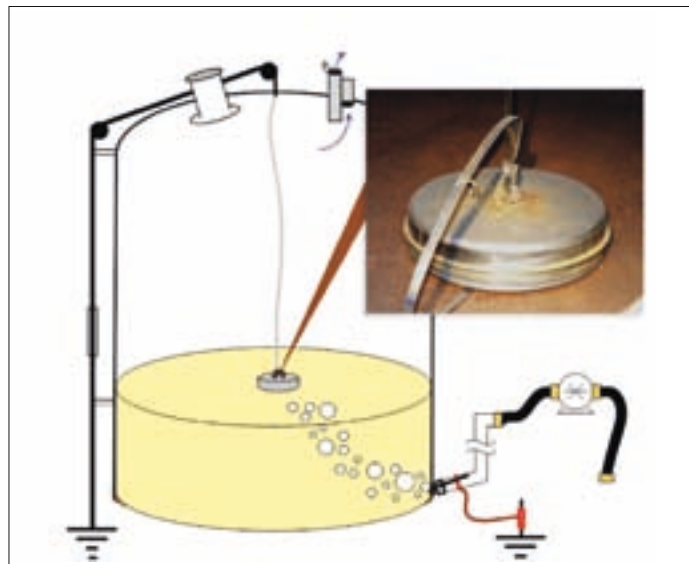
Statisk elektricitet udløser en eksplosion inden i en tank med brandfarlig væske i et tanklager i Kansas.
Link: www.csb.gov.
(CSB = U.S. Chemicals safety board)
(Her kan findes en video og en rapport om uheldet: Rapport: Barton Solvents, Static spark ignites explosion inside flammable liquid storage tank)

Dannelse af statisk elektricitet

I DS 60079-32-1 beskrives, hvilke væsker, der kan opbygge statisk elektricitet og under hvilke processer.

DS 60079-32-1 afsnit 7: Static electricity in liquids: Væsker, der har lav ledningsevne (er upolære) kan ved transport opbygge statisk elektricitet, tabel 1 side 24.

I DS 60079-32-1, tabel 7, her tabel 2, er givet eksempler på almindeligt anvendte væskers ledningsevne.



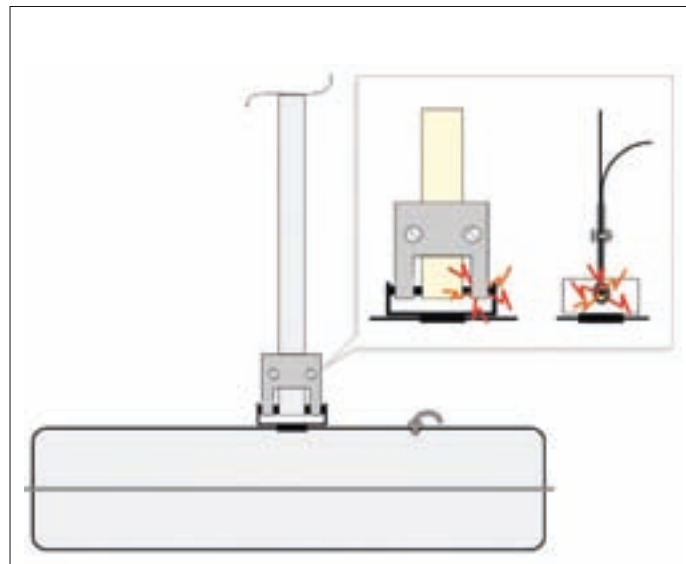
Tank under fyldning. Jording og potentialudligning ved uheldet.

Data for VM&P naphta kan findes i tekniske datablade og sikkerhedsdatablade, ses i tabel 3 side 24.

VM&P naphta har derfor ifølge DS 60079-32-1 lav ledningsevne (typiske alifatiske kulbrinter/aromatiske forbindelser) og kan dermed opbygge statisk elektricitet ved indpumpning.

Eksplisionsgrænser og antændelsesenergi

Brandfarlige væsker danner eksplosiv atmosfære ved tempe- ►



Niveaumåler. Jording og potentialudligning ved uheldet.

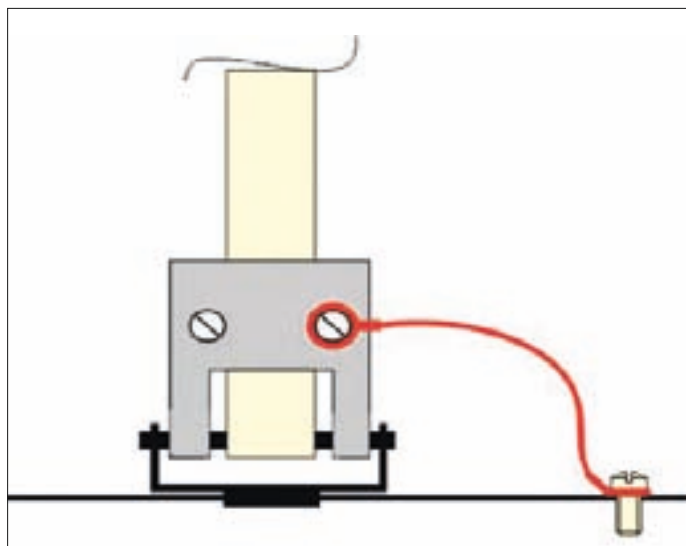
GERSTEL

INSTRUMENTER
SALG - SERVICE - SUPPORT
METODEUDVIKLING
TRÆNING

MSCi newsletter

MSCi

KURSER
CHROMATOGRAFI
BIOTEK
SEMINARER



Niveaumåler. Korrekt potentialudligning.

raturer over flammepunktet, når dampenes indhold af væsken ligger mellem nedre (LEL) og øvre (UEL) eksplosionsgrænse.

Den energi, der skal til for at antænde eksplosive dampe, afhænger af den brandfarlige væske og koncentrationen af denne i gasfasen.

Tommelfingerregler (DS 60079-32-1, afsnit 7: Static electricity in liquids p. 33-34):

1. Den laveste antændelsestemperatur MIE (Minimum Ignition Energy) forekommer ved støkiometriske forhold ($\lambda=1$) mellem ilt og det pågældende stof i gasfasen, hvilket normalt er ved $2xLEL$ (Lower Explosion Limit).
2. Den laveste antændelsesenergi, MIE, indtræder normalt 10-20°C over flammepunktet.

I DS 60079-32-1, ANNEX C, findes en tabel over væsker med angivet typiske MIE-intervaller for grupper af væsker (tabel C.1), her tabel 4, side 26 samt MIE og tilhørende Vol% i dampfasen for en række stoffer (tabel C.2, ikke gengivet her).

VM&P naphta har ifølge tabel 4 den laveste antændelsesenergi ved $2xLEL = 2x0,9$ (MSDS fra Shell) = 1,8 Vol% og denne forekommer ved en temperatur mellem 20 og 30°C. MIE angives at være mellem 0,20 og 0,28 mJ. Det betyder, at der er størst risiko for antændelse af de eksplosive dampe mellem 20 og 30°C, hvilket kan være den aktuelle temperatur for den opbevarede VM&P naphta.

Opładning af emner

Når ikke ledende væsker bevæges i procesanlæg, kan der opbygges statisk elektricitet, der kan afsættes i anlæg eller på personer. Den opbyggede ladning på de enkelte emner afhænger af materiale og størrelse. Den energi, der skal til for at antænde eksplosive dampe, er så lav, at selv små ledende emner kan være tændkilde, hvis de er i kontakt med væsken og emnet ikke er potentialudlignet (bonding) og jordet (earted). I DS 60079-32-1, ANNEX

	Ledningsevne (conductivities, DS 60079-32-1 afsnit 7.1.4)
Høj ledningsevne	>10.000 pS/m
Medium ledningsevne	50-10.000 pS/m
Lav ledningsevne	<50 pS/m

Tabel 1.

Væske	Ledningsevne (conductivities) i S/m
Høj ledningsevne	i μS/m
rent vand	5
alkoholer	1-100
ketoner	0,1-100
Medium ledningsevne	i pS/m
estere	100-1000000
Lav ledningsevne	i pS/m
aromatiske forbindelser	5-50
typiske alifatiske kulbrinter	0,1-10
benzin	0,1-100

μ = micro = 10^{-6} , p = pico = 10^{-12}

Tabel 2. (Tabel 7: Conductivities and relaxation times of som liquids (et uddrag oversat til dansk))

Sammensætning	kulbrinter
Kogepunkt i °C	100-200
Damptryk i kPa ved 20°C, 1 atm	1,5
Nedre eksplosionsgrænse (LEL) i Vol%	0,9
Øvre eksplosionsgrænse (UEL) i Vol%	7,0
Flammepunkt i °C	10-15

VM&P naphta (data fra MSDS Shell Chemicals),

Tabel 3.

A, tabel A.2, her tabel 5 side 26, er listet kapaciteten for typiske emner og angivet, hvordan man kan finde den afgivne energi i en gnist.

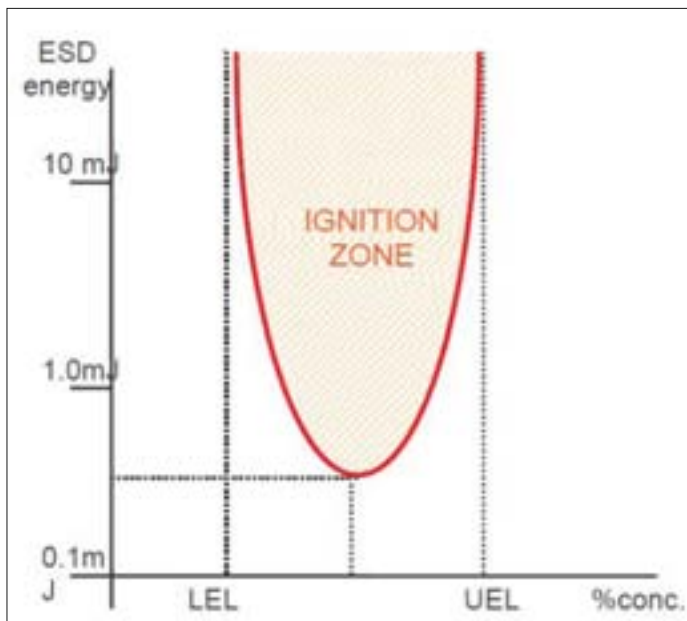
Den del af niveaumåleren, der var uden jording, var stor nok til at opnå så stor en ladning, at VM&P naphtheadampe kunne antændes.

En af de vigtigste forholdsregler i et procesanlæg, hvor der kan opstå eksplosiv atmosfære, er at sørge for jording og potentialudligning af alt ledende. (Afsnit 13, Earthing and bonding).

Indpumpning til tanke

Under indpumpning af væske til tanke kan der opbygges statisk elektricitet. Den opbyggede energi afhænger af anlæggets indretning og pumpehastigheden. I rør og slanger, der er ledende og jordet, opbygges ikke statisk elektricitet, evt. opladning ender i den modtagne tank (DS 60079-32-1 Afsnit 7.7.1).

I DS 60079-32-1 afsnit 7.7.2 er følgende anbefalinger til at begrænse opladning:



Sammenhæng mellem antændelsesenergi og koncentration af brandfarlig væske i luften. Kurven viser, at antændelsesenergien er meget forskellig afhængig af stoffets Vol% i luften, og at der er et tydeligt minimum. Fra kursus af Günter & Sylvia Lüttgens, Elstatik.

1. Indpumpning i tanke
 - a) begræns væskehastighed
 - b) sørg for tilstrækkelig tid til henfald
 - c) undgå at dispergere en fase ind i væsken
 - d) undgå plask
2. Omrøring eller lign.
 - a) begræns omrørehastigheden
 - b) undgå at dispergere en fase ind i væsken
 - c) brug en ledende kontinuert fase
3. Rengøring af tank med væskestråle
 - a) begræns væsketryk
 - b) undgå at dispergere en fase ind i væsken – især ved cirkulation af væske
 - c) undgå ubrudt stråle som kan danne store volumener af isolerende væske

VM&P naphta ser ud til at være blevet indpumpet fra bunden af tanken, hvilket forventes at opbygge mindst statisk elektricitet. F.eks. angives i DS 60079-32-1 afsnit 7.7.2, at indpumpning med frit fald ned i tanken øger den statiske elektricitet. I ulykkesrapporten er ikke omtalt indpumpningshastigheden, som i DS 60079-32-1 afsnit 7.3.2.3.5.3 anbefales at være højst 1 m/s. Når der under indpumpningen som her, kommer luft med ind, dannes der turbulens, som øger opbygningen af statisk elektricitet. ►

Titration!
www.metrohm.dk

Metrohm
Nordic



OMNIS

VI HÆVER STANDARDEN TIL ET NYT NIVEAU

MEGET HURTIGERE

Udfører op til fire automatiske titreringer med det samme system på samme tid.

MERE SIKKERT

Ingen udsættelse for kemikalier længere som følge af kontaktfri udskiftning af reagens.

MEGET NEMMERE

En grafisk brugerflade & letforståelig brugervejledning gør OMNIS simpelt og sjovt at styre.

Iltindhold

Hvis man ikke kan undgå opbygning af eksplosiv atmosfære eller tændkilder, kan man fjerne iltten ved at tilsætte inert gas, f.eks. nitrogen.

I DS 60079-32-1, ANNEX C, afsnit C.4, Inerting er angivet, at brand og eksplosion ikke kan forekomme, uanset koncentrationen af brandfarlige dampe i gasfasen, hvis iltkoncentrationen er under 10 Vol% (for kulbrinter) med en sikkerhedsfaktor bør iltkoncentrationen være nedsat til 5-6%.

Navn	Laveste værdi	Højeste værdi	Eksempler
Høj MIE	>10 mJ	-	Ammoniak, dichlormethan, trichlorethylen
Forhøjet MIE	>0,28 mJ	10 mJ	Halogenerede hydrocarboner (kulbrinter)
Normal MIE	0,20 mJ	0,28 mJ	Alifatiske og aromatiske forbindelser uden dobbeltbindinger
Lav MIE	0,08 mJ	≤0,20 mJ	Ethen, butadien, cyclopropan, acetaldehyd, diethylether, styren
Meget lav MIE	-	<0,08 mJ	Hydrogen, ethyn, arsin, chlorosilaner, carbondisulfid, ethylenoxid, brændstofblandinger med ilt

Tabel 4. (Tabel C.1 – Typiske MIE-intervaller med eksempler (tabellen er oversat til dansk))

Bemærk, at sikringen med inert atmosfære let kan undergraves, hvis man åbner ind til tanken, f.eks. ved at åbne et mandehul.

Under indpumpning af VM&P naphta kommer der ilt ind. Hvis tanken var sikret med inert gas, så vil den tilsatte luft kompromitere dette, og der opstår en farlig blanding af ilt og brandbar damp.

Emne	Capacitance i pF	Potentiale (kV)	Energi (mJ)
Små metalemner	10-20	10	0,5-1
Dåser	10	10	0,5
Små metalcontainere (50 liter tromler)	10-100	8	2-3
Medium containere (250-500 liter)	50-300	20	10-60
Person	100-200	12	7-15

Tabel 5. Capacitance i typiske ledere (fra tabel A.2) og potentiale og energi (fra kursus af Günter & Sylvia Lüttgens, Elstatik) (oversat til dansk)

Brug af isolerende materialer

Hvis man bruger brandfarlige væsker i sit procesanlæg, anbefales det at bruge ledende materialer til rør, beholdere, pumper osv., f.eks. rustfrit stål.

Men i den kemiske industri kan man være nødt til at anvende isolerende materialer i eksplosive atmosfærer primært plast, bl.a. når der anvendes ætsende stoffer, f.eks. saltsyre.

I tidligere standarder er angivet, at brug af isolerende materialer skal begrænses mest muligt.

En del undersøgelser har dog vist, at plast måske ikke er så problematisk at bruge som tidligere antaget.

Ovenstående var angivet i tidligere udgave af standarden. Den nuværende lempelse går på, at disse restriktioner gælder fortsat, men kun hvis det isolerende materiale kan opbygge statisk elektricitet.

I DS 60079-32-1 er nu beskrevet følgende mere lempelige restriktioner for brug af isolerende materialer. Dette er beskrevet i afsnit 6.3.

6.3.1 Brug af isolerende materialer i zoneklassificerede områder

a) i zone 0:

Isolerende faste materialer må kun anvendes, hvis der ikke ved

de anvendte processer kan opbygges statisk elektricitet i farlige niveauer under normal drift inkl. rengøring og reparation og vedligeholdelse eller i tilfælde af enhver afvigelse, også de sjældne.

b) i zone 1:

Isolerende faste materialer må kun anvendes, hvis der ikke ved de anvendte processer kan opbygges statisk elektricitet i farlige niveauer under normal drift inkl. rengøring og reparation og vedligeholdelse eller i tilfælde af sandsynlige afvigelse.

c) i zone 2:

Isolerende faste materialer må kun anvendes, hvis processer normalt ikke opbygger statisk elektricitet i farlige niveauer under normal drift inkl. rengøring og reparation.

I DS 60079-32-1 Afsnit 6.1. tabel 1, her tabel 7, side 27 er angivet grænserne for hvornår emner anses for at være isolerende, antistatiske (dissipative) og ledende.

DS 60079-32-1 Afsnit 7 Static electricity in liquids indeholder blandt andet forholdsregler mod statisk elektricitet i både ledende, antistatiske (dissipative) og isolerende anlægsdele f.eks. DS 60079-32-1 afsnit 7.3 Tanks and containers,

7.3.1 General,

7.3.2 Conductive tanks and containers,

7.3.3 Tanks and containers made entirely of dissipative material

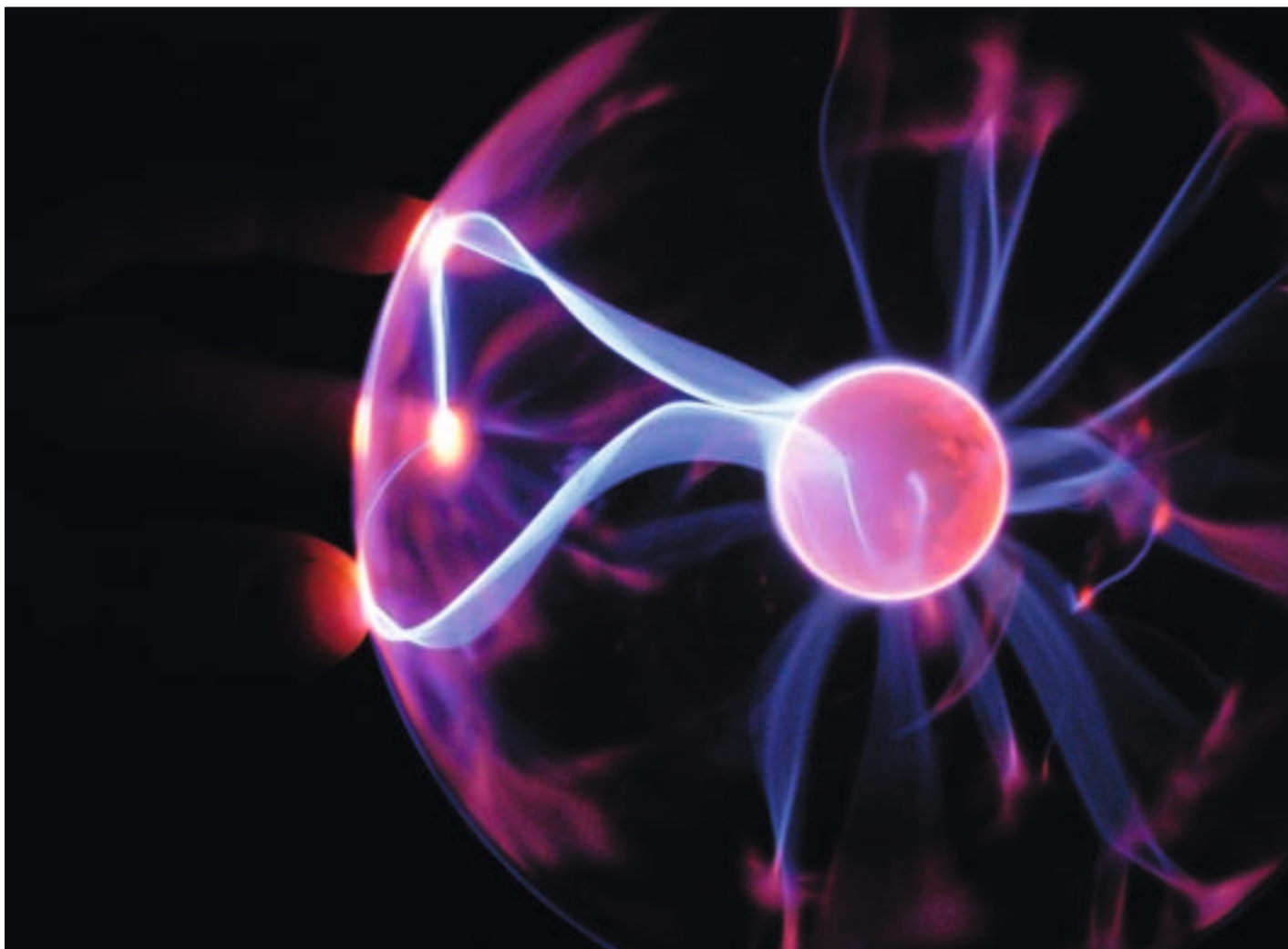
7.3.4 Tanks and containers with isolating surfaces

7.3.5 Use of liners in containers.

Hvis man således er nødt til at bruge f.eks. plastrør eller plastbeholdere i sit procesanlæg på grund af stærkt korrosive væsker, er det altså muligt, hvis man kan overholde forudsæt-

Zone	Gruppe IIA væsker	
	Max areal (mm ²)	Max bredde (mm)
0	5.000	3
1	10.000	30
2	ingen	

Tabel 6. DS 60079-32-1 Table 3 - Restriktion for størrelse af isolerende materialer i Ex områder (uddrag oversat til dansk)



Objekt	Unit	Ledende	Antistatiske	Isolerende
Materialer	volume Resistivity (Ωm)	$<100\text{ k}\Omega\text{m}$	100 k til $1\text{G } \Omega\text{ m}$	$\geq 1\text{G } \Omega\text{ m}$
Kabinet	Surface Restistance (Ω)	$<10\text{ k}\Omega$	10 k til 100G	$\geq 100\text{ G}\Omega$
	Surface Restistivity (Ω)	$<100\text{ k}\Omega$	100 k til $< 1\text{T } \Omega$	$\geq 1\text{T } \Omega$
Tøj	Surface Restistance (Ω)	ikke tilgængelige	$<2,5\text{ G } \Omega$	$\geq 2,5\text{ G}\Omega$
Fodtøj	Leakage Restistance (Ω)	$<100\text{ k}\Omega$	100 k til $100\text{ M}\Omega$	$\geq 100\text{ M}\Omega$
Handsker	Leakage Restistance (Ω)	$<100\text{ k}\Omega$	100 k til $100\text{ M}\Omega$	$\geq 100\text{ M}\Omega$
Gulv	Leakage Restistance (Ω)	$<100\text{ k}\Omega$	100 k til $100\text{ M}\Omega$	$\geq 100\text{ M}\Omega$
Rør	Restistance per length (Ω/m)	$<1\text{ k}\Omega$	1 k til $1\text{ M}\Omega$	$\geq 1\text{ M}\Omega$
Slanger	Restistance per samling (Ω)	$<1\text{ k}\Omega$	1 k til $1\text{ M}\Omega$	$\geq 1\text{ M}\Omega$

(Uddrag af tabel 1 delvist oversat til dansk)

Tabel 7. (Tabel 1. Faste stoffer – Grænser for klassificering ved 23°C og RH (relativ fugtighed) 25%.)

ningerne i DS 60079-32-1 afsnit 6.3.1.

Man skal sikre sig, at der ikke opbygges statisk elektricitet under de anvendte processer. Dette kan gøres ved at skaffe sig de nødvendige data om det anvendte materiale og måle på rør, beholdere osv. før installation og evt. også løbende under brug.

Man kan enten få leverandørerne til at dokumentere, at materialerne er ledende eller antistatiske eller ikke opbygger statisk elektricitet under den planlagte brug, eller man kan få konsulenter til at måle eller selv måle. I DS 60079-32-1, ANNEX G, er tests beskrevet.

Konklusion

Det er vigtigt at vide, hvordan man skal sikre sig mod farlig statisk elektricitet. Der kan DS 60079-32-1 være en stor hjælp.

Man skal dernæst sørge for at være meget omhyggelig med at efterleve anvisninger, når man skal indrette, reparere og vedligeholde procesanlæg.

Jeg håber, at jeg med ovenstående har givet et indblik i DS 60079-32-1: "Elektrostatiske farer, Vejledning", således at standarden kan blive til gavn for relevante brugere.

E-mail:

Hanne Troen: troen.moeller@post.tele.dk