

A vertical border on the left side of the page, consisting of a grid of small icons. The icons are arranged in a repeating pattern of five rows. The first row contains icons for a cloud, a factory, a car, a sun, a cloud, and a factory. The second row contains a building, a globe, an airplane, a stack of books, a building, and a globe. The third row contains an exclamation mark, a flame, a person in a hard hat, a person in a hard hat, an exclamation mark, and a flame. The fourth row contains a recycling symbol, a truck, a ship, a water drop, a recycling symbol, and a truck. The fifth row contains a cloud, a factory, a car, a sun, a cloud, and a factory. The background of the page is a solid blue color.

# 9

## Vloeibare zuurstof



PUBLICATIREEKS  
GEVAARLIJKE STOFFEN

Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen 9

# Vloeibare zuurstof

Opslag van 0,45-100 m<sup>3</sup>

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



# Voorwoord

Met ingang van 1 juni 2004 is de Adviesraad Gevaarlijke Stoffen (AGS) benoemd door het Kabinet. Tevens is de Commissie van Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen (CPR) opgeheven.

De CPR bracht publicaties uit, de CPR-richtlijnen, die veelvuldig worden gebruikt bij vergunningverlening op grond van de Wet milieubeheer en binnen de werkterreinen van de arbeidsveiligheid, transportveiligheid en de brandveiligheid.

De CPR-richtlijnen zijn omgezet naar de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen. Het doel van deze publicaties is in hoofdlijnen dezelfde als van de CPR-richtlijnen. Alle CPR-richtlijnen zijn beoordeeld vanuit de volgende vragen:

1. is er nog een bestaansreden voor de richtlijn of kan de richtlijn vervallen;
2. kan de richtlijn ongewijzigd worden overgenomen of is actualisatie nodig.

Het voorliggende advies PGS 9, is ongewijzigd ten opzichte van de voormalige CPR-richtlijn 5.

Mede namens mijn collega's bij Verkeer en Waterstaat, Sociale Zaken en Werkgelegenheid en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties,  
De staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,

Drs. P.L.B.A. van Geel

Den Haag, juli 2005



## Ten geleide

Deze richtlijn, die onder auspiciën van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen is tot stand gebracht, wordt gepubliceerd in opdracht van:

- de Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
- de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- de Minister van Binnenlandse Zaken
- de Minister van Verkeer en Waterstaat.

Door de Arbeidsinspectie zal deze richtlijn op dezelfde wijze worden gehanteerd als de door deze dienst uitgegeven publikatiebladen.

De uitgave en distributie van deze richtlijn wordt verzorgd door het Directoraat-Generaal van de Arbeid.

Voorburg, februari 1983

DE DIRECTEUR-GENERAAL VAN DE ARBEID,

w.g. ir A.J. de Roos



	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
	<b>Doel en functie van richtlijnen van de Commissie Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen</b>	<b>8</b>
<b>1.</b>	<b>Toepassingsgebied</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>Definities, eigenschappen en gevaren</b>	<b>12</b>
2.1	Definities	12
2.2	Fysische en fysiologische eigenschappen	14
2.3	Gevaren van zuurstof	14
<b>3.</b>	<b>Bescheiden Hinderwet</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>Opstelling van het reservoir</b>	<b>17</b>
4.1	Opstelling van het reservoir buiten een gebouw	17
4.2	Opstelling van het reservoir binnen een gebouw	19
4.3	Overzicht van afstanden tot objecten	22
4.4	Bijzondere veiligheidsmaatregelen ten aanzien van afstanden tot objecten	26
<b>5.</b>	<b>Uitvoering van de installatie</b>	<b>28</b>
5.1	Algemeen	28
5.2	Keuring en herkeuring	29
5.3	Toebehoren	29
5.4	Vulpunt	30
5.5	Leidingwerk	31
5.6	In gebruik stellen	32
<b>Bijlage 1:</b>	<b>Eigenschappen van zuurstof</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 2:</b>	<b>Voorbeeld van een installatie voor de cryogene opslag van vloeibare zuurstof</b>	<b>35</b>



# Inleiding

Door de sub-commissie "Zuurstof" van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen werd op 6 maart 1978 een concept richtlijn voor de opslag van vloeibare zuurstof aangeboden aan de CPR.

De sub-commissie "Zuurstof" bestond in laatste samenstelling uit:

Mr. H.J. Druijff, voorzitter	Directoraat-Generaal voor het verkeer
Ir. A.J. Verbiest, secretaris	Directoraat-Generaal van de Arbeid
Ing. W. Akkerman	Hoek Loos B.V.
W.A.W. Bakker	Gemeentelijk Bouw- en Woningtoezicht, Amsterdam
J. Bosscher	Bosscher B.V.
A.W. Brand	Air Products S.A.
J.N.W. Hoebert	Vereniging Technische Ziekenhuis Instellingen
Ing. A.J. Scholten, (later ing. J. Jochems)	Directoraat-Generaal van de Arbeid
Ing. D. de Jong	Bouw- en Woningdienst, Utrecht
R.C. Klaarmond	AGA-Gas B.V.
Ing. L. van Klaveren	Air Products Nederland B.V.
Ing. S. Koopmans	
F.A. Langeveld	AGA-Gas B.V.
L.J.W. Pichel	MEKOG B.V.
Ir. H. Ens	Dienst voor het Stoomwezen
Ing. R. Rutten	DSM
W.P. Smit	N.V. Philips Gloeilampenfabrieken
Ing. P.G. van 't Veld	Koninklijke Shell Laboratorium
Ir. H. van der Velde	Hoogovens IJmuiden B.V.

In de aangeboden vorm bleek de richtlijn niet op eenvoudige wijze in het CPR-raamwerk in te passen. Met de aanpassing van de richtlijn aan de door verschillende instanties uitgebrachte kritiek werd in 1980 een werkgroep belast, die de volgende samenstelling had.

Ir. J. de Beer, voorzitter	Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne
Mr.ir. K. Posthuma	CPR
Ing. W. Akkerman	Hoek Loos B.V.
W.A.W. Bakker	Gemeentelijke Bouw- en Woningtoezicht, Amsterdam
Ing. H.J. Berendrecht	Directoraat-Generaal van de Arbeid
F.A. Langeveld	AGA Gas B.V.
Ir. A.M.M. van Leest	Inspectie voor het Brandweerwezen
Ing. M.G. Nieuwstad	Directoraat-Generaal van de Arbeid
Ing. W.M. van der Poel	Arbeidsinspectie, Rotterdam



Aan de leden van de sub-commissie en de werkgroep en aan allen die door hun opbouwende kritiek aan het tot stand komen van deze richtlijn hebben meegewerkt, betuigt de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen haar dank.

Voorburg, februari 1983

DE VOORZITTER VAN DE COMMISSIE PREVENTIE VAN RAMPEN DOOR GEVAARLIJKE STOFFEN  
Ir. A.W.M. Balemans



# Doel en functie van richtlijnen van de commissie preventie van rampen door gevaarlijke stoffen

In onze steeds gecompliceerder wordende samenleving wordt een toenemend gebruik gemaakt van stoffen, die in het geval van ongewenste gebeurtenissen gevaar kunnen opleveren voor de mens of het milieu. Het gevaar van dergelijke stoffen wordt bepaald door de fysisch/chemische eigenschappen van de stoffen en de hoeveelheid daarvan, alsmede door de wijze waarop deze stoffen worden getransporteerd, overgeslagen, opgeslagen of verwerkt en de situering van deze handelingen.

Een kritische en intensieve begeleiding onder meer van de zijde van de overheid is bij het gebruik van gevaarlijke stoffen, met name in dit dicht bevolkte land, onontbeerlijk.

Binnen de overheid heeft de Commissie Preventie Rampen (CPR) op dit gebied een coördinerende en stimulerende taak. De opdracht is de betrokken ministers (Sociale Zaken, Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Binnenlandse Zaken en Verkeer en Waterstaat) van advies te dienen met betrekking tot de technische en technisch-organisatorische maatregelen ter voorkoming en beperking van de gevaren verbonden aan het gebruik van gevaarlijke stoffen. De CPR geeft hieraan gestalte door op het terrein van het omgaan met gevaarlijke stoffen richtlijnen op te stellen, veelal na overleg met deskundigen van het betrokken bedrijfsleven. Na aanvaarding door de betrokken ministers worden deze richtlijnen gepubliceerd.

Hoewel bij toepassing van de richtlijnen de veiligheid bij het omgaan met gevaarlijke stoffen zo goed mogelijk gewaarborgd is, kan nagenoeg nooit worden gesproken van een absoluut veilige situatie in de strikte zin van het woord. Er blijft een zeker restrisico, waarvan de omvang in het bijzonder afhangt van de eigenschappen van de stof, de daarvan aanwezige hoeveelheid, de wijze van transport, overslag, opslag en verwerking en de kwetsbaarheid van de omgeving alsmede de eventuele invloeden uit de omgeving. Bij de voorbereiding van nieuwe activiteiten met gevaarlijke stoffen dient daarom het streven er allereerst op gericht te zijn na te gaan of de toepassing van de betrokken gevaarlijke stof(fen) wel noodzakelijk is en of er geen veiliger alternatieven voorhanden zijn die het toepassen of gebruik van deze gevaarlijke stof(fen) kunnen voorkomen of beperken.

Blijkt dit na zorgvuldige overweging niet mogelijk, dat moet het streven vervolgens zijn het restrisico steeds zoveel mogelijk te beperken onder meer door de toepassing van zo klein mogelijke hoeveelheden van de betreffende stoffen en het treffen van technische en technisch-organisatorische beheersmaatregelen.

Hierbij moet men zich wel realiseren dat beperking van de hoeveelheid stof meestal een hogere aanvoerfrequentie met zich meebrengt en daarom weer een grotere kans op, overigens qua omvang kleinere, ongewenste gebeurtenissen. Vervolgens zal men in elk afzonderlijk geval zorgvuldig moeten afwegen of het restrisico kan worden getolereerd in het licht van het maatschappelijk belang van de betreffende activiteit. Bij het opstellen van de richtlijnen gaat de commissie er vanuit dat blijvende schade aan mens, dier en omgeving met zo groot mogelijke zekerheid moet worden voorkomen. Voor veel voorkomende, nagenoeg gelijksoortige activiteiten en voor zover daarbij in beginsel sprake is van





een beperkt risico kunnen algemeen geldende richtlijnen worden opgesteld. Voor weinig voorkomende gevallen en situaties waarbij potentieel grote risico's een rol spelen, kunnen aanvullende en meer individueel geldende aanbevelingen worden overwogen. Richtlijnen zijn in het algemeen gebaseerd op de best uitvoerbare technieken (best practicable means)<sup>1)</sup> of in specifieke situaties waarin sprake is van grote risico's, op de beste bestaande technieken (best technical means)<sup>2)</sup>. Teneinde tot een goede afweging en verantwoorde besluitvorming te kunnen komen moeten de bevoegde overheidsinstanties een goed inzicht krijgen in de gevaarsaspecten van de activiteit met name wat betreft het restrisico bij volledige toepassing van de richtlijnen in een concrete situatie. De verantwoordelijkheid voor de gevolgen van de toepassing van gevaarlijke stoffen blijft, ook al wordt voldaan aan de betreffende richtlijnen, bij de gebruiker berusten. Het voldoen aan de richtlijnen is geen waarborg, dat de bevoegde overheidsinstanties akkoord zullen gaan met de voorgestelde activiteit. Wel mag worden verwacht, dat eventuele verdergaande eisen danwel afwijkingen duidelijk worden gemotiveerd.

In de regel zullen ook de instanties die het tot vergunningverlening bevoegde gezag adviseren, danwel betrokken zijn bij de bescherming van werknemers, zoals onder meer de regionale Inspecteur van de Volksgezondheid, belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu, het Districtshoofd van de Arbeidsinspectie en in bepaalde gevallen de Inspectie voor het Brandweerwezen zich bij hun advies of de uitoefening van hun taak door de betreffende richtlijnen laten leiden, overigens met behoud van hun eigen verantwoordelijkheden.

- 1) Beste uitvoerbare technieken (best practicable means): die technieken waarmee, rekening houdend met economische aspecten, d.w.z. uit kosten oogpunt aanvaardbaar te achten voor een normaal renderend bedrijf, de grootste reductie van het risico wordt verkregen.
- 2) Beste bestaande technieken (best technical means): die technieken waarmee, tegen hogere kosten, een nog grotere reductie van het risico wordt verkregen en die ten minste één keer in de praktijk zijn toegepast.



# 1. Toepassingsgebied

Zuurstof heeft diverse toepassingen in de industrie. In de metaalverwerkende industrie wordt het gebruikt voor het lassen, snijden en harden, in de chemische industrie als oxydatiemiddel en in de staalindustrie bij het bereiden van oxystaal. Het wordt voorts in ziekenhuizen en laboratoria toegepast. Zuurstof wordt zowel in gasvorm als in vloeibare vorm in de handel gebracht.

Gasvormig wordt het geleverd in drukhouders (flessen); vloeibaar onder zeer lage temperatuur (-183° tot -130°C) wordt het in bulk vervoerd in tankwagens, welke bij de afnemer worden gelost in reservoirs, waarin de zuurstof onder atmosferische of verhoogde druk wordt bewaard. Om de verdamping van de vloeibare zuurstof in de reservoirs af te remmen, zijn deze zo goed mogelijk thermisch geïsoleerd; meestal zijn de reservoirs uitgevoerd met een binnen- en een buitenvat; de ruimte tussen deze vaten is gevuld met onbrandbaar isolatiemateriaal en wordt in de regel luchtledig gemaakt.

De opslag van vloeibare zuurstof heeft bij grootverbruikers de opslag van gasvormige zuurstof praktisch verdrongen.

Deze richtlijn bevat de voorwaarden, welke aan het bewaren van vloeibare zuurstof in een reservoir gesteld kunnen worden.

Het is bij het opstellen van deze richtlijn niet de bedoeling geweest een overzicht te geven van veiligheidsbepalingen, waaraan bij het werken met zuurstof moet worden voldaan.

Voor het vervoer van zuurstof en de daarbij gebruikte tanks wordt verwezen naar:

- bepalingen betreffende het vervoer over land van gevaarlijke stoffen (VLG);
- bepalingen betreffende het vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen (VBG);
- reglement voor het vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen (VSG).

Deze richtlijn is ook van toepassing op verplaatsbare of wisseltanks, welke langer dan 24 uur opgesteld of in opslag gehouden worden. Dikwijls zullen deze verplaatsbare tanks of wisseltanks ook nog onder de VLG-, VBG- of VSG-bepalingen vallen.

Deze richtlijn geldt voor reservoirs met een volume van meer dan 0,45 m<sup>3</sup> en niet meer dan 100 m<sup>3</sup>, opgesteld op een open terrein of in een uitsluitend daarvoor bestemd gebouw of een gedeelte van een gebouw. Indien de installatie bestaat uit meer dan één reservoir, wordt de inhoud van de gezamenlijke reservoirs in beschouwing genomen.

Het bewaren van vloeibare zuurstof in reservoirs, welke kleiner zijn dan 0,45 m<sup>3</sup> vindt veelal plaats in of nabij de apparatuur, waar de vloeibare zuurstof wordt gebezigd. In dat geval verdient het aanbeveling de Arbeidsinspectie te raadplegen over eventueel op te leggen voorwaarden c.q. te treffen veiligheidsmaatregelen. Indien de vloeibare zuurstof wordt opgeslagen in een hoeveelheid van meer dan



100 m<sup>3</sup>, is het raadzaam advies in te winnen bij de Arbeidsinspectie of bij de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen (secretariaat: Directoraat-Generaal van de Arbeid, Balen van Andelplein nr. 2 te Voorburg). Binnen de gekozen capaciteitsgrenzen (0,45 - 100 m<sup>3</sup>) worden alle opslagen van vloeibare zuurstof bij kleinverbruikers aangetroffen. Bij oude reservoirs is op de stemplaat soms een vullingsgraad kleiner dan 90% aangegeven. Als men deze reservoirs tot een hoger percentage wil vullen, dient de nieuwe vullingsgraad in overleg met het Directoraat-Generaal van de Arbeid (Dienst voor het Stoomwezen) te worden bepaald. Opgemerkt wordt, dat de reservoirs voor vloeibare zuurstof zodanig zijn geconstrueerd, dat deze veelal ook geschikt zijn voor andere cryogene gassen, zoals stikstof en argon. Deze richtlijn is niet van toepassing op de opslag van deze gassen door hun andere eigenschappen. Stikstof en argon zijn niet brandbevorderend echter wel verstikkend.



## 2. Definities, eigenschappen en gevaren

### 2.1 Definities

#### 2.1.1 Reservoir

Een reservoir met een inhoud groter dan 0,45 m<sup>3</sup> voor het bewaren van vloeibare zuurstof onder atmosferische of hogere druk en dat geen deel uitmaakt van een zuurstofproducerende installatie.

Als één geheel uitmakend met het reservoir worden gerekend:

- de ondersteuning, ook al is het reservoir niet vast met deze ondersteuning verbonden;
- de isolatie, al of niet aangebracht in een vacuümruimte;
- de ommanteling van de isolatie;
- de toebehoren.

Toebehoren zijn toestellen en inrichtingen nodig om het veilig en doelmatig gebruik van het reservoir te waarborgen. Tot de toebehoren worden onder meer gerekend:

- verdamper(s);
- afsluiters;
- beveiligingsinrichtingen;
- temperatuur-, druk- en overige meet- en regelapparatuur;
- leidingwerk ter onderlinge verbinding met bovengenoemde delen.

#### 2.1.2 Vulpunt

Het punt van de installatie, waarop een slang of leiding kan worden aangesloten om het reservoir met zuurstof te vullen.

#### 2.1.3 Veiligheidsklep

Onder een veiligheidsklep wordt verstaan een drukbeveiligingsklep van het reservoirgedeelte, waarin de vloeibare zuurstof wordt bewaard.

#### 2.1.4 Drukontlastklep

Onder een drukontlastklep wordt verstaan een drukbeveiligingsklep van één van de toebehoren of de vulleiding.

#### 2.1.5 Afblaasafsluiter

Onder een afblaasafsluiter wordt verstaan een afsluiter, welke door een daartoe strekkende handeling kan worden geopend voor het afdrukken van vloeistof of gas.

#### 2.1.6 Drukopbouwverdamper

De drukopbouwverdamper is een kleine verdamper, welke dient voor het onderhouden van de druk in het reservoir.



### 2.1.7 Dippijp

Een dippijp is een leiding, welke in het reservoir reikt tot aan het peil, waarop het reservoir maximaal mag worden gevuld en welke via een afsluiter kan worden geopend.

### 2.1.8 Inhoud

Onder de inhoud van een reservoir wordt verstaan de geometrische inhoud of met andere woorden de hoeveelheid water, die het reservoir kan bevatten als het geheel gevuld is, uitgedrukt in m<sup>3</sup>.

### 2.1.9 Druk

Waar in deze richtlijn sprake is van druk zonder nadere aanduiding, wordt bedoeld de absolute druk uitgedrukt in bar, verminderd met één bar (zogenaamde overdruk).

### 2.1.10 Toelaatbare bedrijfsdruk

De hoogste druk, welke in het hoogste punt van het reservoir tijdens het gebruik mag ontstaan.

### 2.1.11 Brandbare vloeistoffen

De brandbare vloeistoffen worden met het oog op het gevaar, dat zij kunnen opleveren, gewoonlijk ingedeeld in de volgende klassen:

- K<sub>0</sub>-klasse: brandbare vloeistof, waarvan bij 37,8°C de dampdruk meer bedraagt dan 1 bar, alsmede tot vloeistof verdichte gassen.
- K<sub>1</sub>-klasse: brandbare vloeistof, geen K<sub>0</sub> zijnde, waarvan het vlampunt, bepaald met het toestel van Abel-Pensky, bij 1013 mbar lager is gelegen dan 21°C.
- K<sub>2</sub>-klasse: brandbare vloeistof, waarvan het vlampunt, bepaald met het toestel van Abel-Pensky, bij 1013 mbar 21°C of meer bedraagt, doch lager is gelegen dan 55°C.
- K<sub>3</sub>-klasse: brandbare vloeistof, waarvan het vlampunt, bepaald met het toestel van Pensky-Martens, bij 1013 mbar 55°C of meer bedraagt, doch lager is gelegen dan 100°C.

Voor verdere gegevens over brandbare vloeistoffen zie bijvoorbeeld Handboek Hinderwet, hoofdstuk V.a.

### 2.1.12 Brandpoel

Dit is de plas, die ontstaat bij het lekken van een opslag van brandbare vloeistoffen en die vervolgens in brand kan geraken.

#### *Toelichting:*

De vorm en grootte van de brandpoel wordt bepaald door de uitgestroomde hoeveelheid brandbare vloeistof en door de configuratie van het terrein waarop de brandbare vloeistof is opgeslagen. De brandpoel wordt begrensd door de uitstromingsmogelijkheden over het terrein; aanwezigheid van putten, drempels, wallen en muren bepalen de vorm en het oppervlak van de brandpoel.

### 2.1.13 Fakkelfbrand

Een fakkelfbrand is een brand waarbij de brandstof in een bepaalde richting wordt gestuwd tijdens het verbranden in de atmosfeer, zoals dit bij voorbeeld optreedt bij lekkages uit systemen waarin de brandstof onder druk is opgeslagen.

### 2.1.14 Tankputwal

Een wal of wand, die dient om de verspreiding van brandbare vloeistoffen over het terrein te beletten voor het geval dat een opslagreservoir lek raakt en leegloopt. Deze wal omgeeft de tank en vormt de tankput. Minimum vereiste tankputwal-hoogten worden elders gegeven bijvoorbeeld in leidraden van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen:

- "Bovengrondse opslag van gereede olieprodukten" en
- "Bovengrondse opslag van aardolieprodukten (grote installaties)".



## 2.2 Fysische en fysiologische eigenschappen

### 2.2.1 Fysische eigenschappen

Molaire massa	32,0
Kleur (gasvormig)	kleurloos
Kleur (vloeibaar)	transparant lichtblauw
Dichtheid (gasvormig)	1,35 kg/m <sup>3</sup> (bij 1013 mbar en 15°C)
Dichtheid (vloeibaar)	1,14 kg/dm <sup>3</sup> (bij 1013 mbar en -183°C)

Dichtheid gas ten opzichte van lucht	1,105
Kookpunt	-183°C (bij 1013 mbar)
Kritische temperatuur	-118,6°C
Kritische druk (in absolute druk)	50,4 bar
1m <sup>3</sup> vloeistof (1013 mbar, -183°C) =	843 m <sup>3</sup> gas (1013 mbar, 15°C)
Verdampingswarmte van vloeibare zuurstof	213,5 kJ/kg (bij -183°C)
Oplosbaarheid in water	gering.
Zie bijlage 1 voor uitvoerige fysische eigenschappen.	

### 2.2.2 Fysiologische eigenschappen

Reuk	reukloos
Giftigheid	niet giftig.

## 2.3 Gevaren van zuurstof

Het voornaamste gevaarsaspect bij het gebruik en het bewaren van zuurstof is het verhoogde brand- en explosiegevaar, dat kan optreden bij een verhoogde zuurstofconcentratie in de lucht (reeds bij 22 à 24% in plaats van de normale zuurstofconcentratie in de lucht van 21%), alsmede bij het contact van vloeibare zuurstof met brandbare stoffen.

Stoffen, die onder normale omstandigheden moeilijk branden, branden bij een verhoogde zuurstofconcentratie in de lucht reeds gemakkelijk. Organische stoffen, vooral poreuze – zoals kleding, overalls, poetskatoen, hout, papier, hooi en sommige kunststoffen – zullen onder deze omstandigheden zeer snel en fel verbranden. Praktisch alle oxydeerbare stoffen, die onder normale omstandigheden als onbrandbaar worden aangemerkt – zoals metalen – kunnen in fijn verdeelde toestand in zuivere zuurstof branden. De brandbaarheid van stoffen wordt dus bij een verhoogde zuurstofconcentratie in de lucht vergroot.

Stoffen als oliën en vetten kunnen in een atmosfeer met een verhoogde zuurstofconcentratie onder bepaalde omstandigheden tot zelfontbranding overgaan. Delen van een installatie, die met zuurstof in aanraking komen, moeten derhalve vrij zijn van olie en vet. Met brandbare gassen of dampen kan zuurstof explosieve mengsels vormen, die gemakkelijker tot ontsteking kunnen worden gebracht dan mengsels van deze gassen of dampen met lucht.

Poreuze organische stoffen kunnen in contact met vloeibare zuurstof reeds bij een geringe slag of stoot exploderen.

Een ander gevaarsaspect van vloeibare zuurstof is dat sommige metalen, die ermee in contact komen, tengevolge van de lage temperatuur bros worden. Voor reservoirs, leidingen en appendages voor vloeibare zuurstof moeten derhalve speciale legeringen worden toegepast met een voldoende hoge kerfslagwaarde bij lage temperaturen.

Voorts wordt gewezen op het gevaar van het oplopen van ernstige huidbeschadigingen bij contact van vloeibare zuurstof met de huid als gevolg van de lage temperatuur. Het inademen van koude gassen kan ernstige beschadigingen van de longen teweegbrengen.

Tenslotte moet rekening worden gehouden met het feit, dat zuurstof – en vooral koude zuurstof – zwaarder is dan lucht en dat bovendien koude zuurstof slecht met lucht mengt. Bij onvoldoende ventilatie kan zich langs de vloer of bodem en vooral in putten of kuilen zuurstof tot een hogere en dus gevaarlijke concentratie verzamelen.

Bij werkzaamheden in de buurt van een zuurstofreservoir moet men bedacht zijn op de mogelijkheid van een verhoogde zuurstofconcentratie in de atmosfeer.



Met verspreidingsmodellen voor zware gassen is berekend en experimenteel getoetst waar de contour ligt voor een 2% hoger zuurstof percentage in de lucht bij:

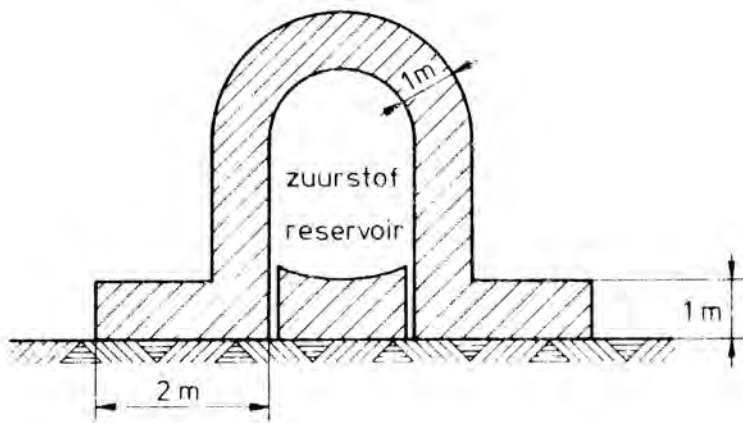
- een klein lek (van 1 gram/sec; d.w.z. 0,25 l/sec bij het atmosferisch kookpunt van zuurstof of 0,7 l/sec bij 0°C),
  - een 10 x zo groot lek (10 gram/sec).
- (zie afbeelding 1)

#### Afbeelding 1

**Twee voorbeelden van gebieden met een kans op een 2% verhoogde zuurstofconcentratie bij lekkage uit het zuurstofreservoir**

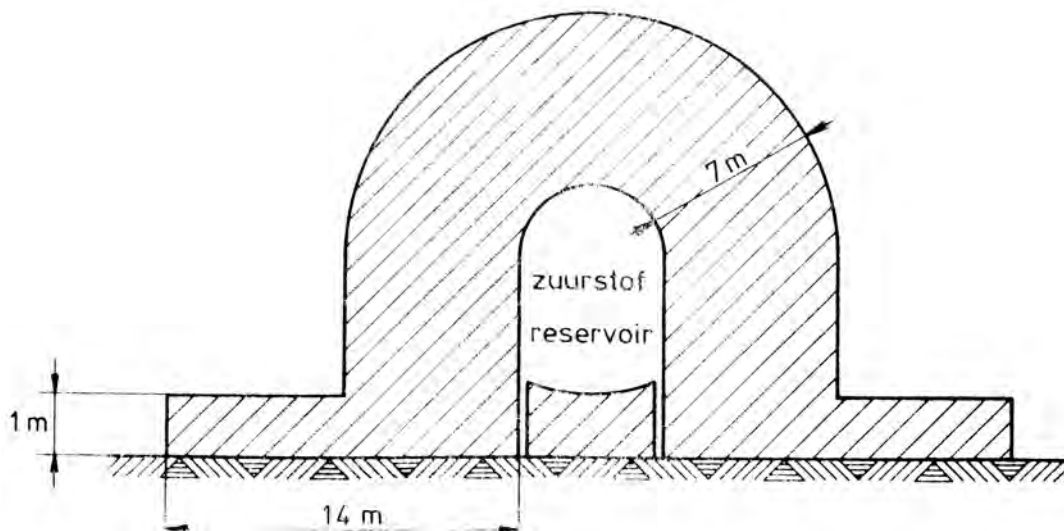
a. Bij een klein lek

$$\begin{aligned} 1 \text{ gram/sec} &= 0,8 \text{ cm}^3/\text{sec vloeistof} \\ &= 0,7 \text{ l/sec gas bij } 0^\circ\text{C} \end{aligned}$$



b. Bij een groter lek

$$\begin{aligned} 10 \text{ gram/sec} &= 8 \text{ cm}^3/\text{sec. vloeistof} \\ &= 7 \text{ l/sec gas bij } 0^\circ\text{C} \end{aligned}$$





### 3. Bescheiden, behorende bij een verzoek om vergunning ingevolge de Hinderwet

Uit de bescheiden moet onder meer blijken:

- de plaats van het reservoir, alsmede het vulpunt, de vulleiding, de uitmonding van de afvoerleiding van de veiligheidsklep(pen), de verdamper, de pompen e.d.;
- de plaats, waar de tankauto met de vloeibare zuurstof bij het lossen zal worden opgesteld;
- de plaats van de objecten, welke zijn genoemd in 4.3.4 “Algemene minimum afstanden”, voor zover gelegen binnen de daarbij aangegeven afstand tot de installatie;
- de plaats van eventuele brandmuren, brandschermen, keerwallen of keerwanden;
- de inhoud van het binnenvat;
- de hoogte van het reservoir.





## 4. Opstelling van het reservoir

Een reservoir voor vloeibare zuurstof en de bijbehorende verdamper kan worden opgesteld binnen een speciaal daarvoor ontworpen of aangepast (gedeelte van een) gebouw of op een open terrein.

De opstelling van een reservoir binnen een gebouw kan een zekere bescherming van het reservoir tegen invloeden van buiten geven.

Daarnaast kan door de opstelling van het reservoir binnen een speciaal gebouw de suggestie gewekt worden, dat het gebouw een zekere bescherming van de omgeving biedt tegen grote zuurstoflekkes. Door de goede ventilatie van het gebouw(gedeelte) is dit echter niet het geval.

Nadelen van binnen-opstelling zijn onder meer:

- reeds bij kleine lekkages een verhoogde kans op blootstelling van bedieningspersoneel in de opstellingsruimte aan een verhoogde zuurstofconcentratie in de lucht;
- door de besloten opstelling zal de verdamper minder goed kunnen functioneren of wel zal de verdamper op enige afstand van het reservoir buiten het gebouw geplaatst moeten worden;

Op deze gronden verdient het de voorkeur het reservoir in de open lucht op een open terrein op te stellen, terwijl in uitzonderlijke gevallen kan worden overwogen het reservoir binnen een speciaal gebouw op te stellen.

### 4.1 Opstelling van het reservoir buiten een gebouw

#### 4.1.1 Terrein

Het open terrein, waarop het reservoir en het vulpunt worden opgesteld, moet een goede natuurlijke ventilatie hebben en moet daartoe aan ten minste twee tegenover elkaar gelegen zijden open zijn, tenzij daarlangs een slechts lage, niet gesloten bebouwing voorkomt; tot het open terrein worden daarbij mede gerekend de met het eigen terrein in open verbinding staande open terreinen van derden, de openbare weg of het openbare water.

Indien het terrein niet aan twee tegenover elkaar gelegen zijden voldoende open is, moet de oppervlakte daarvan tenminste ca. 800 m<sup>2</sup> bedragen en mag het terrein geen kleinere afmeting bezitten dan ca. 20 m.

#### 4.1.2 Afstand tot een object

De afstanden tussen een object enerzijds en het reservoir en het vulpunt anderzijds moeten overeenkomen met die, welke zijn genoemd in 4.3 "Overzicht van afstanden".

Indien een brandmuur, een brandscherm of een keerwand worden toegepast, kunnen de desbetreffende afstanden met ten hoogste tweederde worden verminderd, zoals is aangegeven onder 4.4 "Bijzondere veiligheidsmaatregelen ten aanzien van afstanden tot objecten".



### 4.1.3 Terreinafscheidingen

4.1.3.1 Op ten minste 1 m van het reservoir moet een doelmatig hekwerk van metaalgaas, hoog ten minste 2 m, aanwezig zijn.

#### *Toelichting*

- Dit hekwerk is niet vereist, indien op het gedeelte van het terrein, waarop het reservoir is geplaatst, roken en vuur is verboden in verband met de aard van het bedrijf en dit gedeelte op doelmatige wijze is afgescheiden.
- Het hekwerk mag gedeeltelijk zijn vervangen door een ten minste 2 m hoge muur, mits voldoende natuurlijke ventilatie is gewaarborgd als bedoeld in 4.1.1.

4.1.3.2 Indien publiek aanwezig kan zijn op het terrein, waarop het reservoir is opgesteld, mag dit terrein binnen een afstand van 3 m van het reservoir niet voor het publiek toegankelijk zijn.

#### *Toelichting*

- Een eenvoudige draadafscheiding, hek, heg, sloot of dergelijke terreinafscheiding is voldoende te achten. Een afzonderlijke afscheiding wordt niet nodig geoordeeld, indien het opslagterrein deel uitmaakt van een groter terrein, dat op bovenaangegeven wijze voor publiek is afgesloten.
- Als afscheiding mag ook het onder 4.1.3.1 genoemde hekwerk worden toegepast, mits dit op ten minste 3 m afstand van het reservoir wordt aangebracht.

4.1.3.3 In het hekwerk als genoemd onder 4.1.3.1 moeten zich 2 deuren bevinden, welke zo veel mogelijk tegenover elkaar zijn gelegen. De deuren moeten naar buiten opendraaien en van buitenaf met een sleutel afsluitbaar zijn, doch van binnenuit zonder sleutel kunnen worden geopend. De toegang tot elke deur moet zijn vrijgehouden.

### 4.1.4 Vulpunt

Het vulpunt moet zich bij voorkeur binnen het onder 4.1.3.1 genoemde hekwerk bevinden; de afstand tussen dit hekwerk en het vulpunt moet ten minste 0,35 m zijn; het hekwerk moet dan nabij het vulpunt zodanig zijn uitgevoerd, dat dit onbereikbaar is voor onbevoegden.

#### *Toelichting*

Indien het vulpunt zich niet binnen het hekwerk bevindt, moet het zodanig zijn ingericht, dat bediening door onbevoegden is uitgesloten. Het verdient alsdan de voorkeur het vulpunt in een, doelmatig op de buitenlucht geventileerde, vulpuntkast van onbrandbaar materiaal onder te brengen.

### 4.1.5 Bodemafwerking

Het terreingedeelte binnen het hekwerk moet zich tenminste op het peil van het omliggende terrein bevinden.

De terreingedeelten, zijnde de projecties van het reservoir, het vulpunt en het aansluitpunt van de vulslang op de tankwagen, waarmee de vloeibare zuurstof wordt aangevoerd, alsmede de terreingedeelten tot op een afstand van respectievelijk ten minste 1 m, 2 m en 2 m van deze projecties moeten bestaan uit materiaal, dat met vloeibare zuurstof niet brandbaar is.

#### *Toelichting*

Voor de bodemafwerking gaat de voorkeur uit naar beton of betonplaten. Asphalt of bitumenhoudende materialen zijn niet toegestaan.

### 4.1.6 Bescherming tegen aanrijding

Het reservoir, de leidingen en het vulpunt moeten voldoende tegen aanrijding zijn beschermd.

#### *Toelichting*

Afscherming bijvoorbeeld door een remmingwerk van stevig bevestigde stalen buizen – met een diameter van ten minste 100 mm – in een tot op circa 0,25 m verhoogde betegelde, bestrate dan wel daaraan gelijkwaardige bodemafwerking, die tenminste tot 0,25 m buiten de buis of afscherming reikt of een doelmatige vangrailconstructie.



#### **4.1.7 Afvoerleidingen**

De uitmondning van de afvoerleiding van een veiligheidsklep moet zich in de onmiddellijke nabijheid van het reservoir bevinden. De uitmondning van de afvoerleiding van de afblaasafsluiter van de vulleiding moet zich in de onmiddellijke nabijheid van het vulpunt bevinden. Het afblazen moet in een veilige richting plaatsvinden.

##### *Toelichting*

Vanaf een laag gelegen punt afblazen van vloeibare zuurstof in een richting verticaal naar beneden en rechtstreeks op de bodemafwerking onder het reservoir of het vulpunt kan als regel als veilige richting worden beschouwd. Voor het afblazen van zuurstof vanuit de gasfase is als regel als veilige richting te beschouwen het vanaf een hoog gelegen punt verticaal naar beneden afblazen.

#### **4.1.8 Open vuur**

4.1.8.1 Binnen het hekwerk en op het open terrein binnen een afstand van 3 m van het reservoir mag – behoudens bij noodzakelijke werkzaamheden, verricht door terzake deskundige personen – geen vuur aanwezig zijn; binnen het hekwerk mag niet worden gerookt.

4.1.8.2 Op het hekwerk moet nabij elke deur met duidelijk leesbare letters van ten minste 50 mm hoogte het opschrift “Roken en vuur verboden” of een overeenkomstig genormaliseerd veiligheidsteken overeenkomstig norm NEN 3011 aanwezig zijn.

#### **4.1.9 Onderhoud**

4.1.9.1 De omgeving rond het reservoir en het vulpunt moet tot op ten minste 3 m afstand zorgvuldig worden vrijgehouden van begroeiing en brandbare stoffen, zoals textiel, papier en hout.

4.1.9.2 De inrichting moet in goede staat van onderhoud verkeren.

### **4.2 Opstelling van het reservoir binnen een gebouw**

#### **4.2.1 Terrein**

Het open terrein, dat via de laaggelegen ventilatie-openingen met de ruimte – waarin het reservoir is opgesteld – in verbinding staat, alsmede de plaats waar het vulpunt is gelegen, moeten een goede natuurlijke ventilatie hebben en moeten daartoe aan ten minste twee tegenover elkaar gelegen zijden open zijn, tenzij daarlangs een slechts lage, niet gesloten bebouwing voorkomt; tot het open terrein worden daarbij mede gerekend de met het eigen terrein in open verbinding staande open terreinen van derden, de openbare weg of het openbare water. Indien het terrein niet aan twee tegenover elkaar gelegen zijden voldoende open is, moet de oppervlakte daarvan ten minste ca. 800 m<sup>2</sup> bedragen en mag het terrein geen kleinere afmeting bezitten dan ca. 20 m.

#### **4.2.2 Afstand tot een object**

De afstanden van een object tot de laaggelegen ventilatie-openingen, deuren of het vulpunt moeten overeenkomen met die, welke zijn genoemd in 4.3 “Overzicht van afstanden”. Indien een brandmuur, een brandscherm of een keerwand wordt toegepast, kunnen de desbetreffende afstanden met ten hoogste tweederde worden verminderd, zoals is aangegeven onder 4.4 “Bijzondere veiligheidsmaatregelen ten aanzien van afstanden tot objecten”.

#### **4.2.3 Gebouw en ruimte**

4.2.3.1 Het reservoir moet zijn opgesteld in een ruimte, waarin zich geen andere delen van installaties, goederen of stoffen bevinden dan die, welke noodzakelijk zijn voor de goede werking van de zuurstofinstallatie.

4.2.3.2 De belendende ruimte mag geen ruimte zijn met beperkt of verhoogd gasontploffingsgevaar, zoals bedoeld in norm NEN 1010.



- 4.2.3.3 Het gebouw, waarin het reservoir wordt opgesteld, mag geen verdieping of kelder bezitten. Een niet op de buitenlucht geventileerde kelderruimte, welke uitsluitend bestemd is voor leidingen en kabels, is toegestaan. Deze kelderruimte moet gasdicht gescheiden zijn van de ruimte, waarin het reservoir is opgesteld.
- 4.2.3.4 De ruimte moet zodanige afmetingen bezitten, dat de afstand van het reservoir met toebehoren tot de wanden en het plafond ten minste 0,75 m bedraagt. De inhoud van de ruimte, waarin het reservoir is opgesteld, verminderd met de ruimte die de zuurstofinstallatie zelf inneemt, moet ten minste 50 m<sup>3</sup> bedragen.
- 4.2.3.5 Van de ruimte moet(en):
- a. de vloer zijn vervaardigd van onbrandbaar materiaal, zoals beton, en gelijk of hoger zijn gelegen dan het omringende terrein;
  - b. de wanden zijn vervaardigd van beton of metselwerk, dik ten minste 70 mm of van een ander onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881 en met een brandwerendheid van ten minste 60 minuten, bepaald overeenkomstig NEN 3884;
  - c. de binnenwanden dicht zijn uitgevoerd;
  - d. de afdekking bestaan uit een constructie van onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881. Indien het reservoir staat opgesteld in een gedeelte van een gebouw, moet de afdekking bestaan uit beton, dik ten minste 70 mm danwel uit een ander onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881 en met een brandwerendheid van ten minste 60 minuten, bepaald overeenkomstig NEN 3884. Indien de afdekking aan de buitenzijde bekleed is met waterdicht materiaal, dan moet dit materiaal bestand zijn tegen de inwerking van vlieg vuur, overeenkomstig het gestelde in NEN 3882.
- 4.2.3.6 In de ruimte moeten zich 2 deuren bevinden, welke zo veel mogelijk tegenover elkaar gelegen moeten zijn. De deuren moeten naar buiten opendraaien en zijn aangebracht in de buitenwand(en); elk deur moet van buitenaf met een sleutel afsluitbaar zijn, doch van binnenuit zonder sleutel te openen zijn. De deuren moeten zijn vervaardigd van onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881.

#### **4.2.4 Ventilatie van de ruimte**

- 4.2.4.1 De ruimte moet op de buitenlucht zijn geventileerd door middel van één of meer ventilatieopeningen, aangebracht in een buitenwand, zo dicht mogelijk nabij de vloer en één of meer openingen in of nabij de afdekking, die hetzij rechtstreeks, hetzij door middel van kanalen verbinding geven met de buitenlucht. De hoog- en laaggelegen ventilatieopeningen moeten zodanig ten opzichte van elkaar zijn aangebracht, dat dwarsventilatie wordt verkregen. De laaggelegen ventilatieopeningen moeten zijn aangebracht in een muurvlak, dat een hoek maakt van 90° of meer ten opzichte van het muurvlak, waarin de hooggelegen ventilatieopeningen zijn aangebracht. De laaggelegen ventilatieopening(en) moet(en) aan de buitenzijde voorzien zijn van een rooster. Een goede luchtwisseling aan de buitenzijde van de ventilatieopeningen moet zijn gewaarborgd.
- 4.2.4.2 Het luchtdoorlatend oppervlak van de laaggelegen ventilatieopening(en), alsmede dat van de hooggelegen openingen, moeten elk tenminste 500 cm<sup>2</sup> bedragen. Elke afzonderlijke ventilatieopening of ventilatiekanaal mag geen kleinere luchtdoorlatende oppervlakte hebben dan 250 cm<sup>2</sup>. De openingen en kanalen mogen niet afsluitbaar zijn.
- 4.2.4.3 Ventilatiekanalen moeten gasdicht van andere ruimten zijn afgescheiden en bestaan uit een constructie van onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881. (Het gedeelte van) een ventilatiekanaal, dat zich in een andere ruimte bevindt, dan de ruimte waarin het zuurstofreservoir is opgesteld, moet een brandwerendheid bezitten van ten minste 60 minuten, bepaald overeenkomstig NEN 3884.



#### 4.2.5 Vulpunt

Het vulpunt moet bij voorkeur buiten het gebouw zijn gelegen. Voorzieningen moeten aanwezig zijn, dat het vulpunt voor onbevoegden onbereikbaar is. De vulopening mag gelegen zijn binnen de ruimte, waarin het reservoir is opgesteld, indien de vulopening zodanig geplaatst is, dat de vulleiding door een buiten het gebouw staande persoon via een opening of deur kan worden aangekoppeld.

##### *Toelichting*

Buiten het gebouw verdient het de voorkeur het vulpunt in een doelmatig op de buitenlucht geventileerde vulpuntkast van onbrandbaar materiaal onder te brengen.

#### 4.2.6 Bodemafwerking

De terreingedeelten, zijnde de projecties van het vulpunt, en aansluitpunt van de vulslang op de tankwagen, waarmee de vloeibare zuurstof wordt aangevoerd, alsmede het terreingedeelte tot op een afstand van 2 m van deze projecties, moeten bestaan uit materiaal, dat met vloeibare zuurstof niet brandbaar is.

##### *Toelichting*

Voor de bodemafwerking gaat de voorkeur uit naar beton of betonplaten. Asphalt of bitumenhoudende materialen zijn niet toegestaan.

#### 4.2.7 Bescherming tegen aanrijding

De leidingen en het vulpunt moeten voldoende tegen aanrijding zijn beschermd.

##### *Toelichting*

Afscherming bijvoorbeeld door een remmingwerk van stevig bevestigde stalen buizen – met een diameter van ten minste 100 mm – in een tot op circa 0,25 m verhoogde betegelde, bestrate danwel daaraan gelijkwaardige veraarde bodemafwerking, die tenminste tot 0,25 m buiten de buisbescherming reikt of een doelmatige vangrailconstructie of anderszins.

#### 4.2.8 Afvoerleidingen

4.2.8.1 De uitmondung van de afvoerleiding van een veiligheidsklep en van een gasafblaasafsluiter moet zich boven het dak van het gebouw, waarin het reservoir is opgesteld, bevinden op een plaats waar een goede luchtwisseling is gewaarborgd. Deze uitmondung moet zich verticaal gemeten op ten minste 2 m en horizontaal gemeten op ten minste 3 m afstand van enig gebouw of onderdeel daarvan bevinden. De uitmondung moet tegen inregenen zijn beschermd.

4.2.8.2 De uitmondung van alle vloeistofafblazende leidingen moet zich buiten het gebouw bevinden, zo dicht mogelijk bij de bedieningsplaats van de afsluiter en waarneembaar voor het bedieningspersoneel.

Het afblazen moet in een veilige richting plaatsvinden. Ter plaatse moet een doelmatige bodemafwerking zijn aangebracht, zie toelichting 4.2.6 en 4.1.7.

#### 4.2.9 Open vuur

4.2.9.1 In de ruimte en binnen een afstand van 3 m van een deur of een laaggelegen ventilatie-opening van de ruimte mag – behoudens bij noodzakelijke werkzaamheden, verricht door terzake deskundige personen – geen vuur aanwezig zijn; in de ruimte mag niet worden gerookt.

4.2.9.2 Op beide zijden van elke deur moet met duidelijke leesbare letters van ten minste 50 mm hoogte het opschrift “Roken en vuur verboden” of een daarmee overeenstemmend genormaliseerd veiligheidsteken overeenkomstig NEN 3011 aanwezig zijn.

#### 4.2.10 Onderhoud

4.2.10.1 Tot op een afstand van ten minste 3 m van een deur of een laaggelegen ventilatie-opening moet de omgeving zorgvuldig worden vrijgehouden van begroeiing en brandbare stoffen, zoals textiel, papier en hout.



4.2.10.2 De inrichting moet in goede staat van onderhoud verkeren.

### 4.3 Overzicht van afstanden tot objecten

#### 4.3.1 Algemeen

Bij de bepaling van de minimaal aan te houden afstanden tussen zuurstofinstallaties en andere objecten dient rekening gehouden te worden met zowel het beschermen van deze objecten tegen lekkage van zuurstof als met het beschermen van de zuurstofinstallatie tegen de stralingswarmte van een brandend object. In 4.3.4 zijn algemeen aan te houden minimum afstanden gegeven.

In verband met de bescherming van het reservoir tegen stralingswarmte van een brandend object moet rekening gehouden worden met de omvang van het brandend object (bijvoorbeeld de oppervlakte van een brandpoel of van een brandende gevel). De relatie tussen de aan te houden minimum afstand en de omvang van het brandbare object is aangegeven in afbeelding 2 en 3. Indien de uit de afbeeldingen gevonden waarde afwijkt van de algemeen aan te houden minimum afstand, als bedoeld in 4.3.4, dient de grootste afstand te worden gekozen.

Bij opstelling van het reservoir buiten een gebouw wordt gemeten vanaf de buitenkant van het reservoir en vanaf het vulpunt.

Bij opstelling van het reservoir binnen een gebouw wordt gemeten vanaf de laag gelegen ventilatieopeningen, vanaf de deuren en vanaf het vulpunt. De onder 4.3.4 aangegeven afstanden zijn gebaseerd op de richtwaarden van de Amerikaanse "National Fire Protection Association". Voor brandbare gassen en  $K_1$  en  $K_2$  produkten zijn de voorgeschreven afstanden groter gekozen dan door de NFPA geadviseerd wordt opdat de veiligheid bij eventuele lekkage van de zuurstofopslag zo goed mogelijk gewaarborgd is.

#### 4.3.2 Afstanden tot opslag van brandbare vloeistoffen

Wanneer het reservoir voor vloeibare zuurstof geplaatst wordt in de omgeving van een opslag van brandbare vloeistoffen ( $K_1$ ,  $K_2$  en  $K_3$  produkten), dan dient het reservoir beschermd te worden tegen de stralingswarmte van een eventuele brandpoel. Van belang zijn hierbij de afstand van het reservoir tot de brandpoel en de grootte van die poel, met name het oppervlak van de poel.

Met behulp van het rapport: "Methoden voor het berekenen van de fysische effecten van het incidenteel vrijkomen van gevaarlijke stoffen"<sup>1)</sup>, kan de afstand, tot waar een warmtestraling van  $10 \text{ kW/m}^2$  (max. toelaatbaar) kan worden verwacht, worden berekend.

Afbeelding 2 geeft het verband aan tussen de benodigde minimum afstand van het reservoir tot de rand van een mogelijke brandpoel en het oppervlak van die poel.

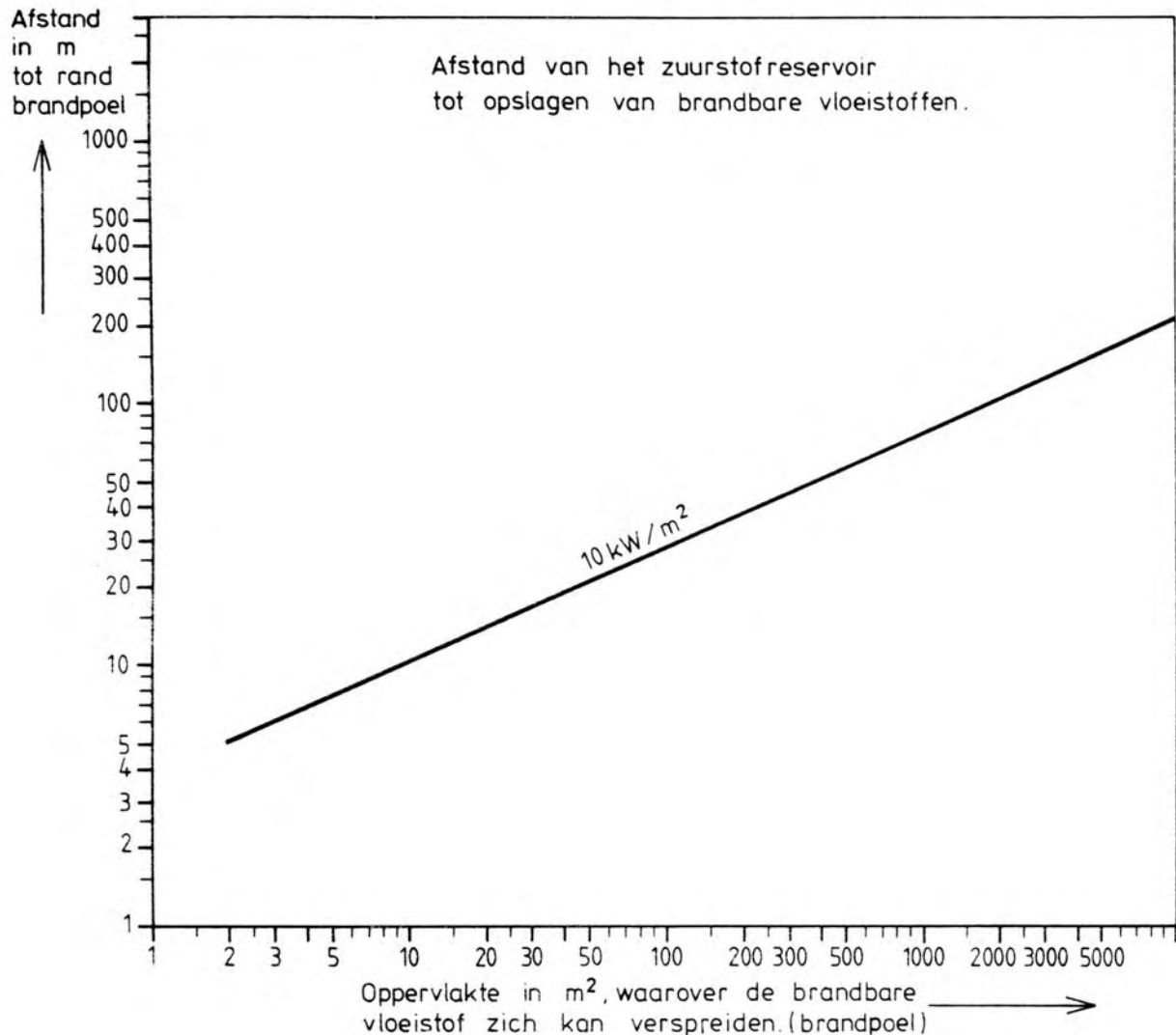
Indien een opslagtank voor brandbare vloeistoffen geplaatst is in een tankput, bepaalt deze tankput de grootte van de mogelijke brandpoel. Indien een opslagtank voor brandbare vloeistoffen niet in een tankput geplaatst is, en ook door de gesteldheid van het terrein noch anderszins een begrenzing aan de mogelijke brandpoel gesteld is, dienen voorzieningen getroffen te worden opdat de brandpoeloppervlakte binnen bepaalde grenzen blijft.

Indien een in de buitenlucht opgesteld reservoir met tot vloeistof verdicht brandbaar gas aanwezig is, dient rekening gehouden te worden met een mogelijke fakkelbrand. In dit geval moet een minimum afstand van 15 m tussen dit reservoir en het zuurstofreservoir worden aangehouden.

<sup>1)</sup> Rapport van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen. Uitgegeven door het Directoraat-Generaal van de Arbeid, Balen van AnDELplein 2, Voorburg.



Afbeelding 2



#### 4.3.3 Afstanden tot gebouwen en brandbare opslagen

Wanneer het reservoir voor vloeibare zuurstof geplaatst wordt op een terrein in de omgeving van brandbare gebouwen, gebouwen met een brandbare inhoud of brandbare opslagen, dan dient het zuurstofreservoir beschermd te worden tegen de stralingswarmte ten gevolge van een eventueel in brand geraten van deze objecten.

Van belang hierbij zijn de afstand van het reservoir tot het brandende object en de grootte van het warmte-uitstralende oppervlak van het brandende object, dat zichtbaar is vanaf het reservoir.

Het warmte uitstralend oppervlak wordt gevormd bijvoorbeeld door het oppervlak van ramen, deuren, houten schotten en houten wanden, dat bij brand (potentiële) openingen in de gevel gaat vormen. en vanaf het reservoir zichtbaar is.

Het niet uitstralende oppervlak van de gevel wordt gevormd door het gedeelte van het geveloppervlak dat niet meebrandt en dat een brandwerendheid van ten minste 30 minuten (bepaald volgens NEN 3884 of NEN 3885 ) heeft en vanaf het reservoir zichtbaar is.

Onder het "percentage openingen" van een gevel verstaat men het percentage van het geveloppervlak dat warmte uitstraalt naar de omgeving. In afbeelding 3 is voor de situatie bij een brand met een temperatuur-tijdverloop volgens de standaard brandkromme beschreven in NEN 3884 in een gebouw of object, aangegeven, welke minimale afstanden moeten worden aangehouden.



Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde vuurbelasting van 60 kg vurehout per m<sup>2</sup> vloeroppervlak berekend volgens de bijlage van NEN 3891. Voorts is als maximaal toelaatbare warmte-instraling voor het zuurstofreservoir een waarde van 10 kW/m<sup>2</sup> aangehouden. De minimale afstanden zijn voor verschillende percentages openingen gegeven.

Indien sprake is van een brand met een ander temperatuur-tijd verloop en een sterk afwijkende vuurbelasting is afbeelding 3 niet zonder meer bruikbaar. In deze gevallen kan met een correctiefactor voor het percentage openingen, welke onder meer wordt bepaald door te verwachten vlamhoogte en de warmte-uitstraling van de brand, afbeelding 3 toch worden gebruikt om tot een ruwe schatting te komen van de minimaal aan te houden afstand.

Een "hetere" brand en een grotere vuurbelasting worden dan grofweg vertaald naar een relatief groter percentage openingen in de gevel dan er in werkelijkheid is. Bij een typisch hete brand, b.v. een koolwaterstofbrand met een steiler temperatuurverloop en een grotere vuurbelasting (groter dan 120 kg vurehout per m<sup>2</sup> vloeroppervlak) kan dit percentage openingen maximaal met een factor 2 worden vermenigvuldigd.

Bij een minder hete brand, b.v. een typische smeulbrand en een lagere vuurbelasting (kleiner dan 20 kg vurehout per m<sup>2</sup> vloeroppervlak) kan dit percentage openingen eventueel zelfs tot de helft worden gereduceerd.

#### Toelichting

0% opening wordt alleen bereikt als de gevel geen openingen heeft en ook het dak dezelfde brandwerendheid heeft als de gevel.

100% opening komt overeen met een brandbare gevel (en dak) en eveneens is sprake van "100% opening" bij een brandbare opslag in de open lucht.

Afstanden kleiner dan 10 meter zijn alleen toegestaan bij een laag percentage openingen (0-10%) en wanneer tegelijkertijd aan zekere voorwaarden betreffende de brandwerendheid is voldaan, zoals aangegeven in afbeelding 3.

#### N.B.

- In bovenstaande berekeningen is geen rekening gehouden met het exploderen en wegslingeren van reservoirs, slechts de invloed van warmtestraling bij brand is beschouwd.
- Bij belangrijke afwijkingen van de omschreven situatie, bijvoorbeeld bij een zeer onregelmatige verdeling van de openingen over het geveloppervlak, of bij een sterk afwijkend verbrandingsproces, is afbeelding 3 niet bruikbaar.

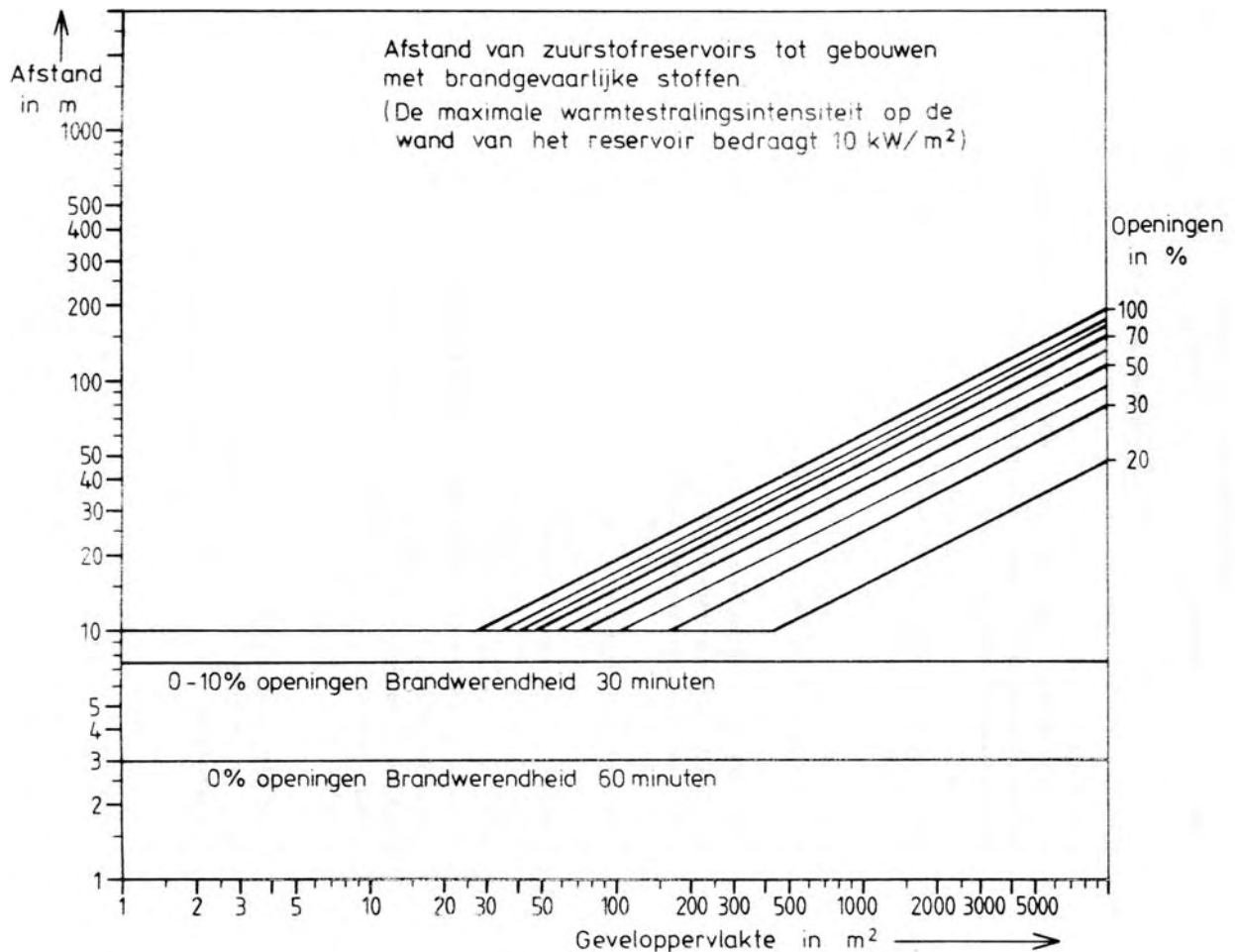
In deze gevallen kan eventueel de warmtestralingsintensiteit worden berekend met behulp van het rapport van de Commissie Preventie van Rampen door Gevaarlijke Stoffen: "Methoden voor het berekenen van de fysische effecten van het incidenteel vrijkomen van gevaarlijke stoffen (vloeistoffen en gassen)".<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Uitgave van het Directoraat-Generaal van de Arbeid, Balen van Andelplein 2, Voorburg.





Afbeelding 3



#### 4.3.4 Algemene minimum afstanden

De volgende minimum afstanden moeten worden aangehouden tussen een zuurstofinstallatie en objecten.

##### 4.3.4.1 Ten opzichte van de opslagplaatsen van brandbare stoffen:

###### A Brandbare gassen:

- 15 m van de opslag van tot vloeistof verdichte brandbare gassen (onder andere  $K_0$ -produkten) in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van maximaal  $3 \text{ m}^3$ ;
- 25 m van de opslag van tot vloeistof verdichte brandbare gassen (onder andere  $K_0$ -produkten) in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van meer dan  $3 \text{ m}^3$ ;
- 15 m van de opslag van niet tot vloeistof verdichte brandbare gassen en in vloeistof opgeloste brandbare gassen in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van maximaal  $7,5 \text{ m}^3$  (onder andere waterstof en acethyleen);
- 25 m van de opslag van niet tot vloeistof verdichte brandbare gassen en in vloeistof opgeloste brandbare gassen in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van meer dan  $7,5 \text{ m}^3$ .

###### B Brandbare vloeistoffen:

- 15 m van de bovengrondse opslag van  $K_1$ -,  $K_2$ - en  $K_3$ -produkten in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van maximaal  $5 \text{ m}^3$ ;
- 25 m van de bovengrondse opslag van  $K_1$ -,  $K_2$ - en  $K_3$ -produkten in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van meer dan  $5 \text{ m}^3$ ;



- 5 m van de ondergrondse opslag van  $K_1$ -,  $K_2$ - en  $K_3$ -produkten in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van maximaal  $5 \text{ m}^3$ ;
- 10 m van de ondergrondse opslag van  $K_1$ -,  $K_2$ - en  $K_3$ -produkten in (een) reservoir(s) met een (gezamenlijk) volume van meer dan  $5 \text{ m}^3$ ;
- 15 m van de vul- en ventilatie-openingen van  $K_1$ -,  $K_2$ - en  $K_3$ -produkten.

#### C *Brandbare vaste stoffen*

- 15 m van de opslagplaatsen van brandbare vaste stoffen, zoals hout, papier, kolen e.d.

#### 4.3.4.2 Ten opzichte van gebouwen

- 5 m van gasdrukregel- en meetstations, van gebouwen van brandbare constructie (zoals houten gebouwen), van woningen, van gebouwen waarin veel publiek aanwezig kan zijn (zoals theaters, congrescentra, restaurants), van verblijfsinrichtingen (zoals hotels, bejaardencentra, ziekenhuizen) en van onderwijsinrichtingen (zoals scholen, universiteiten);
- 7,5 m van gebouwen van brandwerende constructie (ten minste 60 minuten brandwerendheid, bepaald overeenkomstig NEN 3884 en NEN 1076, hoofdstuk D<sup>1)</sup>), waarin tegelijkertijd veel mensen aanwezig kunnen zijn (en voor zover niet behorend tot de hierboven genoemde categorieën), zoals kantoren, kantines, was- en kleedruimten e.d.;
- 3 m van gebouwen van brandwerende constructie (ten minste 60 minuten brandwerendheid, bepaald overeenkomstig NEN 3884 en NEN 1076, hoofdstuk D<sup>1)</sup>), niet behorend tot de hierboven genoemde categorieën, zoals fabrieksgebouwen.

#### 4.3.4.3 Diversen

- 25 m van een ruimte met beperkt of verhoogd gasontploffingsgevaar als bedoeld in norm 1010, uitgave 1962, uitgezonderd gasdrukregel- en meetstations;
- 7,5 m van terreingedeelten, waar tegelijkertijd veel mensen aanwezig kunnen zijn;
- 7,5 m van kelderopeningen, straatkolken e.d.;
- 3 m van plaatsen, waar open vuur aanwezig pleegt te zijn;
- 3 m van erfscheidingen;
- 7,5 m van aanzuigopeningen van ventilatiesystemen;
- 3 m van parkeerterreinen;
- 3 m van (openbare) wegen of paden, met uitzondering van de losplaats.

### 4.4 Bijzondere veiligheidsmaatregelen ten aanzien van afstanden tot objecten

Als een reservoir of een vulpunt te dicht bij een object zou komen te liggen kan door het treffen van bijzondere veiligheidsmaatregelen soms toch nog een veilige opstelling worden verkregen.

Bij het vaststellen van bijzondere veiligheidsmaatregelen dient er enerzijds van te worden uitgegaan, dat het reservoir beschermd moet zijn tegen de stralingswarmte van een eventueel brandend object, waardoor het reservoir met toebehoren of de ondersteuningsconstructie hun sterkte kunnen verliezen en anderzijds, dat moet worden voorkomen, dat door welke oorzaak dan ook vrijgekomen zuurstof gemakkelijk een object kan bereiken.

Tot de mogelijkheden om deze beide doeleinden te bereiken behoren bij opstelling buiten een gebouw het toepassen van een brandmuur, een brandscherm, een keerwand of combinaties daarvan.

Omdat zuurstof, die bij lekkage kan vrijkomen, goed in de atmosfeer moet kunnen opmengen, mogen brandmuren, keerwanden, keerwallen en brandschermen slechts aan één zijde van het zuurstofreservoir zijn aangebracht.

Bij opstelling in een gebouw zal veelal met een keerwand kunnen worden volstaan, aangezien er geen aanstraling kan plaatsvinden.

Een geheel gesloten wand van steen of beton van een gebouw kan als brandmuur worden beschouwd.

Bij toepassing van deze bijzondere veiligheidsmaatregelen mag de afstand, zoals genoemd in 4.3.4 "Algemene minimum afstanden", met ten hoogste tweederde worden verminderd, bijvoorbeeld een afstand van 15 m mag 5 m worden.

<sup>1)</sup> wordt vervangen door NEN 3885



### *Toelichting*

- Een brandmuur dient enerzijds om te beletten, dat de zuurstof een object bereikt en anderzijds om het reservoir te beschermen tegen hittestraling tengevolge van brand van een object. De constructie zal moeten bestaan uit een geheel gesloten wand van voldoende sterkte, vervaardigd van onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881 en met een brandwerendheid van ten minste 60 minuten, bepaald overeenkomstig NEN 3884.  
De lengte moet zodanig zijn, dat de afstand van elk punt van het reservoir c.q. het vulpunt tot een object – horizontaal om de muur heen gemeten – gelijk of groter is dan de afstand als vermeld bij het betreffende object in 4.3.4 “Algemene minimum afstanden” en van zodanige afmetingen dat het reservoir geacht kan worden voldoende te zijn beschermd tegen hittestraling vanuit elk willekeurig punt van het te verwachten vlammenfront van een brandend object.  
De afstand van de brandmuur tot het reservoir c.q. het vulpunt moet ten minste 1 m bedragen.
- Een brandscherm dient om blootstelling van het reservoir aan straling tengevolge van brand van een object te voorkomen.  
De constructie zal moeten bestaan uit een wand, vervaardigd van steen, beton of staal (ten minste 5 mm dik) en van zodanige afmetingen, dat elke rechte lijn door welk punt ook van het reservoir en elk willekeurig punt van het te verwachten vlammenfront van een brandend object door deze wand wordt gesneden en deze wand op ten minste 0,15 m afstand van het reservoir is aangebracht.
- Een keerwand dient uitsluitend om te beletten, dat vloeibare zuurstof een object bereikt. De constructie zal moeten bestaan uit een geheel gesloten wand of wal van voldoende sterkte, vervaardigd van onbrandbaar materiaal, bepaald overeenkomstig NEN 3881 en van zodanige lengte, dat de afstand van elk punt van het reservoir c.q. het vulpunt tot het object – horizontaal om de keerwand heen gemeten – gelijk of groter is dan de afstand als vermeld bij het betreffende object in 4.3.4 “Algemene minimum afstanden”. De afstand van de keerwand tot het reservoir c.q. het vulpunt moet ten minste 1 m bedragen. De keerwand moet ten minste 0,5 m hoog zijn.



## 5. Uitvoering van de installatie<sup>1)</sup>

### 5.1 Algemeen

- 5.1.1** Vloeibare zuurstof moet worden bewaard in het daartoe bestemde reservoir. Op het reservoir moet met duidelijk leesbare letters, hoog ten minste 50 mm, het opschrift "Vloeibare zuurstof" aanwezig zijn.
- 5.1.2** Het reservoir moet stabiel zijn opgesteld; de stijfheid en de sterkte van de ondersteuning moet voldoende zijn om schadelijke vervorming van het reservoir te voorkomen, zoals bijvoorbeeld tengevolge van verzakking van de steunpunten of van weersinvloeden.
- 5.1.3** Het reservoir moet thermisch zijn geïsoleerd, isolatiemateriaal mag met zuurstof geen chemische reactie kunnen aangaan, noch ontleden bij verhitten.
- 5.1.4** Het uitwendige van de installatie moet deugdelijk tegen corrosie zijn beschermd.
- 5.1.5** Het reservoir moet tenminste van de volgende kentekenen zijn voorzien, welke moeten zijn ingeslagen hetzij op het reservoir zonder de sterkte daarvan nadelig te beïnvloeden, hetzij op een roestvrije plaat, die met het reservoir metallisch is verbonden:
- de naam van de gassoort;
  - de inhoud van de vacuumruimte in m<sup>3</sup>;
  - de inhoud van het binnenvat in m<sup>3</sup>;
  - de vullingsgraad in %;
  - de laagst toelaatbare bedrijfstemperatuur in °C;
  - de toelaatbare bedrijfsdruk in bar;
  - de persdruk in bar;
  - het bouwjaar;
  - de leverancier;
  - het registratienummer;
  - de keuringsinstantie.

#### *Toelichting*

De stempelplaat bevat in het algemeen ook de namen van andere gassen, waarvoor het reservoir geschikt is.

- 5.1.6** Pakking, smeermiddelen en overige middelen, welke worden gebruikt bij de zuurstofinstallatie, moeten olievrij zijn en geschikt voor het gebruik bij zuivere zuurstof.
- 5.1.7** Reparaties aan de zuurstofinstallatie mogen slechts door terzake deskundige personen worden uitgevoerd.

<sup>1)</sup> In bijlage 2 is een voorbeeld gegeven van een installatie voor de cryogene opslag van vloeibare zuurstof.



## 5.2 Keuring en herkeuring

- 5.2.1** Het reservoir voor het bewaren van vloeibare zuurstof moet volgens de regels en voorschriften van de Dienst voor het Stoomwezen zijn vervaardigd en geschikt zijn voor het te bewaren produkt. Het reservoir moet zijn goedgekeurd door de Dienst voor het Stoomwezen of door deze dienst zijn aanvaard. Het bewijs van onderzoek en beproeving, dat wordt afgegeven door de Dienst voor het Stoomwezen, moet aan de vergunningverlenende instantie vóór het in gebruik nemen van de installatie worden overgelegd.

### *Toelichting*

In gevallen waarbij de Dienst voor het Stoomwezen niet aangewezen kan worden om het onderzoek uit te voeren, kan de vergunningverlenende instantie eisen, dat een onderzoek zal worden uitgevoerd door een door haar erkende deskundige.

- 5.2.2** Indien een redelijk vermoeden bestaat, dat het reservoir onveilig is, moet het buiten bedrijf worden gesteld. Alvorens het reservoir weer in gebruik te stellen en in elk geval om de vier jaar moet het reservoir door de Dienst voor het Stoomwezen worden onderzocht volgens de gedragslijn van de Dienst voor het Stoomwezen voor keuring en herkeuring van cryogene zuurstofreservoirs. De verklaring van (periodiek) onderzoek, die wordt afgegeven door de Dienst voor het Stoomwezen, moet aan de vergunningverlenende instantie worden overgelegd.

## 5.3 Toebehoren

- 5.3.1** Het reservoir moet zijn voorzien van ten minste één veiligheidsklep, die in directe verbinding staat met de dampkamer van het reservoir;  
bij gebruik van meer dan één klep moeten deze zodanig zijn gekoppeld, dat er altijd één veiligheidsklep in directe verbinding staat met de dampkamer. De constructie van een veiligheidsklep moet door de Dienst voor het Stoomwezen zijn toegelaten en de afstelling moet zijn gecontroleerd.
- 5.3.2** De veiligheidsklep(pen) van het reservoir moet(en) openen wanneer de toelaatbare bedrijfsdruk wordt overschreden.
- 5.3.3** De veiligheidsklep(pen) en de aan- en afvoerende leidingen daarvan moeten een zodanige doorlaat hebben, dat de druk in het reservoir niet meer dan 10% boven de toelaatbare bedrijfsdruk kan stijgen bij een volledig verlies van het vacuum in de isolatieruimte, de maximale capaciteit van de drukopbouwverdamer en de drukopbouwregelaar vol open.
- 5.3.4** Veiligheidsklep(pen) en afblaasafsluiters moeten zijn voorzien van een afvoerleiding, die tegen ingeregengenen en dichtvriezen moet zijn beschermd.
- 5.3.5** De vacuumruimte moet in verbinding staan met een beveiliging van voldoende doorlaat, die opent bij een geringe overdruk in de vacuumruimte.
- 5.3.6** Een leidinggedeelte tussen twee afsluiters, waarin door het opsluiten van vloeibare zuurstof een ontoelaatbare drukverhoging kan ontstaan, moet zijn voorzien van een drukontlastklep.
- 5.3.7** Het reservoir moet zijn voorzien van een doelmatige:
- inrichting, waarmee het binnenvat nagenoeg geheel kan worden geleidigd;
  - vloeistofstandaanwijzer (bijvoorbeeld drukverschilmeter);
  - manometer, welke een druk kan aanwijzen, die ten minste 33% en ten hoogste 50% hoger is dan de toelaatbare bedrijfsdruk van het reservoir;
  - dippijp.



## 5.4 Vulpunt

- 5.4.1** De aansluitkoppeling van de vulleiding (het vulpunt) van het reservoir moet deugdelijk zijn ondersteund en specifiek voor zuurstof bestemd zijn.
- 5.4.2** Het aansluitpunt van de vulslang op de tankwagen, waarmee de vloeibare zuurstof wordt aangevoerd, moet zich tijdens het vullen bevinden boven het daartoe bestemde gedeelte van het terrein; aldaar moet de mate van vulling van het reservoir kunnen worden waargenomen.
- 5.4.3** De vulslang alsmede de bijbehorende koppelingen tussen de tankwagen en het vulpunt moeten deugdelijk zijn en bestand zijn tegen vloeibare zuurstof.
- 5.4.4** Tijdens het vullen van het reservoir moet bij het vulpunt een voor onmiddellijk gebruik gereed zijnde poederblusser met een vulling van ten minste 6 kg aanwezig zijn.
- 5.4.5** Voor het bedienen van de zuurstofinstallatie en voor het toezicht tijdens het vullen van het reservoir moeten één of meer personen zijn aangewezen, die voldoende geïnstrueerd zijn omtrent de bediening onder normale omstandigheden en met de te treffen maatregelen bij bijzondere omstandigheden.
- 5.4.6** Het vullen van het reservoir mag niet geschieden indien daarbij wordt gerookt of open vuur aanwezig is; de motor van de tankwagen, waarmee de vloeibare zuurstof wordt aangevoerd, mag niet in werking zijn tijdens het afkoppelen van de vulslang en – indien deze motor daarbij niet benodigd is – ook niet tijdens het vullen.
- 5.4.7** Het reservoir mag ten hoogste worden gevuld tot het percentage aangegeven op de stempelplaat.

### *Toelichting*

- Als regel is de vullingsgraad 90%.
- Voor reservoirs met een bedrijfsdruk lager dan 3,7 bar overdruk moet de vullingsgraad zodanig zijn vastgesteld, dat bij verwarming van de inhoud tot de temperatuur, waarbij de dampdruk gelijk is aan de druk, waarvoor het reservoir is ingericht, het volume van de vloeistof niet groter is dan 98% van het volume van het reservoir berekend bij deze temperatuur.



### Hoogst toelaatbare vulgraad van reservoirs voor vloeibare zuurstof als functie van de maximaal toelaatbare werkdruk.

Werkdruk (bar overdruk)	Vullingsgraad vloeistofpercentage t.o.v. reservoir volume
0	98,0
0,2	97,3
0,4	96,6
0,6	96,0
0,8	95,4
1,0	94,9
1,2	94,4
1,4	94,0
1,6	93,5
1,8	93,1
2,0	92,9
2,2	92,4
2,4	92,0
2,6	91,7
2,8	91,3
3,0	91,0
3,2	90,7
3,4	90,4
3,6	90,1
3,7	90,0
> 3,7	90,0

- Bij oudere reservoirs is op de stempelplaat soms een vullingsgraad kleiner dan 90% aangegeven. Als men deze reservoirs tot een hoger percentage wil vullen dient de nieuwe vullingsgraad in overleg met het Directoraat-Generaal van de Arbeid (Dienst voor het Stoomwezen) te worden bepaald.

**5.4.8** Afsluiters in de vulleiding mogen alleen tijdens het vullen geopend zijn; na het vullen van het reservoir moet de vulleiding worden afgesloten door een blinde f lens of met een afsluitdop, beide met ventilatie-opening.

## 5.5 Leidingwerk

**5.5.1** Appendages en leidingen moeten bestand zijn tegen de optredende drukken en temperaturen.

**5.5.2** Leidingen moeten waar mogelijk bovengronds zijn gelegd en tegen mechanische beschadiging zijn gevrijwaard; ondergrondse leidingen moeten tegen belasting door het verkeer zijn beschermd en zodanig zijn aangebracht, dat het vastvriezen van de leiding in een mantelbuis of koker niet mogelijk is.

**5.5.3** Alle leidingen en de bijbehorende bevestigingen van leidingen en appendages moeten zodanig zijn uitgevoerd, dat er geen ontoelaatbare spanningen tengevolge van montage, verzakkingen of temperatuurverschillen ontstaan.

**5.5.4** Leidingen moeten lekvrij zijn verbonden zo veel mogelijk door lassen of hardsolderen of door een doelmatige koppeling; bij toepassing van afdichtende schroefdraadverbindingen moeten deze van een daartoe geschikt genormaliseerd konisch type zijn; zij moeten evenals flensverbindingen zodanig zijn uitgevoerd, dat zij dicht blijven bij afkoelen tot de temperatuur van de vloeibare zuurstof; schroefdraad- en flensverbindingen mogen alleen zijn toegepast voor onderdelen, die verwisseld moeten kunnen worden.



### *Toelichting*

Voor cryogene verbindingen komen onder andere de volgende genormaliseerde schroefdraden in aanmerking:

1. schroefdraad met een tophoek van 55° overeenkomstig:
  - ISO R7 - (wordt gewijzigd in ISO 7) en
  - ISO 50 - en de hiermede samenhangende normen BS 21, NEN 3258, DIN 2999 en DIN 3858;
2. schroefdraad met een tophoek van 60° overeenkomstig:
  - NPT-draden volgens USAS (of ANSI B2.1); deze draden hebben pakking nodig;
  - de dryseal-draden volgens USAS (of ANSI B2.2); deze draden behoeven geen pakking, doch hebben soms een glijmiddel nodig.

**5.5.5** In de zuurstofafnameleiding moet zo dicht mogelijk bij de zuurstofinstallatie een afsluiter aanwezig zijn.

## **5.6 In gebruik stellen**

- 5.6.1** Aler de installatie in gebruik gesteld wordt, moeten reservoir, appendages en leidingwerk inwendig schoon zijn. In het bijzonder moeten laskorrels, vet, olie en ander organisch materiaal zorgvuldig verwijderd zijn.  
Na het reinigen moet de installatie zonodig worden gedroogd.
- 5.6.2** Het bovenstaande is eveneens van toepassing op ieder gedeelte van de installatie, dat bijvoorbeeld voor wijziging of reparatie uit bedrijf geweest is en in die tijd inwendig verontreinigd kan zijn.





## BIJLAGE 1 Eigenschappen van zuurstof

Chemische formule	: $O_2$
Molaire massa	: 31,9988 kg/kmol
Gasconstante	: 259,835 J/kg.K
Kritische druk	: 50,4 bar
Kritische volume	: 2,292 dm <sup>3</sup> /kg
Kritische temperatuur	: 154,6 K
Kookpunt bij 1,01325 bar	: 90,188 K

### Verzadigde vloeistof

P bar	T K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kJ/kg.K	L kJ/kg	$\eta$ $\mu$ Pa.s	$\lambda$ mW/m.K
1	90,05	1141,6	1,696	213,0	196,5	151,6
1,01325	90,18	1141,0	1,696	212,9	195,8	151,4
2	97,22	1105,2	1,719	205,5	162,0	142,3
3	102,01	1079,9	1,742	199,9	143,0	135,1
5	108,81	1042,3	1,786	191,0	122,0	125,9
10	119,63	976,4	1,907	174,0	97,5	108,4
16	128,25	916,2	2,092	156,9	84,5	98,3
20	132,76	880,4	2,254	146,1	79,0	91,6
25	137,56	837,5	2,509	132,8	73,0	84,5

### Verzadigde damp

P bar	T K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kJ/kg.K	$C_v$ kJ/kg.K	$\eta$ $\mu$ Pa.s	$\lambda$ mW/m.K
1	90,05	4,421	0,961	0,665	6,84	8,50
1,01325	90,18	4,475	0,962	0,665	6,85	8,53
2	97,22	8,377	0,999	0,676	7,55	9,46
3	102,01	12,207	1,035	0,686	8,12	10,21
5	108,81	19,735	1,103	0,703	9,00	11,30
10	119,63	38,60	1,275	0,742	10,71	13,47
16	128,25	62,37	1,513	0,782	12,46	16,07
20	132,76	79,34	1,711	0,809	13,58	18,16
25	137,56	102,34	2,031	0,838	15,01	21,13

### Gasvormig bij 15°C

P bar	T K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kJ/kg.K	$C_v$ kJ/kg.K	$\eta$ $\mu$ Pa.s	$\lambda$ mW/m.K
1	288,15	1,337	0,918	0,657	20,06	25,38
1,01325	„	1,354	0,918	0,657	20,06	25,38
2	„	2,675	0,920	0,657	20,08	25,47
3	„	4,010	0,922	0,657	20,10	25,56
5	„	6,723	0,925	0,658	20,14	25,74
10	„	13,454	0,933	0,659	20,23	26,19
16	„	21,619	0,943	0,660	20,33	26,66
20	„	27,101	0,950	0,661	20,40	26,93
25	„	34,000	0,959	0,662	20,49	27,39



Symbolen

$P$  = druk

$C_v$  = soortgelijke warmte bij gelijkblijvend volume

$C_p$  = soortelijke warmte bij gelijkblijvende druk

$\eta$  = dyn. viscositeit

$\rho$  = dichtheid

$T$  = temperatuur

$\lambda$  = warmtegeleidingscoëfficiënt

$L$  = verdampingswarmte



## **BIJLAGE 2 Voorbeeld van een installatie voor de cryogene opslag van vloeibare zuurstof** (zie afbeelding 4)

### **1. Algemeen**

De vloeibare zuurstof wordt onder overdruk opgeslagen in een dubbelwandig reservoir. De ruimte tussen binnen- en buitenmantel is voorzien van isolatiemateriaal en onder vacuum gebracht om een zo goed mogelijke koude-isolatie van de vloeibare zuurstof ten opzichte van de omgeving te verkrijgen. Door warmte-opname uit de omgeving zal de temperatuur van de vloeibare zuurstof gaan stijgen en indien geen gas of vloeistofafname plaatsvindt zal de druk in het binnenreservoir stijgen.

### **2. Werking**

In afbeelding 4 is een principe-schema van de opslag installatie gegeven. Hierbij zijn vijf systemen onderscheiden:

a) Het vulcircuit:

Om de werkdruk in de tank tijdens het vullen te handhaven kan aan de bovenzijde, de onderzijde of aan beide zijden tegelijk worden gevuld. Daarom zijn er altijd twee VULAFSLUITERS.

b) Het afnamesysteem:

Voor gasverbruikers: De vloeistof wordt via een stijgleiding uit de tank naar de PRODUKTIE-VERDAMPER geleid, waar het onder afgifte van koude in gas wordt omgezet.

Als de druk in het vat is opgelopen tot meer dan 1 bar boven de ingestelde werkdruk dan wordt eerst gas uit de tank afgenomen. Dit wordt via ECONOMISER en TERUGSLAGKLEP ook naar de PRODUKTIE-VERDAMPER geleid.

Vloeistof voor vloeistofgebruikers wordt direct onder uit de tank of via de ondervulleiding afgenomen.

c) Het drukopbouwsysteem:

Om de druk in het vat bij dalende vloeistofspiegel te handhaven wordt vloeistof uit het vat getrokken, in de DRUKOPBOUWVERDAMPER in gas omgezet en via de DRUKOPBOUWREGELAAR, die de hoeveelheid om te zetten vloeistof regelt, in de gasfase in de tank teruggevoerd.

d) Het druk- en inhoudsysteem:

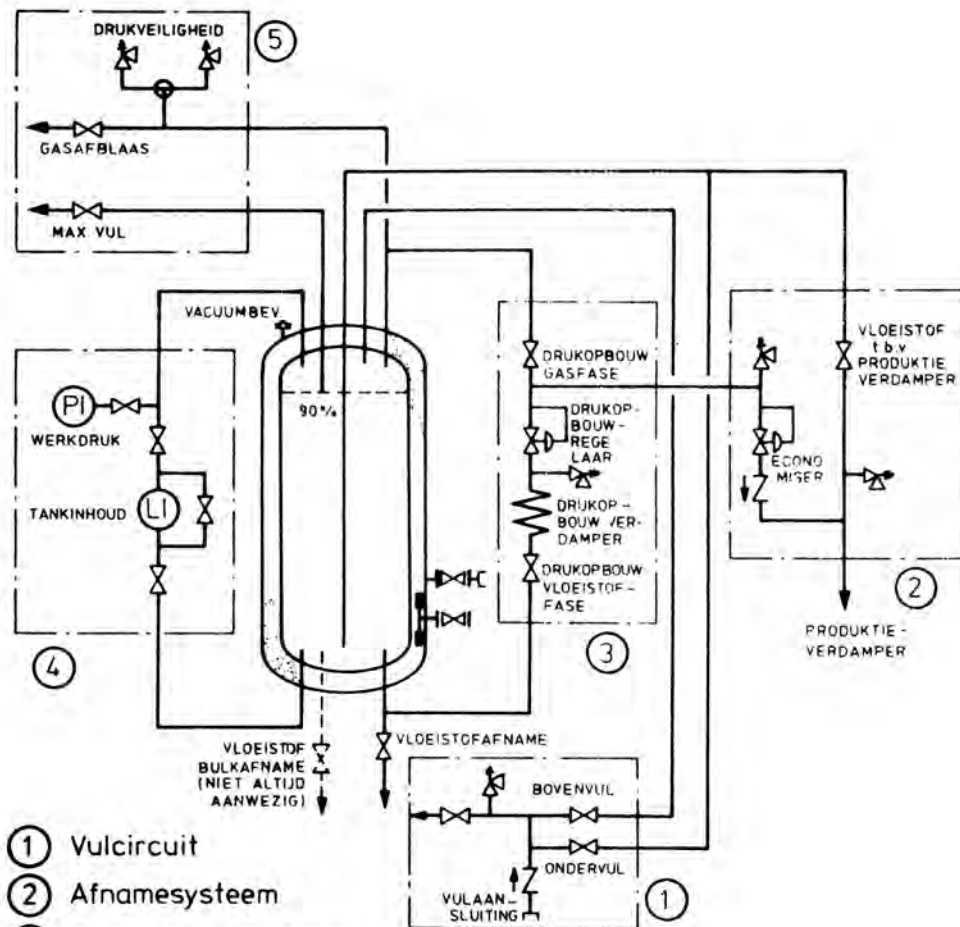
Dit systeem meet het drukverschil tussen onder- en bovenkant van het binnenvat. Zodoende kan de hoogte van de vloeistofspiegel worden bepaald. De drukmeter is aangesloten aan de leiding die met de gasfase is verbonden.

e) Het beveiligingssysteem:

Mocht de druk in het binnenvat te hoog oplopen, dan kan gas ontsnappen via een dubbel stel veerbelaste veiligheden of één veerbelaste veiligheid en een breekplaat. Als de druk in de vacuumgezogen tussenmantelruimte hoger wordt dan de atmosferische druk, wordt het plofdeksel, dat bovenop de tank zit, afgeworpen. Verder zijn verschillende afsluiters aangebracht om lekkages te stoppen of defecte onderdelen uit te wisselen. Tenslotte zijn drukontlastkleppen aangebracht op plaatsen waar vloeistof tussen twee afsluiters kan worden opgesloten. Door het koken van de vloeistof zou de druk zeer hoog kunnen oplopen.



Afbeelding 4  
Principe-schema van een installatie voor de cryogene opslag van vloeibare zuurstof



- ① Vulcircuit
- ② Afnamesysteem
- ③ Drukopbouwsysteem
- ④ Druk- en inhoudmeetsysteem
- ⑤ Beveiligingssysteem

- Veerbelaste veiligheidsklep
- Terugslagklep
- Regelklep
- Drieweg afsluiter
- Handbediende afsluiter
- Koppeling