

Aspetti di sicurezza relativi all'impiego di ossigeno negli impianti di depurazione

La presente scheda informativa contiene una raccolta degli aspetti di sicurezza relativi all'impiego di ossigeno negli impianti di depurazione. La scheda informativa è suddivisa nei seguenti ambiti: (i) informazioni generali, (ii) progettazione e costruzione degli impianti a ossigeno liquido e (iii) funzionamento degli impianti a ossigeno liquido. Le informazioni qui presentate non hanno carattere esaustivo.

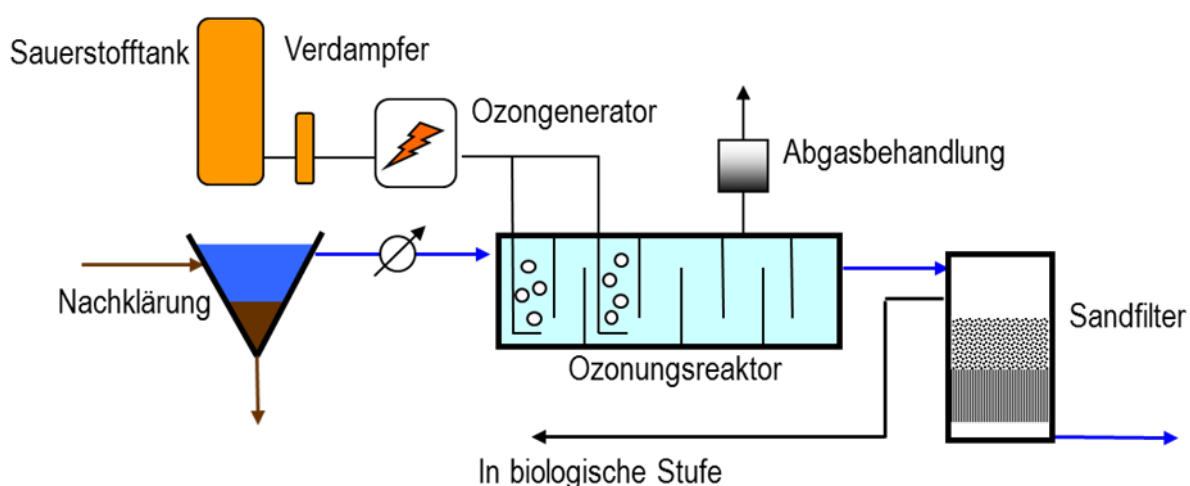
I principali referenti sono: l'ufficio cantonale dell'ispettorato del lavoro (gli uffici cantonali sono elencati su www.arbeitsinspektorat.ch), gli esperti antincendio competenti (vedere www.vkf.ch) e la SUVA (www.suva.ch).

Redazione	P. Wunderlin (VSA)
Elaborazione di	J. Margot (RWB SA), D. Urfer (RWB SA) su mandato di VSA
Sostegno tecnico	Ch. Abegglen (VSA), D. Pfund (ERZ Zurigo), D. Rensch (AWEL), M. Schachtler (IDA Neugut), A. Schaffner (Holinger AG).

Informazioni generali

Parametri	Osservazioni / Raccomandazioni / Riferimenti
-----------	--

Schema generale di un impianto di ozonizzazione con generazione di ozono dall'ossigeno liquido (LOX = liquid oxygen):



Fonte: Abegglen e Siegrist (2012)

Se l'ossigeno è prodotto in loco utilizzando l'aria ambiente (es. mediante VPSA = Vacuum Pressure Swing Adsorption), l'impianto non è soggetto agli aspetti di sicurezza per lo stoccaggio e la manipolazione dell'ossigeno liquido.

Informazioni generali	<p>L'ossigeno (O₂) è un gas incolore e inodore presente naturalmente nell'aria atmosferica (21% in volume). Alla temperatura ambiente, O₂ è più pesante dell'aria (densità relativa di 1,1, con 1,429 kg/m³ a condizioni normali) e tende a concentrarsi vicino al suolo, in particolare alle basse temperature. L'ossigeno è indispensabile per la vita umana.</p> <p>L'ossigeno è un gas ossidante (comburente), ma non autocombustibile, che favorisce l'ignizione delle sostanze combustibili. L'ossigeno può dunque causare incendi o intensificarli. In presenza di scarse concentrazioni di O₂ i processi di combustione sono relativamente limitati.</p>
Rischi per la salute	<p>Se l'aria ambiente ha una concentrazione di ossigeno inferiore al 18% in volume, si parla di carenza di ossigeno (SUVA, 2014). Nei locali in cui l'apporto di aria fresca è insufficiente si possono verificare carenze di ossigeno letali.</p> <p>Ma anche concentrazioni troppo elevate di O₂ possono rappresentare un rischio per la salute (tossicità dell'ossigeno). Le elevate concentrazioni di O₂ nell'aria non sono percepite perché l'ossigeno è incolore e inodore. In generale non è pericoloso respirare ossigeno puro per un breve periodo di tempo (< 3 ore) a una pressione di 1 bar. Ad un'esposizione per periodi medi e lunghi (per più ore) con concentrazioni superiori al 50% in volume o a una pressione parziale elevata (> 1 bar), l'ossigeno è tossico per l'uomo. La respirazione protratta di ossigeno con concentrazioni superiori all'80% in volume per un periodo di oltre 12 ore può causare nausea, vertigini, difficoltà respiratorie, irritazioni delle vie respiratorie e/o edemi. In presenza di sintomi di intossicazione da ossigeno, la persona deve essere riportata immediatamente in condizioni normali di pressione parziale di ossigeno.</p> <p>In caso di contatto diretto con l'ossigeno liquido o di una tubazione non isolata, a causa delle temperature molto basse dell'ossigeno liquido (-183 °C) possono verificarsi assideramenti e ustioni.</p>
Rischi d'incendio	<p>L'ossigeno è un forte agente ossidante che favorisce notevolmente i processi di combustione. Già un aumento minimo della concentrazione di ossigeno nell'aria (superiore al 23-25% in volume) è sufficiente a incrementare notevolmente il rischio d'incendio. Alcune sostanze non combustibili all'aria (O₂ 21% in volume), possono incendiarsi improvvisamente e bruciare intensamente in presenza</p>

	<p>di concentrazioni di ossigeno elevate e di una fonte di ignizione (es. sigaretta, scintille, scarica elettrostatica, attrito ecc.). Ciò vale in particolare per oli e grassi, che possono esplodere o per altre sostanze infiammabili, come polveri, panni sporchi, materiali tessili, indumenti, capelli, asfalto, cherosene, catrame ecc.</p> <p>Pertanto, in linea di massima vale quanto segue: la combustione è più intensa in un'atmosfera ricca di ossigeno (è sufficiente una concentrazione di poco superiore al 21% in volume) e a temperature elevate, rispetto alle normali condizioni ambiente. L'ossigeno favorisce notevolmente ogni processo combustivo. A queste condizioni possono bruciare anche gli indumenti protettivi difficilmente infiammabili (SUVA, 2014).</p>
<p>Rischi di esplosione</p> 	<p>Una forte fonte di calore, come ad esempio il fuoco, favorisce l'evaporazione del gas liquido nella cisterna e di conseguenza un aumento improvviso e notevole della pressione. Tuttavia, secondo la SUVA, la cisterna di ossigeno non è una zona EX. Ciononostante, in caso di fuoriuscita di ossigeno in combinazione a una sorgente di fuoco, la cisterna di ossigeno può bruciare.</p>
<p>Infragilimento e corrosione dei materiali</p>	<p>Alcuni materiali (es. acciaio da costruzione e quasi tutte le materie plastiche) possono divenire fragili al contatto con liquidi o gas estremamente freddi.</p> <p>Generalmente l'ossigeno non è corrosivo.</p>
<p>Rischi ambientali</p>	<p>L'ossigeno è un componente naturale dell'aria. Le immissioni di ossigeno nell'atmosfera non hanno alcuna conseguenza negativa. Se l'ossigeno è accidentalmente riversato nel terreno, anche in tal caso non vi è rischio d'inquinamento ambientale, poiché questa sostanza evapora velocemente.</p>

Progettazione e costruzione degli impianti a ossigeno liquido

Parametri	Osservazioni / Raccomandazioni / Riferimenti
<p>Protezione generale contro i rischi d'incendio</p>	<p>L'impianto deve essere progettato secondo le prescrizioni tecniche e gli standard vigenti (cfr. RG 402 e 450, IG 42, 112.1 dell'ASS).</p> <p>Gli apparecchi che vengono in contatto con l'ossigeno puro o con l'aria arricchita con ossigeno devono essere completamente privi di oli e grassi. Per la lubrificazione degli apparecchi devono quindi essere utilizzati lubrificanti resistenti all'ossigeno.</p>

	<p>Le sostanze infiammabili (oli, asfalto, plastica, materiali tessili) non devono entrare in contatto con l'ossigeno puro in nessun caso.</p> <p>Gli apparecchi in cui è convogliato l'ossigeno devono essere sottoposti a verifica di ermeticità prima della loro messa in funzione e successivamente almeno ogni 5 anni.</p> <p>Nelle immediate vicinanze del luogo di stoccaggio devono essere disponibili mezzi di spegnimento, come estintori a polvere, idranti e docce d'emergenza.</p>
Rilevamento di ossigeno	<p>Le concentrazioni elevate di ossigeno (> 23,5% in volume) nell'aria ambiente aumentano notevolmente il rischio d'incendio. Negli impianti a generazione di ossigeno può verificarsi la fuoriuscita di azoto nel locale impianti. Per questo la concentrazione di ossigeno può anche diminuire. In tutti i locali in cui possono verificarsi fuoriuscite di ossigeno o azoto devono quindi essere installati vicino al suolo (a 20-40 cm di altezza) rilevatori per l'ossigeno gassoso.</p> <p>Sono consigliate le seguenti soglie di avvertimento:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ soglia di avvertimento INFERIORE alla concentrazione del 20% in volume O₂▪ soglia di avvertimento SUPERIORE alla concentrazione del 22% in volume O₂. <p>Se scatta la soglia di avvertimento, deve essere automaticamente attivata la ventilazione forzata e il personale deve controllare il motivo per cui la soglia di avvertimento è scattata (la generazione di O₂ e O₃ non deve essere necessariamente disattivata).</p> <p>Sono consigliate le seguenti soglie di allarme:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ soglia di allarme INFERIORE alla concentrazione del 18% in volume O₂▪ soglia di allarme SUPERIORE alla concentrazione del 24% in volume O₂. <p>Se scatta la soglia di allarme, la produzione di ozono (e di O₂) deve essere automaticamente arrestata e deve essere automaticamente attivata la ventilazione forzata.</p>
Impianto di ventilazione	<p>L'ossigeno liquido ha un coefficiente di dilatazione estremamente elevato: 1 litro di ossigeno liquido corrisponde a 855 litri di ossigeno gassoso (a 1 atm, 15 °C). L'ossigeno liquido può dunque essere impiegato solo in luoghi ben aerati.</p> <p>I locali in cui possono verificarsi fuoriuscite di</p>

	<p>ossigeno devono essere dotati di un adeguato impianto di ventilazione in grado di garantire un sufficiente ricambio d'aria (circa 10 ricambi d'aria all'ora).</p>
<p>Trasbordo, stoccaggio e convogliamento di ossigeno liquido</p>	<p>La fornitura di ossigeno (grado di purezza dal 98% al >99,5%) avviene allo stato liquido in bombole, pacchi bombole o contenitori criogenici (pressione massima da 15 a 40 bar) ufficialmente verificati e isolati sottovuoto presso un luogo a livello del suolo e ben raggiungibile con il mezzo di trasporto. La bassa temperatura nella cisterna (la temperatura di ebollizione dell'ossigeno liquido è -183 °C) è mantenuta tramite la costante evaporazione dell'ossigeno.</p> <p>Per gli impianti di ozonizzazione, l'ossigeno liquido (LOX = liquid oxygen) è fornito con autocisterne di circa 20 000 kg di capacità e immesso mediante una pompa nelle cisterne sul carrello fissato in loco.</p> <p>L'ossigeno liquido deve essere stoccato in un luogo ben ventilato (all'aperto o sotto una semplice tettoia), lontano da fonti di calore e ignizione e dalle sostanze infiammabili. La distanza minima consigliata tra la cisterna di ossigeno e gli oggetti infiammabili, ma anche le abitazioni vicine, le vie pubbliche, gli accessi agli scantinati, i canali di scolo o i pozzi, è di almeno 5 metri. Sono possibili eccezioni, da chiarire con l'ispettorato competente.</p> <p>Occorre assicurare che nelle immediate vicinanze del luogo di trasbordo e stoccaggio dell'ossigeno liquido (in un raggio di 5 metri) non vi sia alcun ingresso alla rete fognaria senza sifone e nessun tipo di accesso o finestra aperti collegati ai locali o ai sistemi fognari dei piani inferiori. In caso di fuoriuscite, sia l'ossigeno liquido sia quello gassoso – entrambi più pesanti dell'aria – tenderebbero ad accumularsi generando un elevato rischio d'incendio.</p> <p>L'ossigeno liquido deve essere stoccato in una cisterna appositamente sviluppata per questo tipo di gas liquido (cisterna criogenica). Le superfici asfaltate e porose non sono idonee per il luogo di trasbordo e stoccaggio e pertanto sono vietate (pericolo di ignizione in caso di fuoriuscita). A fini protettivi, in caso di luoghi di trasbordo asfaltati, sono adatte le aree di stoccaggio in cemento o in pannelli di acciaio. Inoltre le aree di stoccaggio devono essere realizzate in modo tale da evitare in ogni caso la fuoriuscita di ossigeno liquido in aree in cui ciò può rappresentare un pericolo. Si raccomanda una</p>

	<p>limitazione degli accessi. Inoltre l'area della cisterna deve essere resa sicura con misure di protezione contro gli urti, in particolare nel luogo di trasbordo dell'ossigeno liquido.</p> <p>Le cisterne criogeniche non sono ermetiche al 100%, ciò significa che nella cisterna vi è un'evaporazione permanente dell'ossigeno liquido. Per questo motivo le cisterne criogeniche sono dotate di valvole di scarico per evitare la formazione di una sovrappressione. Per equilibrare la pressione, a intervalli regolari la valvola rilascia nell'aria una parte dell'ossigeno. Questa valvola di scarico deve quindi essere applicata in un luogo ben ventilato all'aperto.</p> <p>In caso di prelievo costante di ossigeno liquido, il ghiaccio che si forma sull'evaporatore deve essere sporadicamente sbrinato. A tale scopo è necessario un evaporatore ridondante.</p>
Materiali da impiegare / Scelta dei materiali	<p>Devono essere utilizzati esclusivamente apparecchi, strumenti e rubinetti idonei per le condizioni di funzionamento e per l'impiego di ossigeno. Ciò significa che i materiali che sono in contatto con l'ossigeno devono presentare una temperatura d'ignizione elevata e non devono reagire con l'ossigeno.</p> <p>Fondamentalmente i materiali idonei sono i metalli (leghe di rame e nichel e acciaio inox), che si distinguono per l'elevata temperatura di ignizione.</p> <p>La plastica può essere impiegata solo in modo limitato. Per giunti, pannelli, isolamenti elettrici, rivestimenti ecc. possono essere impiegate le resine fluorate e clorofluorate. L'idoneità deve essere verificata caso per caso.</p> <p>I materiali che vengono in contatto con l'ossigeno liquido devono inoltre essere in grado di resistere alle bassissime temperature. A tale proposito risultano particolarmente adatti il rame, la maggior parte delle leghe di alluminio e il PTFE. Deve essere tenuto conto delle proprietà di restringimento dei materiali alle basse temperature.</p> <p>È consigliabile evitare l'impiego di lubrificanti. Solo pochi lubrificanti sono compatibili con l'ossigeno gassoso (grafite, alcuni silicani e alcuni polimeri).</p> <p>È estremamente importante che i materiali a contatto con l'ossigeno siano privi di oli e grassi. Per le forniture occorre assolutamente rimuovere ogni impurità come</p>

	grasso, olio, guarnizioni di filettature, lubrificante, trucioli ecc. (resistenza all'ossigeno del detergente).
Contrassegnazione	Le tubazioni che convogliano l'ossigeno devono essere adeguatamente contrassegnate.
Protezione contro i guasti (OPIR)	Gli impianti con cisterne d'ossigeno di capacità superiore a 20 000 kg di ossigeno (cioè > 17,5 m ³ di ossigeno liquido) sono assoggettati all'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR).

Funzionamento degli impianti a ossigeno liquido

Parametri	Osservazioni / Raccomandazioni / Riferimenti
Manipolazione dell'ossigeno liquido	<p>Dovendo maneggiare l'ossigeno liquido (travasare, collegare o distaccare tubazioni ecc.) devono essere indossati indumenti protettivi a copertura totale, guanti ben isolati, stivali rinforzati e una maschera per la protezione del viso, per evitare ustioni da freddo. Può infatti accadere, ad esempio, che un aumento della temperatura dell'ossigeno liquido (ebollizione improvvisa) causi zampilli di ossigeno liquido. Il contatto (non protetto) con le tubazioni per l'ossigeno liquido deve essere evitato in ogni caso (a causa della bassa temperatura, la pelle può aderire al metallo; vedere "Contrassegnazione").</p> <p>Gli indumenti che sono venuti in contatto con un'atmosfera ricca di ossigeno devono essere aerati molto accuratamente lontano da ogni fonte di ignizione (per almeno un'ora), poiché l'ossigeno può depositarsi facilmente sui materiali tessili, che conseguentemente divengono estremamente infiammabili. Lo stesso vale per i capelli.</p> <p>Gli oli e i grassi sono fonti di pericolo che meritano una seria considerazione. Non devono essere indossati indumenti con macchie di grasso o olio. Gli apparecchi che vengono in contatto con l'ossigeno devono essere assolutamente privi di macchie di olio o grasso. Inoltre è vietato l'uso di oli e grassi su rubinetti e supporti. L'ossigeno può essere impiegato solo lontano da qualsiasi sostanza infiammabile.</p> <p>Le fonti di ignizione, come fiamme libere, sigarette accese, scintille, superfici calde ecc., devono essere assolutamente evitate in un'atmosfera ricca di ossigeno.</p> <p>Per evitare il riscaldamento del gas dovuto alla compressione adiabatica (colpo d'ariete), i rubinetti</p>

	possono essere aperti solo lentamente.
Fuoriuscita accidentale	Se l'ossigeno liquido fuoriesce accidentalmente occorre rimuovere immediatamente ogni fonte d'ignizione e aerare accuratamente i locali (vedere "Rilevamento dell'ossigeno"). Deve essere assolutamente evitato (contenimento della fuoriuscita) che l'ossigeno giunga nella fognatura o in altre aree in cui l'accumulo di ossigeno liquido possa rappresentare un pericolo . L'ossigeno fuoriuscito deve preferibilmente essere deviato nell'atmosfera in un luogo ben aerato. Occorre osservare che, a seguito del contatto con l'ossigeno liquido, alcune sostanze possono divenire porose a causa delle basse temperature.
Trasporto di ossigeno liquido	Il trasporto di ossigeno liquido su strada rientra nella classe 2 delle merci pericolose (gruppo O, contrassegno 3) ed è assoggettato all'ordinanza concernente il trasporto di merci pericolose su strada (SDR/ADR). Il trasporto deve pertanto essere effettuato da personale adeguatamente formato.

Riferimenti

- Abegglen, C., Siegrist, H. (2012). Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1214: 210 S. ([download](#))
- GESTIS Stoffdatenbank: Ozon. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung:
[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu$3.0)
- SUVA (2014). Brenngas-Sauerstoff-Anlagen – Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren. Bestellnummer: SBA 128.d ([download](#))
- Schweizerischer Verein für Schweisstechnik SVSxASS. Regel der Technik Gase RG 450: Anlagen mit ortsfesten vakuumisolierten Kryobehältern für nicht brennbare Gase.
- Schweizerischer Verein für Schweisstechnik SVSxASS. Regel der Technik Gase RG 402: Herstellung und Betrieb von Rohrleitungssystemen für Sauerstoff für Betriebsdrücke bis 70 bar.
- Schweizerischer Verein für Schweisstechnik SVSxASS. Information Gas IG 42: Versorgungsanlagen für technische Gase.
- Schweizerischer Verein für Schweisstechnik SVSxASS. Richtlinien technische Gase 112.1: Richtlinien über Anlagen zur Gewinnung von Sauerstoff, Stickstoff und Edelgasen aus der Luft.
- Beeson H.D., Smith S.R., Stewart, W.F. Safe use of oxygen and oxygen systems: handbook for design, operation, and maintenance – 2nd. ed. ASTM 2007
- Industrial Gases Committee, IGC 13/82. The transportation and distribution of oxygen by

pipeline – Recommendations for the design, construction, operation and maintenance.

- *NASA, NSS 1740.15. Safety standard for oxygen and oxygen systems.*
- *Industriegasverband der Schweiz (IGS). Sicherheitsempfehlung.*
- *Réglementation française. Arrêté type – Rubrique n° 328 bis – Oxygène liquide (Dépôts d').*
- *Linde Group. Liquide oxygen – Product Safety Assessment.*
- *Air Products. Liquide oxygen – Safetygram 6.*