

Dwutlenek chloru

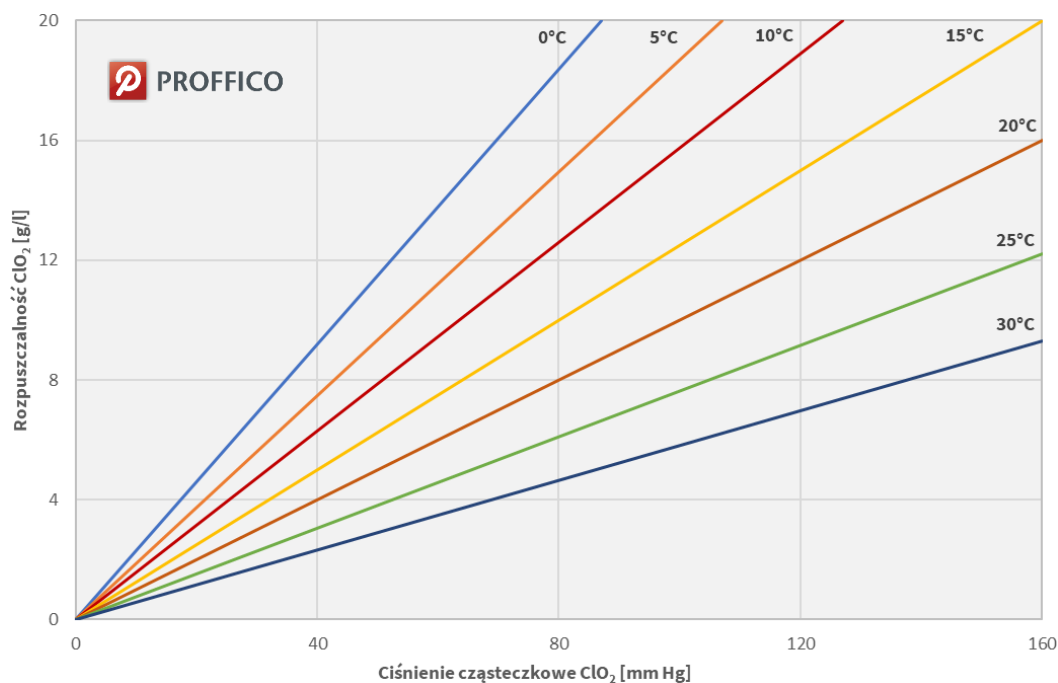
Właściwości fizyczne

W temperaturze pokojowej dwutlenek chloru (ClO_2) jest gazem gęstszym od powietrza, o barwie żółto-szarej i dobrze rozpuszczalnym w wodzie. Jego główne cechy fizyczne zostały zawarte w poniższej tabeli.

Masa cząsteczkowa	-	67,457
Temperatura topnienia	°C	-59
Temperatura wrzenia	°C	+11
Gęstość (ciekłego) przy 0°C	kg/l	1,64
Gęstość par	g/l	2,40
Temperatura krytyczna	°C	153
Ciśnienie pary nasyconej 0°C	Torr	490
Ciepło rozpuszczania w wodzie w temperaturze 0°C	kcal/mol	6,6
Ciepło parowania	kcal/mol	6,52

Rozpuszczalność i stabilność w roztworach wodnych

Dwutlenek chloru jest wysoce rozpuszczalny w wodzie, bardziej niż chlor czy ozon. Rozpuszczalność gazu jest wyrażona przez stężenie gazu rozpuszczonego w stanie równowagi tzn. pomiędzy jego stanem gazowym a rozpuszczonym. Wykresy na poniższym rysunku przedstawiają wartości stężenia ClO_2 przy różnych temperaturach i ciśnieniach cząstkowych. Na rozpuszczalność ClO_2 nie ma wpływu potencjalna obecność chloru w wodzie. W przedziale wartości pH charakterystycznych dla wody pitnej (tj. 6÷8) dwutlenek chloru nie ulega hydrolizie, lecz pozostaje w roztworze jako gaz rozpuszczony.



Rozpuszczalność dwutlenku chloru w wodzie.



Obecność jonów podchlorynowych (ClO) powoduje, że dwutlenek chloru ulega rozkładowi przy umiarkowanie zasadowym pH środowiska. Obecność jonów chlorynowych (ClO₂⁻) ma niewielki wpływ, jednak w połączeniu z podchlorynem przyspiesza utratę dwutlenku chloru. Z praktycznego punktu widzenia, obserwacje te są ważne, ponieważ stabilność wodnych roztworów dwutlenku chloru jest związana z jego czystością. Ponadto, rozkład dwutlenku chloru w roztworze wodnym jest intensyfikowany przez światło i w tym przypadku produktami rozkładu są głównie jony chlorkowe (Cl⁻) i jony chloranowe (ClO₃⁻). Światło niebieskie i UV jest skuteczne w fotodekompozycji dwutlenku chloru, gdzie szybkość reakcji jest uzależniona od intensywności światła. Dlatego, aby zachować wymaganą stabilność roztworu, wodny dwutlenek chloru musi być przechowywany w zamkniętych pojemnikach, w niskiej temperaturze i z dala od światła. Umiarkowane zakwaszenie (pH = 6) może ułatwić stabilizację i zapobiec rozkładowi dwutlenku chloru.

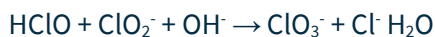
Trwałość dwutlenku chloru

Ponieważ dwutlenek chloru jest stosunkowo nietrwałym gazem, który staje się wybuchowy, gdy jego stężenie w powietrzu jest większe niż 10% objętości, gaz ten nie może być sprężany i skraplany, a zatem musi być wytwarzany na miejscu dozowania „in situ” i następnie rozpuszczany w wodzie.

Roztwory dwutlenku chloru przy stężeniu 30 g/l lub większym są niebezpieczne. Roztwory rozcieńczone do 3 g ClO₂/l są w pełni bezpieczna i stabilne, dlatego mogą być bezpiecznie stosowane w procesie dezynfekcji. Czynniki, które mogą powodować zmianę stabilność tych roztworów to pH, obecne zanieczyszczenia, ciepło i światło.

Toksyczność dwutlenku chloru

Działanie utleniające dwutlenku chloru prowadzi do powstawania chlorynów, chlorków i małych ilości chloranów. Ilość wytworzonych chlorynów zwyczajowo osiąga wartość około 60-70% zużytego dwutlenku chloru, czyli 0,6 - 0,7 mg ClO₂⁻ na mg wykorzystanego ClO₂. W odpowiednich warunkach stosowania dwutlenku chloru dominującą reakcją jest częściowa redukcja ClO₂ do chloru, czyli pośredni etap redukcji dwutlenku chloru. Chlorany mogą powstawać w wyniku utleniania kwasu podchlorynowego (HClO) z chlorynu, co z kolei jest wynikiem reakcji ClO₂ z niektórymi substancjami organicznymi, zgodnie z poniższą reakcją:



Ponadto niewielkie ilości kwasu podchlorynowego w obecności substancji organicznych naturalnie występujących w wodzie (np. kwasy huminowe), powodują powstawanie bardzo małych ilości halogenków organicznych ogółem (Total Organic Halides - TOX). Obecność chloranów jest związana z wydajnością i sposobem produkcji dwutlenku chloru i potencjalną fotolizą po ekspozycji na światło słoneczne.

Dostępne obecnie badania toksykologiczne wskazują, że dawki dwutlenku chloru, chlorynów (ClO₂) i chloranów (ClO₃⁻) stosowanych w uzdatnianiu wody nie stanowią żadnego zagrożenia dla zdrowia. Wyniki badań klinicznych i biochemicznych, przeprowadzonych w Stanach Zjednoczonych, dotyczących wpływu dwutlenku chloru spożywanego w drodze regularnego spożycia wody, wskazują, że próg stężenia chlorynów, powyżej którego może istnieć pewien wpływ na zdrowie, jest równy 24 ppm dla zdrowych osób fizycznych i 5 ppm dla osób dotkniętych niedoborem enzymu G6PD (dehydrogenazy glukozowo-6-fosforanowej). Badania toksykologiczne przeprowadzone na zwierzętach wykazały, że stężenie chlorynu, przy którym zaczyna pojawiać się stres hemolityczny, wynosi 250 ppm. W Polsce w rozporządzeniu Ministra Zdrowia „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia Przez ludzi” nie określono maksymalnego stężenia dwutlenku chloru w wodzie, określono natomiast maksymalna



PROFFICO



Proffico Sp. z o.o.
ul. Marszałkowska 84/ 92/ 72
00-514 Warszawa

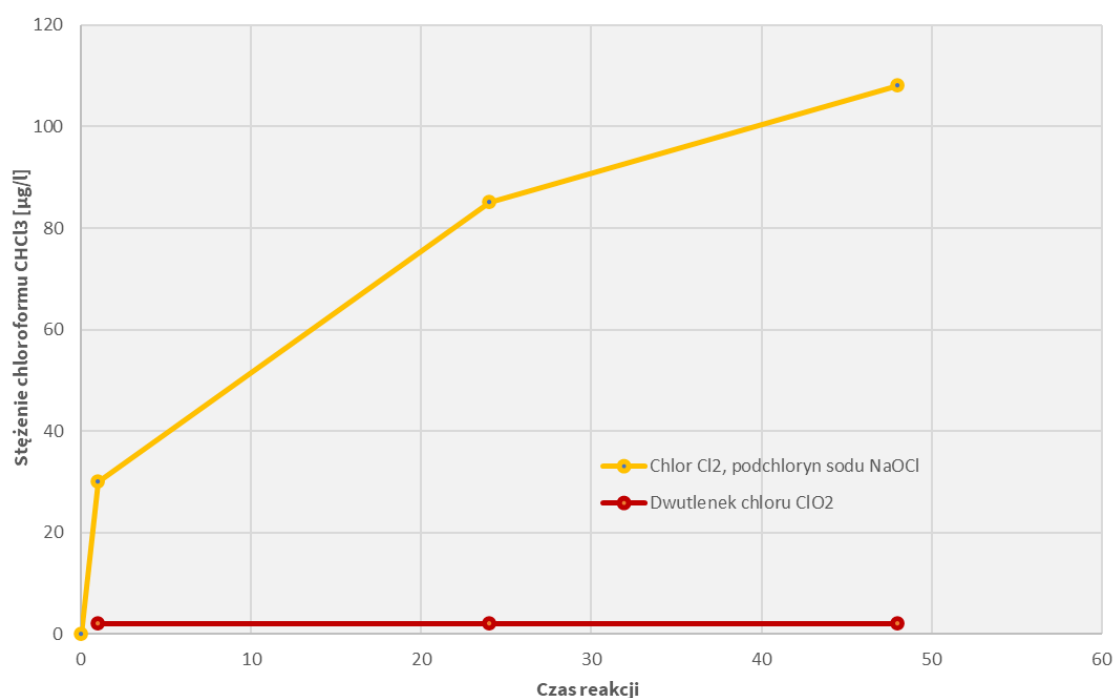
Biuro handlowe i serwis:
ul. Wiejska 11
05-530 Góra Kalwaria
tel.: +48 22 350 60 67
fax: +48 22 350 62 68
biuro@proffico.com

wartość sumy chlorynów i chloranów która wynosi odpowiednio 0,7 mg/l (mierzona w punkcie czerpnym u konsumenta).

Przy dezynfekcji wody dwutlenkiem chloru należy zwrócić uwagę na potencjalne tworzenie się związków organicznych zawierających chlorowce jako uboczne produkty utleniania rozpuszczalnych frakcji organicznych (naturalna materia organiczna). W obecnym stanie techniki i wiedzy, trójhalometany (THM) stanowią skuteczny wskaźnik całkowitej zawartości chlorowcowanych związków organicznych i są powszechnie stosowane w ocenie procesu dezynfekcji (w odniesieniu do powstawania tego rodzaju produktów ubocznych). Zatem ocena THM jest logicznie uzasadniona, ponieważ stanowi ona frakcję potencjalnie najbardziej toksyczną dla zdrowia człowieka.

Porównanie wartości THMów dla chloru i dwutlenku chloru zawiera poniższa tabela:

Mikroorganizmy	Chlor + podchloryn sodu $\text{Cl}_2 + \text{NaOCl}$	Dwutlenek chloru ClO_2
Chloroform CHCl_3	8,01 $\mu\text{g/l}$	0,46 $\mu\text{g/l}$
Dichlorobromometan CHCl_2Br	8,44 $\mu\text{g/l}$	0,23 $\mu\text{g/l}$
Dibromochlorometan CHBr_2Cl	8,75 $\mu\text{g/l}$	0,36 $\mu\text{g/l}$
Bromoform CHBr_3	3,18 $\mu\text{g/l}$	0,62 $\mu\text{g/l}$



Stężenie chloroformu w dezynfekowanej wodzie zawierającej 5 mg/l kwasów humusowych w odniesieniu do podstawowych dezynfektantów: chloru, podchlorynu sodu i dwutlenku chloru.



PROFFICO



Proffico Sp. z o.o.
ul. Marszałkowska 84/92/72
00-514 Warszawa

Biuro handlowe i serwis:
ul. Wiejska 11
05-530 Góra Kalwaria
tel.: +48 22 350 60 67
fax: +48 22 350 62 68
biuro@proffico.com