

# SimulOzone simulatore per ozono ver. 01

*“But understand each (ozone sanitation) project will rely on your own trial & error as much as anything else”.* (MaxBlaster Ozone Generator [Owner's Manual](#)).

Veramente? Io non lo credo. Vediamo.

La concentrazione di Ozono in un dato volume dipende da due fattori:

1. *Quantità di Ozono* generata nell'unità di tempo (mg/h oppure g/h). Questa è una caratteristica dal generatore usato, ma può variare a causa del calo d'efficienza del generatore nel tempo, oppure per la presenza di elevata umidità dell'aria, per la scarsità di ossigeno, etc...
2. *Ozono consumato* nell'unità di tempo, in misura proporzionale alla concentrazione. Si valuta con un parametro, *emivita* o *tempo di dimezzamento* pari al tempo necessario al dimezzamento della concentrazione presente (Ozono nell'aria: da 20 min ad alcune ore; nell'acqua, da secondi a minuti). Il meccanismo principale è l'auto-ricombinazione dell'ozono in ossigeno ma intervengono molti fattori:
  - temperatura, movimento del fluido ozonizzato, umidità dell'aria,
  - presenza di sostanze con effetto catalitico,
  - fuoriuscita di aria ozonizzata dall'ambiente trattato, etc...

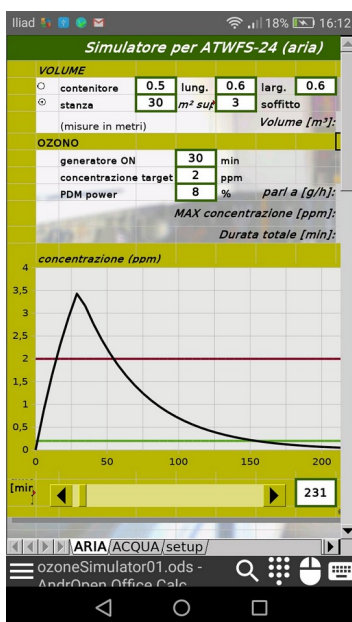
Quando sono presenti contemporaneamente sia un meccanismo di produzione sia uno di consumo, la concentrazione tende ad un valore di equilibrio non superabile. In altre parole, per ogni combinazione di generatore/ambiente esiste un limite alla concentrazione massima che si può ottenere, anche tenendo acceso il generatore per tempi molto lunghi.

*Questo costituisce un problema: la concentrazione è definita da equazioni differenziali e segue un andamento esponenziale, pertanto è una grandezza non lineare e non calcolabile con operazioni matematiche semplici.*

**Però è calcolabile con strumenti adeguati!** Questa è la motivazione che mi ha spinto a realizzare questo simulatore di concentrazione di ozono.

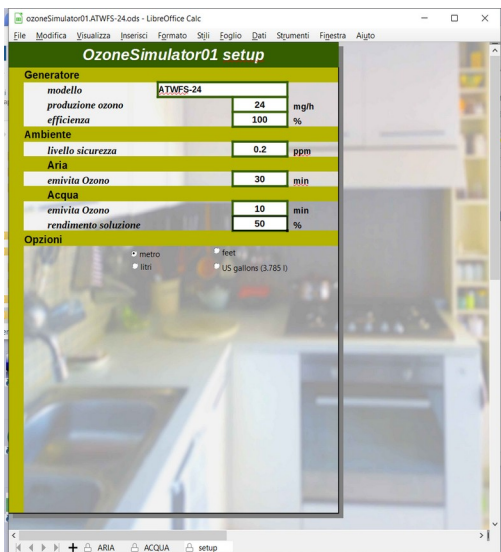
Per l'analisi matematica del modello usato vedere [info sulle equazioni di Malthus](#).

## Caratteristiche



- Mostra l'andamento della concentrazione di ozono in un dato volume (stanza o contenitore, aria o acqua), con una prima fase in cui il generatore è attivo ed una seconda in cui la concentrazione decresce fino a valori di sicurezza.
- Calcola la massima concentrazione raggiunta (in ppm) e il tempo totale [min] per tornare alle condizioni di sicurezza.
- Il grafico è espandibile sull'asse dei tempi fino ad un massimo di 6000 minuti (oltre 4 giorni).
- E' di semplice uso, una pagina di setup permette all'utente inserire una tantum le opzioni principali e questo semplifica le due pagine principali.
- E' utilizzabile su PC (Win, Linux, OS), su tablet e smartphone (Android).

## Note d'uso



cia del sistema di dispersione in acqua dell'ozono, ad esempio del rendimento della pietra porosa.

**Opzioni:** l'utente può scegliere le unità di misura da usare: *metro* o *feet*, *litri* o *US gallons*.

Salvare il file dopo aver modificato la pagina setup.

### Nella pagina Setup

**modello:** inserire un identificativo del generatore. Meglio usare una copia diversa del simulatore per ogni generatore che usate, per non modificare i dati di setup.

**produzione ozono:** valore nominale del generatore.

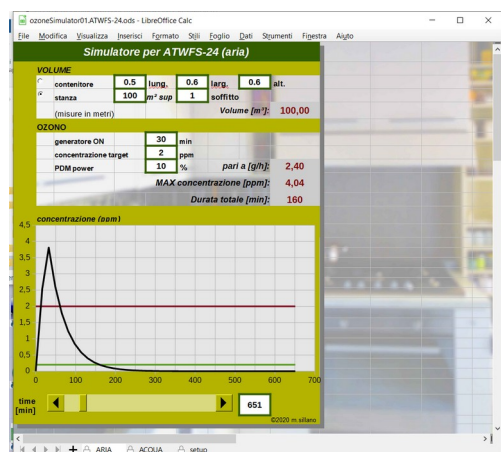
**Efficienza:** 0%-100%, tiene conto di tutti i fattori negativi nella produzione dell'ozono (rendimento generatore, rendimento soluzione, umidità dell'aria etc).

**livello di sicurezza:** concentrazione ritenuta sicura da 0,6 ppm a 2 ppm.

**emivita ozono:** tempo di dimezzamento dell'ozono usato nei calcoli. Deve tener conto anche di tutti i fattori che intervengono (temperatura, fughe verso l'esterno, etc.)

Due valori di emivita, uno per *aria* e l'altro per *acqua*.

**Rendimento soluzione:** 0%-100% tiene conto dell'effici-



### Nella pagina ARIA

Inserire le dimensioni per il calcolo del **volume**, due opzioni:

- **contenitore:** inserire tre misure nell'unità scelta.
- **stanza:** inserire superficie ed altezza del soffitto.

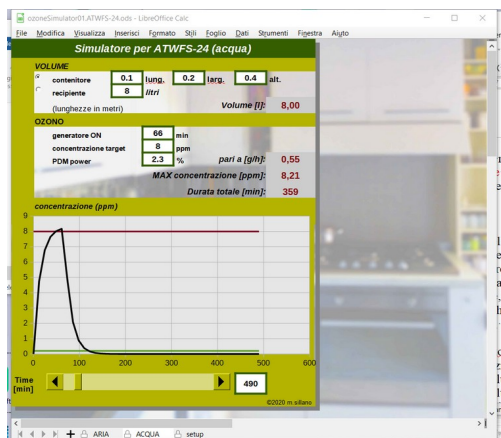
**Generatore ON:** durata dell'accensione del generatore di ozono [min].

**Concentrazione target:** valore desiderato, disegna un riferimento rosso nel grafico [ppm].

**PDM power:** 0%-100% Riduzione dell'ozono prodotto tramite accensioni e spegnimenti ripetuti (Pulse Duration Modulation). Se non usato mettere 100%.

**In basso:** slider e casella numerica per dimensionare l'asse orizzontale del grafico in minuti.

Visualizza inoltre in rosso alcuni risultati numerici: **volume** calcolato, **produzione equivalente** usando PDM, **massima concentrazione** raggiunta e **durata totale** fino al ripristino del valore di sicurezza definito nella pagina setup.



### Nella pagina ACQUA

Questa pagina è quasi identica ad ARIA, cambia solo il modo di definire il volume:

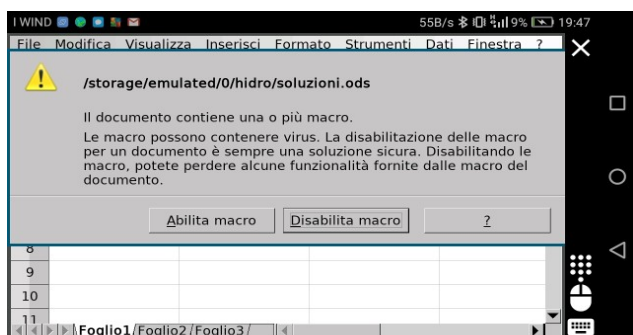
- **contenitore:** inserire tre misure nell'unità scelta.
- **recipiente:** inserire direttamente la capacità in litri (o gallons).

Naturalmente nei calcoli sono usati i valori di emivita e di rendimento della soluzione definiti per l'acqua nella pagina setup.

## Installazione sw

- *Windows, Linux, OS X*: scaricare **OpenOffice** da <http://www.openoffice.org/> ed installarlo seguendo le istruzioni online.
- *Android*: installare **AndrOpenOffice** da *GooglePlay* <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.andropenoffice&hl=it>
- La versione aggiornata di **simulOzone** è nel repository <https://github.com/msillano/Ozone-coronavirus-sonoff/tree/master/PROJECTS-DIY/simulOzone>.

Scaricare il file `simulozone01_it.ods` e copiarlo in una posizione nota nel PC o nel dispositivo, esempio: `documenti/ozono` per Windows oppure `memoria interna/ozono` per Android (usare un programma di gestione adatto al vostro telefonino per copiare il file dal PC allo smartphone).



Lanciare *OpenOffice/AndrOpenOffice* poi dal menu *File/apri* caricare `simulozone01_it.ods`.

Associare i file `'ods'` con *OpenOffice*, o con *AndrOpenOffice* per aprirli automaticamente. Potete anche creare un shortcut al file `simulozone01_it.ods` sul desktop per lanciarlo rapidamente. Se richiesto dal programma, abilitare le macro

Se usate più di un generatore create una copia di `simulozone01_it.ods`, per ogni generatore. Così non dovrete modificare ogni volta i dati in setup.

## Nota: numeri decimali

Il tastierino numerico di *AndrOpenOffice* (usato su tablet e smatphone Android) è veramente utile per inserire i numeri: si attiva/disattiva con il simbolo a 10 punti bianchi in basso a destra (vedi figure).

Purtroppo il tastierino di *AndrOpenOffice* usa sempre la convenzione anglosassone del punto decimale al posto della virgola, ignorando le impostazioni di Android.

Per usarlo bisogna quindi adeguarsi: con questo simulatore si deve **usare sempre il punto decimale (0.6) invece della virgola (0,6)** quando si inseriscono dei numeri decimali, anche su un PC.

Nota: I fogli dello spreadsheet sono protetti solo per evitare modifiche accidentali nell'uso quotidiano. La password per modificarli è 'ozone'.

Nota: per poter cliccare i link, scaricare questo file ed utilizzare un pdf-viewer sul vostro PC.

## Riferimenti

- La versione aggiornata di questo progetto, con tutti i file da scaricare si trova qui: <https://github.com/msillano/Ozone-coronavirus-sonoff/tree/master/PROJECTS-DIY/simulOzone>
- Una documentazione generale sull'Ozono e sulla sanificazione, con le informazioni che sono servite per sviluppare questo progetto la trovate qui: <https://github.com/msillano/Ozone-coronavirus-sonoff>
- Mauro Saita, Equazioni differenziali ordinarie, [http://www.maurosaita.it/documenti/equazioni\\_differenziali\\_2016.pdf](http://www.maurosaita.it/documenti/equazioni_differenziali_2016.pdf)

## info: concentrazione dell'Ozono, legge di Malthus

### 1. Decomposizione

In un volume chiuso, l'Ozono presente si dimezza ogni  $t_{\text{emivita}}$  minuti per ricombinazione in ossigeno. La concentrazione ( $\rho$ ) quindi diminuisce nel tempo con andamento esponenziale. L'equazione differenziale corrispondente è nota come legge di Malthus:

$$\frac{d\rho(t)}{dt} = -\lambda\rho(t)$$

La soluzione si trova risolvendo il seguente problema di Cauchy:

$$\begin{cases} \frac{d\rho(t)}{dt} = -\lambda\rho(t) \\ \rho(0) = \rho_0 \end{cases}$$

Si ottiene l'equazione:

$$\rho(t) = \rho_0 e^{-\lambda t}$$

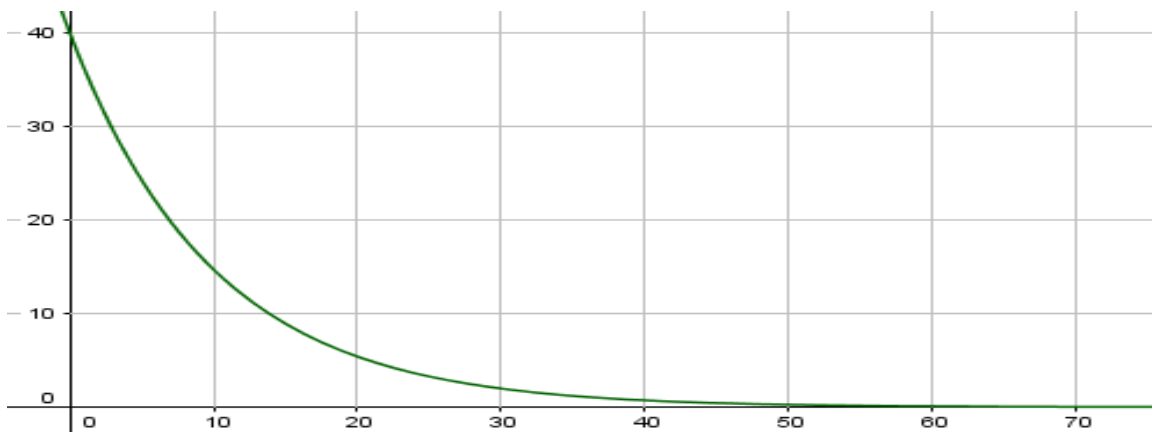
con

$\rho(t)$  = concentrazione  $[mg/m^3]$  o  $[mg/l]$  all'istante  $t$   $[min]$

$\rho_0$  = concentrazione di ozono  $[mg/m^3]$  o  $[mg/l]$  iniziale ( $t=0$ )

$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{\text{emivita}}}$  costante di decadimento

$t_{\text{emivita}}$  = tempo di dimezzamento dell'ozono  $[min]$



## 2. Creazione e decomposizione

In un volume chiuso, un generatore fornisce una quantità di Ozono costante per unità di tempo, aumentandone la concentrazione. Contemporaneamente la decomposizione elimina una parte dell'Ozono presente, in modo proporzionale alla concentrazione.

Quindi la concentrazione cresce sempre più lentamente fino ad un livello in cui creazione e decomposizione sono in equilibrio.

L'equazione differenziale corrispondente:

$$\frac{d\rho(t)}{dt} = -\lambda\rho(t) + a$$

Nel caso di interesse la soluzione si trova risolvendo il seguente problema di Cauchy:

$$\begin{cases} \frac{d\rho(t)}{dt} = -\lambda\rho(t) + a \\ \rho(0) = 0 \end{cases}$$

Si ottiene l'equazione:

$$\rho(t) = -\frac{a}{\lambda} e^{-\lambda t} + \frac{a}{\lambda}$$

con

$\rho(t)$  = concentrazione  $[mg/m^3]$  o  $[mg/l]$  all'istante  $t$   $[min]$

$a$  = produzione di ozono  $[mg/m^3 min]$  o  $[mg/lmin]$

$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{emivita}}$  costante di decadimento

$t_{emivita}$  = tempo di dimezzamento dell'ozono  $[min]$

