

Studio ventilazione per forze naturali



Natural Forces

- possibile influenza di:
 - flusso d'aria superficiale
 - differenza di temperatura esterna e temperatura interna al livello superiore
 - differenza di temperatura interna a diversi livelli nella struttura
- le influenze sulla ventilazione operano passivamente in condizioni di non equilibrio
- le condizioni di studio devono duplicare questa realtà o rischiano di influenzare il processo

Processo di rilevazione

- I moti convettivi consentono la diffusione del CO fino al sensore
- la reazione di rilevazione produce 2 elettroni / molecola di CO consumata:



- Corrente di 50 nA/(ppm di CO rilevato)
- Lo strumento può indicare 1 ppm per misurazione prolungata in un volume di 2.5 m³ – il consumo di CO non è un problema

Considerazioni di sicurezza e precauzioni

- una persona informata, formata e con esperienza sui temi della salute e sicurezza ha valutato il programma di test proposto
- la struttura di test è uno spazio confinato, l'ingresso non è necessario per eseguire il lavoro
- la risposta del sensore limita il livello superiore di CO a 800 ppm
- 800 ppm troppo basso per essere innescato

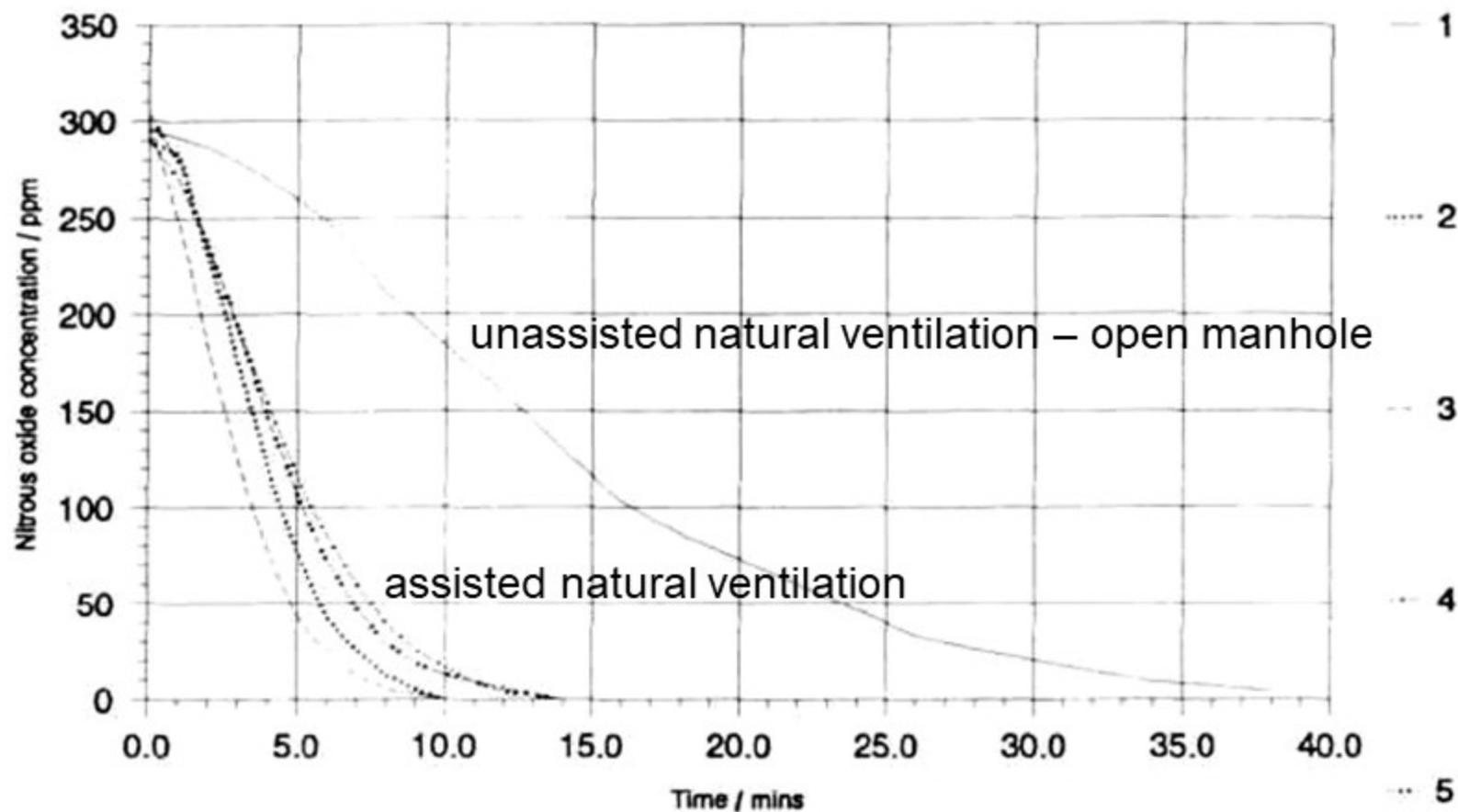
Considerazioni di sicurezza e precauzioni

- atmosfera confinata nella struttura da superfici limite
- BM, 1936: fuga di CO attraverso l'apertura/e nel tombino noto avviene lentamente
- Wiegand e Dunne, 1996: fuga di CO attraverso l'apertura di tombino notevolmente più rapida
- esposizione a gas di scarico molto breve:
 - saturare la camera di prova con scarico di un motore mediante una tubazione
 - posizionamento degli strumenti nella camera dall'esterno

Bureau of Mines (1936)

Numero di aperture	Area	Exchange Rate	Ventilation Rate		Ventilation Effectiveness
			in ²	/24h	
1	0.52	1.92	142	0.099	0.19
2	1.04	2.37	176	0.12	0.12
4	2.07	3.06	227	0.16	0.076
6	3.11	2.94	218	0.15	0.049
		3.20	237	0.16	0.053
12	5.76	6.11	453	0.31	0.055
24	11.1	15.55	1149	0.80	0.072
48	21.7	20.10	1489	1.03	0.048

Wiegand and Dunne (1996)



Studio ventilazione per forze naturali



Ambito della ricerca

- qual è il ruolo di:
 - vento superficiale
 - temperatura interna contro esterna
 - umidità nella struttura
- si verifica un flusso d'aria quando sono presenti 0 aperture?
- quante aperture sono necessarie per garantire la sicurezza di lavoratori e astanti attraverso un'efficace ventilazione da parte delle forze naturali?

Ambito della ricerca

- qual è il significato di una ventilazione efficace?
- qual è il design ottimale dei tombini per la ventilazione indotta da forze naturali?
- i gas di scarico prodotti dai veicoli possono entrare in queste strutture dalla strada?
- quando si creano rischi atmosferici nelle strutture appena installate?

Ventilation Equations: Well-Mixed Box

- Se l'aria in entrata si mescola rapidamente e completamente con l'atmosfera presente nel volume, si applica la seguente equazione:

$$C_2 = \frac{1}{Q} \left(G - [G - QC_1] e^{-\frac{Q(t_2-t_1)}{V}} \right)$$

- C_2 = concentrazione al tempo t_2
- C_1 = concentrazione al tempo t_1
- G = tasso di generazione
- Q = flusso attraverso la struttura
- V = volume della struttura
- t_2 = tempo finale; t_1 = tempo iniziale

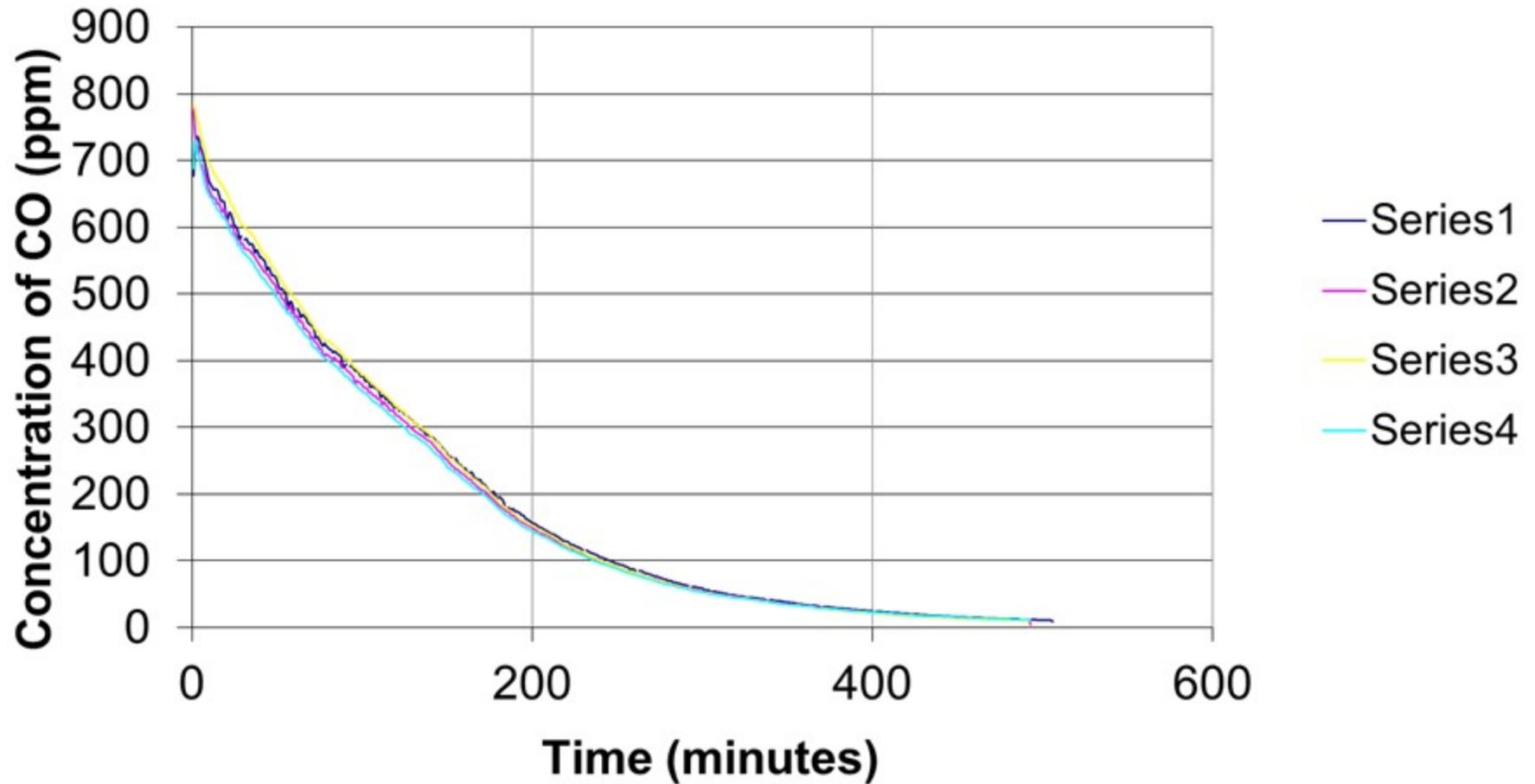
Tasso di generazione = 0

$$C_2 = C_1 \left(e^{-\frac{Q(t_2-t_1)}{V}} \right)$$

$$C_2 = C_1 e^{-\frac{Q}{V}(t_2-t_1)} = C_1 e^{-\frac{Qt}{V}}$$

- dove $t_1 = 0$, $t_2 = t$

Tipico andamento curve (03.02.2015)



General Ventilation Response

- le curve mostrano una diminuzione della concentrazione nel tempo
- curve mostrano:
 - regione iniziale lineare di rapida diminuzione della concentrazione di CO
 - regione centrale curvilinea di diminuzione più lenta
 - regione di coda lineare di riduzione molto lenta
- tutti e 4 gli strumenti leggono approssimativamente lo stesso valore in ogni momento
- diminuzione della concentrazione indica che si sta verificando uno scambio d'aria

Ventilation Rate (Linear Initial Region)

Characteristics			Ventilation Rate				
Run Time	Holes	Tests	Geometric Mean	GSD	Geometric Mean	GSD	Calculated Rate
s			ppm/min		ppm/min/C ₀		L/min
180	7	5	4.10	1.36	0.0048	1.27	12.0
60	7	10	4.14	1.66	0.0072	1.39	18.0
30	7	6	4.11	1.37	0.0056	1.22	14.0
30	5 Mar	4	4.13	1.32	0.0055	1.29	13.8
30	5 Jun	4	4.44	1.12	0.0070	1.15	17.5
30	3	7	1.66	2.30	0.0049	1.28	12.3
30	2 C+c	11	1.59	1.42	0.0025	1.49	6.3
30	2 2xc	11	1.10	2.08	0.0041	1.28	10.3
30	1	17	0.684	1.31	0.0017	1.32	4.3

Risposta generale della ventilazione

- notevole variabilità nella risposta giorno per giorno
- in generale, tempo di ventilazione dal punto di partenza comune (~ 780 ppm) al punto di arrivo comune (limite di esposizione regolato = 25 ppm) $\propto 1 / (\text{area dell'apertura(e) nel chiusino})$
- l'influenza della temperatura esterna e interna e il movimento dell'aria superficiale rimangono da determinare

Determining Ventilation Rate

- Q (m^3/min or ft^3/min) = slope ($1/\text{min}$) x volume (m^3 or ft^3)
- per ottenere Q per l'intera curva:
- plottare $\ln(C2 / C1)$ rispetto a t : calcola $C2 / C1$ ogni minuto; $C1$ è la concentrazione iniziale
- il grafico di $\ln(C2 / C1)$ rispetto a t è una linea retta quando l'atmosfera nello spazio aereo è rapidamente e accuratamente miscelata; il coefficiente di correlazione (R^2) è una misura di come si è verificata la miscelazione

Determining Ventilation Rate

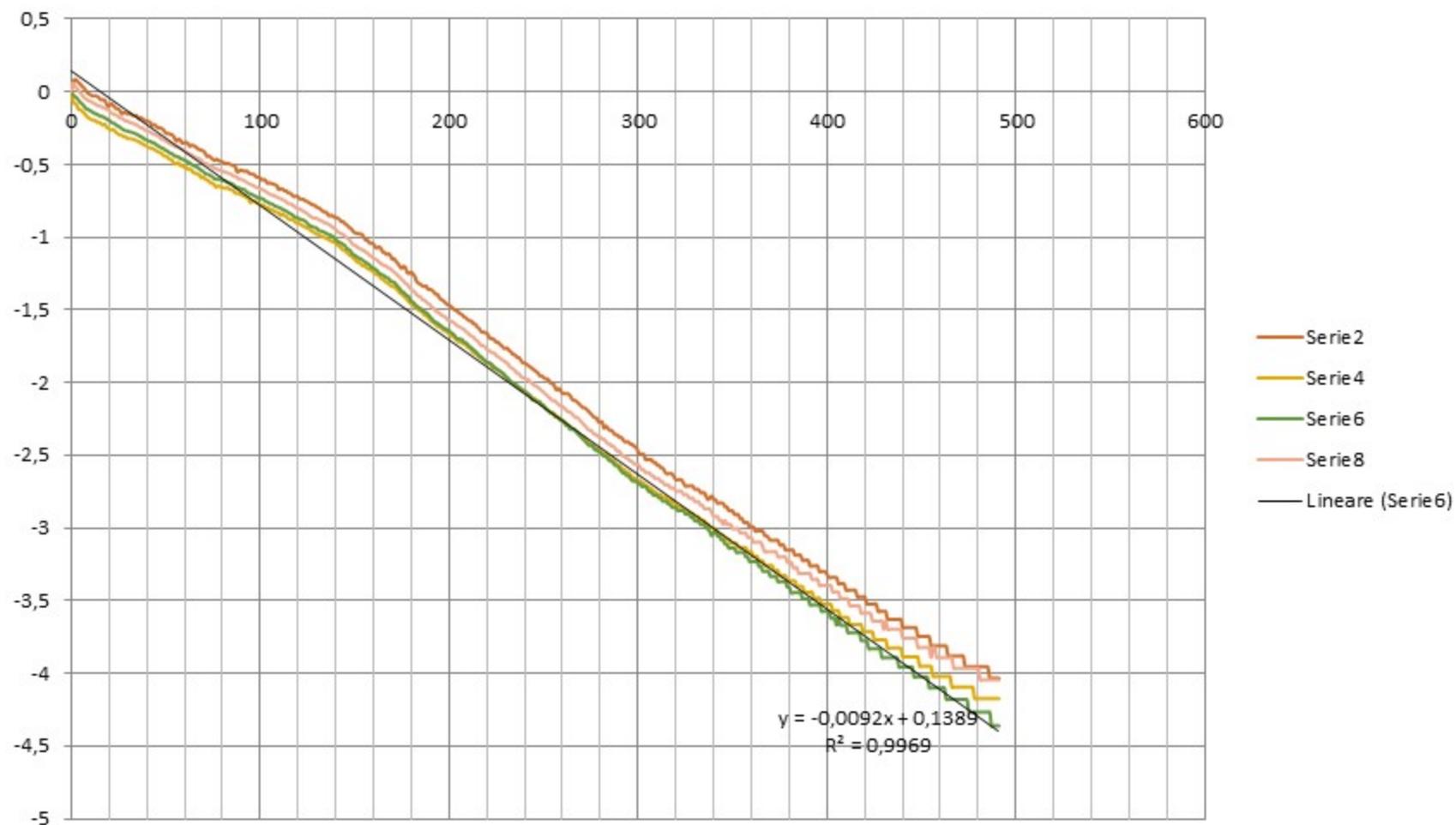
$$\ln\left(\frac{C_2}{C_1}\right) = -\frac{Q}{V}t$$

- Solving for Q:

$$Q = -\frac{V}{t} \ln\left(\frac{C_2}{C_1}\right) = (\text{slope})(\text{volume of the space})$$

- $\frac{\ln\left(\frac{C_2}{C_1}\right)}{t}$ is the slope (1/min) of the $\ln(C_2/C_1)$ vs t curve

Tipico andamento curve (03.02.2015)



Ventilation Rate ($\ln[C/C_0]$ vs Time)

Characteristics			Slope		Correlation Coeff.		
Run Time	holes	tests	Mean	GSD	Mean	GSD	Vent. Rate
s			1/min				L/min
180	7	5	0.0077	1.56	0.985	1.01	19.3
60	7	10	0.0098	1.28	0.987	1.02	24.5
30	7	6	0.0095	1.26	0.988	1.01	23.8
30	5 Mar	4	0.0078	1.30	0.988	1.01	19.5
30	5 Jun	4	0.0063	1.12	0.993	1.00	15.8
30	3	7	0.0040	1.26	0.989	1.01	10.0
30	2	11	0.0050	1.24	0.994	1.01	12.5
30	2	11	0.0033	1.69	0.979	1.02	8.3
30	1	17	0.0035	1.66	0.973	1.02	8.8

Tasso di ventilazione

- nel complesso, processo cinetico di primo ordine
- si adatta ai requisiti della volume ben miscelato (vedi pubblicazioni AIHA)
- la trasformazione C / C_0 riduce considerevolmente la variabilità nel gruppo a causa della concentrazione iniziale variabile
- tasso di ventilazione non statisticamente diverso ($p > 0,05$) nel complesso:
 - tempo di funzionamento del motore
 - numero di aperture (7 contro 5 contro 3 contro 2)

Tasso di ventilazione

- significatività statistica marginale ($p < 0.1$):
 - 3 aperture contro 2 aperture (circonferenza)
 - 2 aperture (centro + circonferenza) contro (solo circonferenza)
- statisticamente significativo ($p < 0,05$)
 - 5 aperture (marzo) contro 5 aperture (giugno)

Tasso di ventilazione

- BM ottenuto $0,99 \text{ ft}^3 / \text{min} = 2,80 \text{ L} / \text{min}$ per un'apertura dell'area $0,52 \text{ in}^2 = 335 \text{ mm}^2$
- questo lavoro ha ottenuto $4,3 \text{ L} / \text{min}$ (regione iniziale lineare), $8,8 \text{ L} / \text{min}$ ($\ln [C / C_0]$ vs diagramma temporale) per un'apertura dell'area 616 mm^2
- valori ottenuti nella regione iniziale lineare simili a quelli ottenuti dall'Ufficio delle miniere

Conclusioni

- la concentrazione di CO normalmente diminuisce con una curva regolare prevedibile
- il tasso di riduzione dipende da:
 - numero di aperture e geometria tra di esse
 - interazione tra temperatura esterna e a diversi livelli nello spazio e movimento dell'aria lungo il terreno
- la turbolenza al livello superiore in estate aumenta il ricambio d'aria
- le temperature nel volume cambiano ciclicamente durante il giorno e secondo uno schema annuale

Conclusioni

- la velocità dell'aria di superficie cambia imprevedibilmente ogni secondo
- 0 m / min è un valore comune soprattutto durante l'inverno
- 10,7 m / min si verifica in tutti i test
- aumenta il numero dei valori zero e diminuisce quello dei 10,7 m / min e viceversa in un ciclo annuale