

GAS ENDOGENI – CO₂ E H₂S

Modulo 2: Strumentazione e tecniche di Monitoraggio ambientale

20 APRILE 2023 – RADON E GAS ENDOGENI NELLA PRATICA PROFESSIONALE.

MASSIMO MORONI, DIRETTORE LABORATORIO HARMAT ACCREDITATO UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018

GIA' MEMBRO DEL TAVOLO TECNICO "RADON" ISTITUITO PRESSO IL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

PERICOLO DI EMANAZIONI GASSOSE IN AREE URBANE DEI COLLI ALBANI



Direzione Regionale
Protezione Civile del Lazio

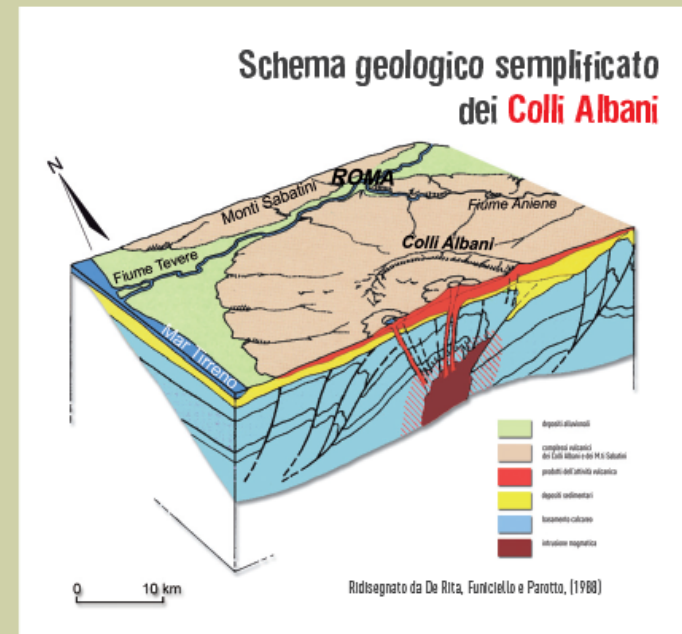


Istituto Nazionale di
Geofisica e Vulcanologia

EMISSIONI DI GAS NEI COLLI ALBANI

I comuni di **Ciampino**, **Marino** e il X Municipio di Roma ricadono nel complesso vulcanico dei Colli Albani, che ha cominciato a formarsi circa 600.000 anni fa ed è costituito da numerosi centri eruttivi. Il sistema craterico più recente ospita il lago Albano dal quale sono avvenuti fenomeni pericolosi (eruzioni, esondazioni) fino ad epoca Romana (IV sec. a.C.).

Nelle aree vulcaniche quiescenti si osserva spesso un rilascio anomalo di gas dal suolo, costituito prevalentemente da anidride carbonica. L'emissione di gas avviene soprattutto in corrispondenza di fratture o faglie, lungo le quali i gas presenti negli strati profondi risalgono facilmente verso la superficie. Il fenomeno può variare nello spazio e nel tempo: infatti i terremoti possono produrre l'apertura di nuove fratture e la circolazione di acqua termale può sigillarne altre.



La presenza di manifestazioni gassose nell'area dei Colli Albani è anche associata ad acque sotterranee che hanno in soluzione una notevole quantità di anidride carbonica che viene liberata per abbassamento di pressione quando l'acqua risale verso la superficie.

Oltre all'anidride carbonica nel gas emesso troviamo idrogeno solforato, metano e in misura minore il radon.

CO₂

L'**anidride carbonica**, è il più abbondante tra i gas rilasciati (fino al 98 % vol.). E' un gas inodore, incolore, più pesante dell'aria che, in assenza di vento, tende ad accumularsi in prossimità del suolo e soprattutto nelle zone depresse, dove può raggiungere concentrazioni molto elevate. La sua concentrazione normale nell'aria è di 330 ppm (parti per milione) pari allo 0,03 %. I limiti di concentrazione consentiti in ambiente di lavoro sono di 0,5 % per un'esposizione di 8 ore e del 3 % per brevi esposizioni fino a 15 minuti. La CO₂ provoca un incremento dell'attività respiratoria e un'azione vasocostrittrice, per concentrazioni fino al 5 %. Superata questa soglia, la CO₂ diventa un tossico pericoloso che provoca asfissia. Per concentrazioni inferiori al 8 % i sintomi (emicrania, ipotensione, capogiri) sono reversibili respirando aria pura. Di contro, superandosi questo valore, può sopraggiungere rapidamente la paralisi respiratoria, e lo svenimento. Oltre il 25 % si ha la morte immediata.

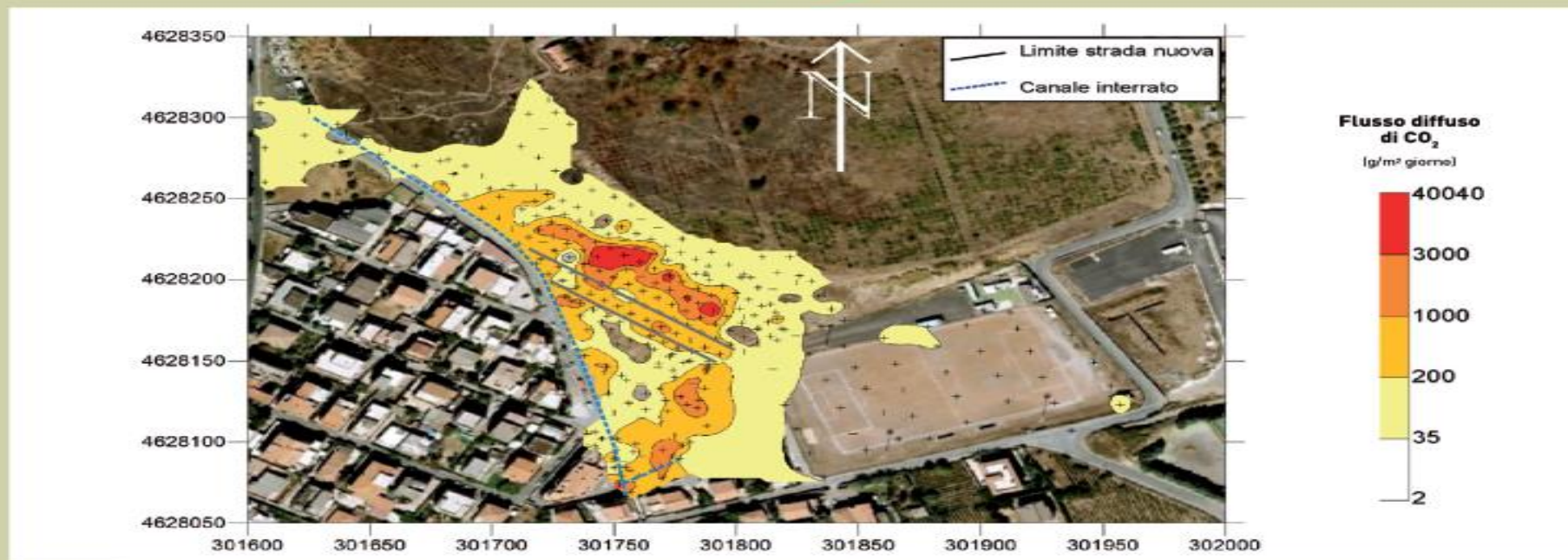
H₂S

L'**idrogeno solforato** (1-2 % vol. nelle emissioni naturali dei Colli Albani) è un gas incolore, più pesante dell'aria, ma a differenza dell'anidride carbonica si riconosce facilmente dal classico odore di uova marce. I limiti consentiti in ambiente di lavoro sono di 10 ppm per un'esposizione di 8 ore e di 15 ppm per brevi esposizioni. Questo gas esercita un'azione irritante a carico del sistema respiratorio. A 150 ppm procura un effetto paralizzante sull'apparato olfattivo. A 250 ppm può provocare edema polmonare. La morte istantanea si ha per concentrazioni superiori a 500 ppm.

Rn

Il **radon** è un gas di origine radioattiva inodore, incolore e insapore, 8 volte più pesante dell'aria. Si concentra nelle falde acquifere e nei luoghi chiusi a contatto col terreno. La concentrazione di radon in un'area è molto variabile e dipende sia dalla quantità di uranio contenuto nelle rocce (da cui si genera il radon), sia dalla presenza di altri gas, come la CO₂ che lo trascina con sé verso la superficie. Inoltre, il radon può raggiungere elevate concentrazioni all'interno delle abitazioni, anche in mancanza di emissione di gas dal suolo, se i materiali costruttivi usati sono rocce ad alto contenuto in uranio. Il pericolo da radon si manifesta a lungo termine. Se respirato per anni a concentrazioni elevate può provocare il tumore polmonare, del quale rappresenta a scala mondiale la causa principale dopo il fumo.

MAPPA DELLE ANOMALIE DI FLUSSO DI ANIDRIDE CARBONICA



La mappa del flusso di CO_2 dal suolo copre l'area intorno alla manifestazione di Cava dei Selci ed è stata realizzata nel giugno 2010. I colori indicano l'entità dell'emissione di CO_2 dal suolo: le zone di massimo rilascio di gas sono colorate in rosso. Il flusso totale di CO_2 della zona (35.000 m^2) è stimato a $10,2 \text{ ton/giorno}$.



Cava dei Selci - Marino (sinistra)
Alla mattina spesso il gas viene disperso dalla manifestazione verso le case (come evidenziato dal fumogeno).

Cava dei Selci - Marino (destra)
Misura con tecniche laser della concentrazione in aria di CO_2 e H_2S .

REGIONE LAZIO



Dipartimento: DIPARTIMENTO ISTITUZIONALE E TERRITORIO

Direzione Regionale: AMBIENTE

Area: DIFESA DEL SUOLO E CONCESSIONI DEMANIALI

DETERMINAZIONE

N. A00271 **del** 19/01/2012

Proposta n. 920 **del** 19/01/2012

Oggetto:

Aree indiziate di emissione pericolosa di Anidride Carbonica (CO₂) nei territori dei Comuni di Castel Gandolfo, Ciampino, Marino e Roma (Municipi X, XI, XII). Nuove direttive agli uffici regionali competenti ai fini del rilascio dei pareri ai sensi dell'art. 89 del D.P.R. 380/01.

DETERMINA

di impartire ai funzionari dell'Area Difesa del Suolo, per l'espletamento dell'istruttoria tecnica finalizzata al rilascio del parere geomorfologico ai sensi dell'art. 89 D.P.R. 380/01, le seguenti disposizioni, valide nell'area delimitata nell'allegato 1 parte integrante della presente determinazione:

1. in via precauzionale le varianti al P.R.G. o al P.U.G.C. e gli Strumenti Urbanistici Attuativi, dovranno essere accompagnati da studi, indagini e relazioni specifiche sui gas i cui contenuti sono dettagliatamente descritti ai successivi punti 2, 3, 4. Sulla base dei risultati degli studi eseguiti si applicheranno le disposizioni illustrate ai successivi punti 5, 6, 7, 8 e 9.
2. I documenti previsti, ai sensi della D.G.R. Lazio n. 2649/99, per le varianti urbanistiche (qualora non sia indicata l'area di sedime delle edificazioni) dovranno essere integrati da una relazione geologica che includa i risultati del monitoraggio del flusso e della concentrazione di CO₂ al suolo e contenga anche una descrizione delle caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata (marca e modello dello strumento, specifiche dei sensori e data dell'ultima calibrazione certificata dalla ditta costruttrice).

Il monitoraggio dovrà essere eseguito secondo i passi seguenti:

- a. Esecuzione di una campagna di misure del flusso di CO₂ al suolo, utilizzando strumenti con camera di accumulo in condizioni di terreno asciutto e di tempo stabile senza forti sbalzi di pressione atmosferica e/o umidità del suolo. Sulla base di questa campagna dovrà essere valutato il valore di fondo e le varie classi di flusso anomale con metodi geostatistici. Dovrà essere elaborata una mappa di flusso di CO₂ al suolo con metodi geostatistici.

Le misure dovranno essere distribuite secondo una maglia il più possibile regolare e con una densità di:

- almeno 25 campioni per ettaro per piani urbanistici fino a 10.000 m²;

- almeno 15 campioni per ettaro per piani urbanistici con estensione compresa tra 10.000 m² e 300.000 m²;
 - almeno 10 campioni per ettaro per proposte di piano urbanistico superiori a 300.000 m²;
- b. Esecuzione, successivamente alle misure di flusso, di una campagna di misure di concentrazione di CO₂ nel suolo, ad una profondità compresa tra 50 e 80 cm, con terreno asciutto e con strumenti ad infrarossi. Le misure di concentrazione dovranno essere distribuite secondo lo schema della campagna di flusso, il più possibile regolare, con un raffittimento delle misure in corrispondenza dei massimi valori di flusso di CO₂ registrati durante la fase precedente (punto 2a).
3. Dopo il rilascio del parere favorevole sulla variante, e prima della redazione del progetto esecutivo, dovrà essere obbligatoriamente presentato, alla struttura regionale competente, il piano attuativo con un'ulteriore campagna di misure di concentrazione di CO₂ eseguite secondo le modalità descritte al punto 4.
4. I documenti previsti, ai sensi della D.G.R.L. n. 2649/99, per gli strumenti urbanistici attuativi, e in generale tutti gli strumenti urbanistici dove sia indicata l'area di sedime delle edificazioni, dovranno essere integrati da una relazione geologica che includa i risultati del monitoraggio del flusso e della concentrazione di CO₂ effettuati sull'area così come indicato al precedente punto 2 ai paragrafi a, b.
- Inoltre dovranno essere eseguite misure di concentrazione di CO₂ nel suolo, con le modalità previste nel punto 2b, con un raffittimento in corrispondenza dell'area di sedime di tutti gli edifici previsti.

5. In sintesi le misure dovranno essere eseguite secondo lo schema seguente:

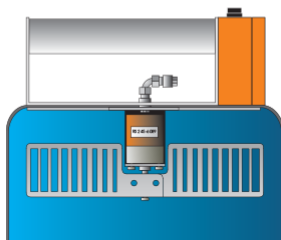
Tipologia di Strumento Urbanistico	Campagne di Misura
<u>Variante Urbanistica</u> senza indicazione dell'area di sedime delle edificazioni	una campagna di misure di flusso e una successiva di misure di concentrazione
<u>Piano Attuativo</u> successivo ad una variante urbanistica approvata secondo le norme della presente determinazione	una campagna di misure di concentrazione al suolo con raffittimento nelle aree di sedime
<u>Piano Attuativo</u>	• una campagna di misure di flusso e successivamente una prima campagna di misure di concentrazione; • una seconda campagna di concentrazione al suolo effettuata in modo che l'intervallo temporale tra le due campagne di concentrazione non risulti inferiore a 3 mesi;

Le Misure di Flusso

10

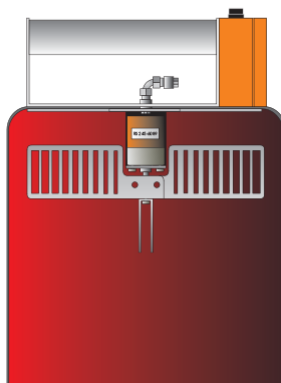


The accumulation chambers



Type A

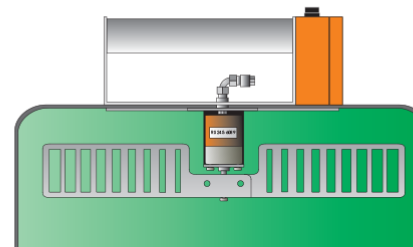
Internal diameter: 0.2 m (200 mm)
 Internal height: 0.097 m (97 mm)
 Internal volume chamber: $2.797 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.095 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $2.756 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $3.140 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 1.650 Kg (with alkaline battery)



Type B

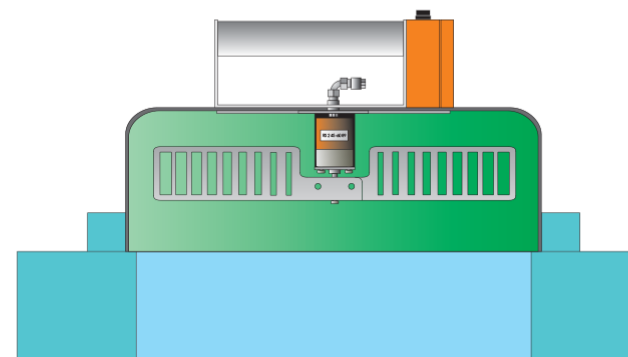
Internal diameter: 0.2 m (200 mm)
 Internal height: 0.198 m (198 mm)
 Internal volume chamber: $6.231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.498 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $6.186 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $3.140 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 2.150 Kg (with alkaline battery)

With Accumulation Chamber Type B you can measure flux higher than 10000 grams/ m^2 x day with more accuracy.



Type C

Internal diameter: 0.3 m (300 mm)
 Internal height: 0.97 m (97 mm)
 Internal volume chamber: $6.925 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.647 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $6.878 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $7.116 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 1.900 Kg (with alkaline battery)



Type C-floating

Internal diameter: 0.3 m (300 mm)
 Internal height: 0.97 m (97 mm)
 Internal volume chamber-floating: $11.277 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Dead volumes (electric engine, filters and detector cell): $4.647 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 Net volume: $11.231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Base area: $6.697 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$
 Mass: 2.000 Kg (with alkaline battery)

With accumulation chambers type C-floating you can measure flux over lakes or other water sources.

Method 2: Measuring the flux directly in moles/sm/day.

To get the results directly in moles/sm/day you have to set the Accumulation Chamber factor to the correct value, taking it from the tables.

For each measurement, if there are variations in the air temperature, or of the barometric pressure, or if you changed the accumulation chamber you have to select the [tools][settings] menu and put the correct accumulation chamber factor in the "A.c.K." field. This operation can be "critical". In any case on the saved files you'll find the results of flux evaluation expressed in both units , the raw ppm/sec and the moles/sm/day computed with the A.c.K. you set.

The accumulation chamber factors

Here following the formula used to compute the A.c.K.:

$$K = \frac{86400 \cdot P}{10^6 \cdot R \cdot T_k} \cdot \frac{V}{A}$$

Where

- **P** is the barometric pressure expressed in mBar (HPa)
- **R** is the gas constant 0.08314510 bar L K⁻¹ mol⁻¹
- **T_k** is the air temperature expressed in Kelvin degree
- **V** is the chamber net volume in cubic meters
- **A** is the chamber inlet net area in square meters.

The dimensions of the A.c.K. are

$$K = \frac{\text{moles} \cdot \text{meter}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}}{\text{ppm} \cdot \text{sec}^{-1}}$$

In the table the conversion factors vs temperaure and barometric pressure for the Accumulation Chamber Type A and B are reported.

Accumulation chamber A factors

		Air temperature °C													Volume: 2.756*10 ⁻³ m ³ Area: 3.140*10 ⁻² m ²
		-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
Barometric pressure mBar (Hpa)	1033	0.382	0.374	0.367	0.360	0.354	0.347	0.341	0.335	0.330	0.324	0.319	0.313	0.308	
	1013	0.374	0.367	0.360	0.353	0.347	0.341	0.335	0.329	0.323	0.318	0.312	0.307	0.303	
	993	0.367	0.360	0.353	0.346	0.340	0.334	0.328	0.322	0.317	0.311	0.306	0.301	0.297	
	973	0.359	0.352	0.346	0.339	0.333	0.327	0.321	0.316	0.310	0.305	0.300	0.295	0.291	
	953	0.352	0.345	0.339	0.332	0.326	0.320	0.315	0.309	0.304	0.299	0.294	0.289	0.285	
	933	0.345	0.338	0.332	0.325	0.319	0.314	0.308	0.303	0.298	0.293	0.288	0.283	0.279	
	913	0.337	0.331	0.324	0.318	0.313	0.307	0.302	0.296	0.291	0.286	0.282	0.277	0.273	
	893	0.330	0.323	0.317	0.311	0.306	0.300	0.295	0.290	0.285	0.280	0.275	0.271	0.267	
	873	0.322	0.316	0.310	0.304	0.299	0.294	0.288	0.283	0.278	0.274	0.269	0.265	0.261	
	853	0.315	0.309	0.303	0.297	0.292	0.287	0.282	0.277	0.272	0.268	0.263	0.259	0.255	
	833	0.308	0.302	0.296	0.291	0.285	0.280	0.275	0.270	0.266	0.261	0.257	0.253	0.249	
	813	0.300	0.295	0.289	0.284	0.278	0.273	0.269	0.264	0.259	0.255	0.251	0.247	0.243	
	793	0.293	0.287	0.282	0.277	0.271	0.267	0.262	0.257	0.253	0.249	0.245	0.241	0.237	
	773	0.286	0.280	0.275	0.270	0.265	0.260	0.255	0.251	0.247	0.242	0.238	0.235	0.231	
	753	0.278	0.273	0.268	0.263	0.258	0.253	0.249	0.244	0.240	0.236	0.232	0.229	0.225	
	733	0.271	0.266	0.260	0.256	0.251	0.246	0.242	0.238	0.234	0.230	0.226	0.222	0.219	
	713	0.263	0.258	0.253	0.249	0.244	0.240	0.235	0.231	0.227	0.224	0.220	0.216	0.213	
	693	0.256	0.251	0.246	0.242	0.237	0.233	0.229	0.225	0.221	0.217	0.214	0.210	0.207	
	673	0.249	0.244	0.239	0.235	0.230	0.226	0.222	0.218	0.215	0.211	0.208	0.204	0.201	
	653	0.241	0.237	0.232	0.228	0.224	0.220	0.216	0.212	0.208	0.205	0.201	0.198	0.195	
	633	0.234	0.229	0.225	0.221	0.217	0.213	0.209	0.205	0.202	0.199	0.195	0.192	0.189	
	613	0.226	0.222	0.218	0.214	0.210	0.206	0.202	0.199	0.196	0.192	0.189	0.186	0.183	
	593	0.219	0.215	0.211	0.207	0.203	0.199	0.196	0.192	0.189	0.186	0.183	0.180	0.177	
	573	0.212	0.208	0.204	0.200	0.196	0.193	0.189	0.186	0.183	0.180	0.177	0.174	0.171	
	553	0.204	0.200	0.197	0.193	0.189	0.186	0.183	0.179	0.176	0.173	0.171	0.168	0.165	
	533	0.197	0.193	0.189	0.186	0.182	0.179	0.176	0.173	0.170	0.167	0.164	0.162	0.159	
	513	0.190	0.186	0.182	0.179	0.176	0.172	0.169	0.166	0.164	0.161	0.158	0.156	0.153	
	493	0.182	0.179	0.175	0.172	0.169	0.166	0.163	0.160	0.157	0.155	0.152	0.150	0.147	

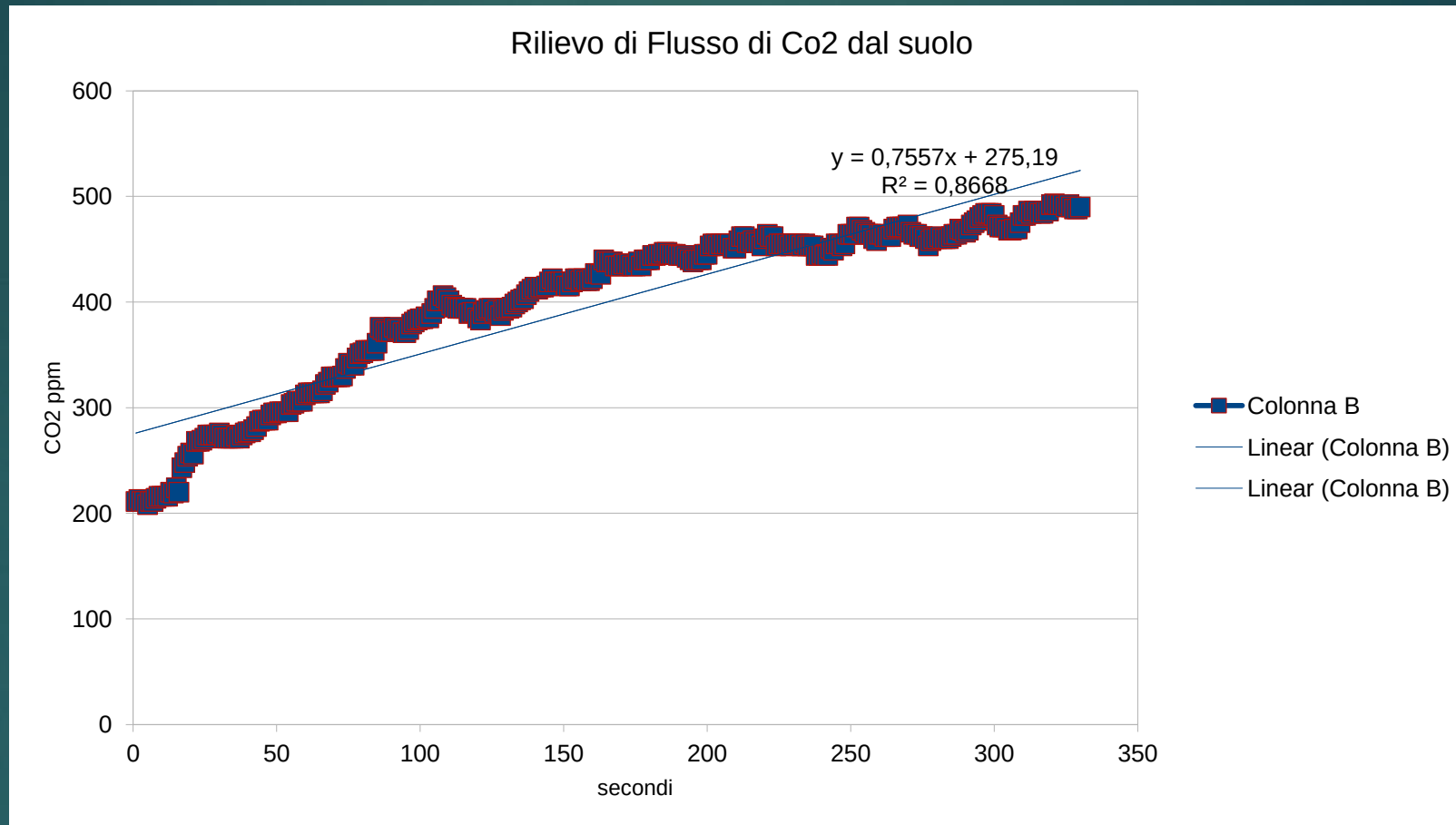


Tabella di cantiere

26/05/2015 – Temperatura 23 – Pressione 1013							
n. campione	data/ora	lat	long	ppm/sec	Coeff Calibrazione K	Flusso moli/mq/g	Flusso gr/mq/g
028	16:06	4626827	299807	0,52	0,318	0,16536	7,27584
029	16:24	4626893	299770	0,3	0,318	0,0954	4,1976
030	16:42	4626937	299721	0,74	0,318	0,23532	10,35408
031	16:53	4626991	299636	0,59	0,318	0,18762	8,25528
032	17:08	4627024	299557	0,34	0,318	0,10812	4,75728
033	17:23	4626966	299584	0	0,318	0	0
034	17:38	4626917	299637	0,15	0,318	0,0477	2,0988
035	17:53	4626877	299683	0,36	0,318	0,11448	5,03712
036	18:07	4626832	299734	0,45	0,318	0,1431	6,2964
037	18:22	4626792	299768	0,36	0,318	0,11448	5,03712
038	18:37	4626712	299800	0,85	0,318	0,2703	11,8932
039	18:52	4626680	299878	0,32	0,318	0,10176	4,47744
040	19:05	4626647	299942	0,68	0,318	0,21624	9,51456
041	19.20	4626556	299948	0,75	0,318	0,2385	10,494