

VI CONVEGNO NAZIONALE
Il controllo degli agenti fisici:
ambiente, territorio e nuove tecnologie

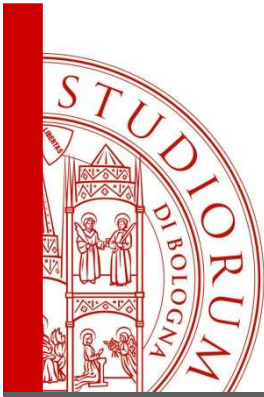
Alessandria, 07/06/2016

Problemi di radioprotezione nello scavo di gallerie stradali e ferroviarie

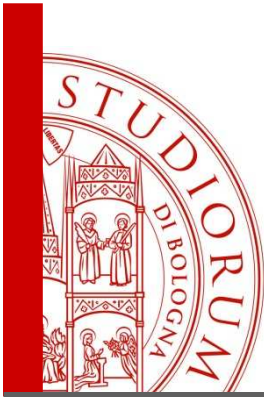
G. Cucchi^a, A. Lisardi^b, D. Mostacci^a, L. Tositti^a, F. Tugnoli^a, S. Vichi^a

^a *Alma mater Studiorum Università di Bologna*

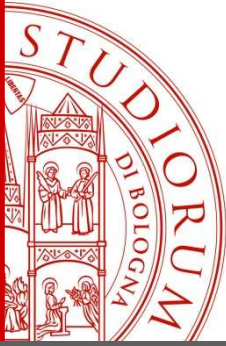
^b *Collins S.r.l., via G. Rodocanacchi 32, 00054 Fiumicino (Roma)*



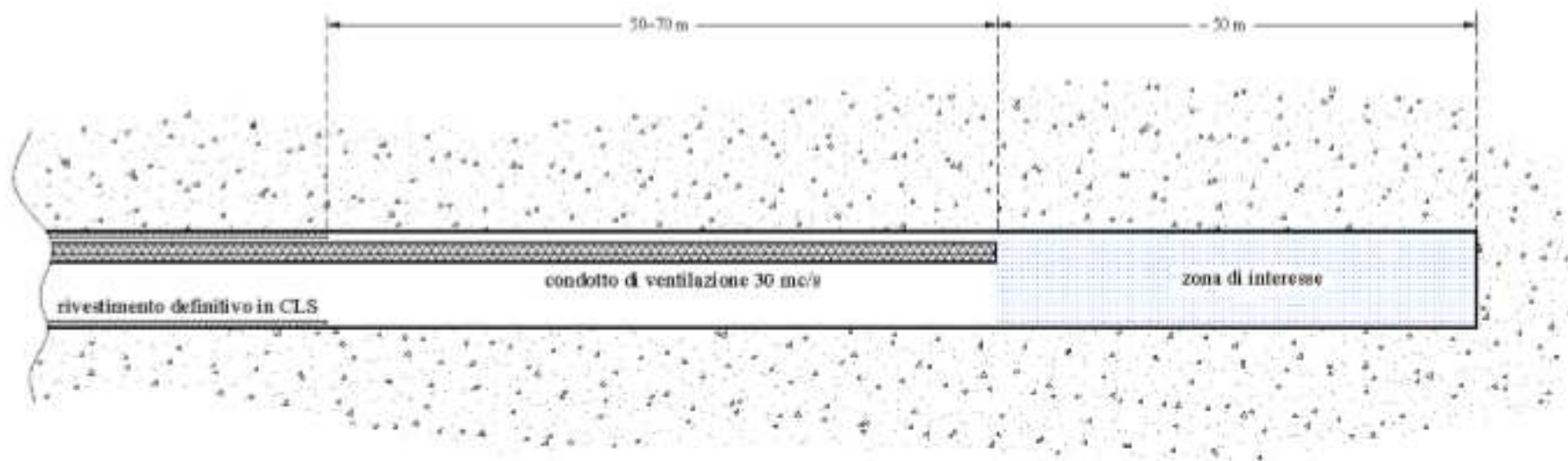
- Durante le operazioni di scavo dei tunnel stradali e autostradali il personale addetto ai lavori è esposto a radiazioni ionizzanti provenienti dal fondo naturale
- L'entità di tale esposizione può variare significativamente in funzione della litologia locale
- Il livello di Radon in galleria è inoltre influenzato dalle caratteristiche del sostrato roccioso più profondo coinvolto nella convezione di radon
- La permeabilità delle formazioni rocciose può variare ampiamente da una roccia all'altra, giocando un ruolo chiave nell'esalazione del radon.

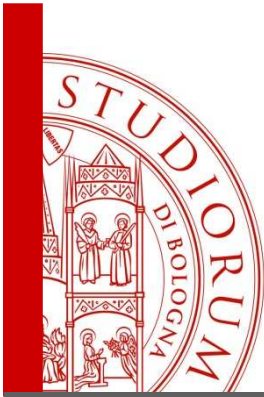


- Sviluppare una metodologia che permetta di stimare preventivamente I livelli di Radon in galleria è di interesse allo scopo di caratterizzare la zona di lavoro
- Per una valutazione preventiva delle caratteristiche geologiche dell'area di interesse devono essere effettuati dei carotaggi prima che lo scavo abbia inizio
- La metodologia per la stima preventiva dei livelli di radon proposta in questo lavoro è basata sulla misura dei NORM e dei fattori di emanazione a partire da campioni di roccia provenienti da tali carotaggi e sulla geometria del tunnel
- Una campagna sperimentale è in corso in un tunnel ferroviario in costruzione nel nord-ovest dell'Italia:
- I risultati preliminari saranno presentati e I valori stimati saranno confrontati con le misure sperimentali

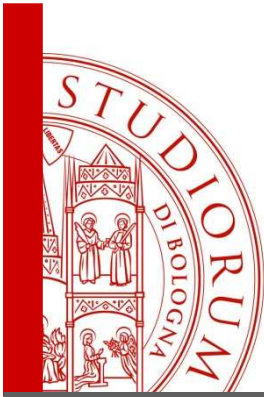


Tipica struttura di un tunnel in corso di scavo

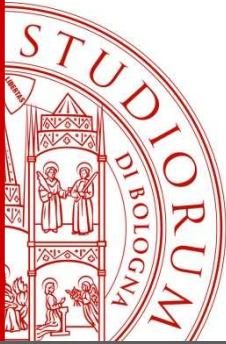




- Il tunnel in oggetto ha una sezione di 80 m^2 e in prima approssimazione può essere considerato circolare
- L'aria è aspirata dal sistema di ventilazione con un rateo $30 \text{ m}^3/\text{s}$ attraverso un condotto che termina 50 m prima del fronte di scavo
- L'area di interesse in cui sono presenti i lavoratori addetti è di 4000 m^3
- Ciò permette di effettuare una stima del rateo di ventilazione: 27 h^{-1}
- Lo scavo procede ad una velocità di 1 m ogni 8 h , quindi vengono prodotti $80 \text{ m}^3/\text{h}$ di materiale di scavo.
- Il procedimento di scavo è il seguente: il materiale di scavo è prodotto durante 2 h , rimosso nelle seguenti 3 h poi, nelle successive 3 h , vengono effettuati interventi di consolidamento del fronte di scavo



- Ai fini di questo lavoro è stata ipotizzata la presenza di 25 m³ di materiale di scavo, il cosiddetto “smarino”
- Gli ultimi 10 m della galleria possono essere considerati come la zona di interesse per la presenza di lavoratori, questa zona è inoltre quella più influenzata, in termini di concentrazione di radon in aria, dalla presenza del fronte di scavo
- In questo lavoro il tunnel è stato modellato come un volume cilindrico di 800 m³ comprendente gli ultimi 10 m prima del fronte di scavo, circondato dalle pareti della galleria, contenente 25 m³ di smarino
- Sono stati effettuati campionamenti in due postazioni differenti: “Valico sud” e “Bypass”. I risultati che verranno riportati di seguito sono riferiti a questi due set di campioni

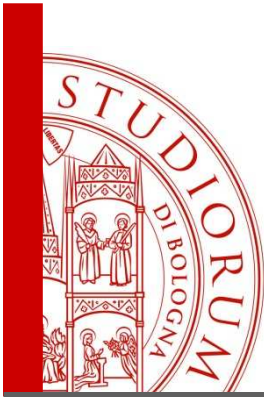


Caratteristiche fisiche dei campioni di roccia

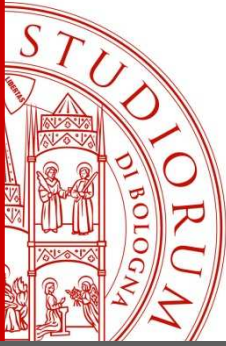
	superficie	volume	massa	densità
Valico sud	0.0135 m ²	9.48*10 ⁻⁵ m ³	0.3 kg	3164.82 kg/m ³
Bypass	0.0247 m ²	2.52*10 ⁻⁴ m ³	0.75 kg	2676.19 kg/m ³

Concentrazioni di NORM

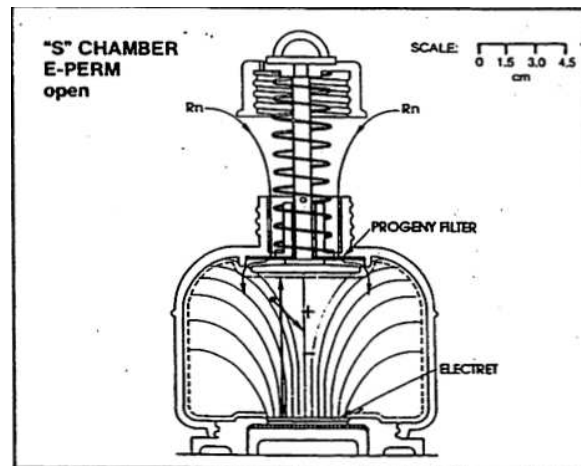
	C(Ra)	C(Th)	C(K)
Valico sud	22 Bq/kg	29 Bq/kg	490 Bq/kg
Bypass	38 Bq/kg	41 Bq/kg	621 Bq/kg

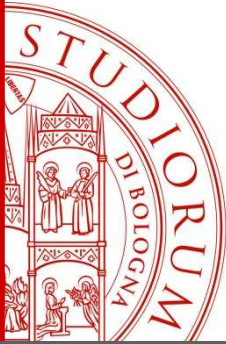


- I campioni di roccia sono stati tagliati in forme regolari per permettere l'esatta valutazione della loro superficie emittente
- Il materiale rimanente è stato utilizzato per misurare il contenuto di NORM dei due diversi tipi di formazione rocciosa
- Le misure sono state effettuate con un rivelatore HPGe, coassiale, un modello PROFILE della Ortec
- Range energetico 20-2,000 keV, efficienza relativa 20%, FWHM 1.9 keV @1332.5 keV
- Nelle misure di spettrometria con Gamma Vision è stato assunto l'equilibrio secolare $^{226}\text{Ra} - ^{238}\text{U}$, lo stesso è stato assunto per $^{235}\text{U} - ^{238}\text{U}$



- Il fattore di esalazione è stato misurato utilizzando dei rivelatori ad elettreti e-Perm, seguendo il protocollo proposto da Kotrappa
- I campioni sono stati posizionati all'interno di un contenitore a tenuta di radon con una camera ad elettreti e misurati per 15 giorni.

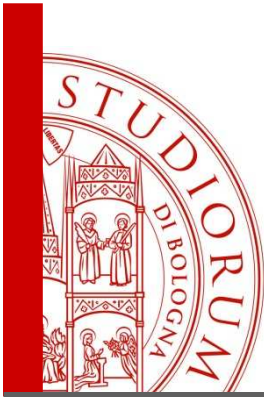




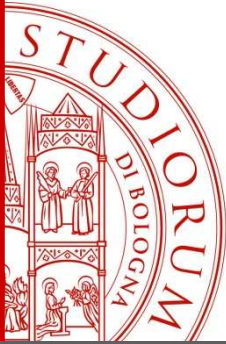
- Le misure sono state ripetute una seconda volta portando essenzialmente agli stessi risultati

Esalazione

	Emissione	superficie	esalazione
Valico sud	$7.9 \cdot 10^{-7}$ Bq/s	0.0135 m ²	0.2110 Bq/h-m ²
Bypass	$1.1 \cdot 10^{-6}$ Bq/s	0.0247 m ²	0.1560 Bq/h-m ²



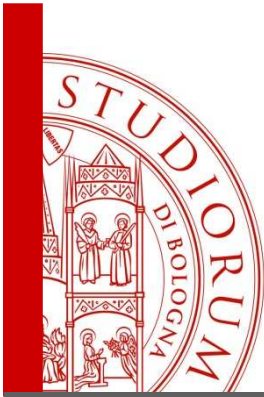
- Alcune approssimazioni devono essere fatte per quanto riguarda il materiale di scavo in quanto è impossibile conoscerne l'effettiva superficie
- Una prima approssimazione è stata effettuata considerando tale materiale come formato da ciottoli sferici di pochi centimetri di diametro
- La concentrazione di radon è stata quindi stimata analiticamente e con RESRAD-BUILD
- È stata inoltre effettuata una valutazione mediante misure sperimentali: 4 dosimetri sono stati collocati in entrambe le postazioni durante il fermo lavori natalizio.
- La ventilazione è stata spenta nel Valico sud. È stata invece accesa per un'ora al giorno nel Bypass.
- Di seguito verranno riportati i risultati ottenuti per il Valico Sud



Risultati Valico sud

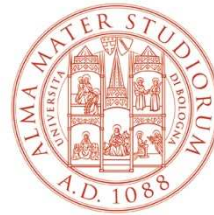
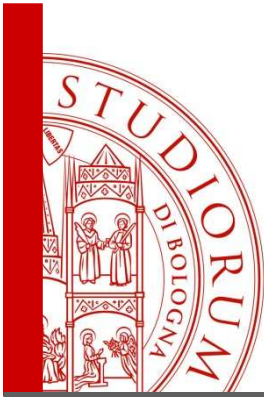
Valori attesi di concentrazione di radon

	senza smarino	con smarino
Analitico	11 Bq/m ³	130 Bq/m ³
RESRAD	12 Bq/m ³	97 Bq/m ³
sperimentale	<10 Bq/m ³	No dati



Conclusioni interinali

- l'idea sembra promettere bene: i risultati sono nel giusto ordine di grandezza
- Il trattamento dello smarino richiede ancora approfondimenti
- occorre uno scenario sperimentale ad hoc: un tunnel a riposo (niente ventilazione, e di conseguenza niente lavoratori) con un quantitativo appropriato di smarino ivi giacente
- Co un periodo di riposo di 2 settimane per permettere il raggiungimento di una condizione di equilibrio



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Domiziano Mostacci
Dipartimento di Ingegneria Industriale
domiziano.mostacci@unibo.it

www.unibo.it