

# LO SCAVO DI GALLERIE GRISUTOSE

**AD OGGI IL RIFERIMENTO TECNICO IN ITALIA PER LO SCAVO DI GALLERIE GRISUTOSE CON TECNICA TRADIZIONALE È LA NOTA INTERREGIONALE EMILIA ROMAGNA-TOSCANA N° 28 (NIR 28), INSIEME AL TITOLO XI DEL D.LGS. 81/08E S.M.I.. LA SUA APPLICAZIONE HA CONSENTITO FINORA DI REALIZZARE GALLERIE SENZA INTERRUZIONI DELL'AVANZAMENTO E IN CONDIZIONI DI MASSIMA SICUREZZA ANCHE IN PRESENZA DI SIGNIFICATIVI INGRESSI DI METANO**

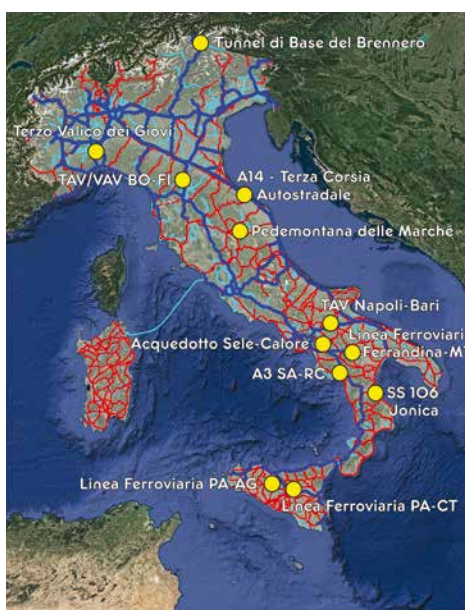
**L**ungo tutta la penisola italiana (Figura 1), pericolosi ingressi di metano nei cantieri di scavo sotterranei hanno interessato le fasi realizzative di numerose gallerie.

Nel sottosuolo appenninico, il metano, contenuto in trappole, può essere presente anche in condizioni massive, dalle Prealpi alla Sicilia, e può creare situazioni di pericolo quando l'avanzamento del fronte di scavo intercetta una trappola. Quando la concentrazione volumetrica di metano

nell'atmosfera del cantiere sotterraneo raggiunge valori compresi tra 5% e 15% circa (in condizioni standard di temperatura e pressione), la miscela aria-metano, se involontariamente si attivano opportuni inneschi, può deflagrare o detonare (Figura 2).

Pertanto, il pericolo di esplosioni o incendi per innesco di miscela aria-metano nei cantieri che realizzano gallerie in formazioni grisuose impone l'adozione di cogenti misure di sicurezza per impedire la coesistenza nel tempo e nello spazio di miscele aria-metano potenzialmente esplosive e sorgenti di innesco, a tutela dei lavoratori e dell'opera. Fino alla fine degli anni Novanta, la sicurezza dello scavo di gallerie grisuose era disciplinata dal Capo X "Scavi in terreni grisutosi e misure di sicurezza contro le esplosioni" del DPR 320/56 [2], Norma datata e inadeguata.

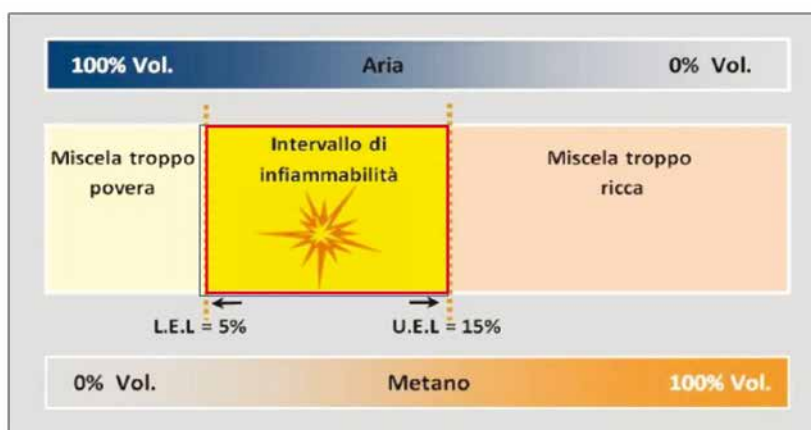
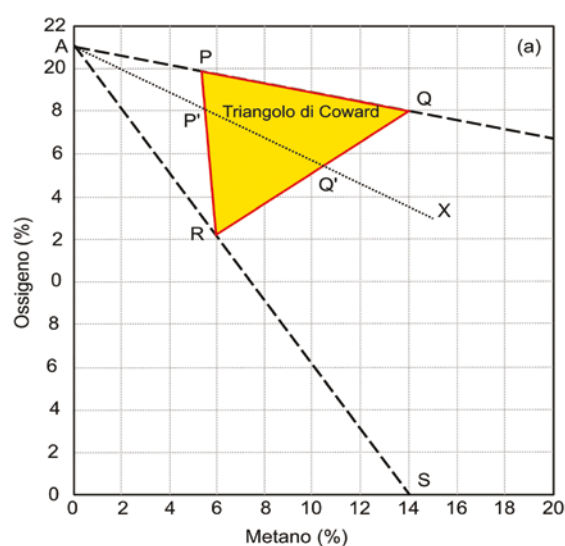
Tale Norma prevedeva che "... quando nel sotterraneo, in base alle preventive indagini geologiche sia da ritenersi probabile la presenza di gas infiammabili o esplosivi o comunque quando tale presenza venga riscontrata, nel corso dei lavori...", anche solo su un limitato tratto del tracciato, la galleria doveva essere considerata grisutosa e, pertanto, si dovevano applicare le prescrizioni del DPR e delle correlate norme di sicurezza sull'intera galleria. Il Capo X imponeva l'adozione di "... macchine, apparecchiature, condutture elettriche, mezzi di segnalazione e locomotori a batteria..." antideflagranti ed il controllo delle concentrazioni di metano in galleria, ma non forniva indicazioni, linee guida e standard tecnici utili per la progettazione e l'esecuzione delle gallerie in ammassi grisutosi.



**1.** Progetti infrastrutturali italiani con gallerie scavate (negli ultimi 20 anni) o in corso di realizzazione in ammassi grisutosi

## LA NASCITA E L'EVOLUZIONE DELLE NOTE INTERREGIONALI DEDICATE AL TEMA METANO

Nel 1996, con l'avvio del progetto TAV tra Bologna e Firenze, di fronte alla previsione del Centro Studi e Ricerche in Ingegneria Mineraria e degli Scavi (SRIM) dell'Università di Bologna (UNI-BO) (Consulente Scientifico dell'ASL di Bologna) che l'intero tracciato sarebbe stato soggetto a emissioni di metano caratterizzate da variabilità dei parametri di flusso [3 e 4], le Regioni Emilia



**2A e 2B.** Il triangolo di Coward [1] (2A), che definisce il campo di infiammabilità della miscela aria-metano. In condizioni standard di pressione e temperatura, il metano può deflagrare o detonare, se innescato, quando la sua concentrazione volumetrica in aria è compresa tra il 5% e il 15% (2B)

Romagna e Toscana, i Committenti e le Imprese Esecutrici, di fronte alla Normativa vigente - concettualmente valida ma priva delle più avanzate soluzioni tecnologiche di ingegneria degli scavi - decisero di promuovere la realizzazione di "buone pratiche" di sicurezza, in grado di associare al Capo X le moderne soluzioni progettuali, tecniche, tecnologiche e organizzative, per fronteggiare con efficacia il potenziale pericolo associato allo scavo di formazioni grisutose [5].

Le ASL, insieme ad alcuni Ricercatori del Centro SRIM di UNIBO, hanno redatto e varato una prima Nota Interregionale Emilia Romagna-Toscana "Grisù, prima edizione" (NIR 1) [6], primo esempio in Italia di "Norma di buona tecnica" in grado di garantire massimi livelli di sicurezza negli scavi di gallerie con metodo a piena sezione (ampia non meno di 70 m<sup>2</sup>) e tecnica di scavo tradizionale in ammassi grisutosi e di salvaguardare l'integrità ed il buon esito operativo delle gallerie con soluzioni tecnico-ingegneristiche (innovative, anche rispetto alle Normative internazionali), basate sul più avanzato stato delle conoscenze scientifiche, tecniche, organizzative e gestionali. La sua applicazione è stata seguita costantemente nei cantieri, dai redattori della NIR 1, per identificare elementi di criticità o di inadeguatezza da sottoporre a revisioni e correzioni.

Per tenere conto dell'evolversi dello stato delle conoscenze, derivante dall'analisi degli scenari emersi con osservazioni e controlli in situ durante la costruzione, e dei risultati di Studi e Ricerche scientifiche e tecnologiche, tra il 2000 e il 2005, sono state redatte la NIR 5 (Grisù, seconda edizione) [7] e la NIR 28 (Grisù, terza edizione) [8].

Nel Maggio 2012, è stata emanata una quarta edizione delle NIR Grisù, NIR 44 [9], rivolta agli scavi meccanizzati eseguiti con TBM-EPB con diametro quanto meno superiore a 10 m, che ha trovato applicazione nello scavo delle gallerie Sparvo [10] e Santa Lucia (Variante di Valico), caratterizzate da un diametro maggiore di 15,5 m.

Più recentemente [11], sono state messe a punto specifiche soluzioni tecniche atte a garantire condizioni di massima sicurezza anche per diametri di scavo inferiori.

Nel corso degli anni, le quattro edizioni delle NIR Grisù hanno trovato applicazione "spontanea", oltre che nelle due Regioni

Emilia Romagna e Toscana che congiuntamente le hanno emenate, su tutto il territorio italiano in oltre 400 km di gallerie. La loro diffusione e applicazione sono state promosse da Committenti ed Imprese, consentendo di realizzare le gallerie senza interruzioni dell'avanzamento ed in condizioni di massima sicurezza anche in presenza di significativi ingressi di metano [4, 11 e 12] e mettendo in evidenza l'assoluta efficacia dell'approccio ingegneristicamente innovativo rispetto alla progettazione e realizzazione in sicurezza, basato sulle "Best Practices" [13].

Il testo della NIR 28 nel 2013 è stato adottato dalla Regione Marche come nota tecnica e, nel 2014, è stato ripreso ed integrato, con aggiornamenti normativi, dalla Linea Guida n° 3 "Scavi in sotterraneo con metodo a piena sezione e tecnica tradizionale in terreni grisutosi" (Linea Guida Grisù), approvata dal gruppo di lavoro Grandi Opere del Coordinamento Tecnico Interregionale PSAL delle Regioni e delle Province Autonome.

Ad oggi, la NIR 28 e la Linea Guida Grisù rappresentano il riferimento tecnico per lo scavo di gallerie grisutose con tecnica tradizionale, cui devono fare riferimento il Committente, il Coordinatore della Sicurezza ed il Datore di Lavoro, nell'ambito dei rispettivi compiti normativi e di Legge per la tutela della sicurezza, insieme al titolo XI "Protezione da atmosfere esplosive" del D.Lgs. 81/08 e s.m.i., che stabilisce che "nei lavori in sotterraneo ove è presente un'area con atmosfere esplosive, oppure è prevedibile, sulla base di indagini geologiche, che tale area si possa formare nell'ambiente" si devono valutare i pericoli di esplosione o incendio ed elaborare il "Documento sulla protezione da atmosfere esplosive". Ciò nonostante, in Italia ancora non vige l'obbligo di classificare le gallerie in relazione al pericolo di inneschi di miscele aria-metano.

## I CONTENUTI DELLA NIR 28 E DELLA LINEA GUIDA GRISÙ

La NIR 28 e la Linea Guida Grisù contengono raccomandazioni per:

- la metodologia tecnico-scientifica da adottare per classificare le gallerie in relazione al tema metano;
- l'individuazione delle aree del cantiere potenzialmente soggette ad atmosfere grisutose ed inneschi;



- la configurazione e la conduzione del cantiere sotterraneo;
- la progettazione della rete di ventilazione e il controllo della sua efficienza;
- il controllo delle concentrazioni di metano nel cantiere.

La NIR 28 e la Linea Guida Grisu introducono un approccio nuovo alla classificazione in relazione al tema metano: la galleria viene suddivisa in tratti "omogenei" in relazione alle previsioni delle condizioni di afflusso del metano nel cantiere sotterraneo, ad ognuno dei quali può essere attribuita una diversa classe tra le 5 (0, 1a, 1b, 1c, 2) (Figura 3) previste dalla NIR.

Per ciascuna classe si deve stabilire uno specifico sistema di soluzioni, tra loro integrate, che garantiscano il costante, continuo controllo del livello di sicurezza:

- un sistema avanzato di monitoraggio automatico delle concentrazioni di metano in galleria, integrato da misure manuali eseguite da personale specializzato (Responsabile del Monitoraggio e Addetti al Monitoraggio);
- un sistema di ventilazione, efficiente ed efficace, in grado di:
  1. minimizzare il tenore di metano in atmosfera;
  2. garantire una velocità dell'aria in galleria superiore a 0,3 m/s, per creare il moto turbolento idoneo ad impedire la formazione di layer grisutosi in calotta ed evacuare la miscela aria-metano all'imbocco della galleria;
  3. procedure di arresto automatico/manuale delle lavorazioni, sezionamento degli impianti elettrici ed abbandono della galleria in relazione alle soglie di concentrazione di metano indicate per ogni classe.

Inoltre, ad ogni classe corrispondono specifici apprestamenti, misure e procedure di sicurezza (Figura 3).

Per attribuire la classe alla galleria, o ad ogni suo tratto omogeneo, il Progetto deve prevedere specifici Studi e Ricerche (Figura 4), che sono in capo al Tecnico Specialista, laureato in Ingegneria, preferibilmente Civile o Mineraria, con esperienza documentata nella classificazione degli ammassi, in termini di "ammasso sospetto" ovvero come emettitori di gas.

Il Tecnico Specialista deve fornire indicazioni indispensabili per la redazione di un progetto di scavo compatibile con il massimo livello di sicurezza contro i rischi derivanti dalle condizioni di flusso ipotizzate.

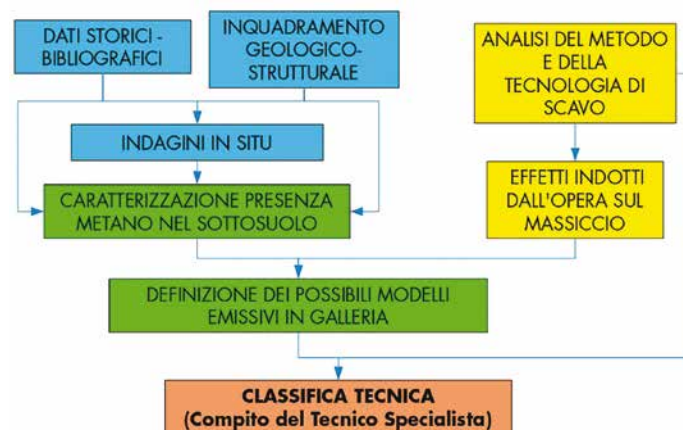
La classe attribuita, in sede di Progetto, dal Tecnico Specialista deve essere da lui verificata in corso d'opera. Qualora il Tecnico Specialista ritenga indispensabile, in base a rilevanti variazioni del quadro conoscitivo in corso d'opera, cambiare la classe garantendo il massimo livello di sicurezza, deve aggiornare il modello di flusso del gas, apportando modifiche al Progetto e fornendo al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza, se necessario. ■

<sup>(1)</sup> Ingegnere, Specialista in Ingegneria degli Scavi e

Geomeccanica, di Serengeo Srl

<sup>(2)</sup> Professore, Presidente di Serengeo Srl

<sup>(3)</sup> Ingegnere, Amministratore Delegato di Serengeo Srl



4. La rappresentazione schematica degli studi e delle ricerche che guidano il Tecnico Specialista nella scelta dell'indice di classifica da attribuire alla galleria

CLASSE		0	1A	1B	1C	2
Monitoraggio gas	Automatico (n° sensori)		X (2)	X (3)	X (5)	X (6)
	Manuale		X	X	X	X
Prospezione al fronte					X	
Sistema di allarme			X	X	X	X
Soglie (% v/v metano in aria)	Attenzione		NP	NP	NP	0,30
	Pre-allarme		0,15	0,15	0,15	0,70
	Allarme		0,35	0,35	0,35	1,00
Impianti, macchine e attrezzature	Ordinari	X	X	X	X	
	ATEX		X*	X*	X**	X
Veicolo al fronte per l'evacuazione			X	X	X	X
Esplosivi e accessori	Ordinari	X	X	X	X	
	Antigrisutosi					X

3. Apprestamenti e misure di sicurezza previste dalla NIR 28 [8] per ciascuna classe

\* Impianto di ventilazione, sistema di monitoraggio metano, sistema di allarme, illuminazione di sicurezza, impianto di comunicazione interno/esterno

\*\* Impianto di ventilazione, sistema di monitoraggio metano, sistema di allarme, illuminazione di sicurezza, impianto di comunicazione interno/esterno, posizionatore per prospezioni al fronte

## Bibliografia

- [1]. H.F. Coward - "Explosibility of atmospheres behind stoppings", Transactions of the Institution of Mining Engineers 77: 94-115, 1928.
- [2]. Decreto del Presidente della Repubblica 20 Marzo 1956, n° 320 - "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo".
- [3]. P. Berry, E.M. Dantini, F. Martelli, M. Sciotti - "Emissioni di metano durante lo scavo di gallerie", "Quarry and Construction", anno XXXVIII 1: 37-64, 2000.
- [4]. A. Bandini, P. Berry, C. Cormio, M. Colaiori, A. Lisardi - "Safe excavation of large section tunnels with earth pressure balance tunnel boring machine in gassy rock masses: The Sparvo tunnel case study", Tunneling and Underground Space Technology 67:85-97, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2017.05.001>, 2017.
- [5]. A. Bandini, P. Berry, F. Calzolari, M. Colaiori, C. Cormio, A. Lisardi - "Nascita ed evoluzione delle NIR", Atti Workshop Nazionale NIR 2013, note interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 7-16, ISBN: 9788898010202, 2014.
- [6]. AA.VV. - "Scavo di gallerie in terreni grisutosi: standard di sicurezza", DPR 320/56 Capo X, Grisù prima edizione, nota interregionale n° 1, Prot. n° 15267/PRC del 20/04/1998.
- [7]. AA.VV. - "Standard di sicurezza per lo scavo di gallerie in terreni grisutosi nell'Appennino Tosco-Emiliano", DPR 320/56 Capo X, Seconda edizione, nota interregionale n° 5, Prot. n° 9940/PRC del 9 09/03/2000.
- [8]. AA.VV. - "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi", Grisù terza edizione, nota interregionale n° 28, Prot. ASS/PRC/05/1141 del 13/01/2005.
- [9]. AA.VV. - "Scavo meccanizzato di grande sezione con TBM-EPB in terreni grisutosi", Grisù - TBM, nota interregionale n° 44, PG/2012/132178 del 28/05/2012.
- [10]. A. Selleri, P. Berry, L. Messina, A. Bandini, C. Cormio - "S-574. Progettazione, costruzione e primi riscontri di una fresa idonea ad operare in ambienti grisutosi", Atti Workshop Nazionale NIR 2013, note interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 183-192, ISBN: 9788898010202, 2014.
- [11]. A. Bandini, C. Cormio, P. Berry, M. Battisti, A. Lisardi, P. Bernardini, M. Urso - "Innovative solutions for safety against firedamp explosions in small section EPB-TBM tunnelling", Proceedings WTC2019 ITA-AITES World Tunnel Congress, Naples (Italy) 3-9 May 2019, Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art, Peila, Viggiani & Celestino (Eds), 2019 Taylor and Francis Group, London, p. 4678-4687, ISBN: 978-1-138-38865-9, 2019.
- [12]. A. Bandini, P. Berry, M. Guglielmo, A. Lisardi, L. Sancini - "Scavo con TBM-EPB di ammassi rocciosi contenenti metano, Congresso Internazionale della Società Italiana Gallerie, Bologna 17-19 Ottobre 2013, Volume "Gallerie e Spazio Sotterraneo nello dell'Europa", Patron ed., Granarolo dell'Emilia (BO), p. 196-206, ISBN: 978-88-555-3253-2, 2013.
- [13]. P. Berry, F. Calzolari, C. Cormio - "Workshop Nazionale NIR 2013, note interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie: origine, evoluzione, applicazioni e futuri sviluppi del nuovo approccio alla progettazione della sicurezza, Bologna: Scuola di Ingegneria e Architettura Alma Mater Studiorum Università di Bologna, p. 212, ISBN 978-88-98010-20-2, doi: 10.6092/unibo/amsacta/4069, 2014.