



L'Associazione Mineraria Sarda, l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari e l'Ordine dei Geologi della Sardegna organizzano il

VI SIMPOSIO

ATTIVITÀ MINERARIE NEL BACINO DEL MEDITERRANEO

Attività minerarie e materie prime di importanza critica: problemi e sfide per uno sviluppo sostenibile

Attività Estrattive: stato dell'arte

Le Professioni nell'Attività Estrattiva in Italia e in Europa

Prospezione, Estrazione, Processi di trattamento materie prime e seconde

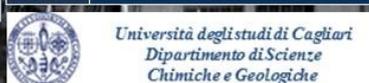
25 - 26 Ottobre 2019, Aula Magna Istituto Minerario 'Asproni - Fermi', ore 9:00, Via Roma n. 45 - Iglesias, Italia



Portovesme s.r.l.



ECOMIN



VI SIMPOSIO

“ATTIVITA' MINERARIE NEL BACINO DEL MEDITERRANEO”

25 – 26 Ottobre 2019

Aula Magna Istituto Minerario

Via Roma n. 45

IGLESIAS

Phone – Fax: +39 0781 22387; Mobile: +39 348 9014006;

E-mail: segreteria@associazioneminerariasarda.it

Comitato Scientifico AMS

Stefano NAITZA

Giampaolo ORRU'

Fabio GRANITZIO

Marco ORUNESU

Antonio ZUCCA

Sandro TOCCO

Segreteria Organizzativa

Giampaolo ATZEI

Francesco MANCA

Giorgio MADEDDU

Massimiliano MANIS

Enrico CONTINI

Martina FANARI

Editore: Associazione Mineraria Sarda,

Presidente : Giampaolo Orrù

ISBN: 9788897214038

INDICE

THE VAZANTE-PARACATÚ CALAMINE PROJECT (BRAZIL)	4
ENVIRONMENTAL RESILIENCE MAKES A DIFFERENCE.	12
RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE GRANITOID SARDINIAN DIMENSION STONES	17
STUDIO ED ESPLORAZIONE DI GIACIMENTI MINERARI MEDIANTE OPTV (BOREHOLE DIGITAL OPTICAL TELEVIEWER)	29
CHARACTERIZATION OF ERODIBLE SURFACES WITH AN ENVIRONMENTAL WIND TUNNEL	36
TRATTAMENTO PER FLOTTAZIONE DEI RESIDUI MINERARI DI MONTEVECCHIO LEVANTE: SINTESI DEI RISULTATI	49
LE AREE MINERARIE DISMESSE DEL SULCIS IGLESIENTE GUSPINESE: BONIFICA O MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE?	70
MONITORING ILLEGAL UNDERGROUND MINING: A POSSIBLE APPLICATION OF THE DINSAR TECHNOLOGY	82
MONTES GEMINI. DALLE ISO 45001 E ISO 14001 ALLA VIRTUAL LEAN QUARRY	83
MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMECCANICA: UNO STRUMENTO CHIAVE PER L'ATTIVITÀ ESTRATTIVA IN SOTTERRANEO	84
LE ATTIVITÀ DELL'ANIM PER LO SVILUPPO DEL SETTORE DELLE MATERIE PRIME	86
LABORATORIO MATERIE PRIME: LA STRATEGIA PER UNA POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME	92
QUADRO NORMATIVO E AZIONI DI FINANZIAMENTO A LIVELLO EUROPEO E INTERNAZIONALE PER LA SOSTENIBILITÀ E LA SICUREZZA NEL SETTORE MINERARIO	104
LE PROFESSIONI TRADIZIONALI ED EMERGENTI DEL SETTORE ESTRATTIVO, OPPORTUNITÀ PER LA FORMAZIONE E LA CERTIFICAZIONE PROFESSIONALI	112
ATTIVITÀ MINERARIE E MATERIE PRIME DI IMPORTANZA CRITICA: PROBLEMI E SFIDE PER UNO SVILUPPO SOSTENIBILE	124
IL SISTEMA AGRICOLO DEI MEDAUS E TERRITORI DI BONIFICA DEL SULCIS: UN PARCO AGRICOLO COME CONTESTO DEI GIARDINI DELLA CENTRALE DI SANTA CATERINA	145

THE VAZANTE-PARACATÚ CALAMINE PROJECT (BRAZIL)

Boni M., Balassone G., Mondillo N.

Dipartimento Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse,
Università degli Studi di Napoli Federico II, Napoli, Italy. boni@unina.it

Summary

The Vazante Zn deposit is a hypogene and structurally controlled willemite mineralization, hosted in dolomitic metasediments of the late Mesoproterozoic Serra do Poço Verde Formation. The main orebody extends along a fault zone for nearly 5 km, and ranges from the surface to a depth more than 400 meters. The paragenesis consists of willemite + dolomite + quartz + siderite + hematite ± sphalerite ± barite ± franklinite ± zincite ± magnetite. The more surficial part of the orebody shows a supergene alteration of the “*Calamine*” type. These supergene ores, exploited in open pits until the end of the '90ties, are classified according to the orebody architecture, stratigraphic position, size, zinc and iron rates, and may be the product of a quite complex system of alteration, transport and deposition in an evolved karst system. Different forms of *Calamine* bodies occur at Vazante: 1. Association of secondary minerals as concretions, cements in veins and host rock replacement, within dissolution/collapse breccias; 2. Same as 1., but strongly oxidized; 3. Incoherent fillings of open cavities (called “*Bocainas*”), containing nonsulfide minerals. The ore association of the *Calamine* bodies consists primarily of smithsonite, hemimorphite and Zn-clays, with minor (detrital) willemite. Hemimorphite occurs in two main generations: the first one replacing willemite and/host carbonates, and the second as drusy crystals in cavities and lining the rims of veinlets. Smithsonite is locally intergrown within massive hemimorphite, but most frequently it occurs as late concretions and crusts in vugs and as cement of collapse breccias. The “*Bocainas*” are a typical example of quite recent karst filling, covered by recent sediments and soil. In the Paracatú region there are other *Calamine* concentrations, derived from the (paleo)weathering of sulfide bodies.

The *Calamines* are now object of renewed economic interest: this mineralization is going through a process of intense exploration, drilling and resource definition, with associated technical studies, aimed to find the best metallurgical treatment for these ores.

Keywords: Calamine, Brazil, Supergene, Vazante, Paracat

Introduction

The Proterozoic Vazante Group (Minas Gerais, Brazil), which is a carbonate sequence interbedded with siliciclastic rocks, hosts the world's largest hypogene zinc silicate deposits (the Vazante and North Extension mines) with various occurrences in the southern part, and Pb-Zn sulfide ores in the northern part (Paracatú District: Morro Agudo, Ambrósia and others) [1] [2] (Fig. 1). The Vazante hypogene willemite resources are estimated at 30.59 Mt with 21% Zn, 0.48% Pb and 33.57 ppm Ag and the North Extension resources at 6.48 Mt with 18.35% Zn, 0.30% Pb and 14.04 ppm Ag (NEXA Resources, internal data) (Fig. 1).

The primary Vazante mineralization (willemite Zn_2SiO_4) (Fig. 2a) is contained within dolomite, shales, hematite breccias (Fig. 2b) and is structurally controlled. The main orebody extends along a fault zone for nearly 5 km, and ranges from the surface to a depth of somewhat greater than 400 meters.

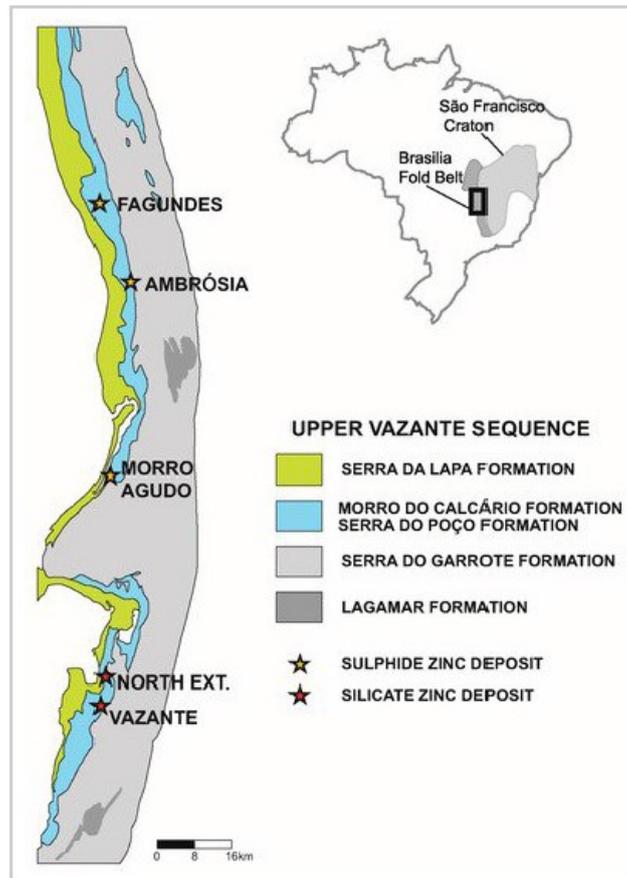


Figure 1. Geological setting of the Vazante Group; location of the major Pb-Zn sulfide deposits (Paracatu District) and of the Zn silicate deposits (Vazante District). (Nexa internal data, modified).

The primary deposit was firstly described by Monteiro et al. [3] and Brugger et al. [4], who considered the mineralization of hydrothermal origin, similarly to the Beltana deposit (Australia) [5].

The Vazante paragenesis consists of willemite + dolomite + quartz + siderite + hematite \pm sphalerite \pm barite \pm franklinite \pm zincite \pm magnetite \pm Zn-clorite. Mineralogical, fluid inclusion and isotopic data indicate that the willemite ores derive from mixing of S-poor metalliferous saline fluids with meteoric waters. Carbonaceous phyllites from the underlying thick siliciclastic sequence show evidence of an early enrichment in zinc (and other ore-related metals) and of a late remobilization, respectively, prior to and during the Brasiliano orogenic event [2].

The hypogene orebody is currently exploited mainly underground, whereas part of the supergene alteration ores ("*Calamines*"), which occur in the same area, were exploited in open pits until the end of the '90ties. These ores are classified according to the orebody architecture, stratigraphic position, size, zinc and iron rates. However, works regarding the comprehension of the Vazante's *Calamines* are still scarce [6].

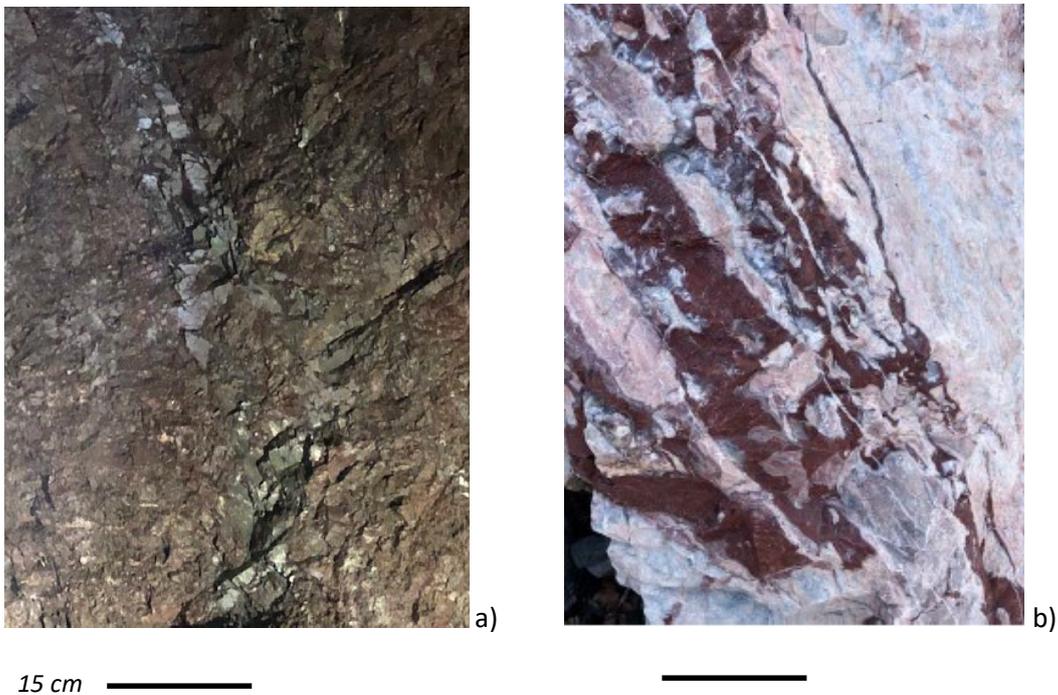


Figure 2. Vazante mine: a) Hypogene willemite body; b) Hematite breccia.

The "Calamines"

The *Calamines* are now object of renewed economic interest: this mineralization is going through a process of intense exploration, drilling and resource definition, with associated technical studies, aimed to find the best metallurgical treatment for these ores. For this reason the Mining Company Nexa Resources requires a more accurate mineralogical and geochemical characterization of the *Calamines*, to gain more understanding on the nature of the key minerals for extraction and metallurgical processes.

Hitzman et al. [7] classified the supergene deposit of Vazante as derived from direct replacement of the primary Zn-silicate orebody. However, after Silva et al. [6] the supergene ores may be the product of a quite complex system of alteration, transport and deposition in an evolved karst system, as classified in Table 1. In Fig. 3 the geographic position of the different types of deposits around Vazante is shown, with the corresponding geologic sections (Fig. 4).

From our preliminary studies, we also observed different forms of *Calamine* bodies at Vazante: 1. Association of secondary minerals as concretions, cements in veins and host rock replacement, within dissolution/collapse breccias; 2. Same as 1., but strongly oxidized (reddish in color); 3. Incoherent filling of open cavities ("*Bocainas*"), containing several nonsulfide minerals. The ore association of the Nonsulfide Calamine bodies consists primarily of smithsonite, hemimorphite and Zn-clays, with minor (detrital) willemite. Hemimorphite occurs in two main generations: the first one replacing willemite and/host carbonates (Fig. 5a), and the second as drusy crystals in cavities and lining the rims of veinlets. Smithsonite is locally finely intergrown within massive hemimorphite, but most frequently it occurs as late concretions and crusts in vugs (Fig. 5b) and as cement of collapse breccias. This late generation can be greenish in color, due to small quantities of Cu in the lattice. Smithsonite occurs also in association with Zn-clays in the more incoherent fillings of the karstic cavities (called "*Bocainas*" = mouths). The latter are a typical example of quite recent karst filling, occurring between Morro de Usina and Lumiadeira, which are listed as G Type forms in Table 1. They consist of open cavities containing great blocks of prevailing compact hemimorphite, rare willemite, goethite and hematite in a barren clay matrix. These clays are considered to be a knotty challenge for ore processing, because of their size and shape characteristics. The *Bocainas* are locally covered by recent sediments and/or reddish soil (Fig. 6). The ore grade of the *Bocainas* is around 18% Zn, with current reserves of 1.4 Mt. In the sections the mineralized orebodies are located in the vadose zone, above the current water table. This should indicate a recent weathering phase, even if an older water level, in the same position as the current one, cannot be excluded.

Table 1. Classification of the Vazante supergene deposits [6].

Tipo do depósito		Tipo Hitzman et al. (2003)	Transporte químico	Transporte mecânico	Estrutura associada	Tamanho	Geometria	Material hospedeiro
A	solo residual	substituição direta	não	não	brecha mineralizada	medianos	lenticular (na posição da brecha)	latossolo
B	topo rochoso	substituição encaixante	sim	não	topo rochoso	pequenos	bacia ou tabular (horizontal)	latossolo
C	base de camadas de filito	substituição encaixante	sim	não	acamamento	pequenos	tabular (paralelo ao acamamento)	dolomito alterado
D	base de zona brechada	substituição encaixante e preenchimento de carste	sim	não	brecha mineralizada	medianos	tabular (paralelo à brecha)	dolomito alterado e zona carstificadas
E	conduto	preenchimento de carste	sim	não	estruturas NW-SE entrecruzada com acamamento	medianos	cilíndrica (paralelo ao S0)	zonas carstificadas e material de atulhamento
F	fratura carstificada	preenchimento de carste	sim	sim	grandes estruturas NW-SE	medianos	tabular (vertical)	zonas carstificadas e material de atulhamento
G	bocaina	preenchimento de carste	sim	sim	grandes estruturas entrecruzada	grandes	cônica (vertical)	zonas carstificadas e material de atulhamento

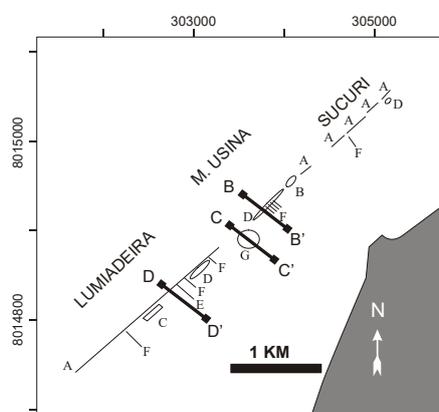


Figure 3. Location of the three main Vazante mines and distribution of the different types of supergene deposits mentioned in Table 1 [6].

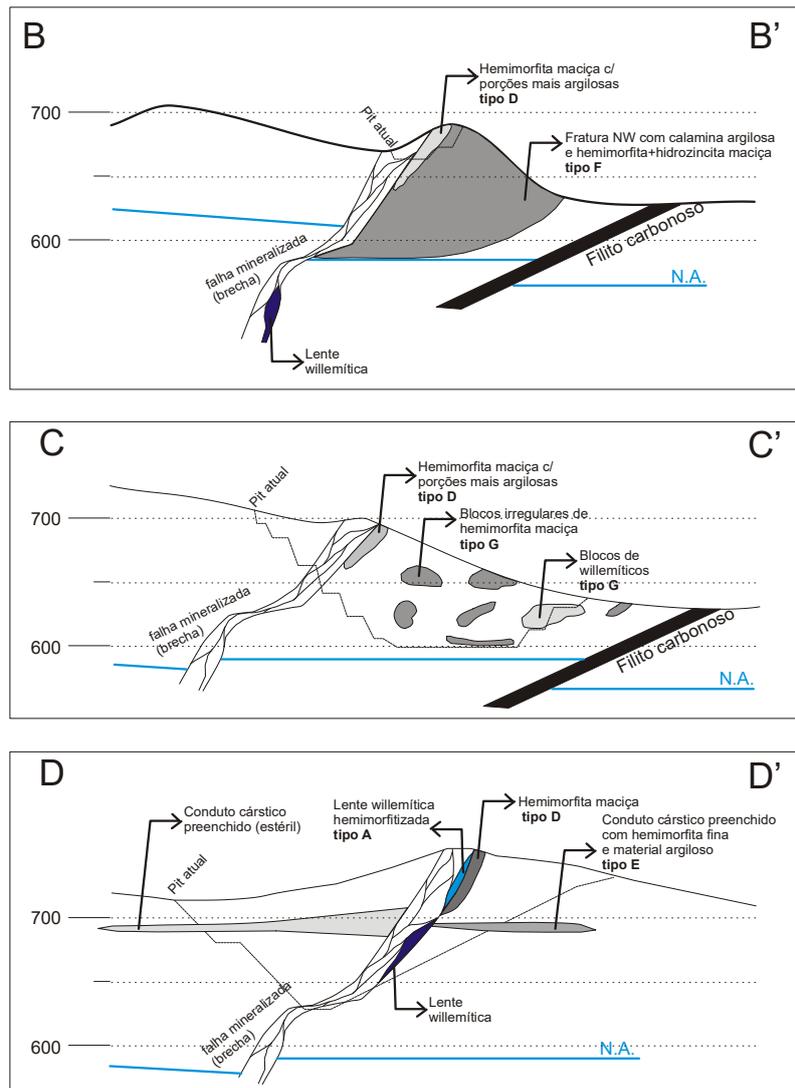


Figure 4. Sections related to the map of Fig. 3 [6].



a)



b)

5 cm  

Figure 5. Vazante: a) Hemimorphite replacing dolomite; b) Smithsonite concretions.



Figure 6. Typical example of “Bocaina” covered by recent sediments.

Not only Vazante is important for the production of Zn in Minas Gerais, because the great structure comprising of the Vazante-Paracatú faults hosts also the sulfide mines of Morro Agudo, Ambrósia and Fagundes [8]. The host rocks are dolomites, doloarenites, and breccias; the occurring sulfides are pyrite/marcasite, sphalerite and galena.

In the Paracatú region, north of Vazante, a few *Calamine* deposits also occur, which are derived from the oxidation of sulfide ores. Small nonsulfide concentrations have been exploited in the Fagundes and Ambrosia localities (Fig. 1). In these deposits smithsonite and hydrozincite prevail (Fig. 7), whereas hemimorphite is a minor phase.



Figure 7. Paracatú, Ambrósia Norte: *Calamine* with prevailing hydrozincite (white crusts).

Bibliography

- [1] Slezak, P.R., Olivo, G.R., Oliveira, G.D., Dardenne, M.A., 2014. Geology, mineralogy, and geochemistry of the Vazante northern extension zinc silicate deposit, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geol. Rev.*, 56, 234–257.
- [2] Olivo, G.R., Monteiro, L.V.S., Baia, F., Slezak, P., Carvalho, I., Fernandes, N.A., Oliveira, G.D., Botura Neto, B., McGladrey, A., Silva, A.M., Moura, M.A., Layton-Matthews, D., 2018. The Proterozoic Vazante Hypogene Zinc Silicate District, Minas Gerais, Brazil: A Review of the Ore System Applied to Mineral Exploration. *Minerals*, 8(1), 22.
- [3] Monteiro, L.V.S., Bettencourt, J.S., Juliani, C., Oliveira, T.F., 2007. Non-sulfide and sulfide rich zinc mineralization in the Vazante, Ambrosia and Fagundes deposits, Minas Gerais, Brazil: Mass balance and stable isotope characteristics of the hydrothermal alterations. *Gondwana Res.* 2007, 11, 362–381.
- [4] Brugger, J., McPhail, D.C., Wallace, M., Waters, J., 2003. Formation of Willemite in Hydrothermal Environments. *Economic Geology*, 98(4), 819-835.
- [5] Groves, I., Carman, C.E., 2003. Geology of the Beltana Willemite Deposit, Flinders Ranges, South Australia. *Economic Geology*, 98(4), 797-818.
- [6] Silva, J.M., Oliveira, G.D., Ferreira, S.N., 2006. Classificação dos Depósitos de Enriquecimento Supérgeno na Mina de Zinco de Vazante-MG: Contribuições para Prospecção de Calamina. 43° Brazilian Geological Congress, 1-6.
- [7] Hitzman, M.H., Reynolds, N.A., Sangster, D.F., Allen, C.R., Carman, C.E., 2003. Classification, Genesis, and Exploration Guides for Nonsulfide Zinc Deposits. *Economic Geology*, 98(4), 685-714.
- [8] Monteiro, L.V.S., 1997. Modelamento metalogenético dos depósitos de zinco de Vazante, Fagundes e Ambrósia, associados ao Grupo Vazante, MG. Tese de doutoramento, IGc – USP, 159 pp.

Environmental resilience makes a difference.

Giovanni De Giudici

University of Cagliari, Dept. of Chemical and Geological Sciences, Environmental Mineralogy, Cagliari,
Italy

Summary

South West Sardinia is affected by historical mine activity that started in pre-roman times lasted few decades ago. This results in a widespread pollution with increase in metal content by orders of magnitude and increase of human exposure to metals. Natural attenuation processes can be effective in mitigation contaminant dispersal. In this work the story of the progressive growth of vegetation in the bed of rivers polluted by mining waste in Sardinia will be presented.

In the Naracauli river, after about 50 years from the closure of the mining activities, and after about 20 years from the anthropic remodeling of the river bed, *Juncus effusus*, together with *Euphorbia cupanii* have now colonized the river bed. Only recently, *Phragmites australis* has started to grow and occupy more and more large areas in the river bed. Survey and core wells from two to three meters deep in the river bed show that *Phragmites a.* grows where silt and clay begin to accumulate on pebble river previously colonized only by *Juncus effusus*. There, silt and clay form a layer of putrid and anoxic sediments. In this layer the framboid pyrite begins to form. This inspires cost-effective tools for environmental technologies.

Introduction

Mine activity can impact the quality of soil, water and air. Although chemical pollution is considered one of the control variables for sustainable development, safe pre-industrial (background) contaminant levels have yet to be defined for most areas [1]. According to estimates, mine-related pollution in the EU, USA, and China affects about 0.1% of the land surface [2, 3]. Mine pollution, even if it is not a specific cause of global changes, has a global dimension [4, 5]. Exploitation of metal resources, especially when undertaken with little or no concern about environmental sustainability, causes critical changes to the environment, often leading to the dispersion of a huge volume of mining-related waste material towards the oceans. These wastes include fine-grained materials whose reactivity is large (e.g. metal sulphide in contact with oxygenated water), and whose alteration causes an increase of metal and contaminant bioavailability. In historic mines, the interaction between water, sediments, gas and biosphere may lead to natural remediation decades or centuries after closure. These processes are of interest in the context of monitoring the environment at local and global scales and devising remediation technologies for mine related contaminants based on natural abatement processes.

In this work, some case history from Sardinia mine districts will be considered from the catchment scale down to the molecular scale.

Historical mining in Sardinia

The study area is included in the district of Sulcis-Iglesiente (SW Sardinia) where mine activity started in pre-Roman times, boomed in the 1850s with intensive industrial-scale exploitation, and concluded in the 1990s. Base-metal sulphides, barite ores (Zn, Pb, Ag, Ba), and calamine (Zn, Pb) deposits were exploited at over 40 mines [6 and references therein], leaving a large volume of mine residue across local landscapes. Such areas have been affected by erosion for centuries, causing significant dispersion of the mine residues that, transported by rivers and transported to the Mediterranean Sea [7–9].

More than 70 Mm³ of mine waste remain and, because of past mining practices, an unknown amount of mine waste has been dispersed through river erosion and flooding to the coast, shoreface, and deep sea.

Rio San Giorgio originates near the town of Iglesias, southwest Sardinia. The Iglesias district extends over an area of about 120 km². The mines mainly produced Pb and Zn. Activity in the district ceased about twenty years ago, after centuries of intense exploitation of base-metal sulphides, calamine and barite ores [10, 11]. Sixteen abandoned mines occur in the Rio San Giorgio catchment area. At the Monteponi mine, calamine type ores were exploited by using electrolytic metallurgical treatment that resulted in disposal of 2 Mm³ of highly impacting material called “Fanghi Rossi” (red muds).

The Rio Naracauli originates from the Ingurtosu mine in southwest Sardinia. The mines, which have been inactive since 1968, produced mainly Pb and Zn from a vein system that extends for nearly 8 km from Ingurtosu to Montevecchio [12 and references therein]. The headwaters of the Rio Naracauli are at an elevation of about 552 m.a.s.l., and within 8 km the Rio Naracauli empties into the Mediterranean Sea. This mine was abandoned and mine tailings underwent erosion, leading to transport towards the sea of a huge amount of mine wastes and flotation muds.

The Rio Irvi area is a abandoned mining area belonging to the Montevecchio-Ingurtosu mining district, and most of its water comes from the Casargiu adit outflow, with only minor contributions from streams draining mine dumps or tailings. Heavy metals are released into the environment by oxidation reactions involving the sulphide minerals still present in the ore bodies after flooding of galleries and shafts or weathering processes affecting mine (and metallurgical) dumps or tailings [13].

Methods

The tracer-dilution method of studying streams involves several steps: (i) characterizing the stream; (ii) injecting salt solution, (iii) monitoring the approach to steady-state concentration of the salt tracer in stream water, (iv) sampling during the steady state flow and (v) modelling the results. Synoptic

sampling occurs over a few hours and results in a spatially-dense assemblage of samples, with usually no more than 100 m between sample stations. Full details are reported in previous works [9, 13–16].

Mineral and microscopic analysis in this work were conducted by X-ray Powder Diffraction (XRPD), Scanning Electron Microscopy (SEM), and synchrotron-based techniques such as X-ray Absorption Spectroscopy (XAS) and Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM) [16–19].

Results and discussion

In previous work, we investigated three different rivers affected by mine pollution. The metal load of these rivers changes by orders of magnitude (Fig. 1). Particularly, Zn load in Rio Irvi exceeds 1800 kg/day, while Zn load in Rio Naracauli and Rio San Giorgio was around 30 and 5 kg/day, respectively. The maximum load occurs in Rio Irvi, where flow from the Casargiu mine adit started in 1997. Besides the short time spanned from the beginning of pollution, Rio Irvi is also characterized by erosional processes and almost no vegetation growing in its riverbed.

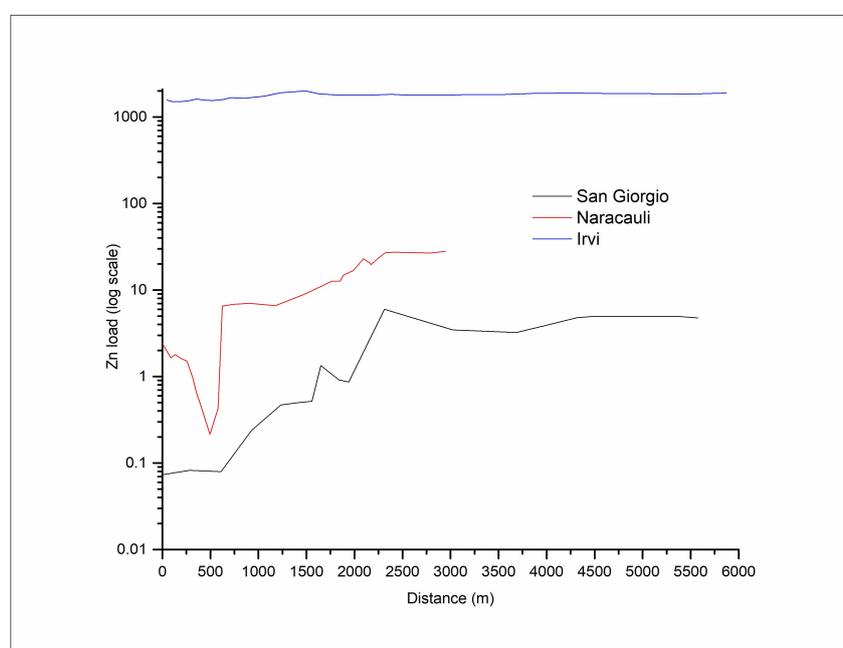


Fig. 1. Comparison of Zn concentrations (in log scale) in the three rivers studied.

Natural attenuation processes of river metal loads were investigated through microscopic techniques. Interestingly, two distinct microbial films were found in Rio Naracauli that control biomineralization processes and form hydrozincite and a hemimorphite-like phase. These biominerals are effective in the abatement of the aqueous Zn load. In Rio San Giorgio, where very dense vegetation characterizes the riverbed morphology and favors the sedimentation, extensive biologically-mediated formation of metal sulphides, namely framboidal pyrite and sphalerite, was observed by SEM analysis. Furthermore, XAS and STXM analysis (Fig. 2) on several plant tissues and rhizosphere materials of *Juncus acutus* and *Phragmites australis*, that dominate the riverbed vegetation in the study area, show that these plants promote Fe and Zn biomineralization through formation of biominerals

such as iron oxides, hydrozincite, hemimorphite, Zn-cysteine and hydroxyapatite [16, 18, 20]. These biomineral phases are intrinsically linked to biological mediation in response to heavy metal pollution from abandoned mines.

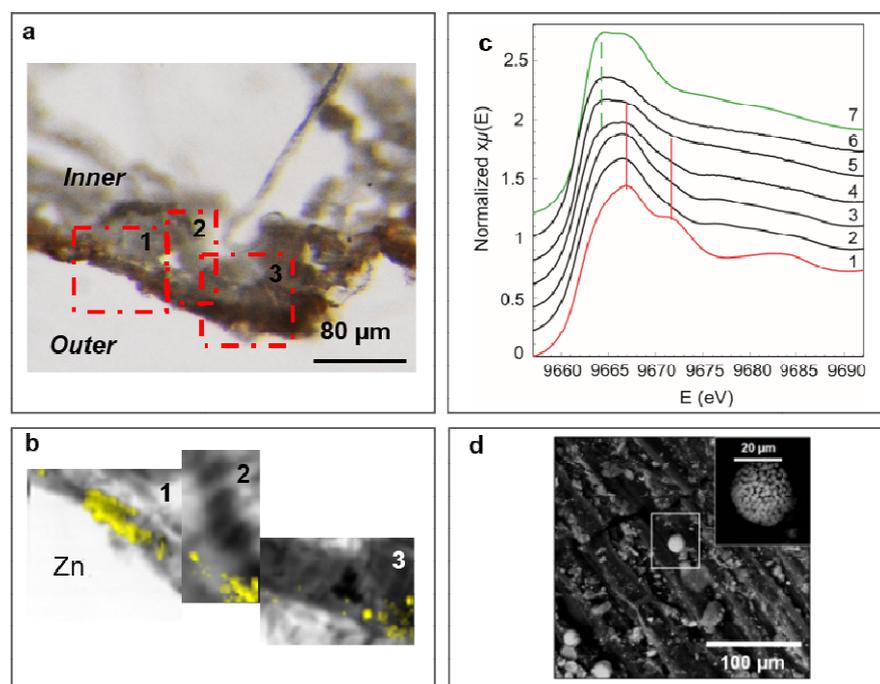


Fig. 2. Thin cross root section (14 μm) of *Phragmites australis* collected along Rio San Giorgio (a and b). Ordinary light stereo-microscope image (a) and areas (1, 2, 3) for LEXRF mapping. Bright field (absorption) images and LEXRF maps of Zn (b). XANES spectra (c) at the Zn K-edge collected on selected reference compounds (1: hydrozincite; 7: Zn hydroxyapatite), rhizosphere materials (2), external root cleaned (3), leaves (4), inner root (5), and stem (6) of *Phragmites australis* vertically shifted for the sake of clarity. SEM image of framboidal iron sulphide (d) on root of *Phragmites australis*.

Better knowledge of how and when metals become bioavailable to the biosphere are leading to the development of tools that are very useful to quantify chemical pollution and to understand the impact of metals. Besides the relevance to fundamental science, these biomineralization processes are central to understanding natural processes that sequester metals. Understanding the complex interrelation between hydrology, mineralogy, geochemistry, microbes and plant mediation shed light on cost-effective technology for remediation based on biogeochemical barrier design. The focus of this talk will be on tools inspired by environmental resilience for biometallurgy and remediation. Some more example will be given to elucidate how biomineralization processes in water and in streambed sediments can be reproduced and enhanced to allow for effective and sustainable techniques.

Acknowledgements

GDG received funding from CESA FdS-RAS (F72F16003080002). Many co-authors collaborated with me to produce the background and the exploitation concepts presented in this work.

References

- [1] J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S.I.I.I. Chapin, E. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. De Wit, T. Hughes, S. Van Der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K.

- Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. Foley, *Ecol. Soc.* 14 (2009) 32.
- [2] B.F. Arbogast, D.H. Knepper, W.H. Langer, U.S. Geological Survey Circular 1191, 28 pp., 2000.
- [3] G.C.S. Lin, S.P.S. Ho, *Land Use Policy.* 20 (2003) 87–107. doi:10.1016/S0264-8377(03)00007-3.
- [4] M. Meybeck, R. Helmer, *Palaeogeogr., Palaeoclim. Palaeoecol. (Global Planet. Chang. Sect.).* 75 (1989) 283–309.
- [5] M. Meybeck, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 358 (2003) 1935–1955. doi:10.1098/rstb.2003.1379.
- [6] G. Aversa, G. Balassone, M. Boni, C. Amalfitano, *Per. Miner.* 71 (2002) 201–218.
- [7] D. Medas, R. Cidu, P. Lattanzi, F. Podda, G. De Giudici, in: Springer, Berlin, Heidelberg, 2012: pp. 113–130. doi:10.1007/978-3-642-23327-2_6.
- [8] F. Frau, D. Medas, S. Da Pelo, R.B. Wanty, R. Cidu, *Water. Air. Soil Pollut.* 226 (2015). doi:10.1007/s11270-015-2339-0.
- [9] G. De Giudici, R.B. Wanty, F. Podda, B.A. Kimball, P.L. Verplanck, P. Lattanzi, R. Cidu, D. Medas, *Chem. Geol.* 384 (2014) 110–119. doi:10.1016/j.chemgeo.2014.07.002.
- [10] R. Cidu, L. Fanfani, *Geochemistry Explor. Environ. Anal.* 2 (2002) 243–251.
- [11] M. Boni, *Econ. Geol.* 98 (2003) 715–729.
- [12] D. Medas, R. Cidu, P. Lattanzi, F. Podda, R.B. Wanty, G. De Giudici, *Appl. Geochemistry.* 27 (2012) 1814–1820. doi:10.1016/j.apgeochem.2012.02.016.
- [13] G. De Giudici, D. Medas, R. Cidu, P. Lattanzi, F. Podda, F. Frau, N. Rigonat, C. Pusceddu, S. Da Pelo, P. Onnis, P.A. Marras, R.B. Wanty, B. Kimball, *Appl. Geochemistry.* 96 (2018) 42–54. doi:10.1016/j.apgeochem.2018.06.004.
- [14] B.A. Kimball, R.L. Runkel, K. Walton-Day, K.E. Bencala, *Appl. Geochemistry.* 17 (2002) 1183–1207. doi:10.1016/S0883-2927(02)00017-3.
- [15] B.A. Kimball, R.L. Runkel, *Mine Water Environ.* 28 (2009) 274–290. doi:10.1007/s10230-009-0085-5.
- [16] G. De Giudici, C. Pusceddu, D. Medas, C. Meneghini, A. Gianoncelli, V. Rimondi, F. Podda, R. Cidu, P. Lattanzi, R.B. Wanty, B.A. Kimball, *Appl. Geochemistry.* 76 (2017) 124–135. doi:10.1016/j.apgeochem.2016.11.020.
- [17] G. De Giudici, D. Medas, C. Meneghini, M.A. Casu, A. Gianoncelli, A. Iadecola, S. Podda, P. Lattanzi, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 (2015) 19352–19361. doi:10.1007/s11356-015-4808-9.
- [18] D. Medas, G. De Giudici, M.A. Casu, E. Musu, A. Gianoncelli, A. Iadecola, C. Meneghini, E. Tamburini, A.R. Sprocati, K. Turnau, P. Lattanzi, *Environ. Sci. Technol.* 49 (2015) 1400–1408. doi:10.1021/es503842w.
- [19] D. Medas, I. Carlomagno, C. Meneghini, G. Aquilanti, T. Araki, D.E. Bedolla, C. Buosi, M.A. Casu, A. Gianoncelli, A.C. Kuncser, V.A. Maraloiu, G. De Giudici, *Environ. Sci. Pollut. Res.* (2018).
- [20] D. Medas, G. De Giudici, C. Pusceddu, M.A. Casu, G. Birarda, L. Vaccari, A. Gianoncelli, C. Meneghini, *IJ.*

Hazard. Mater. (2017). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.08.031>.

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE GRANITOID SARDINIAN DIMENSION STONES

Cuccuru S¹., Naitza S^{2,3}., Puccini A¹.

1. Dipartimento Chimica e Farmacia. Università degli Studi di Sassari, Sassari (Italy)
2. Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche. Università degli Studi di Cagliari, Cagliari (Italy)
3. IGAG-CNR- Sede Secondaria di Cagliari, c/o DICAAR. Università degli Studi di Cagliari (Italy)

Summary

A large part of Sardinia, about 6,000 Km² in total area, consists of Sardinia-Corsica Batholith plutonic rocks. Particularly in northern Sardinia, many granitoids are exploited as dimension stones and traded worldwide. This study focuses on the radiological characterization using *in situ* gamma ray spectrometry of seven main plutonic dimension stones (*Rosa Beta*, *Ghiandone*, *Giallo San Giacomo*, *Rosa Cinzia*, *Grigio Malaga*, *Bianco Sardo* and *Grigio Perla*) in order to characterize their radiological hazard for ornamental/superficial or bulk utilises as recommended by the EU standards.

Keywords: ACI, *in situ* gamma ray spectrometry, radiological hazard, radon

1 Introduction

Granitoid rocks are largely exploited as dimension stones and, in Europe, this production involve mainly Variscan batholiths. One of the largest European Variscan batholiths is the Sardinia-Corsica Batholith (SCB) [1], exposed in the Sardinia-Corsica Microplate. Here, particularly in northern Sardinia, many varieties of granitoid rocks are frequently quarried and exported throughout the world. These rocks display substantial variation in their chemical–mineralogical composition and texture, making them appealing as dimension stones for flooring, columns, ashlar and other architectural structures.

As many metamorphic and/or igneous rocks, also in the case of granitoid rocks used as dimension stones a health issue could be the radiological hazard derived from the gamma rays emitted from natural radioelements, as ²³⁸U and ²³²Th often found in a few minerals such as apatite, sphene and zircon and other accessory phases [2; 3]. Generally, plutonic rocks are characterized by relatively high concentrations of natural radionuclides varying over a wide range of up to 2000 Bq/kg for ⁴⁰K [4], 600 Bq/kg for ²³⁸U (²²⁶Ra) [5;6] and 900 Bq/kg for ²³²Th [5].

This note focuses on the radiological characterization using *in situ* gamma ray spectrometry and laboratory bulk chemistry of seven main granitoid dimension stones exploited in Sardinia (*Rosa Beta*, *Ghiandone*, *Giallo San Giacomo*, *Rosa Cinzia*, *Grigio Malaga*, *Bianco Sardo* and *Grigio Perla*) in order to characterize their radiological hazard for ornamental/superficial or bulk utilises by adopting the Activity Concentration Index (ACI) [7].

2 Geological setting

A large part of Sardinia, about 6000 Km² in total area [8], consists of SCB rocks (Fig. 1). The SCB formed over a time interval of approximately 60 Ma, from 340 to 280 Ma [9; 10; 11; 12]. The long period of emplacement reflects important differences in terms of chemical composition, mineralogy and texture [1; 13; 12; 14].

The Sardinian sector of the SCB arose from the coalescence of many calcalkaline plutons dominated by monzogranites and subordinately by granodiorites: less evolute terms, as gabbroic rocks and tonalites are in fact very scarce in volume [15; 13; 12; 16; 14]. The dating of the calc-alkaline magmatism in Sardinia has recently been improved based on U/Pb zircon ages and Ar/Ar hornblende, muscovite and biotite ages; collectively, the data indicate a temporal window between 321 and 285 Ma [17; 11; 12; 16].

Three main plutons, distributed over an area of about 1000 km², supply most of the granitoid dimension stones production from Sardinia (Fig. 2). They are, in order of importance:

- the Arzachena pluton [18; 13] which is the largest one. It shows a variety of lithofacies from almost equigranular to strongly porphyritic monzogranite (due to the occurrence of 2–3 cm-large K-feldspar phenocrysts) to equigranular granodiorites;
- the Tempio Pausania pluton [19; 13] which is composed mostly of coarse-grained biotite-rich monzogranites with huge (3–12 cm) K-feldspar xenocrysts and leucomonzogranites;
- the Buddusò pluton [20] characterized by an abundance of granodiorites, monzogranites and leuco-monzogranites.

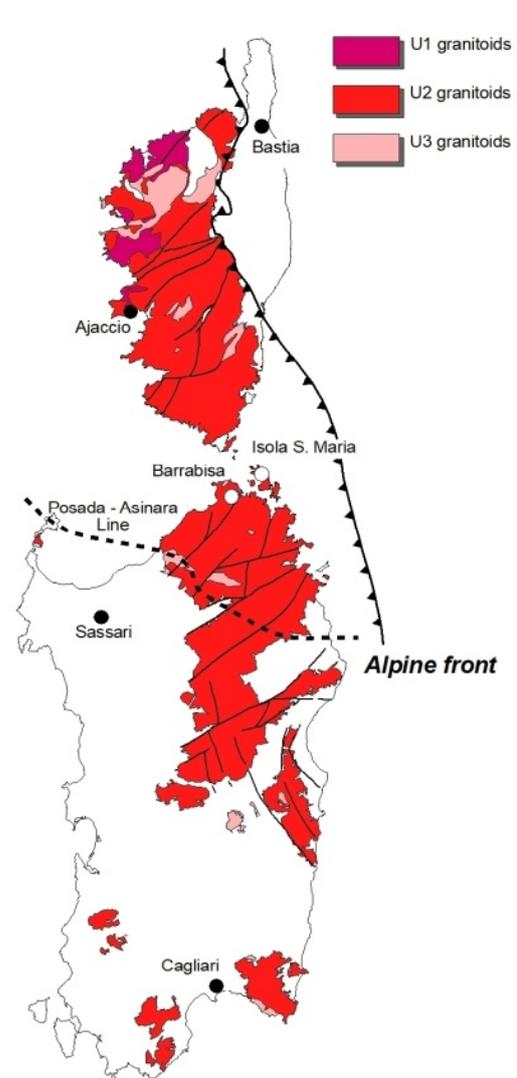


Fig. 1: Sardinia Corsica Batholith. From [12]

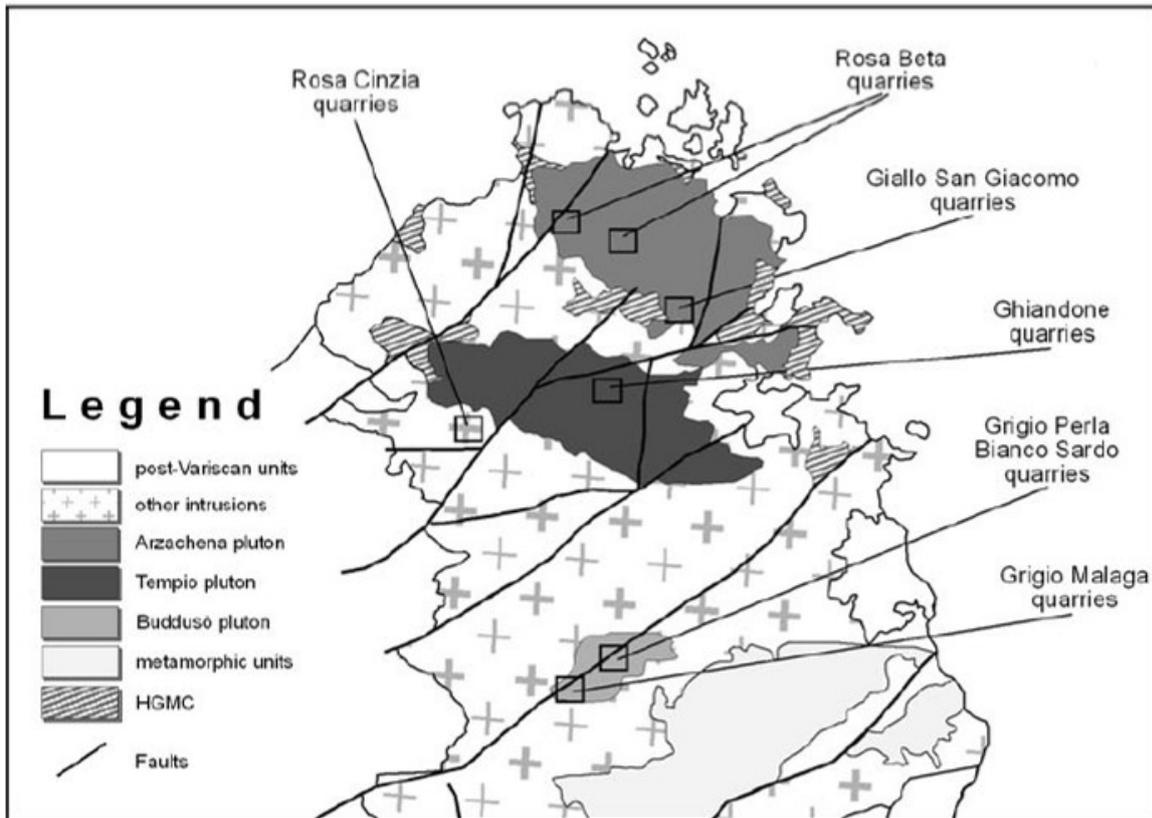


Fig. 2: Position of seven extractive districts where 147 *in situ* measurements were performed. The Buddusò, Arzachena and Tempio plutons are also indicated. HGMC refers to high grade metamorphic complex

3 Materials and methods

3.1 Sardinian granite dimension stones

Granitoid rocks from the SCB have been utilized extensively since ancient times [21] and are still exploited from approximately 400 quarries in Northeast Sardinia [22] and traded worldwide. These dimension stones are appreciated by the market as both bulk (concrete, masonries, columns, etc.) and superficial materials (flooring, tiles, boards, etc.). The most famous granitoid rocks from SCB are known commercially as *Rosa Beta*, *Ghiandone*, *Giallo San Giacomo*, *Rosa Cinzia*, *Grigio Malaga*, *Bianco Sardo* and *Grigio Perla*.

Rosa Beta (Fig. 3a) and *Giallo San Giacomo* (Fig. 3c) are the two commercial granites exploited from the *Arzachena* pluton (Fig. 2). *Rosa Beta* is the most commercialized biotite-monzogranite among the Sardinian granites [22]. This pinkish rock has a medium grain size ranging from 0.5 to 2 cm and a strong porphyritic fabric owing to the presence of K-feldspar phenocrysts (2–3 cm).

Giallo San Giacomo is a biotitic leucomonzogranite with an apparently isotropic and almost equigranular fabric; this granite is highly valued in the current market for its typically yellowish hue, arising from selective weathering and oxidation of Fe–Mg minerals [23].

Ghiandone (Fig. 3b) is found in the *Tempio* pluton [19; 13] and was the most widely traded granite in the 1970s and 1980s [22]. It is a coarse-grained, strongly porphyritic biotite-monzogranite with large K-feldspar phenocrysts (up to 12 cm) dispersed within a finer-grained matrix (0.5–2 cm) composed of K-feldspar, quartz and plagioclase.

Rosa Cinzia (Fig. 3d) is a pinkish, nearly equigranular biotite-monzogranite exploited in only three quarries located around the town of *Tempio Pausania*. Its grain size ranges from 0.5 to about 1.5 cm, which is finer than that of *Rosa Beta*.

Grigio Malaga (Fig. 3e), *Grigio Perla* (Fig. 3f) and *Bianco Sardo* (Fig. 3g) are the three commercial granites exploited in the *Buddusò* pluton and represent the least, intermediate and most differentiated terms of the *Buddusò* intrusion, respectively [20]. *Grigio Malaga* is a tonalitic granodiorite with a grain size between 0.5 and 1.5 cm. This stone displays a well-foliated fabric that is revealed by the shape preferred orientation of its mafic enclaves and its amphibole-biotite-rich domains. *Grigio Perla* is a biotite-monzogranite with a grain size of approximately 1 cm and a gray, nearly equigranular fabric. *Bianco Sardo* is a leucomonzogranite characterized by an equigranular fabric, relatively fine grain size (about 1 cm) and overall whitish color owing to a scarcity of biotites.

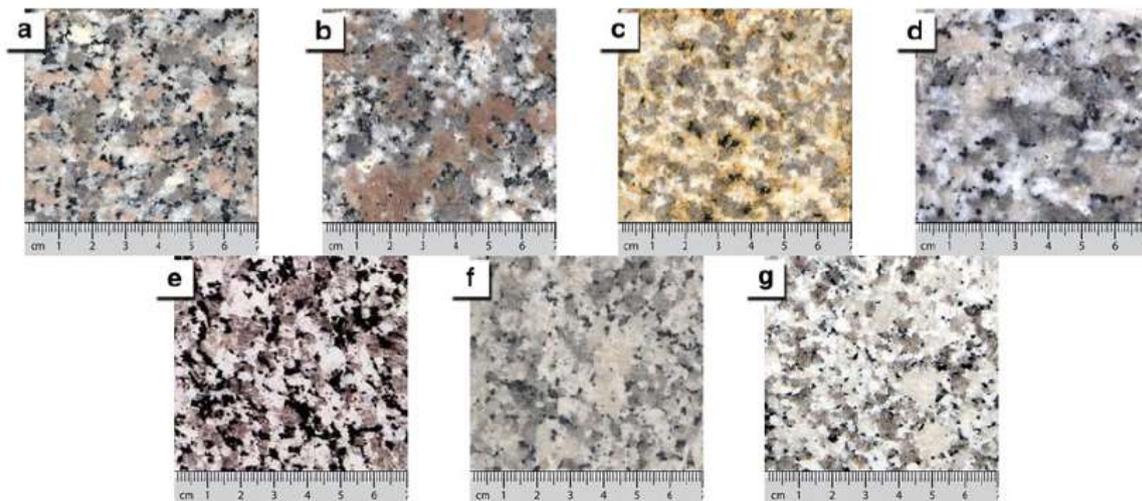


Fig 3: a) Rosa Beta, b) Ghiandone, c) Giallo San Giacomo, d) Rosa Cinzia, e) Grigio Malaga, f) Grigio Perla, g) Bianco Sardo

The high radioactivity content in igneous rocks is generally attributed to the enrichment of U and Th. Uranium phases such as uraninite, beta- and alpha- uranophane and thorium phases such as thorianite have occasionally been identified only in pegmatites and similar highly evolved magmatic liquids [24]. Although these bodies may be common in the apical part of any intrusions (e.g., the *Arzachena* Pluton [25]), their volume and consequently their contribution to the bulk radioactivity are generally negligible. However, most granites contain a significant (1–2 wt%) quantity of U and Th bearing accessory mineral phases, such as zircon, allanite, apatite, monazite and xenotime [23].

3.2 Radiological content evaluation

In this study, a total of 147 *in situ* gamma-ray measurements on quarries of *Rosa Beta*, *Ghiandone*, *Giallo San Giacomo*, *Rosa Cinzia*, *Grigio Malaga*, *Bianco Sardo* and *Grigio Perla* were performed (Table 2).

In situ gamma-ray measurements were collected with a portable equipment mounted in a backpack and enfolded in shock-resistant materials to prevent damage in outdoor environments. The scintillation gamma-ray spectrometer inside the backpack consisted of an NaI(Tl) crystal with a cubic shape (10,2 x 10,2 x 10,2 cm³) and an energy resolution of 7.3 % at 662 keV (¹³⁷Cs) and 5,2% at 1172 and 1332 keV (⁶⁰Co). The crystal was optically coupled to a photomultiplier tube with integrated electronics consisting of a bias supply, preamplifier and digital multichannel analyzer (MCA). The system was managed using a notebook computer fitted with a GPS antenna (54 channels and 10 m accuracy). The instrument was carefully calibrated following the method described in [26]. Using full spectrum analysis with the non-negative least squares (FSA-NNLS) constraint, each measured spectrum is reconstructed from a linear combination of standard spectra for ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K, ¹³⁷Cs and background. The systematic uncertainty of the method is estimated to be 5 % for ⁴⁰K and 7 % for ²³²Th. The primary contributor to the U standard spectrum is the decay of ²¹⁴Bi, a daughter of ²²²Rn, which is present in the ground and in the air.

Although the instrument cannot discriminate between the two contributions from the ground and the air, the systematic uncertainty in the ²³⁸U measurement for the ground is of order 15 % [26]. In the case of 5-min *in situ* measurements on SCB outcrops, the statistical uncertainties were <1.5, 3 and 3 % for ⁴⁰K, ²³⁸U and ²³²Th, respectively (Table 2).

The main advantages of using *in situ* measurements are

- (a) quick feedback,
- (b) a large sample size,
- (c) immediate repeatability of the measurement,
- (d) low management costs.

In contrast to laboratory HPGe spectrometry and ICP-MS, *in situ* gamma-ray spectroscopy provides a direct measurement of the radioactivity content of a large portion of rock. In our study, *in situ* measurements were performed with the detector on the ground. In this configuration, 90 % of the signal reaching the detector came from a volume of radius 35 cm and about 20 cm thick, corresponding to an effective rock mass of about 200 kg.

A number of relevant precautions were taken to ensure the reliability of our measurements. To minimize the interference due to morphology, relatively flat outcrops were chosen, far from the sides of the outcrop and from man-made constructions. The portable NaI(Tl) detector was placed on bare rocks with no soil cover or vegetation.

The measurements were never performed immediately after rainfalls and since the detector was placed on bare rocks the interference of moisture was considered negligible.

The ²³⁸U and ²³²Th activity concentrations were calculated assuming secular equilibrium in the decay series.

The activity concentrations of ⁴⁰K, ²³⁸U and ²³²Th obtained from *in situ* surveys were compared with those measured in individual samples of each commercial granite using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) and HPGe spectrometry (Table 2). The elemental composition measurements were performed at Activation Laboratories Ltd.

using a Perkin Elmer SCIEX ELAN 9000 ICP/MS with a combination of analysis packages Code 4B (lithium metaborate/tetraborate fusion ICP whole rock) and Code 4B2 (trace element ICP-MS), in which the fused sample is diluted and analyzed using ICP-MS. The detection limits of these methods for K₂O, U and Th were 0,01 % (2,6 Bq/kg), 0.1 lg/g (1,2 Bq/kg) and 0,1 kg/g (0,4 Bq/kg), respectively. The ICP-MS method permits not only to crosscheck *in situ* measurements, but it also provides information on the major and trace element composition necessary for the geochemical characterization of different granites.

The activity concentrations were measured on a 180 cm³ sample using the MCA_Rad system [27]. The fully automatic spectrometer consists of two 60 % relative efficiency coaxial p-type HPGe gamma-ray detectors, with an energy resolution of about 1,9 keV at 1332,5 keV (⁶⁰Co). The absolute full energy peak efficiency of the MCA_Rad is calibrated using certified standard point sources (¹⁵²Eu and ⁵⁶Co). The overall uncertainty in the efficiency calibration is estimated to be <5 %.

4 Results and discussion

4.1 Geochemical characterization

In our samples, the general increase of U and Th observed in the more evolved granites (SiO₂ > 70 wt%) is in agreement with a good correlation with a decrease in the ZrO₂ component and increase of Y. This indicates that zircon is probably the main U and Th bearing mineral in the less evolved samples such as *Rosa Beta*, *Ghiandone* and *Grigio Malaga*, while Y-bearing phases such as allanite and xenotime become progressively more important during the evolution of magmas.

Tab 1: Whole-rock major (wt %) and trace (lg/g) element compositions of the 7 commercial granites. Conservatively, an accuracy of 10 % for ICP-MS results was assumed. * symbol refer to data from [20]

Chemical composition	Commercial granites						
	Grigio Malaga Sa15 ^a	Rosa Beta	Grigio Perla	Ghiandone	Rosa Cinzia	Bianco Sardo Sa22c ^a	San Giacomo
Major elements (expressed in wt%)							
SiO ₂	68.75	71.11	72.43	73.02	74.31	75.09	77.59
Al ₂ O ₃	15.28	13.85	14.02	13.35	13.41	13.48	12.18
Fe ₂ O ₃	3.81	0.8	0.62	1.18	0.69	1.42	0.78
FeO	-	1.82	1.46	1.09	0.93	-	0.29
CaO	3.34	2.33	1.84	2.46	1.75	1.52	0.57
Na ₂ O	3	3.57	3.38	3.2	3.15	3.07	3.34
K ₂ O	3.72	3.91	4.37	3.22	4.62	4.81	4.74
MgO	0.92	0.71	0.44	0.75	0.29	0.24	0.05
TiO ₂	0.4	0.353	0.187	0.295	0.163	0.09	0.06
P ₂ O ₅	0.15	0.34	0.06	0.09	0.04	0.07	0.03
MnO	0.05	0.065	0.082	0.065	0.033	0.04	0.02
LOI	0.5	0.72	0.54	0.62	0.44	0.59	0.28
Total	99.92	99.78	99.59	99.46	99.93	100.42	99.95
Trace elements (expressed in µg/g)							
Be	-	3	2	2	2	-	1
Sc	-	7	6	5	3	-	2
V	43	33	14	36	13	6	<5
Cr	10	<20	<20	<20	<20	-	40
Co	5	3	2	3	1	1	<1
Ni	-	<20	<20	<20	<20	-	<20
Cu	-	<10	<10	20	<10	-	<10
Zn	57	<30	50	50	<30	25	<30
Ga	19	16	17	16	15	15	18
Ge	-	1	2	2	2	-	1
As	-	<5	<5	<5	<5	-	<5
Rb	108	120	165	112	139	123	101
Sr	195	211	88	171	93	70	13
Y	17	23	38	15	16	11	29
Zr	177	251	115	113	107	25	269
Nb	9	13	13	10	9	6	6
Mo	-	<2	<2	<2	<2	-	4
Ag	-	1.1	<0.5	<0.5	<0.5	-	<0.5
In	-	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	<0.2
Sn	-	4	5	3	3	-	4
Sb	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	<0.5
Cs	4	3	3	2.7	2.9	2	1.1
Ba	1,197	888	465	470	507	285	189
La	49.9	38.6	26.6	24.9	26.9	17	32.6
Ce	95.2	74.8	54	48.3	54	37.5	73.5
Pr	10.56	8.13	6.5	5.46	6.28	4.51	7.82
Nd	36.8	28.8	24.7	20.1	23	15.9	27.7
Sm	6.06	5.6	5.5	3.5	4.1	3.09	5.3
Eu	1.23	1.08	0.57	0.69	0.67	0.49	0.21
Gd	3.88	4.6	5	2.7	3.1	2.28	4.7
Tb	0.6	0.7	0.9	0.4	0.5	0.31	0.7
Dy	3.12	4	5.8	2.5	2.7	1.74	3.7
Ho	0.59	0.8	1.2	0.5	0.5	0.34	0.7
Er	1.62	2.2	3.6	1.5	1.5	0.97	2.2
Tm	0.21	0.34	0.61	0.25	0.23	0.14	0.32
Yb	1.51	2.3	4.1	1.7	1.6	0.95	2.1
Lu	0.24	0.37	0.7	0.32	0.29	0.18	0.33
Hf	4	6.7	3.3	3	2.8	3	7.6
Ta	-	1.4	1.5	1	0.7	-	0.5
W	-	<1	<1	<1	<1	-	<1
Tl	-	0.5	1	0.6	0.8	-	0.5
Pb	-	21	26	18	21	-	27
Bi	-	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	-	<0.4
Th	15	12.9	17	14.4	15.6	11	15.1
U	2	5.2	3.1	4	3.6	2	2.6

4.2 Radiological characterization of the granitoid dimension stones

For each commercial granite, measurements were performed with *in situ* gamma ray spectrometry (NaI-Tl), HPGe detectors and ICP-MS. These data are reported in Table 2.

Table 2: Median values of the ^{40}K , ^{238}U and ^{232}Th activity concentration. The activity concentration index (ACI) and default dose categories are indicated in the last two columns. In the fourth row are reported data published in the literature [28; 29; 30; 31; 32; 20]

Commercial brand	Quarries/HPGe analysis/bibliography	^{40}K (Bq/kg)	^{238}U (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	ACI	Category
<i>Rosa Beta</i>	NaI:Tl (20 quarries)	$1,144^{+126}_{-114}$	$42.3^{+7.7}_{-6.6}$	$55.0^{+6.8}_{-5.9}$	$0.78^{+0.06}_{-0.06}$	A1
	HPGe	1059 ± 19	37.4 ± 2.0	55.1 ± 2.9		A2
	ICP-MS ^a	1,020	64	52		
	(Tzortzis et al. 2003; Al-Saleh and Al-Berzan 2007; Aydarous et al. 2010; Carrera et al. 1996; SR 2012) (9 data)	897–1,221	18.2–45.2	32.0–69.0		
<i>Ghiandone</i>	NaI:Tl (20 quarries)	$1,092^{+215}_{-181}$	$56.3^{+14.1}_{-11.4}$	$68.9^{+11.2}_{-9.6}$	$0.88^{+0.11}_{-0.09}$	A1/B1
	HPGe	953 ± 21	49.6 ± 2.4	50.8 ± 3.1		A2
	ICP-MS	840	49	58		
	(Tzortzis et al. 2003; SR 2012) (5 data)	736–1,047	33.3–57.0	59.1–89.0		
<i>G. San Giacomo</i>	NaI:Tl (13 quarries)	$1,335^{+142}_{-128}$	$50.1^{+15.7}_{-11.9}$	$61.9^{+10.1}_{-8.7}$	$0.91^{+0.10}_{-0.08}$	A1/B1
	HPGe	1284 ± 25	53.2 ± 2.6	55.0 ± 3.6		A2
	ICP-MS	1,257	28	62		
	(SR 2012) (2 data)	919–1,019	19.8–58.6	47.5–58.0		
<i>Rosa Cinzia</i>	NaI:Tl (2 quarries)	$1,313^{+66}_{-63}$	$56.0^{+7.2}_{-6.5}$	$69.4^{+3.5}_{-3.3}$	$0.95^{+0.04}_{-0.04}$	A1/B1
	HPGe	$1,296 \pm 25$	46.2 ± 2.4	60.2 ± 3.5		A2
	ICP-MS	1,205	44	63		
	(SR 2012) (1 data)	1,023	34.0	56.1		
<i>Grigio Malaga</i>	NaI:Tl (8 quarries)	848^{+130}_{-113}	$34.5^{+5.0}_{-4.3}$	$61.1^{+5.8}_{-3.3}$	$0.66^{+0.05}_{-0.05}$	A1
	HPGe	711 ± 18	29.2 ± 2.0	52.8 ± 3.2		A2
	ICP-MS (Barbey et al. 2008)	970	25	61		
	(SR 2012) (1 data)	748	22.9	51.2		
<i>Grigio Perla</i>	NaI:Tl (7 quarries)	$1,222^{+165}_{-145}$	$39.1^{+5.6}_{-4.9}$	$60.6^{+6.0}_{-5.5}$	$0.81^{+0.06}_{-0.06}$	A1
	HPGe	$1,270 \pm 25$	52.3 ± 2.6	61.0 ± 3.6		A2
	ICP-MS	1,140	38	69		
	(Carrera et al. 1996; SR 2012) (2 data)	1,039–1,208	33.7–37.0	45.3–58.0		
<i>Bianco Sardo</i>	NaI:Tl (3 quarries)	$1,269^{+66}_{-63}$	$44.8^{+7.6}_{-6.5}$	$51.6^{+7.8}_{-6.8}$	$0.82^{+0.05}_{-0.05}$	A1
	HPGe	$1,355 \pm 25$	40.8 ± 2.3	50.5 ± 3.1		A2
	ICP-MS (Barbey et al. 2008)	1,255	25	45		
	(Carrera et al. 1996) (1 data)	1,137	48	95		

^a Conservatively, an accuracy of 10 % for ICP-MS results was assumed

The radiological hazard of rocks used as building materials can be evaluated using the ACI (ACI), proposed by EC [7]:

$$\text{ACI} = (C_{\text{Ra}}/300) + (C_{\text{Th}}/200) + (C_{\text{K}}/3000)$$

where C_{Ra} , C_{Th} and C_{K} are the activity concentrations in Bq/kg for ^{226}Ra (equivalent to ^{238}U under secular equilibrium conditions), ^{232}Th and ^{40}K , respectively. Following EC [7], the radiological hazard is classified into four categories (A1, A2, B1, B2). The first category of materials is appropriate for use in bulk quantities, while the second category of materials is limited to superficial or other restricted use (Table 3). The contribution to the ACI index of the median radioactivity content for potassium, uranium and thorium is shown in Fig. 4 which highlights that about 50 % of the ACI index comes from ^{40}K .

The ACI varies from $0.66^{+0.05}_{-0.05}$ for *Grigio Malaga* to $0.95^{+0.04}_{-0.04}$ for *Rosa Cinzia*. Because they have ACIs <6 within the reported standard deviation, these rocks are categorized as A2 (suitable for being used as surface materials with restriction). The ACIs of

Rosa Beta, *Grigio Malaga*, *Grigio Perla* and *Bianco Sardo* are more than 2σ below unity and, therefore, these materials can be classified as A1 (suitable for being used as bulk materials without restriction). However, *Rosa Cinzia*, *Giallo san Giacomo* and *Ghiandone* have ACIs within 1σ of unity. In these cases, it is reported the classification A1/B1 (Table 2) to emphasize a potential radiological hazard in bulk utilization of these commercial granites, and recommend further ad hoc controls.

The activity concentrations measured with NaI:Tl and HPGe spectrometry are comparable; however, the data collected *in situ* are more robust since they are supported by more observations. Moreover, the laboratory measurements are based on the assumption that the samples are representative of the entire dimension stone. This hypothesis is weak, and may increase the discrepancies with respect to the *in situ* data. In the case of the granitic rocks of the SCB, the *in situ* measurements provide a suitable method of investigation, as indicated by previously published data (Table 2).

Tab 3: Categories based on the default dose according to the ACI criteria defined in EC [7]

Category (corresponding default dose)	Type 1 Materials used in bulk amounts e.g. concrete, bricks etc.	Type 2 superficial and other materials with restricted use e.g. tiles, boards etc.
A (≤ 1 mSv/y)	For ACI ≤ 1 category A1	For ACI ≤ 6 category A2
B (> 1 mSv/y)	For ACI > 1 category B1	For ACI > 6 category B2

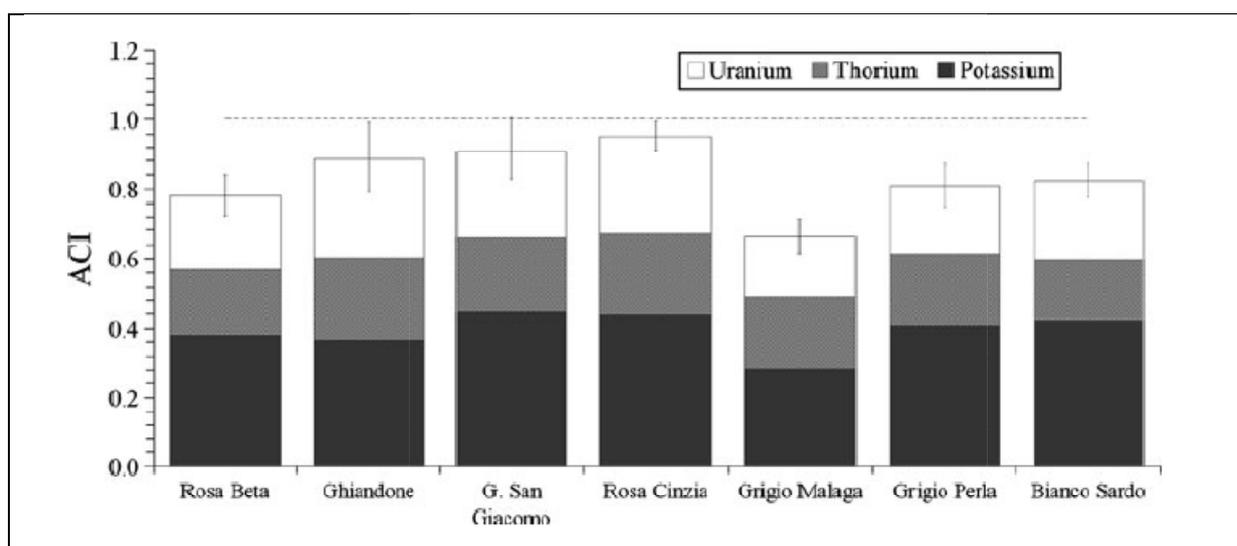


Fig 4: The ACI calculated for each commercial variety using the median values of ^{40}K , ^{238}U and ^{232}Th

5 Summary and conclusions

The radioactivity concentration (^{40}K , ^{238}U and ^{232}Th) of the main seven commercial granites was investigated by means of 147 *in situ* measurements. This approach made it possible to collect a large statistics of samples while minimizing time and costs, and optimizing the spectral analysis through FSA-NNLS.

The large number of measurements permitted to perform an accurate analysis.

The ^{40}K , ^{238}U and ^{232}Th activity concentrations of commercial granites show good agreement compared to data from representative samples using ICP-MS and HPGe spectrometry. The ACI of the seven traded varieties was found to range between $0.66^{+0.05/-0.05}$ for *Grigio Malaga* and $0.95^{+0.04/-0.04}$ for *Rosa Cinzia*. All of these granites are categorized as A2 material, permitting their utilization as superficial materials without restrictions. *Rosa Beta*, *Grigio Malaga*, *Grigio Perla* and *Bianco Sardo* are categorized as A1 materials, and may, therefore, also be used in bulk quantities without restriction. However, for *Ghiandone*, *Giallo San Giacomo* and *Rosa Cinzia* further ad hoc controls are recommended for their utilization in bulk quantities.

Acknowledge

This work was funded by the Banco di Sardegna Foundation (G. Oggiano grant) and Sardinia Government grant L.R. 7/2007—no CRP2_104 (L. Casini and S. Cuccuru) and was partially supported by National Institute of Nuclear Physics, INFN (Italy).

References

- [1] Rossi P, Oggiano G, Cocherie A (2009) A restored section of the “southern Variscan realm” across the Corsica-Sardinia microcontinent. *Comp Rend Geosci* 341:224–238
- [2] Whitfield JM, Rogers JJW, Adams JAS (1959) The relationship between the petrology and the thorium and uranium contents of some granitic rocks. *Geochim Cosmochim Acta* 17:248–271
- [3] Rogers JJW, Ragland PC (1961) Variation of thorium and uranium in selected granitic rocks. *Geochim Cosmochim Acta* 25:99–109
- [4] Anjos RM, Veiga R, Soares T, Santos AMA, Aguiar JG, Frasca' MHBO, Brage JAP, Uze^da D, Mangia L, Facure A, Mosquera B, Carvalho C, Gomes PRS (2005) Natural radionuclide distribution in Brazilian commercial granites. *Radiat Meas* 39:245–253
- [5] Tzortzis M, Tsertos H, Christofides S, Christodoulides G (2003) Gamma radiation measurements and dose rates in commercially used natural tiling rocks (granites). *J Environ Radioactiv* 70:223–235
- [6] Salas HT, Nalini HA Jr, Mendes JC (2006) Radioactivity dosage evaluation of Brazilian ornamental granitic rocks based on chemical data, with mineralogical and lithological characterization. *Environ Geol* 49:520–526
- [7] European Commission (EC) (2011) Draft presented under Article 31 Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee: laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. COM(2011) 593, Brussels. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/com_2011_0593.pdf. Accessed 26 Oct 2011

- [8] Ghezzi C, Orsini J-B (1982) Lineamenti strutturali e composizionali del batolite ercinico sardo corso in Sardegna. In: Guida alla geologia del Paleozoico Sardo, Soc Geol Ita, Roma, pp 88–102
- [9] Paquette J-L, Me'not R-P, Pin C, Orsini J-B (2003) Episodic and short-lived granitic pulses in a post-collisional setting: evidence from precise U-Pb zircon dating through a crustal cross-section in Corsica. *Chem Geol* 198:1–20
- [10] Renna MR, Tribuzio R, Tiepolo M (2006) Interaction between basic and acid magmas during the latest stages of the post-collisional Variscan evolution: clues from the gabbro–granite association of Ota (Corsica–Sardinia batholith). *Lithos* 90:92–110
- [11] Gaggero L, Oggiano G, Buzzi L, Slejko F, Cortesogno L (2007) Post-Variscan mafic dykes from the late orogenic collapse to the Tethyan rift: evidence from Sardinia. *Ofioliti* 32:15–37
- [12] Casini L., Cuccuru S., Puccini A., Oggiano G. & Rossi Ph. (2015). Evolution of the Corsica-Sardinia Batholith and late-orogenic shearing of the Variscides. *Tectonophysics* 646, 65-78. DOI: 10.1016/j.tecto.2015.01.017
- [13] Casini L, Cuccuru S, Maino M, Oggiano G, Tiepolo M (2012) Emplacement of the Arzachena Pluton (Corsica-Sardinia Batholith) and the geodynamics of incoming Pangaea. *Tectonophysics* 544:31–49
- [14] Conte A.M., Cuccuru S., D'Antonio M., Naitza S., Oggiano G., Secchi F., Casini L., Cifelli F. (2017). The post- collisional late Variscan ferroan granites of southern Sardinia (Italy): inferences for inhomogeneity of lower crust. *Lithos*. doi.org/10.1016/j.lithos.2017.09.028
- [15] Bralio A, Ghezzi C, Guasparri G, Sabatini G (1981) Aspetti genetici del batolite sardo-corso. *Rend Soc Ital Miner Petrol* 38:701–764
- [16] Cuccuru S., Naitza S., Secchi F., Puccini A., Casini L., Pavanetto P., Linnemann U., Hofmann M. & Oggiano G. (2016). Structural and metallogenic map of late Variscan Arbus Pluton (SW Sardinia, Italy). *Journal of maps*. DOI: 10.1080/17445647.2015.1091750
- [17] Oggiano G, Casini L, Rossi P H, Mameli P (2007) Long lived dextral strike-slip tectonics in the southern Variscan Belt: evidence from two syn-kinematic intrusions in north Sardinia, vol 2. In: *Geologie de la France, Meeting on Mechanics of Variscan Orogeny: a modern view on orogenic research*, Orleans, Sept. 13–15, p 141
- [18] Oggiano, G., Cherchi, G.P., Aversano, A., Di Pisa, A., Ulzega, A., Orrù, P., Pintus, C., 2005. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000, Foglio 428, Arzachena, Firenze.

- [19] Cherchi GP (2005) Prospezione e caratterizzazione di rocce granitoidi della Sardegna settentrionale: indicazioni per l'ottimizzazione del processo estrattivo e della mitigazione degli impatti. PhD. Thesis (in Italian), University of Sassari
- [20] Barbey P, Gasquet D, Pin C, Bourgeix AL (2008) Igneous banding, schlieren and mafic enclaves in calc-alkaline granites: the Budduso pluton (Sardinia). *Lithos* 104:147–163
- [21] Poggi D, Lazzarini L (2005) Il granito sardo: cave e cavatura. Usi, diffusione e aspetti archeometrici. *Marmora* 1:49–68
- [22] Regione Autonoma della Sardegna (RAS) (2007) Piano Regionale delle Attività Estrattive: riepilogo dei principali dati, Cagliari
- [23] Cuccuru S, Casini L, Oggiano G, Cherchi GP (2012) Can weathering improve the toughness of a fractured rock? A case study using the San Giacomo Granite. *Bull Eng Geol Environ* 71(3):557–567
- [24] Gamboni A, Gamboni T (2006) Gallura, tesori nel granito, i minerali delle pegmatiti granitiche. Webber, Sassari
- [25] Cuccuru S, Gamboni A, Casini L (2011) The Mt. Mazzolu quarry: a new mineralogic locality *Plinius* 37:304
- [26] Caciolli A, Baldoncini M, Bezzon GP, Broggin C, Buso GP, Callegari I, Colonna T, Fiorentini G, Guastaldi E, Mantovani F, Massa G, Menegazzo R, Mou L, Rossi Alvarez C, Shyti M, Xhixha G, Zanon A (2012) A new FSA approach for *in situ* c ray spectroscopy. *Sci Total Environ* 414:639–645
- [27] Xhixha G, Bezzon GP, Broggin C, Buso GP, Caciolli A, Callegari I, De Bianchi S, Fiorentini G, Guastaldi E, Mantovani F, Massa G, Menegazzo R, Mou L, Pasquini A, Rossi Alvarez C, Shyti M, Xhixha Kac,eli M (2013) The worldwide NORM production and a fully automated gamma-ray spectrometer for their characterization. *J Radioanal Nucl Chem* 295:445–457
- [28] Tzortzis M, Tsertos H, Christofides S, Christodoulides G (2003) Gamma radiation measurements and dose rates in commercially used natural tiling rocks (granites). *J Environ Radioactiv* 70:223–235
- [29] Al-Saleh FS, Al-Berzan B (2007) Measurements of natural radioactivity in some kinds of marble and granite used in Riyadh region. *J Nucl Rad Phys* 2:25–36
- [30] Aydarous ASH, Zeghib S, Al-Dughmah M (2010) Measurements of natural radioactivity and the resulting radiation doses from commercial granites. *Radiat Prot Dosim* 142:363–368
- [31] Carrera G, Garavaglia M, Magnoni S, Valli G, Vecchi R (1996) Natural radioactivity and radon exhalation in stony materials. *J Environ Radioactiv* 34:149–159

[32] Sardegna Ricerche (SR) (2012) Progetto Cluster “radioattività nei materiali da costruzione”. http://www.sardegna.com/documenti/13_116_20110114161302.pdf. Accessed 1 Aug 2012

Studio ed esplorazione di giacimenti minerari mediante optv (BOREHOLE DIGITAL OPTICAL TELEVIEWER)

Berlinghieri M.¹, Pandolfi O.²

¹ Ing. Berlinghieri Marco – *Studio di Ingegneria Pandolfi*

Piazza Duomo 11, 54033 Carrara, Italia Tel.: +39 340 8330858 Mail: marco@studiopandolfi.it

² Ing. Pandolfi Orlando – *Studio di Ingegneria Pandolfi*

Piazza Duomo 11, 54033 Carrara, Italia Tel.: +39 348 7847197 Mail: pandolfi@studiopandolfi.it

ABSTRACT. *The article describes an innovative survey methodology through the use of a digital borehole camera OBI40-2G, from which it is possible to analyze the 360° color image of the borehole walls. It is then possible to obtain, from the virtual core, the discontinuity characteristics, the geological changes and the lithological variety. This article analyses in depth the technologies utilized for the abovementioned surveys, the proof methodologies, the data elaboration and interpretation phases, as well as the possible implication of the collected data. This survey methodology allows us to have useful information for the 3D representation of the lithological and geological model, as well as to have the possibility to use the obtained fracturing information to develop numerical models to the distinct elements “DEM”.*

Borehole Loggin, Well Loggin, Deposit Sizing, Mineral Deposit Mining Exploration Quarry Site Characterization

1. INTRODUZIONE

La conoscenza della fratturazione negli ammassi rocciosi è molto importante in tutti i problemi di meccanica delle rocce e geotecnica. La telecamera ottica per sondaggi OPTV (Borehole Digital Optical Televiewer) permette di registrare in continuo l'immagine a 360° delle pareti del foro di sondaggio, orientata rispetto il Nord. Le fratture sono riconoscibili da curve sinusoidali visibili sull'immagine, dalla quale è possibile ricavare i valori di inclinazione, immersione e apertura delle discontinuità. Dalle carote virtuali è inoltre possibile ricavare i cambiamenti litologici e le varietà merceologiche che le caratterizzano. I moderni ausili informatici ci permettono di utilizzare tali informazioni per ricostruire e visualizzare i modelli geologici e merceologici in tre dimensioni, così da renderli di più facile lettura e comprensione. Il presente articolo propone una breve descrizione di questa metodologia di indagine in continuo progresso tecnologico, riportando alcuni esempi di applicazione e rappresentazione dei dati elaborati.

2. ATTREZZATURA E PROCEDURA DI PROVA

Per le analisi è stata utilizzata una sonda ottica per sondaggi OBI40-2G di nuova generazione, prodotta dalla *Mount Sopris Instruments*. Questa tipologia di strumento ha un sensore ottico

CMOS ad alta risoluzione combinato con un obiettivo fisheye. Lo strumento produce un'immagine digitale a 360° della parete della perforazione, sia in presenza di aria che acqua limpida.

La sonda è inoltre dotata di un sistema di orientamento automatico ad alta precisione che comprende un magnetometro a 3 assi e un accelerometro a 3 assi che consente l'orientamento delle immagini a un riferimento globale e la determinazione dell'azimut e dell'inclinazione del foro. Le immagini ottenute dalla OPTV possono quindi integrare o addirittura sostituire i sondaggi mediante carotaggio, risolvendo i relativi problemi di recupero e orientazione dei sondaggi. La sonda schematizzata in Figura 1 ha un diametro di 40 mm, può essere utilizzata per indagare perforazioni da 76 mm a 178 mm, ed è dotata di una sorgente luminosa a LED in grado di illuminare le pareti del foro. La risoluzione azimutale è di 1800 pixel, mentre quella verticale, in funzione della velocità di prova, può arrivare a 1 mm [1].



1. Schema della sonda ottica per sondaggi OBI40-2G.

La sonda è calata nel foro di sondaggio mediante un verricello, dotato di un cavo di registrazione dati che consente il flusso di informazioni fra la sonda e il datalogger.

Il sistema di acquisizione presente permette la visualizzazione e stampa dei dati in tempo reale; inoltre la centralina è in comunicazione con un notebook mediante l'interfaccia USB, che consente la registrazione e memorizzazione dei dati trasmessi dalla sonda.

Le perforazioni possono essere eseguite sia a prelievo di carote sia a distruzione di nucleo, inoltre la sonda è compatibile con i comuni sistemi rivestimento utilizzati per rinforzare le pareti delle perforazioni. Possono essere indagati sia fori verticali, inclinati o orizzontali mediante aste per la spinta. In generale possono essere utilizzate sia perforanti a percussione che a rotazione. Quando vengono adottate perforazioni a percussione, per ottenere una più facile lettura il foro di sondaggio dovrebbe essere pulito con acqua e aria in pressione.

L'acquisizione può essere fatta sia durante la fase di discesa, sia nella fase di recupero della sonda. La velocità di prova è di circa 1,5 m/min, e fornisce un file immagine della parete del foro, utilizzata successivamente per il processamento dei dati.

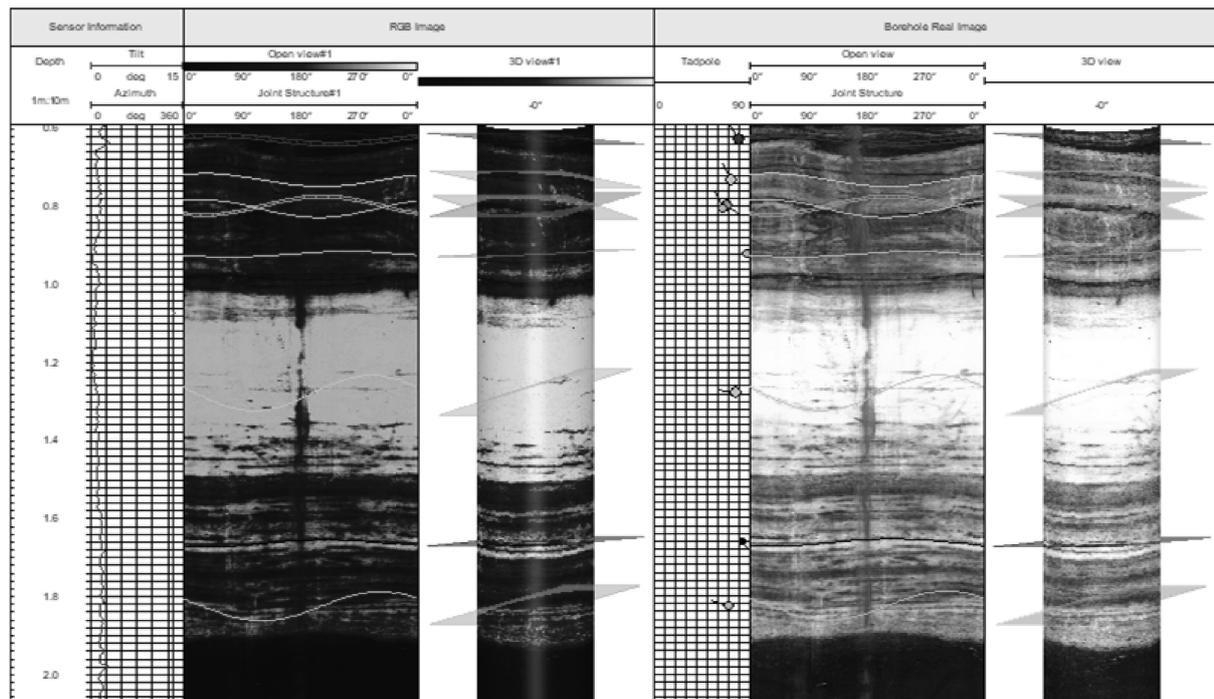
3. ELABORAZIONE DEI DATI

L'acquisizione e l'interpretazione dei dati viene effettuata mediante il software *WellCAD* [2], fornito dalla *ALT Software*, grazie al quale, come mostrato in Figura 2, è possibile modificare i log, analizzare e presentare i dati dei sondaggi. Le discontinuità possono essere selezionate in modo manuale o automatico registrando dipdir, dip e apertura [3].

Per la fase di elaborazione dei dati è molto importante conoscere la corretta orientazione del foro di sondaggio per mapparlo correttamente nello spazio. La centralina di acquisizione riesce a fornire due valori fondamentali: il primo angolo rappresenta l'inclinazione dell'asse della perforazione rispetto allo zenith e può assumere valori da 0° a 180° a seconda che sia verticale verso l'alto oppure verso il basso. Il secondo angolo rappresenta l'azimuth dell'asse

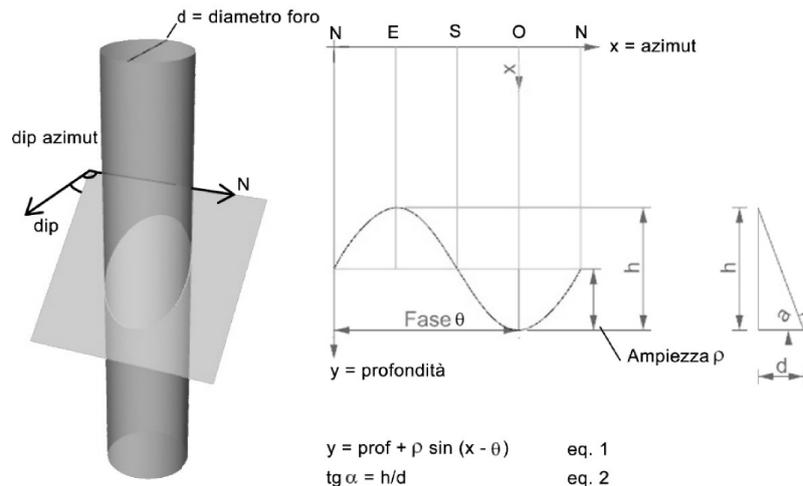
del foro misurato rispetto al Nord e può assumere valori da 0° a 360°, a seconda di quanto si allontana in senso orario rispetto al Nord. Questi valori vengono riassunti in un grafico in funzione della profondità del foro, in modo da poter visualizzare il suo andamento nello spazio, nel caso in cui il sondaggio non risultasse perfettamente rettilineo.

A questo punto si può procedere ad una dettagliata classificazione delle strutture geologiche, differenziandole in funzione della tipologia (Zona di rottura, Foliazione, Frattura, Vena, Zona di faglia) e aggiungendo ulteriori caratteristiche (Permeabile, Mineralizzata, Alterata, Intersecata, ecc...).



2. Esempio di selezione delle discontinuità con WellCAD.

I piani di discontinuità intercettati vengono visualizzati come curve sinusoidali, nell'immagine 2D srotolata catturata dall'OPTV. Come proposto in Figura 3, la loro orientazione e immersione può essere ottenuta dallo studio di tale curva, descritta matematicamente dalla funzione seno, correlando la fase e dall'ampiezza dalla sinusoide associata.



3. Relazione fra il piano intersecato con l'OPTV nel foro di sondaggio e il suo sviluppo 2D associato, con i suoi valori di immersione e orientazione.

A questo punto raccolte le caratteristiche delle strutture intercettate dalle perforazioni, si può effettuare un'analisi di frequenza dei valori di orientazione e immersione, mediante diagrammi a rosa (istogramma circolare di frequenza) oppure mediante proiezione stereografica (diagramma circolare a curve di equal frequenza), e analizzare la tipologia mediante istogrammi di frequenza.

I dati raccolti sono quindi utili per la determinazione dei più diffusi criteri di classificazione degli ammassi rocciosi, come l'RMR (*Rock Mass Rating*, Bieniawski, 1976), il GSI (*Geological Strength Index*, Hoek, 1995) e il valore Q (*Quality Index*, Barton, 1974). Inoltre, è facilmente valutabile il valore di recupero percentuale di carotaggio, tradotto dal parametro RQD (*Rock Quality Designation*, Deere, 1963).

4. CREAZIONE DI UN MODELLO GEOLOGICO-MERCEOLOGICO 3D

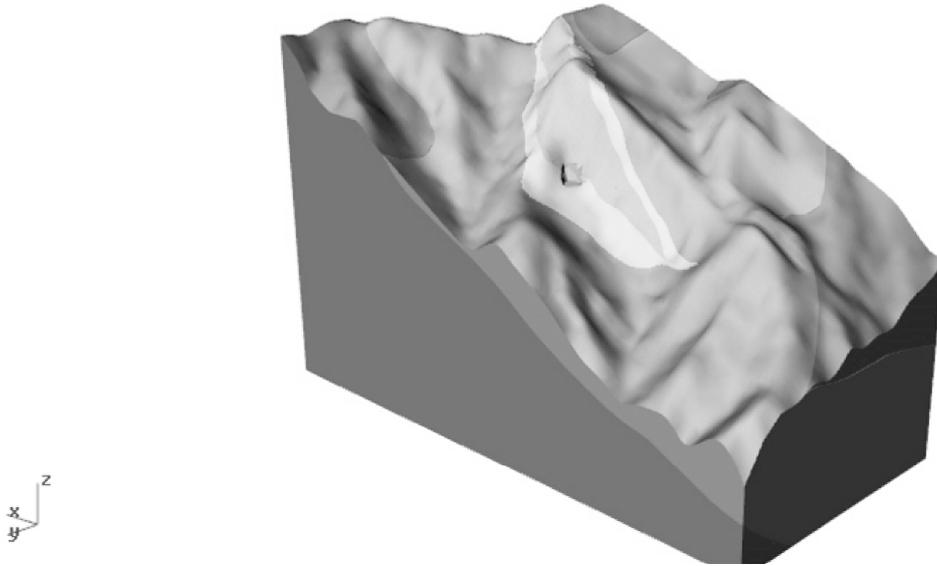
L'interpretazione delle immagini può fornire inoltre diversi elementi geologici (contatti litologici, qualità merceologica, alterazioni, etc.) e strutturali (fratture, zone di faglia, foliazioni, riempimento, etc.).

Per una più rapida ed intuitiva lettura delle informazioni, ricavate dai sondaggi con OPTV e rilievi in situ, si può realizzare un modello geologico-merceologico 3D.

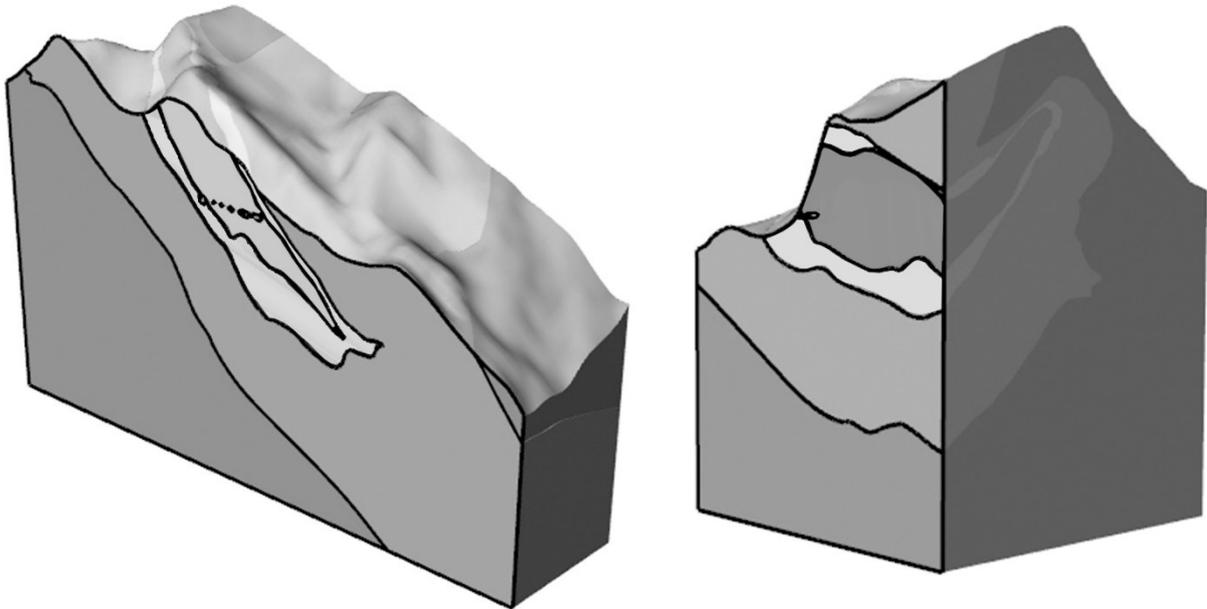
Partendo dai rilievi Lidar e fotogrammetrici dell'area, si ricostruisce il modello topografico, dopo di che è possibile effettuare un'interpolazione dei dati ottenuti dai sondaggi, integrando i diversi contatti litologici individuati nelle fasi di rilievo e le altre informazioni utili, così da poter ricostruire il loro andamento nell'ammasso roccioso.

Il modello così ottenuto può fornire una chiara visione tridimensionale della potenza del giacimento minerario, può essere utilizzato per realizzare carte e sezioni geologiche di dettaglio della zona, e valutare l'interazione delle diverse formazioni geologiche con eventuali opere geotecniche. In questo modo i risultati ottenuti possono essere trasmessi con più chiarezza e facilità, rendendoli di possibile comprensione ai clienti, stakeholder e colleghi.

Nell'esempio seguente, riportato nelle Figure 4 e 5 si illustra la ricostruzione 3D del modello geologico di una cava di marmo delle Alpi Apuane, sviluppato al fine di ottimizzare l'uso della risorsa marmo.



4. Vista assonometrica 3D del modello geologico di una Cava di Marmo situata nelle Alpi Apuane.



5. Sezioni 3D nel modello geologico di una Cava di Marmo situata nelle Alpi Apuane.

5. **CREAZIONE DI UN MODELLO NUMERICO AGLI ELEMENTI DISTINTI 3D**

Le discontinuità mappate, possono essere integrate con i più moderni tecniche di modellazione numerica al discontinuo, utilizzando i valori di dimensione, orientazione e posizione durante la fase di realizzazione del modello.

Il metodo degli elementi distinti (DEM) è una soluzione numerica utilizzata per descrivere il comportamento meccanico dei corpi discontinui. Introdotto da Peter Cundall (1971), il DEM è stato sviluppato per l'analisi dei problemi di meccanica delle rocce utilizzando blocchi deformabili a forma poligonale e quindi applicati ai suoli (Cundall e Strack, 1979). Ciò ha portato allo sviluppo di software come *UDEC* (Universal Distinct Element Code) e *3DEC* (Three-Dimensional Distinct Element Code) forniti da Itasca. Un altro software prodotto da *Itasca* è *PFC* [4] che è un'implementazione semplificata del DEM perché utilizza dischi rigidi

(PFC2D) o particelle sferiche (PFC3D) per semplificare notevolmente i contatti tra elementi ottenendo soluzioni del modello più veloci.

Le fratture o le discontinuità ricavate da tali sondaggi possono essere modellate in modo deterministico, rappresentandole nel modello, specificando un punto di passaggio, la direzione di immersione e l'inclinazione.

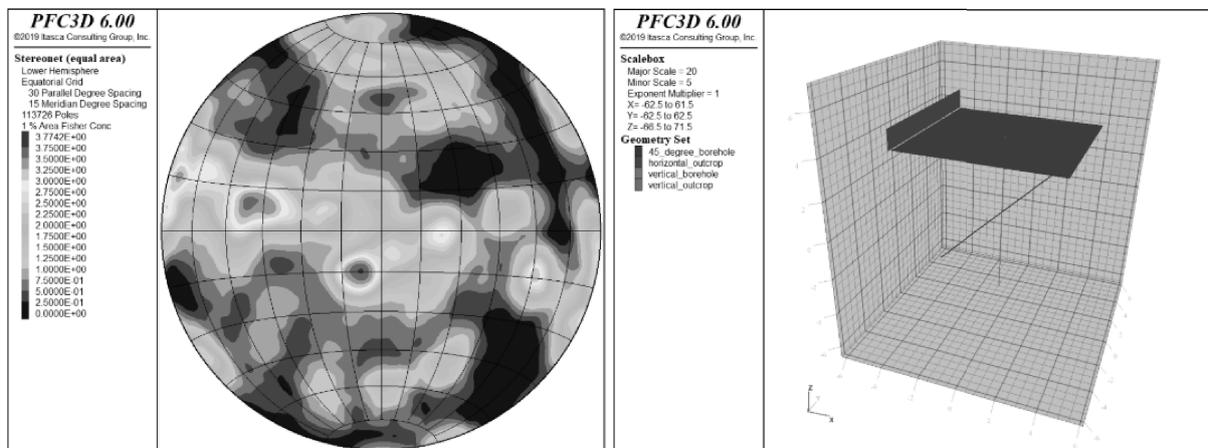
Un'alternativa è la rappresentazione stocastica delle fratture. Con questo approccio, le discontinuità non sono modellate in modo esplicito, ma vengono generate in base ad un input casuale.

5.1 Descrizione della fratturazione con DFN (Discrete Fracture Network)

In questa tipologia di rappresentazione, le fratture sono approssimate a superfici a forma di disco. Per generare un modello DFN bisogna fornire i seguenti valori:

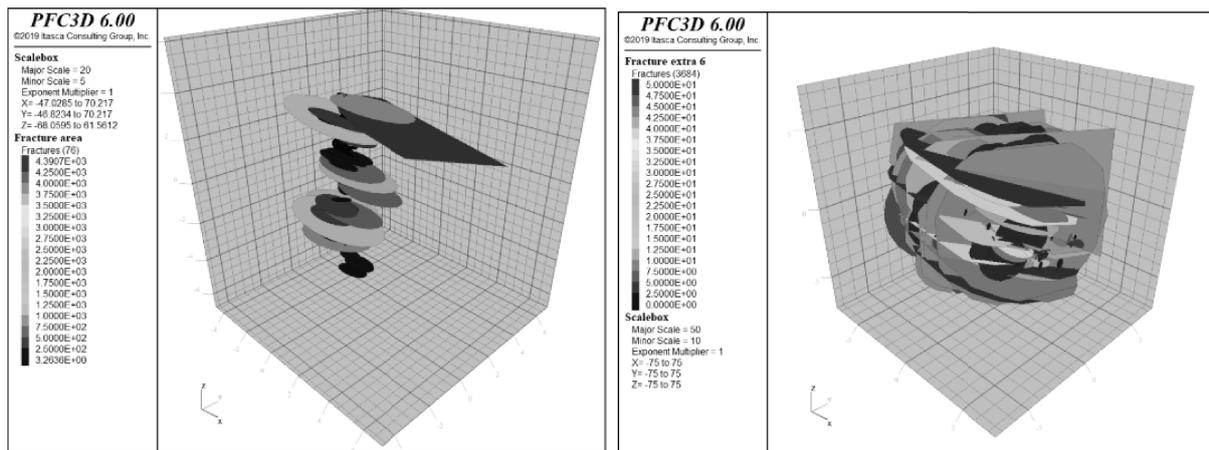
- *Densità*: si utilizza la notazione P_{ij} introdotta da Dershowitz et al. (1998) [5] per distinguere i vari parametri di densità coniugata, mediante l'interpretazione dei rilievi condotti con OPTV, rappresentando il numero totale di fratture per unità di volume P_{30} [L^{-3}], area P_{20} [L^{-2}], lunghezza P_{10} [L^{-1}].
- *Distribuzione dimensionale*: la distribuzione dimensionale delle fratture viene definita da una funzione di probabilità che descrive la distribuzione dei diametri dei dischi.
- *Posizione*: la posizione delle fratture viene definita da una funzione di probabilità che descrive un vettore nello spazio.
- *Orientazione*: l'orientazione è definita dall'angolo d'immersione e dall'inclinazione.

In questo esempio, si illustra come è possibile calibrare un modello DFN, partendo dall'intensità di fratturazione osservate 1D nei fori di sondaggio, per ottenere la previsione del modello 3D.



6. SX: stereogramma con tre set di fratture, utilizzato per la generazione del modello DFN; DX: posizione dei due fori di sondaggio (uno verticale e uno inclinato di 45°) nel dominio utilizzato per la generazione del modello DFN.

Il modello DFN è stato definito da una classica descrizione della fratturazione (vale a dire, diverse famiglie di fratture le cui rispettive densità sono definite dall'intensità apparente della frattura lungo i fori e le linee di scansione, dalla densità di massa o dal numero di fratture), utilizzando i quattro parametri descritti in precedenza.



7. SX: fratture che intersecano in foro di sondaggio verticale; DX: modello DFN semplificato e tarato in base ai valori di fratturazione nell'osservazione 1D dei fori di sondaggio.

6. CONCLUSIONI

La metodologia di indagine, presentata nell'articolo, è stata applicata con successo dallo staff dello Studio di Ingegneria Pandolfi di Carrara, in alcune cave di materiale lapideo italiane, greche e portoghesi.

La sonda ottica per sondaggi OBI40-2G ha permesso di indagare perforazioni sia verticali che orizzontali. Dalle carote virtuali ottenute si sono ricavate le caratteristiche delle discontinuità, i cambiamenti litologici e le varietà geologiche che le caratterizzano. Queste informazioni sono state utili per completare la classificazione degli ammassi rocciosi, e valutarne il grado di fratturazione.

Per tutti i siti di applicazione è stata effettuata la ricostruzione tridimensionale del modello geologico e merceologico, e le discontinuità rilevate sono state utilizzate per specifiche analisi numeriche agli Elementi Distinti.

I sopracitati modelli virtuali tridimensionali elaborati dallo Studio di Ingegneria Pandolfi, commercialmente prendono il nome di Materia[®] (modello tridimensionale contenente informazioni di carattere geologico e merceologico del giacimento), Structura[®] (modello geostrutturale tridimensionale dell'ammasso roccioso) e Mathematica[®] (modello numerico FDM "Finite Difference Method" o DEM "Distinct Element Method" della cava).

Questi sono inclusi nei nuovi paradigmi di consulenza avanzata nella progettazione, mappatura e valorizzazione nell'ambiente e paesaggio antropico della cava, in un legame "lean" e "Plan Do Check Act".

BIBLIOGRAFIA

1. Mont Sopris Instrument Co. Inc. (2015). Release note_OBI40-2G. www.montsopris.com, Denver 5p.
2. ALT Advanced Logic Technology (2017). WellCAD, The Universal Borehole Data Toolbox. www.alt.lu, Luxembourg 28 p.
3. Li S. J., Feng X.T., Wang C.Y., Hudson J.A. (2012). ISRM Suggested Method for Rock Fractures Observation Using a Borehole Digital Optical Televiewer. *The ISRM*

Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014. R. Ulusay (ed), 159-168.

4. Itasca (2019). PFC 6.0 documentation. www.itascacg.com/software/pfc
5. Dershowitz W.S., Lee G., Geier J., Foxford T., LaPointe P., Thomas A. (1998). FracMan interactive discrete feature data analysis, geometric modelling, and exploration simulation. *User documentation. Version 2.6, Golder Associates Inc., Seattle.*

CHARACTERIZATION OF ERODIBLE SURFACES WITH AN ENVIRONMENTAL WIND TUNNEL

Dentoni V., Grosso B., Massacci G., Pinna F.

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura,
Università degli Studi di Cagliari, Via Marengo 2, Cagliari, Italia

Abstract: The article illustrates the design and the main characteristics of the Environmental Wind Tunnel (EWT) recently built in the laboratories of Cagliari University (DICAAR). The aim of the EWT is the simulation of a part-depth Atmospheric Boundary Layer (ABL) and thus the reproduction of the wind flow over any type of surface. Experimental tests are currently being performed to analyse the correlation between the emission of dust from a variety of erodible samples and the influencing physical parameters (moisture content, percentage of silt, particles density and wind speed). The final aim of the ongoing research is the definition of reliable Emission Factors (EFs) to represent the contribution of tailing basins, mine dumps and stockpiles to the overall emission of particulate matter (PM) from industrial sites and open yards exposed to wind erosion (industrial wind erosion).

Keywords: dust emission; fugitive dust sources; industrial wind erosion, mine dumps, tailing basins, stockpiles.

1 Introduction

The emission of Particulate Matter (PM) from industrial sites derives from both conveyed and fugitive dust sources [1]. Typical examples of fugitive dust sources are working operations involving bulk material handling in open yards (loading, dumping and storing) and transportation along unpaved roads, as well as the wind action over the erodible surfaces of storage piles, mineral dumps and tailing basins (*industrial wind erosion*) [2].

While the emission flow from conveyed sources is relatively easy to estimate, the characterization of fugitive dust sources requires the knowledge of the specific working activity under exam (working cycle, duration of elementary phases, machinery characteristics, etc.), the physical properties of the emissive materials (humidity, silt content, density, grain size, etc.) and the specific anemological conditions of the geographic area. As regards *industrial wind erosion*, in particular, the emission of fine particles depends on the extent and orientation of the surfaces exposed to the wind action, the physical characteristics of the material composing those surfaces and the anemological conditions of the site. The variables that influence the erosion mechanism are numerous and of complex

evaluation, so that general emission models only interpret the main laws governing the phenomenon, while the most complex and detailed aspects are taken into account by using site-specific parameters [3].

In order to determine the relationships between the emission flows and the specific characteristics of the erodible surfaces under investigation, a laboratory equipment has been designed and manufactured at DICAAR, in Cagliari University, which includes an open circuit Environmental Wind Tunnel (EWT). The following paragraphs describe the DICAAR EWT and the experimental procedures currently being performed on erodible samples from a major tailing basins and from various industrial and mine sites.

2 Environmental wind tunnel studies

Laboratory tests aimed at investigating the emission of particulate matter (PM) from erodible surfaces by means of Environmental Wind Tunnels have been performed since 1941, when Bagnold studied the erosion of sandy surfaces and defined the correlation between the sand flow and the third power of the friction velocity [4]. The design of the DICAAR Wind Tunnel is based on an accurate review of consistent research studies carried out worldwide [5-11]. The literature review has been focused on open circuit suction type wind tunnels. In fact, open circuit tunnels are easier to design, require less space and lower construction costs. In addition, the power consumption for performing emission tests is minimal and the incremental capital cost for closing the circuit is not justified by the minor operating costs typical of closed-circuit wind tunnels [12-13]. In the suction type tunnel the fan is mounted at the end of the tunnel and pulls the air through the working section, so that the air entering the tunnel is undisturbed by the rotating fan and the negative pressure inside the tunnel keeps all removable doors and lids pressed against their intended positions [4].

Figure 1 shows the scheme of an open-circuit EWT [14], which is commonly composed of a Convergence section (CS), a Flow development section (FDS), a Test section (TS) and a final Drive section (DS).

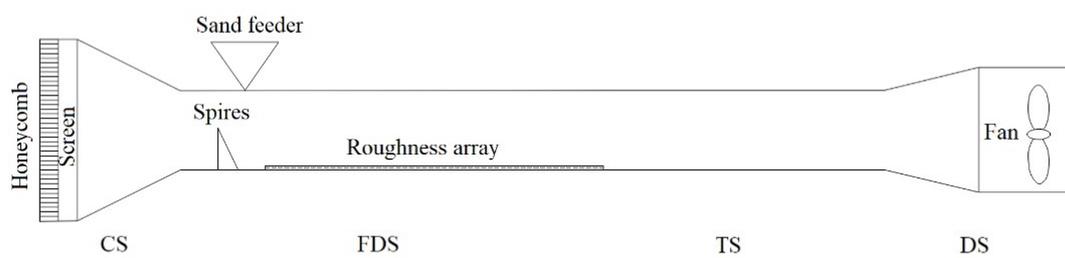


Figure 1. Schematic representation of an Environmental Wind Tunnel.

The *Convergence section* is meant to remove the disturbances from the ambient air and produce a uniform velocity profile. The contraction of the tunnel cross-section causes the acceleration and the alignment of the air entering the Flow development section and simultaneously reduces the turbulence [15-17]. A large contraction ratio is not essential when the turbulence reduction is not required or the experimental wind speeds are relatively low [13].

In order to reduce the ambient vortices, a honeycomb flow-straightener is frequently mounted at the tunnel entrance, followed by one or more wire mesh screens. The honeycomb flow-straightener is a grid of small tubes with hexagonal cross-section, arranged coaxially to the tunnel, which turn the flow parallel to the tunnel longitudinal axis and reduce the fluctuations along the vertical cross sections [16, 18]. The mesh screens are used to homogenize the velocity profile by reducing the longitudinal turbulence: the metal wires break larger eddies in a greater number of smaller vortices of the same size [12].

The *Flow development section* is required to generate the ABL before the Test Section, where the samples and the measurement instruments are placed. ABLs of different thickness can be reproduced by attaching to the floor of the Flow development section a combination of roughness arrays and spires. The surface roughness is simulated by means of basic geometric shapes, such as cubes or cylinders, or sandpaper sheets (in case of very low roughness). Spires consist of triangular flat plates facing the entering flow and equipped with a downwind splitter plate [19]; they are commonly used to accelerate the ABL rate of growth [12, 20]. When the effect of saltation needs to be taken into account, a sand feeder is also inserted at the entrance of the Flow development section to provide a flow of bouncing particles.

In the *Test section* the samples are placed along the floor in removable trays. The wind velocity and the dust concentration are measured in the Test section. The Flow development section and Test section define the tunnel Working section.

The tunnel final section is the *Drive section*, usually designed with divergent walls to induce flow deceleration and provide a continuous transition from a rectangular to a circular cross-section, which enables to install the fan at the tunnel end.

3 The DICAAR Wind Tunnel

The DICAAR Wind Tunnel depicted in Figure 2 includes a 1.5 m long *Convergence section*, a *Working section* (0,85 m high and 0.50 m wide), consisting of a *Flow development section* and a *Test section*, and finally a 2 m long Drive section, which houses a 5.5 kW axial fan.

A 1,50 m high and 0.80 m wide honeycomb flow straightener is placed at the tunnel entrance. The length to diameter ratio of the honeycomb cells is 8, enough to straighten the air flow and make it parallel to the tunnel longitudinal axis, according to the indications of Metha & Bradshaw [16] and Mathew et al. [18]. A wire mesh screen is inserted at the end of the CS to allow the reduction of the longitudinal turbulence.

The Flow development section length exceeds the minimum length suggested by White and Mounla [20], in order to develop the saltation's equilibrium state. At the entrance of the *FDS*, two triangular spires are attached to the tunnel floor to provide the acceleration of the ABL rate of growth. The spires characteristics were determined with reference to Irwin method [19]. In the 5 m long *FDS*, a real scale ABL is reproduced by means of sandpaper sheets with same surface roughness of the erodible samples to be tested. Sand particles are fed from a feeder mounted 0.25 m downstream of the *FDS* entrance.

In Test section a 50 cm long, 2 cm deep and 20 cm niche is provided to insert the aluminium tray containing the sample to be tested, so that the sample surface and the tunnel floor define a continuous horizontal plane. One side of the Test section is made of Plexiglas, the transparent panel can be side-opened to simplify the placement of the mud samples and the measurements instruments (dust monitor DustTrak and pitot tubes).

The tunnel final section (the Drive section) is designed with divergent walls to induce the flow deceleration and provide a continuous transition from the rectangular to the circular cross-section and thus enable the installation of the 5.5 kW axial ventilator. The picture in Figure 3 shows the tunnel from the final Drive Section.

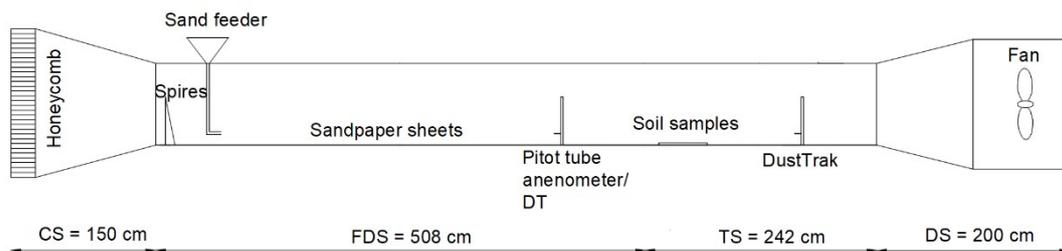


Figure 2. Schematic representation of the DICAAR EWT.



Figure 3. The DICAAR EWT.

3.1 Simulation of the required ABL

The simulation of the required ABL depends of two project parameters: δ (height of the boundary layer) and α (friction coefficient or Hellman exponent). The power-law wind profile (Equation 1), describes the mean vertical velocity profile to be reproduced before the tunnel test section:

$$u = u_{\delta} \left(\frac{z}{\delta} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

where where u is the wind mean speed at a given distance z from the tunnel floor, u_{δ} is the wind speed at $z=\delta$ and α is the friction coefficient.

According to Irwin indications, two triangular spires combined with the consistent roughness (to be reproduced along the *Flow Development Section*) enables the simulation of the required ABL.

With specific reference to the red mud surfaces, two spires 0.53 m high and 0.035 m wide were designed and manufactured assuming $\delta=40$ cm and $\alpha=0,10$ as project parameters (Figure 4). Anemometric measurements were performed on site, at two different heights from the basin surface, to estimate the friction coefficient in the power-law wind profile (Equation 1) by means of Equation 2:

$$\alpha = \frac{\ln(u_1) - \ln(u_2)}{\ln(z_1) - \ln(z_2)} \quad (2)$$

where u_1 and u_2 are the wind mean speeds measured at z_1 (2 m) and z_2 (7 m). The arithmetic mean of the friction coefficient (0,10), corresponding to a surface roughness (z_0) of 0,2 mm, has been assumed as project parameter. In order to simulate the required field roughness, the FDS was coated with an 80 grit size abrasive paper. The value $\delta=40$ cm was assigned to be about half the height of the Flow development section, according to the indications of Al Nehari et al. [17]. Figure 4 shows the Flow development section's entrance, with the two spires and the abrasive paper at the tunnel floor; both designed to reproduce the ABL over the red mud basin's surfaces.



Figure 4. Triangular spires installed at the entrance of the FDS.

3.2 Validation of the vertical wind profiles

A series of wind speed tests were performed in the tunnel Test section to verify the accuracy of the generated ABL. The measurements were performed for six different rotation velocity of the fan, along three vertical lines laying on the tunnel cross-section, just before the *Test Section* (before the sample to be tested). The mean values of the wind velocity measured along the three lines were found comparable, proving the transversal uniformity of the wind flow. The power-law wind profile described by Equation 1 was fitted to the experimental data, up to 40 cm from the tunnel floor. The results proved the DICAAR EWT to be capable of generating the required part-depth ABL, thus confirming the results obtained by Al Nehari et al. [17] and Lopes et al. [21]. The validation of the vertical wind profiles inside the tunnel is fully described in a previous article [14].

4 Experimental procedure

Emission tests are currently being performed on different samples of erodible materials from various industrial and mine sites within the Sardinian territory. Two types of PM sources are under

consideration: stockpiles of bulk material (surfaces with finite erosion potential) and tailing basins (surface with infinite erosion potential).

According to the experimental procedure, for each aggregate material under investigation the following preliminary actions must be carried out before starting the emission tests:

1. Tunnel set up (choice of appropriate spires size and tunnel floor roughness);
2. Quantification of the sample moisture content (oven-drying method for 24 h at 105°C);
3. Sieve analysis and definition of the sample Particle Size Distribution (PSD);
4. Definition of the material mineralogical composition;
5. Quantification of the particles density.

As mentioned before, the tunnel set up must be defined with reference to the specific roughness of the erodible surface under investigation (step 1). The samples to be tested must be first dried for 24 h at 105°C (step 2) to determine the moisture content by differential weighting (before and after drying) and then rewetted to the desired water contents [7]. Alternatively, the humidity reduction curves can be defined as a function of the time spent in the oven at 105°C (Figure 5). The sieve analysis (step 3) is performed according to the US-EPA procedure for the experimental estimation of the threshold shear velocity [2].

Once the preliminary steps are performed, the aggregate material is placed in the sample tray and its surface is accurately levelled. The tray containing the sample to be tested is finally inserted inside the niche, in the tunnel's Test section, so that the sample surface and the tunnel floor define a continuous plan of constant roughness. The PM concentration is measured at different heights with a DustTraks 8533 DRX laser photometer installed 1 m downwind from the sample (Figure 6).

The fan operating regimes and the corresponding flow velocity at 40 cm from the tunnel floor are reported in Table 1. The graph in Figure 7 represents mean wind profile for the experimental speed range under consideration.

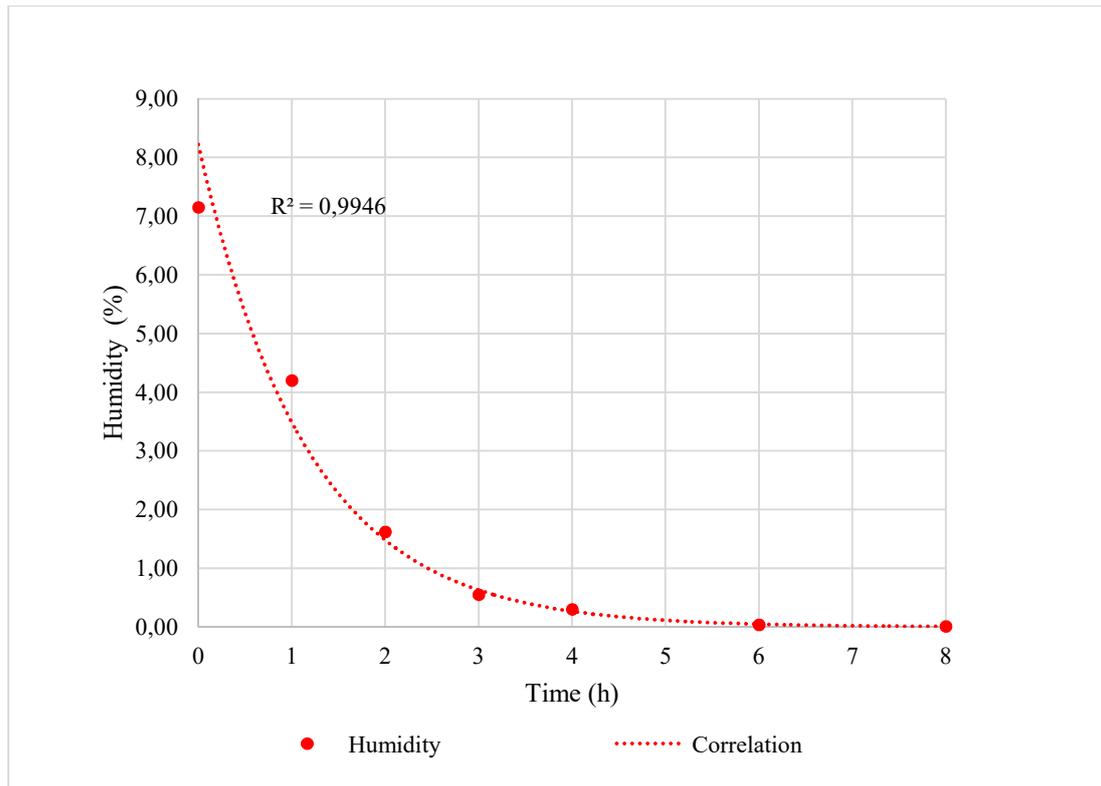


Figure 5. Humidity reduction curves vs time in the oven at 105°C.



(a)

(b)

Figure 6. Sample tray inserted in the tunnel niche (a) and dust detector device outside the tunnel (b).

Table 1: Fan operating regimes and the corresponding mean wind velocity at 40 cm.

Fan operating regimes (Hz)	Mean wind speed u_8 (m/s)
50	17,66
45	16,10
40	14,61
35	13,3
30	11,8
25	10,25
20	8,57
15	6,49

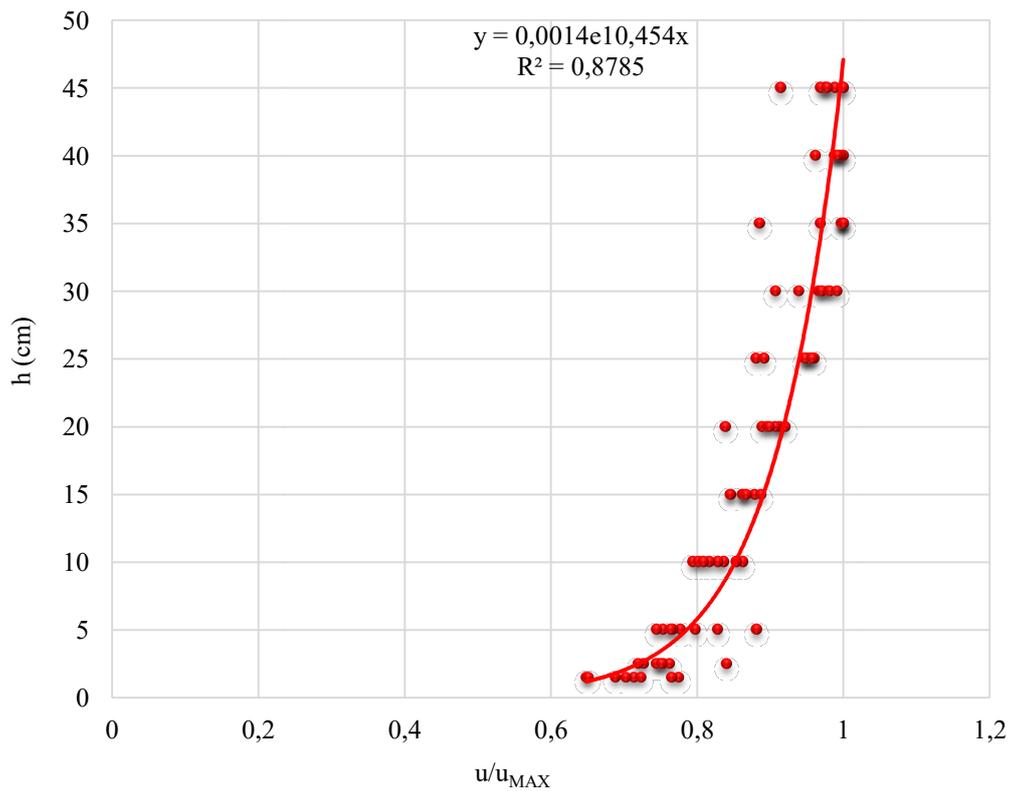


Figure 7. Mean wind profile for the experimental speed range.

For each material under investigation the emission test must be repeated at different heights, considering different values of the sample humidity and different fan velocities. Figure 8 represents a hypothetical representation of the experimental results for a single measurement point. The threshold velocities can be mathematically obtained for each experimental condition from the regression curves.

A further step will be the definition of the plume contour inside the tunnel and the measurement of the pairs *PM concentration-flow speed* in each point of a grid covering the plume cross-section. The pair values experimentally determined enable the calculation of the mass of dust emitted in the time unite and thus the Emission Factor (EF) of the tested sample in terms of mass emitted in the time and surface unite.

The erosion rates can be also calculated by weighing the sample before and after the test, in order to estimate the total mass of material removed from the sample surface.

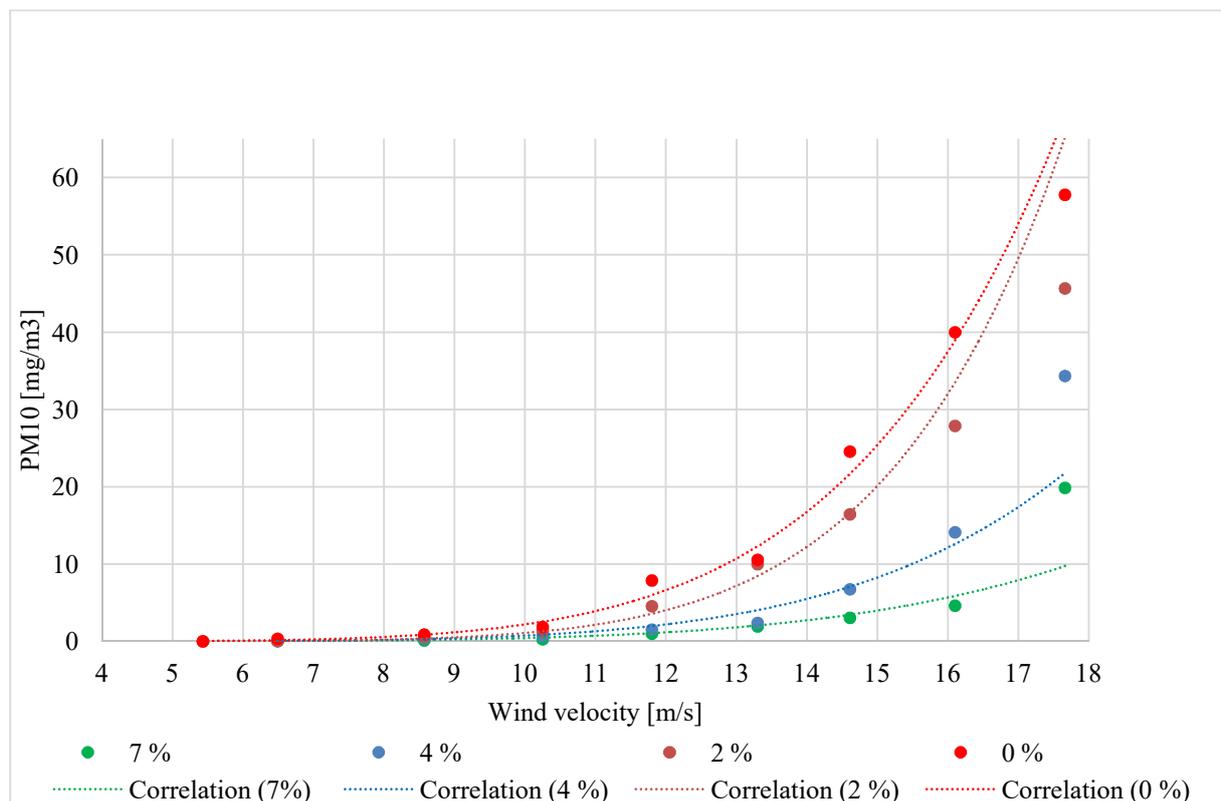


Figure 8. Correlation between PM10 concentration and wind speed different values moisture contents.

Conclusion

Environmental Impact Assessment (EIA) studies commonly implement air dispersion analysis to predict the atmospheric impact of conveyed and fugitive dust sources. The consistency of the impact prediction relies on the accuracy of the Emission Factors (EF) representing the dust sources under investigation.

Research studies are in progress in Cagliari University (DICAAR) to define site-specific Emission Factors (EFs) that could accurately represent the contribution of tailing basins, mine dumps and stockpiles to the overall PM emission from industrial sites and open yards exposed to wind erosion (industrial wind erosion).

The analysis of the erosion phenomenon requires the reproduction of the wind flow acting over the exposed erodible surfaces. To that aim, an Environmental Wind Tunnel (EWT) has been recently designed and built at DICAAR, which has proved to be capable of reproducing the required part-depth Atmospheric Boundary Layer (ABL).

Emission tests are currently being performed with the DICAAR EWT on a variety of samples from various industrial and mine sites located in Sardinia. Two types of PM sources are under consideration: stockpiles of bulk material and tailing basins.

For each sample of erodible material under investigation the humidity reduction curves are defined as a function of the drying process duration. For each value of the moisture content, the correlation between the PM10 concentration measured in the tunnel Test section and the wind velocity is analysed.

Further steps of the research include the calculation of Emission Factors (EF) for the types of material under exam, as well as the evaluation of the reduction measurements efficiency, with specific reference to the surfaces treatment with dust-binding substances.

Acknowledgement

Research carried out in the framework of projects conducted by CESA (Centre of excellence on environmental sustainability, Sardinia, Italy).

This work is part of the research project "RE-MINE - REstoration and remediation of abandoned MINE sites, funded by the Fondazione di Sardegna and Regional Sardinian Government (Grant CUP F72F16003160002).

Bibliography

1. Countess Environmental (2006). *WRAP Fugitive Dust Handbook*, final report for Western Governors' Association 1515 Cleveland Place, Suite 200 Denver, Colorado 80202.
2. USEPA (2006) *Compilation of Air Pollution Emission Factors*, AP-42, Section 13.2.5 – Industrial wind erosion. United States Environmental Protection Agency.
3. Dentoni, V., Grosso, B., Massacci, G., Cigagna, M., Levanti, C., Corda, C. and Pinna, F. (2019) "Industrial wind erosion: PM emission from the erodible flat surfaces of tailing basins", 18th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Santiago, Chile, Springer, pp. 15–27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99903-6_2.
4. Bagnold, R.A. (1941) *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*, Menhuen, London. ISBN 978-94-009-5684-1.
5. Gillette, D. (1978) "A wind tunnel simulation of the erosion of soil: Effect of soil texture, sandblasting, wind speed, and soil consolidation on dust production.", *Atmospheric Environ.*, Vol. 12 No. 12, pp. 1735-1743. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(78\)90322-0](https://doi.org/10.1016/0004-6981(78)90322-0).
6. Amante-Orozco, A. (2000) *Fine Particulate Matter Generation under Controlled Laboratory and Wind Tunnel Conditions*, PhD Dissertation, Texas Tech University, Lubbock, TX.
7. White, B.R. and Roney, J.A. (2000) *Simulation and Analysis of Factors Leading to High PM10 Emissions Fluxes at Owens Dry Lake Using an Environmental Wind Tunnel*, California Air Resources Board (CARB) Sacramento, California, University of California, Davis, CA.
8. Roney, J.A. and White, B.R. (2006) "Estimating fugitive dust emission rates using an environmental boundary layer wind tunnel", *Atmospheric Environment*, Vol. 40 No. 40, pp. 7668–7685.
9. McKenna Neuman, C., Boulton, J.W. and Sanderson, S. (2009) "Wind tunnel simulation of environmental controls on fugitive dust emissions from mine tailings", *Atmospheric Environment*, Vol. 43, pp. 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.011>.
10. Massey, J. (2013) *A Wind Tunnel Investigation to Examine the Role of Air Humidity in Controlling the Threshold Shear Velocity of a Surface and in Controlling the Mass Flux of Material from a Surface*, Master Thesis, Texas Tech University, Lubbock, TX.
11. Parajuli, S.P., Zobeck, T.M., Kocurek, G., Yang, Z.-L. and Stenchikov, G.L. (2016) "New insights into the wind-dust relationship in sandblasting and direct aerodynamic entrainment from wind tunnel experiments: DUST EMISSION STUDY USING A WIND TUNNEL", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 121 No. 4, pp. 1776–1792. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2006.00775.x>.
12. Van Dommelen, R. (2013) *Design of an Atmospheric Boundary Layer Wind Tunnel*, Master Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
13. Snyder, W.H. (1979) *The EPA Meteorological Wind Tunnel. Its Design, Construction, and Operating Characteristics*, U.S. EPA.
14. Dentoni V., Grosso B., Massacci G. and Pinna F. (2019) "Validation of a wind erosion model for tailings basins: Wind tunnel design and atmospheric boundary layer simulation", *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, <https://doi.org/10.1080/17480930.2019.1678226> (in print).
15. Mehta, R.D. (1979) "The aerodynamic design of blower tunnels with wide-angle diffusers", *Progress in Aerospace Sciences*, Vol. 18, pp. 59–120. [https://doi.org/10.1016/0376-0421\(77\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0376-0421(77)90003-3).
16. D. Mehta, R. and Bradshaw, P. (1979) "Design rules for small low speed wind tunnels. *Aeronaut J Aeronaut Soc*", *Aeronautical Journal -New Series-*, Vol. 83, pp. 443–449.
17. Al-Nehari, H.A., Abdel-Rahman, A.K. and El-Moneim, A. (2010) "Design and construction of a wind tunnel for environmental flow studies", p. 17.
18. Mathew, J., Bahr, C., Carroll, B., Sheplak, M. and Cattafesta, L. (2005) "Design, Fabrication, and Characterization of an Anechoic Wind Tunnel Facility", *11th AIAA/CEAS Aeroacoustics*

- Conference*, presented at the 11th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Monterey, California. <https://doi.org/10.2514/6.2005-3052>.
19. Irwin, H.P.A.H. (1981), "The design of spires for wind simulation", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 7 No. 3, pp. 361–366. [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(81\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0167-6105(81)90058-1).
 20. White, B.R. and Mounla, H. (1991) "An experimental study of Froude number effect on wind-tunnel saltation", *Aeolian Grain Transport 1*, Springer, Vienna, pp. 145–157. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6706-9_9.
 21. Lopes, M.F.P., Gomes, M.G. and Ferreira, J.G. (2008) "Simulation of the atmospheric boundary layer for model testing in a short wind tunnel", *Exp Tech*, 32, pp. 36–43.

TRATTAMENTO PER FLOTTAZIONE DEI RESIDUI MINERARI DI MONTEVECCHIO LEVANTE: SINTESI DEI RISULTATI

Manca P.P., Massacci G., Mercante C., Orrù G., Pintus D., Sogos G.

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università degli studi di Cagliari

ABSTRACT

The treatment for flotation of waste from the Montevecchio Levante tailings dam is discussed in this paper. The purpose is to obtain a definitive waste in compliance with the legal limits (CSC industrial sites) of the Italian Dlg 152/2006. The sample can be considered as mono-mineral. In fact, Zn, which is around 2%, is in the form of approximately 75% sphalerite and about 22% of carbonates. While, galena and chalcopyrite are less than 0.1% contained. The study required the execution of more than 150 flotation tests and the reconstruction of approximately 25 plant flow sheets. The following aspects have been studied: the possibility of obtaining a final waste complying CSC limits, the use of separate treatment plants for two distinct size fractions, the choice of the optimal grinding size, the choice of reagents and their concentration.

Keywords: tailings flotation, sphalerite flotation, reuse of mining waste

1. Premessa

Lo studio è parte della ricerca *Trattamento dei residui minero metallurgici per il recupero di specie utili e il riutilizzo degli scarti di processo* e rappresenta uno dei tre indirizzi del Progetto CESA, finanziato con i Fondi Piano Sulcis a cui partecipano, oltre all'Università di Cagliari, l'IGEA e la Regione Sardegna.

La ricerca è motivata dall'esigenza di individuare, attraverso lo studio dei materiali, nuovi utilizzi dei residui minerari per i quali le tradizionali tecnologie di bonifica non sono applicabili a causa dei loro costi unitari [1] e della volumetria complessiva dei materiali; benché la capacità di compromissione dei territori in cui essi ricadono ne renderebbe urgente l'applicazione. Il riutilizzo, invece, eliminerebbe alla fonte il problema, attivando un percorso virtuoso di economia circolare [2].

Il riutilizzo che qui viene proposto consiste nel ritrattamento degli scarti minerari per la produzione di un residuo finale, non più vincolato da limiti normativi, e un concentrato commerciale [3]. Tuttavia, né il ritrattamento, né ancor meno la flottazione (processo industriale con cui lo si effettua), rappresentano l'unica soluzione [4] per il riutilizzo del materiale, ma rappresentano il metodo più semplice, vista la natura dei materiali, prevalentemente residui di flottazione di solfuri misti di Pb e Zn, e l'elevata produttività tipica del processo [5]. Ma, benché questo sia il sistema più semplice, non deve essere considerato come l'unico possibile, né eventuali difficoltà nella sua applicazione devono indurre alla rinuncia dell'obiettivo che può essere raggiunto anche con altri sistemi; purché siano opportunamente approfondite le conoscenze sui materiali e sulle potenzialità di riuso. Peraltro, i nuovi materiali a cui oggi ricorre in misura crescente la tecnologia informatica sono in vario modo presenti nel corredo di minerali che affianca le specie utili tradizionali [6].

Tuttavia, questo campo non è stato ancora indagato perché più complesso di quello del Pb e dello Zn, sia per le metodologie di riconoscimento sia per le tecnologie di trattamento e recupero. Infine, poiché il riutilizzo è un problema sostanzialmente economico, nelle valutazioni complessive bisogna considerare anche il valore che acquistano le nuove aree dopo gli interventi di bonifica risolutivi proposti.

2. Materiali

Lo studio è stato effettuato su un campione di 25 kg di materiale prelevato dal bacino di decantazione degli sterili prodotti dall'impianto di trattamento mineralurgico denominato *Principe Tommaso (Montevecchio Levante)*. Le caratteristiche volumetriche e geochemiche del bacino sono descritte nel documento CESA sul censimento dello stato di contaminazione delle aree minerarie della Sardegna.

Il punto e la profondità di campionamento sono state scelte tenendo conto dei risultati del Piano di Caratterizzazione (PdC), redatto da IGEA SpA, ai sensi del Dlg 152/2006. Dall'esame dei dati risulta che la zona intorno al sondaggio IGEA SDBF_07 alla profondità tra 1 e 9m dal piano campagna può essere assunta come mediamente rappresentativa delle concentrazioni di Zn e Pb presenti nel bacino. Il sondaggio (profondità massima=20.80m, falda a 13m da pc) è ubicato nella parte Sud della spianata inferiore ed ha coordinate WGS84 39.557.963N, 8.586.827E. Il campionamento è avvenuto in data 16 febbraio 2018 alla profondità di 1.70m (sopra falda) ed è stato effettuato con escavatore dal personale IGEA. Ubicazione e fasi di campionamento sono illustrate in Figura 1.

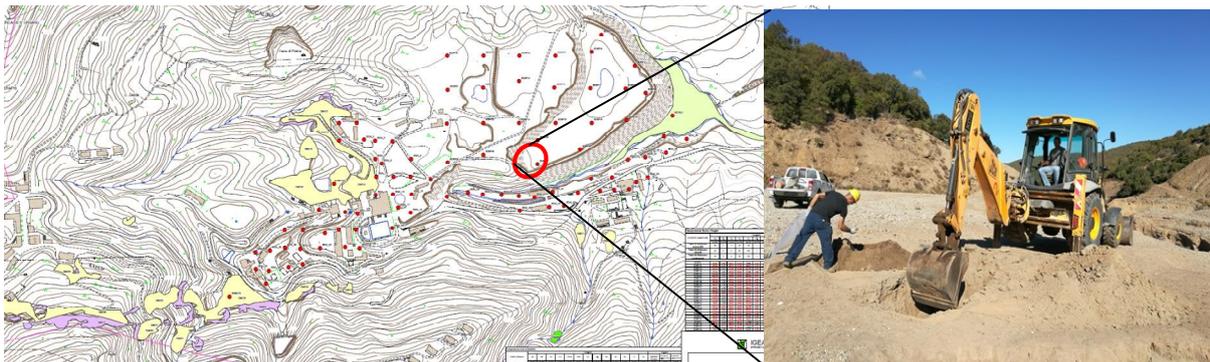


Figura 1 - Ubicazione e fasi di prelievo del campione SDBF_07 dal bacino Montevecchio Levante

2.1 Caratteristiche del Bacino Fanghi e del Sondaggio SDBF_07

Il cosiddetto Bacino Fanghi è stato indagato ai fini del Piano di Caratterizzazione, per la componente solidi, con l'esecuzione di 26 sondaggi e il prelievo di 128 campioni di suolo, sui quali sono state eseguite le analisi chimiche per la determinazione dei 18 analiti inorganici e di 56 composti organici della Tabella 1, Parte IV, Allegato 5, D.lgs. 152/06. Sono stati determinati, inoltre: pH, Carbonio totale e organico, Al, Mn, Zolfo totale, solfati, solfuri e Ferro totale.

I superamenti delle CSC (siti industriali) degli inorganici, nell'intero bacino, sono stati riscontrati solo per gli elementi Sb, As, Cd, Pb e Zn. In riferimento a questi analiti, i risultati delle analisi chimiche IGEA sui campioni prelevati dai testimoni del sondaggio SDBF_07 sono riportati negli istogrammi di Figura 2 in funzione della profondità dal pc (i valori non sono equispaziati ma seguono i criteri di prelievo della 152/06).

In particolare, nell'istogramma di sinistra è riportato il valore del rapporto tra la concentrazione misurata e la corrispondente CSC. I valori inferiori all'unità evidenziano

concentrazioni sotto le CSC, i valori superiori indicano invece il loro superamento, ciò avviene principalmente per Zn e Cd e, in misura minore, per Sb e As. La concentrazione di Zn è massima per i campioni prelevati in corrispondenza delle quote 3 e 9m. La falda è stata rilevata alla profondità di 13m da pc.

L'istogramma a destra in Figura 2 indica il valore numerico in mg/kg delle maggiori concentrazioni (in assoluto) rilevate, quelle dei tre analiti Ferro totale, Zinco e Piombo.

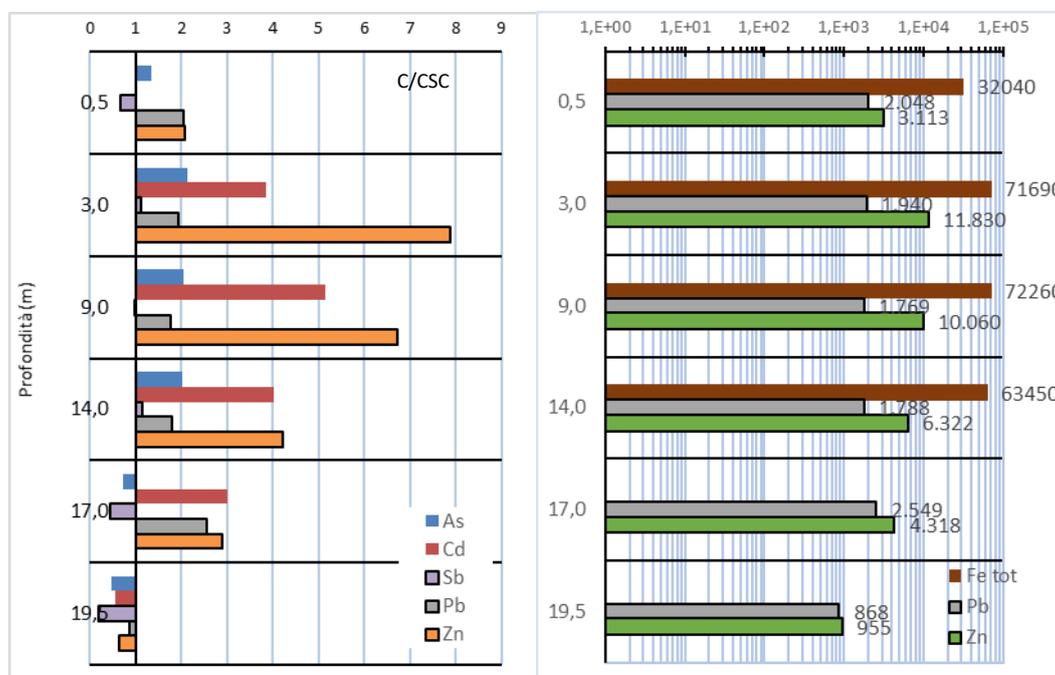


Figura 2 – Dati geochimici del sondaggio SDBF_07; superamenti CSC e valori di Fe tot, Zn e Pb in mg/kg

2.2 Caratteristiche del campione SDBF_07

Sul campione prelevato (con ID dello stesso sondaggio), definito *Tal Quale*, sono state eseguite preliminarmente le seguenti analisi di caratterizzazione.

Tabella 1 -Analisi granulometrica del campione Tal Quale

Limiti delle classi (mm)	TRATTENUTO			PASSANTE
	(g)	(%)	cumulato (%)	cumulato (%)
0.700	0.00	0	0	100.00
0.700	368.77	9.95	9.95	90.05
0.500	255.00	6.88	16.83	83.17
0.420	359.27	9.69	26.52	73.48
0.355	369.27	9.96	36.48	63.52
0.300	478.90	12.92	49.40	50.60
0.250	915.41	24.70	74.10	25.90
0.150	611.92	16.51	90.61	9.39
	348.09	9.39	100	0.00
TOTALE		3706.63		

Composizione granulometrica (vedi Tabella 1); concentrazione dei composti maggiori (vedi Tabella 2); concentrazione dei minori distinti per classe granulometrica (vedi Tabella 3) e diffrattogrammi distinti per le quattro classi granulometriche +250 μ m; -250 μ m +150 μ m; -150 μ m +75 μ m e -75 μ m (vedi Figura 3). L'istogramma di Figura 4 riporta la distribuzione

delle unità metalliche di Zn (pari a 69.76g) e Pb (pari a 3.63g) calcolate su un campione di 3706g e distinte per le otto classi granulometriche considerate.

Sui dati riportati si possono fare le seguenti considerazioni:

- La classe granulometrica con maggior peso (24.70%) è quella compresa tra 250µm e 150 µm; i fini sotto i 75µm rappresentano circa il 10% del totale.

Tabella 2 – Analisi dei maggiori

Composto	W%	Composto	W%
Al ₂ O ₃	5.47	K ₂ O	1.38
Fe ₂ O ₃	10.72	Na ₂ O	0.14
MnO	0.50	TiO ₂	0.24
MgO	0.56	P ₂ O ₅	0.07
CaO	0.72	SiO ₂	74.15
		LOI	5.03
TOTALE			98.97

Tabella 3 – Analisi dei minori (mg/kg) distinti per classi granulometriche

Classi µm	Sb	As	Ag	Cd	Fe	Pb	Cu	Zn	Peso (g)
> 500	<10	51	1.3	78	33,551	767	70	9,674	369
500-420	<10	65	1.3	63	27,381	450	67	7,781	255
420-355	<10	57	1.6	78	35,701	556	71	9,652	359
355-300	<10	63	2.6	96	44,575	701	65	12,601	369
300-250	<10	57	3.4	155	66,809	823	171	18,549	479
250-150	<10	72	5.0	140	92,242	1010	116	25,821	915
150-75	<10	148	7.4	155	109,807	1245	195	24,767	612
< 75	<10	235	7.0	177	102,397	1981	208	24,190	348
Totale pesi (g)									3,707
Tal quale	<10	93	4.1	126	72,279	978	127	18,822	3,706
CSC	Colonna A	10	20	2		100	120	150	
	Colonna B	30	50	15		1000	600	1500	

NB: i valori in rosso indicano il superamento della CSC di riferimento

- Il D80 del Tal Quale è pari a 0.41mm.
- I superamenti delle CSC sono stati registrati per gli analiti Zn, Cd e As, su tutte le classi granulometriche, per il Pb sulle classi sotto i 250 µm.
- Le maggiori concentrazioni in termini di unità metalliche per il Pb e lo Zn sono state registrate nella classe compresa tra 250µm e 150 µm.
- Le concentrazioni medie pesate sul campione Tal Quale sono risultate pari a: 1.88% in Zn e 0.07% in Pb (CSC corrispondenti: 0.15% per lo Zn e 0.10% per il Pb).
- I diffrattogrammi evidenziano la presenza di Quarzo, Siderite, Muscovite, Gesso, Goethite e Sferite e ciò secondo proporzioni diverse nelle quattro frazioni granulometriche in cui il campione Tal Quale è stato suddiviso (vedi Figure 3 e 4). In particolare, la presenza di sferite è massima nella classe >250µm e decresce progressivamente; la Goethite (idrossido di Fe con piccole quantità di Mn, Fe⁺³O(OH)) è presente nella classe <75µm (in accordo con i dati di Tabella 3). La ripartizione della

sfalerite evidenziata dall'analisi XRD, in apparente contrasto con quanto si evidenzia dall'analisi dello Zn (vedi Tabella 3 e Figura 4), è giustificata dal fatto che nelle frazioni >250µm lo Zn è presente come solfuro (sfalerite), nelle frazioni <250µm come ossidati e carbonati. Di questa osservazione si è tenuto conto nello sviluppo del Piano Sperimentale (ipotesi di trattamenti differenziati delle due frazioni).

- I risultati dell'analisi mineralogica sono in accordo con i dati di letteratura [7] sulle mineralizzazioni presenti nei filoni di Montevecchio, fra le quali prevalgono quelle di solfuro di Zn rispetto a solfuro di Pb e sono presenti minori proporzioni di forme ossidate di Zn e Pb (calamina o emimorfite, $Zn_4[(OH)_2Si_2O_7] \cdot nH_2O$; PbO) e carbonatiche (smithsonite, $ZnCO_3$; Cerussite $PbCO_3$). Fra le componenti del Bacino Fanghi sono presenti anche forme di ossidazione secondaria (l'ossidazione della galena è più rapida di quella della blenda), ma non ancora evidenziate nello studio.

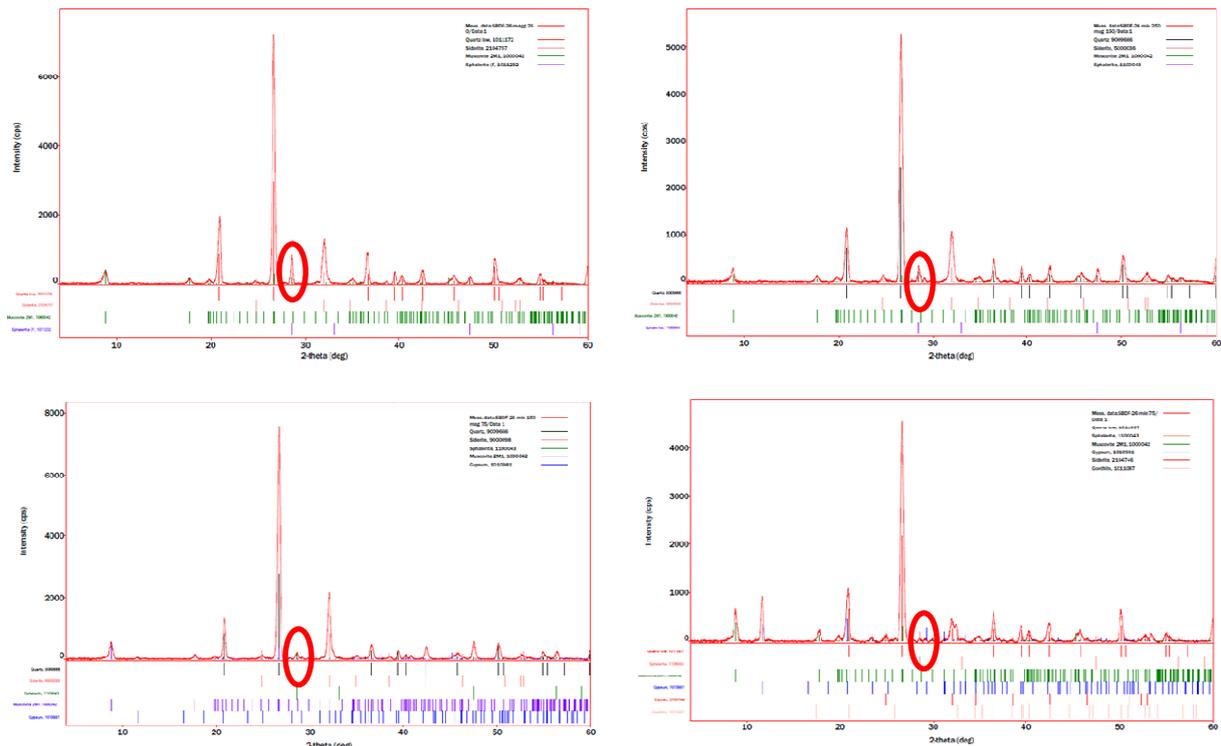


Figura 3 – Picchi della sfalerite negli XRD delle 4 classi granulometriche

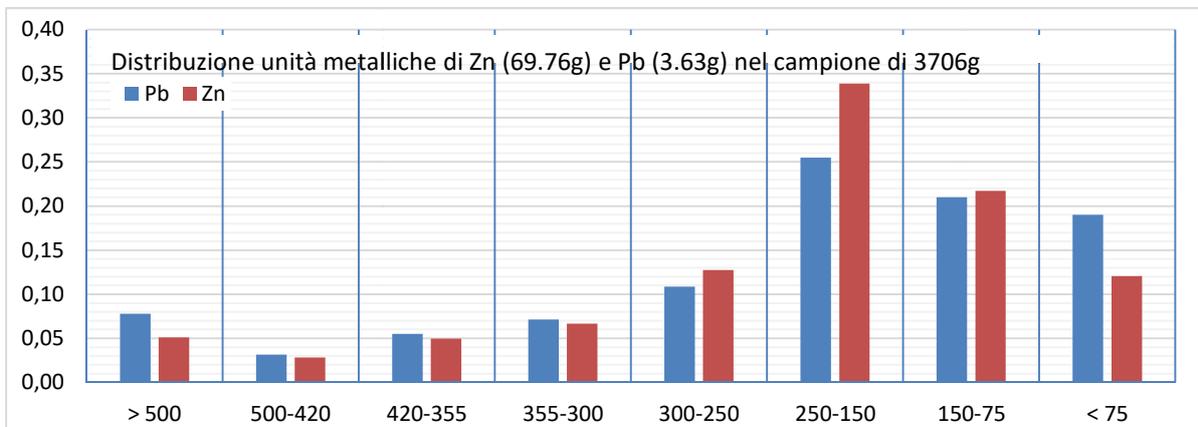


Figura 4 - Distribuzione delle Unità Metalliche fra le diverse classi granulometriche (µm)

3. Metodi

Nella sperimentazione si è proceduto ricostruendo, con prove in batch, un circuito di flottazione che risponde allo schema riportato in Figura 5. Si riconoscono le sezioni fondamentali (evidenziate con diverso colore); macinazione, flottazione solfuri e ossidati; ciascuna composta di sgrossatura, rilavaggi ed esaurimento. Nella sperimentazione i rilavaggi e le flottazioni esaurimento vengono ripetute un numero differente di volte in ragione degli specifici obiettivi (concentrazioni in Zn nel concentrato solfuri e nel rifiuto definitivo).

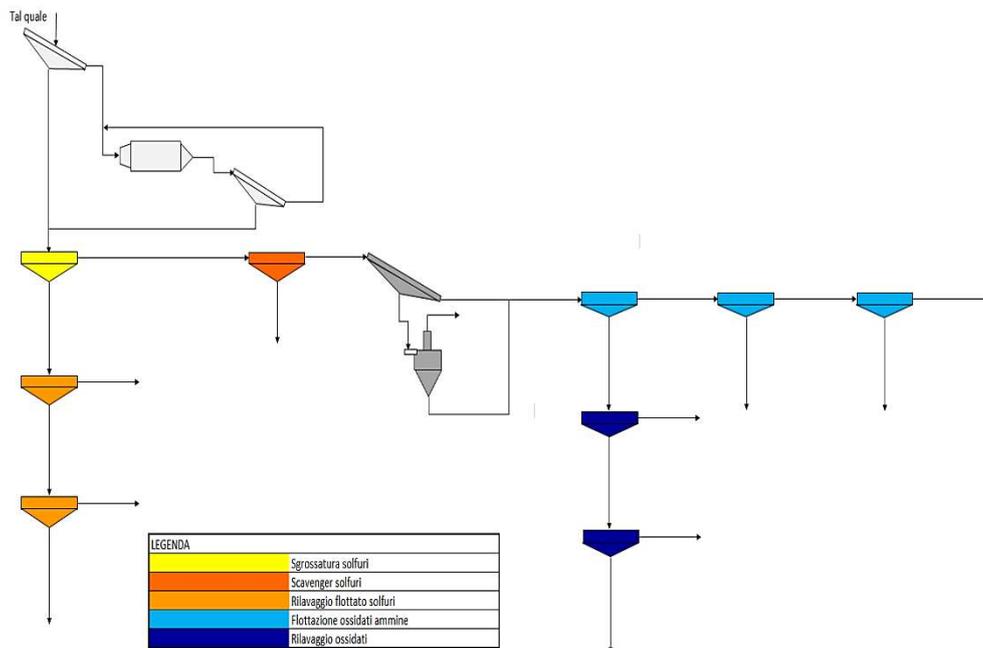


Figura 5 – Flowsheet dei test di flottazione.

3.1 Strumentazione

L'attività di laboratorio si è svolta utilizzando la strumentazione di seguito descritta seguendo, nell'ordine: macinazione, flottazione, preparazione dei campioni dei prodotti ottenuti e analisi chimiche strumentali.

La macinazione, effettuata per aumentare il grado di liberazione ed esporre nuove superfici non alterate da processi di ossidazione, è stata effettuata in mulino a barre alimentato con un'alta carica circolante e per un tempo di macinazione di soli 2 minuti; ciò per ridurre la produzione di fini che costituiscono ostacolo nella flottazione ossidati. La verifica dimensionale (in circuito chiuso) è stata effettuata mediante vagliatura con vaglio vibrante meccanico *Rotap Stein et Roubaix* (frequenza di vibrazione tra 700 e 3500 giri/min).

Le prove di flottazione sono state eseguite su una cella del tipo *Denver free-flow* da 1.5 dm³, alimentata con 500 g di solido, quindi in rapporto solido/liquido 1:3. L'aria è alimentata in pressione e il livello della torbida è controllato da uno stramazzo. Per la flottazione della sfalerite si sono utilizzati collettori anionici (xantati), precedentemente attivati mediante ioni Cu⁺⁺ [8] [9]. Le analisi mineralogiche e chimiche eseguite sulle singole trincee granulometriche indicano la presenza di minerali ossidati di zinco sui quali la letteratura dimostra l'efficacia di collettori cationici (ammine) quale tecnica di recupero più efficace

[12], preceduta da attivazione utilizzando solfuro di sodio [10]. Le fasi di sgrossatura ed esaurimento delle varie prove hanno avuto durata di circa 4 minuti ciascuna in entrambi i circuiti (solfuri ed ossidati).

Da ciascun prodotto sono stati prelevati 3 campioni rappresentativi (0.5g), la cui preparazione ha comportato: la finalizzazione (in pestello) e il processo di digestione acida (in mineralizzatore a microonde). Il metodo di digestione adottato è quello proposto dall'Environmental Protection Agency (US-EPA 3052). Sulle soluzioni ottenute si sono lette le concentrazioni di Zn, Pb, As, Cd, Sb, Fe, Cu e Ag mediante spettrometro ottico ICP/OES (PerkinElmer 7000 Optima). Il dato utilizzato corrisponde alla media delle tre determinazioni/campione effettuate.

3.2 Reattivi utilizzati

Con maggior dettaglio i reattivi utilizzati sono riportati in Tabella 4, distinguendo tra: prodotti, concentrazioni, sezione d'impianto, funzione svolta e sigla d'identificazione delle prove svolte.

Tabella 4 – Quadro di sintesi dei reattivi utilizzati

Prodotti	Concentrazioni	Sezioni impianto	Ruoli	ID_Test	
CuSO ₄	400 g/t	Sulphides Rougher, Scavenger and Cleaner	Sphalerite Activator	All	-
Na Isopropil xanthate	100 g/t		Sphalerite Collector	All	-
Dowfroth 1015	100 g/t		Frother	All	-
Na ₂ SiO ₃	2000 g/t	Oxides Rougher (primary and secondary), and Cleaner	Gangue Depressant	All	-
Na ₂ S	4000 g/t		Oxides Zn Activator and pH controller	All	-
Amine MFA-15	100 – 200 g/t		Oxides Zn Collector	-	All except A – D – B2
Na Isopropil xanthate	20 - 45 g/t		Oxides Zn Collector	-	E – F – G – H1 – H2 – H3 – H4 – α
Flotigam SA	100 – 300 g/t		Oxides Zn Collector	-	A – D - B2
Oleina	20 – 250 g/t	Oxides Scavenger	Oxides Collector	-	7 – H3 – H4 - α
Flotisor SM15	20 - 200 g/t			-	7 – C – F – G – H3 – H4 - αβ

In tutte le prove eseguite le fasi di sgrossatura, rilavaggio ed esaurimento del circuito solfuri sono state eseguite utilizzando gli stessi reattivi; le differenze sono state introdotte nel circuito ossidati, in particolare nelle fasi di esaurimento ripetute (Re-scavenger).

3.3 Piano sperimentale

Lo studio ha richiesto l'esecuzione di più di 150 prove di flottazione e la ricostruzione di circa 25 flowsheet d'impianto. Ogni prova ha determinato due prodotti (*Froth* e *Tail*), su ogni campione prelevato sono state determinate (in triplo) le concentrazioni di 8 analiti. Le prove sono state condotte presso i Laboratori del DICAAR (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambiente e Architettura della Facoltà d'Ingegneria di Cagliari).

Il Piano sperimentale è riassunto nelle tre Tabelle 5, 6 e 7 le cui righe raggruppano le operazioni di cui si compone ciascun flowsheet ricostruito dalle prove in batch di laboratorio. Sono stati eseguiti complessivamente 36 gruppi di prove distinte in tre serie, di cui la prima (Tabella 5) ne comprende 22 (la prova 4 è ripetuta), la seconda 10 (vedi Tabella 6), la terza 4 (vedi Tabella 7). Le tre serie si distinguono perché le prime sono riferibili a flowsheet che non comprendono ricircolo di prodotti; quelle di Tabella 6 includono nel *circuito ossidati* il ricircolo (secondo diverse possibilità) del flottato ottenuto dopo la sgrossatura (vedi esempio schematico di ricircolo di Figura 6); le quattro serie di Tabella 7 si riferiscono a prove con ripetizione della flottazione *Esaurimento Ossidati* 2, 4 o 6 volte (per confronto di cinetiche di flottazione con diversi dosaggi di reattivi).

Le tre Tabelle sono strutturate in modo identico e riportano le 5 possibili fasi del processo di trattamento: (i) differenziazione dimensionale (o taglio granulometrico); (ii) macinazione; (iii) flottazione solfuri; (iv) slimatura; (v) flottazione ossidati. In dettaglio: I tagli granulometrici (eventuali) e le macinazioni sono stati riferiti alle dimensioni 250µm, 150µm e 75µm. Le due sezioni di flottazione contengono le classiche fasi di sgrossatura (*Rougher*), esaurimento (*Scavenger*) e rilavaggio (*Cleaner*), ciascuna composta da un numero di flottazioni variabili.

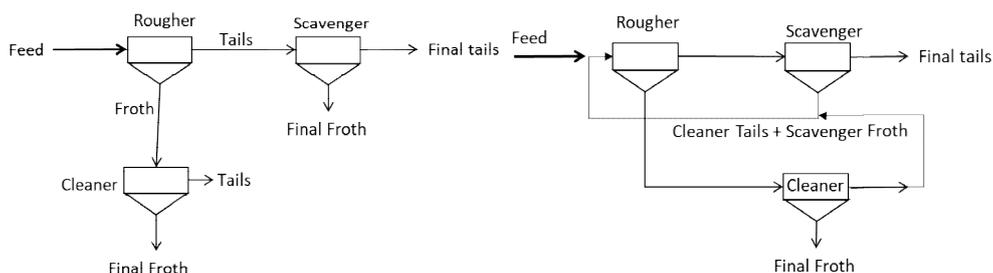


Figura 6 – Schemi di flottazione senza (sinistra) e con ricircolo (destra)

Tabella 5 – Piano sperimentale prove in batch senza ricircolo flottati

ID_TEST	Taglio granulometrico				Macinazione			Flottazione solfuri				Slimatura		Flottazione ossidati							
	Tal Quale	Tal Quale >75µm	250µm		250µm	150µm	75µm	Sgrossatura	Esaurimento	Rilavaggi flottati				Vaglio 20µm	Ciclone d50-3µm	sgrossatura			Rilavaggio Flottato		
			>250µm	<250µm						1	2	3	4			1	2	3	1	2	3
			>150µm	>150µm																	
1																					
2																					
B2																					

proponendo flowsheet parziali e trasferendo i singoli risultati ad un'ipotesi di processo completo di sintesi.

Gli obiettivi a cui la ricerca ha voluto dare risposta sono stati i seguenti:

- Possibilità di ottenere un rifiuto finale nel quale le concentrazioni degli analiti (in ordine di concentrazioni decrescenti) Zn, Pb, As, Cd e Sb sono inferiori alle CSC siti industriali.
- Possibilità di ottenere un concentrato solfuri con circa 50% in Zn (abituali tenori delle blende negli impianti metallurgici Waelz) e determinare il numero di rilavaggi necessari.
- Necessità di procedere alla slimatura prima della flottazione ossidati.
- Vantaggi conseguibili da circuiti separati per dimensioni granulometriche.
- Vantaggi conseguibili dalle macinazioni alternative a 250 μ m, 150 μ m o 75 μ m; ovvero determinazione del d80 ottimale.
- Scelta e dosaggio reagenti nella sezione ossidati.

3.5 Tagli granulometrici e macinazioni

Per 9 gruppi di test le alimentazioni sono state sottoposte a una separazione dimensionale (a 250 μ m o a 150 μ m) per verificare la possibilità di sfruttare al meglio la differenziazione in unità metalliche tra le frazioni grossolana e fina.

Tabella 8 – Analisi granulometriche del Tal Quale e dopo macinazioni (dimensioni in μ m)

Composizione granulometrica delle alimentazioni dopo taglio dimensionale e macinazione												
Taglio Granulometrico	Tal Quale	Tal Quale +75 μ m	+250 μ m	-250 μ m	+250 μ m	-250 μ m	+150 μ m	-150 μ m	+150 μ m	-150 μ m	+150 μ m	-150 μ m
Macinazione	---	-150 μ m	-250 μ m		-150 μ m	-150 μ m	-75 μ m	-75 μ m	-150 μ m		-150 μ m	-75 μ m
Dimensione (mm)	Pesi cumulati delle frazioni passanti											
0.70	1.0											
0.50	0.9											
0.42	0.8											
0.36	0.7											
0.30	0.6											
0.25	0.5		1.00									
0.15	0.3	1.00	0.50		1	1			1		1	
0.09	0.1	0.39	0.26		0.546	0.441			0.445		0.508	
0.08	0.1	0.19	0.21		0.459	0.31	1	1	0.251		0.331	1
0.05		0.14	0.12		0.303	0.197	0.556	0.441	0.181		0.221	0.441
0.02		0.06	0.06		0.167	0.093	0.3	0.206	0.081		0.126	0.206
D80 (mm)	0.41	0.13	0.21		0.13	0.13	0.06	0.07	0.13		0.13	0.07
ID_Test	-	H1, H2, H3, H4	1 - 2 - B2		3 - 7	4	5a - 5b	6a - 6b	A - B - C - D e E1, E2, α 1,		F	G

Inoltre, tutte le alimentazioni (con o senza taglio granulometrico) sono state sottoposte a macinazione secondo una delle tre dimensioni di riferimento 250 μ m, 150 μ m o 75 μ m. Infine, tutte le alimentazioni sono state sottoposte ad analisi granulometrica. I risultati ottenuti, che rappresentano le fasi di preparazione delle alimentazioni di ciascun gruppo di prove, sono

raccolti nella Tabella 8 e riferiti alle composizioni dimensionali (11 classi). Ad ogni colonna corrisponde un taglio granulometrico, una macinazione e una composizione granulometrica. Le ultime due righe della Tabella riportano, per ogni colonna, i valori del D80 e il codice d'identificazione delle prove eseguite.

Un esempio di lettura della Tabella 8 è il seguente: per il gruppo di prove ID=Hi si è utilizzato un campione ottenuto eliminando dal *Tal Quale* la frazione <75µm, macinata a 150 µm la cui composizione granulometrica determina un D80=0.13mm.

4. Risultati

I risultati ottenuti vengono discussi in modo sintetico per singolo obiettivo sperimentale.

4.1 Concentrazioni nel rifiuto finale

La possibilità di ottenere un rifiuto finale conforme alle CSC metalli pesanti è stata affrontata con l'esecuzione dei seguenti 11 gruppi di prove: E1, E2, H1, H2, αβ, C, F, G, B, Y e δ. I risultati finali ottenuti sono rappresentati negli istogrammi di Figura 7 in termini di concentrazioni in Zn e unità metalliche (g) nel rifiuto finale.

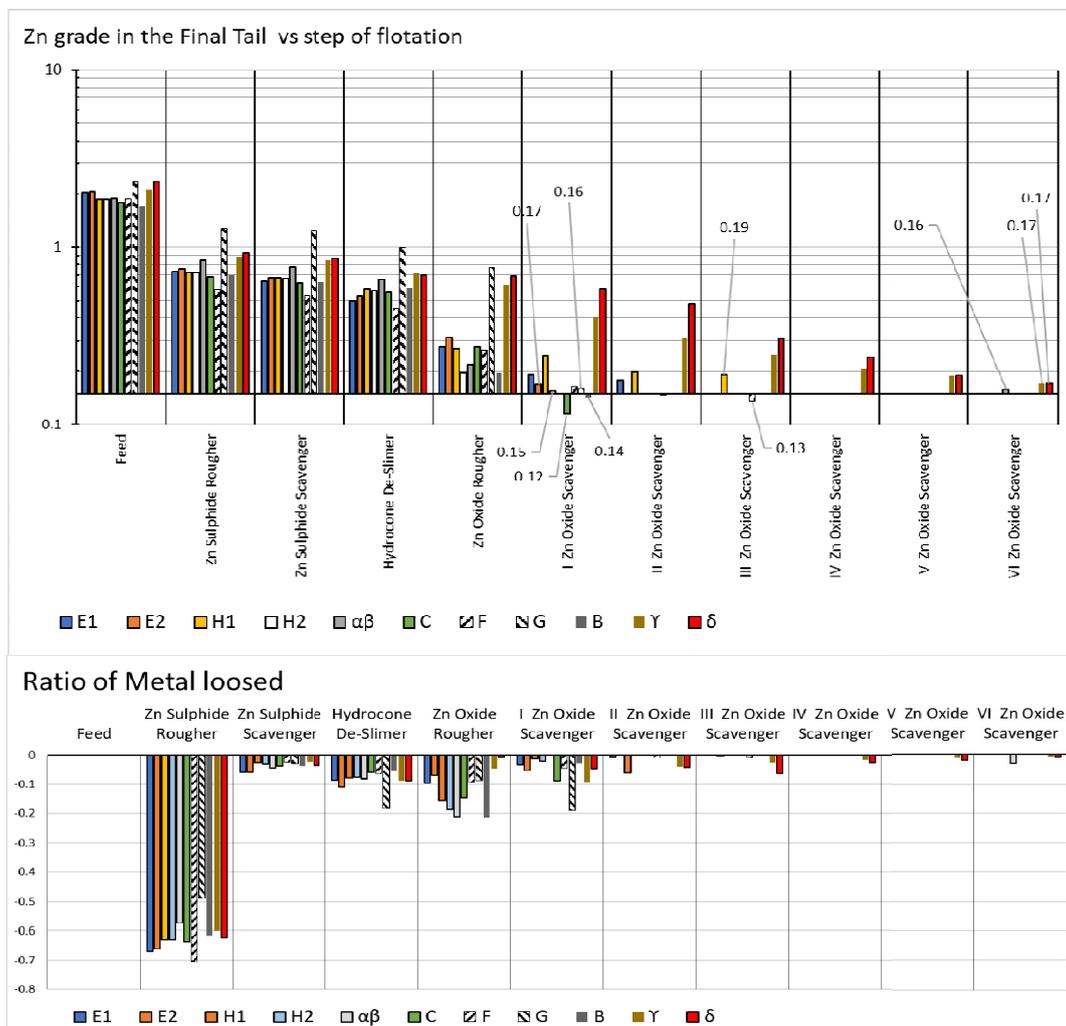


Figura 7 – Istogrammi delle concentrazioni in Zn e unità metalliche nel rifiuto finale per 11 gruppi di prove

Nell'istogramma dei tenori l'incrocio degli assi è posto in corrispondenza di $Zn = 0.15$ in modo tale da discriminare, anche visivamente, in quali casi è stato ottenuto il risultato atteso (sotto le CSC). Dall'esame degli istogrammi si evidenzia quanto segue:

- La concentrazione in Zn nel rifiuto finale minore o uguale a 0.15% è stata conseguita o si è dimostrata conseguibile (dall'osservazione della cinetica).
- La riduzione più forte, sia in termini di concentrazione in Zn sia in unità metalliche, avviene nella *Sgrossatura Solfuri* e nella *Sgrossatura Ossidati*.
- Il raggiungimento del limite CSC è condizionato dalle modalità con cui si svolge la flottazione di *I Scavenger* (dosaggio reattivi) più che dalla reiterazione del processo (a parità di massa totale di reattivi utilizzati).
- La flottazione *Scavenger nel circuito solfuri* determina effetti trascurabili (il rendimento di flottazione supera raramente il 10%); mentre, la slimatura riduce sensibilmente la concentrazione e le unità metalliche dello Zn nell'Under (generando talvolta un'eccessiva riduzione della massa).
- Raggiungono valori ≤ 0.15 % Zn i gruppi di prove H2, C e B dopo la *I flottazione Scavenger*; il gruppo F dopo la *III flottazione Scavenger*. Gli altri 7 gruppi raggiungono i seguenti valori in corrispondenze del numero di *flottazioni Scavenger* indicati come segue: $\alpha\beta$ Zn=0.16% *Scavenger I*; H1 Zn=0.19% *Scavenger III*; E1 Zn=0.18% *Scavenger II*; E1 Zn=0.17% *Scavenger I*; G Zn=0.16% *Scavenger I*; γ e δ Zn=0.17% *Scavenger VI*. I risultati ottenuti in questi sette gruppi indicano l'esigenza di svolgere un'ulteriore flottazione (incremento del numero) o/e aumentare le concentrazioni di reattivi (ammina), anche dalla *Sgrossatura*.

4.2 Effetti di taglio granulometrico e dimensione di macinazione

L'analisi è svolta mettendo a confronto tutti i 22 gruppi di prove effettuate ed utilizzando come parametro di giudizio l'efficienza (o inefficienza) complessiva delle due flottazioni *Sgrossatura* ed *Esaurimento del circuito solfuri*.

Tabella 9 – Inefficienze circuito solfuri calcolate tra Alimentazione e Sgrossatura+Esaurimento

ID	Dimensione di taglio	Dimensione di macinazione	η_{Zn}	ID	Dimensione di taglio	Dimensione di macinazione	η_{Zn}
1	TQ	250	0.406	3	+250	150	0.354
2	TQ	250	0.373	4	-250	150	0.388
B2	TQ	250	0.349	3 - 4			0.377
$\alpha\beta$	TQ	150	0.381	7	+250	150	0.363
γ	TQ	150	0.376	4	-250	150	0.388
δ	TQ	150	0.343	7 - 4			0.380
E1	TQ	150	0.330	F	+150	150	0.267
E2	TQ	150	0.337	G	-150	75	0.484
E1+E2	TQ	150	0.333	F+G			0.389
A	TQ	150	0.341	5a	+150	75	0.236
B	TQ	150	0.347	6a	-150	75	0.488
C	TQ	150	0.327	5a - 6a			0.315
D	TQ	150	0.295	5b	+150	75	0.223
H1	+75	150	0.342	6b	-150	75	0.448
H2	+75	150	0.344	5b - 6b			0.295

L'obiettivo è quello di valutare i risultati ottenibili attraverso il trattamento differenziato di due frazioni granulometriche (in due circuiti), combinato con gli effetti di tre scelte diverse nella successiva macinazione [11] [12]. La valutazione viene svolta mettendo a confronto il

rapporto tra le unità metalliche contenute nel *Rifiuto dell'Esaurimento (Tail Scavenger)* e quelle contenute nell'*Alimentazione della Sgrossatura (Feed Rougher)* del circuito solfuri. Questo rapporto, indicato con la sigla η_{Zn} e definito anche *Inefficienza* del processo (ovviamente compreso tra 0 e 1), indica la proporzione di unità metalliche perse, perché vanno nel rifiuto, e quindi costituisce un elemento di giudizio negativo tanto più forte quanto più elevato è il suo valore (vicino a uno). Ciò è vero se si osserva il processo di flottazione come produzione di un flottato, ma conserva tale significato anche nel nostro caso, perché l'inefficienza non impoverisce il rifiuto, che rappresenta invece il nostro obiettivo fondamentale. Perciò, la migliore tra le 22 soluzioni esaminate sarà quella a cui corrisponde il *minor Indice di Inefficienza* (calcolato sulle due flottazioni di *Sgrossatura* e *Finitura*).

Le ipotesi granulometriche considerate sono state 4: *Tal Quale* (sigla TQ, ovvero nessun taglio) e i tagli alle dimensioni 250, 150 e 75 μ m; le ipotesi di macinazione considerate sono state 3: 250, 150 e 75 μ m. Le combinazioni esaminate e i risultati ottenuti sono riportati in Tabella 9.

Si osserva che i valori minori sono quelli (evidenziati in grassetto) relativi alle prove ID=D e ID=5b+6b; gli altri (F, 5a e 5b) evidenziati in Tabella si riferiscono a test su singole classi granulometriche non utili da sole al confronto.

In sintesi, l'esame della Tabella dimostra che la dimensione di macinazione migliore è quella a 150 μ m e che vi è indifferenza tra la soluzione con circuito unico (prova D) e circuito separato per le due classi granulometriche (5b+6b).

4.3 Concentrazioni nel flottato finale solfuri

Il flottato finale del solfuro di Zn (*Final Zn-sulphur concentrate*) è ottenuto dopo successivi rilavaggi (*Recleaning*) della frazione che flotta nella fase di sgrossatura. I gruppi di prove che ricostruiscono questa parte del flowsheet, vedi Figura 8, sono state quattro e in tutte il materiale è stato macinato preventivamente a 150 μ m, tuttavia si è considerato:

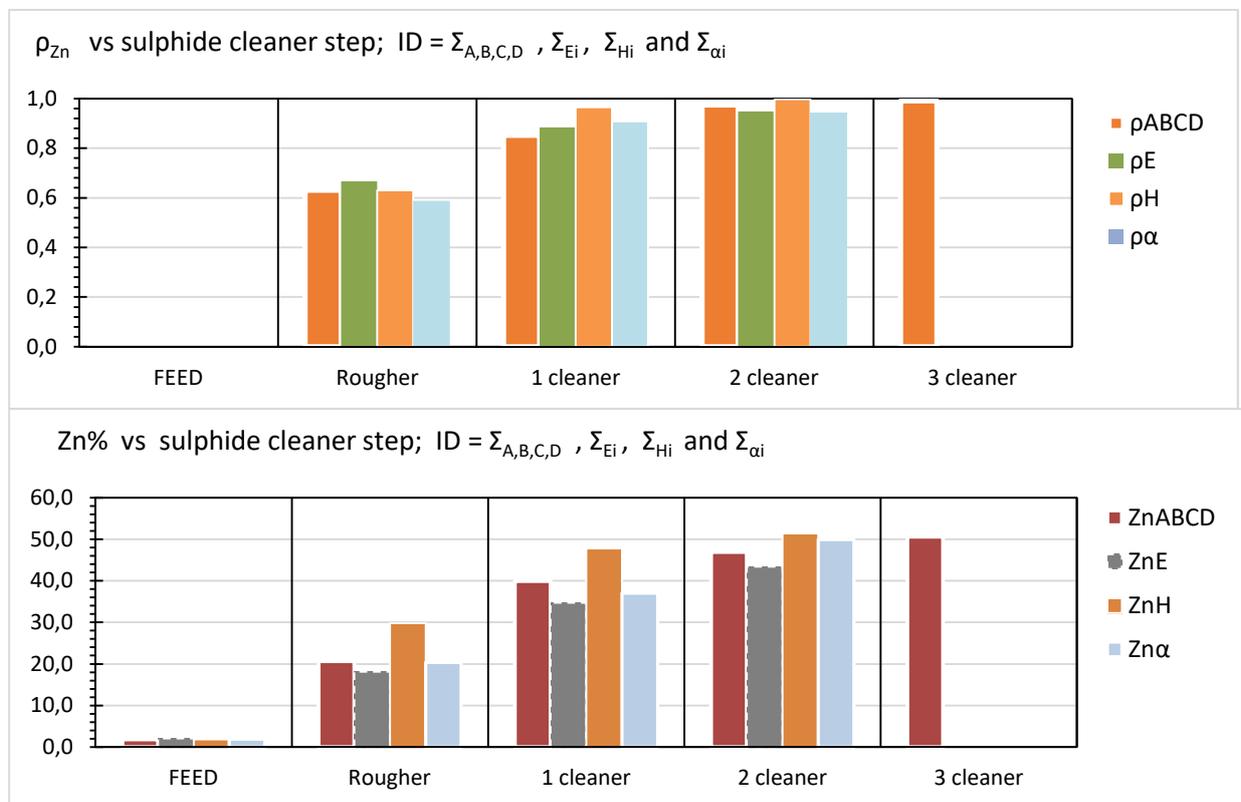


Figura 8 – Resa e tenore in Zinco nel flottato dopo ogni step di rilavaggio.

- un campione *Tal Quale* nei tre gruppi identificati con ID=(A, B, C, D), ID= E_i e ID= α_i .
- la frazione del *Tal Quale* $>75\mu\text{m}$ (pari al 90% del totale) per il gruppo ID= H_i .

Per raggiungere la massa necessaria all'esecuzione delle flottazioni di rilavaggio solfuri, si sono riuniti in un unico campione le frazioni ottenute da sgrossature effettuate su 4 campioni nelle (A, B, C, D), H_i e α_i , e su 2 campioni per le E_i .

I risultati ottenuti in termini di resa in peso ρ_{Zn} e tenore % in Zn sono riportati graficamente nei due diagrammi di Figura 8. A commento si possono fare le seguenti considerazioni:

- La flottazione dei solfuri è sufficientemente selettiva e consente di raggiungere le abituali concentrazioni commerciali (circa 50% Zn); la eliminazione della frazione inferiore ai $75\mu\text{m}$ consente di ottenere un risultato leggermente migliore rispetto agli altri casi e con due soli rilavaggi. Quindi, benché l'obiettivo del 50% Zn sia sempre raggiunto (o raggiungibile), i risultati migliori (in termini di rapida crescita del tenore) si ottengono escludendo la frazione $75\mu\text{m}$.
- I rilavaggi successivi sono accompagnati da incrementi del rendimento (che tende a 1.0) e del tenore in Zn che tende al valore massimo (per $\rho_{Zn} = 1$). Nel nostro caso $Zn_{\text{max}} = 51.5\%$.
- Reiterare la fase di rilavaggio oltre un certo limite, in questo caso 3 o 2, non apporta nessun beneficio né in termini di resa né in termini di tenore di specie utile.

4.4 *Slimatura prima della flottazione ossidati*

La letteratura sulla flottazione ossidati [13] [14] [15] giustifica ampiamente l'utilità di ricorrere a questa operazione, applicata nel nostro caso in tutti i flowsheet. Per valutarne gli effetti e decidere la dimensione a cui applicare il taglio, si sono messe a confronto due soluzioni: vagliatura a $20\mu\text{m}$ seguita o no da ciclonatura con $d_{50} = 3\mu\text{m}$ e re-immissione nel circuito della frazione tra $20\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$. Per cui le due dimensioni di slimatura messe a confronto sono state $20\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$.

Con la slimatura si taglia una classe granulometrica che ostacola la flottazione e che, in genere, ha una più elevata concentrazione in Zn. La frazione che viene eliminata è in proporzione maggiore se il materiale viene macinato a dimensioni minori (sovrapproduzione di fini), nel nostro caso le dimensioni di macinazione sono state: $250\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$ o $75\mu\text{m}$.

L'effetto prodotto dalla slimatura è stato giudicato il base al rendimento nella successiva fase di *Sgrossatura Ossidati*. Le prove messe a confronto sono state le: B2, Ω , 5b, 6b, 2, 3, 4, 5a, 6a.

Tabella 10 – Valutazione degli effetti prodotti dalla slimatura prima della sgrossatura ossidati

ID	Granulometria Camp.	Macinazione	Slimatura	W_{slim}/W_A	ρ_{Zn}	um
B2	Tal Quale	$250\mu\text{m}$	$-3\mu\text{m}$	5.0	0.20	0.17
Ω	Tal Quale	$150\mu\text{m}$	$-3\mu\text{m}$	9.0	0.65	0.21
5b, 6b	$>150\mu\text{m}/<150\mu\text{m}$	$75\mu\text{m}$	$-3\mu\text{m}$	11.0	0.31	0.23
2	Tal Quale	$250\mu\text{m}$	$-20\mu\text{m}$	8.0	0.51	0.22
3,4	$>250\mu\text{m}/<250\mu\text{m}$	$150\mu\text{m}$	$-20\mu\text{m}$	13.0	0.60	0.29
5a, 6a	$>150\mu\text{m}/<150\mu\text{m}$	$75\mu\text{m}$	$-20\mu\text{m}$	20.0	0.58	0.30

I reagenti utilizzati e le loro proporzioni rispetto alla torbida sono stati le stesse in tutte le prove (vedi Tabella 4).

Le prove 3-4, 5a-6a e 5b-6b vanno considerate accoppiate tenendo conto che le frazioni granulometriche $>250\mu\text{m}$ e $>150\mu\text{m}$ sono rispettivamente pari a 49.4% e 74.1% (sui risultati ottenuti separatamente si devono applicare le medie pesate). L'analisi è stata svolta mettendo a confronto la resa nel flottato della sgrassatura ossidati (ρ_{Zn}), la percentuale in peso ($100 \cdot W_{\text{slim}}/W_{\text{A}}$) che la slimatura sottrae all'alimentazione della sgrassatura e la proporzione di unità metalliche sottratte all'alimentazione della sgrassatura (um). I risultati sono riportati in Tabella 10 e nell'istogramma di Figura 9.

In termini di resa nel flottato della sgrassatura ossidati, i risultati migliori sono stati ottenuti sul campione macinato a $-150\mu\text{m}$, con valori di ρ_{Zn} che superano il 60%, senza particolari differenze dovute al taglio di slimatura. Lo stesso effetto non è verificato nel caso di macinazione a $-75\mu\text{m}$, per il quale si registra una resa nel flottato più alta in caso di slimatura a $20\mu\text{m}$, a conferma del fatto che la flottazione dei minerali ossidati di Zn è fortemente penalizzata dalla sovrapproduzione di particelle fini. Il confronto dei risultati ottenuti tra i due campioni macinati a $-250\mu\text{m}$ deve tener conto che la flottazione, in fase di *Sgrassatura Ossidati*, ha utilizzato un differente collettore cationico (Flotigam S.A., a catena lineare più lunga) che in questo caso si è rivelato poco efficace.

Come si nota dall'istogramma, la rimozione di unità metalliche, valutata rispetto all'alimentazione in ingresso, è maggiore nel caso di slimatura a $20\mu\text{m}$ e, ovviamente, aumenta la frazione Over. Aspetto, quest'ultimo, penalizzante e da non trascurare per il fatto che maggiore è la porzione eliminata, minore sarà la resa in peso del rifiuto finale. La scelta del taglio dimensionale ottimale deve essere fatta sulla base di un compromesso fra i tre parametri rappresentati in Figura 9. Facendo riferimento alle prove 3-4 e Ω , si è dunque scelto di non valutare negativamente la minore rimozione di unità metalliche che comporta la slimatura a $3\mu\text{m}$ ma, a parità di ottime rese nel flottato, si è scelto dare maggiore rilevanza alla più bassa resa in peso del materiale sottratto all'alimentazione, considerando dunque la macinazione del campione a $-150\mu\text{m}$ con slimatura a $3\mu\text{m}$ le condizioni ideali per il trattamento del materiale all'interno del circuito ossidati.

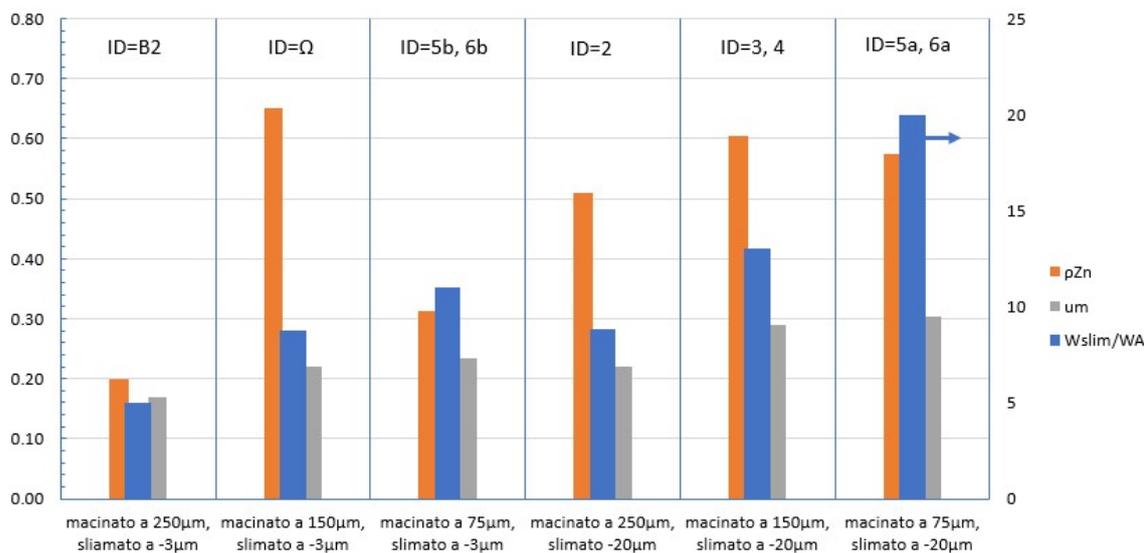


Figura 9 – Rendimento sgrassatura ossidati, $W_{\text{slim}}/W_{\text{A}}$ e UM sottratte dalla slimatura all'Alimentazione sgrassatura

4.5 Dosaggio reattivi

I reattivi utilizzati e i loro dosaggi corrispondono in tutte le parti del flowsheet alle scelte abituali che la letteratura tecnica indica per la flottazione della sfalerite. L'unica eccezione è rappresentata dalla *Sgrossatura ed Esaurimento del circuito ossidati*. Ciò perché queste flottazioni, in particolare, hanno la finalità di impoverire il rifiuto fino ad un limite prestabilito e non di recuperare ulteriore concentrato. Questo giustifica la scelta di alti dosaggi e/o ripetute flottazioni.

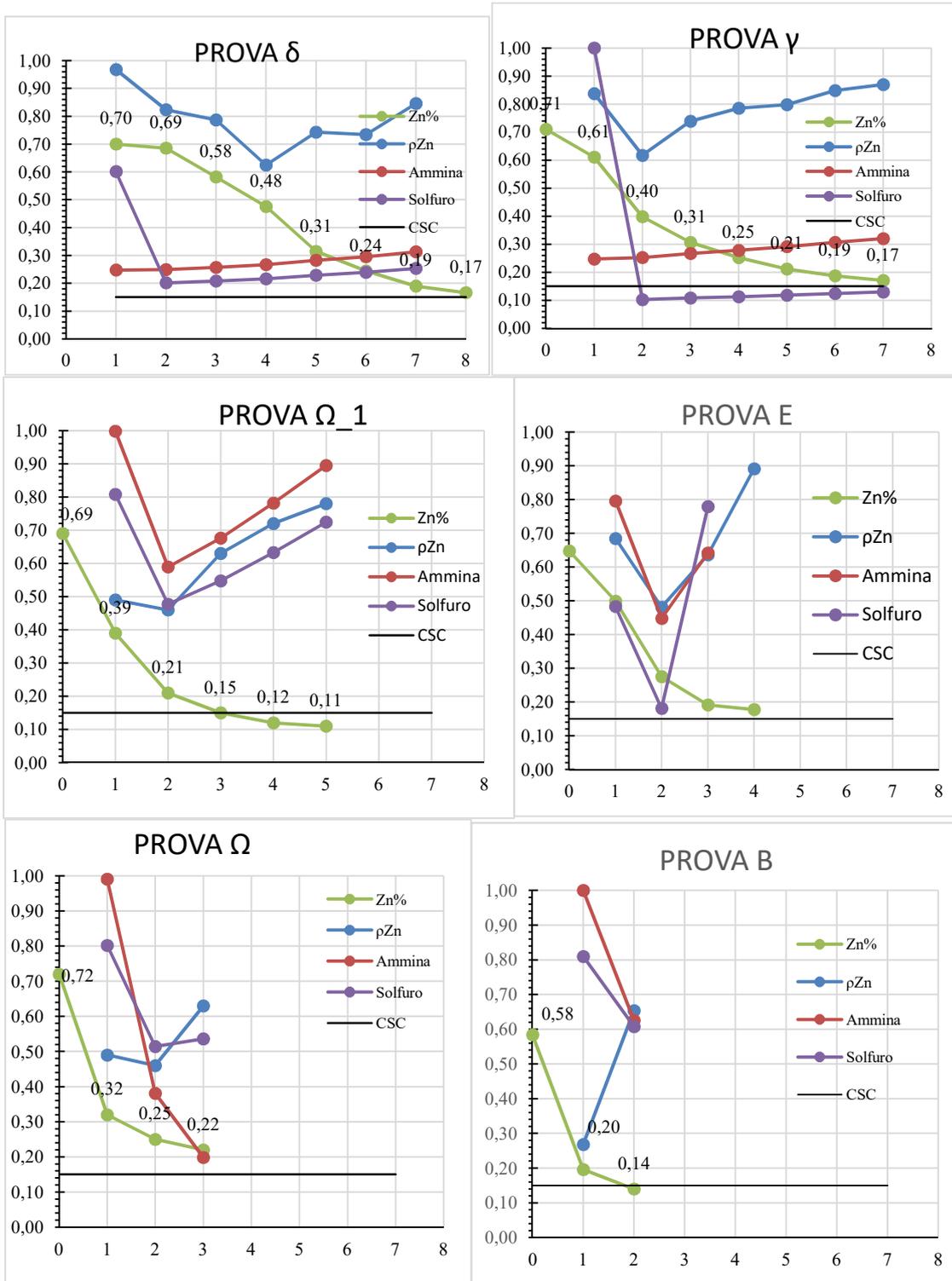


Figura 10 – Dosaggi ammina nel circuito Ox – I migliori risultati sono quelli delle prove $\Omega 1$ e B

I risultati ottenibili sono stati valutati in base alle sei prove con ID: δ , Υ , $\Omega 1$, E, B e Ω . Elementi di giudizio sono stati: la concentrazione in Zn (%) nel Rifiuto Finale e l'Inefficienza (% e pari al rapporto in peso W_{tail}/W_{Feed}). La valutazione viene svolta non sulla base di un singolo valore numerico finale, ma sull'andamento della cinetica espressa in termini di numero di Esaurimenti effettuati.

I risultati ottenuti sono riportati nei gruppi di diagrammi che compongono la Figura 10. I numeri riportati in ascisse indicano la Flottazione di Sgrossatura (identificata con il numero 1) e le successive Flottazioni di Esaurimento (indicate con i numeri da 2 a 7 nelle prove δ e Υ ; da 2 a 5 nella prova $\Omega 1$; da 2 a 4 nella prova E; da 2 a 3 nella prova Ω ; dal solo numero 2 nella prova B). I valori riportati in corrispondenza dell'ascissa zero (prove $\Omega 1$ e Ω) indicano la concentrazione Zn% nell'Under dopo ciclonatura (fase che nel flowsheet precede la sgrossatura ossidati).

I dosaggi di ammina e solfuro di sodio sono indicati dalle due curve arancione e giallo ed espressi numericamente come rapporto adimensionale tra la concentrazione adottata e quella massima indicata nella seguente Tabella 11. Il dosaggio del silicato è rimasto costante e sempre pari al valore massimo indicato in Tabella e quindi non riportato nei diagrammi di Figura 10.

Tabella 11 – Dosaggi massimi di riferimento utilizzati nel circuito ossidati

Reagente	Dosaggi massimi di riferimento (g/t)
Ammina	240
Solfuro di sodio (Na_2S)	5900
Silicato di sodio (Na_2SiO_3)	2400

I diagrammi dimostrano che:

- In tutte le prove, la cinetica si sviluppa verso il valore della CSC (linea nera orizzontale) che viene raggiunto nelle prove $\Omega 1$ e B.
- Le variazioni di dosaggi modificano la cinetica: l'inefficienza cambia il segno del gradiente e la concentrazione in Zn cambia concavità.
- L'elevato dosaggio iniziale consente di ottenere la concentrazione di 0.15% anche dopo una sola flottazione di esaurimento.
- La ripetizione della flottazione di esaurimento, anche sei volte, ma dopo dosaggi di ammina iniziali bassi allunga la cinetica e rende difficile il raggiungimento della CSC.

4.6 Ricircoli

Lo studio ha preso in esame anche l'effetto nel bilancio di massa determinato dai ricircoli che interessano tutte le sezioni dell'impianto. In particolare, il flottato nell'esaurimento solfuri, i rifiuti prodotti nei rilavaggi del flottato solfuri, il flottato negli esaurimenti ossidati e i rifiuti nei rilavaggi ossidati. Queste masse vanno reinserite in punti del circuito a monte (rispetto al punto di produzione) in modo coerente, tenendo conto della sezione d'impianto considerata e dei collettori utilizzati. Si è infine tenuto conto che il flottato ossidato finale non avendo caratteristiche commerciali andrebbe inertizzato e/o riutilizzato (per riempimenti); in alternativa, potrebbe essere riciclato anch'esso in punti a monte nell'impianto. Questi aspetti, non ancora del tutto chiariti, non vengono discussi in questa memoria.

5. Commenti e Conclusioni

Le valutazioni conclusive sui risultati ottenuti dalla ricerca svolta sul campione SDBF_07 possono essere presentate secondo tre punti di vista: breve sintesi dei risultati, descrizione del processo attraverso cui si ottiene il residuo finale conforme alle CSC del D.lg. 502/2006, proposta di un flowsheet d'impianto.

5.1 Sintesi dei risultati sperimentali

Tenendo conto che la specie utile considerata è sostanzialmente il solfuro di Zn, si può concludere, in forma schematica, che:

- È possibile ottenere un rifiuto finale nel quale $C_{Zn} \leq CSC_{Zn}$, siti industriali. Ciò vale anche per gli altri analiti Sb, As, Cd, Pb che fanno parte del corredo mineralogico che accompagna e segue la sfalerite.
- È possibile ottenere un concentrato solfuri con circa 50% in Zn dopo sgrossatura e 2 – 3 rilavaggi.
- È necessario effettuare, prima della flottazione ossidati, la slimatura del rifiuto proveniente dal circuito solfuri. Le due dimensioni adottate, 3 μm o 20 μm , si dimostrano indifferenti perché accompagnate ciascuna da vantaggi e svantaggi (già discussi).
- È indifferente procedere al trattamento differenziato secondo due classi granulometriche o secondo un circuito unico. Si è dimostrata preferibile la macinazione a 150 μm .
- È più efficiente nel circuito ossidati concentrare il reagente ammina (circa il 50% del totale) sulla sgrossatura e limitare il numero di esaurimenti a non più di 2 - 3.

5.2 Ricostruzione del processo di trattamento del residuo minerario

Dimostrata la possibilità di conseguire l'obiettivo proposto, è utile ripercorrere il processo di trattamento esaminandolo come un progressivo impoverimento in specie inquinanti (in questo caso Zn) e mettendo in luce le fasi più importanti del percorso.

Va evidenziato in primo luogo che il contributo fondamentale è fornito dall'azione dei collettori anionici (xantati)[17] che operano un'efficace selezione del solfuro di Zn dalla ganga silicea, impoverendo l'alimentazione nei riguardi dello Zn; peraltro, isolando così un concentrato di Zn con caratteristiche commerciali.

La parte critica del processo è il cosiddetto circuito ossidati per la scarsa selettività dei collettori cationici (ammine) che provocano ad ogni flottazione una bassa riduzione del tenore in Zn ed una elevata riduzione in massa del rifiuto.

5.3 Proposta di flowsheet d'impianto

Le condizioni ottimali per il flowsheet d'impianto sono le seguenti:

- alimentazione costituita dal Tal Quale (senza suddivisione granulometrica e circuiti separati);
- macinazione sotto 150 μm controllata in circuito chiuso;
- sgrossatura ed esaurimento solfuri; due rilavaggi solfuri per la produzione del concentrato finale;
- slimatura, preferibilmente a 3 μm o a 20 μm [18];
- sgrossatura ossidati (con alta concentrazione di ammina) e due-tre flottazioni di esaurimento (con bassa concentrazione di collettore).

Per un ipotetico flowsheet d'impianto la ripartizione in termini tenori in Zn, unità metalliche e masse può essere riassunta nella seguente Tabella 12.

Tabella 12 – Ripartizione prodotti in un flowsheet teorico

	%Zn	distribuzione UM%	Distribuzione Masse%
Alimentazione	2.2	100	100
Concentrato solfuri	50	63	3
Concentrato ossidati	2.5	31	27
OVER slimatura	1	1	2
Rifiuto finale	0.15	5	68

La scelta finale del flowsheet ottimale dipende tuttavia da valutazioni economiche (eventuale mercato per il concentrato ossidati) e da altre situazioni specifiche legate al riuso e alle quantità richieste di prodotti non conformi alle CSC (per riempimenti superficiali o profondi) che andrebbero conferiti in siti di raccolta, preliminarmente sottoposti o no a inertizzazione. Le scelte potrebbero essere condizionate anche dalla capacità dell'impianto e dalla sua ubicazione in relazione ai materiali con i quali dovrebbe essere alimentato (non solo quelli del Bacino Fanghi di Montevecchio Levante).

6. BIBLIOGRAFIA

7. [1] L. A. Smith, *Remedial options for metals-contaminated sites*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1995.
8. [2] J. Kirchherr, «Conceptualizing the circular economy_ An analysis of 114 definitions», pag. 12, 2017.
9. [3] V. Dentoni, B. Grosso, P. P. Manca, e G. Massacci, «Old mine dumps recovery: an environmental and techno- economical challenge», pag. 12, 2017.
10. [4] C. Falagan, «New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings», *Minerals Engineering*, pag. 8, 2017.
11. [5] O. Güven, F. Burat, G. Bulut, e G. Önal, «Evaluation of Lead-Zinc ore tailings by flotation», pag. 7, 2010.
12. [6] G. Protano e F. Riccobono, «High contents of rare earth elements (REEs) in stream waters of a Cu–Pb–Zn mining area», *Environmental Pollution*, pag. 16, 2002.
13. [7] R. Caboi, R. Cidu, A. Cristini, L. Fanfani, R. Massoli-Novelli, e P. Zuddas, «The abandoned Pb-Zn mine of Ingurtosu, Sardinia (Italy)», *Engineering Geology*, vol. 34, n. 3–4, pagg. 211–218, set. 1993.
14. [8] R. Pérez-Garibay, N. Ramírez-Aguilera, J. Bouchard, e J. Rubio, «Froth flotation of sphalerite: Collector concentration, gas dispersion and particle size effects», *Minerals Engineering*, pag. 7, 2014.
15. [9] A. P. Chandra e A. R. Gerson, «A review of the fundamental studies of the copper activation mechanisms for selective flotation of the sulfide minerals, sphalerite and pyrite», *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 145, n. 1–2, pagg. 97–110, gen. 2009.
16. [10] M. J. G. Salum, A. C. de Araujo, e A. E. C. Peres, «The role of sodium sulphide in amine flotation of silicate zinc minerals», *Minerals Engineering*, vol. 5, n. 3–5, pagg. 411–419, mar. 1992.
17. [11] G. J. Jameson, «The effect of surface liberation and particle size on flotation rate constants», *Minerals Engineering*, pag. 6, 2012.

18. [12] M. Yang, W. Xiao, X. Yang, e P. Zhang, «Processing Mineralogy Study on Lead and Zinc Oxide Ore in Sichuan», pag. 7, 2016.
19. [13] M. Ejtemaei, «Influence of important factors on flotation of zinc oxide mineral using cationic, anionic and mixed (cationic/anionic) collectors», *Minerals Engineering*, pag. 7, 2011.
20. [14] B. Khaleghi, M. Noaparast, S. Z. Shafaei, S. Bayat, S. Aghazadeh, e A. Amini, «Flotation study of oxide zinc ore using cationic-anionic mixed collectors», *Russ. J. Non-ferrous Metals*, vol. 57, n. 7, pagg. 647–658, nov. 2016.
21. [15] A. Mehdilo, «Flotation of zinc oxide ores by cationic and mixed collectors», *Minerals Engineering*, pag. 4, 2012.
22. [16] A. H. N. Kashani e F. Rashchi, «Separation of oxidized zinc minerals from tailings: Influence of flotation reagents», *Minerals Engineering*, pag. 6, 2008.
23. [17] W. Z. Shen, D. Fornasiero, e J. Ralston, «Effect of collectors, conditioning pH and gases in the separation of sphalerite from pyrite», *Minerals Engineering*, vol. 11, n. 2, pagg. 145–158, feb. 1998.
24. [18] K. U. Bhaskar, M. R. Raju, K. K. Rao, P. Banerjee, J. K. Srivastava', e J. P. Barnwal, «Characterization Studies on Lead-Zinc Tailings from Rampura—Agucha Mines», pag. 7, 2006.

LE AREE MINERARIE DISMESSE DEL SULCIS IGLESIENTE GUSPINESE: BONIFICA O MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE?

F. Manca^(*), E. Contini^(*), F. Granitzio^(*), S. Naitza^(*), M. Manis^(*)

^(*) Associazione Mineraria Sarda.

Phone – Fax: +39 0781 22387; Mobile: +39 348 9014006;

E-mail: segreteria@associazioneminerariasarda

Quadro di riferimento

In Sardegna che, come noto, è la regione italiana in cui sono stati censiti il numero più rilevante di siti minerari dismessi (ben 169) e la più elevata volumetria di abbancamenti/depositi di residui minerari stimata in 70 milioni di metri cubi, di cui oltre l'ottanta per cento nel Sulcis Iglesiente Guspinese (AREA SIN identificata dal D.M. 468/01 come sito di bonifica di interesse nazionale, perimetrata con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 12 marzo 2003 e successive modifiche, ultima delle quali nel 2011), la RAS ha predisposto il Piano di Bonifica delle Aree Minerarie Dismesse del Sulcis - Iglesiente – Guspinese (ultima versione a cura dell' Assessorato della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna sottoposta a VAS e approvata dalla Giunta Regionale nel febbraio 2019) (1).

Il Piano contiene le Linee Guida da seguire per la progettazione e l'esecuzione degli interventi per la bonifica e la messa in sicurezza delle aree contaminate.

Se nelle versioni precedenti (2003 e 2008) il Piano regionale, dopo aver messo in evidenza difficoltà tecnico-economiche per pervenire a una vera e propria Bonifica delle aree minerarie, indicava quale ipotesi di intervento maggiormente attuabile la Messa in sicurezza Permanente da realizzarsi mediante operazioni di “capping” (impermeabilizzazione dei depositi minerari) e/o mediante accorpamento dei centri di pericolo in uno o più appositi “siti di raccolta” da localizzare, possibilmente, in aree già degradate dall'attività mineraria stessa, in quest'ultima versione il Piano prevede di “ promuovere, ove tecnicamente attuabile e sostenibile, il recupero di materiali derivanti dai residui dell'attività estrattiva in sinergia con la messa in sicurezza...”

Peraltro, la problematica della Bonifica delle aree minerarie dismesse è stata trattata a livello di Unione Europea che aveva reso noto (2) il parere del Comitato economico e sociale europeo sul tema «Trattamento e sfruttamento a fini economici e ambientali dei rifiuti industriali e minerari nell'Unione europea», dalle cui conclusioni e raccomandazioni si possono riprendere alcuni punti salienti:”L'obiettivo principale del trattamento dei rifiuti industriali e minerari è quello di evitarne lo smaltimento. Sfide quali l'inquinamento

ambientale, i rischi per la salute e la tutela del paesaggio vanno affrontate con responsabilità e con urgenza. Nessun paese oggi si può permettere di ignorare la potenzialità di riciclaggio dei rifiuti prodotti dopo l'uso delle materie prime essenziali. Abbandonare semplicemente tali rifiuti senza sottoporli a un ulteriore trattamento per motivi di convenienza economica non è più una soluzione se si pensa al costo per l'ambiente, per la salute umana e per la società..... Trattare questo tipo di rifiuti a scopi economici può migliorare l'ambiente e il paesaggio, creare posti di lavoro e condizioni sociali più adeguate per le comunità interessate. Eliminare il rischio d'inquinamento per le persone e per l'ambiente significa migliorare le condizioni di vita nelle regioni interessate, il che rappresenta un beneficio per tutti. Per questo motivo, l'uso appropriato di tali rifiuti dovrebbe essere visto come parte integrante di una strategia di sviluppo sostenibile e come misura compensativa a favore delle comunità locali coinvolte..... I rifiuti industriali e minerari rappresentano tuttora una sfida per numerosi Stati membri sui cui territori esistevano o esistono ancora stabilimenti industriali o giacimenti minerari. I rifiuti da essi prodotti possono costituire, per le comunità locali, tanto una minaccia quanto un'opportunità. Sono una minaccia se vengono semplicemente abbandonati e quando non viene adottata alcuna misura per ridurre il rischio ambientale, ma possono rappresentare, in determinati casi, anche un'opportunità quando danno luogo ad attività di recupero dei metalli o di altre materie prime secondarie utili.....La riconversione delle strutture di deposito dei rifiuti e degli sterili, con o senza motivazione economica, può contribuire a creare posti di lavoro, a migliorare l'ambiente e a garantire condizioni sociali e di vita più adeguate per le comunità interessate, grazie in particolare ad un abbellimento del paesaggio e all'eliminazione del rischio d'inquinamento.....**La tecnologia necessaria per il ritrattamento e la riabilitazione dei depositi di rifiuti industriali e minerari è in parte disponibile, ma richiede un ulteriore sforzo di ricerca.....”**

La presente nota, tenendo conto soprattutto del sopraevidenziato ultimo punto, si pone l'obiettivo di sostenere l'opportunità di definire la Fattibilità di una reale BONIFICA delle aree minerarie dismesse della Sardegna mediante il riprocessamento dei materiali stoccati nei depositi minerari (discariche, bacini dei fini...) col recupero dei minerali metallici contenuti (causa della contaminazione ambientale) e la loro valorizzazione nell'industria metallurgica.

A tal fine la Regione Sardegna, nell'ambito del Piano Sulcis, ha costituito il Centro di Eccellenza per la Sostenibilità Ambientale (CESA) col compito di sviluppare, tra l'altro, attività di ricerca orientate alle bonifiche e al recupero di minerali abbancati nei centri di pericolo delle aree minerarie dismesse del Sulcis Iglesiente Guspinese. I risultati ottenuti (3) (4) (5) (6) , quasi esclusivamente ad opera del Dipartimento di Ingegneria Civile Ambiente Architettura (DICAAR) dell'Università di Cagliari, sono molto importanti e confermano che il recupero

dei minerali metallici contenuti nei depositi minerari del Sulcis iglesiente guspinese non solo è possibile ma ha un costo inferiore alla Messa in Sicurezza Permanente; occorre, peraltro, evidenziare che i risultati sono stati ottenuti con prove a scala di laboratorio che seppure attendibili devono essere confermati da prove a scala industriale; a tal proposito si deve rimarcare che il Cesa prevede nel suo programma la realizzazione di un **impianto pilota** che a tutt'oggi non è stato ancora messo in cantiere.

Ma il fattore tempo non è un parametro irrilevante nella gestione del problema in argomento; al proposito occorre ricordare che già nel 2007 Igea spa e Portovesme srl studiarono la possibilità di utilizzare i “fanghi rossi” di Monteponi arrivando alla conclusione che la Portovesme srl avrebbe potuto realizzare un nuovo impianto di produzione “ghisa” col recupero dell'ossido di ferro contenuto nei fanghi rossi (oltre il 42% del totale) e avrebbe, inoltre, recuperato i minerali metallici (soprattutto Zn 8% del totale) attraverso la metallurgia disponibile; l'Igea avrebbe, in cambio, realizzato in un'area mineraria degradata un sito di raccolta per lo stoccaggio delle scorie rinvenienti dal processo metallurgico. L'accordo di Programma sottoposto alla ratifica della Regione Sardegna non fu approvato per non ben precisate motivazioni e da allora i fanghi rossi sono sempre al loro posto continuando a inquinare in modo grave il territorio sotteso come dimostra uno studio recente (7) che illustra come la dispersione aerea delle polveri provenienti dai fanghi rossi ha un effetto negativo diretto anche sull'uomo.

Come superare l'attuale fase che, a parte l'attività di ricerca sviluppata dal CESA, non dispone di Progetti operativi di reale bonifica delle aree minerarie dismesse, come invece avviene in casi simili e di cui si espongono alcuni esempi?

Area mineraria del distretto minerario Ourense (Galizia-Spagna)

In quest'area, nella miniera di Penouta, sono state coltivate mineralizzazioni a cassiterite e minerali industriali per oltre 60 anni; l'attività estrattiva si è conclusa nel 1985 lasciando tutta l'area in uno stato di grande degrado (le immagini che seguono mostrano la situazione di degrado)

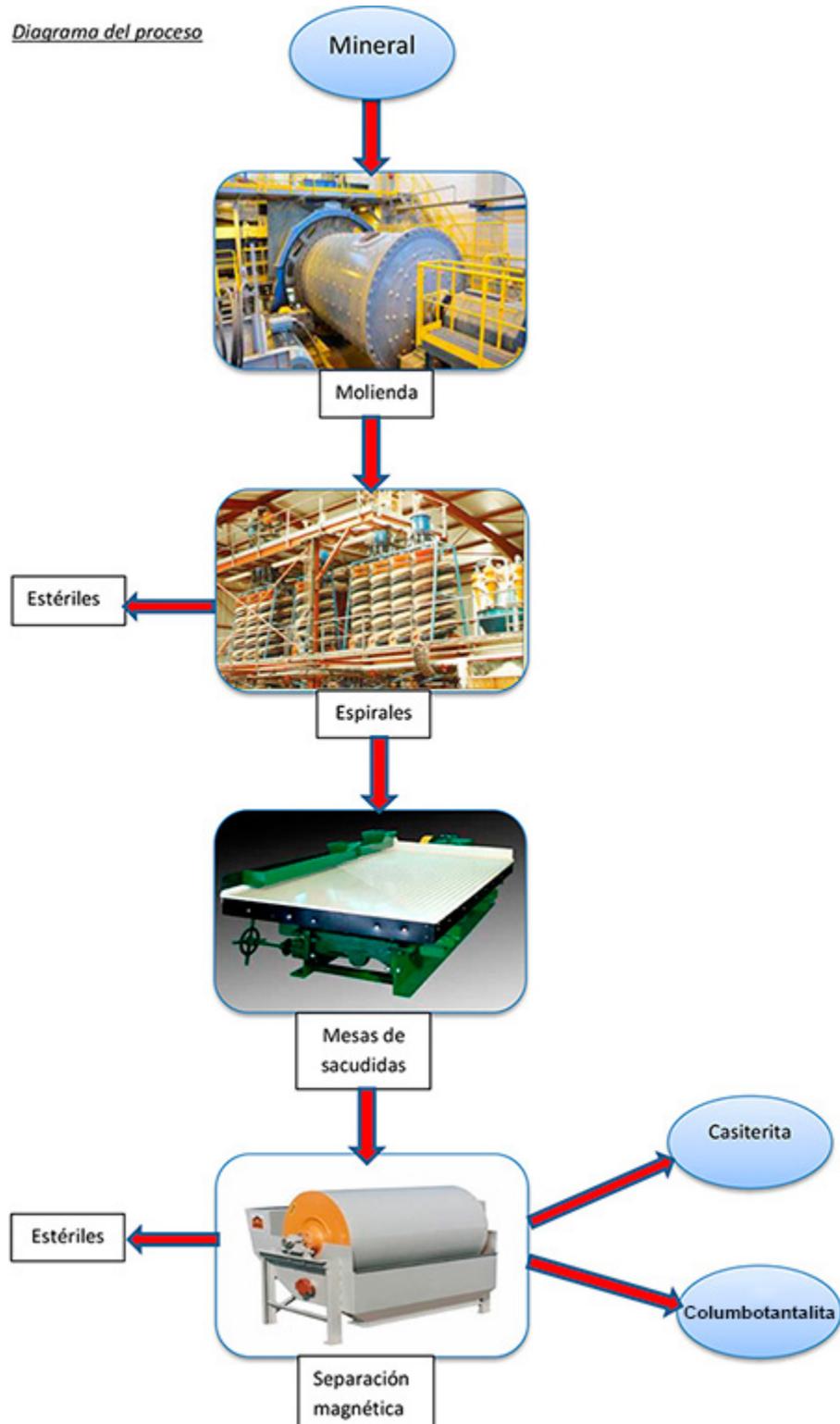


A partire dal 2011 una società mineraria spagnola ha sviluppato una ricerca nel distretto minerario ourense tesa a verificare il recupero delle materie prime minerarie presenti nei depositi lasciati dalle vecchie attività estrattive abbandonati in discarica e nei bacini dei fini, fanghi e limi. La ricerca si è conclusa nel 2015, accertando che nei 12 milioni di tonnellate di rifiuti minerari erano presenti mineralizzazioni di alto valore economico (Sn, Nb, Ta) oltre a buona parte dei minerali industriali a suo tempo non recuperati. Dopo che il Progetto di Bonifica dell'area mineraria di Penouta ha ottenuto le autorizzazioni dalle autorità preposte, è iniziata nel 2018 la fase operativa col riprocessamento dei “rifiuti minerari” (la cassiterite e la columbo-tantalite rappresentano l'1% del totale,

mentre i minerali industriali, feldspato caolino quarzo e muscovite rappresentano oltre l' 80% del totale); i concentrati di cassiterite e di columbo tantalite vengono trasferiti al porto di Vigo per essere esportati a impianti metallurgici . Alla conclusione del recupero delle mineralizzazioni la bonifica viene completata inertizzando gli scarti residuali che vengono impiegati in operazioni di sistemazione morfologica per consentire, assieme ad attività di ingegneria naturalistica, di inserire l'area nella Rete Natura della Galizia (8).



L'impianto di trattamento messo in esercizio per il riprocessamento dei rifiuti minerali è sottoschematizzato:



Area mineraria di Lawn Hill (Australia)

Situato a Lawn Hill, 250 km a nord-ovest del Golfo di Carpentaria, il giacimento

di Century (“la miniera del secolo”), scoperto da Rio Tinto Exploration Pty Ltd e coltivato a partire da 1990, disponeva riserve per 118Mt col 10,2% di Zn, 1,5% Pb e 36g/t Ag. L'attività estrattiva si è conclusa nel 2015, producendo una media di 475.000 tpa di concentrato di zinco e 50.000 tpa di concentrato di piombo. All'inizio del 2016 a seguito dell'esaurimento delle riserve una società mineraria ha sviluppato una ricerca che si è conclusa verificando positivamente la fattibilità di un progetto teso al recupero delle mineralizzazioni ancora presenti nei tailings (vista sottostante).



Il ritrattamento dei rifiuti minerari è iniziato nell'agosto 2018 e sta attualmente aumentando fino a raggiungere una capacità di oltre 500.000 tonnellate all'anno di concentrato di zinco. I concentrati ottenuti con l'arricchimento mineralurgico sono stati trasferiti sotto forma di slurry attraverso una pipeline di 304 km verso lo stabilimento del porto di Karumba per la spedizione alle fonderie in Australia, Europa e Asia.

Con l'avvio delle operazioni di trattamento/recupero dei rifiuti minerari ha avuto inizio la riabilitazione ambientale dell'area programmata attraverso attività che prevedono l'inertizzazione degli scarti post arricchimento e il loro

incapsulamento finale con deposizione subaquea nei bacini realizzati durante l'attività estrattiva (9).

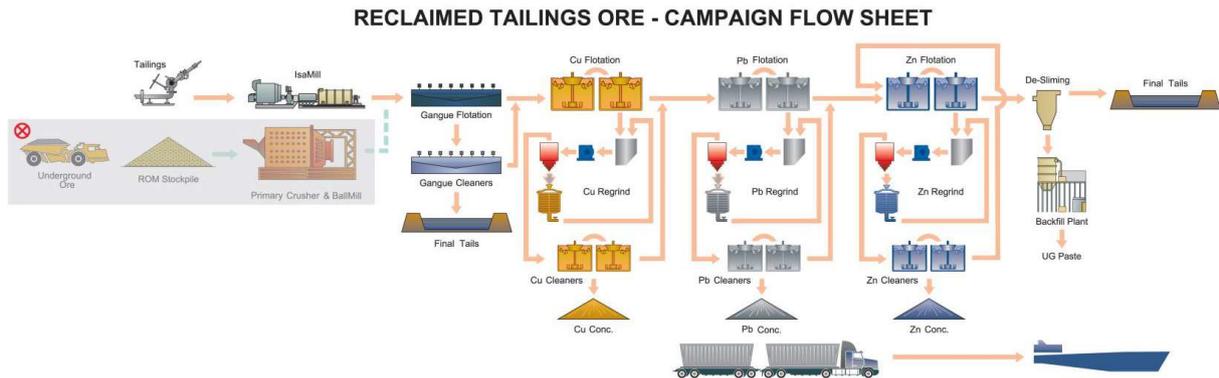
Area mineraria di Woodlawn (Nuovo Galles del Sud, Australia)

Il giacimento di Cu Pb e Zn è stato coltivato fino ai primi anni 2000 lasciando circa 9,5 Mt. di rifiuti minerari abbancati in tre distinti bacini. Nel 2016, la società mineraria concessionaria ha predisposto un Progetto per il ritrattamento dei rifiuti minerari basato sul recupero delle mineralizzazioni di Cu (0,5%), Pb (1,3%) e Zn (2,1%) contenute nei tailings. L'attività operativa ha avuto inizio nel 2019.

Il recupero dei materiali depositati nei bacini avviene mediante una tecnica idraulica ad alta pressione che consente di inviare la massa fluida opportunamente incanalata nell'impianto di arricchimento realizzato a valle.



Un diagramma di flusso del processo di trattamento schematico semplificato è mostrato nella Figura che segue



I materiali residuali, opportunamente trattati con una pasta cementizia, vengono utilizzati per il riempimento dei vuoti lasciati dall'attività estrattiva (10).

Gli esempi illustrati dimostrano come applicando le migliori tecniche minero-mineralurgiche e quelle dell'ingegneria naturalistica si possa restituire all'ambiente un'area mineraria degradata.

Si ritiene che per le aree minerarie dismesse del Sulcis Iglesiente Guspinese non si possa più perdere ulteriore tempo senza mettere un punto definitivo sull'opportunità di sottoporre a “Bonifica” i principali Centri di Pericolo (Fanghi Rossi di Monteponi innanzitutto, Campo Pisano, Monte Agruxau, Masua, Malfidano, Ingurtosu, Montevecchio Ponente, Montevecchio Levante...).

Questa “opportunità di realizzare una reale Bonifica”, partendo dalle importanti conoscenze acquisite come, tra le altre, le attività di “caratterizzazione” (IGEA) e gli studi mineralogici e prove di arricchimento in laboratorio (DICAAR-UNICA), per essere tradotta in attività operative necessita fundamentalmente di una ricerca specialistica che abbia come obiettivo principale la verifica dei costi e dei ricavi di un processo industriale basato sul ritrattamento dei materiali abbancati nei depositi minerari (discariche, bacini dei fini, fanghi.); la ricerca deve basarsi su prove in impianto pilota e deve essere realizzata su campioni rappresentativi ottenuti dai principali abbancamenti minerari caratterizzati da due tipologie prevalenti, mineralizzazioni in ganghe carbonatiche (iglesiente) e mineralizzazioni in ganghe silicatiche (guspinese).

Poiché l'impianto pilota previsto dal Piano Cesa non risulta se, come e quando debba essere realizzato, si ritiene che si possa ricorrere a impianti collaudati che da tempo svolgono l'attività di ricerca finalizzata al ritrattamento dei “rifiuti minerari”, impianti pilota che forniscono l'assetto ottimale su cui si deve basare l'impianto industriale che verrà utilizzato per il processo produttivo. Ricerche eseguite sulle caratteristiche di vari impianti pilota minero-metallurgici dimostrano che prove in impianto pilota su campioni rappresentativi si possano realizzare in un arco di tempo di 5/6 mesi.

La ricerca operativa deve svilupparsi col seguente programma:

1. Campionatura dei principali "Centri di Pericolo" (discariche, bacini dei "fini"...) prevedendo il prelievo, mediante mezzi meccanici, di campioni rappresentativi dei depositi/discariche che caratterizzano i siti minerari (depositi/discariche contenenti Pb, Zn, Ag, Cu, Cd, Bi... in ganghe carbonatiche e depositi/discariche contenenti Pb, Zn, Ag, Cu, Cd, Bi... in ganghe silicatiche). Ogni campione, per garantire la rappresentatività dell'insieme sarà di circa 2 tonn. ottenuti dopo opportuna quartatura.
2. Determinazione con metodi diversi (XRF, ICP, Speciazione S e C, GS, ABA) dei minerali presenti nei vari campioni.
3. Studio dei minerali presenti e determinazione del loro valore commerciale.
4. Suddivisione dei materiali in classi granulometriche e determinazione dei minerali presenti nelle varie classi granulometriche.
5. Separazione mediante liquidi densi per definire l'attitudine dei materiali all'arricchimento gravimetrico.
6. Prove di separazione e classificazione dei materiali (in forma granulare) sulla base della densità, grandezza e forma, mediante tecniche di arricchimento gravimetriche (crivelli, mezzi densi...).
7. Applicazione di tecniche di flottazione agli scarti provenienti dal trattamento di cui al punto precedente, dopo idonea riduzione granulometrica, e alle classi granulometriche fini non adatte al trattamento mediante le classiche tecniche di arricchimento gravimetrico.
8. Sulla base delle caratteristiche degli scarti derivanti dall'applicazione di tecniche di flottazione, prove di separazione dei minerali residuali mediante tecniche di separazione magnetica, microciclonatura e/o centrifugazione.
9. Test in impianto metallurgico per determinare resa e valori dei metalli contenuti nei concentrati.
10. Test/analisi di natura ambientale sui minerali/metalli e sul materiale di scarto residuo dei processi di post arricchimento per verificare il loro impatto sull'ambiente.
11. Test di inertizzazione degli eventuali scarti post arricchimento che presentassero una concentrazione soglia di rischio (CSR) superiore ai limiti di legge. I test di inertizzazione devono dimostrare di impedire la mobilità dei minerali residui e la loro potenziale diffusione nelle matrici ambientali suolo-acqua-aria.
12. A seguito dei risultati ottenuti con le prove previste ai punti precedenti, "Elaborazione della Fattibilità tecnico-economica" per determinare Costi e Benefici derivabili dalla Bonifica delle aree minerarie dismesse da realizzare con interventi di recupero/valorizzazione dei minerali presenti nei depositi/discariche minerarie e comparazione con i costi e i benefici della Messa

in Sicurezza Permanente. Tra i costi deve essere valutata la possibilità di utilizzare gli scarti post arricchimento inertizzati nei vuoti minerari; tra i benefici deve essere valutata la restituzione del territorio risanato alla fruizione in senso ambientale, turistico, residenziale (con la valorizzazione delle volumetrie dei tanti manufatti industriali e civili realizzati a servizio della attività estrattiva), che con gli interventi di Messa in Sicurezza Permanente, che in ogni caso devono essere sottoposti a monitoraggi continui con conseguenti alti costi di gestione, sarebbe possibile solo in parte.

CONCLUSIONI

La presente nota vuole sollecitare le autorità preposte a creare le condizioni per verificare, nel tempo più breve possibile, la fattibilità della “Bonifica” delle aree minerarie dismesse che si può ottenere solo eliminando i contaminanti che dai Centri di Pericolo si diffondono nelle varie matrici ambientali, suolo acqua aria.

La “Fattibilità” non può prescindere da una ricerca basata su prove di ritrattamento da eseguirsi in impianti pilota strutturati in modo tale da garantire la replicabilità dei risultati in impianti industriali caratterizzati da tecnologie altamente più performanti rispetto agli impianti utilizzati in passato.

La “Fattibilità” oltre a considerare costi e benefici correlati alle attività di bonifica deve prendere in considerazione la necessità di superare i vincoli di natura ambientale derivanti dalle contaminazioni minerarie che impediscono una valorizzazione del territorio.

La realizzazione di una reale Bonifica delle aree minerarie dismesse può consentire di:

- creare lavoro (nell'esempio citato della bonifica dell'Area mineraria di Lawn Hill- Australia gli addetti diretti che operano in situ sono circa 700);
- creare le condizioni per la valorizzazione del grande patrimonio storico culturale paesaggistico ambientale che caratterizza tutto il territorio del sud ovest della Sardegna dove, uno dei pochi casi se non l'unico in Europa, l'Archeologia ha messo in evidenza la presenza di tutti gli strati delle civiltà che si sono succedute dal Neolito in poi con l'Archeologia mineraria che rappresenta l'ultimo anello;
- mettere a sistema tutte le azioni necessarie per la valorizzazione delle potenzialità del territorio, attivando quel percorso di “Economia Circolare” al quale ci richiama l'Unione Europea.

Bibliografia:

MONITORING ILLEGAL UNDERGROUND MINING: A POSSIBLE APPLICATION OF THE DINSAR TECHNOLOGY

LORENZO AMMIRATI^(*), NICOLA MONDILLO^(*), DOMENICO
CALCATERRA^(*)

^()University of Naples Federico II, Department of Earth, Environmental and Resource Sciences, Complesso Universitario di Monte Sant'Angelo (Edificio L), Via Cinthia, Napoli, 21 - 80126, Italy*
E-mails: lorenzo.ammirati@unina.it, nicola.mondillo@unina.it, domenico.calcaterra@unina.it

ABSTRACT: Underground mining can produce subsidence phenomena, especially if orebodies are surficial or occur in soft soils (Bell et al. 2000; Herrera et al. 2007; Takashi et al. 2015). In certain countries, illegal mining is a big problem for several reasons (environmental, social, economic, etc.), but when it is conducted underground, it is even more dangerous, because it can produce unexpected surficial collapses in areas not adequately monitored. For this reason, it is important to find quick and economic technique able to supply information about the spatial and temporal phenomena development of uncontrolled underground activities, to improve the risk management.

In this work, a DInSAR (Advanced Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) technique has used to study soils deformation related to the artisanal illegal mining activity in Ecuador. The study area is located near Zaruma (south-east of El Oro Province), a remarkable site for Ecuadorian architectural heritage, also included within the tentative list of UNESCO sites. At the same time, the Zaruma area is also known for several occurrences of gold mineralization. The mining activity began in the 20th century by the South American Development Company (SADCO). More recently, several small mining concessions have been released to private local miners, as well as to few foreign companies such as the Core Gold.

The latter has already identified numerous veins available for underground exploitation and projected a mine with at least 15 years of activity. However, contemporaneously to the licensed mining activity, a widespread illegal gold exploitation also developed in areas outside from the allowed concessions, causing environmental and economic harms also in the Zaruma city. At the beginning of the 2017, by subsidence phenomena occurred around the Zaruma historical center, a local school collapsed. The school, named "Inmaculada Fe y Alegria", was in an area where the mining activity was forbidden. Lastly, the authorities confirmed that the school collapse was due by illegal mining activities. For this study, the surface deformations occurred in the Zaruma area from 2016 to 2018 were detected by using the Sentinel-1, as Single Look Complex (SLC) data, derived from Europe Space Agency of the Copernicus Programme. The Coherent Pixels Technique (CPT) (Mora et al., 2003) algorithm has applied to 67 satellite images using the SUBSOFT software, developed by the Remote Sensing Laboratory (RSLab) group from the Universidad Politècnica de Catalunya (UPC). The satellite images allowed to detect soil deformations in the area where the school was located in the period before the collapse. These preliminary results confirm that the DInSAR technique improves the monitoring of the deformation processes and could be very useful for the mining subsidence risk management.

Montes Gemini.

dalle iso 45001 e iso 14001 alla virtual lean quarry

Pandolfi O.¹, Potenza A.², Fregosi A.³, Lavaggi M.⁴

¹ Ing. Pandolfi Orlando – *Studio di Ingegneria Pandolfi*

Piazza Duomo 11, 54033 Carrara, Italia Tel.: +39 348 7847197 Mail: pandolfi@studiopandolfi.it

² Ing. Potenza Andrea – *Studio di Ingegneria Pandolfi*

Piazza Duomo 11, 54033 Carrara, Italia Tel.: +39 346 4003450 Mail: andrea@studiopandolfi.it

⁴ Dott.ssa Biol. Fregosi Alessandra

Via Salicello 115, 19030 Castelnuovo, Italia Tel.: +39 338 8154938 Mail:

fregosi.alessandra@libero.it

⁴ Dott.ssa Lavaggi Michela – *Studio di Ingegneria Pandolfi*

Piazza Duomo 11, 54033 Carrara, Italia Tel.: +39 366 9775373 Mail: michela@studiopandolfi.it

ABSTRACT. L'arte mineraria ha fondato la sua essenza su conoscenze olistiche e trasversali alle scienze. La competizione internazionale nei mercati lapidei, con l'ascesa al vertice della Cina e la svolta digitale dell'industria, porta oggi ad applicare alla coltivazione dei lapidei nuovi strumenti di analisi, sintesi e governo. Lo Studio Pandolfi ha introdotto un nuovo paradigma per rispondere a questa sfida. Dall'approccio del problem-solving limitato alle cogenze, alla successiva introduzione della sistemica nel management (ISO 45001, ISO 14001, ISO 9001), per giungere al nuovo approccio della virtual lean quarry, in cui i processi coinvolti nella coltivazione vengono resi virtuali ed intelligenti, permettendo un governo del sito di cava green and human centered.

Modellizzazione geologica e geomeccanica: uno strumento chiave per l'attività estrattiva in sotterraneo

Gabriele P.; Cravero M..

(gabriele@geomin.it; cravero@gdpconsultants.eu)

GDP-GEOMIN srl, Via Vittorio Amedeo II, 6; 10121 TORINO (IT)

ABSTRACT: Il fabbisogno di minerali industriali, in un'ottica di sviluppo sostenibile dell'attività estrattiva, implica una maggiore propensione allo sviluppo di coltivazioni in sotterraneo. In contesti in cui il giacimento è costituito da ammassi rocciosi (e.g. calcari, dolomie, marne, scisti ecc.) più o meno stratificati ed interessati da sistemi di giunti e faglie tali da determinare una generale fratturazione dell'ammasso, la definizione del modello di riferimento del giacimento è fortemente condizionata da fattori geologici e geomeccanici. La scelta del metodo di coltivazione in sotterraneo e, con essa, la valutazione di riserve e risorse, è quindi direttamente correlata ad una dettagliata definizione del modello geologico-strutturale di riferimento e di quello geomeccanico. Tale approccio metodologico comporta un'ottimizzazione del ciclo produttivo, un incremento della sicurezza ed una riduzione dei costi di estrazione.

Presentazioni

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari



ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA

**ATTIVITA' MINERARIE NEL BACINO DEL
MEDITERRANEO**

**Le attività dell'ANIM per lo sviluppo del settore delle
materie prime**

Ing. Domenico Savoca
Presidente ANIM

IGLSIAS 25 OTTOBRE 2019

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GLI OBIETTIVI STATUTARI DELL'ANIM

I principali obiettivi statutari dell'ANIM sono i seguenti

- *Promuovere e stabilire contatti con i tecnici e professionisti operanti a livello nazionale nel settore delle materie prime*
- *Mantenere i collegamenti con le scuole universitarie, gli istituti tecnici e i centri di ricerca per il perfezionamento professionale e culturale di tutti gli operatori afferenti alle materie prime*
- *Occuparsi di alta formazione nelle materie minerarie e delle materie prime seconde*
- *Collaborare con le Pubbliche Amministrazioni (Stato e Regioni) per l'aggiornamento e l'integrazione delle norme in materia di sicurezza mineraria*
- *Collaborare con lo Stato e le Regioni per l'aggiornamento della legislazione amministrativa mineraria*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GLI OBIETTIVI STATUTARI DELL'ANIM

I principali obiettivi statutari dell'ANIM sono i seguenti

- *Promuovere una corretta pianificazione delle attività estrattive di cava e di miniera*
- *Applicare i principi dello sviluppo sostenibile alle attività estrattive e alla lavorazione primaria e secondaria dei minerali estratti*
- *Promuovere il recupero, il riuso, il riciclo delle materie prime, secondo i principi dell'economia circolare*
- *Promuovere il risparmio energetico dei processi estrattivi e di lavorazione delle materie prime*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GLI OBIETTIVI STATUTARI DELL'ANIM

- *L'ANIM, Associazione Nazionale Ingegneri Minerari, Ingegneri delle Georisorse, delle Geotecnologie e per l'Ambiente e il Territorio, è stata fondata nel 1965 e conta attualmente oltre duecento Soci, in rappresentanza dei professionisti del settore delle materie prime, della Pubblica Amministrazione e delle più importanti aziende nazionali del settore estrattivo*
- *Possono iscriversi all'ANIM, subordinatamente all'accettazione da parte del Consiglio Nazionale, persone fisiche, Enti Pubblici e Aziende del settore estrattivo: la quasi totalità dei Soci individuali possiede il titolo di studio di Ingegnere o geologo*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Geotermia e stoccaggio del gas naturale nel sottosuolo)

Le attività relative alla geotermia hanno riguardato in particolare lo sviluppo della geotermia a bassa entalpia e lo sviluppo delle pompe di calore geotermiche

L'attività ha riguardato in particolare:

- *Definizione delle problematiche ambientali, di progettazione ed installazione delle pompe di calore geotermiche*
- *Definizione della normativa tecnica e della legislazione a livello regionale e nazionale*
- *Potenzialità dello stoccaggio del calore nel sottosuolo*

Sono state dedicate manifestazioni scientifiche anche alla sicurezza relativa allo stoccaggio del gas naturale nel sottosuolo

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Sicurezza degli scavi)

L'ANIM in numerosi convegni ha affrontato le problematiche di sicurezza statica degli scavi minerari e civili, a cielo aperto e in sotterraneo

Nel 2015 ha prodotto un importante documento circa il coordinamento delle norme di polizia mineraria con le Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC) del 2008. Attualmente tale documento è in corso di aggiornamento a seguito della emanazione delle nuove NTC.

Particolare attenzione è stata posta alla diffusione di una cultura del sotterraneo, dal punto di vista tecnico, di sicurezza ed economico

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Sviluppo sostenibile delle attività estrattive e
accettabilità sociale)

Le problematiche dello sviluppo sostenibile hanno acquisito un rilievo fondamentale nelle attività dell'ANIM: in numerosi convegni sono state affrontate le specifiche problematiche, anche con manifestazioni settoriali (economia, ambiente e sicurezza).

Particolare attenzione è stata posta alla accettabilità sociale delle attività estrattive e di lavorazione della materia prima.

Gli obiettivi per il prossimo triennio riguardano il "future of mining", nonché la valutazione e verifica di introduzione a livello nazionale della "Social Licence to Operate"

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Rifiuti di estrazione)

I rifiuti di estrazione hanno costituito un costante argomento di preoccupazione e di attenzione

L'ANIM, sin dall'introduzione a livello nazionale della direttiva comunitaria in materia di rifiuti di estrazione, è stata presente per la corretta interpretazione della legislazione e per la definizione di metodi sostenibili dal punto di vista ambientale per la riduzione dei rifiuti stessi ed il loro smaltimento in adeguate strutture di deposito

Sono state valutate ed affrontate le problematiche relative allo smaltimento o riutilizzo dei fanghi di lavaggio degli aggregati, anche con riferimento alla presenza del flocculante acrilammide

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Alta formazione nel settore delle materie prime)

L'ANIM ha svolto attività di formazione in materia di sicurezza mineraria, di gestione delle attività minerarie, di utilizzo dell'esplosivo negli abbattimenti civili e di formazione professionale, nonché nel settore delle materie prime, in ultimo si incarico di ENEA.

Attualmente sono in corso di organizzazione dei corsi di formazione relativi alle professionalità emergenti del settore delle materie prime, anche a seguito di sottoscrizione di un accordo con RINA per la certificazione delle professionalità stesse.

Sono stati svolti corsi di formazione per gli Ufficiali di Polizia Giudiziaria delle Regioni addetti a funzioni di Polizia Mineraria

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Rifiuti di estrazione)

I fanghi di segazione delle pietre ornamentali sono oggetto di attenzione dell'ANIM, per le possibilità di riutilizzo in presenza di metalli pesanti: è in corso di sottoscrizione un protocollo d'intesa con CONFARTIGIANATO Piemonte per contribuire all'utilizzo di tali fanghi

Ulteriore attenzione è posta alle terre e rocce da scavo, per la sostituzione di materia prima di cava più pregiata, anche prevedendo adeguati interventi di pianificazione regionale

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE ATTIVITA' E GLI OBIETTIVI DELL'ANIM

(Strategia per una politica nazionale delle materie prime)

L'ANIM, in collaborazione con il CRIET, si è fatto promotore della creazione del Laboratorio Materie Prime, che ha contribuito al dialogo tra tutti gli Stakeholders interessati allo sviluppo del settore delle materie prime, anche definendo "la strategia per una politica nazionale delle materie prime".

L'ANIM in alcuni convegni e con articoli di propri associati ha dato diffusione della politica europea delle materie prime, provvedendo anche a diffondere a livello regionale la necessità di una politica regionale delle materie prime (es. Piemonte e Lombardia)

All'interno della politica per le materie prime si considera anche l'esigenza dello sviluppo dell'economia circolare

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA

ATTIVITA' MINERARIE NEL BACINO DEL MEDITERRANEO

LABORATORIO MATERIE PRIME: La strategia per una politica nazionale delle materie prime

IGLESIAS 25 Ottobre 2019



Ing. Domenico Savoca
Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LA LEGISLAZIONE NAZIONALE IN MATERIA DI ATTIVITA' ESTRATTIVE DI MINERALI SOLIDI

La legislazione nazionale in materia di minerali solidi risale al 1927 (R.D. 29 luglio 1927, n. 1443), non ha mai subito un aggiornamento sostanziale e oggi costituisce un ostacolo sostanziale allo sviluppo del settore minerario, per le mutate condizioni operative dell'attività mineraria, nonché per l'introduzione di vincoli a tutela di interessi pubblici differenti da quelli minerari.

Tentativi di adeguamento della legislazione mineraria nazionale mediante una legge quadro si sono sempre scontrati con l'esistenza consolidata di una vasta legislazione delle regioni relativamente al settore di cava. I tentativi nazionali avevano spesso come obiettivo il recupero di competenze a danno delle Regioni e a favore dell'Amministrazione statale

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LA LEGISLAZIONE NAZIONALE IN MATERIA DI ATTIVITA' ESTRATTIVE DI MINERALI SOLIDI

Le cave e le miniere sono "attività industriali" finalizzate alla messa a disposizione del mercato di un minerale e sono trattate unitariamente con le relative pertinenze.

La distinzione tra attività estrattiva di miniera e di cava attualmente si fonda sulla differente importanza per l'economia nazionale dei minerali estratti.

Tale differenza riflette l'utilizzo economico dei minerali nell'anno 1927, senza che il legislatore nell'arco di novant'anni abbia ritenuto di intervenire per tenere conto dell'evoluzione del sistema produttivo nazionale.

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LA LEGISLAZIONE REGIONALE IN MATERIA DI ATTIVITA' ESTRATTIVE DI MINERALI SOLIDI

Ogni regione, in assenza di un orientamento nazionale in materia di attività estrattive, ha legiferato, legittimamente, in modo autonomo, differenziando concretamente il trattamento normativo, soprattutto per l'attività di cava

- 1. La differenza sostanziale si verifica nell'ambito della pianificazioni, di cui ormai quasi tutte le Regioni sono dotate*
- 2. In sede autorizzativa le competenze sono state allocate a livelli amministrativi differenti, con differenze sostanziali di sensibilità e di competenza*
- 3. Le competenze in materia di controlli sono state distribuite senza tenere conto delle professionalità*
- 4. Non si tiene ancora conto in modo adeguato dei principi europei dell'economia circolare relativamente a riutilizzo e riciclo dei sottoprodotti e dei rifiuti di estrazione, degli aggregati riciclati e delle terre e rocce da scavo*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

A livello europeo risulta ormai definitivamente abolito il concetto della suddivisione delle attività estrattive in funzione dei minerali in funzione estratti.

Le attività minerarie possono distinguersi in:

- **Attività estrattive di minerali metallici e delle terre rare**
- **Attività estrattive di minerali industriali**
- **Attività estrattive di minerali da costruzione**

A livello nazionale può ulteriormente differenziarsi l'attività estrattiva di pietre ornamentali, per le peculiarità delle singole lavorazioni, nonché per l'importanza economica del materiale prodotto e commercializzato

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Partenariato europeo per l'innovazione concernente le materie prime.

La governance dell'EIP ha prodotto un piano articolato di interventi fino al 2020, denominato Strategic Implementation Plan (SIP) per realizzare gli obiettivi prefissati, relativamente alla sicurezza dell'approvvigionamento delle materie prime

Gli argomenti specifici del SIP si inquadrano secondo i tre pilastri:

- *Pilastro tecnologico*
- *Pilastro non tecnologico*
- *Cooperazione internazionale*

Ogni pilastro è formato da aree di interesse, e ogni area di interesse è composta da aree di azione

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Critical Raw Materials

La Commissione Europea ha individuato un elenco di materie prime essenziali per l'economia europea, al fine di concentrare i propri sforzi prioritariamente su tali materie prime.

Certamente le priorità riscontrate a livello europeo si riflettono sul livello nazionale, in funzione delle attività produttive che necessitano dell'accesso alle materie prime critiche.

Il documento europeo COM (2017) 490 def ha proposto un elenco aggiornato al settembre 2017 delle 27 materie prime essenziali per l'economia europea.

Si tratta delle materie prime con un alto rischio di approvvigionamento e una grande importanza economica, per le quali un accesso affidabile e senza ostacoli è fondamentale per l'industria europea e le catene di valore

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Partenariato europeo per l'innovazione concernente le materie prime.

Pilastro tecnologico, aree prioritarie:

- *Coordinamento della ricerca e innovazione*
- *Tecnologie per la produzione delle materie prime e seconde*
- *Sostituzione di materie prime*

Pilastro non tecnologico

- *Miglioramento del quadro comunitario per lo sfruttamento delle materie prime*
- *Miglioramento del quadro comunitario per la gestione dei rifiuti minerarie, il recupero e il riciclo*
- *Conoscenza, competenze e flussi delle materie prime*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

Si riportano di seguito le proposte della Commissione relativamente alla promozione degli investimenti del settore estrattivo

- 1. Definizione di una politica mineraria nazionale, che garantisca uno sfruttamento economicamente valido delle risorse minerarie, sia armonizzata con le altre politiche nazionali, si basi sui principi dello sviluppo sostenibile e preveda un impegno a predisporre un opportuno quadro giuridico e normativo*
- 2. Istituzione di una politica di programmazione dello sfruttamento del suolo per i minerali che comprenda una base di conoscenza geologica digitale, una metodologia trasparente per l'identificazione delle risorse minerarie e stime a lungo termine della domanda regionale e locale, e che sia volta all'identificazione e alla salvaguardia delle risorse minerarie*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

Si riportano di seguito le proposte della Commissione relativamente alla promozione degli investimenti del settore estrattivo

- 3. Istituzione di procedure di autorizzazione dello sfruttamento e dell'estrazione dei minerali chiare, comprensibili e certe, che contribuiscano a razionalizzare le procedure amministrative (es. introduzione di scadenze, istanze autorizzative parallele e sportello unico se consentito dai sistemi in vigore negli Stati membri)*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

L'ANIM e il CRIET si sono fatti promotori di un accordo tra Enti ed associazioni di rilievo nazionale per la condivisione e conseguente proposta operativa di iniziative finalizzate alla definizione di una politica nazionale delle materie prime.

Partecipano al Laboratorio:

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

ANIM

CRIET

ASSOMINERARIA

ENEA

ANEPLA

POLITECNICO DI TORINO

CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE

AITEC

CNG

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

Oggi non esiste una politica nazionale delle materie prime

Difficoltà:

- Parcellizzazione delle competenze
- Vincoli costituzionali
- Assenza di strutture tecniche di rilievo nazionale competenti
- Presenza di legislazioni regionali differenziate e ormai consolidate
- Legislazione in materia idrogeologica, paesaggistica, archeologica, ambientale e relativa agli usi civici sostanzialmente ostile

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Critical Raw Materials (CRM)

➤ *Le materie prime, anche se non classificate come essenziali, sono importanti per l'economia europea, perché sono l'inizio della catena di valore della produzione. La loro disponibilità può cambiare in funzione dei flussi commerciali o dell'evoluzione delle politiche commerciali, quindi occorre diversificare l'approvvigionamento e aumentare i tassi di riciclo di tutte le materie prime*

L'elenco delle materie prime essenziali comprende:

Antimonio, barite, berillio, bismuto, borato, cobalto, carbone da coke, fluorite, gallio germanio, afnio, elio, indio, magnesio, grafite naturale, gomma naturale, niobio, fosforite, fosforo, scandio, silicio metallico, tantalio, tungsteno, vanadio, metalli del gruppo del platino, terre rare pesanti, terre rare leggere.

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Programmazione e pianificazione delle cave

La programmazione e la pianificazione delle cave devono essere finalizzate alla individuazione di strumenti tecnici e amministrativi per uno sviluppo del settore industriale estrattivi

- Tutela dei giacimenti non oggetto di coltivazione

La tutela dei giacimenti non oggetto di coltivazione costituisce elemento fondamentale di una politica delle materie prime, al fine di garantire continuità nel tempo degli approvvigionamenti

- Ricerca mineraria per il rinvenimento di nuove risorse o per la riqualificazione di quelle esistenti

Vi sono ancora elevate potenzialità di rinvenimento di nuovi giacimenti minerari, risultando a livello nazionale l'opportunità di una revisione critica delle potenzialità minerarie

- Semplificazione dei procedimenti amministrativi

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari Progetto REFRESCO

“Laboratorio materie prime”

Il “Laboratorio Materie Prime ha condiviso di recente una proposta di strategia per una politica nazionale delle materie prime, che tenga conto delle indicazioni della Commissione Europea e delle differenziazioni ormai presenti a livello regionale, nel tentativo di attuare un coordinamento della politica mineraria in accordo con le regioni e accettata dagli Stakeholders.

Sarà compito del nuovo Governo nazionale valutare le proposte del “Laboratorio Materie Prime” e, se del caso, attuarle con l’avvio di una inchiesta pubblica nazionale

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

Si riportano le azioni previste dalla strategia nazionale, naturalmente suscettibili di modifiche e integrazioni, che ad oggi rappresentano un quadro operativo il più completo possibile per l’attuazione dei principi comunitari sulla sicurezza dell’approvvigionamento delle materie prime.

- Statistiche minerarie

E’ importante poter disporre di statistiche nazionali e regionali in tempi rapidi, anche per orientare l’azione dei decisori politici nella fase normativa e pianificatoria.

- Statistiche dei materiali e dei processi End of waste e dei sottoprodotti sostitutivi delle materie prime

La conoscenza delle statistiche relative ai sottoprodotti, End of Waste, aggregati riciclati, terre e rocce da scavo, etc. costituisce elemento importante per impostare l’attuazione dei principi dell’economia circolare e della riduzione del consumo di suolo

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Conoscenza dei giacimenti

I giacimenti suscettibili di sfruttamento economico devono essere chiaramente individuati, sia in estensione areale che in cubatura probabile, tenendo conto dei vincoli presenti.

- Formazione professionale e universitaria

*L'offerta formativa per le attività del settore estrattivo risulta fortemente carente. Una inversione di tendenza è data dal conseguimento della laurea magistrale in **mining engineering** dei primi due studenti al Politecnico di Torino. Occorre, ancor introdurre specifici percorsi formativi inerenti le materie prime.*

- Creazione di un Osservatorio nazionale delle materie prime

L'Osservatorio deve monitorare sia lo sviluppo delle materie prime, sia l'attuazione della politica mineraria.

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Le strategie per la gestione delle risorse- L'Agenzia nazionale per la gestione delle risorse

Si propone, analogamente con quanto succede in molti paesi europei, la creazione di un'Agenzia che renda più efficiente lo sfruttamento delle risorse.

- Nuova legislazione mineraria nazionale

Appare ineludibile l'emanazione di una legislazione Inazionale che, conservando i principi generali del r.d. n. 1443/1927, innovi profondamente il settore estrattivo

- Compensazioni

Occorre, nei limiti del possibile, coordinare l'entità delle compensazioni ambientali richieste dalle Regioni, anche per non creare problemi di concorrenza tra Società operanti i Regioni differenti

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Comunicazione COM 699def del 4 novembre 2008

Raw Materials Initiative

- *Garantire l'accesso alle materie prime sui mercati internazionali alle stesse condizioni degli altri concorrenti industriali*
- *Determinare nell'ambito dell'UE condizioni quadro in grado di favorire un approvvigionamento sostenibile di materie prime provenienti da fonti europee*
- *Dinamicizzare l'efficienza globale delle risorse e promuovere il riciclaggio al fine di ridurre il consumo di materie prime dell'UE e di ridurre la dipendenza relativa delle importazioni*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

PRINCIPI GENERALI DELLA POLITICA EUROPEA DELLE MATERIE PRIME

Partenariato europeo per l'innovazione concernente le materie prime (European Innovation Partnership).

- *La Commissione europea ritiene che il partenariato sia un fattore trainante di progresso per tutti i tre pilastri su cui si fonda la politica europea delle materie prime, facendone un obiettivo strategico fino al 2020.*
- *Risponde alla esigenza di innovazione il programma EIP (European Innovation Partnership), finalizzato a dare all'Europa una flessibilità sufficiente a soluzioni alternative per la fornitura di materie prime fondamentali, senza trascurare l'importanza di mitigare gli impatti ambientali.*
- *L'EIP non è uno strumento di finanziamento, ma serve a riunire le varie parti interessate per trovare le soluzioni, tecniche e non, adeguate a introdurre innovazioni nel mercato.*
- *E' istituito l'High Level Steering Group (HLSG), per una governance qualificata dell'iniziativa*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Fidejussioni

L'argomento, apparentemente marginale, è fonte di notevole contenzioso. Occorre definire delle linee di indirizzo comuni a livello nazionale

- Definizione del ruolo dello Stato e delle regioni

In sede di Conferenza Stato – regioni occorre definire i rapporti operativi tra l'azione dello Stato e quella delle Autonomie, al fine di creare sinergie, nel rispetto delle specifiche competenze

- Oneri fiscali delle attività estrattive

La legislazione fiscale non dovrà penalizzare lo sviluppo del settore estrattivo

- Ricerca e supporto all'innovazione tecnologica

Occorre incidere maggiormente sugli obiettivi di ricerca di ENEA, CNR e ISPRA per il settore estrattivo, anche sfruttando maggiormente le opportunità dei bandi comunitari

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Rapporti tra attività estrattiva e Natura 2000

Occorrerà dare attuazione a livello nazionale al documento di orientamento comunitario del 2010 relativo ai rapporti tra attività estrattiva e Natura 2000

- Diffusione delle conoscenze minerarie

Si tratta di attività multidisciplinare tutte le Amministrazioni pubbliche, per la diffusione della cultura e della conoscenza mineraria, anche in collaborazione con le Associazioni culturali presenti sul territorio

- Attività di Comunicazione

La valorizzazione del settore delle materie prime non può prescindere dall'importanza di comunicare, anche sviluppando un piano integrato e coordinato

- Rapporti con le autorità locali

Miglioramento dei rapporti con le autorità locali anche per evitare l'effetto NIMBY

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

POLITICA NAZIONALE DELLE MATERIE PRIME

“Laboratorio materie prime”

- Valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria estrattiva

Valorizzazione dei sotto prodotti per il settore degli inerti, naturali e da riciclo, al fine di evitare la produzione di rifiuti

- Rifiuti minerari

Azioni da implementare per interventi di bonifica e recupero discariche minerarie dismesse o in esercizio, con inserimento di tale attività all'interno dei piani estrattivi

- Riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione
- Valorizzazione dei sottoprodotti e dei rifiuti provenienti da altri settori
- Recupero di materia prima ed energia nei cementifici
- Altre azioni all'interno della filiera

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Quadro normativo e azioni di finanziamento a livello europeo e internazionale per la sostenibilità e la sicurezza nel settore minerario

Rossana Bellopede , Paola Marini
Department of Environment, Land and Infrastructure, Politecnico di Torino.

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019



ENSURE SUSTAINABLE CONSUMPTION
AND PRODUCTION PATTERNS



Necessità di aggiornare Norme di Polizia delle Miniere e delle Cave (DPR 9 aprile 1959, n. 128) tenendo conto dell'innovazione tecnologica e delle recenti disposizioni legislative e normative sul tema della tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori :

D. Lgs. n. 81/2006 e s.m.i **Testo Unico sulla Sicurezza del Lavoro**

ISO45001: 2018 **Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use**



Sostenibilità ambientale



Sicurezza sul lavoro

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

Directive 92/104/EEC - mineral-extracting industries on the minimum requirements for improving the safety and health protection of workers in surface and underground mineral-extracting industries

Directive 92/91/EEC - mineral-extracting industries – drilling concerning the minimum requirements for improving the safety and health protection of workers in the mineral-extracting industries through drilling

 COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

Brussels, 23.10.2000
COM(2000) 664 final

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION

**Safe operation of mining activities:
a follow-up to recent mining accidents**

no del Mediterraneo

 ENVIRONMENT

From <https://ec.europa.eu/environment/waste/mining/index.htm>

Construction and Demolition Waste
RoHS in EEE
WEEE
End of life vehicles (ELV)
Mining
Packaging
PCBs / PCTs
POPs
Polyvinyl Chloride (PVC)
Sewage sludge
Ships
Titanium dioxide

Extractive Waste

What's new ?

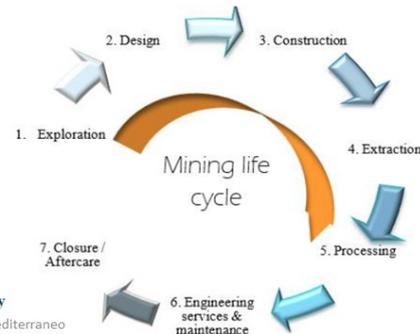
- ▶ **4 March 2019:** Publication of the [Guidance document on best practices in the Extractive Waste Management Plans](#).
- ▶ **18 December 2018:** Publication of the Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC ([MWEI BREF](#)).
- ▶ **26th January 2018:** A workshop on [financial guarantees](#) in the field of extractive waste management was organised in Brussels by the European Commission. [Presentations are available here](#).
- ▶ **August 2017:** A study on the implementation of the Extractive Waste Directive is now [available](#).
- ▶ **6 September 2016:** [Adoption of the Commission report on the implementation of Directive 2006/21/EC on the management of waste from extractive industries](#).

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

Extractive materials management (including waste) practices start at the design phase for the mine operation.

Optimisation of ore extraction and minimisation of waste generation can be accomplished by strengthening the first steps of the extractive industries life-cycle, such as exploration, characterisation and operation design, taking also into consideration the commercial environment.

- waste rock (mine rock piles);
- tailings (processing waste);



2 Risk based considerations

4 Best Practices from EWMPs related to Circular Economy

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

Best Practice and relevance for Circular Economy

Effective exploration and site lay out

Integrated planning based on the following waste management objectives: prevention, re-use and recycling, highlighting the design phase as a basic step to achieve the Circular Economy principles contribute to the social acceptance of an extractive operation.

Effective characterisation of the resource and extractive waste and advance planning of the operation improves the efficiency of extraction, avoids sterilisation of resources (i.e. helps future generations to have access to virgin raw materials), ensuring a continued, steady and adequate supply of the raw materials needed by society and minimises the amount of unnecessary extraction and thus reduces waste.

Effective rock breaking

The optimisation of the process of drilling and blasting and the selection of the appropriate extraction equipment leads to the reduction of drill time (energy efficiency), consumption of explosives and of waste generation. Furthermore, this practice enables efficient ore excavation and helps to prevent sterilisation of unextracted mineral material on site.

Efficient haulage

Optimising the access to the operational site and transport network and choosing an adequate hauling equipment and technique usually leads to efficient use of energy, less disturbance to surroundings and in some cases reduces the amount of rock to be excavated.

CHARACTERISTICS OF THE EXTRACTIVE WASTE

At EU level, the most relevant standards applicable to investigating the expected behaviour and characteristics of future extractive wastes are:

CEN/TR 16365:2012 Characterisation of waste. Sampling of waste from extractive industries

CEN/TR 16376:2012 Characterisation of waste. Overall guidance document for characterisation of waste from the extractive industries

CEN/TR 16363:2012 Characterization of waste. Kinetic testing for assessing acid generation potential of sulphidic waste from extractive industries

CEN/TS 16229:2011 Characterization of waste. Sampling and analysis of weak acid dissociable cyanide discharged into tailings ponds

EN 15875:2011 Characterization of waste. Static test for determination of acid potential and neutralisation potential of sulphidic waste

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

Best Practice and relevance for Circular Economy

Effective ore sorting and selective ore processing

Waste management objectives regarding prevention, re-use, and recycling highlight that the distinction between ore and waste rock may strengthen the application of Circular Economy principles by producing secondary raw material and by reducing the environmental footprint of extractive waste.

Effective usage of excavated materials

Placing of excavated materials back into excavation voids contributes to the prevention/reduction of space needed for the disposal of extractive wastes and their harmfulness. The extractive material is not deposited or stored at the surface and at the same time contributes to the remediation purposes.

Construction minerals as marketable materials from extractive wastes

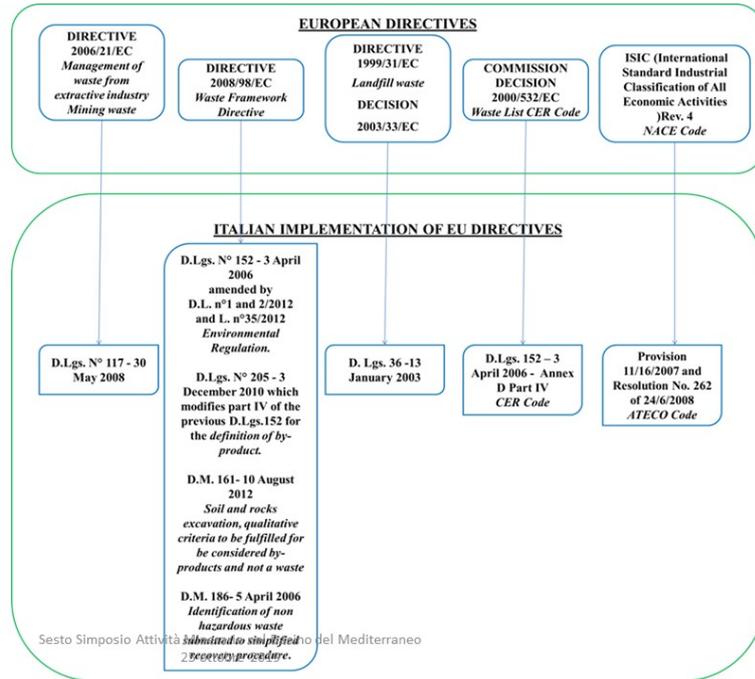
Using extracted by-product or waste as construction minerals – as far as it is technically feasible and environmentally sound – leads to less extractive waste being generated and offsets primary production of construction minerals elsewhere.

Disposal planning and management for later recovery

Effective monitoring of the implementation of the EWMPs and their review

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo

REGULATIONS OVERVIEW



Metals concentration limits

D.M. 5 april 2006 n. 186 Leaching test –Allegato 3

Parameters	U.M	Concentration limits
Nitrati NO3	mg/l	50
Fluoruri F	mg/l	1.5
Solfati SO4	mg/l	250
Cloruri Cl	mg/l	100
Cianuri Cn	µg/l	50
Bario Ba	mg/l	1
Rame Cu	mg/l	0.05
Zinco Zn	mg/l	3
Berillio Be	µg/l	10
Cobalto Co	µg/l	250
Nichel Ni	µg/l	10
Arsenico As	µg/l	50
Vanadio V	µg/l	250
Cadmio Cd	µg/l	5
Cromo Totale Cr	µg/l	50
Piombo Pb	µg/l	50
Selenio Se	µg/l	10
Mercurio Hg	µg/l	1
Amianto	mg/l	30
COD	mg/l	30
Ph		5.5<>12.0

Chemical analysis– Annex 5 titolo V part IV D.Lgs. 152/06

Parameters	Column A green site – public site [mg/kg ss]	Column B industrial site [mg/kg ss]
Arsenico	20	50
Cadmio	2	15
Cobalto	20	250
Nichel	120	500
Piombo	100	1000
Rame	120	600
Zinco	150	1500
Mercurio	1	5
Idrocarburi C>12	50	750
Cromo totale	150	800
Cromo VI	2	15
Amianto	1000	1000

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

SILICA STONE SLUDGE : MAIN CHALLENGES FOR CORRECT WASTE MANAGEMENT

CHEMICAL PROPERTIES of the waste: presence of metals and TPH, sometimes over the threshold values, which can pollute water and soil if residual sludge are not properly managed.

Samples	Sb mg/kg	As mg/kg	Be mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr tot mg/kg	Cr VI mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Se mg/kg	Sn mg/kg	Tl mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg	Cyanide mg/kg	Fluoride mg/kg	TPH mg/kg
GSS1-VCO	2,4	11,7	<0,5	<0,5	9,5	66,9	22,1	<0,5	32,7	<2,5	116,2	<0,5	<0,5	<0,5	36,8	60,2	<0,2	<2,5	57,1
GSS2-VCO	3,1	10,3	<0,5	<0,5	7,8	41,8	31,2	0,5	31,8	3,7	96,0	<0,5	<0,5	<0,5	27,7	49,2	<0,2	3,2	115,9
GSS3-VCO	2,2	10,8	<0,5	<0,5	8,3	50,5	23,3	0,5	30,5	<2,5	111,0	<0,5	<0,5	<0,5	28,3	50,1	<0,2	<2,5	43,0
GSS4-VCO	3,6	13,2	<0,5	<0,5	10,4	130,1	70,1	<0,5	86,5	4,7	186,0	<0,5	<0,5	<0,5	21,5	54,5	<0,2	5,2	122,4
GSS5-VCO	4,2	11,4	<0,5	<0,5	9,0	62,6	22,5	<0,5	24,9	<2,5	74,0	<0,5	<0,5	<0,5	27,2	54,9	<0,2	3,6	79,6
GSS-LS	ND	<0,1	<1	<0,1	5,4	250,0	ND	<0,01	133,1	52,5	180,7	<0,1	ND	ND	<0,1	25,52	ND	ND	ND
DSS1-VCO	1,8	36,7	<0,5	<0,5	34,1	8,7	3,8	0,7	6,4	19,2	52,5	<0,5	<0,5	<0,5	16,1	102,3	<0,2	2,9	113,1
DSS2-VCO	3,1	4,9	<0,5	<0,5	67,5	5,2	1,2	0,7	16,8	<2,5	49,5	<0,5	<0,5	<0,5	22,3	53,5	<0,2	2,8	38,3
DSS3-VCO	2,3	7,2	<0,5	<0,5	49,9	7,6	1,5	0,7	12,3	10,5	56,7	<0,5	<0,5	<0,5	13,0	52,9	<0,2	<2,5	166,7
DSS4-VCO	2,6	4,4	<0,5	<0,5	98,6	16,4	2,2	0,8	9,7	<2,5	116,9	<0,5	<0,5	<0,5	31,3	64,6	<0,2	3,3	88,1
DSS5-VCO	2,0	5,8	<0,5	<0,5	40,8	6,6	2,0	0,7	4,5	<2,5	35,1	<0,5	<0,5	<0,5	35,6	56,5	<0,2	3,7	432,5
DSS6-VCO	3,1	4,5	<0,5	<0,5	47,0	<5,0	<1,0	0,5	2,6	5,5	49,8	<0,5	<0,5	<0,5	28,3	59,7	<0,2	<2,5	48,1
DSS7-VCO	3,1	2,5	<0,5	<0,5	82,5	<5,0	35,6	0,5	2,7	<2,5	94,3	<0,5	<0,5	<0,5	26,0	50,7	<0,2	2,9	161,3
DSS-LS	ND	<0,1	<1	<0,1	31,7	8,7	ND	<0,01	17,9	19,3	107,9	<1	ND	ND	<1	109,13	ND	ND	ND
MS1-VCO	2,5	14,1	<0,5	<0,5	13,8	209,9	63,5	<0,5	116,9	<2,5	188,5	<0,5	<0,5	<0,5	31,0	55,6	<0,2	4,3	62,6
MS2-VCO	3,1	9,2	<0,5	<0,5	10,2	56,4	41,9	0,5	39,4	<2,5	86,9	<0,5	<0,5	<0,5	30,1	56,1	<0,2	4,0	79,8
MS3-VCO	3,0	7,9	<0,5	<0,5	7,2	19,3	12,3	0,5	12,7	3,0	35,6	<0,5	<0,5	<0,5	31,2	69,6	<0,2	3,3	120,7
MS-LS	ND	<0,1	<1	<0,1	26,2	18,2	ND	<0,01	<1	23,0	41,9	<1	ND	ND	<1	24,82	ND	ND	ND
Limits Column A (D.Lgs. 152/06, Tab. 1, Annex 5, Title V part IV)	10,0	20,0	2,0	2,0	20,0	150,0	2,0	1,0	120,0	100,0	120,0	3,0	1,0	1,0	90,0	150,0	1,0	100,0	50,0
Limits Column B (D.Lgs. 152/06, Tab. 1, Annex 5, Title V part IV)	30,0	50,0	10,0	15,0	250,0	800,0	15,0	5,0	500,0	1000,0	600,0	15,0	350,0	10,0	250,0	1500,0	100,0	2000,0	750,0

The European funding opportunities

CE-SPIRE-09-2020: Alternative mineral resources for high volume production (IA)

The challenge is to develop technologies for the uptake of secondary raw materials based on industrial symbiosis, waste collection, or water treatment systems, and leading to new value chains or even value loops (i.e. reusing waste, by-products and recycled materials repeatedly) instead of just further optimising existing processes. Such new technologies should enable overcoming barriers such as low costs of primary raw materials or differences in taxes across countries and regions (e.g. landfilling taxes for primary and secondary raw materials).

The European funding opportunities

CE-SC5-07-2020: Raw materials innovation for the circular economy: sustainable processing, reuse, recycling and recovery schemes

Scope: Actions should develop and demonstrate innovative pilots for the clean and sustainable production of non-energy, non-agricultural raw materials in the EU from primary and/or secondary sources finishing at Technology Readiness Levels (TRL) 6-7.

a) Sustainable processing and refining of primary and/or secondary raw materials: Actions should demonstrate new or improved systems integrating relevant processing and refining technologies for better recovery of minerals and metals at increased efficiency in terms of better yield and process selectivity as well as better utilisation of resources (hence reducing wastes). This would include processing of and recovery from low grade and/or complex ores and/or from industrial or mining wastes or landfills, and/or the reduction of the content of toxic elements or compounds in the resulting materials. The importance of the

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

The European funding opportunities

SC5-26-2020: Sustainable management in extractive industries

Scope: The actions should strengthen raw materials policy framework and foster mineral production in the EU. They should ensure cross-sectoral policy coordination and integration aspects covering economic, environmental and social aspects in the value chain of the extractive life cycle from finding and access to deposits to closure and rehabilitation, while focusing on access to deposits and permitting process. Actions should take into account various external stakeholder interests and the general public, address circular economy and sustainable development aspects.

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019



MINERAL PROCESSING AND EXTRACTIVE METALLURGY FOR MINING AND RECYCLING INNOVATION ASSOCIATION

Lo scopo di PROMETIA (nata nel 2014) è quello di costituire una rete europea di ricerca e sviluppo riguardanti il trattamento dei minerali e la metallurgia estrattiva (comprendendo anche di trattamento dei minerali metalliferi) per la valorizzazione delle risorse primarie e secondarie.

L'associazione intende promuovere e facilitare la cooperazione internazionale tra i suoi membri per scopi di Ricerca e Sviluppo in ambito europeo, negli ambiti sopra specificati. PROMETIA ha inoltre come scopo quello di contribuire all'innovazione e alla diffusione dei risultati e facilitarne l'attuazione e il trasferimento in campo industriale.

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019



Tuesday, October 22 nd 2019	
08:00	Registration
08:30	Welcome
08:45	Eramet innovation strategy
09:15	Cooperation and funding opportunities
09:45	RECLAMET - RECLAIMing valuable METals from process residues through Hisarna ironmaking
10:15	Coffee Break
10:45	Alternative coke for up-scaling – Successful development for laboratory-pilot- industrial and implementation
11:15	Waste reclamation and upscaling with added value – Process Kish
11:45	RIGaT - recovery of indium, germanium and tin from lead bearing alloys generated in zinc refinement for direct implementation in industrial practice – KIC upscaling project
12:15	Industrial aluminium pilot at Karmøy – Hydro ASA
12:45	Lunch
13:30	Casting simulator – a pilot tool to optimize casting technology
14:00	Pilot-scale development of the LICO process to produce lithium carbonate from industrial waste water

INDUSTRY	SMEs	PILOTING FACILITIES	RESEARCH ORGANISATIONS	ACADEMIA
ELKEM	AMPHOS 21	GTX	BRGM	Chalmers
ERAMET	AdMIRIS	IMN	CEA	FCT/UNL
	BiotaTec	Suerin AB	VTT	ICCRAM
	ECORECYCLING		EURECAT	ICSM
	E-MINES		ORANQ	INP Toulouse
	Extrachive			KU Leuven
	IDENER			LUT
	Triskem			LabMet NTUA
	LGI			TU Delft
	ENCO			UNI KL
	Avertana			University of Lorraine
	CTA			University of Exeter
				UPC
				POLITO
				KIT

Sesto Simposio Attività Minerarie nel Bacino del Mediterraneo
25 ottobre 2019

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ASSOCIAZIONE MINERARIA SARDA

ATTIVITA' MINERARIE NEL BACINO DEL MEDITERRANEO

Le professioni tradizionali ed emergenti del settore estrattivo, opportunità per la formazione e la certificazione professionale

ing. Domenico Savoca
Presidente ANIM

Ing. Orlando Pandolfi
Vice Presidente ANIM



IGLESIAS, 25 Ottobre 2019

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA E IN MINIERA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

□ *Le norme di polizia delle miniere e delle cave (DPR n. 128/1959) individuano soltanto due figure professionali che devono essere obbligatoriamente presenti nella denuncia di esercizio sottoscritta dal titolare di concessione mineraria o di autorizzazione di cava, con esclusivo riferimento alla gestione delle problematiche di sicurezza*

- 1. Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro*
- 2. Il sorvegliante dei posti di lavoro*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *Il Direttore responsabile, oltre al titolo di studio previsto dalla legislazione nazionale, deve possedere capacità e competenze adeguate, e tali qualità devono essere certificate dal datore di lavoro in sede di denuncia di esercizio*
- ❑ *Il titolare sottoscrive spesso la denuncia di esercizio senza avere piena conoscenza e coscienza del valore della propria azione, in quanto raramente si preoccupa di accertare capacità e competenza del Direttore responsabile*
- ❑ *Non vi sono indicazioni di provenienza obiettiva che supportino la scelta del Titolare, il quale agirà secondo propri personali convincimenti, spesso non giustificati dalle specifiche caratteristiche professionali dei nominati*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *E' una figura fondamentale nel sistema prevenzionistico del settore estrattivo, su cui ricade la costante responsabilità della gestione dei luoghi di lavoro*
- ❑ *Il Direttore responsabile, con l'introduzione degli obiettivi di tutela del sistema prevenzionistico di origine comunitaria, codificato con la legislazione nazionale di cui al decreto legislativo n. 624/1996, ha perso gran parte del ruolo portante previsto dalle norme di polizia mineraria di cui al DPR N. 128/1959*
- ❑ *Il Direttore responsabile diviene l'esecutore della politica della prevenzione stabilita dal titolare, che predispone in DSS, poi sottoscritto per accettazione dallo stesso Direttore responsabile*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *Nel sistema prevenzionistico delineato dalla Commissione europea il Direttore responsabile è una figura tecnica con esperienza di problematiche di sicurezza del settore estrattivo, e per tale figura non è richiesto uno specifico titolo di studio*
- ❑ *Le problematiche di sicurezza sono affrontate dai progettisti, cui è richiesta adeguata esperienza e competenza: in effetti l'argomento sicurezza deve essere affrontato sin dalla fase iniziale di impostazione del ciclo produttivo minerario*
- ❑ *Risulta stridente il contrasto tra il DPR n. 128/1959 e il decreto legislativo n. 624/96 circa il ruolo degli attori principali della sicurezza*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *Il possesso di un determinato titolo di studio, pur significativo per l'attestazione delle conoscenze di carattere generale, spesso non fornisce garanzia di possesso delle necessarie competenze prevenzionistiche nel settore estrattivo, vista l'estrema variabilità di contenuto dei programmi universitari: la soppressione delle facoltà di ingegneria mineraria e la crisi lampante di vocazione degli istituti tecnici industriali per periti minerari*
- ❑ *La capacità, in assenza di attestazioni specifiche, risulta difficilmente determinabile e dimostrabile da parte di un terzo e nei confronti della pubblica amministrazione*
- ❑ *Generalmente la verifica della capacità e delle competenze adeguate del Direttore responsabile è effettuata in sede di indagine su un infortunio o a seguito del riscontro di violazioni di legge*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

La Formazione del Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *Il Direttore responsabile, se ingegnere o geologo, deve essere in possesso dell'abilitazione all'esercizio della professione, pur senza l'obbligo di essere iscritto a un albo professionale, per cui non può essere assimilato a un professionista, pur avendone i titoli*
- ❑ *Occorre verificare come oggi questa figura professionale possa acquisire, in assenza di uno specifico titolo di studio minerario, una formazione adeguata, certificata e verificabile*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Direttore responsabile dei luoghi di lavoro

- ❑ *La regione Lombardia, con deliberazione n. 4432 del 30 novembre 2015, per sopperire a una carenza a livello nazionale, ha determinato contenuti e durata dei corsi di formazione specifica del direttore responsabile nelle attività estrattive con riferimento ai candidati in possesso di un diploma in discipline tecniche industriali.*
- ❑ *Il contenuto del corso potrebbe essere preso a riferimento in linea generale per valutare la capacità e competenza di altre figure professionali, tenendo comunque conto della preparazione scolastica o universitaria già acquisita*
- ❑ *Richiamo l'esempio del Responsabile del Servizio di prevenzione e protezione, di cui all'art. 32 del D. Lgs. n. 81/08 per il quale è previsto un corso di formazione specifico in relazione al possesso di requisiti adeguati alla natura dei rischi presenti sul luogo di lavoro*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

DOCUMENTO DI SICUREZZA E SAKUTE (DSS): STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO (Esempio)

Responsabilità del sorvegliante

Il sorvegliante rappresenta, con riferimento ai controlli di stabilità in corso d'opera, l'anello principale della catena, in quanto:

- *verifica direttamente e costantemente i fronti di cava*
- *ha cognizione dell'evoluzione nel tempo degli scavi minerari*
- *Riceve le comunicazioni dei lavoratori*
- ❑ *Deve essere posta particolare attenzione alla formazione, perché il sorvegliante possa agevolmente esercitare la sua funzione di protagonista e testimone sul terreno*
- ❑ *In caso riscontri scostamenti significativi del fronte dai parametri di progetto deve sempre riferire e fare riferimento al direttore responsabile.*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Il Sorvegliante del posto di lavoro

- ❑ *Il sorvegliante è una figura strategica nelle miniere e nelle cave, perché assicura il necessario raccordo operativo tra i lavoratori e il Direttore responsabile, con riferimento sua alla sicurezza dei lavoratori stessi, sia al raggiungimento degli obiettivi di produzione definiti dall'azienda*
- ❑ *Il Titolare attesta il possesso della capacità e delle competenze adeguate ai compiti da svolgere nella specifica attività cui è preposto in sede di denuncia di esercizio, senza che vi siano disponibili criteri, norme, disposizioni, etc. de supportino tale attestazione*
- ❑ *Occorre prevedere un cammino specifico per la formazione del Sorvegliante, a livello normativo, operativo e per la prevenzione in materia di salute e sicurezza*
- ❑ *L'ANIM sta predisponendo, insieme alla Commissione risorse dell'Ordine degli Ingegneri di Torino un disciplinare specifico in materia di formazione*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Altre figure professionali presenti in cava

- La conduzione di un'attività estrattiva prevede la presenza necessaria di ulteriori figure professionali, per specifiche funzioni legate alla gestione economica del ciclo produttivo.*
- La figura certamente più rilevante è quella del responsabile della programmazione e produzione in cava, spesso denominato Capo cava, cui corrisponde, per il settore di miniera, quella del Capo servizio*
- Si tratta di figure professionali di grande rilevanza, seppur prive di riconoscimento formale, destinate ad interloquire sia con il Direttore responsabile, sia con il Sorvegliante, dei quali spesso condizionano le scelte gestionali ai fini della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Le figure professionali presenti in cava e la formazione

- Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori, di cui all'art. 15 del D. Lgs. n. 81/08 prevedono l'attività di formazione tra quelle di maggior rilievo ai fini del raggiungimento degli obiettivi dell'attività di prevenzione*
- La formazione interessa tutti i livelli operativi aziendali, dal lavoratore al dirigente*
- La formazione viene spesso intesa come adempimento formale e non come occasione di crescita professionale*
- La formazione contribuisce a creare la consapevolezza del ruolo e migliora l'attenzione verso i problemi della sicurezza*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

LE PROFESSIONALITA' IN CAVA INDIVIDUATE DALLA
LEGISLAZIONE PREVENZIONISTICA MINERARIA

Le figure professionali presenti in cava e la formazione

Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori di cui all'art. 15 del D. Lgs. n. 81/08 prevedono l'attività di

formazione, tra quelle di maggior rilievo ai fini del raggiungimento

degli obiettivi dell'attività di prevenzione

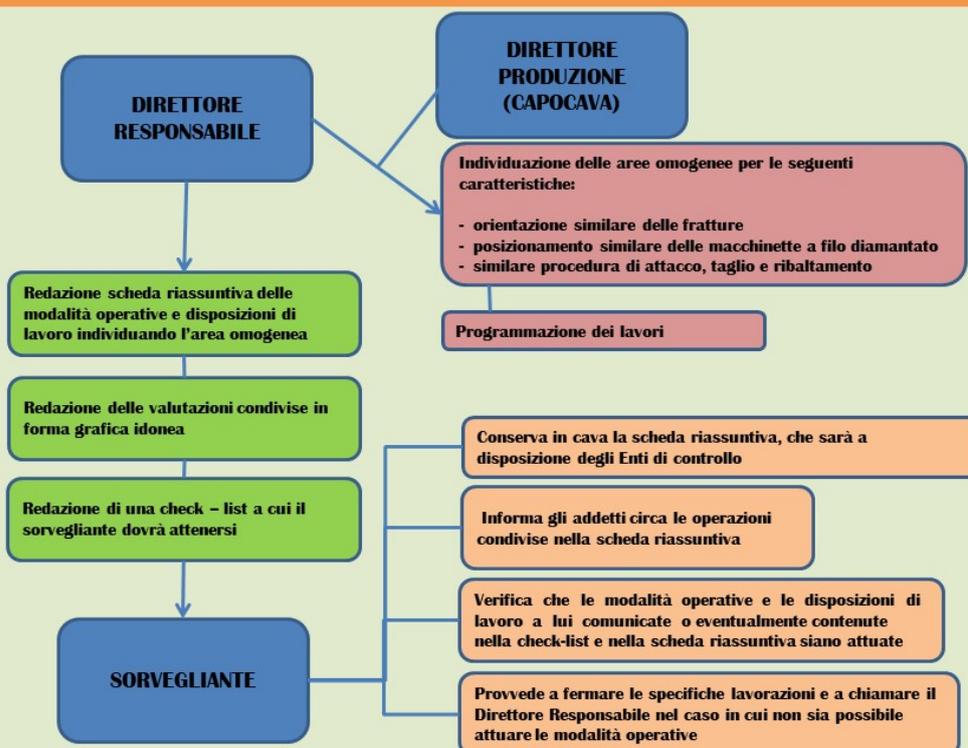
La formazione interessa tutti i livelli operativi aziendali, dal lavoratore

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

IL CAPO CAVA – FUNZIONI

- ❑ *La figura del Capo cava, se pur con diverse denominazioni, è presente in quasi tutte le attività estrattive: talvolta tale ruolo è ricoperto dallo stesso imprenditore o dal sorvegliante*
- ❑ *Il Capo cava assicura il raggiungimento quotidiano degli obiettivi produttivi e la qualità dei prodotti della cava, rispondendo alle esigenze immediate della parte commerciale dell'azienda*
- ❑ *Le funzioni di Capo cava devono rapportarsi con quelle del Direttore responsabile e del sorvegliante, responsabili dell'attuazione dei principi di sicurezza in azienda*
- ❑ *Non sempre gli obiettivi della produzione sono compatibili con quelli della sicurezza, quindi occorre trovare il giusto coordinamento*

ANIM – IMM BARI 16 maggio 2013



ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA”

L'ANIM ha ritenuto necessario proporre agli operatori del settore estrattivo un documento denominato

Disciplinare per la certificazione della professione di responsabile della programmazione e della produzione in cava: Capo cava

al fine di supportare il sistema produttivo delle cave nel raggiungimento dei obiettivi industriali e di tutela

Elementi di chiarezza delle funzioni del capo cava e dei rapporti con le altre professionalità in cava sono richiesti anche da alcuni Organi di vigilanza nelle aree a maggiore vocazione estrattiva

Il disciplinare del capo cava fa riferimento alle attività estrattive di materiale lapideo e di altri materiali, a cielo aperto e in sotterraneo

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA”

- LA CERTIFICAZIONE -

Il disciplinare proposto definisce i contenuti necessari della formazione e per la successiva certificazione da parte di un Organismo di certificazione

La certificazione offre all'imprenditore le garanzie formali e sostanziali circa la corretta attribuzione della funzione operativa di “Capo cava” ad una professionalità adeguatamente formalmente riconosciuta

La certificazione di “Capo cava” rende chiari compiti e funzioni nell'attività produttiva ordinaria, con conseguenti individuazione delle responsabilità circa il rispetto degli impegni conseguenti all'autorizzazione di cava e al rispetto del progetto di coltivazione

Il “Capo cava” cura l'attuazione delle disposizioni normative e delle prescrizioni ambientali contenute nei provvedimenti autorizzativi

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA” - COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE - -

Il Capo cava, in coordinamento con le altre figure presenti in cava

- 1. Verifica l'attuazione del programma di produzione e assegna le attività lavorative giornaliere alle maestranze per il raggiungimento degli obiettivi*
- 2. Attua le attività di monitoraggio, di buon andamento ai fini della produzione, delle macchine e degli impianti secondo i piani specifici predisposti*
- 3. Attua il coordinamento e controllo ai fini della produzione delle imprese e/o lavoratori autonomi operanti nello stesso luogo di lavoro*
- 4. Controlla e verifica giornalmente la produzione, proponendo al titolare eventuali interventi migliorativi*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA” - COMPITI E ATTIVITA' SPECIFICHE -

Il Capo cava, in coordinamento con le altre figure presenti in cava

- 5. Svolge le sue attività di pianificazione della produzione in stretto coordinamento con il Direttore responsabile e il sorvegliante, attuando le specifiche procedure*
- 6. Controlla l'attuazione di quanto descritto nel piano di coltivazione e delle prescrizioni delle autorizzazioni per quanto riguarda limiti di coltivazione, volumi e quantità*
- 7. Attua quanto riportato dal piano di coltivazione e dalle prescrizioni delle autorizzazioni nel rispetto degli aspetti ambientali connessi ai processi operativi in cava, coordinando gli operatori, direttamente sotto la direzione del titolare*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA” - CONOSCENZE E ABILITA' ASSOCIATE ALL'ATTIVITA' PROFESSIONALE -

1. *Conoscenze*
2. *Esperienze*
3. *Caratteristiche e abilità professionali*
4. *Competenze*
5. *Etica professionale*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

IL CAPO CAVA – FUNZIONI

- La figura del Capo cava, se pur con diverse denominazioni, è presente in quasi tutte le attività estrattive: talvolta tale ruolo è ricoperto dallo stesso imprenditore o dal sorvegliante*
- Il Capo cava assicura il raggiungimento quotidiano degli obiettivi produttivi e la qualità dei prodotti della cava, rispondendo alle esigenze immediate della parte commerciale dell'azienda*
- Le funzioni di Capo cava devono rapportarsi con quelle del Direttore responsabile e del sorvegliante, responsabili dell'attuazione dei principi di sicurezza in azienda*
- Non sempre gli obiettivi della produzione sono compatibili con quelli della sicurezza, quindi occorre trovare il giusto coordinamento*

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA” - ITER DI CERTIFICAZIONE-

- Evidenze documentali*
- Prove di esame in:*

Materie di base (nozioni di sicurezza del lavoro, sistemi per la gestione della sicurezza, descrizione e valutazione di un ammasso roccioso, metodi di coltivazione, interazione macchine e ambiente, cenni di legislazione ambientale)

Materie specialistiche (metodi ispettivi delle fronti, scelta, uso e manutenzione delle attrezzature, impianti, apparecchiature e mezzi speciali, gestione del detrito, gestione dei rifiuti minerari, gestione delle procedure ambientali, leadership gestionale, gestione degli approvvigionamenti)

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

ANIM – IL DISCIPLINARE DI “CAPO CAVA” - ITER DI CERTIFICAZIONE-

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova pratica orale

La prova scritta è volta ad accertare la conoscenza e la corretta applicazione delle metodologie necessarie a svolgere l'attività di Capo cava

La prova pratica orale consiste nell'esame di situazioni tecnico-operative attinenti alla realtà dell'attività professionale, per valutare le abilità, le competenze e le capacità relazionali

L'esame è condotto da una commissione nominata dall'Ente di Certificazione

ANIM – Associazione Nazionale Ingegneri Minerari

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

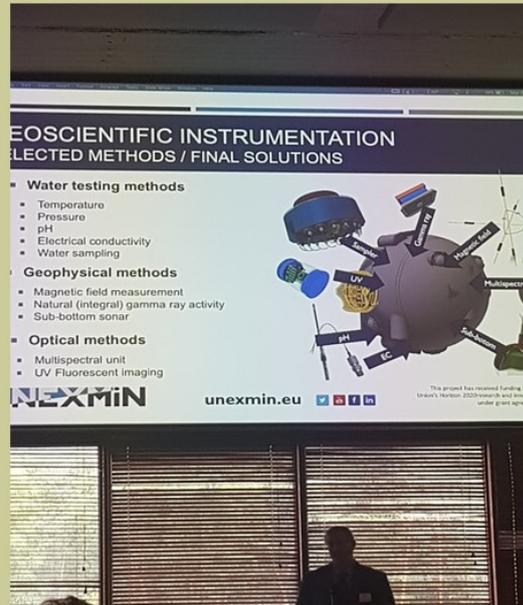
Attività minerarie minerarie nel bacino del Mediterraneo

VI SIMPOSIO

Attività Minerarie e materie prime di importanza critica: problemi e sfide per uno sviluppo sostenibile

*Dott. Geologist Gabriele Ponzoni (IT)
National Council of Geologists CNG Italy, & Responsible for EU and non-EU relations
General Secretary of the European Federation of Geologists EFG UE*

Olanda 26 settembre: conferenza finale del **progetto UNEXMIN**

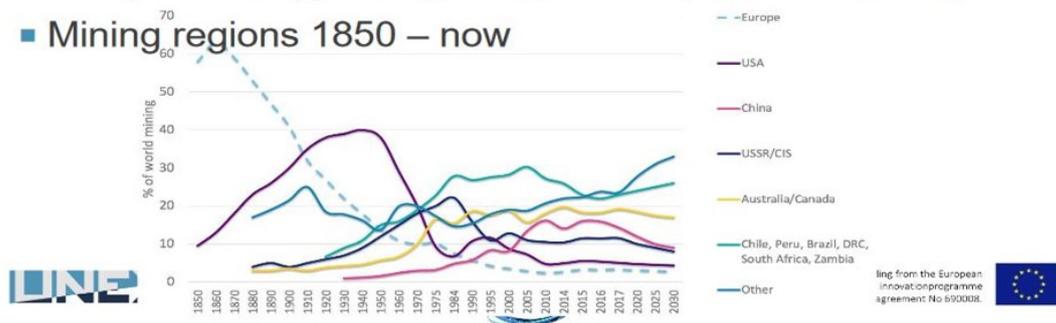


<https://www.unexmin.eu/unexmin-final-conference/#tab-id-6>

Historical aspect

- Europe's strong mining tradition & dependent industry

- Mining regions 1850 – now



- European economy is one of the biggest consumers of the raw materials (RM), but at the same time exploits only a small portion of commodities it needs to sustain the economy and jobs (indirectly 1 million jobs depend on mining industry)
- Despite the fact that the Europe needs the RM for the energy transition and minimising climate crisis, it tackles the challenge of RM too slowly

UNEXMIN



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 690008.

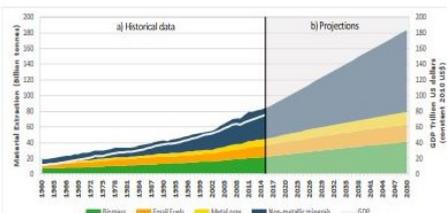




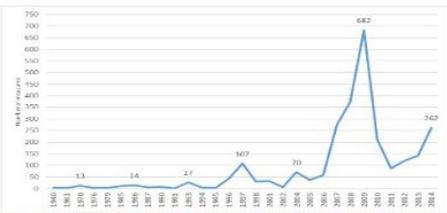
Why raw materials matter?

- 1 Impact** on all value chains and economy
- 2 Transition** to a low carbon and circular economy
- 3 Increase** of raw materials demand
- 4 Increase** of export restrictions





Global material extraction by resource type
Source: Raw materials Scoreboard 2018 in prep., UNEP, World Bank



Annual breakdown of total number of export restriction imposed on exports of raw materials commodities and still in force in 2014.
Source: JRC calculations based on OECD's Inventory on export restrictions on Industrial Raw Materials.

Raw





European Council conclusions, 22 March 2019

'the Commission is invited to present, by the end of 2019, **a long-term vision for the EU's industrial future**, with concrete measures to implement it. It should address the challenges European industry faces, touching upon all relevant policy areas'



POLITICAL GUIDELINES FOR THE NEXT EUROPEAN COMMISSION 2019-2024

By candidate for President of the European Commission

Ursula von der Leyen

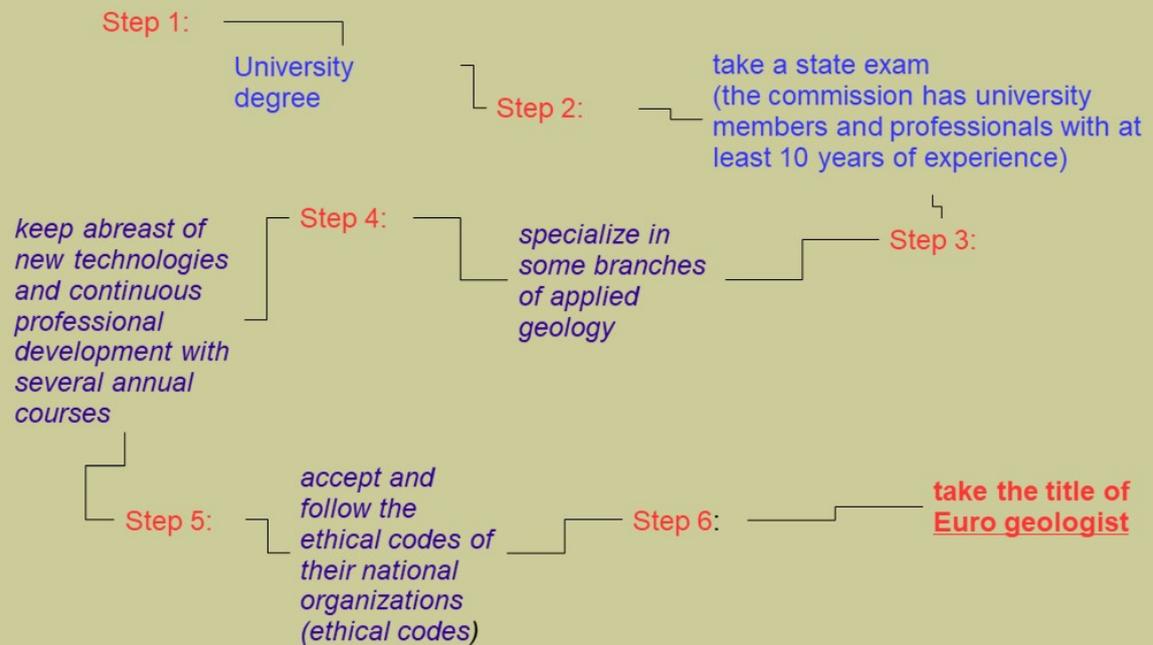
European Green Deal

'To become world's **first climate-neutral continent**'

'We will be a **world leader in circular economy** and clean technologies. We will work to **decarbonise energy-intensive industries**'

'I will propose a **New Circular Economy Action Plan** focusing on sustainable resource use, especially in resource-intensive and high-impact sector'

but now, we try to understand exactly how a professional geologist works and has gained experience



the world of professional geologists in the EU ... they are around 45,000



EFG Code ...

Preamble

Geology is a science that deals with the composition, structure, resources, history and evolution of the Earth and the application of this science. The practice of geology is a profession for those who possess the necessary qualifications and/or professional experience recognised by their appropriate national body or under the law, and whose living comes essentially from that work.

General Principles

1. All geologists following this Code must pay regard to their professional conduct to the standards and to the spirit of the following clauses, so as not to harm the dignity of the profession.
2. The privilege of exercising the profession of geology demands the highest standards of integrity, morality, professional conscience and moral responsibility.
3. The geologist is responsible for the impression he/she gives of the profession in the opinion of those around him/her and of the public at large.
4. The geologist is obliged to maintain professional secrecy, and to protect third parties.



https://eurogeologists.eu/wp-content/uploads/2017/07/Code_Ethics_June2017.pdf

Relations with other Geologists

5. The rules of loyalty and honesty should control the actions of the geologist towards his/her colleagues, his employers and to third parties with whom he/she is in contact. In particular, he/she is required not to divulge information liable to discredit another colleague.
6. The geologist must not put his/her name to anything that is untrue, nor make agreements that prejudice his/her client's position.*

Working environment

12. A respectful and fruitful working environment is fundamental for maintaining a high level of professionalism. Therefore, discrimination or harassment, either sexual or of any other kind, is unacceptable because it offends the dignity of persons and seriously undermines the atmosphere of trust essential to the work of all geologists. Such actions should be denounced immediately to authorities. It is unprofessional and unethical to condone any kind of discrimination or harassment or to disregard complaints of harassment from colleagues or staff.

* #6 holds priority over #5

European Federation of Geologists
C/O Service Géologique de Belgique
Rue Jenner 13, B-1000 Bruxelles, Belgique
Phone: +32 (0)2 7887636 | Fax: +32 (0)2 6477359
info.efg@eurogeologists.eu | www.eurogeologists.eu

http://eurogeologists.eu/wp-content/uploads/2015/08/a_Reg-C1-Ver-5-June-2010.pdf

What is the EurGeol professional title?	Why do I need the title?	Who issues the title?	Where is the EurGeol title recognised?	Europe
Africa	Australia	North America		

The European Geologist title is a professional title created by the European Federation of Geologists which recognises the ability to deliver a high quality of services within the practice of geology. This certification held by a professional geologist means that the holder has achieved suitable academic training and a level of professional experience, skill and competence to perform tasks within their professional practice. It also means that the geologist undertakes continuing education and training, demonstrating a personal commitment to stay up to date and informed within the sphere of their professional work.

To example

Search interface for the EurGeol title. The search bar includes fields for Title number, Name, Surname, Country, Licensed body, and Speciality, with a Search button. Below the search bar is a profile card for Gabriele Ponzoni, Number 1184, with a circular profile picture and the URL <https://eurgeoltitle.eu/>.

China Asean Mining Forum 2019 – 13-17 November 2019

Zhanhui.camining.org

MISSIONE ITALIANA

A seguito degli accordi sottoscritti tra il Consiglio Nazionale dei Geologi (CNG) e il China Mining and Environment Union (CMEU) nell'agosto 2018, vi partecipiamo una opportunità di lavoro nel mercato Cinese sia per professionisti geologi che per aziende con geologi operanti nel campo delle Scienze della Terra.

L'iniziativa si svolgerà nell'ambito della fiera China Asean Mining Forum 2019 , che si terrà dal 13 al 17 Novembre 2019, dove saranno previsti anche gli incontri di lavoro nella giornata del 14.11.2019 dalle ore 14,00 alle ore 17.00 e nella giornata del 15.11.2019 dalle ore 9,00 alle ore 13,00.

Le manifestazioni di interesse dovranno essere trasmesse entro il 22.10.2019 all'indirizzo mail missionecongchina@gmail.com.

Le manifestazioni di interesse saranno vagliate da parte del CMEU e, in caso di riscontro positivo, sarà data comunicazione diretta al professionista italiano interessato o all'azienda italiana interessata entro il 04.11.2019 al fine di poter consentire l'organizzazione della trasferta cinese agli interessati.



<http://www.cngeologi.it/2019/10/02/accordi-bilaterali-con-la-cina/>

哲欧科技有限责任公司

28 September 2019

Dear President and CNG representatives,

As from the MoU agreement signed in August 2018 in Chengdu, with this message I formally invite you on behalf of Chinese partners to organize a mission at China Aesean Mining Forum 2019 in Nanning, China, November 2019.

This mission, in line with planned activities, will be chance to reinforce relationship Italy-China creating opportunities of working collaboration for our professional and productive communities.

We invite you specifically to organize a CNG mission involving selected representatives of your professional geological community and companies.

We will work to create opportunities of collaboration among selected representatives of your Country and our Country.

We suggest professionals and Companies/Organizations are preferably selected with certain suggested professional criteria (see enclosed files).

Although we welcome all your Community of CNG members, we will select participants from profiles received in order to maximize collaboration opportunities. If members of your Community, for which in our feedback we do not foresee specific opportunities, desire anyway to join of course they are very welcome to take part to the Forum organizing their activities and participation.

On this occasion, based in theme of Forum, we need to focus on extractive sector and related discipline of environment, survey , exploration. In future we will be able to enlarge the number of disciplinary sectors involved. Find enclose:

- invitation from LOC of the Forum addressed to CNG to participate in the China-ASEAN Forum on Mining Collaboration.

**2003, EFG has created the Panels of Experts (PE):
TEN AREA OF EXPERTISE**

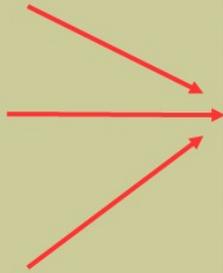
- PE on CO2 Geological Storage
- PE on Education
- Panel of Experts on Geological Heritage
- PE on Geotechnics
- Panels of Experts on Geothermal Energy
- PE on Hydrogeology
- PE on Natural Hazards and Climate Change
- PE on Mineral and their sustainable use
- PE on Soil Protection
- PE on Oil & Gas

ONE SIMPLE EXAMPLE

International Reciprocity of Competent Persons

In 2003 The Australian Securities Exchange (ASX) introduced a procedure for identifying 'Recognised Professional Organisations' as accredited organisations to which Competent Persons must belong for the purpose of preparing reports on Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves for submission to the ASX (if they are not members of the AusIMM or AIG).

The following are the current RPOs:



Professional Organisation	Minimum membership class required
Institute of Materials, Minerals and Mining	Member (MIMMM) or Fellow (FIMMM)
Geological Society of London	Chartered Geologist (CGeol), Chartered Scientist (CSci) or European Geologist (EurGeol)
Institute of Geologists of Ireland	Professional Geologist (PGeo)
European Federation of Geologists	European Geologist (EurGeol)
Mining and Metallurgical Society of America	Qualified Professional (QP)
American Institute of Professional Geologists	Certified Professional Geologist (CPG)
Society for Mining, Metallurgy & Exploration	SME Registered Member
Engineering Council of South Africa	Professional Engineer (Pr Eng)
South African Council for Natural Scientific Professions	Professional Natural Scientist (Pr.Sci.Nat.)
Geological Society of South Africa	Member or Fellow
The Southern African Institute of Mining and Metallurgy	Member or Fellow
South African Council for Professional and Technical Surveyors	Mine Surveyors and Professional Mine Surveyors
Professional Engineers Ontario	P.Eng.
Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia	P.Geo., or P.Eng.
Association of Professional Engineers and Geoscientists of Manitoba	P.Geo., or P.Eng.
Association of Professional Geoscientists of Ontario	P.Geo., P.Geo.(limited), P.Geo.(Temporary)
Association of Professional Engineers and Geoscientists of Newfoundland and Labrador	P.Eng., P.Geo.
Association of Professional Engineers, Geologists and Geophysicists of the Northwest Territories	P.Eng, P.Geo (or P.Geol., P.Geoph.)
Association of Professional Geoscientists of Nova Scotia	P.Geo.
Association of Professional Engineers and Geoscientists of New Brunswick	P.Geo., P.Eng.
Association of Professional Engineers, Geologists and	P.Eng., P.Geo., P.Geoph.

<http://www.jorc.org/competent.asp>

But what is the purpose of all this selection / verification / certification for a geologist with the titles of Professional?



But why is it so important to be accredited internationally?



And especially why it's also important to observe the ethical codes and environmentally correct behavior?

For the market !

- **you must be credible (reputation)**
- **you must be authoritative (competent in the field)**
- **you must be ethical (ability to balance industrial needs with natural balances)**

let me now make a bit of clarity on the definitions and levels of competence

An expert is someone who has a prolonged or intense experience through practice and education in a particular field. Informally, an expert is someone widely recognized as a reliable source of technique or skill whose faculty for judging or deciding rightly, justly, or wisely is accorded authority and status by peers or the public in a specific well-distinguished domain. An expert, more generally, is a person with extensive knowledge or ability based on research, experience, or occupation and in a particular area of study.

A **qualified person** is defined by OSHA as one who, "by possession of a recognized degree, certificate, or professional standing, or who by extensive knowledge, training and experience, has successfully demonstrated his ability to solve or resolve problems relating to the subject matter, the work, or the project."
<https://www.shrm.org/resourcesandtools/hr-topics/risk-management/pages/osha-competent-qualified.aspx>

A **Competent Person** is a minerals industry professional responsible for the preparation and/or signing off reports on exploration results and mineral resources and reserves estimates and who is accountable for the prepared reports. A Competent Person has a minimum of five years' relevant experience in the style of mineralisation or type of deposit under consideration and in the activity which that person is undertaking. A Competent Person must hold acceptable qualification titles as listed in all Reporting Codes and Reporting Standards (NRO Recognised Professional Organisations with enforceable disciplinary processes including the powers to suspend or expel a member) and thus is recognised by governments, stock exchanges, international entities and regulators. The use of a Competent Person is required by all CRIRSCO aligned Reporting Codes and Reporting Standards.

<https://ec.europa.eu/assets/jrc/minventory/content/competent-person-also-qualified-person.html>

*some examples
(attention that the same definitions may change depending on the professional field of application)*

Competent person vs. Qualified person

In addition to a competent person, some HSE and other international regulatory standards sanction the designation of a 'qualified person'.

While a competent person should be able to identify hazards around them and has the authority to take action to mitigate them, a qualified person is required to have a recognised qualification such as a degree, certificate etc. They might also have considerable experience and capability to solve problems that arise, including possibly technical knowledge or interpersonal skills for a specific work place issue.

For example, in a trenching operation, a competent person must be able to identify hazards within the operation and solve those issues; a qualified person however has the knowledge to design the protective system in the trench.

<https://mosaicmanagementsystems.co.uk/competent-person-2/>

A Competent Person (example from Australian JORC CODE)

- Is a minerals industry professional who is a member or fellow of the AusIMM or AIG, or of a "Recognised Professional Organisation".
- Has a minimum of five years relevant experience to that mineralisation style or deposit type and the activity they are undertaking.
- Resource and Reserve estimates can be, and often are, signed-off by more than one Competent Person e.g.: resources by a geologist and reserves by a geologist and an engineer.

How to become an Eurogeologist

1 step ... get the **degree in earth sciences** (Geology)

2 step ... **take the state exam** to take the qualification as a Professional Geologist
with a structured professional order (like the Italian association)

3 step ... **therefore have at least 8 years of cumulative** career between university and profession made

4 step ... **present the candidacy of Eurogeologist**: in the Italian case the examining commission *is directly managed by the Italian CNG* association (and *i'm the president of this commission*)

Step 5.... **take the exam** ... in which the actual competences of the candidate and his area of expertise are verified

The title must be maintained ... but how?

Through 3 main activities ..

1 Observe the ethical code of the EFG



2 Make an annual professional training: a European Geologist should record a minimum of 60 points in each year



3 Maintain their registration in good standing fees and requirements) with their own national order

Thanks for your attention and good progress ...

gabriele.ponzoni@cngeologi.it

- *Italian Geologist Professional OGER 847*
- *EuroGeologist 1184*