GEODES S.r.l.

DAL 1996

SOCIETÀ DI PROGETTAZIONE E CONSULENZA PER INGEGNERIA CIVILE GEOLOGIA - IDROGEOLOGIA

SEDE LEGALE E OPERATIVA:

Piazza Arturo Graf, 124
10126 TORINO

TEL: +39 011-69.60.938 • FAX: +39 011-67.87.086

E-mail: mail@geodes.it - mail@pec.geodes.it
Sito Web: http://www.geodes.it

GEODES S.r.l.

IL GRUPPO DI LAVORO

Il personale di GEODES è formato da ingegneri e geologi. I Responsabili di Commessa sono:

- **Luisella Vai** — *Presidente e Amministratore Delegato - Direttore Tecnico - Responsabile Unità Ingegneria Civile e Geotecnica e Unità Ingegneria Ambientale e Mineraria Geotecnica* - Ingegnere Minerario - Laurea in Ingegneria Mineraria - 35 anni di esperienza lavorativa
- **Antonella Chiappone** — *Responsabile Sistema Gestione Aziendale - Responsabile Unità Indagini e Studi Geotecnici* - Ingegnere Civile Geotecnico - Laurea in Ingegneria Civile - Dottorato di Ricerca in Ingegneria Geotecnica - 31 anni di esperienza lavorativa
- **Alessandro Zegna** — *Responsabile Unità Ingegneria Civile Strutturale e Infrastrutturale* - Ingegnere Civile Strutturale - Laurea in Ingegneria Civile - 10 anni di esperienza lavorativa
- **Fabrizio Elettri** — *Responsabile Unità Indagini e Studi Geologici e Idrogeologici* - Geologo - Laurea in Geologia Applicata e Ambientale - 8 anni di esperienza lavorativa

Il sopra citato personale senior è affiancato da *personale laureato junior (geologi e ingegneri)* e da personale di *Segreteria Tecnica e Amministrativa*.

NEL **2013** È NATO IL GRUPPO **GEODES S.R.L. - gd test S.R.L.** CHE, ATTRAVERSO L'OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE COMUNI E LA VALORIZZAZIONE DELLE SINERGIE, RAPPRESENTA, PER IL MERCATO ITALIANO ED ESTERO, UN RIFERIMENTO PER I SERVIZI DI GEOINGEGNERIA, DALLA CONSULENZA GEOLOGICO-GEOTECNICA, ALLA PROGETTAZIONE DI STRUTTURE E OPERE INFRASTRUTTURALI, ALL'INSTALLAZIONE E GESTIONE DI RETI DI MONITORAGGIO, ALLE PROVE IN SITO E LABORATORIO.

GEODES S.r.l.

- applica un sistema di gestione integrato aziendale conforme alle norme
  DIN EN ISO 9001:2015 (certificato n. 14-Q-0200511-TIC - scadenza: 13/06/2022)
  DIN EN ISO 14001:2015 (certificato n. 14-E-0200511-TIC - scadenza: 13/06/2022)

MTIC INTERCERT — SYSTEM CERTIFIED — ISO 9001 ISO14001

- è dotata di assicurazione RC Professionale con primaria compagnia assicuratrice europea
- è affiliata all'OICE, associazione delle Organizzazioni di Ingegneria, di Architettura e di Consulenza Tecnico-Economica

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

Agg.: Giugno 2021

GEODES S.r.l.

OPERA NEI SEGUENTI SETTORI:

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

STUDI NEL CAMPO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE • INDAGINI E STUDI PER LA QUALIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE RISORSE NATURALI SOTTERRANEE E SUPERFICIALI • INDAGINI E STUDI PER LA PROGETTAZIONE DI OPERE CIVILI E MINERARIE

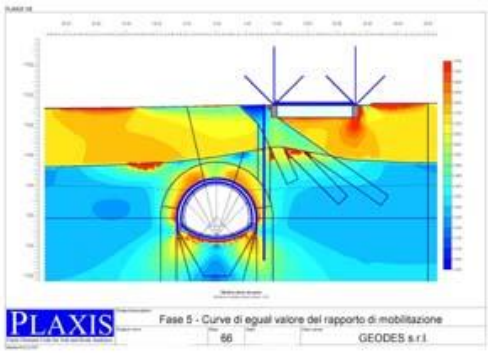
INGEGNERIA CIVILE GEOTECNICA, AMBIENTALE E MINERARIA

CONSULENZA E PROGETTAZIONE PER OPERE DI FONDAZIONE, GALLERIE, CAVITÀ SOTTERRANEE, GRANDI SCAVI, STABILIZZAZIONE DI VERSANTI • CONSULENZA E PROGETTAZIONE PER SISTEMI DI CONTROLLO (PIANI DI MONITORAGGIO) • CONSULENZA E PROGETTAZIONE PER ATTIVITÀ ESTRATTIVE (CAVE E MINIERE)

INGEGNERIA CIVILE STRUTTURALE E INFRASTRUTTURALE

PROGETTAZIONE E VERIFICA DI TRACCIATI STRADALI • PROGETTAZIONE DI OPERE D'ARTE STRADALI E FERROVIARIE IN C.A., C.A.P. E ACCIAIO • PROGETTAZIONE DI INTERVENTI DI RINFORZO/ADEGUAMENTO SU STRUTTURE ESISTENTI • DIREZIONE LAVORI

MODELLAZIONE NUMERICA



MODELLAZIONE NUMERICA TENSIO-DEFORMATIVA E DI FLUSSO IDRAULICO IN CAMPO BIDIMENSIONALE E IN CAMPO TRIDIMENSIONALE COME GUIDA E VERIFICA PER LA PROGETTAZIONE

PRINCIPALI CLIENTI

- AEM, Milano
- AEM, Torino
- AGENZIA TORINO 2006
- AK Ingegneria Geotecnica S.r.l.
- AGUDIO S.p.A.
- ALPINA S.p.A.
- ANAS, Bologna
- ANAS, Bolzano
- ANAS, Genova
- ANAS, Milano
- ANAS, Roma
- ANAS, Torino
- ANAS, Palermo
- AQUATER S.p.A.
- AR.FER S.r.l.
- ARUP Italia S.r.l.
- ASJA AMBIENTE ITALIA S.p.A.
- ASTALDI S.p.A.
- ATA ENGINEERING S.p.A.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
- AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.p.A.
- BAIN & CO ITALY
- BALMUCCIA MINERARIA
- BETONVAL S.p.A.
- BETTOGLI MARMI S.r.l.
- BUZZI UNICEM S.p.A.
- CCB (Gruppo Italcementi)
- CCIAA, Torino
- CEMENTERIA MERONE
- CEMENTOS MOCTEZUMA S.A.
- C.L.F. S.p.A.
- CMB - Coop. Muratori e Braccianti di Carpi S.r.l.
- COLLINI Impresa Costruzioni S.p.A.
- COMUNE DI TORINO
- COMUNE DI VENTIMIGLIA
- COMUNITÀ MONTANA EVANÇON
- CONBAU
- CONSORZIO CAVET
- CONSORZIO CEPAV UNO
- CONSORZIO DI BONIFICA DELLA SARDEGNA CENTRALE
- CONSORZIO MONTEGIGLIO (STRABAG G.A., Del Favero S.r.l., SELI S.p.A.)
- CSEA - BONAFOUS
- CUNACCIA BRUNO S.r.l.
- C.V.A. (Compagnia Valdostana delle Acque) S.p.A.
- DE LIETO Costruzioni Generali S.p.A.
- DIPENTA S.p.A.
- ECO & POWER
- ELC Elettroconsult S.p.A.
- ELETTRONICA INDUSTRIALE S.p.A.
- ENEL PRODUZIONE S.p.A.
- ENSER S.r.l.
- FE.I.RA
- FERRARI ING. NINO S.r.l.
- FONDAT S.r.l.
- FONDEDILE S.p.A.
- GARBOLI S.p.A.
- GEODATA S.p.A.
- GEO.MONT S.r.l.
- GIBB LTD.
- GRANGE-GLEISE REUIL S.r.l.
- INTERCANTIERI VITTADELLO
- HEALY SA
- HOLCIM S.p.A. (ex Cementeria di Merone)
- ILBAU A.G.
- I.R.A. Costruzioni Generali S.p.A.
- ISELLE S.c.r.l.
- ISOLA S.c.r.l.
- ITALCEMENTI S.p.A.
- ITALFERR S.p.A.
- ITALKALI S.p.A.
- LAFARGE ADRIASEBINA S.r.l.
- LAURO S.p.A.
- LAND SERVICE S.c.r.l.
- LUZENAC VAL CHISONE S.p.A.
- MAFFEI S.p.A.
- MWH S.p.A.
- NAOS S.p.A.
- NET ENGINEERING S.p.A.
- OBEROSLER Cav. Pietro S.p.A.
- PAC S.p.A.
- PONTELLO S.p.A.
- PROCURA DELLA REPUBBLICA DI TORINO
- PROCURA DELLA REPUBBLICA DI TRAPANI
- PRO ITER S.r.l.
- PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
- PROVINCIA DI ALESSANDRIA
- PROVINCIA DI CUNEO
- PROVINCIA DI LA SPEZIA
- PROVINCIA DI TORINO
- PROVINCIA DI VERCELLI
- PUNTA ROSPO S.r.l.
- RACER S.s.
- RAVALUNGA MARMI
- R.C.C.F. Nodo Ferroviario di Torino S.c.p.A.
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
- REGIONE AUTONOMA DELLA VALLE D'AOSTA
- REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA
- REGIONE DELL'UMBRIA
- REGIONE PIEMONTE
- RFI S.p.A.
- ROS GIACOMO & FIGLI S.p.A.
- SACCI S.p.A.
- SAI AGRICOLA S.p.A.
- SALCEF S.p.A.
- SALINI IMPREGILO S.p.A.
- SAN PELLEGRINO S.p.A.
- SELI S.p.A.
- SERVIZI TECNICI S.p.A.
- SICIF S.p.A.
- SILEC S.p.A.
- SINA S.p.A.
- SITI - Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione
- SOCIETÀ ITALIANA PER L'OLEODOTTO TRANSALPINO S.p.A.
- SO.TEC. S.r.l.
- SPEA Ingegneria Europea S.p.A.
- STACCHETTI Ing. Denise
- STRABAG G.A.
- STUDIO BORMIOLI Ing. Marcello
- STUDIO CAPPA-STAUBER
- STUDIO CORONA
- TES s.a.s
- TODINI S.p.A.
- UNICAL S.p.A.
- VALICO S.c.r.l. (ILBAU A.G., TODINI S.p.A.)
- VANELLI ALDO MARMI
- VENETA MINERARIA S.p.A.
- VENETO STRADE S.p.A.
- VIDONI S.p.A.

HARDWARE

APPARECCHIATURE, STRUMENTI E ATTREZZATURE DISPONIBILI

Per l'elaborazione dei progetti la GEODES utilizza una rete di 15 computer fissi interconnessi tramite rete LAN e collegati ad un server centrale di memorizzazione dei dati, dotato di backup su supporto fisico all'interno degli uffici stessi (no cloud), con frequenza giornaliera. Tutta la rete interna è protetta da un Firewall dedicato così da proteggere i dati presenti in memoria da intrusioni esterne.

Per garantire stampe cartacee di qualità la GEODES dispone di due stampanti professionali Bitzhub Minolta (formati stampa A4 ed A3) ed un plotter professionale HP DesignJet (formati stampa fino ad A0 in altezza e lunghezza illimitata).

GEODES dispone anche di piccola strumentazione utile in cantiere (sclerometri, freatimetri, campionatori…) regolarmente ispezionata e manutenuta.

La Rete Ethernet è connessa tramite linea Fibra Ottica a INTERNET (dominio geodes.it).

SOFTWARE

Per sviluppare i progetti, eseguire i calcoli, rappresentare i risultati degli studi e della progettazione GEODES impiega software commerciale o realizzato in proprio.

In caso di necessità vengono scritti programmi ad hoc implementando con macro in linguaggio Visual Basic i fogli di calcolo Excel o programmando specifici programmi di elaborazione in linguaggio Python.

ATTIVITÀ	PROGRAMMA	MODELLO/ FUNZIONI	CARATTERISTICHE PRINCIPALI/ LEGGI DI COMPORTAMENTO	PRODUTTORE
Grafica Computerizzata	AutoCAD 18	CAD 2D e 3D	Software CAD 2D e 3D per applicazioni generali di disegno vettoriale e in formato raster	Autodesk - USA
	AutoCAD 2011 Architectural	CAD 2D e 3D	Software CAD 2D e 3D per applicazioni generali di disegno vettoriale e in formato raster	Autodesk - USA
	Collection Architecture, Engineering & Construction (2019): Revit, Civil 3D, InfraWorks, AutoCAD 2D e 3D, Navisworks Manage, 3ds Max, ecc.)	2D e 3D	Strumenti BIM integrati per la progettazione edilizia, le infrastrutture civili e le strutture	Autodesk - USA
	CorelDraw 11	Ver. 11. Editore immagini	Software comprendente strumenti di grafica computerizzata professionale per il trattamento delle immagini, fotoritocco, disegno grafico	COREL - USA
	Adobe Acrobat	Ver. 9	Trattamento documenti per l'elaborazione di moduli di scambio, per la circolazione sui siti Web	ADOBE - USA
	Adobe Photoshop	Ver. 5 Editore grafico	Software comprendente strumenti di grafica computerizzata professionale per il trattamento delle immagini, fotoritocco, disegno grafico	ADOBE - USA
	SKETCHUP PRO 2017	3D	Software per il disegno 3D e la realizzazione di render e fotoinserimenti	TRIMBLE Inc.
GIS	ArcGIS Pro Estensione 3D-Analyst	Ver. 2.1.2	Geographic Information System. Gestione cartografica integrata con dati e interpretazione spaziale di informazioni territoriali	ESRI - USA
Contabilità lavori e sicurezza	Project	Standard 2003	Gestione progetti	MICROSOFT - USA
	PRIMUS-P		Programma di computo metrico; elenco prezzi; stima dei lavori; richiesta di offerta	ACCA Software
	CerTus PSC		Programma per la gestione della Sicurezza Cantieri	ACCA Software
	Mantus-P		Programma per la gestione dei Piani di Manutenzione	ACCA Software
Fogli elettronici	EXCEL	Ver. per Windows XP e 2010/2013	Foglio elettronico generale per la gestione di calcoli, data base, ecc.	MICROSOFT - USA
Videoscrittura	WORD	Ver. per Windows XP e 2010/2013	Gestione di documenti di testo	MICROSOFT - USA
Dbase	ACCESS	Ver. per Windows XP e 2010/2013	Data Base per la gestione e il trattamento di dati	MICROSOFT - USA
Presentazioni	Powerpoint	Ver. per Windows XP e 2010/2013	Presentazioni di documenti in forma elettronica	MICROSOFT - USA

ATTIVITÀ	PROGRAMMA	MODELLO/ FUNZIONI	CARATTERISTICHE PRINCIPALI/ LEGGI DI COMPORTAMENTO	METODO DI CALCOLO	PRODUTTORE
Interazione terreno-struttura e calcolo delle sollecitazioni nelle strutture di rivestimento	LINCAR	Assialsimmetrico	Elasto-plastica, con criterio di Mohr-Coulomb o di Hoek-Brown	Soluzione analitica in forma chiusa	GEODES s.r.l.
	RocSupport	Assialsimmetrico	Elasto-plastica, con criterio di Mohr-Coulomb o di Hoek-Brown	Soluzione analitica in forma chiusa	Rocscience Inc. - Canada
	Phase 2 v8.0	2D piano	Elasto-plastica, con criterio Mohr-Coulomb, Hoek-Brown, ubiquitous joint; legge elastica o elasto-plastica per le strutture	FEM, BEM, FEM+BEM	Rocscience Inc. - Canada
	FLAC 8.1 FLAC3D 4.0	2D piano e assialsimmetrico 3D	Elasto-plastica o visco-plastica, con criterio Mohr-Coulomb, Cam-clay, Cap-model, Hoek-Brown; ubiquitous joint	FDM	ITASCA - USA
	PLAXIS 2D V8	2D piano	Elasto-plastica, con criterio di Mohr-Coulomb. Hardening soil model. Soft soil model. Elasto-viscoplastica.	FEM	PLAXIS b.v. - Olanda
	PFC-2D	2D piano	Mezzo discontinuo, legge elasto-plastica, criterio di Mohr-Coulomb	DEM	ITASCA - USA
	EXAMINE 3D	3D	Elastico lineare. Criteri Mohr-Coulomb e Hoek-Brown	BEM	Rocscience Inc. - Canada
	SIGMA/W 2007	2D piano e assialsimmetrico	Elasto-plastica, con criterio di Mohr-Coulomb, modello iperbolico e Cam-clay modifcato	FEM	GeoSlope Canada
	MAX	3D	Analisi e calcolo di muri di sostegno su pali	FEM	AZTEC
	IS PALIFICATE	3D	Interazione terreno-struttura in campo elastico per fondazioni miste (platee e pali)	FEM	CDM DOLMEN
	PARATIE PLUS	1D/2D	Calcolo di paratie multitirantate. Comportamento elasto-plastico per gli elementi di contorno ed elastico per gli elementi trave - Analisi di flusso - Analisi di stabilità globale	FEM	CEAS
	FEMDIA	1D	Calcolo di paratie multitirantate. Comportamento elasto-plastico per gli elementi di contorno ed elastico per gli elementi trave	FEM	GEODES s.r.l.
	FEMGAL	1D	Elasto-plastica per gli elementi di contorno ed elastica per gli elementi trave	FEM	GEODES s.r.l.
Infrastrutture stradali e strutture	AutoCAD Civil 3D 2019	CAD 2D e 3D	Software CAD 2D e 3D per progettazione del territorio e delle infrastrutture	-	Autodesk - USA
	Civil Design Ver. 11	CAD 2D e 3D	Software CAD 2D e 3D per progettazione stradale e ferroviaria	-	DIGICORP Ingegneria S.r.l.
	Midas Gen	3D	Analisi di calcolo e progetto di strutture - Analisi statica e dinamica, lineare e non lineare per geometria e materiali, costruzione per fasi, moduli di verifica delle sezioni in acciaio, CA, e miste con EC2, EC3	FEM	MIDAS
	Midas FX+	3D	Modellatore solido e di superfici - Generatore di Modelli FEM	-	MIDAS
	Midas Civil 2018	3D	Analisi di calcolo e progetto di ponti - Analisi statica e dinamica, costruzione per fasi, moduli di verifica delle sezioni in acciaio, CA, e miste con EC2, EC3	FEM	MIDAS

ATTIVITÀ	PROGRAMMA	MODELLO/ FUNZIONI	CARATTERISTICHE PRINCIPALI/ LEGGI DI COMPORTAMENTO	METODO DI CALCOLO	PRODUTTORE
Analisi di flusso in mezzi porosi e fratturati	FLAC 8.1 FLAC3D 4.0	2D piano e assialsimmetrico 3D	Mezzi porosi, fluidi incompressibili, legge di Darcy lineare e non lineare, flusso transitorio e permanente	FDM, analisi accoppiate flusso /tensioni o disaccoppiate	ITASCA - USA
	FEFLOW 6.0	2D/3D	Modellatore di flusso in mezzi porosi in campo transitorio e permanente, mezzi saturi e insaturi con modellazione di fratture. Opzioni per problemi di trasporto	FEM	WASY Germania
	PLAXIS 2D V8	2D	Mezzi porosi, fluidi incompressibili, legge di Darcy, Flusso permanente	FEM, analisi accoppiate, flusso/tensioni o disaccoppiate	PLAXIS b.v. Olanda
	SEEP/W 2007	2D piano e assialsimmetrico	Mezzi porosi, fluidi incompressibili, legge di Darcy lineare e non lineare, flusso transitorio e permanente	FEM, analisi accoppiate flusso /tensioni o disaccoppiate	GeoSlope Canada
Elaborazione dei dati di indagine e di monitoraggio	Dips v7.0	-	Analisi dati di giacitura discontinuità	-	Rocscience Inc. Canada
	RocLab	-	Interpretazione prove di laboratorio	-	Rocscience Inc. - Canada
	AQTSOLV	-	Interpretazione prove di pompaggio	-	ESI - USA
	PIASTRA	-	Interpretazione prove di carico su piastra	-	GEODES s.r.l.
	FLATJ	-	Interpretazione prove di martinetto piatto	-	GEODES s.r.l.
	OVERCOR	-	Interpretazione prove di decompressione	-	GEODES s.r.l.
	CONV	-	Misure di convergenza	-	GEODES s.r.l.
	MPBX	-	Misure di estensimetri multibase	-	GEODES s.r.l.
	INCL	-	Misure inclinometriche	-	GEODES s.r.l.
	CELLE	-	Misure di celle di pressione	-	GEODES s.r.l.
Equilibrio Limite **Caduta massi**	Swedge v6.0	3D	Analisi di stabilità dei cunei di roccia in parete di tipo deterministico e probabilistico	Metodo dell'equilibrio limite	Rocscience Inc. - Canada
	CINEMAS	2D	Simulazione caduta massi e barriere paramassi	Metodo dell'equilibrio limite	GEODES s.r.l.
	RocFall v6.0	2D	Simulazione caduta massi e barriere paramassi	Lumped Mass e Corpo Rigido	Rocscience Inc. - Canada
	Unwedge v3.0	3D	Analisi di stabilità dei cunei di roccia sul perimetro di uno scavo sotterraneo di tipo deterministico e probabilistico	Metodo dell'equilibrio limite	Rocscience Inc. - Canada
	SLOPE-W 2007	2D piano	Criteri di resistenza: Mohr-Coulomb; bilineare; anisotropo; curvilineo, secondo una funzione definita per punti; resistenza al taglio nulla (per l'acqua); materiale impenetrabile (per l'ammasso roccioso). Analisi probabilistiche con il metodo Monte Carlo	Metodo dell'equilibrio limite	GeoSlope Canada
	ISOMAP & ROTOMAP	3D	Ricostruzione e restituzione grafica di superfici e analisi della caduta blocchi	Metodo dell'equilibrio limite	GeoSoft International
	RocPlane v3.0	2D	Analisi dei cunei di roccia di tipo deterministico e probabilistico	Metodo dell'equilibrio limite	Rocscience Inc. - Canada
	RocTopple v1.0	2D	Analisi di ribaltamento di blocchi di roccia	Metodo dell'equilibrio limite	Rocscience Inc. - Canada

SCHEDE TECNICHE DI ALCUNI DEI PRINCIPALI LAVORI ESEGUITI DA

GEODES

CAVA DI CALCARE ROASCHIA (CN)

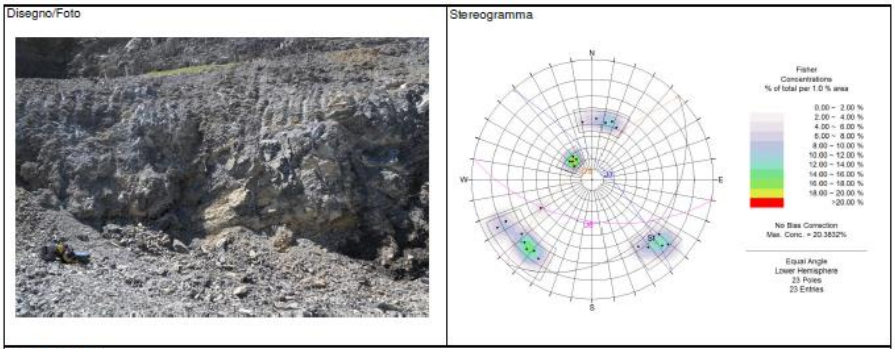
CANTIERE TETTI TABANOT
AGGIORNAMENTO DEL MODELLO GEOLOGICO

COMMITTENTE: ***BUZZI UNICEM S.P.A.*** **2017**

ATTIVITÀ SVOLTE

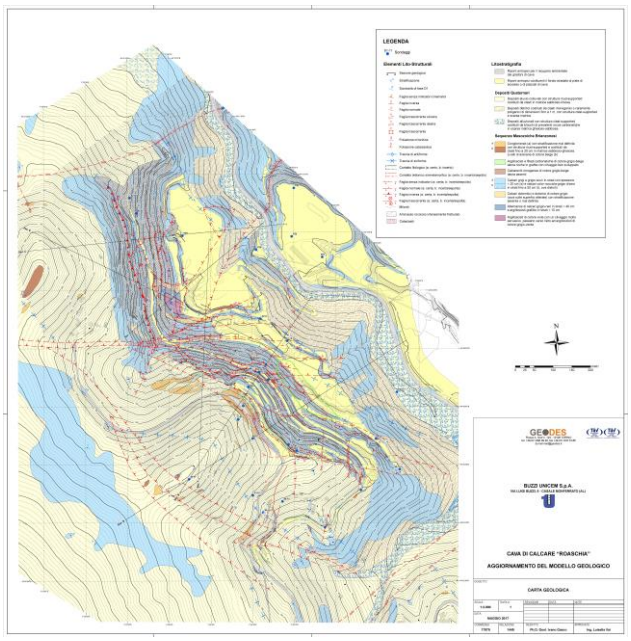
- **cartografia geologica**
- **rilievi geomeccanici**
- **aggiornamento del modello geologico**

Su incarico della Buzzi Unicem S.p.A. è stato condotto uno studio per l'aggiornamendo della cartografia geologica di cava Roaschia, ubicata nel comune omonimo lungo una valle laterale in sinistra orografica della Valle Gesso, in provincia di Cuneo. Tale aggiornamento si è reso necessario in seguito alla ripresa della coltivazione nel settore Tabanot, considerato anche che durante le operazioni di coltivazione in tale settore è affiorata una faglia molto continua con giacitura similare a quella della faglia F4 affiorata a quote maggiori nel 2010. Lo studio, che ha anche compreso l'acquisizione di nuovi dati geomeccanici su stazioni strutturali, ha permesso di raccogliere gli elementi necessari per la valutazione della stabilità dei nuovi fronti di scavo nella configurazione finale prevista.

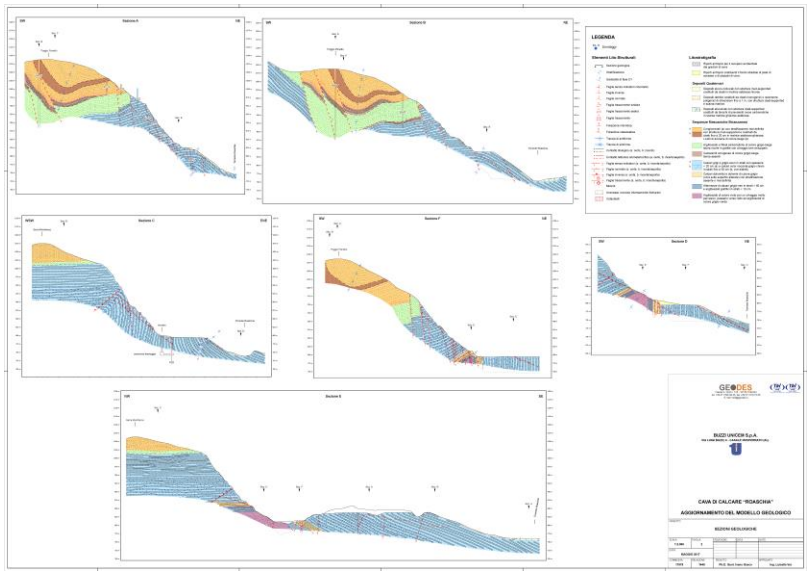


Come detto, la coltivazione nel settore Tabanot, ripresa dal 2016, ha portato in affioramento una nuova superficie di faglia F4 lungo il gradone tra quota 830 e 845 m s.l.m. La faglia presenta una continuità laterale di circa 200 m ed è costituita da una superficie anastomosata con inclinazione di 40-45° ed immergente mediamente verso NE, con presenza di brecce e cataclasiti di faglia cementate con spessore massimo di circa 20 cm. Localmente si osservano delle biforcazioni della faglia con spaziatura di alcuni metri che delimitano delle porzioni lentiformi di ammasso roccioso con fratturazione molto intensa e con volume unitario dei blocchi <1 dm^3.
Questa superficie di faglia è associata a superfici di frattura subparallele ad essa e nel settore meridionale interessa anche i due gradoni superiori fino a quota 870 m s.l.m. circa. Essa è ubicata circa 35 m al di sotto della superficie F4 affiorata lungo il gradone a quota 870 m s.l.m. nel 2010 e risulta dislocata dal sistema di faglie F1 con direzione circa E-W. L'inclinazione media della faglia è aumentata di circa 5 gradi rispetto alla porzione affiorante più in alto.
Nel settore meridionale del piazzale del settore Monfranco affiora una faglia con direzione N75 (sistema F1) ad alto angolo che mette in contatto le dolomie grigio/ocra con i calcari grigio/nocciola. Tale faglia è associata alla presenza di una fascia di cataclasiti coesive con alterazione moderata e con presenza di materiale argilloso limoso color ocra lungo le superfici principali.

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA



Questa faglia taglia il sistema F4 ed è responsabile dell'intensa fratturazione dell'ammasso roccioso in corrispondenza dell'impluvio tra i due piazzali di coltivazione in concomitanza con la presenza della piega antiforme. Infine, lungo il gradone tra le quote 830 e 845 m s.l.m. sono stati osservati numerosi stillicidi e tracce di umidità sia lungo le faglie principali, sia lungo le superfici di strato. Fino ad ora non era mai stata osservata la presenza di acqua sui fronti in periodi lontani dai principali eventi di pioggia. La presenza di acqua deve essere monitorata, anche se la presenza rilevata potrebbe essere legata alla dissipazione del carico idraulico accumulato durante lo scioglimento della neve in quota.
Sono stati acquisiti dati geo-strutturali su 3 nuove stazioni distribuite nel settore Tabanot in fase di coltivazione, al fine di definire la geometria e le caratteristiche dell'ammasso roccioso e delle discontinuità. I dati geo-strutturali rilevati non evidenziano sostanziali difformità rispetto al quadro generale che già era stato evidenziato dai precedenti rilievi. La sostanziale uniformità delle caratteristiche dei sistemi di discontinuità rilevati ha permesso di caratterizzarli sotto il profilo geotecnico sulla base di quanto già noto nei precedenti studi, ai quali si è quindi fatto riferimento per la determinazione dei parametri geotecnici associati ai piani di discontinuità.



Per quanto riguarda la faglia F4 apparsa sul gradone tra quota 845 e 830 m s.l.m., si è colta l'occasione del presente studio per verificare i parametri di resistenza che sono stati associati al piano F4 oggetto di studio e di interventi di messa in sicurezza tra il 2010 e il 2013. In particolare, è stata eseguita una back-analysis sul nuovo piano F4 affiorante sul gradone tra 845 e 830 m s.l.m. in condizioni sismiche pseudo-statiche utilizzando i valori di accelerazione effettivamente registrati in tale zona nel corso di 3 volate successive, che hanno evidenziato come sulla faglia siano stati raggiunti valori di accelerazione pari a 1g. Per la verifica a ritroso dei parametri di resistenza del piano F4, è stata quindi eseguita un'analisi di stabilità dell'attuale configurazione del gradone tra 830 e 845 m s.l.m. di quota, simulando le condizioni sismiche indotte dalla volata con un'analisi in condizioni sismiche pseudo-statiche nella quale viene introdotto un coefficiente sismico orizzontale k_h pari a 1.0.
Tale analisi è stata condotta in forma probabilistica, facendo variare l'angolo di inclinazione del piano F4 e dei giunti della famiglia J3, che agiscono come tension crack a tergo del volume roccioso, e adottando i valori minimi dei parametri di resistenza attribuiti al piano F4 nei precedenti studi (c'=100 kPa e ϕ'=37.3°). L'analisi a ritroso condotta ha pienamente confermato la validità dei parametri minimi di resistenza assunti per il piano F4. Con tali valori minimi infatti solo se la pendenza della faglia supera i 45° si registrano casi di instabilità in presenza delle vibrazioni indotte dalla volata su volumi rocciosi di modesta entità, come per altro evidenziato in alcuni punti del fronte. Tali instabilità sono avvenute infatti in concomitanza con la volata di abbattimento e non successivamente ad essa.
I nuovi fronti di scavo del cantiere Tetti Tabanot sono stati oggetto di verifiche di stabilità sulla base dei dati ricavati dai nuovi rilievi geo-strutturali e della caratterizzazione geotecnica dei diversi sistemi di discontinuità e della faglia F4. Sulla base dei risultati di tali verifiche sono stati definiti gli interventi di sostegno necessari.

CUNICOLO ESPLORATIVO LA MADDALENA, CHIOMONTE (TO)

RILIEVO GEOMECCANICO DEI FRONTI DI SCAVO E RILIEVO GEOLOGICO DEL PARAMENTO SINISTRO

COMMITTENTE: *VENAUS S.C.A.R.L.* **2014-2016**

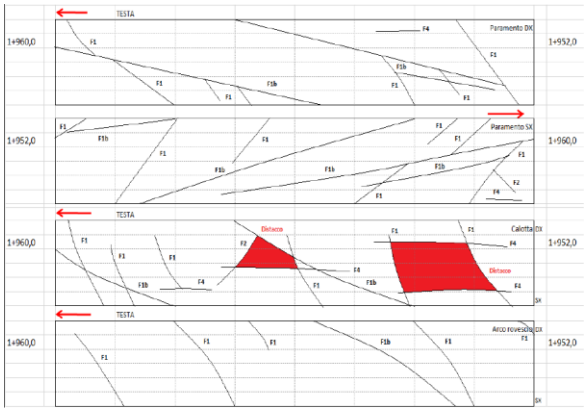
ATTIVITÀ SVOLTE

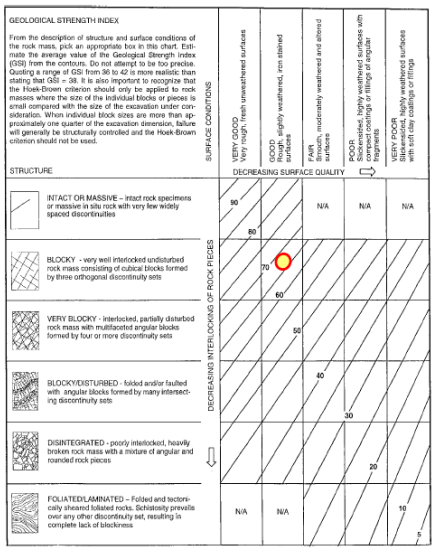
- **rilievo geomeccanico**
- **rilievo gelogico**
- **monitoraggio**
- **assistenza alle indagini**

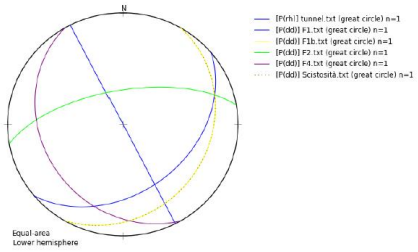
GEODES S.r.l. fa parte del raggruppamento TreEsse Engineering - Akron - Geodes a cui è stato affidato il servizio di indagini e monitoraggio geotecnico del cunicolo esplorativo di "La Maddalena" nell'ambito del progetto della linea ad alta velocità Torino - Lione. Il lavoro svolto da GEODES comprende:

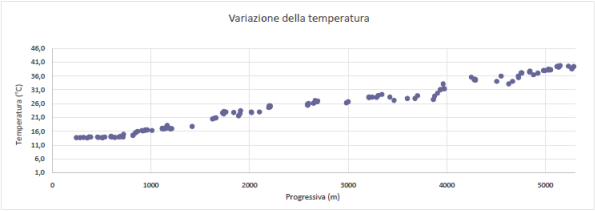
- rilievo geomeccanico dei paramenti in avanzamento
- monitoraggio termico dell'ammasso roccioso e monitoraggio idrogelogico
- assistenza alle indagini in sotterraneo e di laboratorio
- rilievo geologico del paramento sinistro.

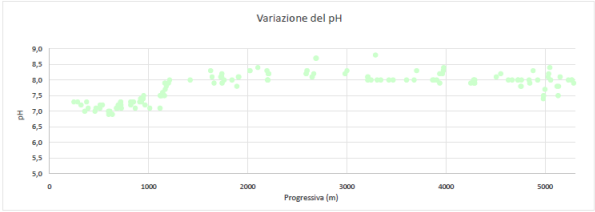
Il **rilievo geomeccanico dei paramenti** avviene all'incirca ogni 15-20 m di avanzamento e consiste nel rilievo delle caratteristiche delle principali discontinuità e della eventuale presenza di venute di acqua nel cavo, immediatamente a tergo dello scudo della TBM. Tali dati sono poi elaborati mediante apposito foglio xls ed integrati con le prove di *Point Load* sul materiale scavato al fine di ottenere la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso mediante il sistema RMR e il sistema GSI. Nella documentazione di rilievo vengono inoltre allegati la documentazione fotografica e lo stereogramma delle discontinuità. Tutti questi dati sono successivamente utilizzati per decidere la tipologia di sezione di scavo più adatta.

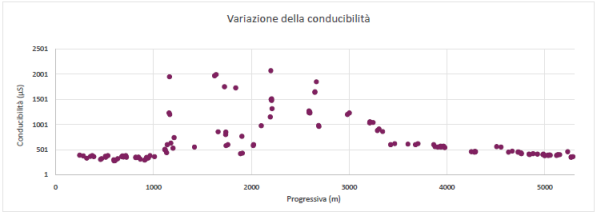






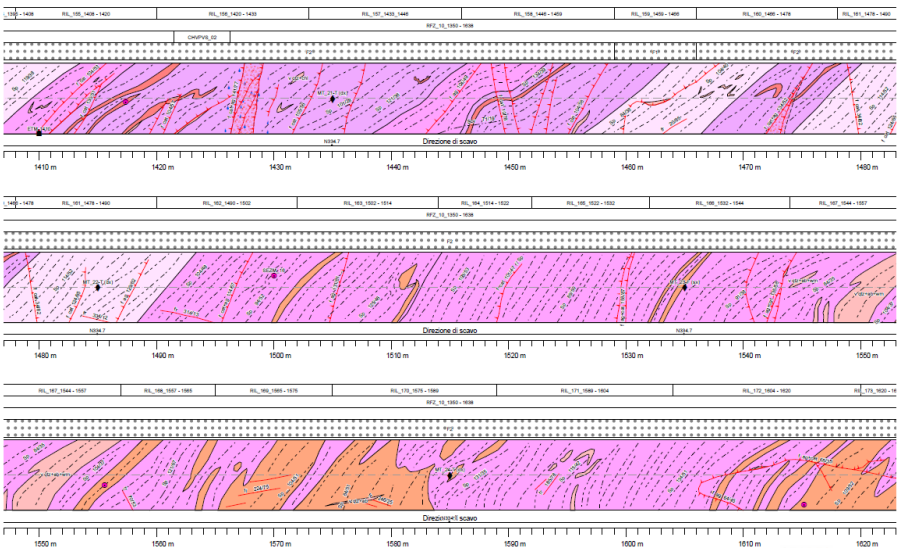






Il **monitoraggio termico** dell'ammasso roccioso avviene mediante stazioni fisse installate ogni 500 m e mediante stazioni provvisorie installate ogni 50 m e misurate per un periodo variabile tra 7-15 gg. Il **monitoraggio delle acque** comporta la misura di temperatura (T), conducibilità (σ), e pH delle venute incontrate durante l'avanzamento e il monitoraggio periodico, con cadenza bimestrale, di tutte le venute lungo la galleria.

L'**assistenza alle indagini** riguarda tutte le indagini/prove geomeccaniche eseguite in avanzamento, sui paramenti e nelle nicchie di prova appositamente scavate per la realizzazione delle stesse. Le indagini sono costituite da: sondaggi a distruzione in avanzamento dalla testa della TBM, prove dilatometriche, con martinetto piatto, di permeabilità in foro tipo Lugeon, carico su piastra, taglio, di misura dello stato tensionale con sovracarotaggio e mediante idrofratturazione, compressione monoassiale. È inoltre stata redatta la stratigrafia di un sondaggio verticale carotato dalla pk 4+250 della lunghezza di 300 m dal piano galleria. Per quanto concerne le prove di laboratorio il personale GEODES è responsabile della scelta dei campioni da sottoporre a prova ed esegue lo studio petrografico in sezione sottile delle rocce.



A partire da novembre 2015 GEODES è inoltre stata incaricata dell'esecuzione del **rilievo geologico** del paramento sinistro al fine di ottenere un documento geologico completo di tutti i litotipi attraversati e delle principali strutture plicative e fragili.

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

FRANA DEL MONT DE LA SAXE IN LOCALITÀ ENTREVES - COURMAYEUR (AO)

RILIEVO GEOLOGICO E DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

COMMITTENTE: ***REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA*** **2012-2015**

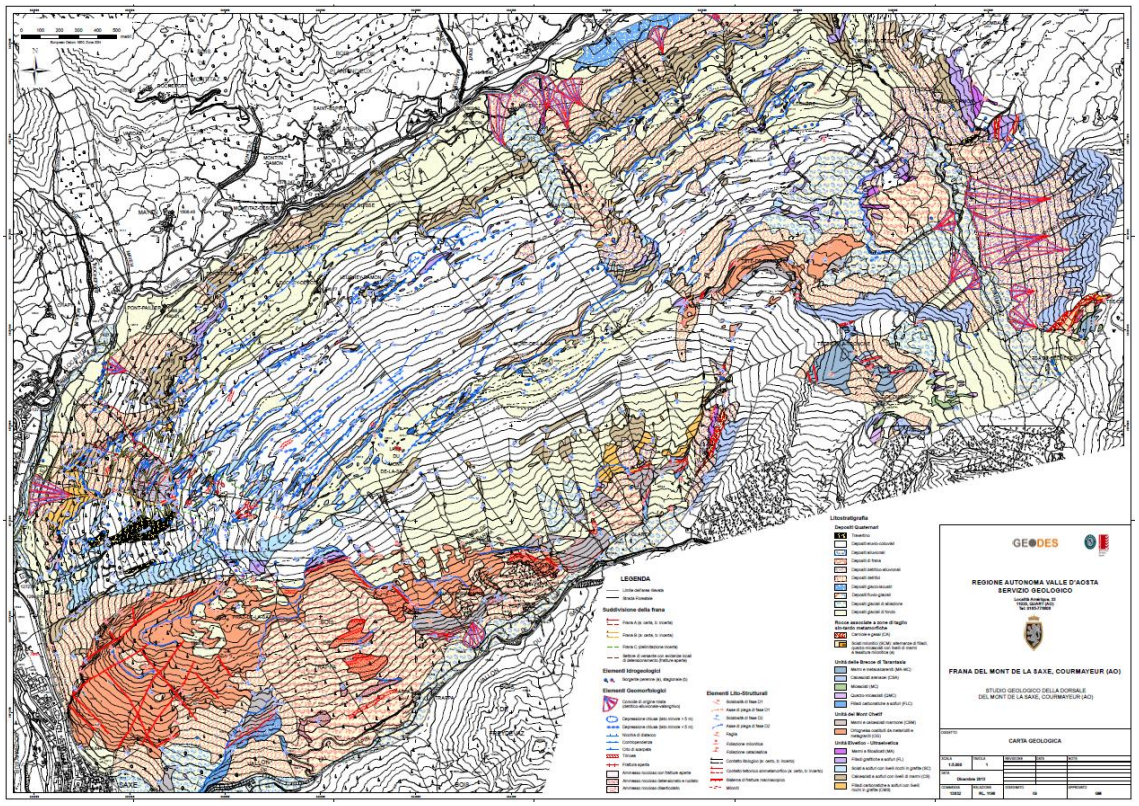
ATTIVITÀ SVOLTE

- **rilevamento geologico**
- **interpretazione dei dati di monitoraggio del versante**
- **ricostruzione del modello geologico di riferimento**

La frana del Mont de la Saxe ha un'area di circa 230.000 m^2 ed un volume stimato di circa 13.000.000 m^3 con spessore massimo di 90 m ed è ubicata sul versante sinistro della Dora di Ferret di fronte all'abitato di Entreves e della vecchia partenza della funivia per punta Helbronner.

Lo studio è stato svolto per conto della Regione Autonoma Valle d'Aosta in seguito all'accelerazione del movimento franoso, monitorato a partire dall'anno 2007. Il rilievo geologico di dettaglio della frana è stato eseguito alla fine del 2012 alla scala 1:5.000 al fine di avere una base geologica sulla quale poter programmare indagini ed interventi successivi. Il rilievo ha evidenziato nella parte meridionale della frana, estesi affioramenti di corpi di travertini che indicano una intensa circolazione di acque sovrassature di carbonato di calcio.

La frana era inoltre monitorata da un sistema complesso di strumenti costituito da stazione totale topografica con decine di prismi, un sistema GPS, inclinometri, piezometri, sonde multiparametriche DMS, ed una stazione meteorologica. L'analisi dei dati di monitoraggio eseguita tra febbraio 2010 e gennaio 2013 ha permesso di individuare all'interno del corpo di frana una porzione settentrionale con un'evoluzione deformativa molto più veloce (v_{max} 8-10 mm/giorno). La correlazione con i dati meteorologici indicava inoltre un forte rapporto tra accelerazione della frana e scioglimento della neve in settori non prossimi alla frana stessa. Tutti questi elementi indicavano quindi una notevole importanza degli apporti idrici sotterranei nell'evoluzione stagionale della frana.

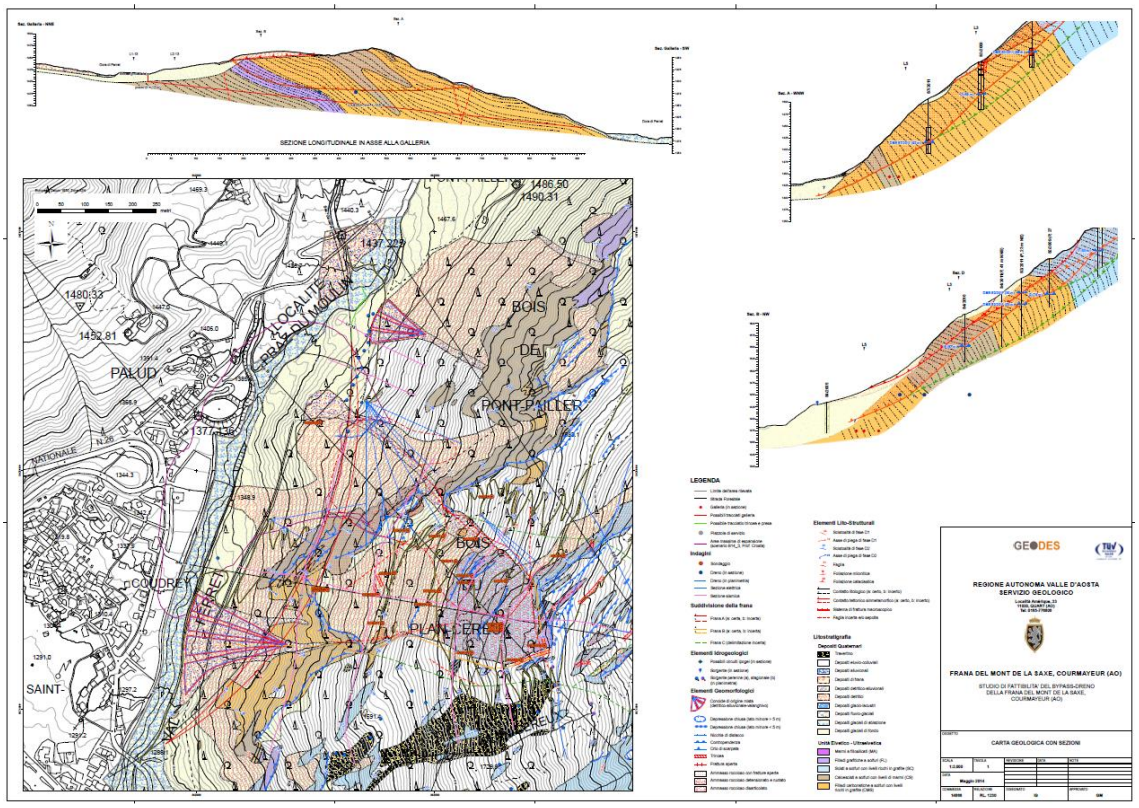


GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Nell'estate 2013 è pertanto stato seguito un rilievo geologico di un'area di circa 13 km^2 tra la Val Ferret a NW, la Val Sapin a SE, la Valle Arminaz a NE e Courmayeur a SW al fine di comprendere l'assetto geologico dei settori anche distanti dalla frana per ricercare le possibili aree di ricarica dell'acquifero sotterraneo.
Grazie al rilievo geologico e all'interpretazione di circa 2000 m di sondaggi a carotaggio e distruzione eseguiti tra il 2005 e il 2013 è stato ricostruito l'assetto geologico-strutturale della dorsale del Mont de La Saxe mediante numerosi profili geologici.
Le sezioni hanno permesso di individuare i possibili corpi geologici responsabili dell'apporto di acqua nel settore di frana e quindi le aree di ricarica più probabili situate circa 5-6 km verso NE nel Vallone di Arminaz.

Nel 2014 l'accelerazione del movimento a causa dello scadimento delle condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso ha causato la chiusura della viabilità verso la Val Ferret e un crollo di alcune migliaia di m^3 in un ambito deformativo con velocità massime prossime a 40-50 cm/settimana nella primavera. In queste circostanze è stato conferito alla GEODES ulteriore incarico da parte della Regione Val d'Aosta al fine di studiare la fattibilità di un tunnel con funzione di bypass-dreno al di sotto della frana con la funzione di deviare le acque della Dora di Ferret in caso di collasso del versante e al contempo di drenare l'ammasso roccioso sottostante la frana in modo da abbattere il carico idraulico.

Nell'anno successivo, 2015, in seguito alle elevatissime velocità di deformazione dell'anno precedente e quindi alla notevole modificazione della morfologia del corpo di frana, è stata eseguita la revisione della cartografia ed è stata programmata, in collaborazione con i tecnici della Regione Autonoma Valle d'Aosta, una campagna di drenaggi al piede della frana nella parte settentrionale al fine di drenare il più possibile l'ammasso roccioso. Tale campagna è proseguita poi nell'anno successivo e ha portato ad una estrazione totale di diverse decine di l/s di acqua e ad una notevole riduzione delle velocità di deformazione del versante.



CAVA DI CALCARE ROASCHIA (CN)

RILIEVO GEOLOGICO DEI FRONTI IN ABBANDONO E PER L'AMPLIAMENTO DELLA CONCESSIONE MINERARIA

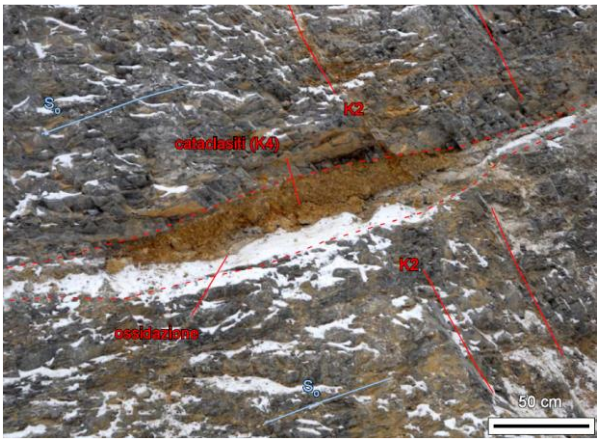
COMMITTENTE: ***BUZZI UNICEM S.P.A.*** **2010-2016**

ATTIVITÀ SVOLTE

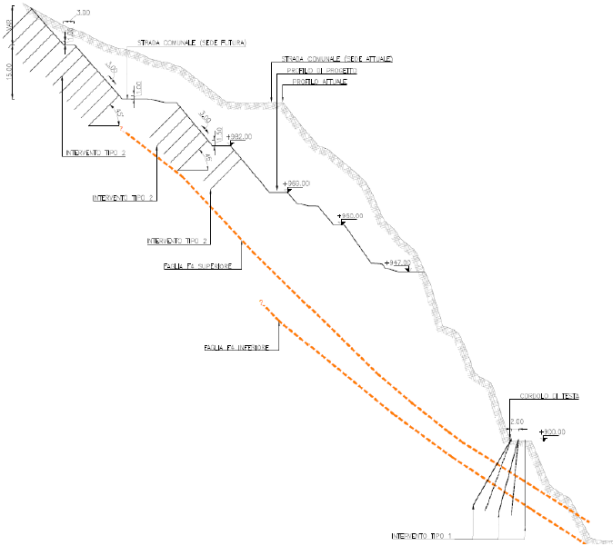
- **cartografia geologica**
- **rilievi geomeccanici**
- **programmazione indagini**
- **ricostruzione geometrica del giacimento**

La cava Roaschia di proprietà della Buzzi Unicem S.p.A. è ubicata nel comune omonimo lungo una valle laterale in sinistra orografica della Valle Gesso in provincia di Cuneo. La consulenza da parte di GEODES è iniziata a partire dal 2004 per le problematiche relative a diversi crolli di blocchi.

Nel 2010 la coltivazione dei fronti ha portato in affioramento una faglia caratterizzata da notevole continuità, dalla presenza di brecce carbonatiche e cataclastiti e da una giacitura a franapoggio con inclinazione inferiore a quella dei fronti finali. Tale evidenza ha comportato la sospensione della coltivazione a valle della struttura per approfondire la stabilità del versante e per la sua messa in sicurezza.



A partire dal 2010 la consulenza è pertanto divenuta continuativa e GEODES si occupa dell'aggiornamento continuo della cartografia geologica del sito, dei rilievi geomeccanici dei fronti e delle analisi di stabilità dei singoli gradoni di coltivazione.

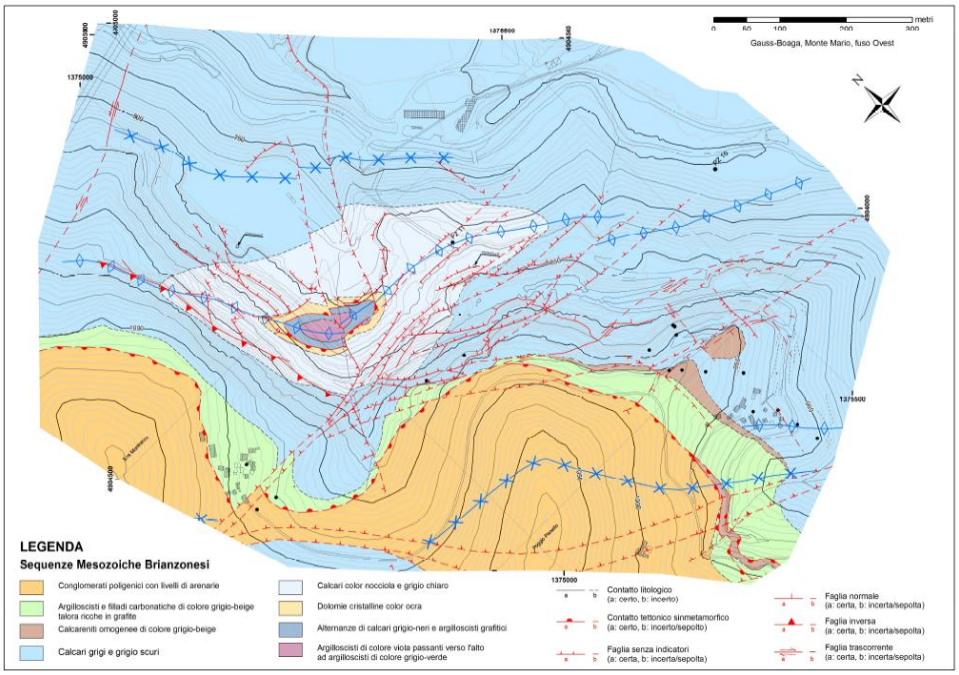


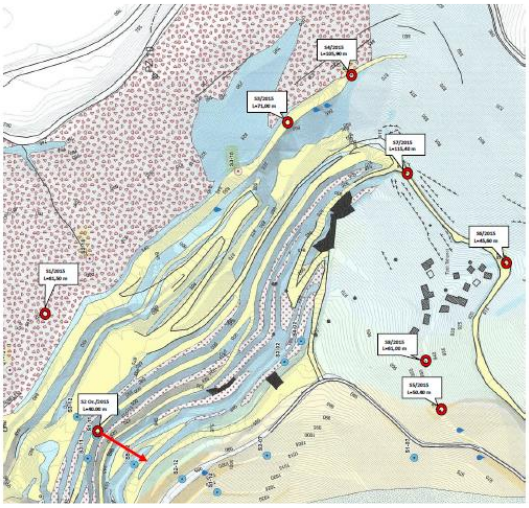
Nel 2011 è stato progettato l'intervento di messa in sicurezza del versante interessato dalla faglia descritta. Tale intervento è costituito dal rinforzo del piede del versante mediante pali in acciaio speciale di lunghezza variabile da 9 a 24 m e mediante riprofilatura del versante a monte con contemporaneo rinforzo dei fronti superiori con chiodature e rete rinforzata

Nel 2013 è stata affidato a GEODES l'incarico per la redazione della relazione geologico-geotecnico-geomeccanica per il rinnovo della concessione mineraria per il quinquennio 2014-2018. In questo studio è stato eseguito un approfondito aggiornamento del modello geologico di riferimento del giacimento, al fine di individuare i settori geomeccanici omogenei per eseguire le analisi di stabilità dei fronti.

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

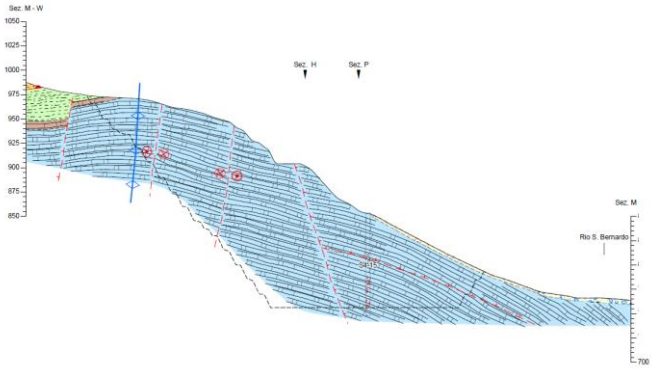
Il modello geologico ha evidenziato la presenza di una struttura antiforme all'interno dell'area coltivata costituita da una sequenza stratigrafica normale con a nucleo scisti e dolomie, litotipi poco utili per le attività di estrazione mineraria. Tale assetto litostratigrafico non era previsto nel progetto di coltivazione originario ed ha comportato alcuni cambiamenti nelle geometrie di coltivazione. Infatti, la presenza di materiale scadente (scisti) ha reso necessario diminuire la pendenza dei fronti di coltivazione in configurazione finale e quindi una revisione della geometria globale della coltivazione.





Nel 2015 è stato affidato a GEOEDS l'incarico per lo studio geologico del giacimento in previsione di una richiesta di ampliamento della concessione mineraria nel settore meridionale della cava. Tale studio è consistito nell'organizzazione di una campagna di indagini geognostiche (circa 500 m di sondaggi a carotaggio continuo), interpretazione dei sondaggi stessi, rilievo geologico di un'area di circa 3 km^2 al di fuori dell'attuale concessione mineraria ed integrazione di tutti i dati per la ricostruzione del modello geologico di riferimento del giacimento dell'intero versante su cui è impostata la coltivazione.

La cartografia geologica e i sondaggi hanno permesso di individuare l'area migliore per impostare i nuovi fronti di coltivazione nella zona oggetto di ampliamento, stabilendo la presenza di calcare anche in profondità.



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE PER IL PROGETTO DI UNA CAVA

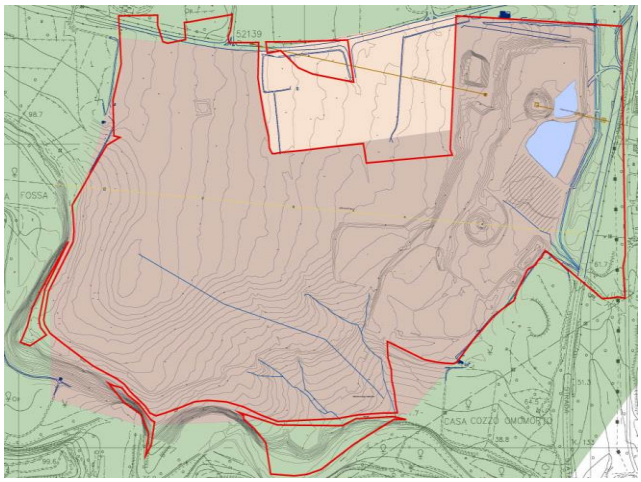
CAVA DI ARGILLA OGLIASTRO NEL COMUNE DI AUGUSTA (SIRACUSA)

COMMITTENTE: ***BUZZI UNICEM S.p.A. - Casale Monferrato (AL)*** **2007**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **coordinamento del gruppo di lavoro interdisciplinare**
- **studi e relazioni finalizzati agli aspetti geologici e geotecnici**

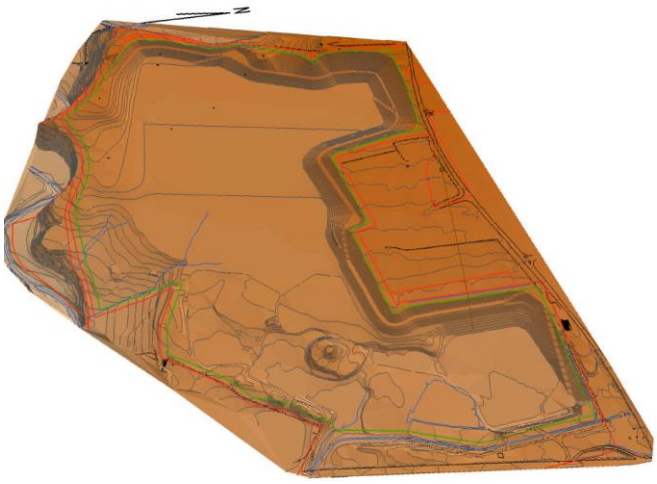
Lo Studio di Impatto Ambientale (SIA) riguarda una cava di argilla denominata Ogliastro che occupa un'area di 170 ha circa ed è stato applicato sia al progetto che all'esercizio dell'attività estrattiva della cava. Il progetto per il quale è stato eseguito lo Studio prevedeva l'estrazione di 23.180.000 m^3 di materiale in 100 anni.



Il progetto prevedeva che la cava venisse coltivata per circa 4-6 mesi l'anno, durante la primavera erano l'estate, per consentire l'accesso dei mezzi gommati malgrado l'elevata umidità del materiale; di conseguenza, durante il periodo estivo la produzione giornaliera era superiore al fabbisogno della cementeria deputata a ricevere il materiale estratto per consentire l'alimentazione dello stabilimento durante l'autunno e l'inverno.

Le porzioni di giacimento da coltivare erano previste preventivamente da preparare asportando la porzione superficiale di copertura costituita da calcarenite non idonea alla produzione. Al fine di disporre di superfici transitabili da autocarri, la scopertura del giacimento veniva prevista limitata esclusivamente alla porzione che si intendeva coltivare durante l'anno in corso. Questo per evitare di avere delle superfici di argilla non interessate dalle coltivazioni e sottoposte agli agenti atmosferici.

Una volta scoperto il giacimento, la coltivazione era prevista mediante aratura, operazione consistente in passate orizzontali con un trattore cingolato munito di ripper a tre denti, sull'intera area del giacimento. Il materiale così smosso, per una profondità di circa 35-40 cm, poteva subire una sorta di essiccazione in sito diminuendo la percentuale di umidità dal 21% all'11%.



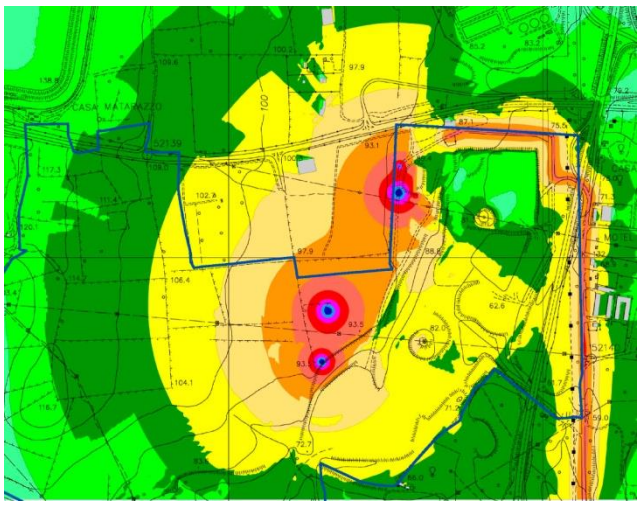
La morfologia finale di progetto dell'area Ogliastro comprendeva:

- piattaforma basale con pendenze variabili tra 1,6% e 3% in funzione della necessità di convogliamento delle acque meteoriche;
- scarpate perimetrali alla piattaforma basale, di altezza variabile e con pendenza costante pari al massimo a 20°;
- aree lungo i fossi di raccolta delle acque e sponde dei laghetti.

Sulla piattaforma basale e sulle scarpate perimetrali era stato previsto un inerbimento generalizzato e la formazione di un certo numero di nuclei di vegetazione arborea ed arbustiva riconducibile alla macchia mediterranea dell'Oleo-ceratonion.
Sulle sponde dei laghetti e dei fossi di raccolta delle acque era stata prevista la ricostituzione delle formazioni vegetali tipiche degli ambienti ripariali della zona.

La definizione degli impatti aveva inoltre consentito di effettuare:

- lo screening delle interazioni significative;
- l'elaborazione di una check list di riferimento;
- l'apprezzamento / stima della magnitudine dei vari impatti, in funzione della reale natura/sensibilità dei luoghi e della tipologia ed intensità dei fattori causali.



Lo screening degli impatti è consistita nella ricerca delle interazioni potenzialmente significative. Questa ricerca comportava, in un primo momento, l'identificazione delle interazioni logiche.

Nella check list che segue si riportano tutti i potenziali impatti che sono stati considerati.

	Componente	Fattore Causale	Impatto
1	L	1/5	Eliminazione della vegetazione
2	L	2/6	Effetto sulla vegetazione delle polveri prodotte
3	R	1/5	Impatto paesaggistico dovuto alle modificazioni morfologiche dell'area estrattiva
4	M	1/5	Sottrazione habitat faunistici
5	N	1/5	Perturbazione dell'ecosistema a causa delle modifiche strutturali dell'ambiente
6	O/P	4/8	Rumore dovuto ai mezzi sulla viabilità

Dallo studio è risultato che la cava e le opere accessorie necessarie per il suo avviamento e per l'esercizio non avrebbero comportato modificazioni all'ambiente tali da rendere il progetto non compatibile.

PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA CHIUSURA DI UN SITO ESTRATTIVO E DEL SUO RIPRISTINO AMBIENTALE

CAVA AL FARO O SCALETTA IN FRAZIONE SESTO DI MORIANO (LUCCA)

COMMITTENTE: ***Betonval S.p.A. - Calenzano (FI)*** **2007**

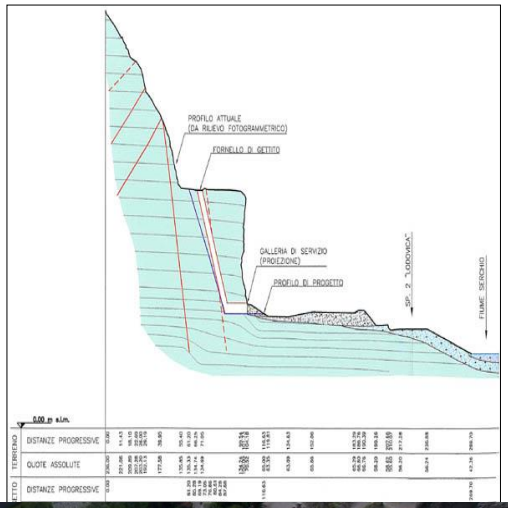
ATTIVITÀ SVOLTE

- **coordinamento del gruppo di lavoro interdisciplinare**
- **relazione geologica e geotecnica**
- **progettazione esecutiva degli scavi**

L'obiettivo principale del progetto era raggiungere condizioni geometriche finali della cava tali da garantire la stabilità a lungo termine nonché il ripristino di condizioni ambientali in accordo con gli strumenti urbanistici vigenti, in continuità con le premesse e gli obiettivi del progetto di massima già approvato dal Comune di Lucca nel 2000.

Altri obiettivi erano inoltre la sistemazione degli accessi alle aree interne della cava per poter garantire il raggiungimento di tutti i gradoni per la manutenzione nel tempo degli interventi di sistemazione morfologica, idraulica e ambientale, l'arretramento del piede del versante nella zona centrale della cava per poter liberare spazi interni da destinare a usi successivi e la realizzazione, nella porzione inferiore del versante, di interventi di ripristino ambientale.

All'uopo è stata prevista la realizzazione di ripiani morfologici per spezzare la monotonia del profilo e per favorire l'attecchimento da parte della vegetazione. Al fine di trattenere il terreno, sono state progettate delle strutture di sostegno in legname (palificate semplici a pali sovrapposti) ancorate con profilati in acciaio. Allo scopo di evitare fenomeni di erosione superficiale, tutti i gradoni sono stati realizzati con una contropendenza verso monte del 4-5%, in modo di convogliare le acque superficiali verso la cunetta di controriva prevista al piede della scarpata di monte per la raccolta e lo smaltimento delle acque stesse nei più vicini collettori naturali.



Sulla superficie dei gradoni, al fine di perseguire un più efficace rinverdimento delle superfici messe a nudo dagli scavi, è stato previsto il riporto di uno strato di terreno vegetale con spessore medio di circa 80 cm.

Lungo la superficie della scarpata dei gradoni, si è previsto di procedere, invece, tramite l'ausilio dei denti dell'escavatore, alla formazione di canali e anfratti in grado di favorire l'accumulo di terra e il conseguente sviluppo di vegetazione.

Infine, gli interventi sulla morfologia della cava consentivano di liberare un certo numero di metri cubi di inerti che potevano essere commercializzati dalla ditta esecutrice per finanziare gli interventi di recupero final.e.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE PER IL PROGETTO DI COLTIVAZIONE

MINIERA DI MONTE VIDALTO NEL COMUNE DI VERNASCA (PIACENZA)

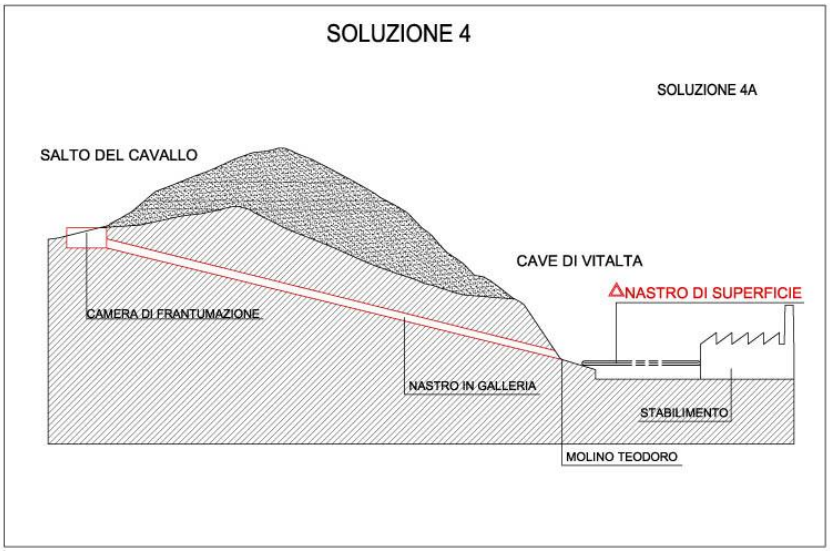
COMMITTENTE: ***BUZZI UNICEM S.p.A. - Casale Monferrato (AL)*** **2004-2007**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **coordinamento del gruppo di lavoro interdisciplinare**
- **studi e relazioni finalizzati agli aspetti geologici e geotecnici**
- **progetto preliminare delle strutture sotterranee (galleria del nastro, camerone per la frantumazione)**

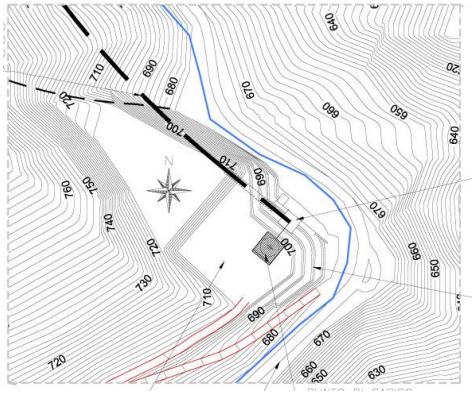
Lo Studio d'Impatto Ambientale (SIA) è stato applicato al progetto che prevedeva l'estrazione di marna dalla sommità del monte Vidalto per un volume di circa 12,000,000 m^3 di materiale in 30 anni e all'esercizio stesso dell'attività estrattiva; il contemporaneo recupero della miniera è stato finalizzato al ripristino delle condizioni ambientali naturali del sito. La miniera di marna di monte Vidalto occupava un'area di 170 ha circa e non era stata più sfruttata a partire dagli anni '70 sebbene fosse già attiva negli anni '30 in località Cave Vitalta e successivamente anche in località Salto del Cavallo. La miniera era al servizio della cementeria di Vernasca.
Lo SIA, in ottemperanza alla normativa, conteneva:

a) la descrizione del progetto;
b) la descrizione dei potenziali impatti sull'ambiente;
c) la rassegna delle relazioni esistenti fra l'intervento proposto e le norme in materia ambientale;
d) la descrizione delle misure previste per eliminare o ridurre gli effetti sfavorevoli sull'ambiente.

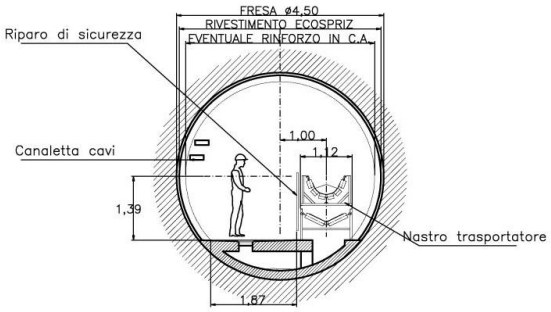


Il progetto prevedeva la realizzazione di una serie di infrastrutture di supporto all'attività, tra cui la più importante era una galleria deputata ad ospitare un nastro trasportatore sotterraneo di circa 3000 m di lunghezza, che avrebbe messo in collegamento l'impianto di frantumazione della miniera con la cementeria. Una tale serie di opere sotterranee avrebbe consentito di eliminare numerosi problemi legati, ad esempio, al rumore e alle polveri nelle attività di frantumazione e nel trasporto del materiale.

DETTAGLIO DELLA ZONA DELL'IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE
Scala 1:2000



GALLERIA DEL NASTRO – SEZIONE TIPO
SCALA 1:100



GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

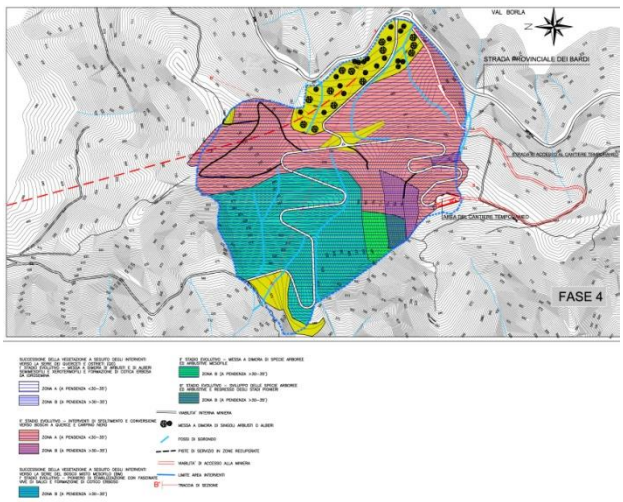
L'apertura della miniera di Monte Vidalto avrebbe consentito, tra le altre cose, di eliminare il trasporto su strada della marna, che rappresentava il 55% della materia prima in entrata nella cementeria di Vernasca, e avrebbe permesso di eliminare il flusso di automezzi pesanti da e verso la valle del torrente Nure (miniera Albarola in comune di Vigolzone - PC) circa 45 km ad ovest; e da e verso l'alta valle del torrente Arda (miniera di Morfasso) circa 20 km a sud ovest.

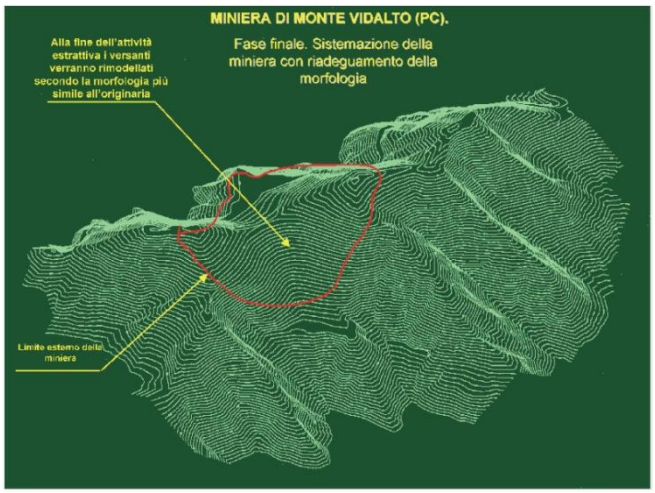
Il progetto interessava un'area quasi completamente boscata; l'area ricadeva in un contesto paesaggistico, quello dei primi contrafforti appenninici, dominato dalle formazioni boschive, mentre erano di secondaria entità i prati, i pascoli, i seminativi e le zone cespugliate. La vegetazione circostante si inquadrava nella tipologia dei boschi cedui e fustaie a latifoglie tipici di tutto il distretto, alternati a pascoli e prati permanenti e ai coltivi di fondovalle.

Dall'esame delle analisi pedologiche si ricavava la presenza in tutta l'area, a eccezione delle zone in cui il substrato roccioso affiorava, di suoli di buona qualità per tessitura, per la presenza di sostanza organica e per ritenuta idrica. Gli spessori di questi suoli variavano da alcune decine di centimetri a zero, in corrispondenza dei già citati punti di affioramento del substrato roccioso o in corrispondenza dei piazzali delle vecchie lavorazioni.

Sulla base di questi dati si poteva stimare la totale autonomia dell'operazione di riporto del terreno a fini di recupero e rivegetazione, senza prevedere affluenza dall'esterno di terra vegetale. L'operazione risultava quindi condizionata dalla possibilità di organizzare stoccaggi temporanei che, in particolare nella prima fase, avrebbero costituito quantità di rilievo. A questo fine si poteva ipotizzare come area di stoccaggio, all'inizio, la superficie del piazzale esistente in adiacenza alla Strada Provinciale di Bardi, situato alla quota 715 m s.l.m; in seguito, man mano che lo scavo della miniera proseguiva, si sarebbero potute eventualmente ricavare aree di stoccaggio temporaneo per il terreno di scotico ai margini dei piazzali.

Gli interventi di recupero si basavano sulla sequenza delle fasi di coltivazione che prevedevano un'escavazione a piazzale discendente in fasi decennali a partire dalla cima del Monte Vidalto.
La successione degli interventi era prevista dall'alto verso il basso a iniziare dalle due nuove cime che si sarebbero sostituite all'attuale morfologia del Monte Vidalto.





MONITORAGGIO DELLE DEFORMAZIONI DEI VERSANTI DI UN SITO MINERARIO E PREDISPOSIZIONE DEL PIANO DI CHIUSURA DELLA MINIERA

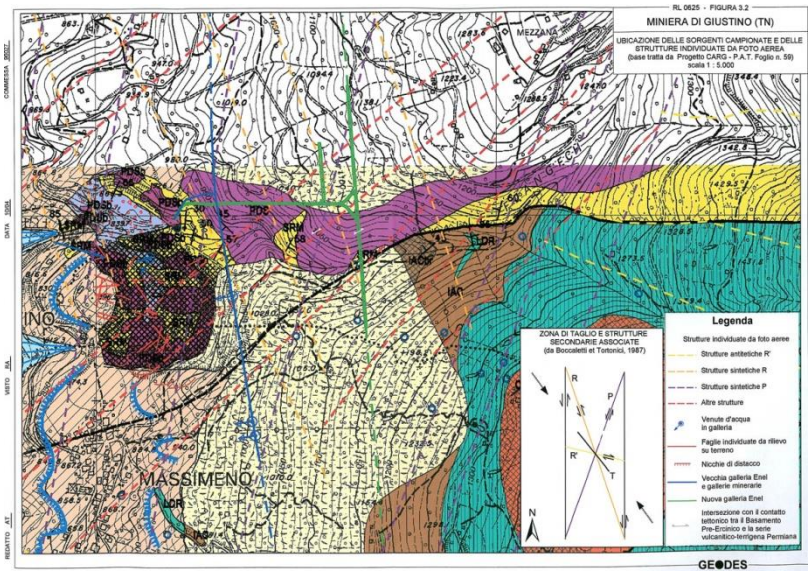
MINIERA DI GIUSTINO NEL COMUNE DI GIUSTINO VAL RENDENA (TRENTO)

COMMITTENTE: ***MAFFEI S.p.A. - Castellarano (RE)*** **2004**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **redazione della relazione geologica**
- **redazione della relazione geotecnica**
- **modellazione numerica tensio-deformativa 2D**

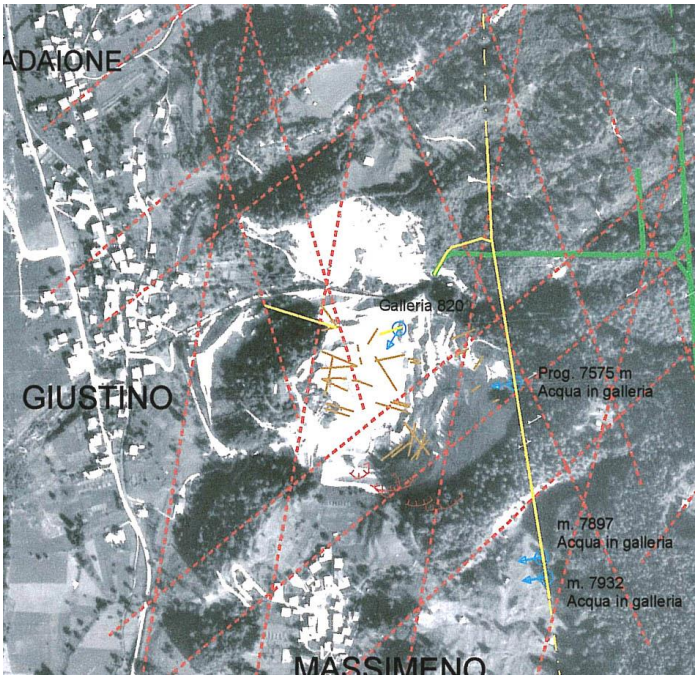
Il progetto estrattivo originario (1991) relativo alla cava, non era stato completato a causa della forte riduzione del volume di minerale venduto. Si era pertanto resa necessaria la richiesta di rinnovo della concessione mineraria e di proroga dell'efficacia della V.I.A. che, alla luce delle autorizzazioni allora in essere, aveva il solo scopo di permettere il completamento dei ripristini ambientali della miniera e il reinserimento del sito nel contesto ambientale circostante. Le problematiche per la chiusura della miniera di Giustino erano strettamente connesse all'andamento dello stato deformativo del fronte Est, il cui comportamento era tenuto sotto controllo da un sistema di monitoraggio. A partire dall'autunno 2000, il versante era stato infatti interessato da deformazioni strettamente correlate alle precipitazioni, con accelerazioni in coincidenza delle stagioni autunnali negli anni 2000, 2002 e 2003, sebbene con evoluzioni nel tempo differenziate in relazione alla tipologia delle precipitazioni (piovose o nevose).



Il progetto di chiusura è stato sviluppato secondo due linee di intervento principali:

- Fase 1: sistemazione definitiva della zona sud-orientale del fronte in morena, la cui pendenza elevata, derivante dai lavori di sistemazione eseguiti tra gli anni 1986 e 1993, ha determinato in più occasioni franamenti corticali, ripetuti in corrispondenza degli eventi piovosi più significativi e del periodo primaverile del disgelo;
- Fase 2: completamento del riempimento del fondo scavo, in accordo al progetto del 1991, sino alla quota 818 m s.l.m., corrispondente alla quota di naturale deflusso delle acque raccolte sul fondo della miniera grazie alla galleria di carreggio esistente verso valle.

Si è previsto che il materiale scavato nella Fase 1 in parte venisse sistemato sul fondo scavo della miniera e, in parte, fosse utilizzato per terminare la sistemazione del fronte Sud, fronte interessato nel 1997 da una frana della parte in morena. Complessivamente dalla sistemazione della morena derivavano circa 75-80.000 m^3 di terreno, di cui circa 30.000-35.000 m^3 utilizzabili per la sistemazione del fronte Sud e i restanti per il riempimento del fondo scavo, cui si aggiungevano altri 20-25.000 m^3 provenienti dall'esterno della miniera. Oltre a questi materiali, si prevedeva di sistemare sul fondo scavo anche i limi provenienti dalla lavorazione del minerale nell'impianto, miscelati al resto del materiale di riempimento, in analogia a quanto fatto fino ad allora.
Questa fase di ripristino del sito richiese circa un anno di tempo.
Al termine della Fase 1 si programmò pertanto una situazione con scarpate interamente risistemate e rinverdite e parziale riempimento del fondo scavo, con un ammanco totale di materiale di circa 330.000 m^3.



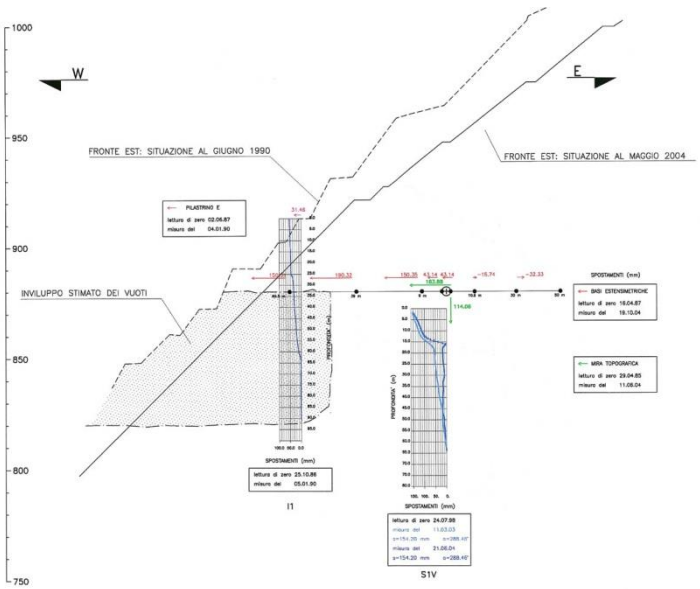
La Fase 2 comprendeva il riempimento del fondo scavo, sino alla quota prevista dal progetto del 1991, con l'utilizzo di "terre e rocce da scavo" disponibili nel Comprensorio delle Giudicarie e limitrofi.

Il riempimento era stato previsto per fette orizzontali di 6-8 m di altezza da Est verso Ovest, fino al raggiungimento e quindi al completamento del piano posto a quota 818 m s.l.m. Si previde una durata di 7 anni per completare tale operazione.

Per tutta la durata di questa fase veniva mantenuto il sistema di decantazione e pompaggio delle acque dal fondo scavo; via via che il riempimento procedeva, il bacino di decantazione e pompaggio delle acque meteoriche veniva spostato a quote maggiori.

Il piano finale a quota 818 m s.l.m. veniva progettato e realizzato in modo tale da evitare il ristagno delle acque meteoriche (lieve pendenza verso l'angolo Nord-Ovest di Cava Massimeno ove sorgeva la galleria di drenaggio). Il piano finito è stato progettato da rinverdire e da destinare a prato.

Il monitoraggio delle attività estrattive sul fronte Est era iniziato nel 1993. Nel tempo il sistema di monitoraggio è stato via via adeguato: all'epoca del progetto, i dati derivano sia dalla strumentazione installata all'interno della vecchia galleria ENEL, sia da misure topografiche di superficie, eseguite sul fronte Est.



All'interno della galleria ENEL erano presenti:

- 2 estensimetri a 3 basi in fori orizzontali perforati dalla galleria verso valle e verso monte
- 1 estensimetro multibase in foro inclinato a 45° dalla galleria verso valle
- 2 estensimetri a 3 basi in fori orizzontali perforati dalla galleria verso valle e verso monte
- 2 estensimetri a 3 basi in fori orizzontali perforati dalla galleria verso valle e verso monte
- 2 misuratori di convergenza in galleria
- 5 mire topografiche.

Si disponeva anche delle misure topografiche esterne, condotte sulle mire installate sul fronte Est nel 2006. Sul fronte Ovest erano presenti 2 estensimetri multibase a 2 basi a lettura manuale.

Gli estensimetri multibase e i misuratori di convergenza erano dotati di trasduttori a corda vibrante. Tutti i sensori erano collegati ad un'unità di acquisizione dati automatica installata all'esterno della galleria di servizio ENEL e dotata di modem per colloquiare con un'unità remota di controllo. La scansione degli strumenti dotati di trasduttore elettrico avvieniva in modo automatico ogni 6 ore e la raccolta dei dati sull'unità remota con cadenza quindicinale. Le misure manuali sulla strumentazione topografica e inclinometrica, in galleria, venivano effettuate a cadenza semestrale, mentre per le letture topografiche esterne la cadenza era quindicinale.

ATTRAVERSAMENTO APPENNINICO FRA SASSO MARCONI E BARBERINO DI MUGELLO - BRETELLA DI FIRENZUOLA (FIRENZE)

IMPATTO DELLA GALLERIA POGGIONE SULL'ACQUIFERO ACQUA PANNA

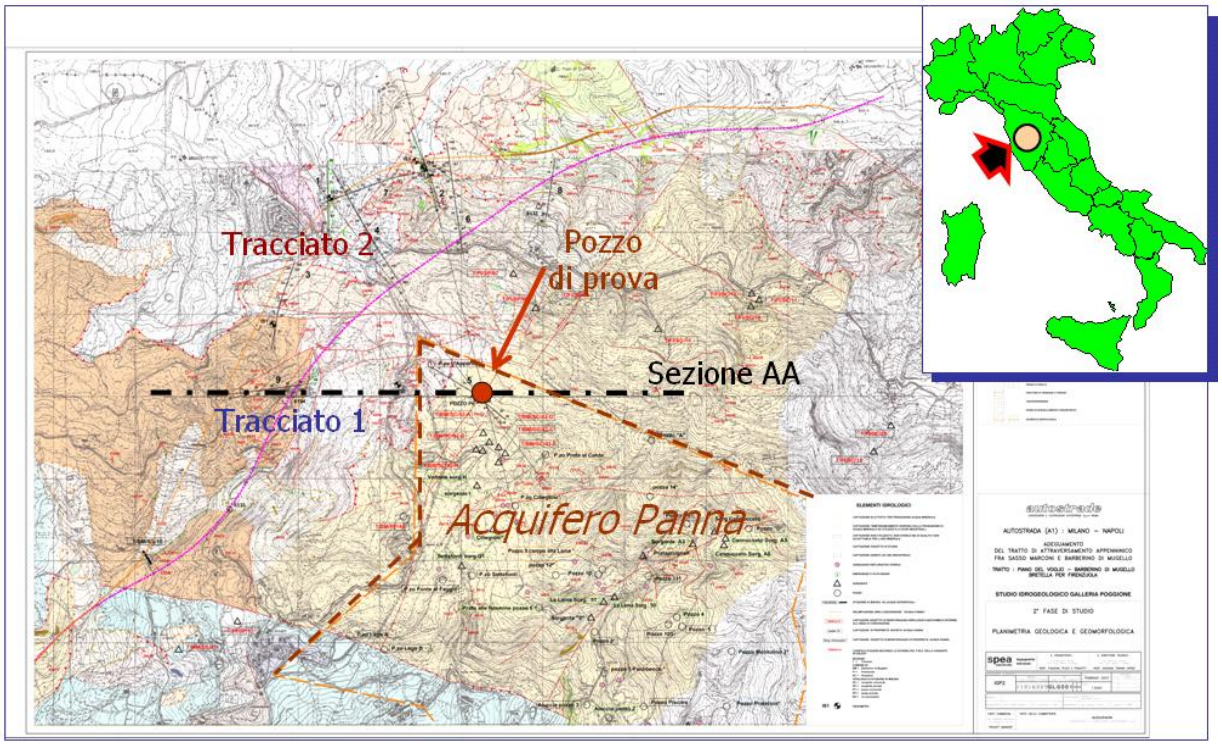
COMMITTENTE: ***SPEA Ingegneria Europea S.p.A.*** **2000-2004**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **studio geologico e idrogeologico**
- **modellazione numerica di flusso 2D e 3D**

La galleria Poggione in progetto fa parte della Bretella di Firenzuola che ricade nell'ambito del progetto di attraversamento appenninico fra Sasso Marconi e Barberino di Mugello.

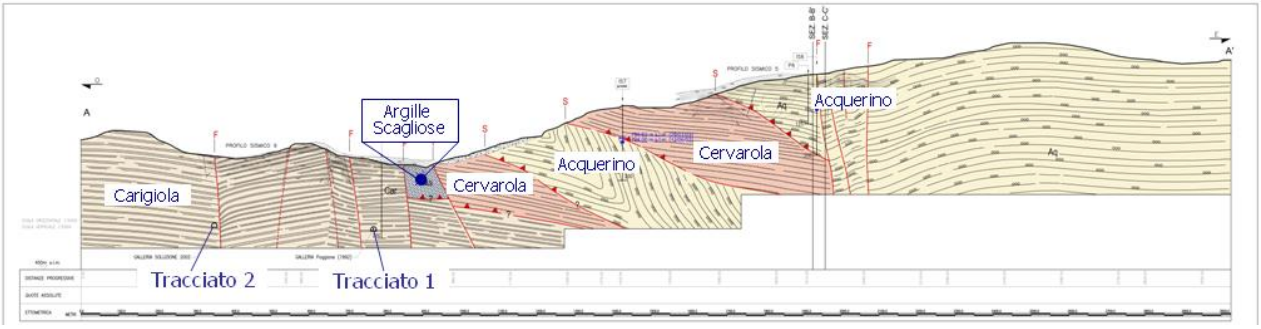
Il tracciato stradale e, in particolare, la galleria Poggione si sviluppano ai margini occidentale e settentrionale dell'acquifero sede della concessione dell'acqua Panna.



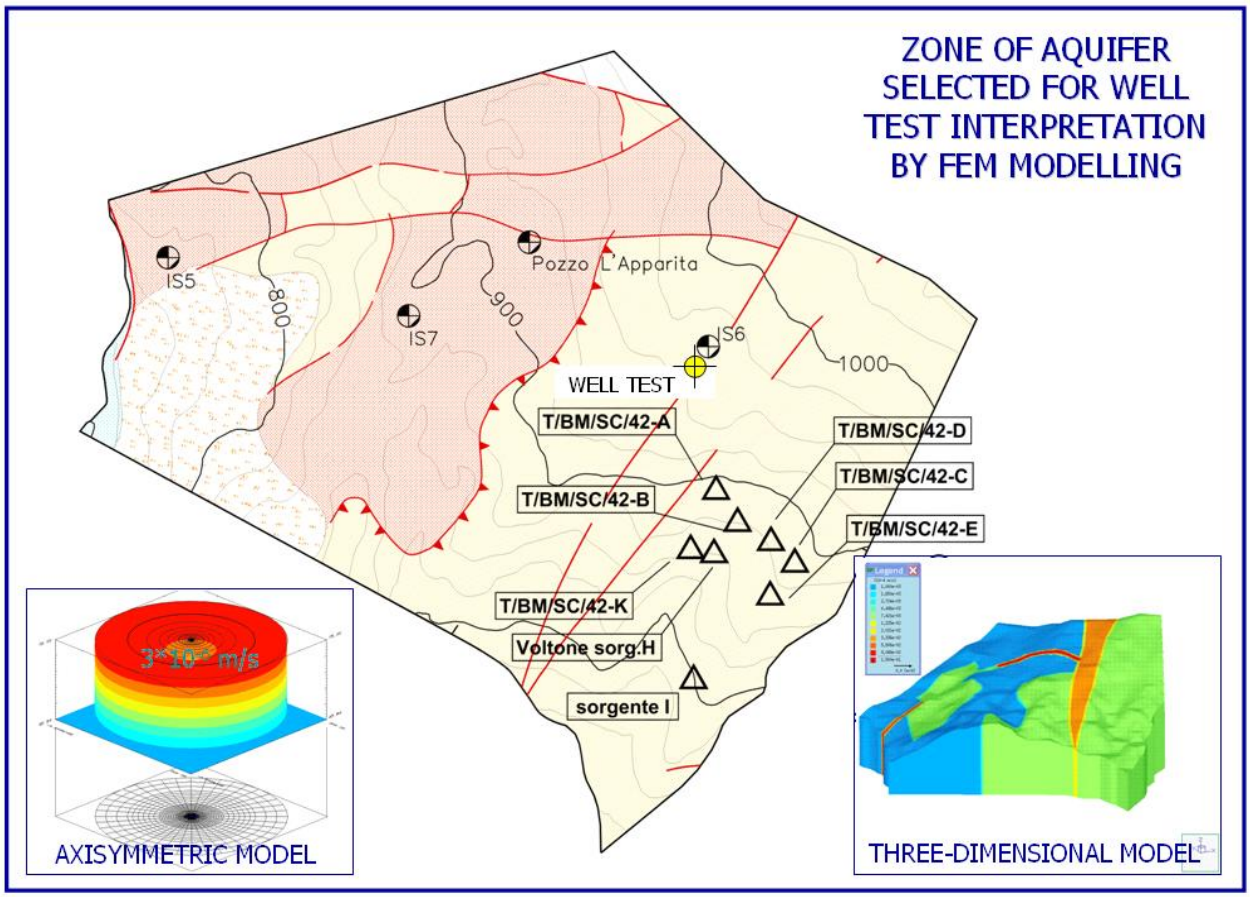
Al fine di determinare le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e valutare la potenziale interferenza tra lo scavo della prevista galleria Poggione e l'acquifero che alimenta le sorgenti Panna, nel periodo 2000-2004 sono stati svolti indagini e studi a carattere geologico e idrogeologico.

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Gli studi hanno inoltre compreso analisi numeriche per la simulazione dell'eventuale interferenza tra la galleria e l'acquifero.



L'interpretazione delle indagini e prove (in particolare della prova di pozzo), l'elaborazione dei dati di monitoraggio e le simulazioni numeriche hanno consentito di caratterizzare da un punto di vista geologico ed idrogeologico l'area in esame, raccogliere i dati necessari per il bilancio idrogeologico, valutare l'interferenza tra l'acquifero e la galleria Poggione.



IMPIANTO IDROELETTRICO SUL TORRENTE DORA DI VALGRISENCHE COMUNE DI ARVIER (AO)

GALLERIA DI DERIVAZIONE DELL'IMPIANTO

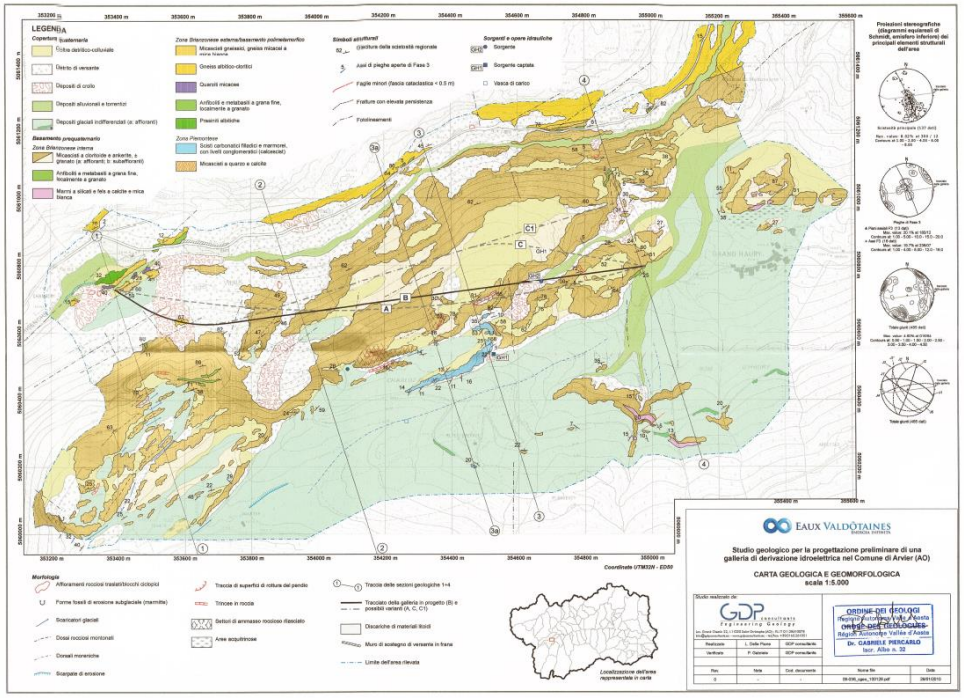
COMMITTENTE: ***Idroelettrica Arvier S.r.l. (Società di scopo di Eaux Valdotaines S.r.l.)***

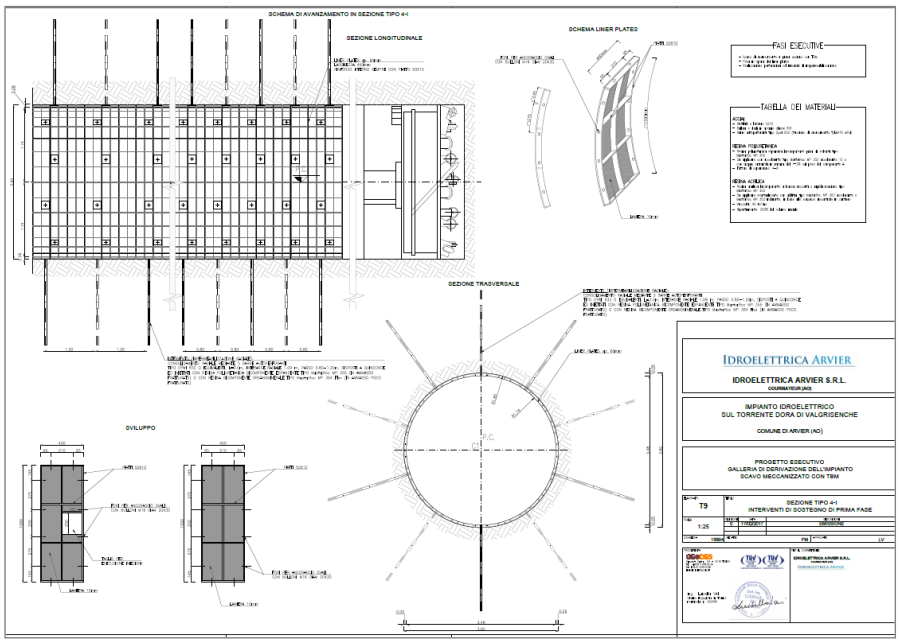
2015-2019

ATTIVITÀ SVOLTE

- **Progettazione Esecutiva**
- **Direzione Lavori**

La GEODES S.r.l. è stata incaricata dalla Società Idroelettrica Arvier, società di scopo della società Eaux Valdotaines, della progettazione esecutiva e della direzione lavori per la galleria di derivazione del nuovo impianto idroelettrico, ubicata sul versante sinistro della bassa Valgrisenche, nel comune di Arvier (AO). L'area in esame si estende tra l'opera di presa, situata in sponda destra della Dora di Valgrisenche in località Chameday (1205 m s.l.m. circa), e



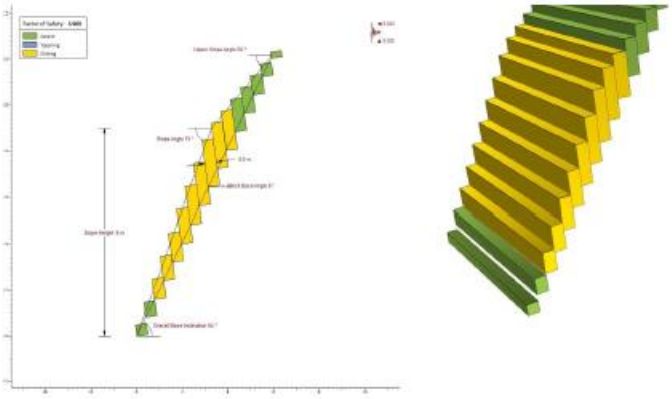


la vasca di carico, situata a quota 1202 m s.l.m. circa, a Ovest dell'abitato di Grand-Haury.

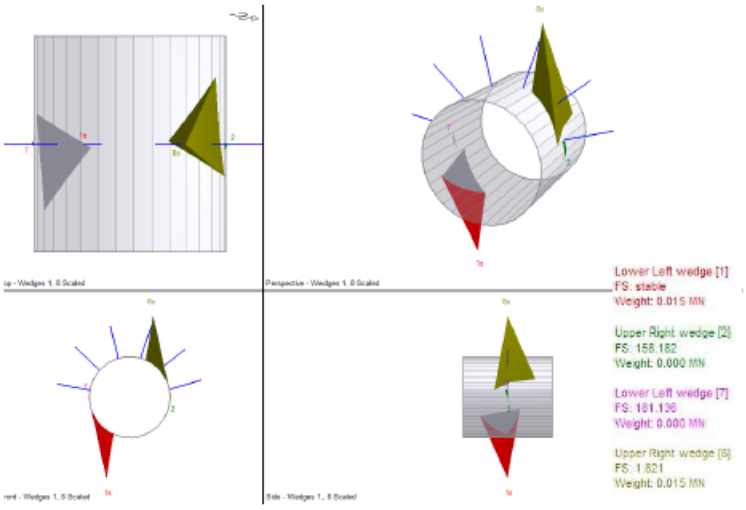
Il tracciato della galleria di derivazione in progetto si sviluppa per la sua totalità in galleria naturale, il cui scavo è previsto a piena sezione con TBM.

La lunghezza totale della galleria è pari a 1625.57 m; lo scavo avverrà in salita, con pendenza pari all'0.18%, da Est verso Ovest, ovvero dall'imbocco lato vasca di carico all'imbocco lato opera di presa.

In corrispondenza degli imbocchi della galleria sono previsti degli scavi propedeutici alla realizzazione della galleria, al fine di poter disporre di un piazzale di cantiere di adeguate dimensioni, di un fronte di attacco e di uno di uscita regolari e di una adeguata copertura di ammasso roccioso al di sopra della galleria. La stabilità dei suddetti scavi sarà garantita mediante opere di sostegno consistenti nella posa di reti in aderenza e interventi di rinforzo con ancoraggi.



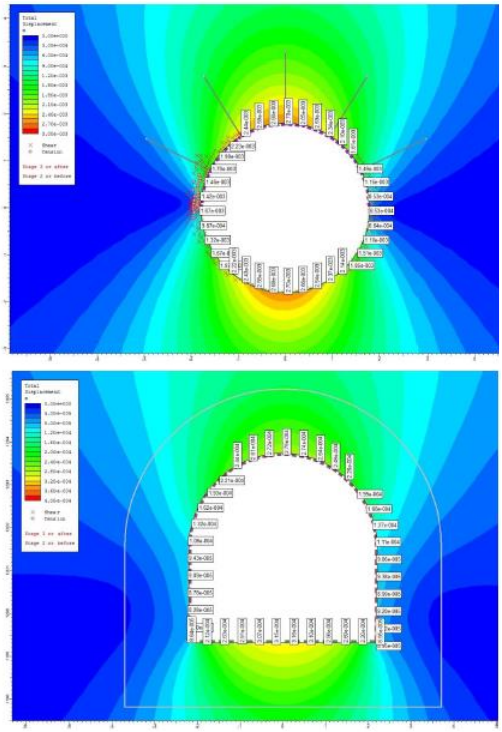
All'imbocco lato vasca di carico, ovvero all'imbocco di attacco della galleria, si prevede la realizzazione di un preanello di protezione provvisionale realizzato con centine metalliche e calcestruzzo proiettato, per garantire la sicurezza all'imbocco della galleria.



Sulla base della caratterizzazione geomeccanica e quindi delle condizioni di qualità dell'ammasso roccioso previste lungo lo sviluppo della galleria sono state definite le sezioni tipo degli interventi di sostegno del cavo ed è stata stimata la loro distribuzione nei diversi tratti di galleria.

Per la verifica delle strutture di rivestimento delle sezioni tipo sono state condotte analisi numeriche di simulazione dello scavo della galleria con il Metodo degli Elementi Finiti, in condizioni di deformazione piana, utilizzando il codice di calcolo Phase2, che hanno permesso di esaminare l'interazione tra l'ammasso roccioso interessato dallo scavo della galleria e le strutture di rivestimento delle sezioni tipo, in modo da valutare lo stato tensionale e deformativo nelle strutture di sostegno e nell'ammasso roccioso.

Sono inoltre state condotte verifiche di ribaltamento, di scivolamento planare e tridimensionale nei confronti dei potenziali cinematismi derivanti dall'intersezione tra i sistemi di discontinuità e i fronti di scavo. In particolare sono stati esaminati i potenziali cinematismi in corrispondenza dell'imbocco e del piazzale della zona di presa, i fronti di scavo nella zona della vasca di carico, i fronti di scavo agli imbocchi della galleria e i potenziali cunei instabili in galleria.



IMPIANTO IDROELETTRICO DI FEDIO - CANALE DERIVATORE IN LOCALITÁ SAUT COMUNE DI DEMONET (CN)

CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEL CANALE DERIVATORE

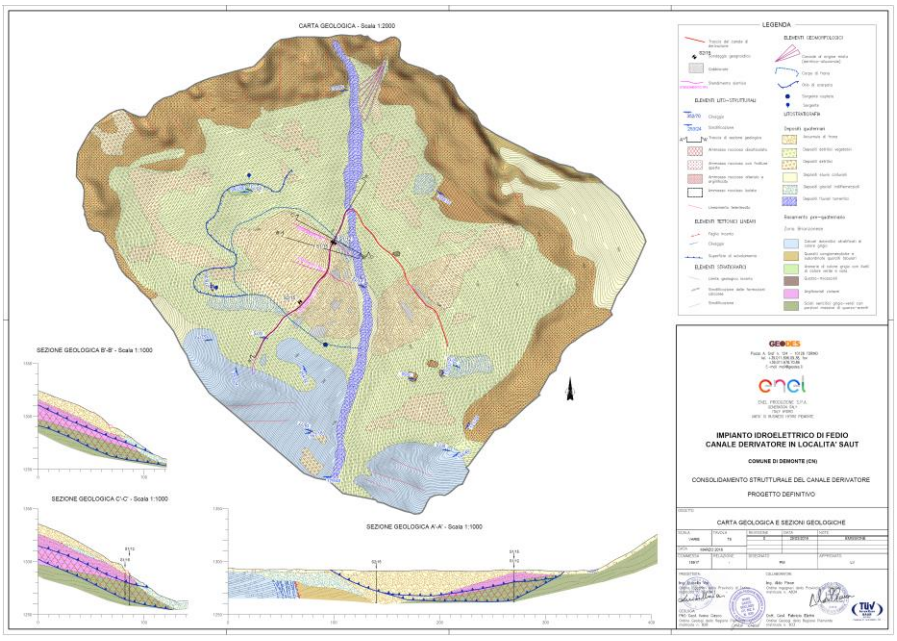
COMMITTENTE: ***ENEL PRODUZIONE S.p.A. (Progetto Definitivo)*** **2015-2016**
SOMOTER S.r.l. (Direzione Lavori Strutturale) **2016-2017**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **Progettazione Definitiva**
- **Direzione Lavori Strutturale**

Su incarico di ENEL Produzione S.p.A. - UB Hydro Piemonte - Cuneo, GEODES S.r.l. ha redatto la progettazione definitiva degli interventi di consolidamento strutturale di un tratto del canale derivatore dell'Impianto Idroelettrico di Fedio, ubicato nel territorio comunale di Demonte, in provincia di Cuneo. Tale consolidamento si rende necessario alla luce del rilevamento di lesioni della struttura connesse a fenomeni di instabilità del versante. Tali lesioni rendono detto canale soggetto a filtrazioni e/o piccole perdite d'acqua che in modo continuo vengono rilasciate nel versante aumentando il rischio di instabilità dello stesso e rendendo necessario e urgente l'intervento di consolidamento.

L'impianto idroelettrico di Fedio è costituito da una centrale a bacino che utilizza le acque derivate da diverse prese, tra cui quella sul rio Saut tramite un canale di derivazione. Il canale di derivazione inizia dal bacino di località San Giacomo, ubicato a quota 1293 m s.l.m, e prosegue, con tratti a mezzacosta ed altri in galleria, lungo il versante orografico sinistro del Vallone dell'Arma fino ad arrivare, con un percorso di circa 6100 m, alla vasca di carico in caverna sita a quota 1287 m s.l.m. circa, da cui partono le condotte forzate che collegano la centrale di Fedio, ubicata sul fondovalle a quota 924 m s.l.m. Il canale presenta una pendenza pari all'1‰ ed un'altezza di moto uniforme a regime, nel tratto in esame, pari ad 1.60 m. La sezione tipo nel tratto oggetto di intervento si presenta con geometria trapezoidale e calotta rivestita a volta.

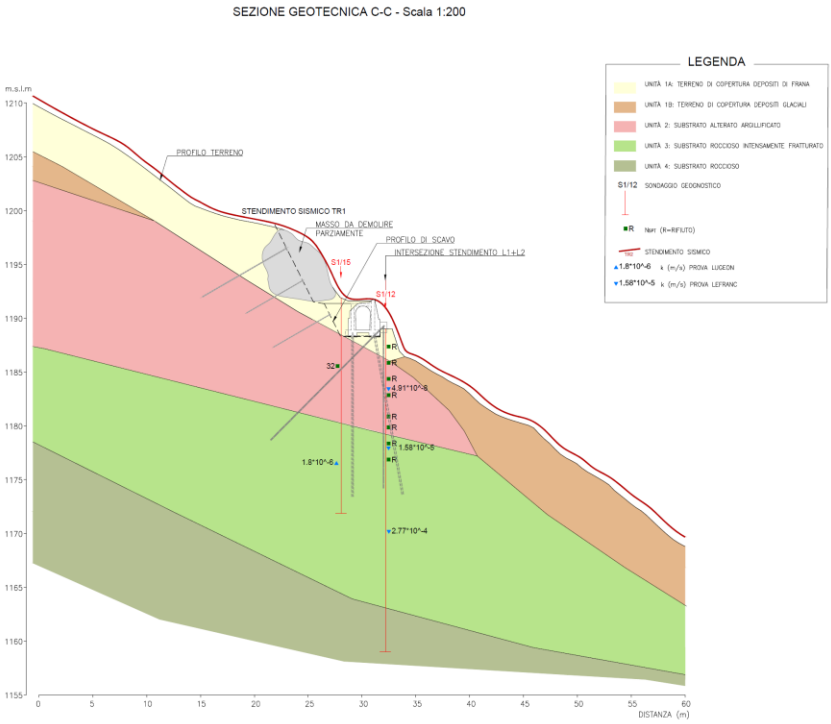


In funzione delle caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica, effettuata sulla base dei dati disponibili, sono stati definiti gli interventi di consolidamento necessari, sintetizzabili come segue:

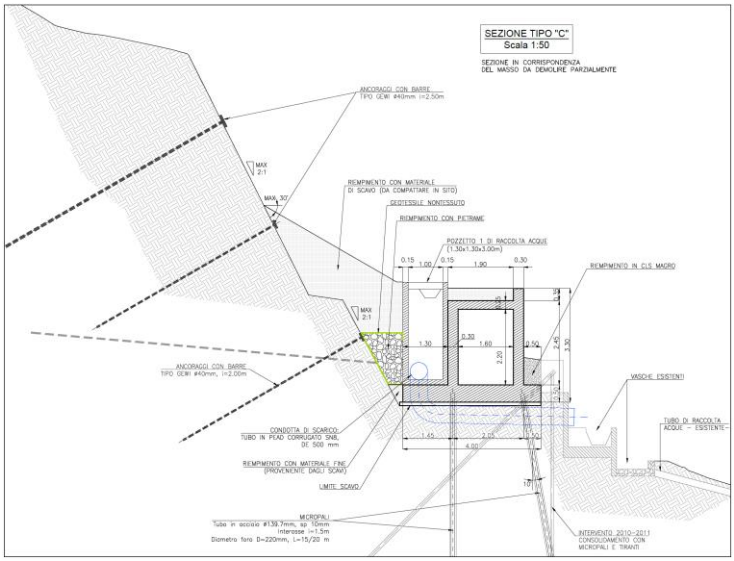
- Intervento di Tipo 1: rifacimento completo del canale derivatore a mezza costa in prossimità della presa Saut, nel tratto compreso tra la progressiva pk 4+356 e la progressiva pk 4+432
- Intervento di Tipo 2:
  - realizzazione di nuovi giunti strutturali e ripristino dei giunti ammalorati nel canale esistente tra le progressive: pk 4+204÷4+356, pk 4+432÷4+473, pk 4+644÷4+712
  - realizzazione di giunti strutturali nel nuovo canale (tratto compreso tra la progressiva pk 4+356 e la progressiva pk 4+432)
- Intervento di Tipo 3: interventi di miglioramento e di aumento dell'efficacia delle opere di ingegneria naturalistica esistenti a valle del canale tra la progressiva pk 4+356 e la progressiva pk 4+432.

Dal punto di vista esecutivo le principali problematiche vengono individuate nei seguenti punti:

- in prossimità della progressiva pk 4+400, a monte del canale derivatore, è presente un masso sicuramente di notevoli dimensioni, di volume stimato intorno ai 200 m^3 ma la cui esatta geometria risulta incerta, che costituisce un ostacolo alla realizzazione dell'intervento di Tipo 1. Tale problematica è stata superata prevedendo una demolizione parziale del corpo roccioso con microcariche esplosive e la realizzazione di un intervento di consolidamento del fronte di scavo mediante ancoraggi passivi e posa di una rete metallica in aderenza



- a causa dei ridotti spazi operativi e del difficile accesso alle aree di cantiere da parte dei mezzi e delle attrezzature necessarie per la realizzazione degli interventi di manutenzione previsti, si renderà necessario l'impiego di un elicottero per il trasporto degli strumenti e dei materiali di lavoro. Per questo motivo è stata individuata un'area piuttosto pianeggiante di fondovalle che possa consentire le manovre di carico e scarico da parte del velivolo e il deposito temporaneo dei mezzi e dei materiali di cantiere.



L'obbligo dell'uso dell'elicottero ha comportato inoltre la necessità di individuare, in corrispondenza del canale derivatore, altre aree idonee ad accogliere il materiale e i mezzi necessari alla esecuzione dell'intervento e che consentano il carico e lo scarico senza atterraggio del velivolo, vista l'impossibilità di far atterrare l'elicottero in prossimità del canale.

Per conto dell'Impresa esecutrice dei lavori (SOMOTER S.r.l.) GEODES S.r.l. ha svolto la Direzione Lavori Strutturale nel periodo 2016-2017.

IMPIANTO IDROELETTRICO HONE II
VALLE D'AOSTA

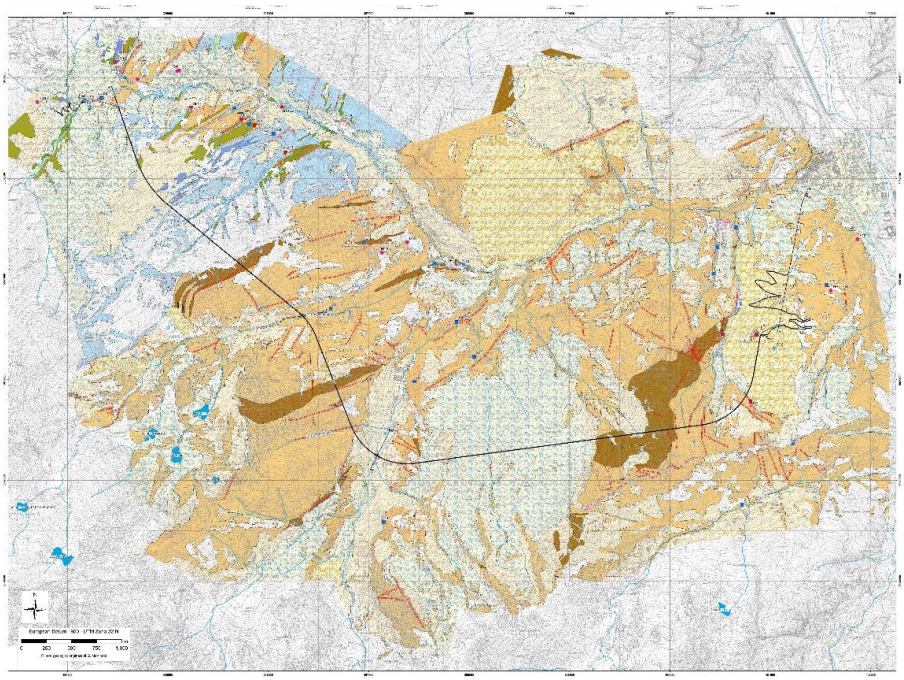
AMMODERNAMENTO DELL'IMPIANTO

COMMITTENTE: *C.V.A. S.p.A.* **2015-2016**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **geologia, idrogeologia, geotecnica, sismica**
- **relazione di compatibilità ai sensi del D.G.R. 2939/08**
- **progettazione definitiva della nuova galleria di derivazione e delle opere di superficie**

Le presenti attività sono state svolte da Geodes S.r.l. per conto di C.V.A. S.p.A. nell'ambito del Progetto Definitivo e dello Studio di Impatto Ambientale finalizzati all'ammodernamento dell'Impianto Idroelettrico Hone II di proprietà di C.V.A. S.p.A. - Valle d'Aosta.



La parte principale del progetto riguarda la realizzazione del nuovo canale derivatore quasi completamente in galleria (circa 9.000 m di lunghezza), ad eccezione dei primi 300 m, dove verrà realizzato un nuovo canale a mezza costa di collegamento con l'opera di presa principale.

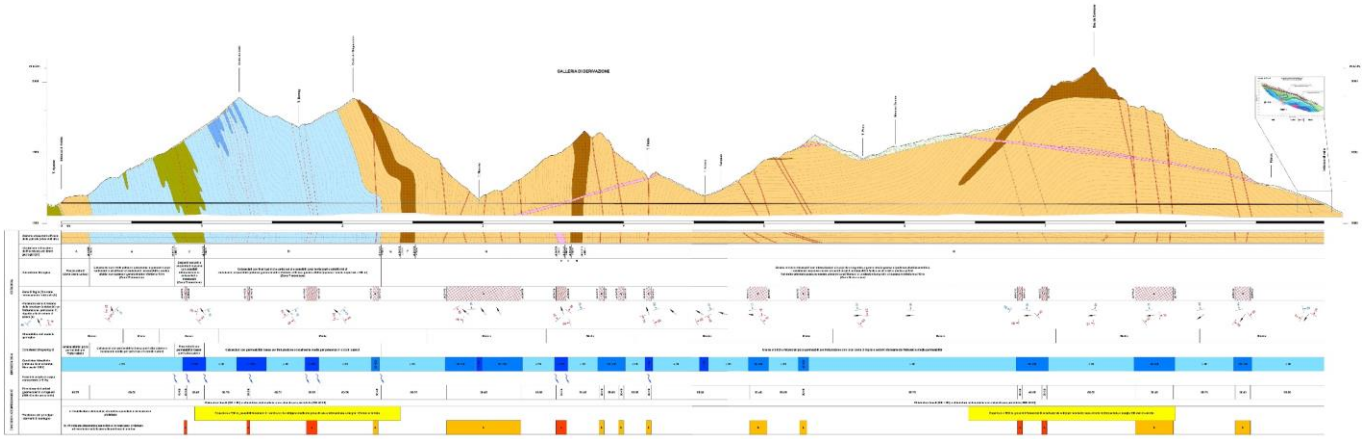
Le principali problematiche geotecniche affrontate nello studio sono:

- la presenza di zone di faglia e superfici di sovrascorrimento tettonico
- i potenziali fenomeni di *rockburst* legati agli elevati stati tensionali dovuti all'elevata copertura (copertura massima di circa 800 m)
- le interferenze con fenomeni deformativi di versante: l'area interessata dalla galleria è stata oggetto di fenomeni deformativi profondi di versante e pertanto si presume che, in particolare in prossimità delle superfici di scorrimento, l'ammasso roccioso si presenti anche intensamente fratturato, con fasce di materiale cataclastico di rilevante estensione
- lo scavo della galleria entro corpi e lenti di rocce serpentinitiche, con presenza di minerali asbestiferi in corrispondenza delle zone di taglio.

In considerazione di quanto sopra, nello studio sono state messe in atto le seguenti azioni:

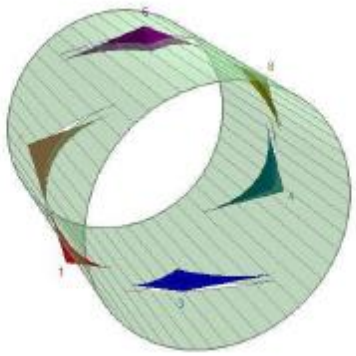
- valutare le possibili varianti di tracciato per evitare/ridurre l'intersezione dello scavo con i corpi serpentinitici; in particolare ciò ha riguardato la parte di tracciato iniziale a partire dall'opera di presa, dove i rilievi geologici e geologico-strutturali hanno riscontrato la maggiore presenza dei corpi serpentinitici
- valutare le indagini da eseguire in avanzamento per prevedere l'eventuale attraversamento di lenti di rocce verdi potenzialmente asbestifere e le azioni da intraprendere per la sicurezza dello scavo

- assicurare la stabilità del cavo e adeguate condizioni di sicurezza durante le fasi di costruzione, in particolare nei tratti in cui l'ammasso roccioso risulta maggiormente fratturato e nei tratti a maggiore copertura potenzialmente soggetti a fenomeni di *rockburst*
- controllare l'evoluzione dello stato tensio-deformativo nell'intorno del cavo con appropriati interventi e fasi esecutive, al fine di:
  - minimizzare e limitare interferenze con la falda in modo da non mutare le condizioni idrogeologiche dell'ammasso e di stabilità del versante;
  - evitare eccessive deformazioni sul contorno del cavo, in modo da contenere entro valori ammissibili gli spostamenti in superficie (nei tratti a bassa copertura) ed in generale nel versante;
  - evitare fenomeni di instabilità sul contorno del cavo e nel contempo limitare le tensioni nelle strutture di sostegno, nei tratti di maggiore copertura;
- controllare e regimare l'ingresso dell'acqua nella galleria in modo da:
  - garantire la durabilità delle strutture di sostegno per assicurare la stabilità del cavo nel breve e nel lungo termine;
  - permettere adeguate condizioni di esercizio e facilità nelle eventuali operazioni di manutenzione.



Per valutare l'entità delle problematiche sopra evidenziate sono state effettuate analisi e previsioni del comportamento allo scavo della galleria in assenza di interventi di consolidamento e sostegno (condizioni intrinseche); in particolare sono stati analizzati i possibili scenari di instabilità (entità delle convergenze e dimensioni delle eventuali zone plastiche sul contorno del cavo). In questa fase si è fatto ricorso, ove possibile, a schemi di calcolo semplificati, utilizzando formulazioni analitiche in forma chiusa e/o semianalitiche e conducendo analisi parametriche, per evidenziare il peso dei vari parametri geotecnici e della loro variabilità. Tali analisi si articolano su tre diversi livelli di verifica a partire dall'analisi in forma chiusa con il metodo delle curve caratteristiche, seguita da verifiche semianalitiche di cunei instabili e infine dalla modellazione numerica alle differenze finite. In particolare le verifiche sono state effettuate secondo il seguente ordine logico:

- verifica generale del comportamento del cavo e simulazione degli interventi di sostegno: effettuata per tutte le sezioni tipo individuate
- verifica dei cunei instabili: adottata per le sezioni tipo I (modello discontinuo) corrispondenti alle classi migliori dell'ammasso che rappresentano circa il 77% del tracciato
- modellazione numerica: adottata per tutte le sezioni tipo, considerando le condizioni peggiori di parametri di ammasso e entità della copertura.



Si sono inoltre effettuate alcune valutazioni di stabilità di blocchi rocciosi al tetto e/o sul contorno della galleria, per valutare indicativamente la forma e l'ubicazione dei volumi rocciosi che possono rilasciarsi dal profilo della cavità nel corso dello scavo

TUNNEL IDRAULICO SOTTO IL RIO DELLA PLATA - BUENOS AIRES

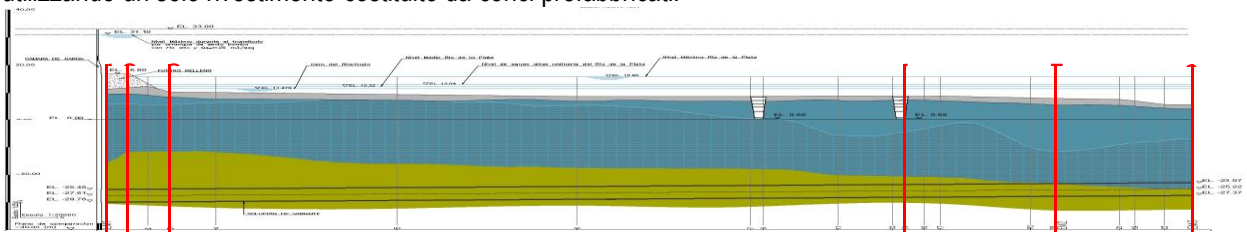
GALLERIA FOGNARIA IN PRESSIONE

COMMITTENTE: ***S.A. Healy Company Gruppo Salini Impregilo*** **2015**

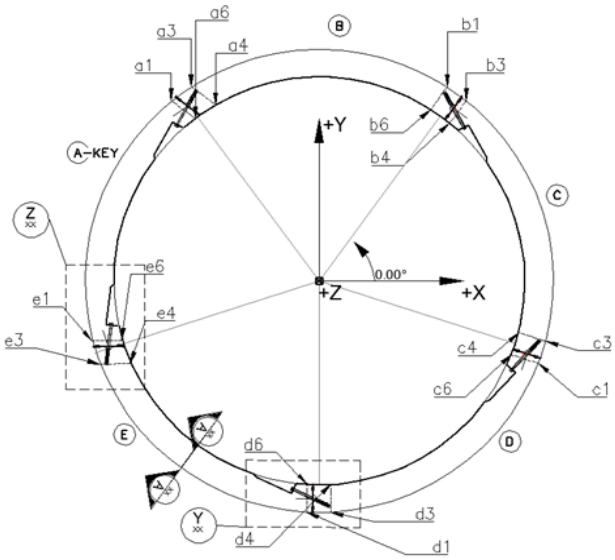
ATTIVITÀ SVOLTE

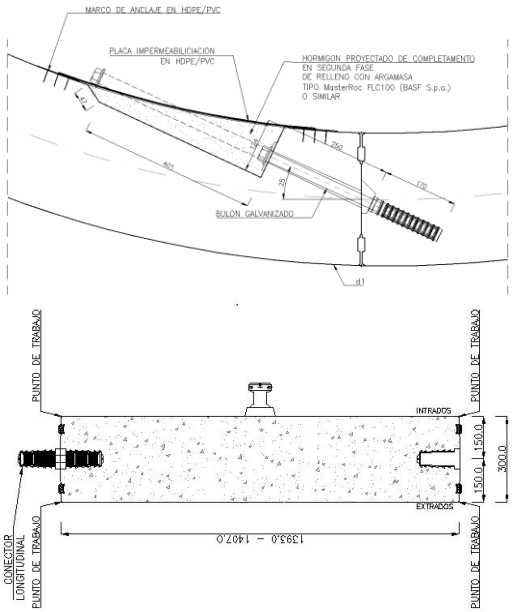
- **Consulenza e sviluppo del progetto preliminare di variante di tutte le componenti strutturali facenti parte del nuovo canale di depurazione.**

Il progetto consiste nella realizzazione dell'impianto fognario della città di Buenos Aires, l'intero tracciato si sviluppo per circa 12000m sotto il Rio de la Plata.
Il progetto di base prevedeva la realizzazione di un tunnel con doppio rivestimento, un primo in conci prefabbricati ed un secondo gettato in opera.
Il nostro compito su richiesta del gruppo Salini Impregilo, è stato quello di individuare la soluzione tecnica più idonea per garantire la condizione statica e l'impermeabilizzazione dell'opera, secondo i requisiti richiesti dalla Committenza, utilizzando un solo rivestimento costituito da conci prefabbricati.



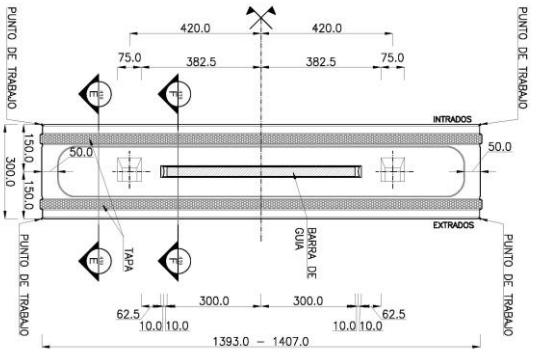
La maggiore difficolta incontrata era rappresentata dalle pessime caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle formazioni attraversate, che unitamente all'elevato carico piezometrico, provocavano delle tensioni di trazione sulla struttura del tunnel.
Non si è trattato solo di dimensionare e verificare il rivestimento di calcestruzzo, ma di verificare mediante particolari modellazioni, tutti gli elementi strutturali costituenti la galleria, quali giunti, guarnizioni, connettori e bulloni.
La soluzione tecnica adottata prevede, un rivestimento in conci di calcestruzzo H47 prefabbricati, ogni anello è costituito da 5 conci, di spessore 30 cm, tra loro sono collegati trasversalmente mediante bulloni e longitudinalmente mediante connettori.
Complessivamente, su ogni anello, sono disposti 20 connettori (4 per concio) e 10 bulloni (2 per ogni giunto).

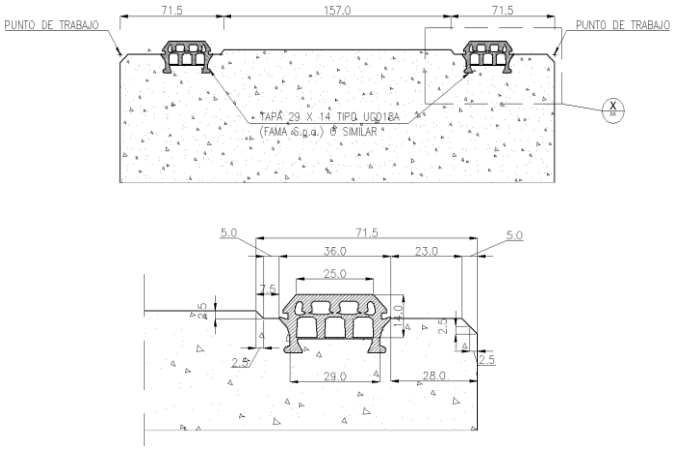




L'impermeabilizzazione del tunnel è stata considerata un requisito fondamentale del sistema al fine di garantire un'adeguata protezione della falda acquifera esistente, tenendo conto che il rivestimento secondario del tunnel è stato

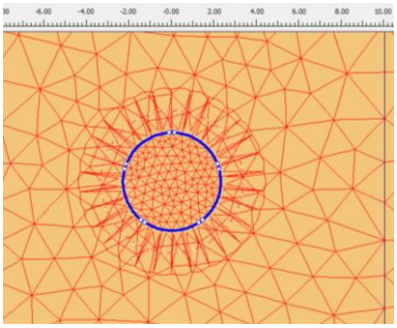
rimosso. La scelta è stata quella di adottare un doppio sistema di guarnizione in gomma sul bordo longitudinale e trasversale del concio tale da garantire un'impermeabilizzazione a 6 bar di pressione ed una vita utile di 100 anni.

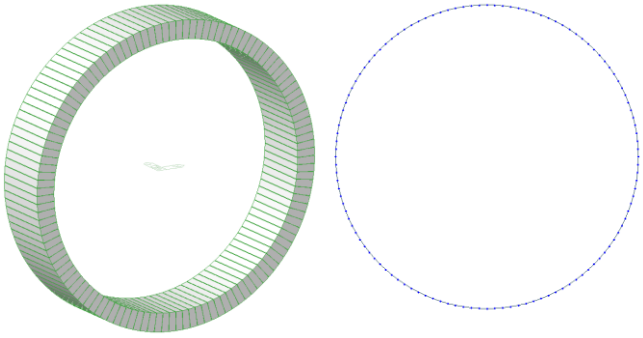


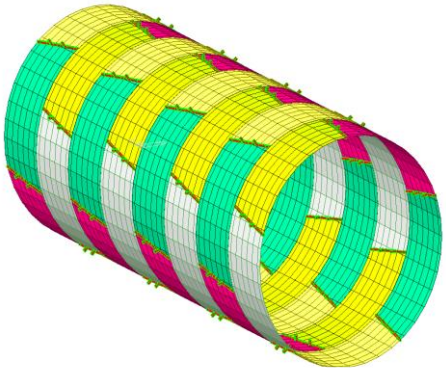


Per una corretta analisi, al fine di valutare tutti gli aspetti e tutti gli elementi strutturali del tunnel, sono state realizzate tre fasi di modellazioni:

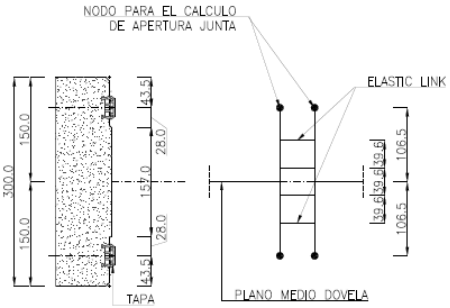
1. è stato realizzato un modello bidimensionale con Plaxis 2D, per analizzare l'interazione terreno struttura.
2. modello bidimensionale con codice di calcolo FEM, utilizzando Midas Gen. Questo passaggio ha avuto lo scopo di definire i carichi derivanti dal terreno e dall'acqua di falda tali da produrre le stesse sollecitazioni ottenute dal modello di prima fase.
3. Con i carichi elementari ottenuti dalla seconda fase, è stato realizzato un modello tridimensionale rappresentato da 8 anelli e su cui sono stati rappresentati tutti i componenti strutturali, conci, bulloni e connettori.

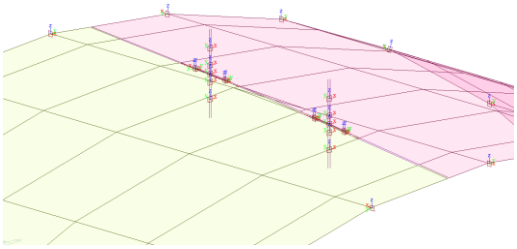






I conci sono stati modellati mediante elementi shell, bulloni e connettori mediante elementi molla, mentre l'interazione con il terreno è stata rappresentata con molle reagenti a sola compressione la cui rigidezza è funzione delle caratteristiche di deformabilità del terreno circostante. Per garantire l'impermeabilizzazione, e quindi rendere efficiente la guarnizione adottata, era necessario che i giunti non avessero aperture maggiori di 3.5mm. A tal proposito è stato modellato il giunto con una serie di elementi molla reagenti solo a compressione in modo da consentire l'apertura dei giunti stessi affidando gli sforzi ai bulloni ed ai connettori.





IMPIANTO IDROELETTRICO DI PALO VIEJO
GUATEMALA

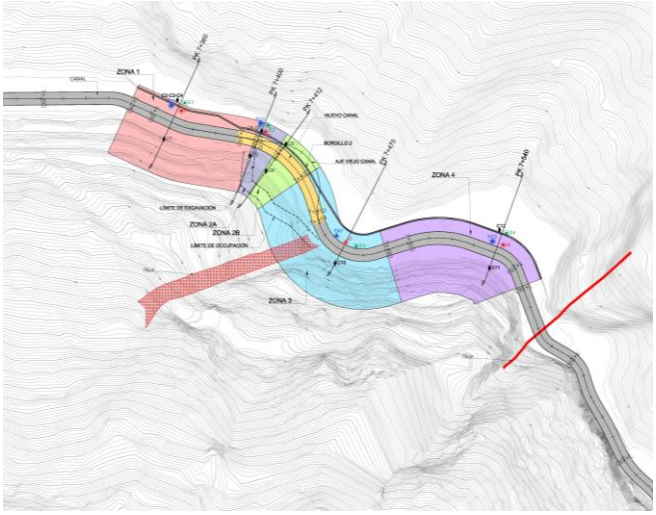
CANALE 3 - DA PK 7+340 A PK 7+ 560

COMMITTENTE: ***ENEL PRODUZIONE S.p.A.*** **2014-2016**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **analisi di stabilità dei versanti a valle del canale**
- **analisi di interazione terreno-struttura**
- **definizione, verifica e ottimizzazione degli interventi di consolidamento**

Il lavoro, svolto per conto di Enel Produzione S.p.A., ha riguardato le analisi di stabilità, nonché la definizione e la verifica degli interventi di consolidamento dei versanti a valle del canale idroelettrico dell'impianto di Palo Viejo (Guatemala) nel tratto denominato Canale 3, dalla progressiva pk 7+340 alla progressiva pk 7+560. In particolare, nel tratto da pk 7+390 a pk 7+454, è stato previsto l'arretramento verso monte del canale esistente per la realizzazione di un intervento di sostegno in maggior sicurezza operativa. In tale tratto è stato pertanto definito il nuovo tracciato.

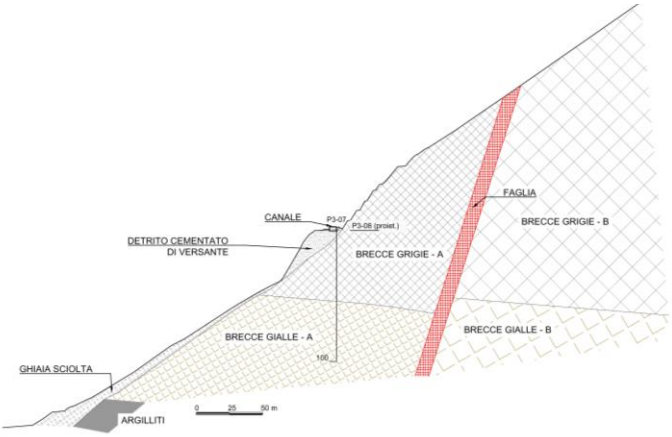


Nel tratto in esame, in accordo con i tecnici dell'Enel, sono state scelte alcune sezioni di riferimento (rese disponibili dall'Enel), ritenute rappresentative delle condizioni geologico-geotecniche e topografiche dell'area, sulle quali eseguire le analisi di stabilità al fine di definire gli interventi di consolidamento dei versanti a valle del canale idroelettrico.

Il substrato roccioso carbonatico è suddivisibile in due litotipi:

- brecce carbonatiche grigio chiare carsificate (chiamate per semplicità brecce grigie);
- brecce carbonatiche in matrice limoso-argillosa giallastra (chiamate per semplicità brecce gialle).

Nei sondaggi eseguiti sono visibili anche brecce carbonatiche scure, che sono state considerate, per semplicità, appartenenti all'unità inferiore delle brecce gialle. Al di sotto delle brecce gialle è infine presente l'unità delle argilliti grigio scure con clasti carbonatici e gesso in vene e clasti.

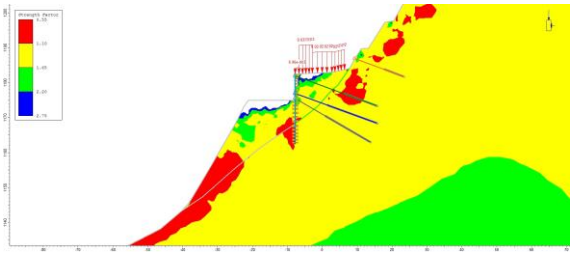


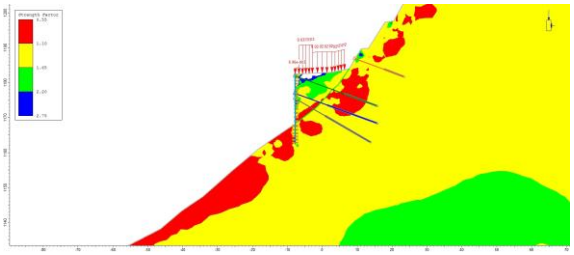
Sulla base dei rilievi di superficie eseguiti dai tecnici dell'Enel, l'ammasso roccioso è suddivisibile in tre zone, separate da faglie, denominate A, B e C, di qualità geomeccanica via via migliore.

Al di sopra del substrato roccioso si evidenzia, lungo alcune sezioni, in corrispondenza del canale e talora a valle di questo, la presenza di detrito cementato di versante, costituito da clasti carbonatici più o meno cementati. In zone più o meno estese a valle del canale si rinviene uno strato superficiale e poco potente di materiale ghiaioso sciolto.

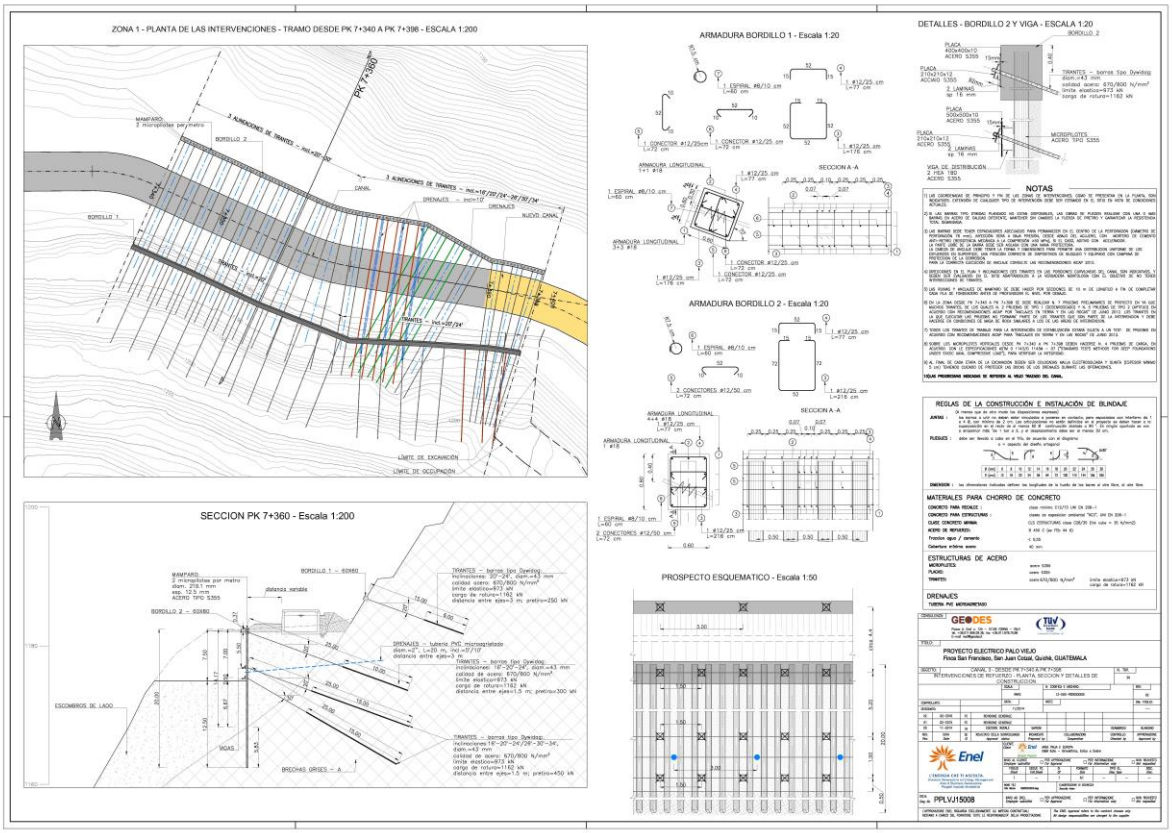
Sulla base dei dati di prova (in sito e in laboratorio) e dei risultati dei rilievi in sito resi disponibili, nonché di analisi a ritroso, è stato messo a punto il modello geotecnico delle varie zone (A, B e C).

Sono state quindi eseguite analisi in campo statico e in campo pseudo-statico per la definizione e la verifica degli interventi di consolidamento finalizzati a sostenere il versante immediatamente a valle del canale in modo da impedire eventuali fenomeni di instabilità del canale e della sua fondazione. Le verifiche in presenza di interventi sono state condotte facendo riferimento alla normativa italiana, in particolare alle NTC08 ("Nuove norme tecniche per le costruzioni", D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"), secondo quanto indicato dall'ENEL.
Le verifiche dei versanti, condotte in campo bidimensionale, hanno compreso analisi con il Metodo degli Elementi Finiti e analisi con il Metodo dell'Equilibrio Limite. Sono inoltre state condotte analisi di interazione terreno-struttura con il Metodo degli Elementi Finiti. Le analisi sono anche state eseguite nell'ipotesi di franamento della porzione di detrito cementato di versante a valle dell'intervento.





L'intervento previsto e verificato è costituito da una paratia di micropali tirantata con uno o più ordini di tiranti in relazione alla zona e alle relative caratteristiche geomeccaniche e morfologiche, nonché alle condizioni di carico.
Si prevede inoltre una fila di tiranti a monte del canale a scopo di protezione da eventuale caduta di blocchi sopra il canale.
Sono infine previsti dreni suborizzontali per l'abbattimento del carico idraulico al di sotto del canale.



MINIERA DI REALMONTE (AG)
DISCENDERIA NELLA ZONA OVEST DELLA MINIERA

PROGETTAZIONE GEOTECNICA DEFINITIVA

COMMITTENTE: ***ITALKALI S.p.A.*** **2013-2015**

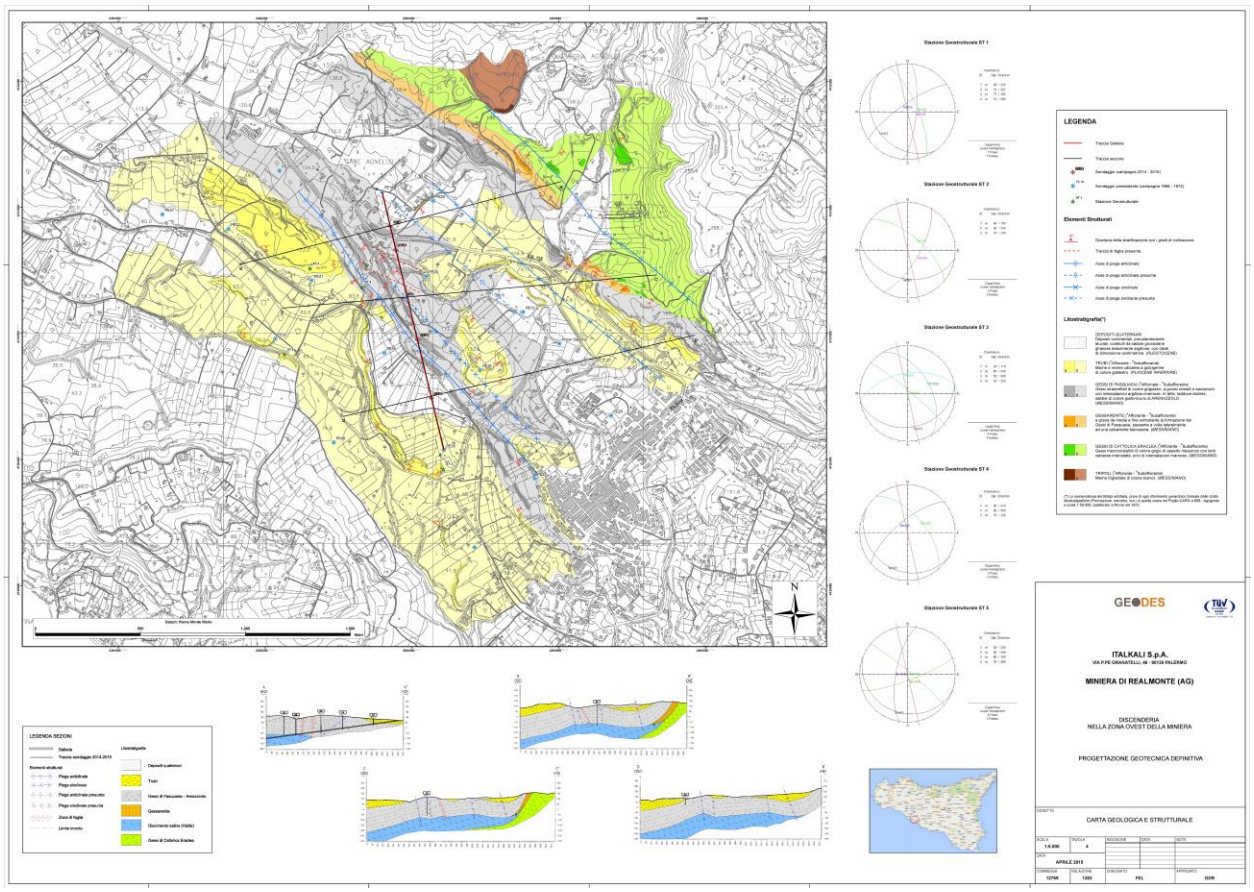
ATTIVITÀ SVOLTE

- **geologia, idrogeologia, geotecnica**
- **progettazione geotecnica definitiva della nuova discenderia e degli imbocchi**

Geodes S.r.l. ha sviluppato per conto della Società Italkali S.p.A. la progettazione geotecnica definitiva della nuova discenderia Ovest della miniera di sale di Realmonte (AG), ivi comprese le opere di imbocco.

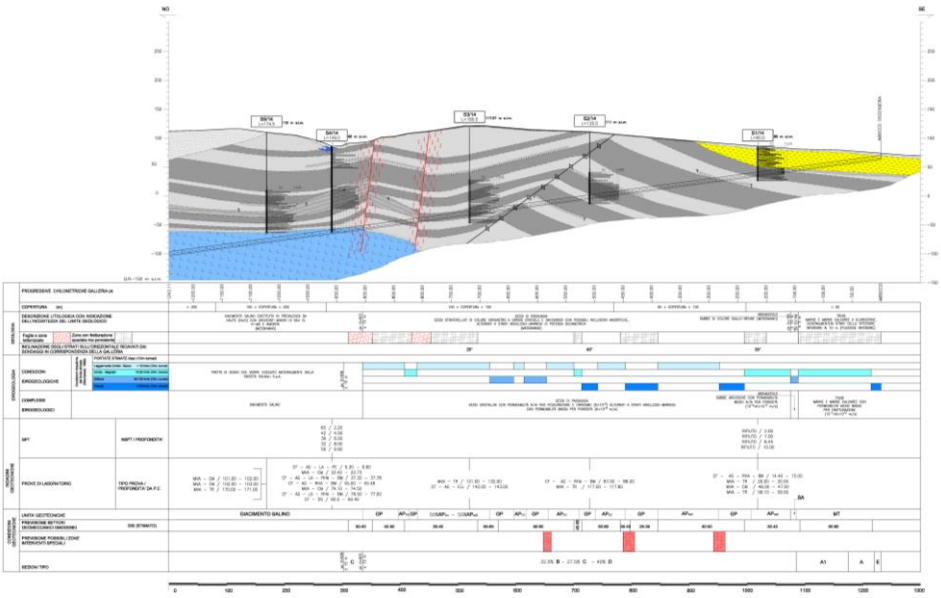
Lo scavo della nuova discenderia si è reso necessario per due importanti ragioni:

- per il miglioramento della ventilazione dei cantieri di coltivazione della zona Ovest della miniera, resa ormai difficoltosa dall'estensione delle zone coltivate del giacimento;
- per la pianificazione del futuro delle coltivazioni che si sono ormai da tempo concentrate nella zona a Ovest dell'abitato di Realmonte, mentre l'accesso alla miniera è rimasto ancora quello che portava alla zona Est del giacimento.



Tra il luglio 2014 e il gennaio 2015 sono state eseguite indagini geologiche e geotecniche specificamente pianificate per la progettazione della galleria e delle sue opere di imbocco, permettendo di ricostruire il modello geologico di riferimento per l'opera e di raccogliere i dati di caratterizzazione geotecnica dei terreni e degli ammassi rocciosi presenti lungo il tracciato.

Sulla base dei risultati dei rilievi e delle indagini (sondaggi geognostici, prelievo di campioni e prove di laboratorio) è stato ricostruito il modello geologico-idrogeologico-geostrutturale, nonché il modello geotecnico, determinando i parametri caratteristici delle Unità Geotecniche che saranno interessate dall'opera.

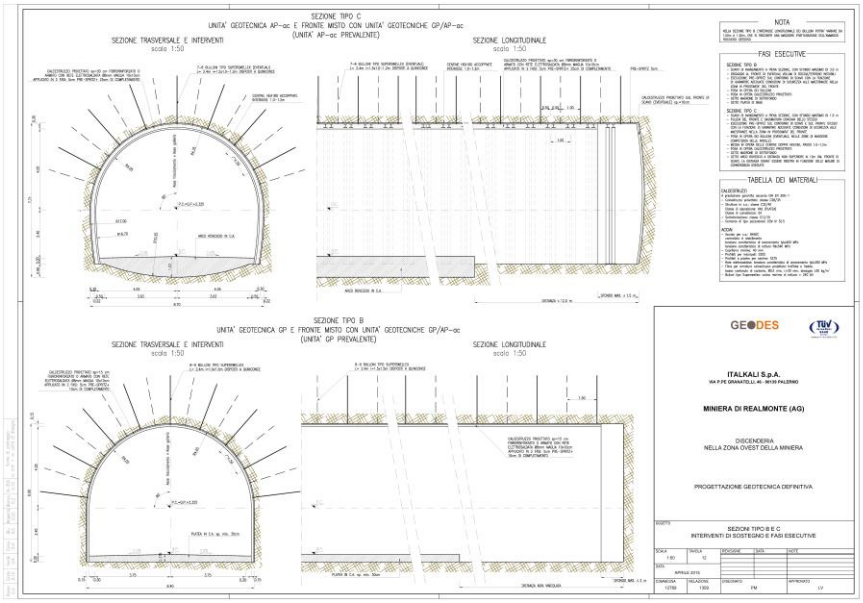


È inoltre stata effettuata la caratterizzazione sismica.

Le problematiche geotecniche che possono essere incontrate nel corso dello scavo della nuova discenderia della miniera, sono così riepilogabili:

1. scavo all'interno della componente maggiormente plastica delle Argille di Pasquasia, unità geotecnica AP-apl e nelle zone di fitte alternanze, più o meno caotiche, di argille e gessi, sia in relazione alle scadenti caratteristiche geotecniche di tali litotipi, sia in relazione ad un potenziale problema di rigonfiamento delle stesse argille
2. possibile intercettazione di circuiti carsici nei gessi (unità dei Gessi di Pasquasia GP), con potenziali venute di acqua, anche consistenti all'interno dello scavo
3. possibili venute di gas (metano, anidride solforosa, anidride solforica), da sacche presenti all'interno dei litotipi argillosi
4. possibili problemi di rigonfiamento, nel caso venissero intercettati livelli di anidriti.

Tenuto conto delle problematiche geotecniche individuate e sulla base della caratterizzazione geotecnica effettuata sono stati definiti e verificati gli interventi e le sezioni tipo da adottare lungo il tracciato. Lo scavo della galleria sarà sistematicamente preceduto dalla realizzazione di sondaggi in avanzamento di lunghezza opportuna a partire dal fronte di scavo. È stato infine messo a punto il piano di monitoraggio e indagine in corso d'opera.



S.P. 1 "DI SINISTRA PIAVE" - ADEGUAMENTO NEL TRATTO COMPRESO TRA PEZZONEGHE (CASE FAGHERAZZI) E VISOMELLE

PASSANTE DEL COL CAVALIER

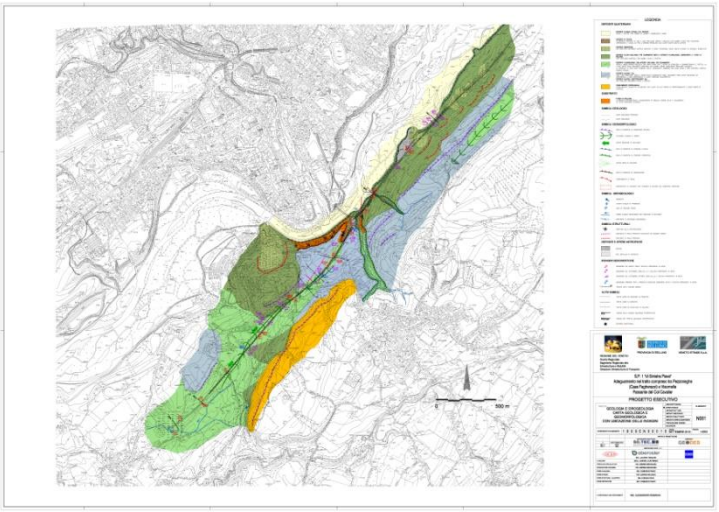
COMMITTENTE: ***VENETO STRADE S.p.A.*** **2010-2011**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **geologia, idrogeologia, geotecnica**
- **progettazione esecutiva delle opere in galleria e dei relativi imbocchi**

L'intervento in progetto si sviluppa dalla località Pezzoneghe prevedendo l'adeguamento in sede dell'attuale tracciato della SP1 fino al Ponte Dolomiti. Dal ponte Dolomiti è previsto un altro tratto, in gran parte costituito dalla Galleria Col Cavalier che si collega direttamente alla SP1 in località Visomelle. La Galleria del Col Cavalier, che costituisce l'elemento principale dell'opera, è realizzata in canna unica ed è lunga complessivamente 1844.10 m.

Le attività relative alla progettazione della Galleria del Col Cavalier si sono fondate sulla definizione di dettaglio delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'ammasso roccioso. A questo fine sono stati eseguiti, tra febbraio 2008 e marzo 2010, 3 sondaggi a distruzione di nucleo e 37 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 26 attrezzati a piezometro. È stata inoltre effettuata una campagna di indagini geofisiche per la valutazione della deformabilità e della fratturazione dell'ammasso roccioso e per la ricerca di eventuali discontinuità strutturali alla mesoscala.



È stato inoltre effettuato un rilievo geologico-strutturale in corrispondenza dell'imbocco lato Belluno della galleria, finalizzato alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Sono state quindi redatte una carta geologica e idrogeologica e una sezione geologica di dettaglio in asse alla galleria. La Galleria del Col Cavalier è risultata essere impostata prevalentemente all'interno del Flysch di Belluno, caratterizzato da una stratificazione netta e piano-parallela costituita da alternanze di livelli marnosi e livelli calcarenitici di spessore differente e da subordinati livelli di calcisiltiti. In corrispondenza del tracciato della galleria la stratificazione del Flysch varia il suo angolo di inclinazione passando da valori pari a 50°-60° nei primi 550 m circa di tracciato (calcolati dall'imbocco NE) a 25°-0° nel rimanente tratto verso SO.

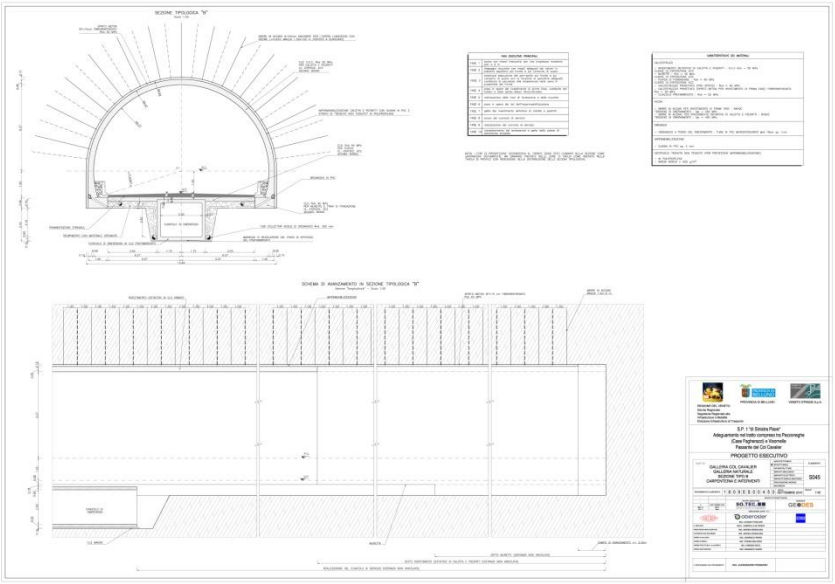
I dati ottenuti dalle prove Lugeon, dall'analisi dei sondaggi e dal monitoraggio dei piezometri hanno permesso di ipotizzare un modello idrogeologico dell'ammasso roccioso che è risultato permeabile per fratturazione degli strati calcarenitici e in modo minoritario di quelli calcisiltitici.

Lungo il tracciato della galleria, le indagini sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica hanno evidenziato la presenza di tre

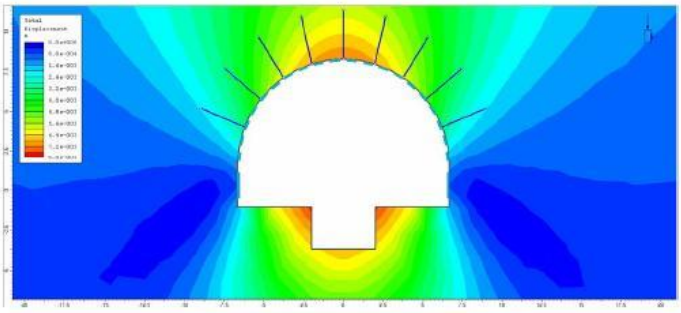
faglie principali; la prima e la seconda faglia intersecano la galleria con un basso angolo, mentre la terza ha andamento circa perpendicolare rispetto all'asse della galleria.
La classificazione dell'ammasso roccioso è stata effettuata con riferimento agli indici RMR (Rock Mass Rating) e GSI (Geological Strength Index) sulla base dei dati raccolti nel rilievo geologico-strutturale, dei valori di RQD riscontrati nelle carote e dei valori risultanti dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni di roccia. La classificazione sulla base dei valori di RMR ha permesso una suddivisione del Passante del Col Cavalier in tratti omogenei sia dal punto di vista degli aspetti geologici sia di quello della tipologia d'intervento prevista, con la definizione di 6 sezioni tipo corrente e 3 sezioni tipo allargate.
Le principali problematiche poste dalla costruzione della galleria sono legate a:

- scadente qualità dell'ammasso roccioso, in particolare nel primo tratto di galleria dall'imbocco lato Belluno
- vicinanza dell'attuale sede stradale, che si deve mantenere in esercizio
- vicinanza di alcuni edifici di civile abitazione (distanza minima = 15 m; coperture variabili tra circa 16 e 44 m)
- sottopasso di strade comunali con coperture variabili da circa 15 a 40 m
- rilevanti dimensioni della cavità, in particolare nei tratti di allargamento delle piazzole di sosta
- presenza di venute d'acqua, seppure non di rilevante entità, con le conseguenti problematiche di stabilità sia del fronte di scavo che di interferenza con la falda freatica
- lunghezza della galleria in relazione alle problematiche di sicurezza in fase di esercizio dell'opera.

Nel seguito sono riassunte le principali scelte progettuali:



- la galleria Col Cavalier è realizzata a singola canna ed è lunga 1844.10 m, se si comprendono i portali
- su entrambi gli imbocchi è prevista la realizzazione di un breve portale (12.00 m sul lato Belluno e 12.50 m sul lato Visomelle) che permette di raccordare l'opera alla morfologia dei versanti circostanti
- i tratti in artificiale hanno lunghezza di 9.60 m sul lato Belluno e di 304.00 m sul lato Visomelle, esclusi i portali
- lungo lo sviluppo della galleria è prevista la realizzazione di 4 piazzole di sosta (2 per lato con interdistanza di circa 600 m) e di 15 stazioni di emergenza, ubicate all'interno delle piazzole di sosta ed entro nicchie appositamente realizzate nei tratti di sezione corrente
- lungo l'intero sviluppo della galleria è prevista la realizzazione di un cunicolo di emergenza, di dimensioni 300x250 cm, posto al di sotto della carreggiata stradale o lateralmente alla galleria, nel tratto di galleria artificiale lato Visomelle
- nei tratti degli imbocchi, in presenza di coperture ridotte e nei tratti di attraversamento delle faglie, dove l'ammasso roccioso presenta condizioni di qualità molto scadenti (GSI<25), lo scavo sarà preceduto da interventi di presostegno suborizzontali in avanzamento con infilaggi metallici eseguiti dal fronte di scavo.



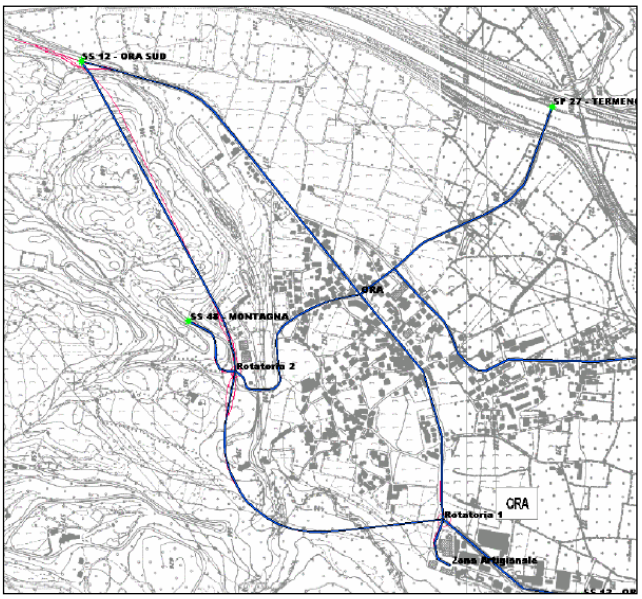
VARIANTE S.S. 12 DELLA CIRCONVALLAZIONE DI ORA E COLLEGAMENTO ALLA S.S. 48 ORA - S. LUGANO (BOLZANO)

GALLERIA S. DANIELE

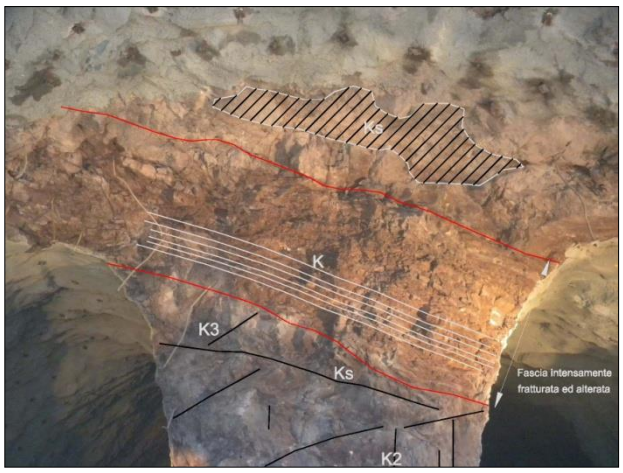
COMMITTENTE: ***PAC S.p.A., per conto della Provincia Autonoma di Bolzano*** **2009-2011**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **progettazione esecutiva del camerone all'imbocco Sud**
- **assistenza geologica e geotecnica in corso d'opera**
- **progettazione definitiva della proposta di variante per il rivestimento del camerone**
- **modellazione numerica tensio-deformativa 2D**



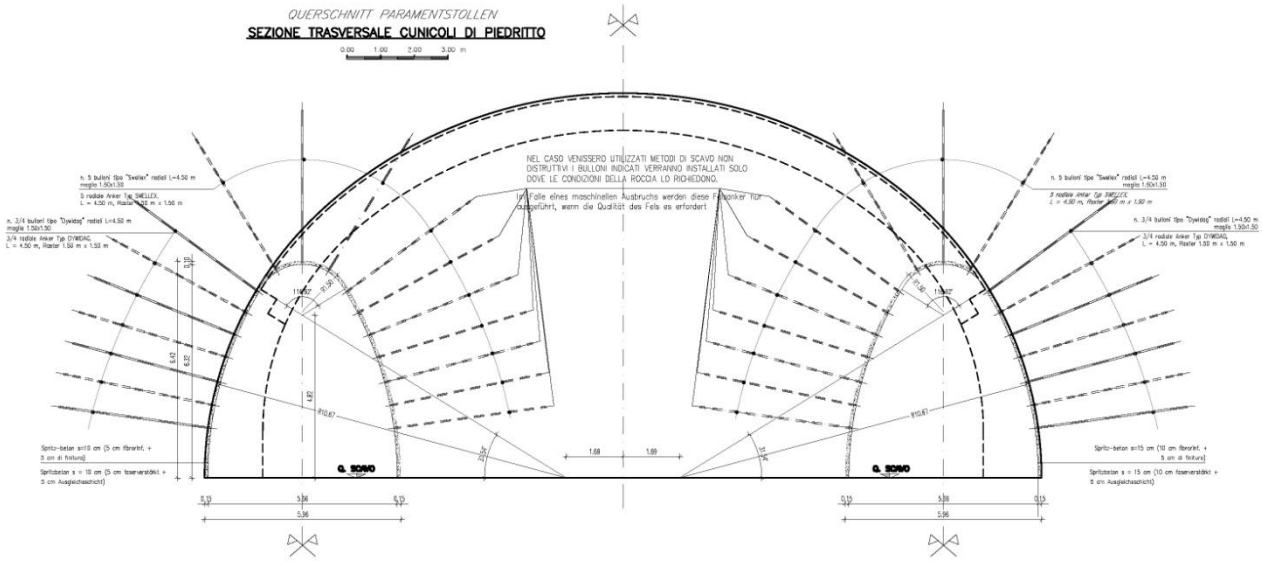
L'attività svolta da GEODES è consistita nella progettazione in corso d'opera e nell'assistenza geologica-geotecnica per i lavori di costruzione del camerone (31 m di luce) all'imbocco Sud della galleria S. Daniele, nell'ambito del progetto della Circonvallazione di Ora della S.S. 12 con collegamento alla S.S. 48 Ora - S. Lugano, nel Comune di Ora (BZ).

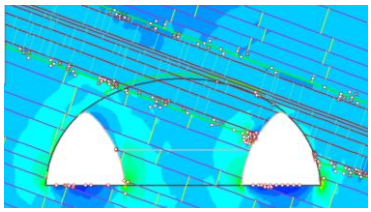


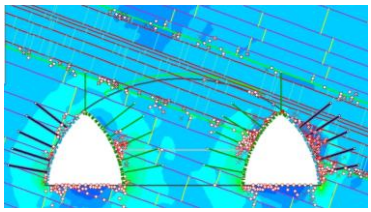
Il lavoro ha compreso la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, il dimensionamento delle opere di sostegno dello scavo e le verifiche di stabilità degli scavi.

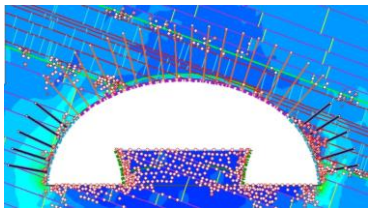
Nel progetto è stato previsto il recupero del materiale derivante dallo scavo della galleria S. Daniele come risorsa lapidea, nota come "Rosso Ora", di tipo ornamentale. La GEODES ha messo a punto il piano di coltivazione in sotterraneo durante la fase di gara.

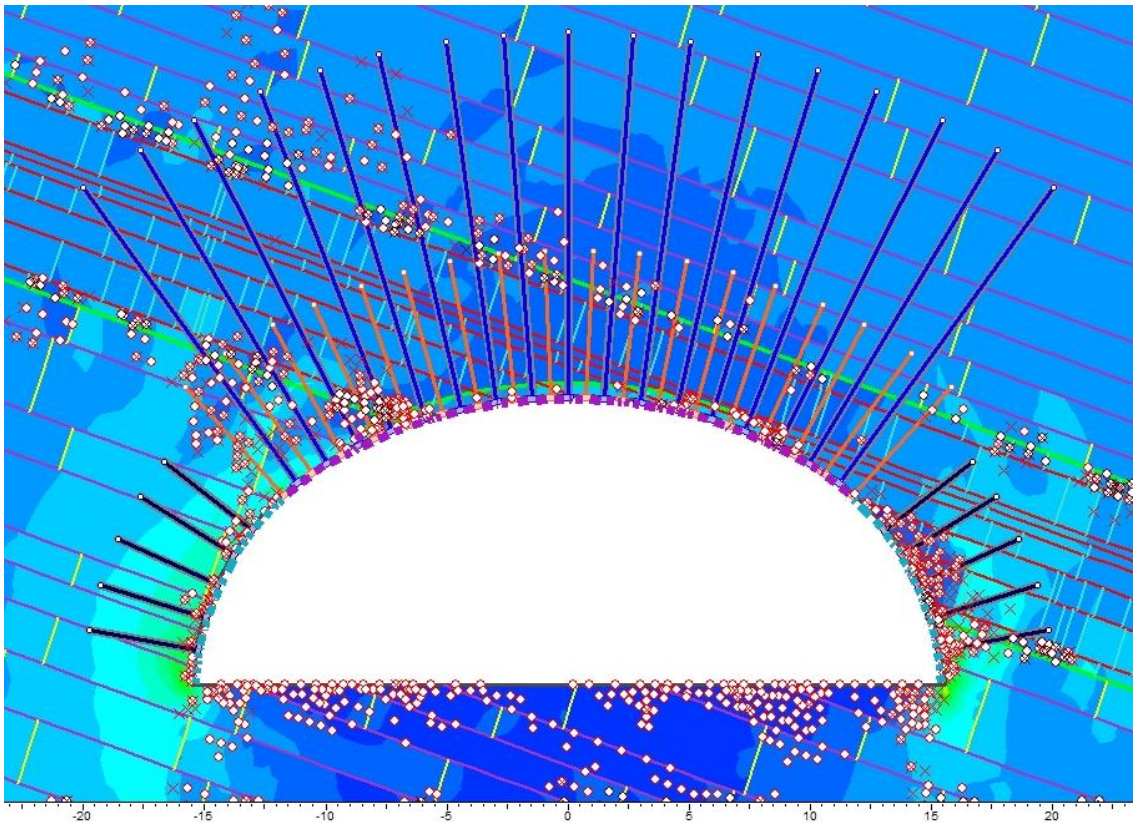
La proposta di variante del rivestimento definitivo del camerone all'imbocco Sud ha previsto l'utilizzo di una struttura metallica portante con pannellatura in acciaio porcellanato quale finitura interna.


QUERSCHNITT PARAMENTSTOLLEN
SEZIONE TRASVERSALE CUNICOLI DI PIEDRITTO
NEL CASO VENISSERO UTILIZZATI METODI DI SCAVO NON DISTRUTTIVI I BULLONI INDICATI VERRANNO INSTALLATI SOLO DOVE LE CONDIZIONI DELLA ROCCIA LO RICHIEDONO.
G. SCAVO








-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20

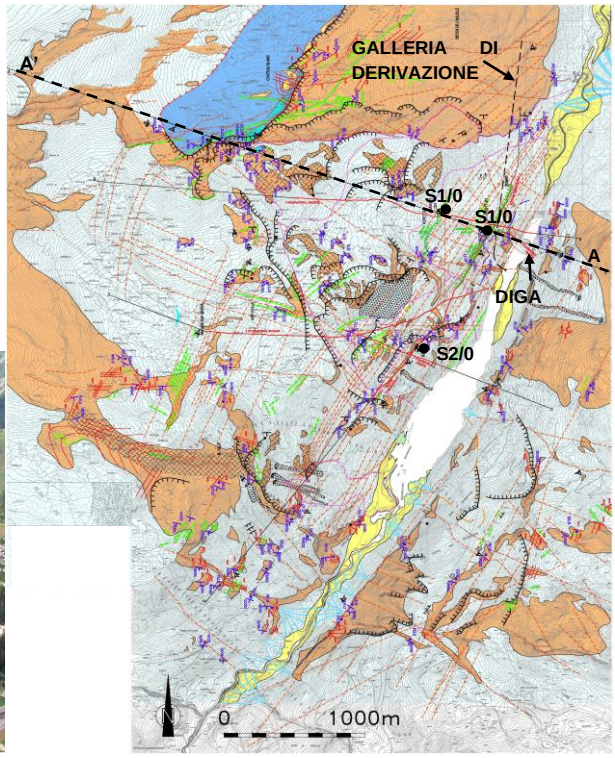
DIGA DI BEAUREGARD - VALGRISENCHE (AO)

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO DELLA DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA DI VERSANTE E DELLA SUA INTERAZIONE CON LA DIGA

COMMITTENTE: ***C.V.A. (Compagnia Valdostana delle Acque) S.p.A.*** **2001-2011**

ATTIVITÀ SVOLTE

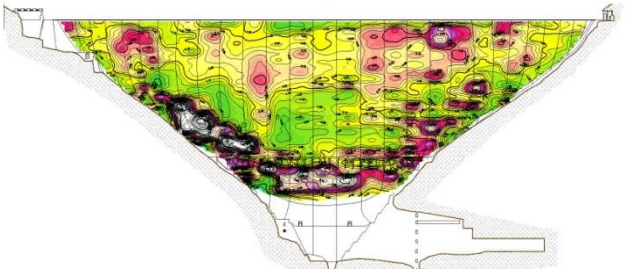
- **geologia, idrogeologia, geotecnica**
- **interpretazione dati di monitoraggio**
- **assistenza durante l'esecuzione delle indagini geotecniche**
- **modellazione numerica 2D tensio-deformativa e di flusso**
- **progettazione preliminare della galleria drenante**
- **studio per la realizzazione del nuovo sfioratore**



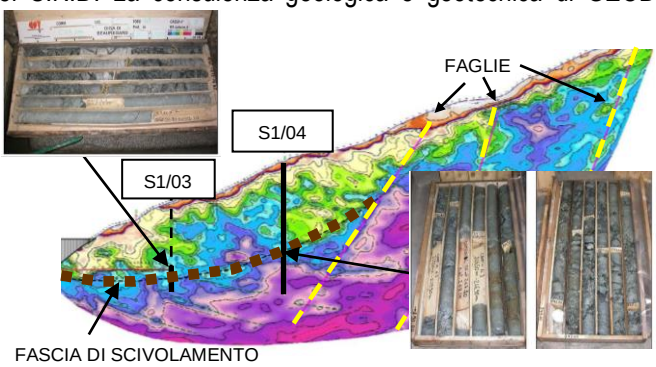
La diga di Beauregard (Valgrisenche, AO) appartiene all'impianto idroelettrico di Avise, progettato e costruito negli anni '50 del secolo scorso a cura della S.I.P. (Società Idroelettrica Piemontese). L'impianto è stato gestito dall'ENEL fino al luglio 2001, quando fu acquisito dalla C.V.A. S.p.A. (Compagnia Valdostana delle Acque S.p.A., già GEVAL S.p.A.), attuale gestore-concessionario. L'impianto utilizza le acque dell'alta Dora di Valgrisenche, affluente destro della Dora Baltea. Si tratta di una diga ad arco gravità a doppia curvatura e a struttura simmetrica con altezza massima 132 m e sviluppo del coronamento di 408 m. La quota di invaso prevista è 1770 m s.l.m., corrispondente ad una capacità del serbatoio di 70 milioni di m^3.

Durante la realizzazione degli scavi per l'imposta della diga furono intercettati, al di sotto della spalla sinistra, terreni sciolti ("*sacca*": termine utilizzato per la prima volta dal Professor G. Dal Piaz, incaricato per gli studi geologici dall'impresa esecutrice) che si spingevano all'interno del versante fino a 80-90 m dall'estremo dell'imposta, a una profondità massima dal piano campagna di circa 150 m. Questo fatto rappresentò un problema complesso con implicazioni dapprima per la tenuta dell'invaso e successivamente per la stabilità dell'imposta e della stessa diga. Per la costruzione della diga, il materiale della "*sacca*" fu interamente sostituito con calcestruzzo. Le opere di consolidamento richiesero l'esecuzione di cunicoli, iniezioni e sottomurazioni fino a circa 200 m all'interno del versante sinistro. Le indagini e gli approfondimenti condotti negli anni contribuirono a chiarire la geometria di questa "sacca", mentre, sulla sua natura e soprattutto sulle implicazioni per la stabilità dell'opera e per la sicurezza dell'impianto, permasero molte incertezze.

Al termine della costruzione, nel periodo 1958-1968, furono condotti gli invasi sperimentali. A causa dei movimenti registrati dai capisaldi topografici sul versante in sponda sinistra, fu decretato (Certificato di Collaudo del 19/04/69) che il livello massimo dell'invaso non dovesse mai superare la quota di 1710 m s.l.m. (1715 m s.l.m. nel caso di piene di eccezionale intensità) e che il monitoraggio del versante e della diga dovesse essere condotto senza soluzione di continuità. Con livello massimo alla 1710 m s.l.m., la capacità utile di invaso si ridusse a 6.8 milioni di m^3. Il monitoraggio della diga e del versante, condotto prima dall'ENEL e poi dalla C.V.A., ha consentito di tenere sotto controllo

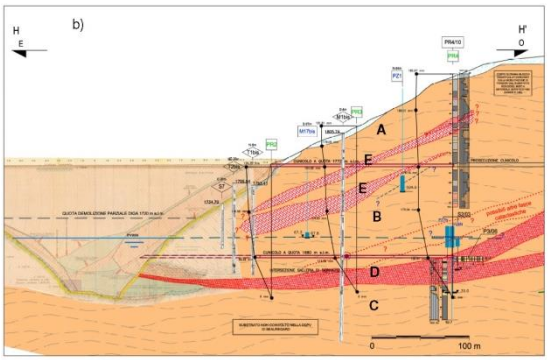


la lenta deformazione gravitativa in sponda sinistra e il conseguente comportamento deformativo della diga. Nel 1998 il S.N.D. (Servizio Nazionale Dighe), poi R.I.D. (Registro Italiano Dighe), impose ulteriori limitazioni sul livello di invaso, prescrivendo come quota massima la 1705 m s.l.m. e, solo in caso di piene eccezionali, la 1710 m s.l.m. Nel 2001 il S.N.D. richiese una serie di approfondimenti di carattere geologico-geotecnico. La C.V.A. incaricò pertanto la GEODES di eseguire studi e indagini finalizzati a rispondere alle richieste del S.N.D. La consulenza geologica e geotecnica di GEODES alla C.V.A. è poi proseguita, più recentemente, nell'ambito delle Attività Commissariali ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3530 del 07/07/06 e s.m.i. (*Disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare la situazione di pericolo derivante dalla diga di Beauregard nel comune di Valgrisenche*) inquadrandosi nel progetto generale dell'intervento di demolizione parziale della diga approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Commissario Straordinario: Ing. Mario Toti; Soggetto Attuatore: Ing. Sergio Ballatore).



Le attività svolte da GEODES per conto di C.V.A. nel periodo 2001-2011 hanno riguardato:

- approfondimenti geologici estesi all'intero versante sinistro vallivo
- approfondimenti geomorfologici per definire l'estensione e la tipologia della frana in sinistra valliva (circa 7-8 km^2)
- indagini a carattere geologico-stratigrafico, geotecnico e geofisico per individuare il piano di scorrimento del movimento franoso, installare strumentazione di controllo (piezometri, TRIVEC, tubi inclinometrici)
- monitoraggio geotecnico e topografico del versante sinistro e della diga per individuare eventuali movimenti e fattori predisponenti, innescanti, aggravanti
- indagini geofisiche sul corpo diga per la verifica della presenza di fratture
- analisi tensio-deformative della diga per la valutazione delle condizioni di stabilità
- approfondimenti idrogeologici per individuare le caratteristiche della falda e analizzare la fattibilità di una galleria drenante in sponda sinistra allo scopo di abbattere la piezometrica e tenerne sotto controllo le oscillazioni stagionali



- indagini sull'avandiga durante lo svaso dell'aprile 2004 finalizzate alla fattibilità di alcune soluzioni di sistemazione dell'impianto di ritenuta e analisi tensio-deformative e di flusso per la verifica di un eventuale sovralzo
- analisi tensio-deformative del versante sinistro per la valutazione delle condizioni di stabilità
- analisi di flusso per la valutazione dell'efficacia di un intervento di drenaggio nel versante sinistro
- progettazione preliminare di una galleria drenante nel versante sinistro
- caratterizzazione geologico-geotecnica di un sito a monte della diga per lo studio di una nuova traversa idraulica
- approfondimento della caratterizzazione litologico-strutturale e geomeccanica della sponda sinistra e individuazione degli interventi di messa in sicurezza delle sponde, nell'ambito della progettazione dell'intervento di demolizione parziale della diga
- analisi per la realizzazione del nuovo sfioratore a soglia libera in sponda destra
- predisposizione di piani di monitoraggio integrativi in spalla sinistra della diga e sul versante sinistro in zona prospiciente al nuovo sfioratore
- predisposizione di piani di monitoraggio e interpretazione dei dati nelle fasi degli invasi-svasi sperimentali 2010.

DIGA DI CUMBIDANOVU SULL'ALTO CEDRINO - ORGOSOLO (NUORO)

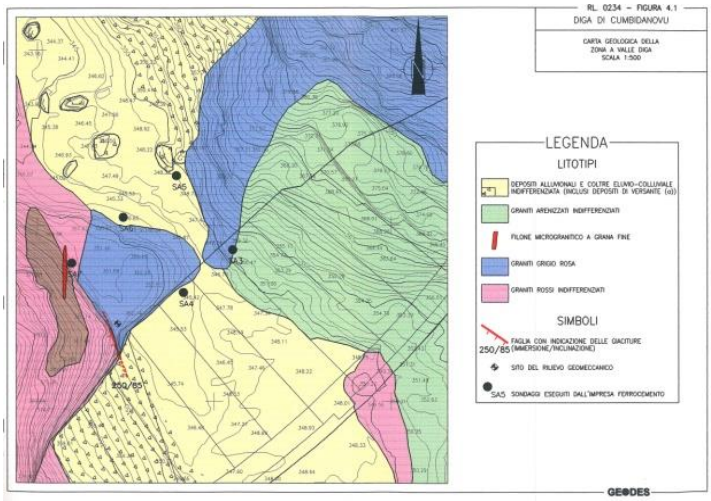
STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO PER LA REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO E ASSISTENZA GEOTECNICA IN CORSO D'OPERA

COMMITTENTE: ***Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale*** **1998-2011**

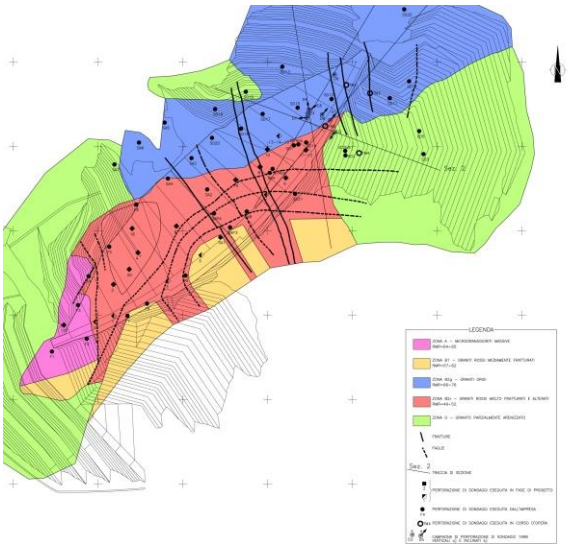
ATTIVITÀ SVOLTE

- **consulenza geotecnica per la progettazione esecutiva della diga**
- **consulenza geologica e geotecnica per la progettazione definitiva della galleria della condotta forzata**
- **assistenza geologica e geotecnica in corso d'opera**

Il Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale ha progettato la realizzazione di una diga a scopi irrigui (diga di Cumbidanovu) sul fiume Cedrino. La diga, a gravità massiccia in calcestruzzo, ha un'altezza di circa 70 m e sottende un invaso di 12.000.000 m^3. I lavori della costruzione della diga sono stati appaltati nel 2004, dopo un precedente appalto risalente al 1990 interrotto a causa di una frana in sponda sinistra e la redazione di un nuovo progetto della diga, che ha portato all'approfondimento del piano di fondazione della stessa e ad un'estensione degli scavi delle sponde sopra quota coronamento. I lavori si sono nuovamente interrotti, a causa di problemi legati all'Impresa aggiudicataria, e sono successivamente ripresi con una nuova Impresa esecutrice nel 2007. Nell'aprile 2010 si sono conclusi gli scavi dell'imposta diga e stanno procedendo i lavori per la successiva fase di getto.

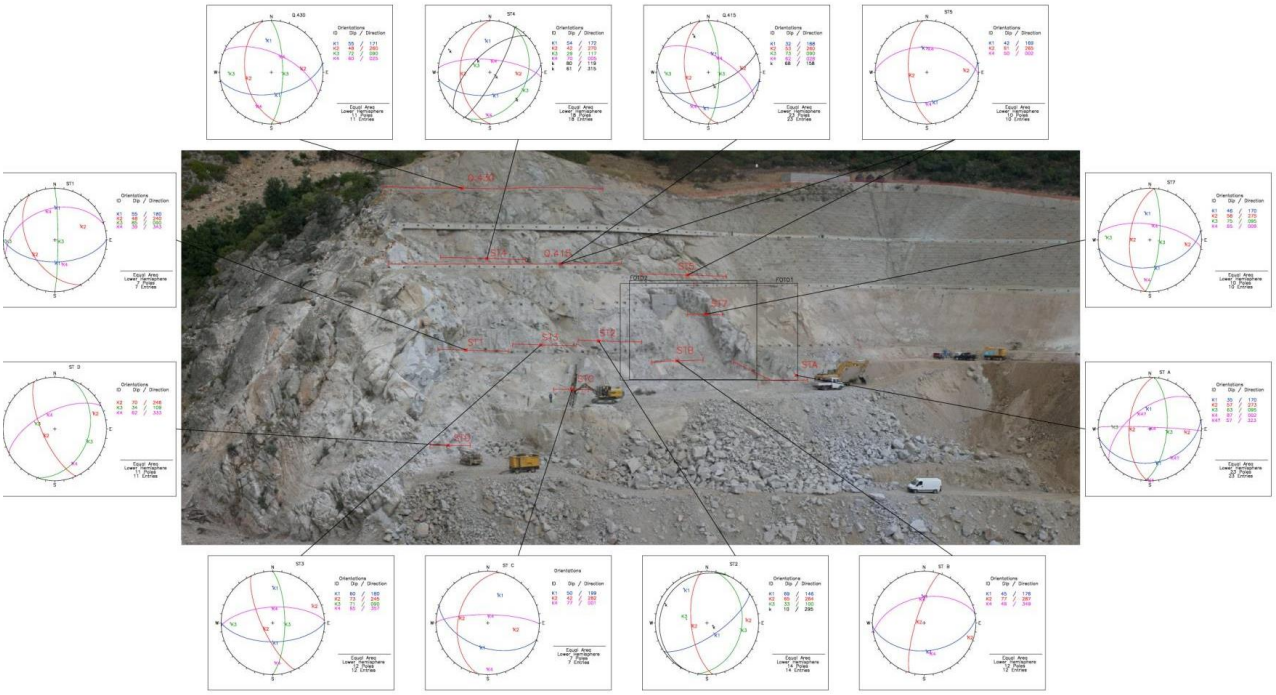


Tra gli anni 1998 e 1999, il Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale ha affidato alla GEODES l'incarico di redigere la Relazione geotecnica di progetto e di approfondire le conoscenze sulle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'ammasso roccioso di fondazione della diga. Per tale studio è stata predisposta ed eseguita una campagna di indagini (perforazioni di sondaggio, prove di laboratorio ed in sito, rilievi geostrutturali in sito) finalizzate caratterizzazione geologico-geotecnica, ivi compresa la definizione delle caratteristiche di permeabilità dell'ammasso roccioso, al di sotto del piano di fondazione.



Con riferimento ai dati dei rilievi geologico-strutturali, di quelli provenienti dai rilievi nei fori di sondaggio e tenendo conto delle risultanze delle prove di laboratorio, per le differenti zone del piano di fondazione, si sono stimati, sulla base di correlazioni empiriche, con gli indici di classificazione tecnica RMR e GSI, i parametri di deformabilità (modulo di deformabilità) e di resistenza (criterio di Hoek e Brown) dell'ammasso roccioso.

A partire dal 2004, il Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale ha affidato alla GEODES l'incarico di assistenza geologica e geotecnica alla D.L. Di fatto, a seguito della riassegnazione dei lavori, l'incarico ha avuto avvio nel 2007.



Nel 2009 GEODES è stata incaricata della redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica del progetto definitivo della galleria della condotta forzata a valle della diga, per lo sfruttamento a scopo idroelettrico del salto disponibile, secondo la nuova previsione di sfruttamento della risorsa idrica, in aggiunta allo scopo irriguo.

La condotta forzata, dopo un tratto di 150 m a cielo aperto, attraversa in galleria, per circa 300 m, uno sperone roccioso di graniti rosa a grana grossa, intersecati da una serie di filoni di alcaligraniti e granodioriti. L'attività di progettazione geotecnica è stata preceduta dalla definizione del piano di indagine (sondaggi a carotaggio continuo e sismica a rifrazione tomografica con determinazione delle velocità delle onde di compressione e di taglio). L'interpretazione delle indagini condotte ha permesso di definire il profilo geomeccanico di previsione della galleria.

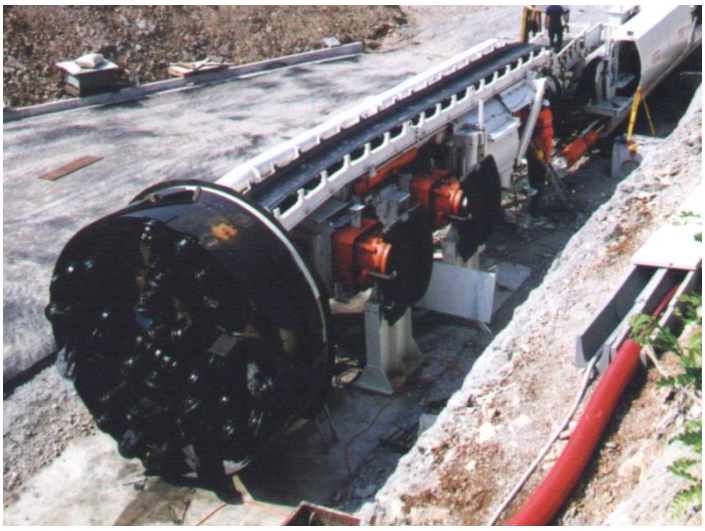
CEMENTERIA DI CALUSCO D'ADDA (BERGAMO)

TUNNEL PER IL TRASPORTO DI CALCARE TRA LA CAVA DI COLLE PEDRINO E I DEPOSITI DI MONTE GIGLIO

COMMITTENTE: ***Consorzio MONTEGIGLIO S.c.a.r.l. tra STRABAG AG, Del Favero S.r.l. e SELI S.p.A. per conto di ITALCEMENTI S.p.A. di Bergamo*** **1999-2005**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **progettazione preliminare, definitiva e esecutiva della galleria per il nastro trasportatore e del pozzo di attacco, completa degli aspetti geologici**
- **modellazione numerica tensio-deformativa 2D e 3D**



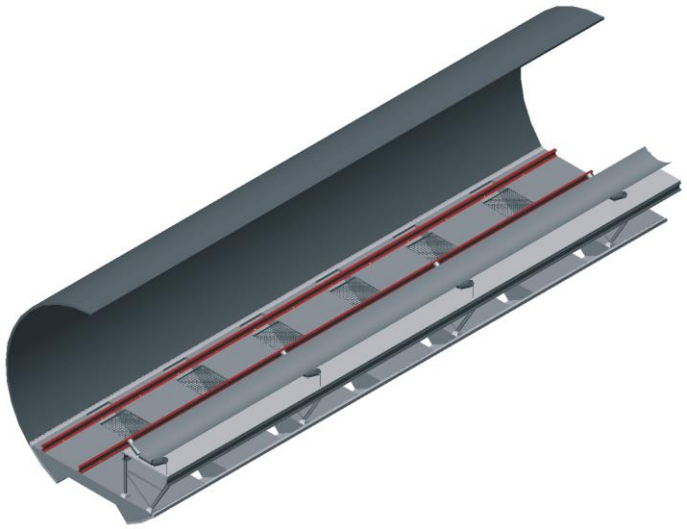
Si tratta di una galleria avente sviluppo lineare di 9600 m ad uso minerario, finalizzata ad ospitare un nastro trasportatore e collegare la cava di colle Pedrino con gli impianti della cementeria di Calusco d'Adda in provincia di Bergamo. L'opera si rendeva necessaria per risolvere i problemi ambientali legati alla presenza dell'ormai superata teleferica che collegava i due siti all'aperto in un'area densamente urbanizzata.

Le attività svolte da GEODES, insieme al raggruppamento di imprese, sono consistite in: Progettazione Preliminare, Definitiva ed Esecutiva, Studio d'Inserimento Ambientale in sede di Conferenza di Servizi, Progettazione Costruttiva e Assistenza Geotecnica in corso d'opera.

L'andamento plano-altimetrico della galleria è stato definito in modo da assicurare una copertura di almeno 20 m entro il substrato roccioso, in particolare nella zona al di sotto della pianura edificata di Calusco-Carvico-Sotto il Monte, per permettere lo scavo con TBM aperta all'interno di unità geotecniche con buone caratteristiche di resistenza.

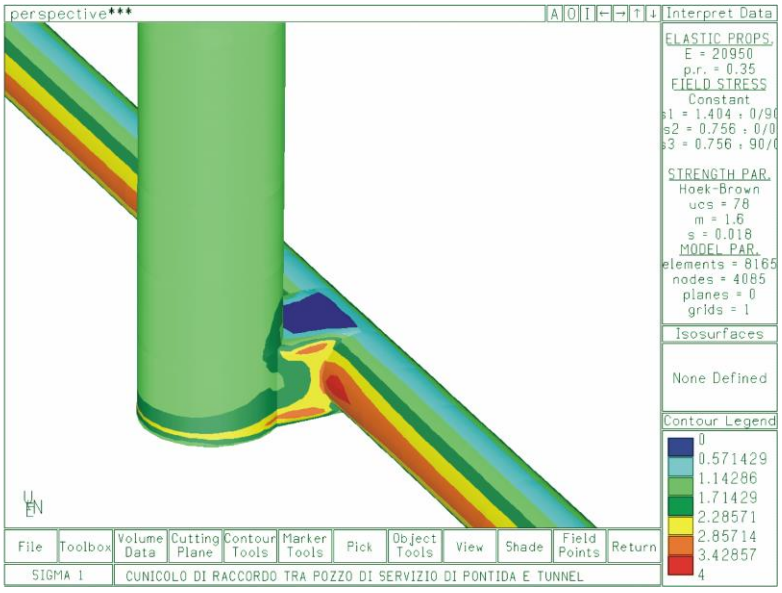
Nel corso dello scavo era stato previsto l'attraversamento di una serie di faglie e lineamenti tettonici, di cui era stata preventivamente individuata la traccia in superficie e verificata la presenza mediante rilievi geologico-strutturali diretti. In considerazione dei risultati delle indagini svolte per il progetto, si era ritenuto che la galleria avrebbe interessato la falda idrica presente nel substrato roccioso (costituito dal Flysch di Bergamo e dal Lecchetto) nel primo tratto di sottopasso della piana di Calusco-Carvico; successivamente, all'interno delle Formazioni del Conglomerato di Sirone, delle Arenarie di Sarnico e del Flysch di Pontida, si prevedeva la possibilità di irruzioni in galleria di venute d'acqua in corrispondenza delle fratture più aperte.

Il progetto aveva segnalato, oltre alla potenziale interferenza con i centri abitati di Calusco-Carvico per la possibilità di costipamento del terreno a seguito del drenaggio di acqua da parte della galleria, la presenza di alcune vecchie gallerie minerarie entro la Formazione del Lecchetto e dei sottopassi ferroviari e stradali in prossimità di Pontida. Le indagini svolte avevano permesso di individuare in maniera dettagliata la presenza e lo sviluppo di tali cavità che non sono state incontrate durante lo scavo.



Per una valutazione preliminare dell'entità delle problematiche sono state effettuate analisi e previsioni del comportamento allo scavo in assenza di interventi di consolidamento e sostegno (condizioni intrinseche); in particolare il progetto, nelle sue diverse fasi con approfondimento via via crescente, ha analizzato i possibili scenari di instabilità riguardanti la galleria in progetto (entità delle deformazioni e dimensioni delle zone plastiche sul contorno del cavo, instabilità del tetto e/o delle pareti) ed i possibili danni all'ambiente (subsidenze in superficie, impatto su preesistenze, influenza sulle condizioni idrogeologiche ed ambientali). In questa fase si è fatto ricorso, ove possibile, a schemi di calcolo semplificati, utilizzando formulazioni analitiche in forma chiusa e/o semianalitiche e conducendo analisi parametriche, per evidenziare il peso dei vari parametri geotecnici e delle loro variabilità.

I lavori di scavo sono iniziati nel corso del 2000 e sono stati terminati nei primi mesi del 2005. Lo scavo è stato eseguito con una TBM scudata di 4.5 m di diametro. Lo smarino è stato trasportato all'imbocco di monte Giglio mediante il nastro trasportatore che veniva via via installato a seguito dell'avanzamento del fronte di scavo.



Lo scavo, eseguito correttamente secondo le previsioni di progetto, non ha provocato nessun cedimento del terreno in superficie e non vi sono state interferenze né con le strutture/edifici sulla verticale dell'opera, né problematiche a carattere ambientale (idrogeologiche)

PARETE ROCCIOSA PROSPICIENTE L'ABITATO DI ROVERINO PRESSO VENTIMIGLIA (IMPERIA)

MESSA IN SICUREZZA DEL VOLUME ROCCIOSO DENOMINATO "TESTA DI GARIBALDI"

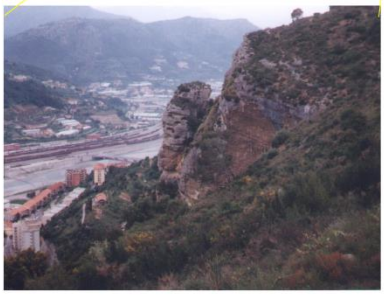
COMMITTENTE: ***Comune di Ventimiglia (IM)*** **2003**

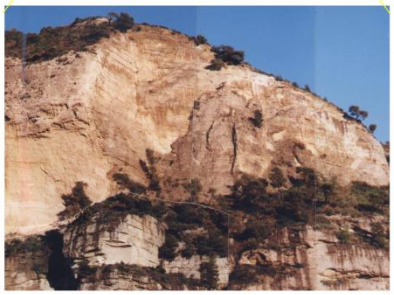
ATTIVITÀ SVOLTE

- **consulenza geotecnica in fase di progettazione preliminare e definitiva**
- **assistenza geotecnica in corso d'opera**

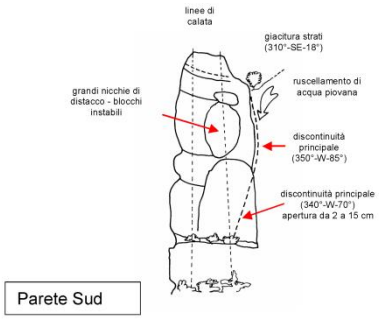
L'intervento rientra nei "Lavori di somma urgenza (D.P.R. 544/1999 ART. 146-147) relativi alla mitigazione del rischio alla base della parete rocciosa retrostante la Frazione di Roverino in Comune di Ventimiglia (Eventi alluvionali novembre 2000).

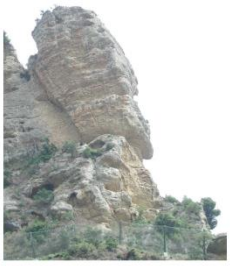
Il volume roccioso, denominato "Testa di Garibaldi", ubicato lungo l'alta parete rocciosa prospiciente l'abitato di Roverino, con più di 4000 abitanti, risultava in precarie condizioni di stabilità.

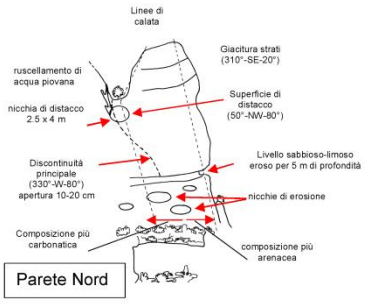


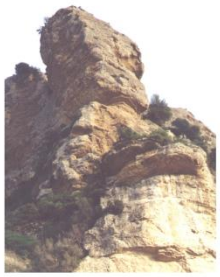


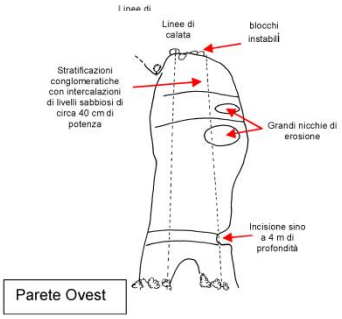
GEODES ha fornito la consulenza geotecnica per gli interventi di consolidamento e messa in sicurezza, sia nelle fasi progettuali che durante i lavori di esecuzione degli stessi interventi.





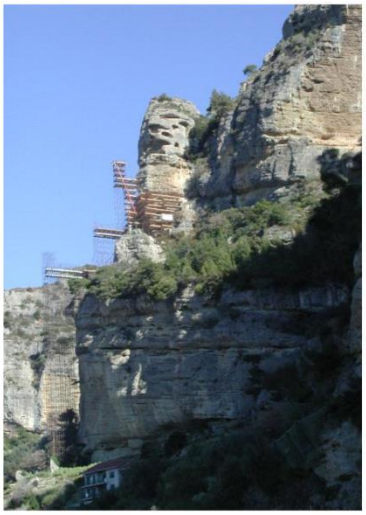
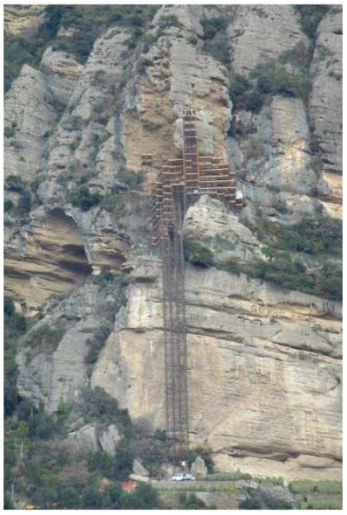
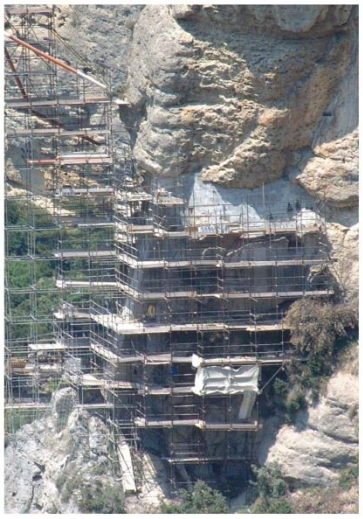




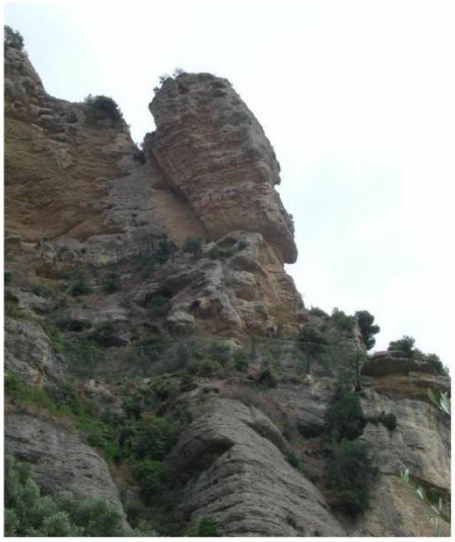


Le dimensioni della parete variavano da 150 a 200 m in altezza, con un'estensione in lunghezza di circa 1000 m. Il blocco roccioso ha uno sviluppo di circa 40 m in altezza, con circa 9000 m^3 di volume.

Sono stati effettuati rilievi con fotogrammetria aerea e terrestre, rilievi termografici con fotografia all'infrarosso e con riprese con telecamera digitale e rilevate, con calate in parete, le principali discontinuità, piani di strato, fratture aperte, cavità e ogni evidenza di strutture geometriche e geologiche significative lungo la parete. Sono state condotte analisi di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza della roccia interessata.

L'intervento è consistito nella stabilizzazione della base di fondazione del blocco mediante iniezioni di riempimento di tutti i vuoti e cavità e con installazione di barre di cucitura e di armature di rinforzo. L'aggetto principale è stato eliminato per mezzo della costruzione di un pilastro di calcestruzzo alleggerito ancorato alla roccia retrostante. Gli interventi sono stati preceduti dall'installazione di una diffusa maglia di reti paramassi a protezione dell'abitato sottostante e di un imponente ponteggio (circa 10000 m^3 di volume globale su di un'altezza di 110 m) eretto sino ad inglobare tutta l'area di intervento.

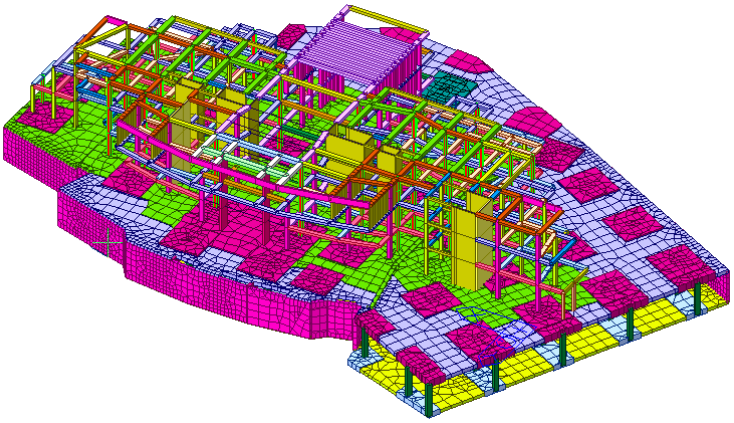


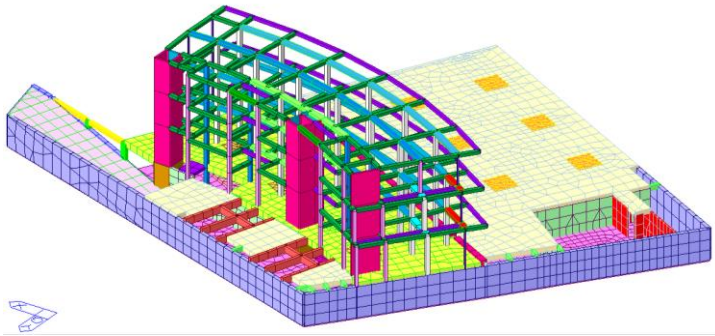
NUOVA STRUTTURA ALBERGHIERA NEL COMPENDIO IMMOBILIARE "TIRO A VOLO" SANREMO (IMPERIA)

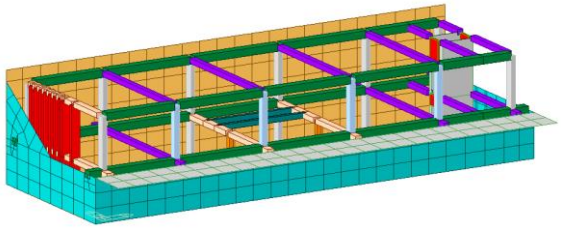
PROGETTAZIONE ESECUTIVA

COMMITTENTE: ***O.I.T. S.r.l.*** **2018-2019**

ATTIVITÀ SVOLTE • **progettazione esecutiva delle strutture in C.A.**







GEODES S.r.l., in collaborazione con L.T.G. Studio Tecnico Associato, ha redatto il progetto esecutivo delle strutture in C.A. della nuova struttura alberghiera nel compendio immobiliare "Tiro a Volo" nel comune di Sanremo (Imperia).

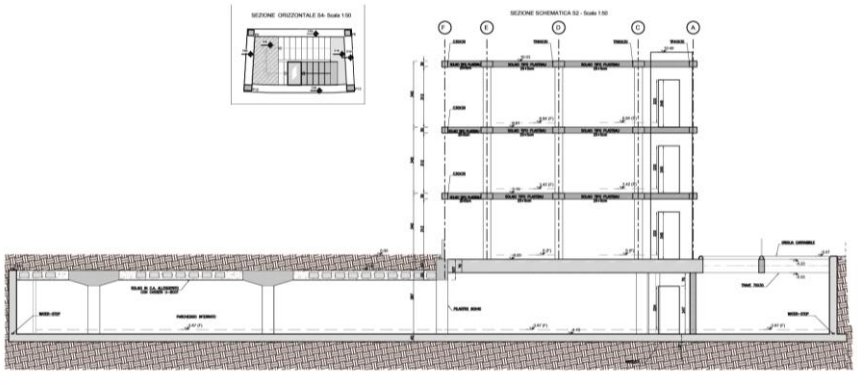
L'intervento autorizzato prevede la realizzazione di un nuovo complesso formato da tre corpi edilizi distinti a destinazione turistico-alberghiera, come da proposta comunale per la valorizzazione dell'area, al posto dell'immobile esistente e di tutte le strutture ad esso pertinenti, facenti parte dell'impianto sportivo dell'ex Tiro a Volo, da tempo dismesso.

I 3 edifici sono:

- l'<u>edificio principale</u>: situato al centro, è costituito da 3 piani fuori terra e da un piano interrato, e presenta in pianta una sagoma irregolare di dimensioni pari circa a 75,00x48,00m
- la <u>dépendance</u>: situata a Ovest dell'edificio principale e costituta anch'essa da 3 piani fuori terra e da un interrato adibito a parcheggio, in comune con l'edificio principale. Presenta in pianta una sagoma semicircolare di dimensioni pari circa a 35,00x12,00m. Il piano interrato è dedicato a parcheggio, di dimensioni circa 43.00x40.00m
- il <u>ristorante</u>: situato a Est dell'edificio principale è comprensivo di due piani. Il piano interrato è adibito a deposito mentre il piano superiore è destinato alla sala pranzo. L'edifico presenta in pianta una sagoma rettangolare di dimensioni pari a 33,30x11,90m.

Gli edifici sono realizzati con un sistema di telai multipiano e multi-campate. Le fondazioni sono del tipo diretto costituite da una platea a cui sono stati aggiunti ispessimenti nelle zone soggette a maggior carico. La principale caratteristica è rappresentata dal solaio al piano terra dell'edifico principale e della dépendance, realizzato con una piastra alleggerita con casseri a perdere del tipo U-Boot. Questo sistema permette di realizzare una nervatura in entrambe le direzioni con conseguente diminuzione delle masse e delle armature richieste e allo stesso tempo permette di superare le luci richieste di 9 m. Per prevenire il problema del punzonamento sono stati aggiunti dei capitelli svasati ai pilastri del piano interrato. Ai piani superiori sono utilizzati solai alleggeriti in polistirene espanso tipo plastbau. Per il solaio del ristorante e della hall sono stati adottati solai alveolari precompressi per coprire le luci notevoli previste nel progetto architettonico.

Nell'edifico principale sono localizzati i servizi comuni dell'albergo circondati dalle camere quasi tutte con affaccio al lato mare. Al piano terra sono ubicati l'ingresso e la hall. Percorrendo la hall verso il mare si giunge all'area dedicata alla sala d'attesa, bar. Al piano primo è collocata la sala colazioni posta al centro di un'ampia vetrata che permette una visuale del parco litoraneo e del mare.

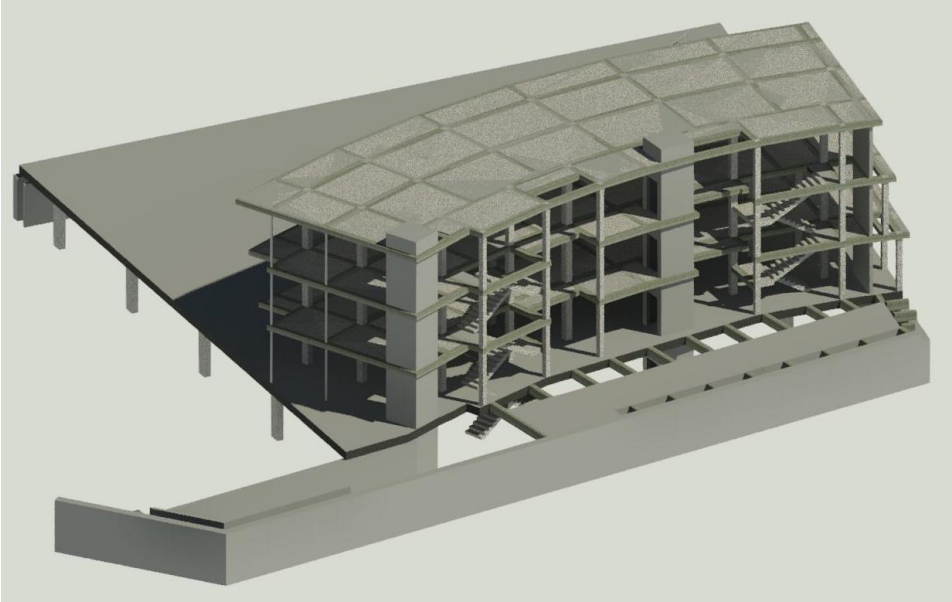


La dépendance comprende camere dotate di ampie vetrate, alcune lineari altre ad angolo, apribili, che permettono l'illuminazione e l'areazione naturale.

Il ristorante si sviluppa su due piani di cui uno interrato destinato al deposito ed ai locali tecnici e uno superiore dedicato alla sala ristorante. Le motivazioni di rendere il ristorante indipendente dall'albergo sono duplici: rendere la struttura meglio inserita nell'ambiente e dare la possibilità alla clientela esterna all'albergo di poter usufruire della struttura. L'accesso al ristorante può avvenire da una scalinata situata sul lato ovest della struttura o mediante l'utilizzo degli ascensori dell'albergo.

Il piano interrato si estende fino ai limiti della zona edificabile dell'area di progetto. Nel settore Ovest è localizzata l'autorimessa a servizio della struttura alberghiera, alla quale si accede tramite una rampa rettilinea di ingresso a doppio senso di marcia, larga 4.5 m. Il parcheggio, di superficie pari a 2300 m^2, con altezza interna pari a 2.40 m, è dotato di n. 62 posti auto, di cui n. 4 riservati ai disabili, corrispondenti al numero totale delle camere previste nell'albergo. Sono inoltre previste zone di carico e scarico a servizio dei magazzini del comparto centrale posto sotto il corpo alberghiero principale. Nel settore centrale sono previsti i collegamenti con i locali tecnici e i locali destinati a magazzino. Nello stesso comparto trovano spazio i locali per il personale dell'albergo. Sempre nella zona centrale è collocata la SPA, dotata di una grande piscina interrata. In futuro è previsto un ampliamento con la realizzazione di un affaccio diretto sul mare.

L'Edificio Principale e la Dépendance hanno in comune il piano interrato della struttura mentre ai piani fuori terra risultano completamente separati. Al fine di considerare, anche dal punto di vista del calcolo, i due edifici come strutture indipendenti sono stati inseriti giunti sia in corrispondenza della fondazione che della soletta bidirezionale realizzata al piano terra.



Il calcolo delle strutture è stato effettuato utilizzando il programma ad elementi finiti Midas Gen 2019 v. 2.1 della Midas Information Technology, distribuito da Harpaceas - Milano.

La progettazione ha visto la realizzazione di un modello BIM con l'uso del software Revit prodotto dalla Autodesk.

S.P. 1 "DI SINISTRA PIAVE" - ADEGUAMENTO NEL TRATTO COMPRESO TRA PEZZONEGHE (CASE FAGHERAZZI) E VISOMELLE

PASSANTE DEL COL CAVALIER

COMMITTENTE: ***VENETO STRADE S.p.A.*** **2010-2011**

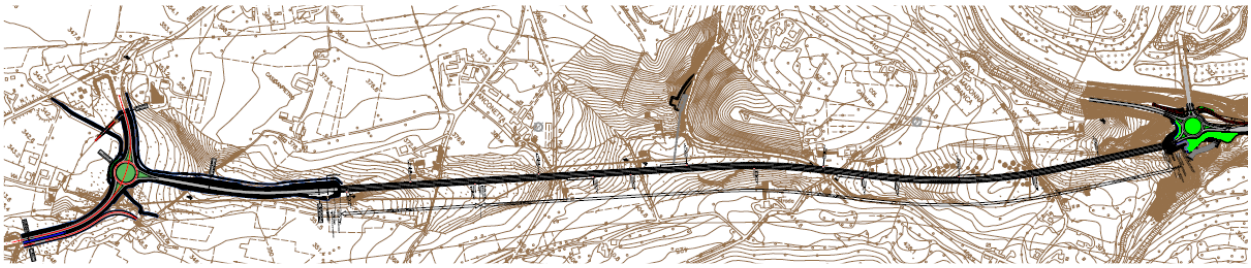
ATTIVITÀ SVOLTE

- **progettazione esecutiva del tracciato stradale**

Obiettivo dell'intervento sono i lavori di adeguamento della SP1 "di Sinistra Piave" nel tratto compreso tra Pezzoneghe e Visomelle. L'intervento si sviluppa dalla località Pezzoneghe (Case Fagherazzi) alla progressiva km 4+850 della SP1 fino alla loc. Visomelle alla pk 9+900. Per la progettazione delle intersezioni si è fatto riferimento ai contenuti del D.M. 19/04/2006 "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*",
Il progetto prevedeva inoltre la realizzazione di una pista ciclabile a tergo della Strada, progettata secondo D.M. n° 557 del 30/11/99 con Vp=25÷35 km/h con pendenze longitudinali inferiori al 5% ad eccezione del tratto di sottopasso del Ponte delle Dolomiti dove si raggiunge la p=10%, comunque compatibile con il limite di norma.
Il lotto stradale può essere suddiviso in due tratti:

1. Tratto tra Case Fagherazzi e rotatoria "Ponte delle Dolomiti": il progetto prevede l'ammodernamento della sede esistente, adottando come sezione stradale quella prevista per una categoria C1 con velocità di progetto pari a 100 km/h. Il primo tratto termina dopo circa 2200 m con la realizzazione di una rotatoria "Ponte delle Dolomiti", che prevede l'innesto di 4 rami.

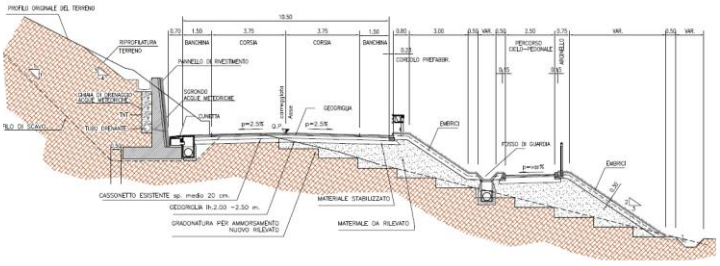
2. Tratto tra la rotatoria "Ponte delle Dolomiti" e Rotatoria lato Visomelle: trattasi di circa 2800 m di tracciato stradale di nuova realizzazione di cui 1819.60 m in galleria. La sezione stradale anche per questo tratto è quella prevista per una categoria C1 secondo il DM 5/11/2001. La rotatoria finale è a 3 bracci, di cui due provenienti dall'attuale SP1.



Nei tratti in rilevato la piattaforma pavimentata è completata in destra da arginelli in terra di larghezza pari a 0.80 m, rialzati di circa 10 cm dal piano del finito e delimitati lungo il ciglio strada da cordolino in cls prefabbricato. L'arginello ha la funzione di consentire l'inserimento delle barriere di sicurezza e degli elementi componenti il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma. Le scarpate sono realizzate con pendenza 3/2. Il rilevato stradale viene realizzato su piano di posa preparato mediante scotico e bonifica del terreno e successiva realizzazione di strato anticapillare avvolto di uno strato di geotessile. Allo scopo di contenere la lunghezza delle scarpate in rilevato è necessario talvolta inserire delle opere di sostegno rappresentate da muri in cls oppure da terre rinforzate.

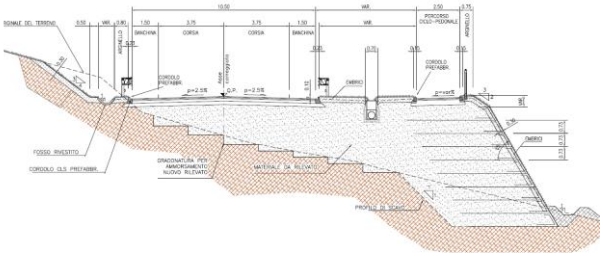
Nei tratti in trincea con muro di controripa la piattaforma pavimentata viene affiancata da una cunetta alla francese in cls di larghezza pari a 0.70 m atta alla raccolta e al convogliamento delle acque meteoriche di piattaforma. Lo scavo di sbancamento sarà realizzato con scarpate a pendenza 1/1. In testa al muro è prevista una canaletta prefabbricata per la raccolta delle acque superficiali della scarpata. Nei tratti in trincea/mezzacosta con scarpate a pendenza naturale del primo tratto che va da Case Fagherazzi a Ponte Dolomiti, la piattaforma pavimentata viene affiancata da un fosso di scolo trapezio di larghezza e profondità variabili.

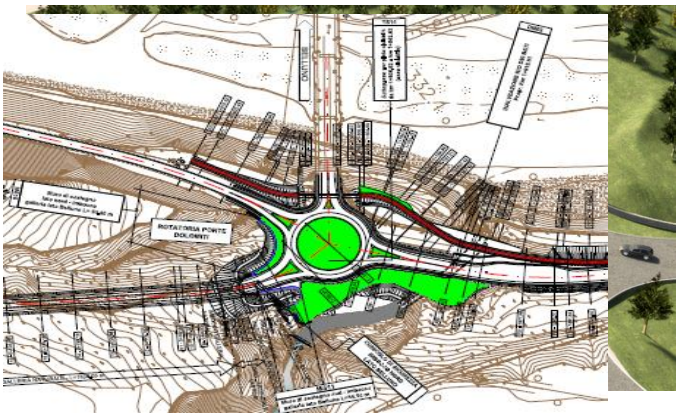
SEZIONE TIPOLOGICA CON MURO DI CONTRORIPA



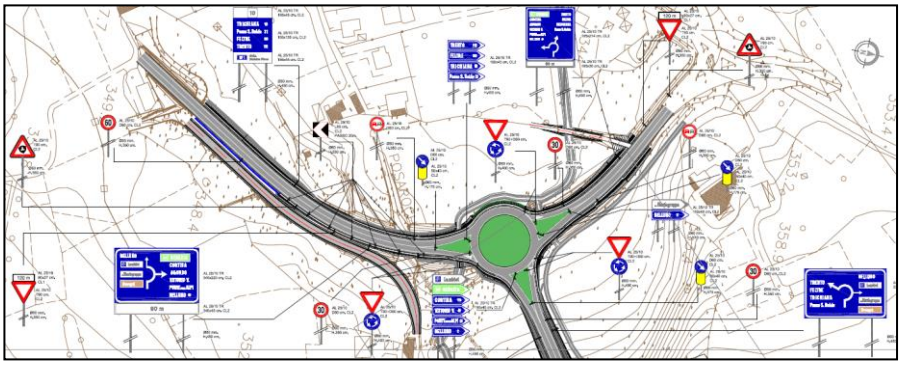
La rotatoria "Ponte Dolomiti" si colloca in posizione centrale all'asse del tracciato e rappresenta un punto di accesso alla città di Belluno tramite Ponte Dolomiti. La rotatoria in questione è costituita da quattro rami, uno dei quali si indirizza verso la galleria del Col Cavalier, un altro è costituito da via Miari, un altro ancora è quello che attraversa il Piave, quindi l'ultimo proviene da Ponte nelle Alpi. La rotatoria è stata progettata imponendo una velocità di percorrenza pari a 30 km/h, è di forma circolare, con raggio in asse corsia di 22.00 m e sviluppo pari a 138.33 m. L'anello giratorio è impostato su un piano leggermente inclinato (1%), mentre per il deflusso delle acque la pendenza trasversale è del 2% verso l'esterno. La corona rotatoria ha una corsia di larghezza pari a 6.00 m con due banchine laterali da 0.50 m quella interna e 1.00 m quella esterna.

SEZIONE TIPOLOGICA CON TERRA RINFORZATA





La rotatoria Visomelle costituisce il termine della variante SP1 in progetto e raccorda tale viabilità al tracciato preesistente della SP1 Sinistra Piave. La rotatoria è stata progettata imponendo una velocità di percorrenza par a 30 km/h, è di forma circolare, con raggio in asse corsia di 24.50 m e sviluppo pari a 153.94 m.



S.P. 1 "DI SINISTRA PIAVE" - ADEGUAMENTO NEL TRATTO COMPRESO TRA PEZZONEGHE (CASE FAGHERAZZI) E VISOMELLE

PASSANTE DEL COL CAVALIER

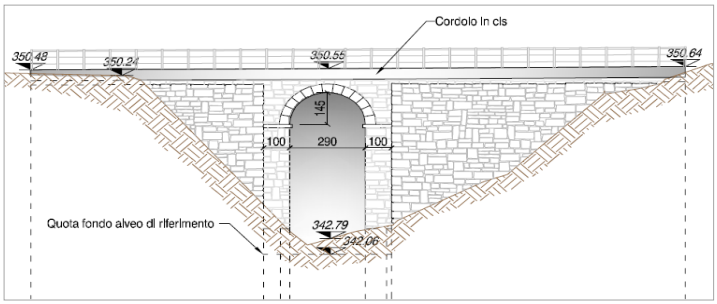
COMMITTENTE: ***VENETO STRADE S.p.A.*** **2010-2011**

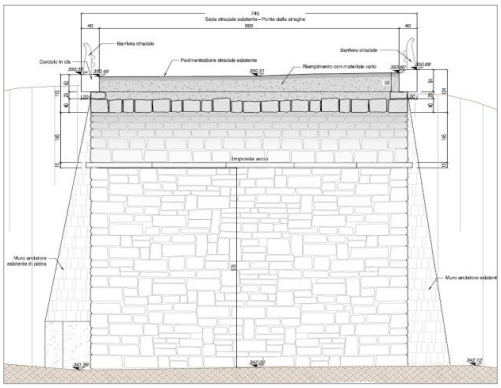
ATTIVITÀ SVOLTE

- **progettazione esecutiva delle opere strutturali**

STATO DI FATTO.

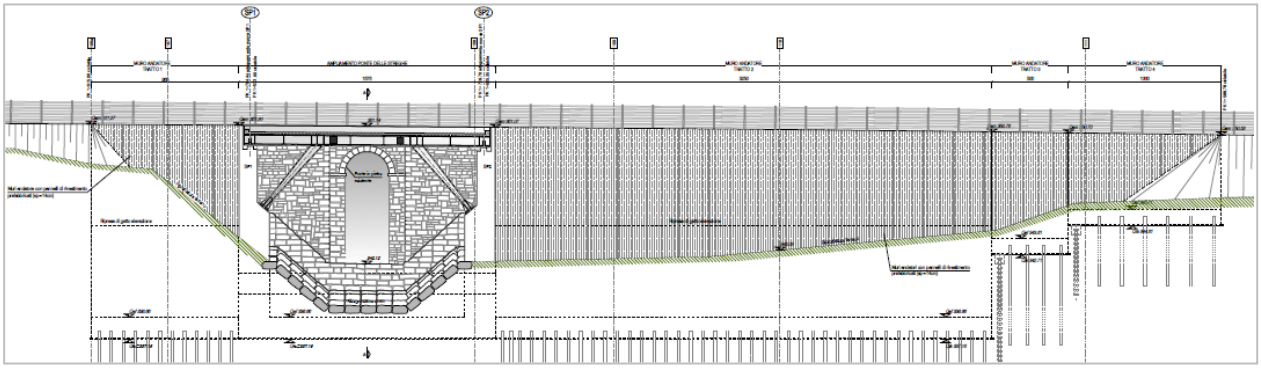
Lungo il tracciato è presente il Ponte delle Streghe attualmente costituito da due spalle in muratura per il contenimento del rilevato stradale collegate da un arco a tutto sesto sempre in muratura su una luce di 2.9 m in corrispondenza dell'attraversamento del rio. La struttura sosteneva la carreggiata stradale di circa 7 m di larghezza; l'ampliamento della sede stradale ha reso necessario intervenire sulla struttura.





PROGETTO.

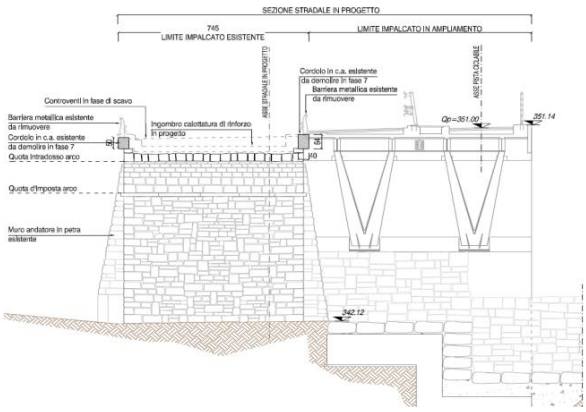
L'intervento prevede il mantenimento della vecchia struttura e l'allargamento, esclusivamente verso valle, della sede stradale comprensiva della pista ciclopedonale con una struttura indipendente che lascia leggibile, guardando l'infrastruttura da valle, l'arco del vecchio manufatto.



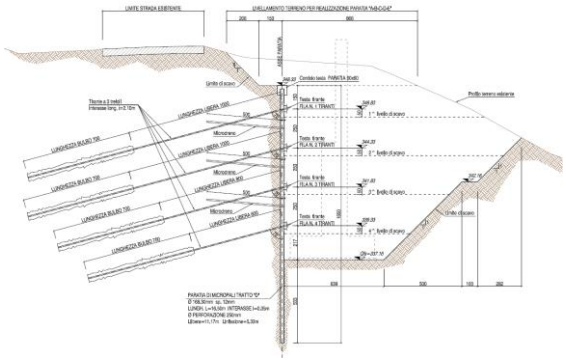
Il nuovo impalcato è concepito per affiancarsi alla struttura esistente in muratura, in modo da costituire con essa un unico asse stradale con una carreggiata a doppio senso di marcia e una pista ciclabile

Sono state previste due tipologie di intervento:

- adeguamento e miglioramento sismico per il ponte esistente
- una nuova realizzazione con struttura a cavalletto in acciaio corten per l'ampliamento.

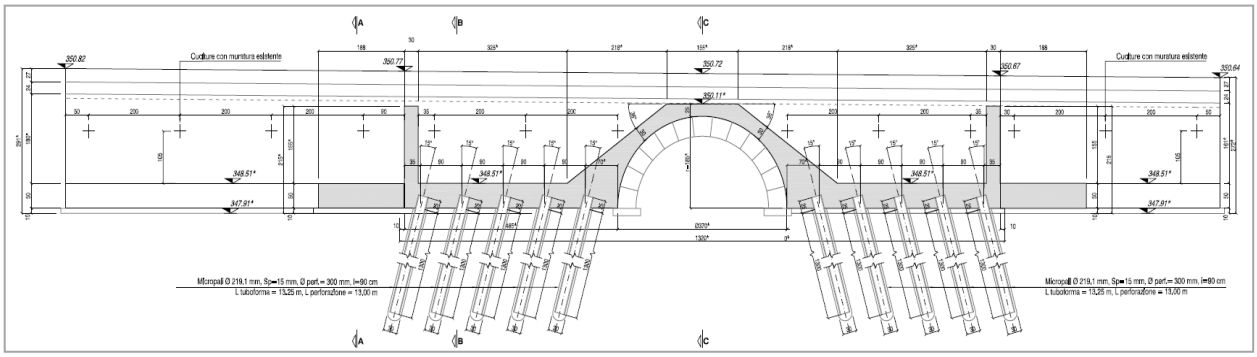


La realizzazione del nuovo ponte ripropone la soluzione del progetto definitivo introducendo alcune variazioni a livello fondazionale volte a limitare quanto più possibile scavi di sbancamento a quote inferiori rispetto allo spiccato fondazione dell'adiacente ponte esistente di cui si ignora l'esatta quota. Per l'esecuzione degli imponenti muri di risvolto lato valle sono state previste opere provvisionali per garantire la sicurezza del traffico che durante la realizzazione dell'opera continua a transitare sulla attuale sede stradale.

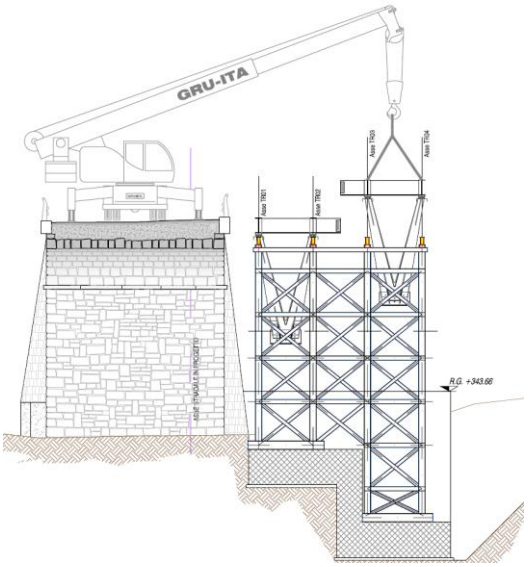


ADEGUAMENTO STATICO E MIGLIORAMENTO SISMICO PER IL PONTE ESISITENTE (CALOTTATURA PONTE AD ARCO ESISTENTE).

La calottatura è costituita da una soletta di spessore variabile (0.25 m in chiave fino a 0.60 m all'imposta) disposta dell'estradosso dell'attuale arco e poggia su due platee di fondazione spesse 0.5 m.
Tutta la struttura di rinforzo è disposta internamente ai muri di contenimento dell'attuale ponte.
Le azioni sono trasferite al terreno mediante due batterie di 15 micropali, una per platea.



Il nuovo impalcato è costituito da una struttura mista di acciaio e calcestruzzo.
La struttura portante in acciaio è realizzata mediante quattro travi parallele distanti 2.15 m l'una dall'altra e lunghe 16.06 m. Le quattro travi sono collegate tra loro da 8 traversi, due di testate sui due assi appoggi e sei intermedi.
I profili utilizzati sono di tipo doppio T saldati per travi principali e saette, profilati a caldo per i traversi.
Il sostegno della struttura è garantito da otto appoggi alle estremità delle travi (quattro sulla spalla SP1 e quattro sulla SP2) e da otto saette (due per ogni trave), che a partire dalla loro connessione all'impalcato, attestata in corrispondenza del terzo e del sesto traverso, si uniscono a coppie per poi raggiungere le spalle in quattro piastre nervate, due per ogni spalla. Le quattro coppie di saette sono inclinate di 50° sull'orizzontale.
Per il trasporto della carpenteria metallica tutta la struttura è stata concepita in tre conci longitudinali e due trasversali. I giunti sono tutti di tipo bullonato a completo ripristino della sollecitazione agente. In cantiere è prevista la saldatura delle quattro coppie di saette e l'assemblaggio dei conci.



La struttura metallica collabora con la soletta mediante pioli saldati sia sulle travi che sui traversi. La soletta è costituita da predalles collaboranti spesse 5 cm e un getto di completamento di 15 cm.

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. N. 337 DELLA VALLE VIGEZZO NEL TRATTO COMPRESO TRA I KM 7+300 E 8+450

VARIANTE DELLA VALLE VIGEZZO

COMMITTENTE: ***ANAS S.p.A. - Compartimento per la viabilità del Piemonte*** **2003**

ATTIVITÀ SVOLTE

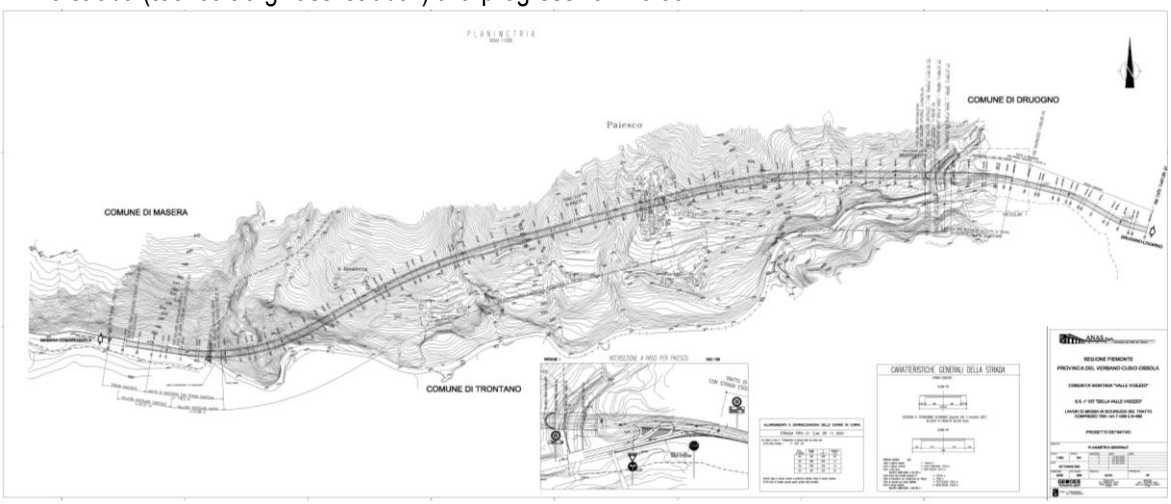
- **progettazione definitiva per appalto integrato delle opere**
- **assistenza al Committente durante la Conferenza dei Servizi**

Il progetto è relativo alla realizzazione di una variante stradale alla S.S. 337 della "Valle Vigezzo" in provincia del Verbano - Cusio - Ossola in regione Piemonte, per la messa in sicurezza del tratto compreso tra i km 7+300 e 8+450.

Il versante in destra orografica della gola del torrente Melezzo, nel maggio 2002 è stato interessato da un movimento franoso che ha coinvolto i terreni detritici di copertura e il substrato roccioso. A seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 agosto 2002, relativa agli "interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni conseguenti agli eventi alluvionali e ai dissesti idrogeologici dei mesi di maggio, giugno e luglio 2002 nei territori delle regioni Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia ed Emilia Romagna (Ordinanza n. 3237)", l'ANAS S.p.A. - Compartimento della viabilità per il Piemonte - ha affidato alla Geodes S.r.l. l'incarico per la progettazione definitiva dei lavori di messa in sicurezza del tratto compreso tra i km 7+300 e 8+450 della S.S. 337 "della valle Vigezzo".

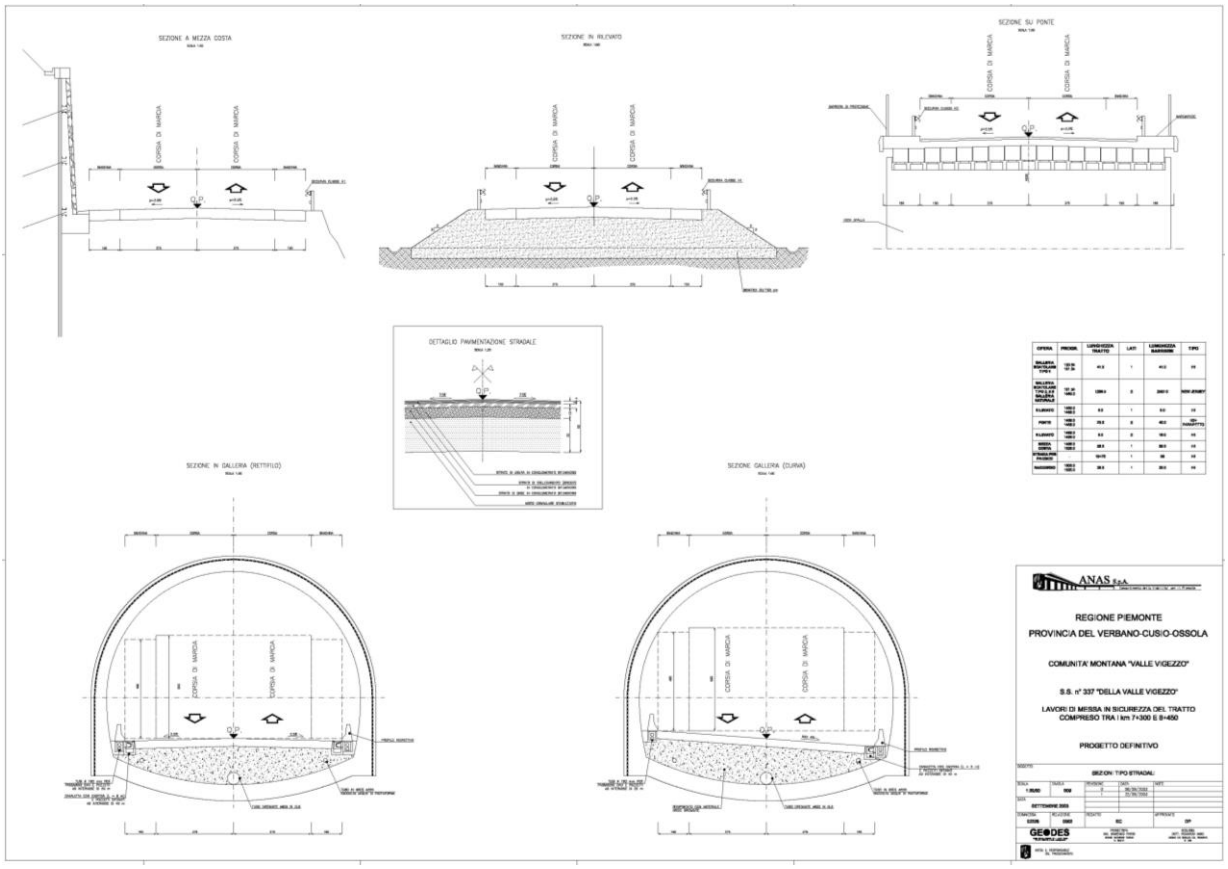
La soluzione del progetto definitivo ha previsto:

- inizio variante (progressiva 0.00 m) posta 28.97 m a valle della galleria artificiale scatolare esistente, alla progressiva km 7+000 circa dell'attuale strada statale;
- dalla progressiva 120.54 m alla progressiva 193.50 m, una nuova galleria scatolare;
- dalla progressiva 75.00 m alla progressiva 193.50 m, il raccordo planoaltimetrico tra il nuovo e il vecchio tracciato, con il passaggio graduale dalla sezione stradale esistente alla C1;
- dalla progressiva 193.50 m alla progressiva 1451.50 m, la galleria naturale e artificiale policentrica di Paiesco
- dalla progressiva 1469.37 m alla progressiva 1484.37 m, il nuovo ponte sul rio La Rovina;
- dalla progressiva 1525.00 m alla progressiva 1600.00 m, l'intersezione a raso con la strada di collegamento alla frazione di Paiesco (l'attuale sede della S.S. 337);
- dalla progressiva 1600.00 m alla progressiva 1625.00 m, il raccordo planoaltimetrico tra il nuovo e il vecchio tracciato, con il passaggio graduale dalla sezione stradale C1 a quella esistente;
- fine variante alla progressiva 1625.00 m, alla progressiva km 8+965 circa dell'attuale strada statale;
- fine strada (teorico tra gli assi stradali) alla progressiva 418.354 m.



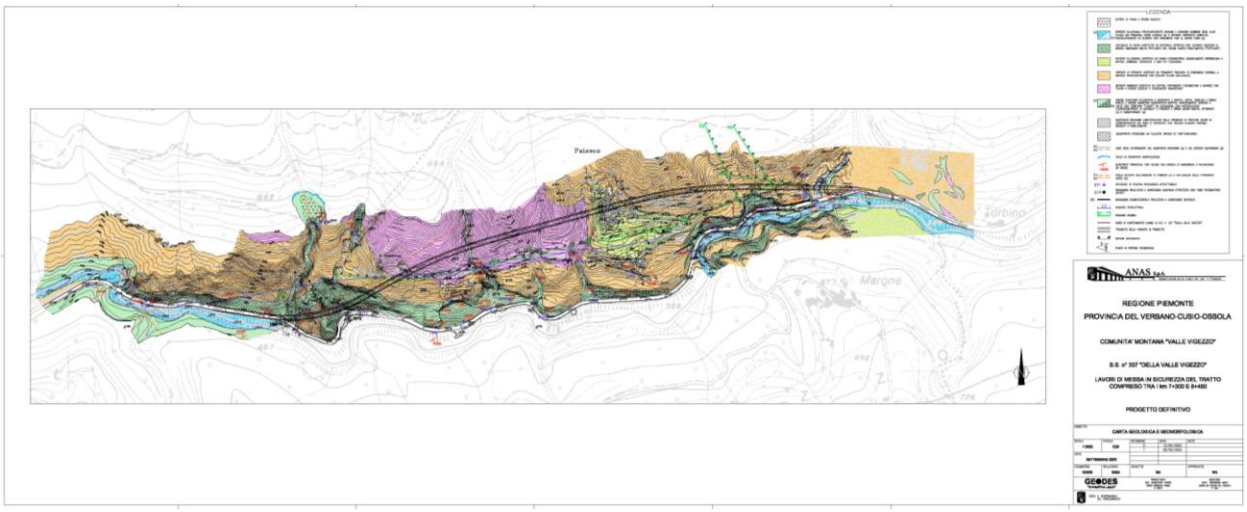
GEODES

La scelta finale del tracciato e delle opere è stata determinata dalla necessità di rendere definitivamente sicuro il percorso stradale eliminando in maniera definitiva il rischio di frana e caduta di blocchi rocciosi dalle pareti della gola del torrente Melezzo Occidentale, spostando il tracciato interamente in sotterraneo. La soluzione scelta consente pertanto di superare con una galleria il tratto di maggiore rischio oggi presente sulla S.S. 337 tra Masera e Druogno.



Il progetto definitivo ha recepito le indicazioni e prescrizioni del Settore Decentrato delle Opere Pubbliche e Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte di Verbania nell'ambito della conferenza di Servizi, spostando l'imbocco della galleria di Paiesco verso est di più di 50 m, con realizzazione di un nuovo ponte per scavalcare il rio la Rovina. In relazione al notevole trasporto solido su tale rio, è stata prevista anche la realizzazione di una pista per consentire l'accesso dei mezzi di movimento terra all'alveo, sino alla briglia esistente circa 40 m a monte per le manutenzioni di tipo ordinario e straordinario.

Il progetto ha anche recepito le osservazioni a carattere ambientale espresse sulla documentazione da parte della conferenza di Servizi in particolare per quanto concerne le sistemazioni degli imbocchi della galleria e della sistemazione dei rii attraversati.



CAVA "BOSCO DEL SASSO" - SONDALO (SO)

MODIFICA DELLE GEOMETRIE DEL PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELL'ESISTENTE COLTIVAZIONE MINERARIA

COMMITTENTE: ***MINERALI INDUSTRIALI S.r.l.*** **2019**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **caratterizzazione geostrutturale e geomeccanica**
- **analisi numeriche tensio-deformative in campo tridimensionale per la verifica delle condizioni di stabilità**

Lo studio è stato svolto per conto di Minerali Industriali S.r.l. allo scopo di verificare le condizioni di stabilità della coltivazione mineraria in sotterraneo per grandi camere della cava di quarzo di Bosco del Sasso, in comune di Sondalo (SO), nella nuova condizione di ampliamento prevista.

Il progetto autorizzato prevede il ribasso delle camere di coltivazione attualmente presenti a quota 1475 m s.l.m. fino a quota 1395 m s.l.m.

La modifica del progetto di ampliamento proposta, analizzata nel presente studio, riguarda:

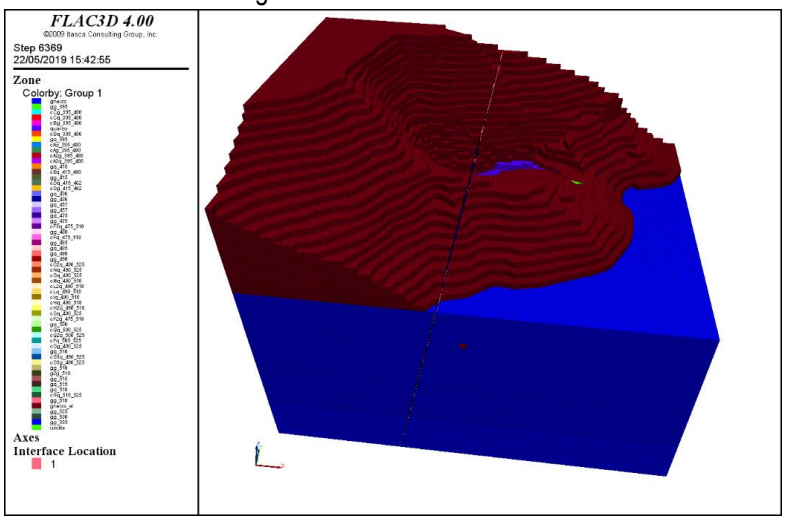
- la ripresa delle vecchie coltivazioni tra i livelli 1490 e 1518 m, con la coltivazione di due pilastri e l'ampliamento di alcune camere
- l'ampliamento di una delle nuove camere di coltivazione tra i livelli 1395 e 1475 m.

Per la verifica delle modifiche di geometria proposte è stato sviluppato un modello numerico 3D dell'intera cava, simulando l'evolversi della stessa fino al raggiungimento della configurazione finale di scavo.

Le analisi numeriche sono state condotte con il Metodo delle Differenze Finite e il codice di calcolo FLAC.

La modellazione è basata su un modello geomeccanico ricavato dall'interpretazione dei dati geologici, geotecnici e geomeccanici ottenuti dalle campagne di indagini geognostiche, dai rilievi in sito e dalla campagna di prove di laboratorio sui campioni raccolti in sito.

Per verificare quale fattore di sicurezza possano avere le strutture portanti della cava (solette e pilastri) si è proceduto all'analisi della configurazione di scavo finale utilizzando il procedimento che utilizza lo "Strength reduction factor", ovvero applica un fattore riduttivo ai parametri di resistenza dell'ammasso roccioso sino a determinare condizioni di non convergenza del calcolo per determinare il fattore di sicurezza globale del modello.

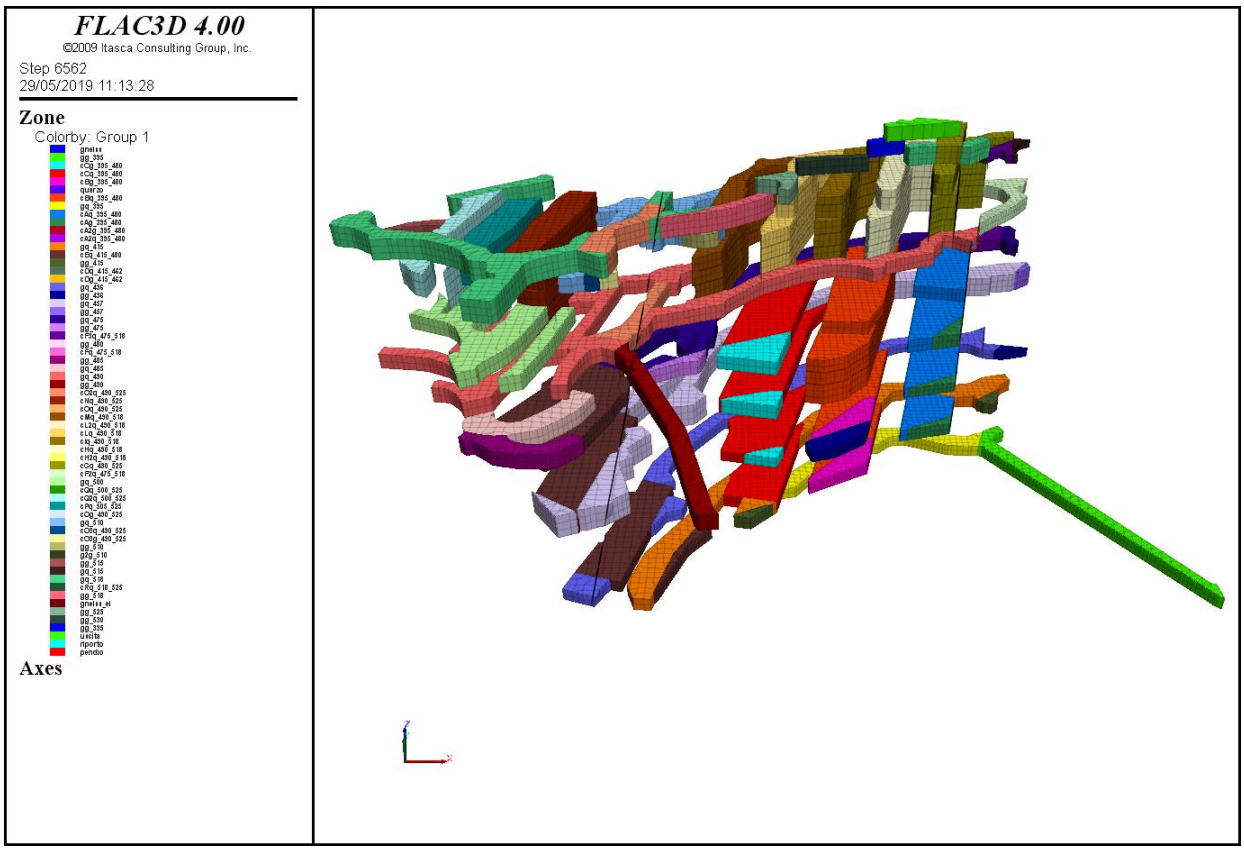


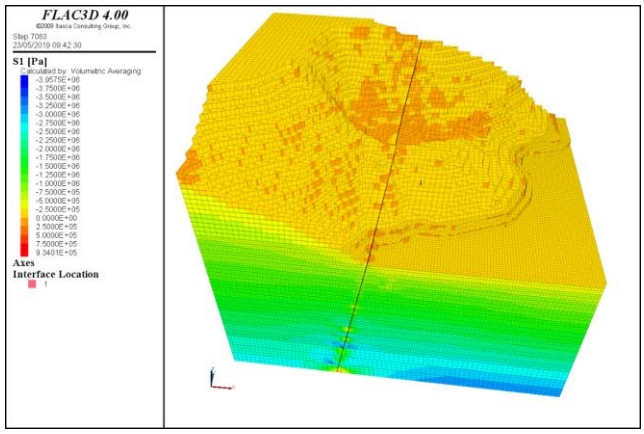
Sulla base dei calcoli sviluppati, è possibile definire un Fattore di Sicurezza globale della coltivazione sotterranea pari a 2.0, evidenziando che per tale valore non si assiste comunque a fenomeni di rottura generalizzati dell'ammasso roccioso, ma a una progressione dei fenomeni di plasticizzazione nei pilastri e nelle zone corticali delle pareti delle camere.

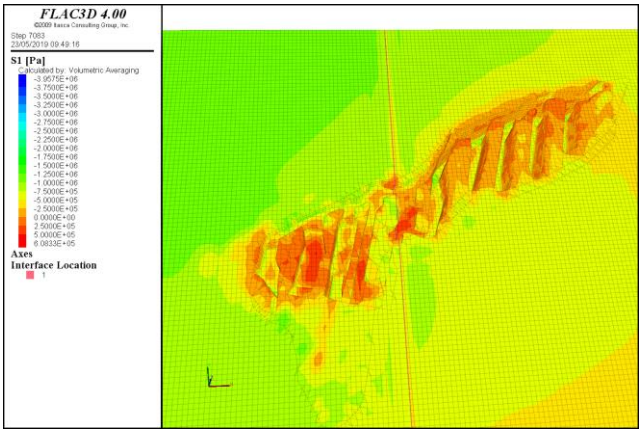
La nuova conformazione degli scavi di cava, in base alla modellazione, non presenta particolari problemi alla stabilità globale dei vuoti, ma si consiglia comunque di porre attenzione ad alcune zone

della coltivazione ritenute maggiormente critiche, ovvero:

- zone caaratterizzate da incertezze dovute alla presenza di scavi riferibili alle precedenti coltivazioni e non mappabili in quanto inaccessibili o non accessibili in sicurezza
- pilastri caratterizzati da maggiore snellezza e quindi maggiormente sollecitati
- volumi isolati dagli scavi a tergo del piano di faglia che attraversa il giacimento.







Si è quindi definito il sistema di monitoraggio da mettere a punto in relazione alle zone "critiche" evidenziate dalla modellazione per cui un deterioramento dell'ammasso roccioso può portare ad avere un rapporto tra le azioni resistenti e quelle agenti (Strength-Stress Ratio) pari a 1.0 (Equilibrio Limite).

Il monitoraggio permetterà di verificare l'andamento delle deformazioni così da consentire il raffronto con quanto ottenuto e previsto dall'analisi numerica.

La frequenza di misurazione dovrà essere scelta in relazione all'avanzamento della coltivazione, definendo delle fasi nelle quale verificare la congruenza tra quanto calcolato con la modellazione numerica e quanto registrato dalla strumentazione installata così da ritarare la modellazione e, se necessario, eventualmente intervenire per modificare l'assetto della coltivazione stessa nel caso si evidenziassero difformità di comportamento tensio-deformativo dell'ammasso rispetto a quanto atteso.

MINIERA DI PETRALIA SOPRANA (PA)

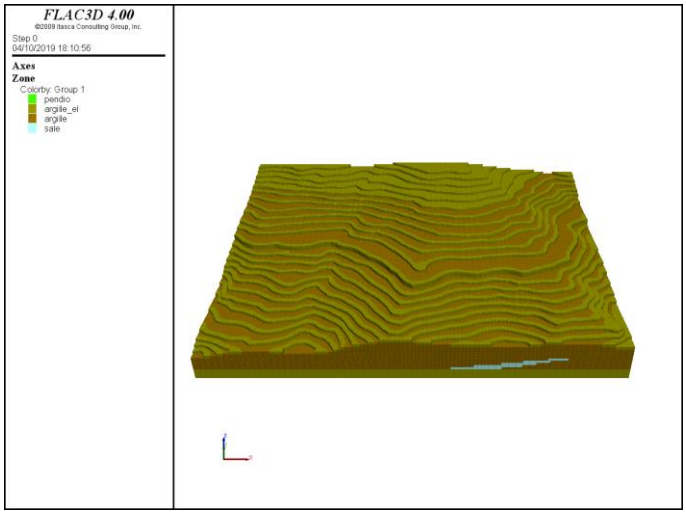
STUDIO DI STABILITÁ DELLE NUOVE STRUTTURE MINERARIE

COMMITTENTE: ***ITALKALI S.p.A.*** **2018-2019**

ATTIVITÀ SVOLTE

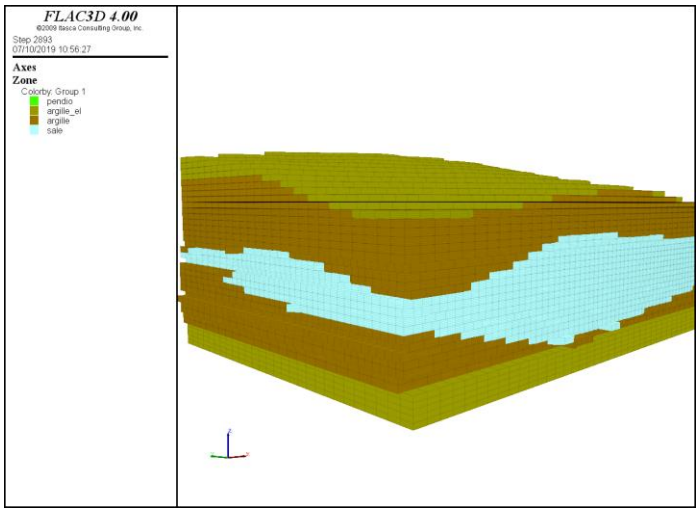
- **geologia, geotecnica**
- **analisi numeriche tensio-deformative in campo tridimensionale per la verifica delle condizioni di stabilità delle nuove strutture minerarie**

Geodes S.r.l. ha sviluppato, per conto della Società Italkali S.p.A., uno studio geologico-giacimentologico del versante destro del Rio Salso, in località Salinella, nei pressi dell'attuale miniera di Petralia (comune di Petralia Soprana - Palermo), area per la quale è stato richiesto un permesso di ricerca al fine di ampliare l'attuale concessione mineraria.
Sulla base dell'interpretazione dei dati derivanti dai rilievi geologici e dalle indagini (in sito e in laboratorio) effettuati per il riconoscimento del giacimento sono stati definiti i modelli geologico e geotecnico di riferimento del giacimento e sono state caratterizzate le diverse unità geotecniche presenti (terreni incassanti e giacimento salino).



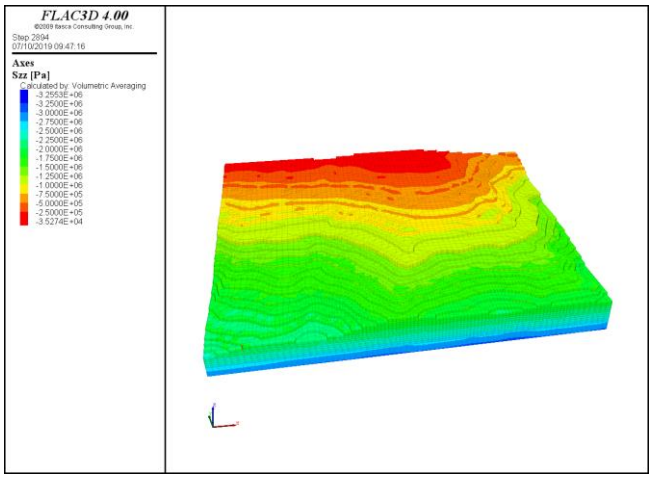
La volumetria del giacimento risulta compresa tra 9 e 10 M di m^3 di sale, con spessore massimo di circa 80 m e spessore medio di circa 30 m e profondità dal p.c. generalmente compresa tra 40 e 50 m.
Il giacimento salino è posto al di sotto di alcuni edifici di civile abitazione con i relativi sottoservizi e della viabilità secondaria che collega Contrada Salinella alla Strada Statale n. 120 e pertanto le modalità di coltivazione sono state definite in maniera da tenere in debito conto la presenza di queste preesistenze.

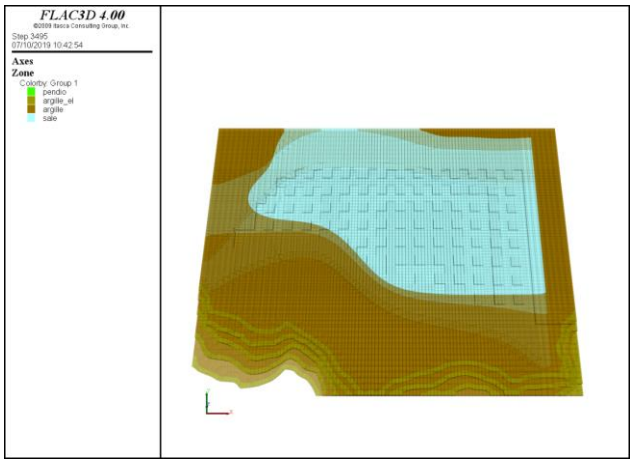
La modalità di coltivazione che si ritiene opportuno adottare per la nuova miniera è quella per camere e pilastri, con camere di larghezza pari a 20 m e altezza pari a 6 m, in modo da sfruttare appieno le potenzialità dei macchinari di scavo (minatore continuo). I pilastri hanno forma quadrata con lato pari a 22 m, valore scelto sulla base dei calcoli analitici preliminari in base ai quali la tensione verticale attesa sui pilastri (pari a circa 8 MPa) risulta pari a 0.3 volte il valore della resistenza a compressione monoassiale del salgemma. Le solette hanno uno spessore pari a 7 m, in analogia con quanto attuato nella Miniera di Petralia in coltivazione.



MODELLAZIONE NUMERICA

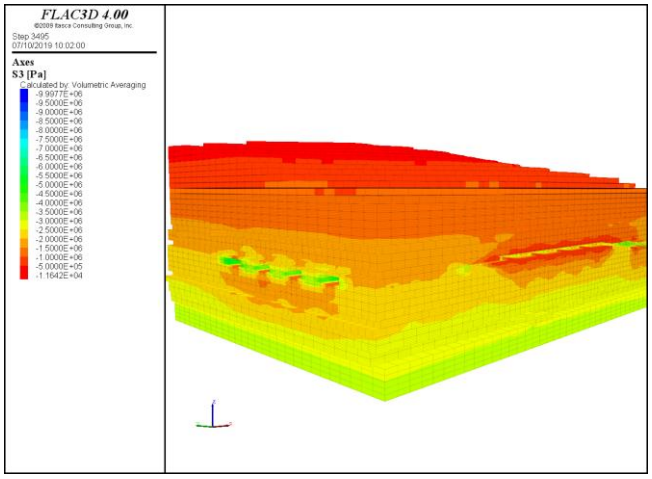
Le quote dei sei livelli di coltivazione sono state adattate alla geometria del giacimento e per questo non sono livelli perfettamente orizzontali, ma presentano piccoli dislivelli tra le camere in modo da garantire un'adeguata distanza dai contatti deposizionali.
Per la verifica della stabilità degli scavi minerari sono state svolte analisi numeriche su un modello tridimensionale che rappresenta un volume di terreno tale da inglobare l'intero giacimento salino, con un'estensione areale di 792 m per 604 m, mentre in altezza va dal piano campagna attuale sino a quota 770 m s.l.m., con un rappresentazione dell'effettivo andamento delle curve di livello del terreno, definite con intervallo di 5 m.

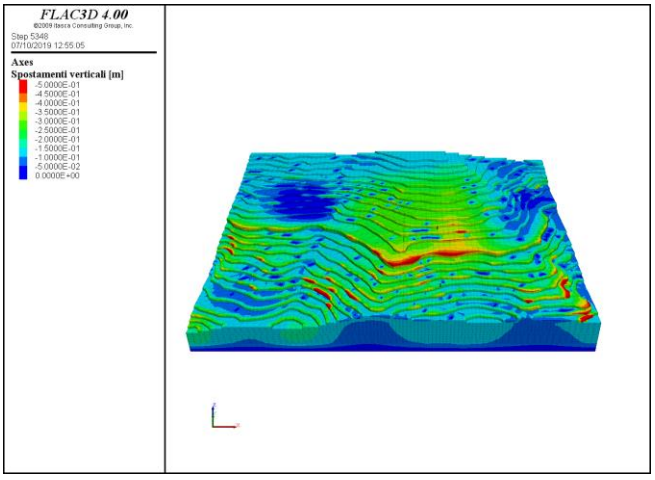




Le analisi numeriche sono state condotte con il Metodo delle Differenze Finite e il codice di calcolo FLAC.
La coltivazione del giacimento è stata simulata ipotizzando lo scavo completo di un singolo livello per fase di calcolo, a partire dal Livello 2, che è il livello al quale si connette la galleria di accesso e che per questo diventa il primo livello scavato. La sequenza di scavo dei successivi livelli prevede di approfondirsi con lo scavo dei Livelli 3, 4, 5, 6 sottostanti ed infine spostarsi al Livello 1, che risulta essere il livello di coltivazione più superficiale.

Durante le fasi di scavo sono stati controllati gli andamenti tensionali all'interno dei pilastri ai diversi livelli e gli spostamenti registrati in superficie. A fine coltivazione, con tutti i 6 livelli completamente scavati, sono stati verificati gli stati tensionali ottenuti nei pilastri, per i quali si è constatato che il fattore di sicurezza o SSR (Strength-Stress Ratio) risulta sempre superiore a 3. Nelle solette, il fattore di sicurezza varia tra 1.4 e 2 nelle zone dove maggiore è la sollecitazione per trazione. La sicurezza delle strutture minerarie è pertanto verificata nel complesso della miniera.





CAVA "BOSCO DEL SASSO" - SONDALO (SO)

RIBASSO DELLE CAMERE DI COLTIVAZIONE

COMMITTENTE: ***MINERALI INDUSTRIALI S.r.l.*** **2015-2016**

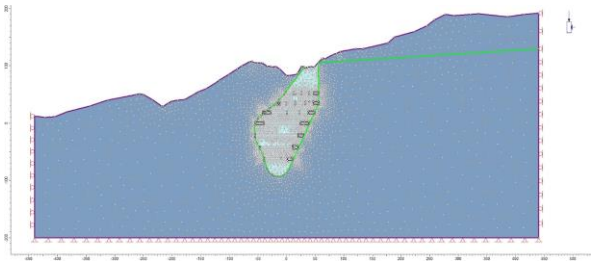
ATTIVITÀ SVOLTE

- **caratterizzazione geomeccanica**
- **analisi numeriche tensio-deformative per la verifica delle condizioni di stabilità**

Lo studio è stato svolto per conto di Minerali Industriali S.r.l. allo scopo di verificare la compatibilità e il grado di sicurezza delle strutture minerarie della Cava di quarzo di "Bosco del Sasso" nell'assetto finale dell'ampliamento della coltivazione in progetto; il progetto autorizzato prevede il ribasso delle camere di coltivazione da quota 1475 m s.l.m. a quota 1395 m s.l.m.

Sulla base dei dati derivanti dai rilievi e dalle indagini in sito e in laboratorio è stato definito il modello geotecnico dell'ammasso roccioso, attraverso la caratterizzazione geomeccanica dei diversi materiali presenti.

Sono quindi state eseguite analisi numeriche tensio-deformative con il Metodo degli Elementi Finiti. Le analisi sono state condotte su due modelli numerici messi a punto con riferimento a due sezioni rappresentative del giacimento; il Modello 1 è relativo alla sezione 1-1 tracciata longitudinalmente al giacimento, mentre il Modello B è relativo alla sezione B-B tracciata trasversalmente al giacimento.

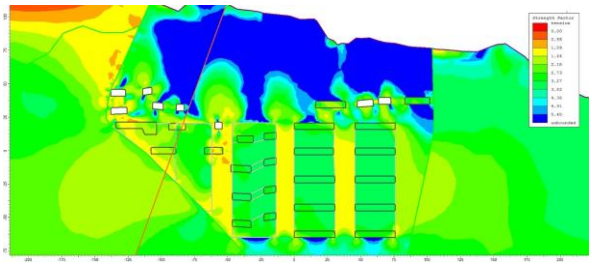


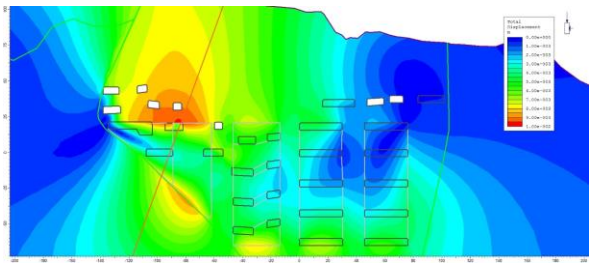
A scopo di confronto con i risultati di modellazioni condotte in studi precedenti (2008) per il Modello 1 è stata eseguita una prima serie di analisi simulando lo scavo minerario attraverso la rimozione degli elementi del modello a cui era assegnato il materiale quarzo, in corrispondenza di gallerie e cameroni. I risultati di tali analisi hanno indicato, a differenza delle modellazioni pregresse, la presenza di zone molto estese di plasticizzazione e spostamenti dell'ordine di alcuni centimetri fino a spostamenti di ordine metrico nell'ultima fase di scavo con instabilità della soluzione. È importante a questo proposito evidenziare che, a parte le differenze di alcune caratteristiche geometriche tra il modello del 2008 e quello attuale, la differenza sostanziale tra le due simulazioni è quella tra i parametri geotecnici, soprattutto quella tra i valori di resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta assunta, nel 2008, pari a 240 MPa (sia per il quarzo che per lo sterile), a fronte di valori (aggiornati sulla base della nuova campagna di prove di laboratorio) pari a 93.74 MPa (quarzo) e 65.98 MPa (sterile) della presente modellazione.

Poiché in un'analisi bidimensionale, come quella in esame, la rimozione completa degli elementi del modello è rappresentativa di una condizione di scavo infinitamente esteso nella direzione ortogonale al modello e pertanto poco adeguata al caso in esame, è stata condotta una seconda serie di analisi finalizzata a tenere conto delle condizioni di

tridimensionalità del problema. In questa seconda serie di analisi lo scavo è stato simulato mediante l'adozione di un materiale fittizio di riempimento dei vuoti laddove questi non abbiano sviluppo continuo in direzione ortogonale al piano di analisi. Fatta eccezione dunque per le gallerie di carreggio con sviluppo pressoché ortogonale al piano della sezione di analisi, che sono state simulate con la totale rimozione di materiale, la creazione dei vuoti, quali pannelli coltivati e gallerie di livello che corrono paralleli o pseudo paralleli al piano di sezione, è stata simulata tenendo conto dell'effetto di sostegno dei pilastri e/o delle salbande del giacimento in posto sostituendo il materiale originario con il suddetto materiale fittizio caratterizzato da valori dei parametri ridotti rispetto ai parametri originari. Per il Modello B la condizione tridimensionale è ancora più marcata che per il Modello 1; quindi le analisi sono state eseguite simulando gli scavi con l'introduzione del materiale fittizio a riempimento dei vuoti, tenendo conto di una differente percentuale di riduzione dei parametri rispetto al Modello 1. I risultati delle analisi condotte tenendo conto della tridimensionalità del problema hanno evidenziato una condizione di stabilità globale dell'ammasso fino allo stato finale in progetto.

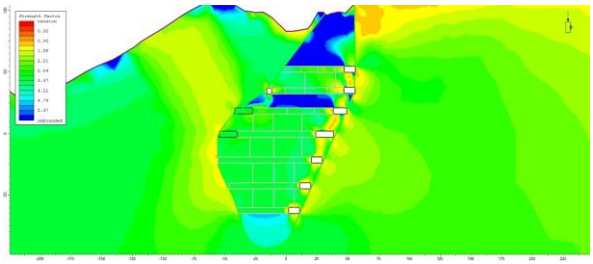
Vale tuttavia osservare che il previsto scavo di unione di due camere della cava mette in luce, nel Modello 1, una riduzione del valore dello Strength Factor (SF) in tutti i pilastri e al di sopra di una delle suddette camere, con valori che diventano prossimi all'unità in alcune zone. L'operazione di unione di tali camere va pertanto valutata con attenzione e la conferma della sua possibile esecuzione deve avvenire a valle di una verifica delle ipotesi alla base dei calcoli ottenuta tramite monitoraggio dello stato tensio-deformativo delle strutture minerarie, in particolare dei pilastri.

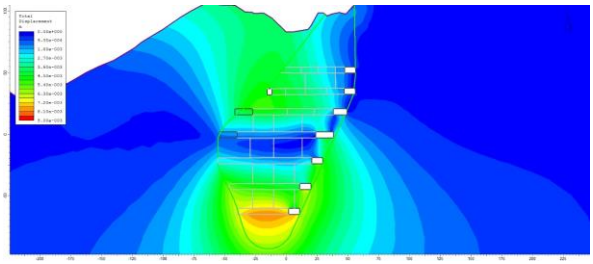




Sulla base dei risultati della modellazione numerica è inoltre possibile affermare che non è possibile un'eventuale riduzione della larghezza dei pilastri prevista in progetto con conseguente aumento dei rapporti di snellezza e che, anzi, risulta opportuno verificare che lo stato tensio-deformativo dei pilastri permanga entro i valori di sollecitazione determinati dai calcoli.

Si è pertanto raccomandata la messa a punto di un sistema di monitoraggio e se ne sono fornite le caratteristiche di massima; tale sistema di monitoraggio deve essere adeguato in relazione a quanto evidenziato dai modelli in alcune zone "critiche", se pure localizzate, in termini di zone di plasticizzazione, "fattore di sicurezza" (Strength Factor) e spostamenti. Gli strumenti scelti (estensimetri multibase e celle di pressione, dotati di trasduttori elettrici per la misura anche a distanza dalla testa degli strumenti, in modo da garantire la continuità delle misure anche quando gli strumenti stessi non risultino più accessibili) permetteranno di verificare l'andamento delle tensioni e delle deformazioni all'interno dei pilastri e degli spostamenti nella mezzeria delle camere; le misure raccolte consentiranno un raffronto con i risultati ottenuti dalla modellazione numerica nella quale sono stati simulati gli scavi delle camere e una taratura dei modelli di calcolo stessi. La frequenza delle misure dovrà essere scelta in relazione all'avanzamento della coltivazione, definendo delle fasi nelle quali verificare la congruenza tra misure in sito e risultati di calcolo, allo scopo di poter adeguatamente intervenire per modificare l'assetto della coltivazione stessa, nel caso si evidenziassero delle difformità di comportamento tensio-deformativo dell'ammasso roccioso rispetto a quanto atteso.





METROPOLITANA DI SAN PAOLO - BRASILE
LINEA 5 - STAZIONE BROOKLIN

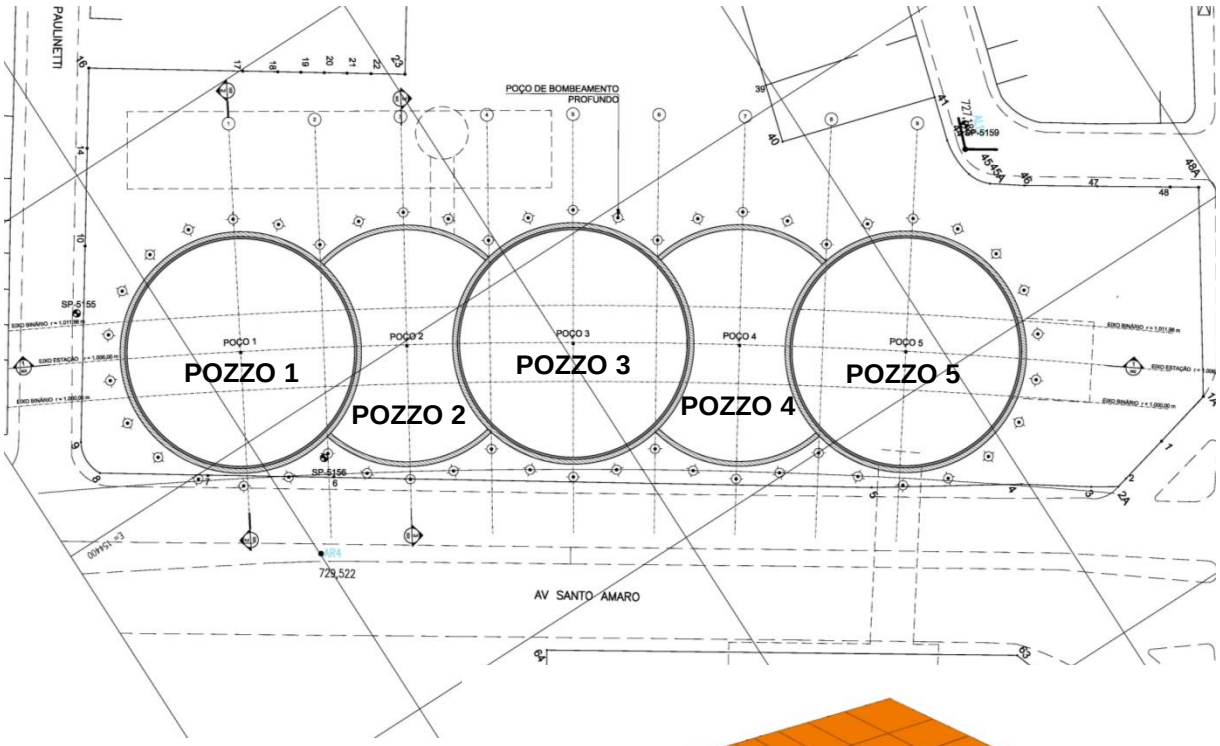
STAZIONE BROOKLIN

COMMITTENTE: ***GEODATA ENGINEERING S.p.A.*** **2012-2013**

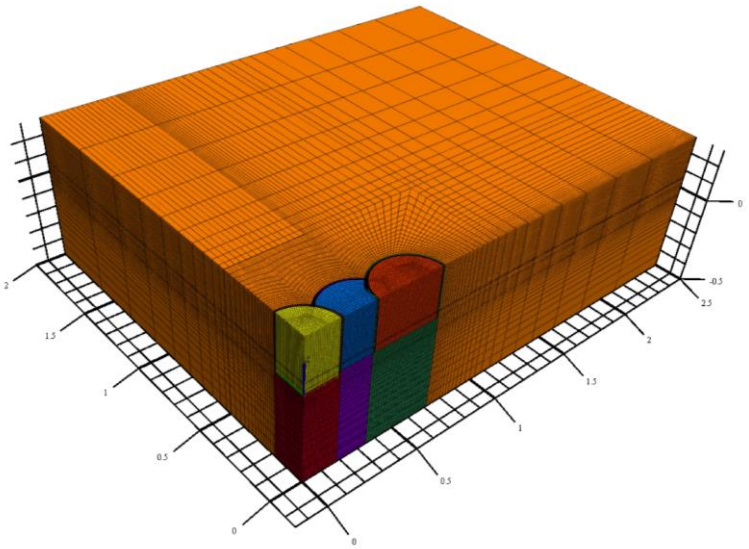
ATTIVITÀ SVOLTE

- **analisi numeriche tensio-deformative e di flusso idraulico in condizioni tridimensionali**

La costruzione della Stazione Brooklin prevede lo scavo di 5 grandi pozzi (si veda la figura sottostante), aventi profondità di circa 30 m e diametro di circa 35 m, allineati lungo la linea metropolitana, che si intersecano per creare una galleria sotterranea a partire dalla stazione. In una prima fase viene realizzata una cortina di diaframmi plastici a scopo di impermeabilizzazione. Il progetto prevede lo scavo simultaneo dei pozzi dispari (1, 3 e 5); lo scavo avviene per livelli di 0.9 m di altezza; prima di passare al livello sottostante viene posto in opera il rivestimento di prima fase di calcestruzzo proiettato armato con rete elettrosaldata in acciaio. Si procede quindi alla realizzazione del rivestimento finale dal basso verso l'alto. Si passa quindi allo scavo dei pozzi pari (2 e 4) e, infine, alla conclusione della realizzazione delle strutture definitive.

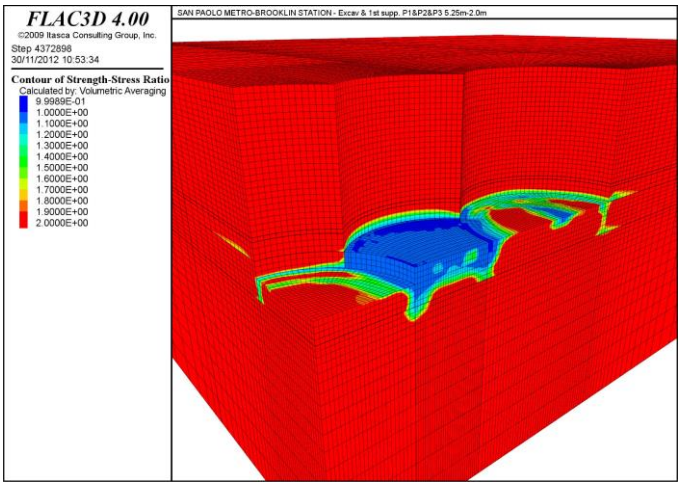


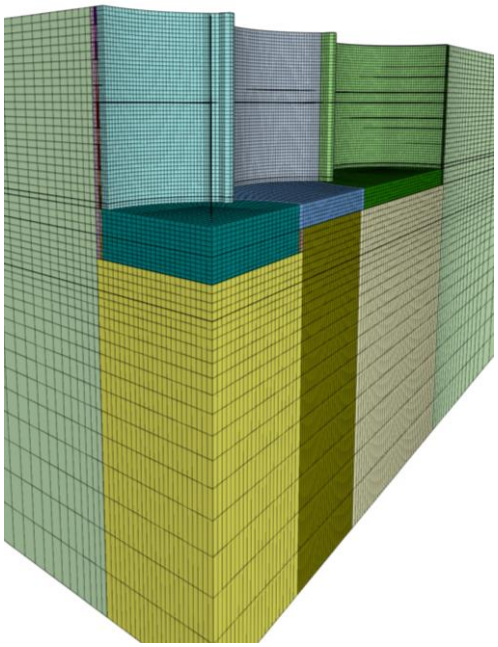
Le analisi numeriche tensio-deformative e di flusso idrauico tridimensionali sono state eseguite utilizzando il codice di calcolo FLAC-3D - Fast Lagrangian Analysis of Continua 3D, versione 4.0. Itasca Consulting Group Inc., 2009.
Le analisi sono state principalmente orientate a valutare, nelle fasi transitorie di esecuzione dei pozzi, gli effetti dello scavo dei pozzi pari (2 e 4) sulle

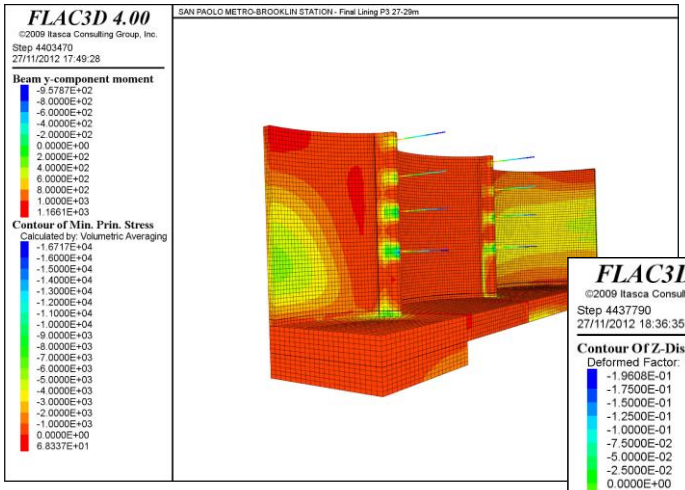


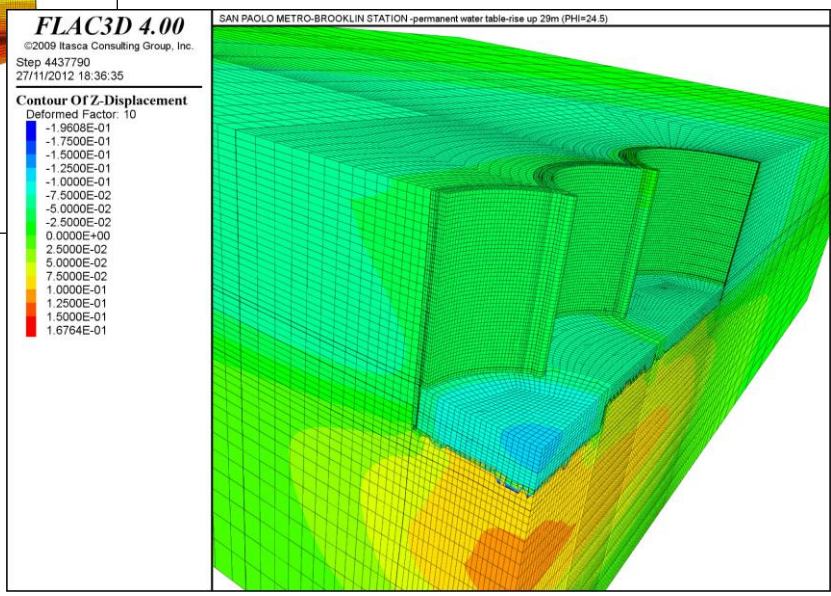
MODELLAZIONE NUMERICA

strutture di contenimento già messe in opera nei pozzi dispari (1, 3 e 5). Le analisi sono state predisposte per seguire, con opportune semplificazioni, ogni fase di realizzazione dei pozzi stessi, dalle prime fasi di scavo e getto dei diaframmi plastici, alle operazioni di drenaggio e a quelle di scavo e costruzione graduale della stazione completa. In particolare, nelle analisi tridimensionali, è stata studiata un'ipotesi di drenaggio parziale esterno ai pozzi, attivo solo in profondità (tra quota 700 m s.l.m. e quota 698 m s.l.m.) con l'obiettivo di contenere i cedimenti in superficie nell'area limitrofa agli scavi.









Sono inoltre stati valutati gli effetti sulla stazione, a fine costruzione, del ripristino della falda freatica alla conclusione delle fasi di emungimento, con lo scopo di quantificare il fattore di sicurezza finale rispetto al sollevamento. Tale fattore di sicurezza è risultato >1.3.

CEMENTERIA DI MERONE - CESANA BRIANZA (LECCO)

MINIERA DI ALPETTO

COMMITTENTE: ***Cementeria di Merone, poi Holcim Cementi S.p.A.*** **1999-2003**

ATTIVITÀ SVOLTE

- **consulenza geotecnica per la progettazione degli interventi di stabilizzazione**
- **modellazione numerica tensio-deformativa 2D su modelli continui (FLAC) e discontinui (UDEC, PFC2d)**

Tra il 28 e 29 giugno 1997 un importante fenomeno franoso ha interessato la miniera a cielo aperto di Alpetto, a Cesana Brianza (Lecco), dove si estrae maiolica per la produzione di cemento. Il fenomeno di instabilità è avvenuto in concomitanza di un evento piovoso intenso e di lunga durata ed ha interessato il fronte principale di coltivazione (zona Est della miniera) per tutta la sua altezza (circa 130 m), mobilitando un volume stimabile in circa 50,000 m^3.

È stato dunque intrapreso un approfondito studio (commissionato da Cementeria di Merone, poi Holcim Cementi S.p.A.) finalizzato a:

- analizzare a ritroso il fenomeno;
- valutare le condizioni di stabilità del fronte principale di coltivazione (zona Est della miniera);
- valutare le condizioni di stabilità dei fronti abbandonati (zona Ovest della miniera);
- simulare un fenomeno ipotetico di crollo dai fronti abbandonati, allo scopo di valutare la distanza di arresto del materiale roccioso mobilitato;
- stabilire, sulla base dei risultati ottenuti, le azioni da intraprendere per garantire le condizioni di sicurezza nell'area della miniera e nel paese a valle di questa.

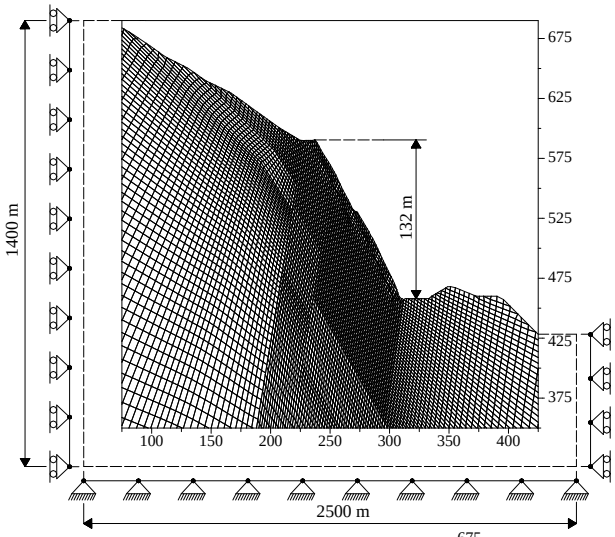
Lo studio è stato condotto mediante analisi numeriche, con i metodi del continuo e del discontinuo, precedute da un'estesa campagna di indagini, in sito ed in laboratorio finalizzata alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso e alla definizione dei relativi parametri meccanici. L'approccio comparativo tra i differenti metodi di analisi adottati si è rivelato di fondamentale importanza nel descrivere le differenti caratteristiche del problema e di utile supporto nel definire le azioni da intraprendere per garantire le condizioni di sicurezza all'interno dell'area della miniera e nel paese a valle.

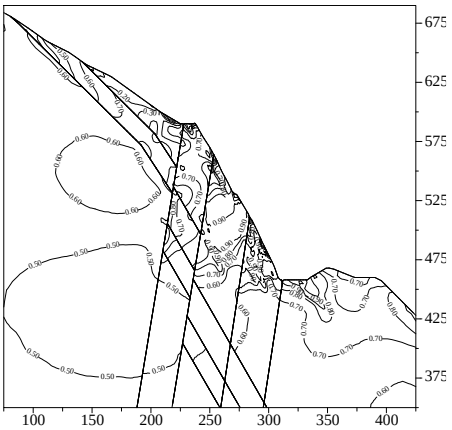
La prima fase di studio ha riguardato l'analisi a ritroso dell'evento franoso. Le analisi hanno indicato che l'instabilità si innescava quando, a tergo dello strato superficiale di maiolica, si instaura un carico idraulico di almeno 20 m. Lo stesso modello numerico è stato utilizzato per verificare la stabilità del versante a seguito di un intervento di riprofilatura. Le analisi, eseguite in assenza di acqua, hanno mostrato un miglioramento delle condizioni globali di stabilità.

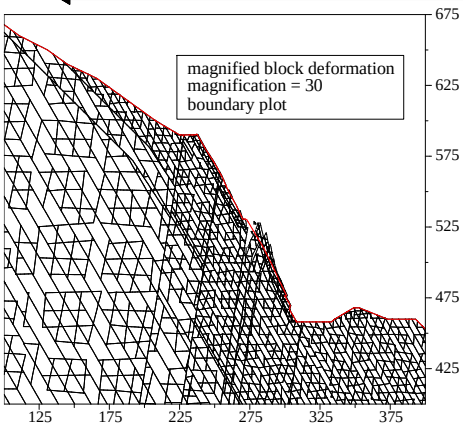
Sulla base dei risultati ottenuti, si è ritenuto necessario realizzare fori di drenaggio al piede del fronte, in modo da prevenire l'insorgere di pressioni idrauliche a tergo della "lastre" superficiali di maiolica, oltre ad un sistema di regimazione delle acque superficiali. Si è inoltre ritenuta necessaria l'installazione di estensimetri multibase e di piezometri allo scopo di monitorare, rispettivamente, gli spostamenti e l'infiltrazione idraulica nelle discontinuità e lungo i

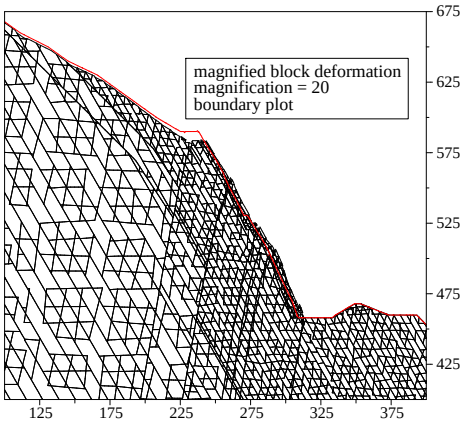
pani di stratificazione. È stato anche deciso di interrompere le attività di coltivazione in caso di pioggia, per un periodo da definirsi in relazione all'intensità e alla persistenza delle precipitazioni.

Nella seconda fase dello studio sono state esaminate le condizioni di stabilità dei fronti abbandonati nella zona Ovest della miniera. I risultati delle analisi hanno indicato che i fronti di scavo abbandonati risultano caratterizzati da un Fattore di Sicurezza compreso tra 1 e 1.3 in funzione dei valori dei parametri caratterizzanti l'ammasso. In relazione ai risultati ottenuti, si è pertanto cautelativamente concluso che le aree abbandonate della zona Ovest della miniera dovrebbero essere utilizzate solo come possibili aree di contenimento di materiale mobilitato e disgregato in caso di frana. Si è ritenuto di non riprofilare i fronti nella zona Ovest a causa della elevata inclinazione del pendio al di sopra dei fronti abbandonati.

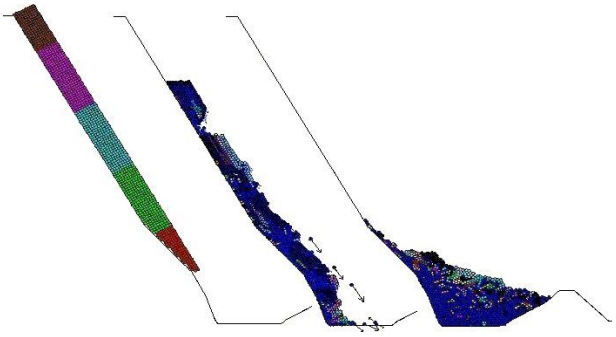








L'ultima fase di studio ha riguardato la valutazione delle condizioni di sicurezza per il paese di Cesana Brianza, ubicato a valle della zona Ovest della miniera. È stata in particolare studiata l'efficacia di misure di contenimento passive. Analisi condotte con il metodo degli elementi particellari hanno permesso di definire l'altezza minima del rilevato di contenimento per evitare che blocchi che eventualmente dovessero staccarsi dai fronti possano oltrepassarlo.



Considerando l'importante ruolo del carico idraulico sulla stabilità del versante, si è suggerito di verificare le condizioni di fratturazione dell'ammasso roccioso e le possibili vie preferenziali di deflusso sotterraneo delle acque per mezzo di rilievi fotogrammetrici e fotografici, con la tecnica delle riprese termografiche da telecamera. È stata inoltre ritenuta utile l'installazione di strumentazione per il monitoraggio dei movimenti delle fratture principali e di sistemi di raccolta e drenaggio delle acque, oltre alla esecuzione di periodici rilievi in sito per verificarne l'efficacia.