



**RINA**

ISO 9001 - ISO 14001  
OHSAS 18001 - SA 8000  
BEST® Certified Integrated Systems

Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova

Via Flavio Gioia 71 37135 Verona

tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it

AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



# AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

## PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

### COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA

Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA  
PER LA PROGETTAZIONE  
Dott. Ing. Sergio Mutti

### PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:  
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:  
Dott. Ing. Andrea Renso

### ELABORATO

Studi ed indagini del tracciato scelto  
Indagini geognostiche  
Relazione indagini geognostiche

Progressivo Rev.  
05 05 01 001 A0

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	NOME FILE 2505_050501001_0101_OPP_A0.doc
00	Settembre 2011	Verifica art. 112 Lgs 163/06	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	CN 250505 ELAB. 050501001001 Fg. 0101 LIV. 0PP REV. A0

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

*Committente:*



*Progettazione:*

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

---

RELAZIONE ILLUSTRATIVA  
DELLE INDAGINI GEOEGNOSTICHE  
PER IL PROGETTO PRELIMINARE

## **INDICE**

1.	INTRODUZIONE	3
2.	OGGETTO E SCOPO	5
3.	INDAGINI PREGRESSE DISPONIBILI	6
3.1.	Campagna di indagine 1995 da Piovene a Besenello	6
3.2.	Campagna di indagine 2005 da Piovene a Schiri per SP350	11
4.	CAMPAGNA DI INDAGINE 2011	13
4.1.	Finalità della campagna di indagine	13
4.2.	Indagini opere all'aperto	14
4.3.	Indagini opere in sotterraneo	14
4.4.	Quantità eseguite	20
5.	UBICAZIONE INDAGINI	22

ALLEGATO 1	– DESCRIZIONE DEL METODO DI INDAGINE AMT ED ESEMPIO DI APPLICAZIONE	
------------	---	--

## 1. INTRODUZIONE

La Valdastico nord è il prolungamento della attuale autostrada Valdastico dall'esistente casello di Piovene Rocchette fino al collegamento con l'autostrada A22 del Brennero.

Il tracciato scelto è il tracciato T4 (Piovene Rocchette – Besenello) che rappresenta una rivisitazione del vecchio tracciato denominato A1, ottimizzato ed aggiornato dal punto di vista stradale secondo le nuove normative.

Il collegamento con l'autostrada del Brennero A22 avviene in corrispondenza dell'abitato di Besenello a sud di Trento.

Lo sviluppo complessivo del tracciato è di circa 39 Km dei quali 28,5 Km in galleria, 4,5 Km in viadotto ed i restanti in rilevato e trincea. Le gallerie artificiali sono solo 2, Boiadori e Velo, per una lunghezza rispettiva di 550 m e 150 m.

Il tracciato è quindi connotato da uno sviluppo preponderante in sotterraneo, perciò l'opera principale in termini di frequenza e di spesa è la galleria naturale, necessaria per il rispetto dei vincoli ambientali e di sicurezza stradale. Le gallerie naturali sono:

- S.Agata 2 L = 1.606 m;
- Cogollo L = 1.382 m;
- Costa del Prà L = 786 m;
- Forte Corbin L = 2.165 m;
- Pedescala L = 1.742 m;
- S.Pietro L = 3.547 m;
- Pedemonte L = 1.832 m;
- Lavarone L = 15.110 m.

Ad esse si aggiungono le gallerie artificiali:

- S. Agata 1 L = 100 m;
- Velo L = 98 m;
- Molino L = 200 m

Le gallerie che presentano lo sviluppo maggiore sono la S.Pietro e quella di valico (Lavarone).

La presenza di stretti fondovalle, delimitati da ripide scarpate che terminano in vasti altopiani, come quello di Asiago, Folgaria e Lavarone, sono tutti elementi morfologici che determinano importanti ricoprimenti al di sopra delle gallerie con coperture medie comprese tra 200 – 400 m fino ai valori di 1200 – 1400 m per la galleria di valico.

Ne deriva che in funzione della tipologia di opere da realizzare, delle caratteristiche morfologiche del territorio e della fase di progettazione in essere, si è definita una campagna tarata sulle indagini geognostiche già realizzate nel 1995 e nel 2005 lungo il tracciato selezionato, ed integrate in questa fase da stendimenti geofisici finalizzati ad

approfondire l'assetto lito – stratigrafico e strutturale degli ammassi rocciosi alla profondità delle opere di progetto.

## **2. OGGETTO E SCOPO**

L'oggetto della presente relazione è la descrizione delle indagini geognostiche che interessano l'intero tracciato della Valdastico nord.

Lo scopo è quello di definire l'assetto geologico-strutturale e geotecnico a supporto del progetto preliminare delle opere.

### **3. INDAGINI PREGRESSE DISPONIBILI**

Sono attualmente a disposizione un gran numero di dati dalle precedenti fasi di indagine geotecnica:

- Campagna di indagine geotecnica 1995 da Piovene a Besenello per il progetto definitivo del vecchio tracciato A1;
- Campagna di indagine geotecnica 2005 da Piovene a Schiri per SP350;

A supporto di queste indagini sono inoltre disponibili tutti i rilievi di superficie di natura geologica, geomorfologica e geomeccanica che sono stati condotti durante lo studio del vecchio tracciato A1 e lo studio finalizzato alla scelta del tracciato, oggetto dell'attuale fase di progettazione preliminare.

#### **3.1. Campagna di indagine 1995 da Piovene a Besenello**

La campagna è realizzata lungo la valle del torrente Astico a supporto del tracciato storico Piovene - Besenello, ex soluzione A1 nella documentazione a base di gara, e T4 nel presente progetto. Eseguita dalla ditta Vicenzetto comprende sondaggi a carotaggio continuo con prove in sito tipo SPT, Lefranc e dilatometriche, oltre a prove di laboratorio su campioni rimaneggiati ed indisturbati di terra e roccia. Ad integrazione delle indagini dirette sono disponibili rilievi geostrutturali su affioramenti rocciosi. I sondaggi sono complessivamente 24, ubicati prevalentemente lungo il fondovalle dell'Astico o in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie. Fra questi solamente 4, S10bis, S20, S22 e S27, hanno raggiunto il substrato roccioso, mentre tutti gli altri restano all'interno di coperture detritico/alluvionali. Ciascun sondaggio è corredato da una scheda di descrizione stratigrafica con il valore di RQD nei tratti lapidei, indicazione delle prove in foro eseguite e dei campioni prelevati. La profondità raggiunta varia da un minimo di 15 m fino ad un massimo di 70 m, con un valore medio compreso tra 30 – 40 m. Stante la diffusa presenza di materiali granulari sono state condotte numerose prove tipo SPT per la caratterizzazione dei depositi di copertura detritici ed alluvionali. E' stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc in corrispondenza del sondaggio EX-CPTU 2, e n° 5 prove dilatometriche in roccia dolomitica nel sondaggio S27. Livelli limoso – argillosi attraversati dai sondaggi lungo la prima parte del tracciato, presso il casello di Piovene Rocchette, sono stati oggetto di prove con penetrometro tascabile e torvane. E' stato installato un piezometro a tubo aperto in corrispondenza del sondaggio EX-CPTU 2, successivamente monitorato per un periodo di circa un mese. La tabella seguente riporta una sintesi dei sondaggi eseguiti con le rispettive profondità, le prove in foro condotte e la natura prevalente dei terreni attraversati. Le prove di laboratorio sui materiali sciolti sono dominate dalle granulometrie, vista l'abbondanza delle ghiaie rispetto alle frazioni più fini sabbiose, limose ed argillose. Queste ultime, presenti per lo più nel tratto iniziale del tracciato presso il casello di Piovene Rocchette, sono state oggetto di specifiche analisi. Le prove eseguite sono:

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

- peso di volume naturale su 10 provini;
- peso specifico assoluto su 3 provini;
- 93 analisi granulometriche per setacciatura;
- contenuto naturale d'acqua su 10 provini;
- limiti di Atterberg su 24 provini;
- 6 prove di espansione laterale libera ELL;
- 4 prove di taglio diretto CD;
- 1 prova triassiale CIU;
- 1 prova triassiale UU;
- 2 prove edometriche;
- 8 prove con penetrometro tascabile;
- 2 prove con torvane.

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE IN SITO											
Sondaggio	prof. (m)	piez. tubo aperto	inclin.	prova dilatom. (n°)	prova press. (n°)	Permeabilità		SPT n°	Pocket penetrom.	Torvane	Materiale
						Lugeon (n°)	Lefranc (n°)				
EX CPTU 2	40	x	-	-	-	-	1	13	-	-	ghiaia deb. sabbiosa deb. grado cementaz.
EX CPT 3	15	-	-	-	-	-	-	5	-	-	ghiaia sabbioso - limosa
EX CPT 4	35	-	-	-	-	-	-	9	-	-	ghiaia con sabbia limosa. Blocchi
S1	15	-	-	-	-	-	-	4	-	-	ghiaia con sabbia limosa. Blocchi
S2	35	-	-	-	-	-	-	8	6	-	ghiaia con sabbia limosa e limo argilloso - ghiaioso. Blocchi
S3	35	-	-	-	-	-	-	10	-	-	ghiaietto sabbioso-limoso e sabbia limosa
S4	30	-	-	-	-	-	-	8	19	19	ghiaietto con sabbia limosa e limo argilloso con livelli sabbiosi
S5	15	-	-	-	-	-	-	1	35	35	limo argilloso con lenti sabbiose
S7	35	-	-	-	-	-	-	9	16	-	ghiaia sabbioso - limosa e sabbie limose con livelli di limo argilloso
S8	40	-	-	-	-	-	-	10	14	11	ghiaietto sabbioso - limoso con livelli di sabbie limose e limi argillosi
S9	40	-	-	-	-	-	-	10	5	5	sabbie fini limose passanti a ghiaia sabbioso - limosa. Livelli di limo -argilloso.
S10	35	-	-	-	-	-	-	9	-	-	ghiaia e ghiaietto sabbiosi debolm. limosi
S10BIS	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ghiaia sabbiosa deb. limosa passante a Dolomia Principale
S14	40	-	-	-	-	-	-	11	-	-	ghiaia sabbiosa deb. limosa con trovanti
S15	30	-	-	-	-	-	-	8	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con trovanti
S16	35	-	-	-	-	-	-	7	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi e trovanti
S17	40	-	-	-	-	-	-	11	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi localmente debolmente argillosa
S18BIS	35	-	-	-	-	-	-	10	-	-	ghiaia sabbiosa con blocchi e trovanti
S20	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Dolomia Principale
S21	30	-	-	-	-	-	-	8	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi
S22	35	-	-	-	-	-	-	6	-	-	ghiaia e ghiaietto con sabbia - limosa con blocchi passante a Dolomia Principale
S23	15	-	-	-	-	-	-	4	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi
S25	27	-	-	-	-	-	-	9	-	-	sabbia medio - grossa limosa con livelletti limosi
S27	70	-	-	5	-	-	-	-	-	-	ghiaia sabbiosa passante a Dolomia Principale

TABELLA 3-1 - INDAGINI DISPONIBILI - CAMPAGNA DI INDAGINE 1995 DA PIOVENE A BESENELLO - PROVE IN SITO



La tabella seguente riporta, per ciascun sondaggio, la progressiva chilometrica, la distanza dall'asse stradale e la profondità della falda misurata in fase di scavo. Solo il sondaggio EXCPT2 era attrezzato con piezometro a tubo aperto.

TRACCIATO 4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA ANNO 1995 UBICAZIONE INDAGINI RISPETTO AL TRACCIATO				
Sondaggio	Pk	Distanza (m)	Falda	
			Data	Prof. da pc (m)
EXCPT2 (*)	1.025	marginex	05.06.95	7,63
EXCPT3	2.060	marginex	-	
EXCPT4	2.975	50	-	
S1	3.525	50	06.10.95	3,35
S2	3.750	80	02.10.95	7,5
S3	4.150	0		
S4	5.575	70		
S5	6.100		29.05.95	3,1
S7	7.100	170	02.06.95	3,55
S8	8.050	360	09.06.95	2,1
S9	8.700	200	22.06.95	2,3
S10bis	11.375	270		
S10	12.200	700	16.06.95	3,2
S14	14.675	0	29.06.95	5,45
S15	18.320	90	27.09.95	11,1
S16	18.500	marginex	14.07.95	17,2
S17	20.000	160	19.07.95	4,7
S18bis	20.400	100	21.09.95	4,1
S20	20.625	75	08.08.95	7,5
S21	21.040	45	29.08.95	11,73
S22	23.060	marginex	25.07.95	1,1
S23	23.250	50	11.08.95	Assente
S25	38.850	100		
S27	26.400	730	12.09.95	37,5
(*)	Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto			

TABELLA 3-2- INDAGINI DISPONIBILI - CAMPAGNA DI INDAGINE 1995 DA PIOVENE A BESENELLO –  
UBICAZIONE PROVE E PROFONDITÀ DELLA FALDA

La tabella 3.3 riassume la tipologia ed il numero delle prove di laboratorio realizzate in funzione dei singoli sondaggi.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO TERRA													
Sondaggio	prof. (m)	Peso di volume	Peso specifico assoluto	Granul.	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	ELL	Prova di taglio diretto CD	Prova triass. CIU	Prova triass. UU	Prova edom.	Pocket penetrom eter	Torvane
EX CPTU 2	40	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EX CPT 3	15	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EX CPT 4	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1	15	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-
S2	35	-	-	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-
S3	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	30	-	-	5	-	3	-	-	-	-	-	-	-
S5	15	4	2	1	4	4	4	-	-	1	1	4	-
S7	35	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-
S8	40	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	40	4	1	7	4	3	2	2	1	-	1	3	2
S10	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10BIS	13	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S14	40	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	30	-	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-
S16	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S17	40	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-
S18BIS	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S20	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S21	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S22	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S23	15	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S25	27	2	-	8	2	-	-	2	-	-	-	-	-
S27	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELLA 3-3 - INDAGINI DISPONIBILI – CAMPAGNA DI INDAGINE 1995 DA PIOVENE A BESENELLO - PROVE DI LABORATORIO SU TERRA

Le prove di laboratorio su roccia hanno riguardato spezzoni di carota prelevati dai sondaggi che hanno raggiunto il substrato roccioso, S10bis, S20, S22, S27 e n° 4 campioni lapidei prelevati in superficie. Il litotipo indagato è sostanzialmente la Dolomia Principale, che affiora estesamente lungo tutta la valle dell'Astico, oltre ad un blocco di andesite, campione VA31, che permette di caratterizzare i filoni vulcanici che attraversano la stessa Dolomia Principale. Le prove eseguite sono:

- descrizione macroscopica;
- 1 analisi petrografica su campione di andesite;
- 56 pesi di volume;
- 10 determinazioni del coefficiente di imbibizione;
- 24 prove sclerometriche;
- 23 prove di compressioni monoassiale con rilievo delle deformazioni;

- 14 prove triassiali;
- 19 prove di trazione indiretta tipo brasiliana;
- 30 prove di point – load;
- 9 prove di taglio su giunto;
- 35 prove di tilt test per valutazione attrito di base;
- 19 determinazioni del valore di JRC e JCS su giunto;
- 42 determinazioni delle velocità delle onde di compressione Vp e di taglio Vs con rilievo delle deformazioni.

A supporto della valutazione dell'opzione in scavo meccanizzato delle opere in sotterraneo sono state condotte anche specifiche prove per valutare durezza ed abrasività della roccia intatta, Dolomia Principale. Esse sono:

- 5 punch test;
- 5 prove di abrasività Cerchar;
- 5 Drop test per la valutazione dell'indice S20;
- 5 prove per indentamento al cono indenter N.C.B.;
- 5 prove per Sievers' test.

Le Tabelle seguenti elencano le prove di laboratorio condotte su campioni lapidei.

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO ROCCIA															
Sondaggio	prof. (m)	Litotipo	Descriz. Macroscopica campione	Analisi petrografica	Peso di volume	Coeff. Imbibizione	Sclerometro	Prova compr. uni. con rilievo def.	Prova compr. triassiale	Prova brasiliana	Prova point - load	Prova taglio su giunto	Tilt test (attrito di base)	Caratter. giunti JRC e JCS	Vp e Vs con rilievo def.
S10BIS	13	dolomia	-	-	13	2	4	4	3	6	1	-	7	-	12
S20	15	dolomia	x	-	9	-	4	4	4	1	3	3	11	6	5
S22	35	dolomia	x	-	4	-	-	2	1	1	2	2	8	4	3
S27	70	dolomia	x	-	14	2	7	8	-	6	9	-	6	5	8
blocco VA1	p.c.	dolomia	x	-	2	2	-	-	2	-	4	-	-	-	2
blocco VA2	p.c.	dolomia	x	-	5	2	2	2	1	2	3	-	-	-	3
blocco VA3	p.c.	dolomia	x	-	2	2	1	1	1	-	3	-	-	-	2
blocco VA31	p.c.	andesite	-	1	7	-	6	2	2	3	5	4	3	4	7

**TABELLA 3-4 - INDAGINI DISPONIBILI – CAMPAGNA DI INDAGINE 1995 DA PIOVENE A BESENELLO - PROVE DI LABORATORIO SU ROCCIA**

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO TBM							
Sondaggio	prof. (m)	Litotipo	Punch test	Prova abrasività Cerchar	Drop test S <sub>20</sub>	Cone indenter N.C.B.	Sievers' test
S10BIS	13	dolomia	3	1	-	-	-
S20	15	dolomia	2	2	1	-	1
S22	35	dolomia	-	1	-	-	-
S27	70	dolomia	-	-	2	-	2
blocco VA1	p.c.	dolomia	-	-	1	3	1
blocco VA2	p.c.	dolomia	-	1	1	2	1
blocco VA3	p.c.	dolomia	-	-	-	-	-
blocco VA31	p.c.	andesite	-	-	-	-	-

**TABELLA 3-5 - INDAGINI DISPONIBILI - CAMPAGNA DI INDAGINE 1995 DA PIOVENE A BESENELLO - PROVE DI LABORATORIO SU ROCCIA PER SCAVO MECCANIZZATO CON TBM**

### 3.2. Campagna di indagine 2005 da Piovene a Schiri per SP350

La campagna in argomento, eseguita anche in questo caso dalla ditta Vicenzetto, è costituita da n° 4 sondaggi interamente compresi in materiali sciolti. Il tratto iniziale fra Piovene Rocchette e Velo d'Astico vede infatti il substrato roccioso ad una profondità tale da non essere intercettato con le indagini geognostiche sino ad ora condotte.

Ciascun sondaggio è corredato da una scheda di descrizione stratigrafica, indicazione delle prove in foro eseguite e dei campioni prelevati. La lunghezza delle perforazioni varia da 20 a 40 m. Sono state condotte prove SPT per la caratterizzazione dei materiali sciolti, prevalentemente granulari, attraversati. Sono state eseguite prove Lefranc all'interno dei sondaggi per la stima della permeabilità dei depositi detritico alluvionali.

Sono stati installati 2 piezometri a tubo aperto in corrispondenza dei sondaggi SD3P e SD4P. La tabella seguente contiene una sintesi dei sondaggi eseguiti con le rispettive profondità, le prove in foro e la natura dei terreni attraversati.

COLLEGAMENTO CASELLO PIOVENE ROCCHETTE E SS350 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005 - PROVE IN SITO											
Sondaggio	prof. (m)	piez. tubo aperto	inclin.	prova dilatom. (n°)	prova press. (n°)	Permeabilità		SPT n°	Pocket penetrom eter	Torvane	Materiale
						Lugeon (n°)	Le Franc (n°)				
SD5	40	-	-	-	-	-	3	9	-	-	ghiaia sabbioso - limosa e sabbie ghiaioso-limose, presenza di ciottoli
SD4P	20	x	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia limosa, presenza di ciottoli
SD3P	20	x	-	-	-	-	3	6	-	-	ghiaia sabbioso - limosa, presenza di ciottoli
SD2P	25	-	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia deb. limosa, presenza di ciottoli

**TABELLA 3-6 - INDAGINI DISPONIBILI – CAMPAGNA DI INDAGINE 2005 DA PIOVENE A SCHIRI PER SP350 – PROVE IN SITO**

La tabella seguente riporta, per ciascun sondaggio, la progressiva chilometrica, la distanza dall'asse stradale e la profondità della falda misurata in fase di scavo o in corrispondenza di piezometri.

TRACCIATO 4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA ANNO 2005 UBICAZIONE INDAGINI RISPETTO AL TRACCIATO				
Sondaggio	Pk	Distanza (m)	Falda	
			Data	Prof. da pc (m)
SD5	925	margin dx	18.02.05	23,2
SD4P (*)	1.875	65	24-28.02.05	Assente
SD3P (*)	2.675	50	07-09.03.2005	Assente
SD2P	2.975	240	01-04.04.05	Assente
(*)	Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto			

TABELLA 3-7 INDAGINI DISPONIBILI – CAMPAGNA DI INDAGINE 2005 DA PIOVENE A SCHIRI PER SP350 – UBICAZIONE PROVE E PROFONDITÀ DELLA FALDA

Le prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in fase di scavo comprendono unicamente materiali sciolti e consistono in:

- 25 analisi granulometriche per setacciatura;
- 1 limite di Atterberg.

La tabella seguente dettaglia le prove di laboratorio eseguite per ciascun sondaggio.

COLLEGAMENTO CASELLO PIOVENE ROCCHETTE E SS350 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005 - PROVE LABORATORIO TERRA													
Sondaggio	prof. (m)	Peso di volume	Peso specifico assoluto	Granul.	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	ELL	Prova di taglio diretto CD	Prova triass. CIU	Prova triass. UU	Prova edom.	Pocket penetrom eter	Torvane
SD5	40	-	-	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-
SD4P	20	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD3P	20	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD2P	25	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELLA 3-8 - INDAGINI DISPONIBILI – CAMPAGNA DI INDAGINE 2005 DA PIOVENE A SCHIRI PER SP350 – PROVE DI LABORATORIO SU TERRA

#### **4. CAMPAGNA DI INDAGINE 2011**

##### **4.1. Finalità della campagna di indagine**

La campagna di indagine per lo sviluppo del progetto preliminare del tracciato scelto è stata finalizzata a:

- acquisire informazioni in merito alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione delle opere all'aperto al fine di dare una indicazione della tipologia di fondazione;
- definire con maggior dettaglio l'assetto geologico – strutturale delle opere in sotterraneo, andando a chiarire quelle situazioni di dubbio che sono emerse dagli studi condotti per la scelta del tracciato, al fine di poter fornire una realistica applicazione delle sezioni tipo e delle tecnologie di scavo.

In particolare il secondo punto si esplicita nelle seguenti azioni:

- chiarire la natura e l'estensione dei contatti tra le formazioni ed individuare il contatto tra detrito e substrato roccioso in corrispondenza delle zone di imbocco;
- indicare la presenza o meno di alcuni tipi di formazioni al di sotto della Dolomia Principale in corrispondenza della galleria di valico, che per le loro caratteristiche lito – stratigrafiche influiscono fortemente sullo scavo in sotterraneo;
- individuare la presenza di importanti elementi tettonici, pieghe e faglie, che determinano elevati gradi di fratturazione dell'ammasso, possibili raddoppi della sequenza stratigrafica e possibile presenza di venute d'acqua non trascurabili.

Le suddette finalità sono state perseguite considerando inevitabilmente quelle che sono le caratteristiche del tracciato, l'assetto morfologico del territorio attraversato, le indagini già realizzate nel rispetto delle tempistiche progettuali.

La campagna di indagine per il progetto preliminare è stata incentrata sulle indagini per le opere in sotterraneo a causa di:

- sviluppo preponderante in sotterraneo del tracciato;
- sostanziale omogeneità dei terreni sciolti del fondo valle, dove si realizzeranno le opere all'aperto;
- presenza di un elevato numero di indagini già realizzate in corrispondenza dei tratti all'aperto.

Si riportano di seguito i criteri seguiti per la definizione della campagna di indagine a supporto della progettazione preliminare.

#### **4.2. Indagini opere all'aperto**

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere all'aperto è ampiamente soddisfatta dalle indagini realizzate in particolare da quelle a supporto del progetto definitivo della Valdastico nord del 1995.

Questa campagna è costituita da 24 sondaggi, si veda Tabella 3-1, realizzati lungo il fondovalle del torrente Astico in corrispondenza delle principali opere d'arte del vecchio tracciato A1. Le perforazioni hanno raggiunto profondità comprese tra 13 e 70 m di profondità con una lunghezza media di circa 30 m.

L'analisi delle schede stratigrafiche indica una grande uniformità granulometrica dei terreni attraversati, che si possono dividere sostanzialmente in due grandi gruppi:

- depositi fluvio – glaciali ed alluvionali: ghiaie sabbioso – limose a tratti debolmente cementate;
- depositi morenici: ghiaie e blocchi dispersi in una matrice limoso – argillosa.

La prima tipologia di deposito è presente lungo tutto il tracciato, mentre la seconda tipologia è confinata nel tratto compreso tra le prog. 0+000 Km – 9+000 Km, dove sono presenti livelli a spessore metrico di argille limose.

L'elevato numero di indagini già realizzate, a fronte della omogeneità dei depositi, sostanzialmente di naturale granulare, fornisce un quadro conoscitivo delle caratteristiche geotecniche adeguato per questa fase progettuale, perciò non si è ritenuto di dover eseguire delle ulteriori indagini.

#### **4.3. Indagini opere in sotterraneo**

Le gallerie minori si sviluppano quasi tutte prevalentemente nella formazione della Dolomia Principale tranne la galleria S. Agata che si sviluppa in terreni granulari. Le due gallerie maggiori intercettano invece in profondità numerose unità costituenti il basamento della dolomia principale.

L'elevata uniformità dell'assetto lito – stratigrafico e strutturale della formazione, conosciuto tramite i rilievi geologici di superficie e le stazioni geomeccaniche, realizzati per il progetto definitivo del vecchio tracciato A1 nel 1995 e per la fase di scelta del nuovo tracciato nel 2011, e la buona conoscenza della resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta dolomitica, definita tramite le prove di laboratorio della campagna del 1995, sono tutti elementi che portano ad avere le necessarie informazioni per la progettazione preliminare delle opere in sotterraneo.

Si è cercato comunque di definire con maggior dettaglio i seguenti aspetti:

- spessore ed estensione delle coltri detritiche agli imbocchi delle gallerie, spesso caratterizzate da lunghi tratti parietali a basse coperture;

- presenza di particolari assetti strutturali in corrispondenza di aree caratterizzate da profonde incisioni;
- sequenza stratigrafica al di sotto della Dolomia Principale per la porzione a maggior copertura della galleria di valico;
- valori di resistenza a compressione della roccia intatta dei litotipi che costituiscono le formazioni al di sotto della Dolomia Principale nella galleria di valico;
- assetto strutturale di alcuni settori del tracciato della galleria di valico caratterizzati dalla presenza di importanti lineamenti morfo – strutturali.

Lo spessore delle coltri detritiche agli imbocchi, così come la conoscenza di particolari assetti strutturali è di primaria importanza per la corretta applicazione delle sezioni di scavo in galleria.

La conoscenza dell'assetto stratigrafico e strutturale della galleria di valico è fondamentale per la scelta del metodo di scavo sulla base delle principali criticità geologiche previste.

A fronte di quanto suddetto e visto il preponderante sviluppo in sotterraneo del tracciato, la presenza di elevate coperture, lo sviluppo parietale di molte gallerie al di sotto di versanti sub- verticali non accessibili, è stato deciso di utilizzare in modo esteso i metodi geofisici per questa fase di indagine.

Questa metodologia di indagine verrà integrata per mezzo dei rilievi di superficie geologici, geomorfologici e strutturali, che saranno realizzati per l'affinamento del modello geologico esistente.

La caratterizzazione dei litotipi che costituiscono le formazioni al di sotto della Dolomia Principale, non raggiungibili tramite sondaggio, e del litotipo dolomitico stesso è avvenuta tramite una estesa campagna di prove point – load, su campioni lapidei di superficie.

Questi dati sono stati raccolti in numero elevato e hanno permesso di avere in tempi brevi numerose informazioni a supporto della definizione degli involucri di rottura degli ammassi rocciosi secondo la teoria di Hoek – Brown e della applicazione del metodo Q<sub>t</sub>bm di Barton per la stima delle velocità di avanzamento di una TBM. Il parametro che viene definito tramite il valore I<sub>s50</sub> di point – load è la resistenza a compressione e/o trazione dell'ammasso roccioso in funzione dell'orientamento della struttura dell'ammasso roccioso.

L'unica galleria naturale che si sviluppa in depositi sciolti o parzialmente cementati è la S.Agata.

### **Galleria S.Agata**

Sono stati realizzati in corrispondenza di questa galleria i sondaggi SD4P (L = 20 m), EXCPT3 (L = 15 m), SD3P (L = 20 m), EXCPT4 (L = 35 m), SD2P (L = 25 m), S1 (L = 15 m) e S2 (L = 35 m).



I terreni afferiscono a depositi fluvio – glaciali, alluvionali e morenici, quindi sono sciolti o caratterizzati da un debole grado di cementazione.

A fronte dell'elevato numero di indagini già realizzate si è deciso di non eseguire per questa fase progettuale nessun tipo di indagine.

### **Galleria Cogollo**

L'intera galleria è fortemente parietale e le zone di imbocco si sviluppano in corrispondenza di importanti depositi di versante. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Ne deriva la necessità di acquisire informazioni in merito all'estensione dei tratti iniziali in detrito, perciò sono stati realizzati 4 stendimenti di sismica a rifrazione (TR01a-TR01b-TR02a-TR02b) , 2 per imbocco, in asse al tracciato, al fine di individuare a che profondità si colloca il contatto tra depositi detritici e l'ammasso roccioso.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica, al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

### **Galleria Costa del Prà**

L'intera galleria è fortemente parietale e le zone di imbocco si sviluppano in corrispondenza di importanti depositi di versante. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Al fine di acquisire informazioni in merito all'estensione dei tratti iniziali in detrito, si è deciso di realizzare 2 stendimenti di sismica a rifrazione in asse al tracciato in corrispondenza dell'imbocco nord ( TR03 a- TR03b) , al fine di individuare a che profondità si colloca il contatto tra depositi detritici e l'ammasso roccioso. L'imbocco sud è collocato in un'area ad elevate pendenze con affioramenti rocciosi, perciò si è deciso di non realizzare indagini.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

### **Galleria Forte Corbin**

Il tratto iniziale della galleria in corrispondenza dell'imbocco sud è fortemente parietale con la presenza di importanti depositi di versante, mentre il tracciato è ortogonale al versante all'imbocco nord. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Al fine di acquisire informazioni in merito all'estensione dei tratti iniziali in detrito, si è deciso di realizzare 1 stendimento di sismica a rifrazione (TR04) longitudinale all'asse

del tracciato in corrispondenza dell'imbocco sud, al fine di individuare a che profondità si colloca il contatto tra depositi detritici e l'ammasso roccioso.

L'imbocco nord non è stato indagato, viste le elevate pendenze, che fanno supporre la presenza del substrato roccioso a pochi metri di profondità, come testimoniato dagli attigui affioramenti rocciosi.

Si è deciso inoltre di realizzare due stendimenti ( TR05a-TR05b) in asse al tracciato tra le prog. 10+500 e 10+900 Km, a causa della presenza di due ampie incisioni che determinano una brusca diminuzione della copertura e la possibile presenza di lineamenti morfo – tettonici.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

### **Galleria Pedescala**

Il tratto iniziale della galleria in corrispondenza dell'imbocco sud è leggermente parietale con la possibile presenza di depositi di versante e/o di conoide, mentre l'imbocco nord, anch'esso parietale, è ubicato in corrispondenza di un ripido versante. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Di conseguenza si è reso necessario acquisire informazioni in merito all'estensione dei tratti iniziali in detrito, perciò si è deciso di realizzare 1 stendimento di sismica a rifrazione (TR06) longitudinale l'asse del tracciato in corrispondenza dell'imbocco sud, al fine di individuare a che profondità si colloca il contatto tra depositi detritici e l'ammasso roccioso.

L'imbocco nord non è stato indagato, viste le elevate pendenze, che fanno supporre la presenza del substrato roccioso a pochi metri di profondità come testimoniato dagli attigui affioramenti rocciosi.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

### **Galleria S.Pietro**

Il tratto iniziale della galleria in corrispondenza dell'imbocco sud, dove è presente un sondaggio del progetto definitivo del 1995, è leggermente parietale con la presenza di depositi di versante a spessore modesto, mentre l'imbocco nord è fortemente parietale ed interessa l'esteso corpo di accumulo della paleo – frana della Marogna, ormai non più attiva. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Di conseguenza si è reso necessario acquisire informazioni in merito all'estensione del corpo detritico in corrispondenza dell'imbocco nord, e si sono realizzati 2 stendimenti

di sismica a rifrazione ( TR07a- TR07b) in asse al tracciato, al fine di individuare a che profondità si colloca il substrato roccioso.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

Al fine di verificare la presenza di eventuali vulcaniti nel settore centrale di questa galleria, che coincide con il nucleo di una anticlinale, è stato realizzato lo stendimento di audio - magneto tellurica AMT01P , al fine di individuare il contatto tra dolomia e vulcaniti come differenza di resistività. Questo metodo è affidabile ed è possibile applicarlo nel contesto morfologico dell'area, caratterizzato da elevate pendenze. Si riportano nell'allegato n°1 una breve descrizione del metodo AMT ed un esempio di applicazione del metodo.

### **Galleria Pedemonte**

I tratti iniziali della galleria in corrispondenza dei due imbocchi sono fortemente parietali e le zone di imbocco si sviluppano in corrispondenza di importanti depositi di versante. L'ammasso roccioso è costituito dalla Dolomia Principale, come è stato possibile desumere dai rilievi di superficie e dai dati bibliografici.

Di conseguenza si è reso necessario acquisire informazioni in merito all'estensione dei tratti iniziali in detrito, perciò sono stati realizzati 5 stendimenti di sismica a rifrazione ( , 3 in corrispondenza dell'imbocco S ( TR08 a- TR08b- TR08c) e 2 in corrispondenza dell'imbocco N ( TR09a-TR09b), al fine di individuare a che profondità si colloca il contatto tra depositi detritici e l'ammasso roccioso.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con tecnica tomografica al fine di aumentare il dettaglio dell'indagine.

### **Galleria Lavarone**

La galleria Lavarone lunga 15 Km è la galleria di valico ed è caratterizzata da importanti coperture, a causa della acclività dei versanti, che raggiungono presto i valori di 400 – 500 m dalle zone di imbocco, ubicate in corrispondenza dei fondovalle dell'Astico e dell'Adige, fino a valori di 1200 – 1400 m in corrispondenza del tratto centrale.

La complessità dell'opera e la difficoltà di conoscere la corretta sequenza stratigrafica alle profondità di progetto hanno imposto la realizzazione, in questa fase di progetto, di indagini finalizzate alla ricostruzione dell'assetto lito – stratigrafico e strutturale dell'area.

Sono state quindi realizzate quindi le seguenti indagini:

- 6 stendimenti di magneto – tellurica lungo l'intero asse della galleria;
- 2 stendimenti di sismica a rifrazione in corrispondenza degli imbocchi (TR10 – TR11) .

A fronte delle suddette esigenze e della morfologia dei luoghi l'unico metodo geofisico capace infatti di restituire accurate informazioni è il metodo audio - magneto - tellurico AMT, ormai ampiamente utilizzato nel campo petrolifero, geotermico e civile per progetti con coperture molto elevate.

I pregi della suddetta metodologia di indagine a differenze delle altre indagini geofisiche sono:

- i tempi ridotti di acquisizione dei dati, grazie alla compattezza della strumentazione che non necessita di estesi stendimenti di cavi e di geofoni, garantendo il rispetto dei tempi progettuali a fronte del contesto morfologico dell'area;
- non necessita di esplosivo in quanto registra i campi elettro - magnetici naturali terrestri. Infatti i tempi richiesti per ricevere le autorizzazioni per l'impiego di esplosivo, da utilizzare come sorgente nelle indagini sismiche, al fine di raggiungere le profondità di progetto, non sono congruenti con i tempi richiesti per la consegna del progetto;
- la capacità di indagare profondità fino a 2 Km con un ottimo dettaglio in merito ai contatti stratigrafici ed ai principali motivi strutturali;
- la applicazione del metodo in un territorio non urbanizzato garantisce che non ci siano interferenze con le attività umane;
- la sequenza stratigrafica dominante, costituita da rocce resistenti che poggiano su rocce conduttive, è particolarmente favorevole alla applicazione di questo metodo.

L'ubicazione degli stendimenti magneto - tellurici è avvenuta sulla base delle criticità geologiche che sono state desunte tramite l'analisi della cartografia geologica e dei profili geologici del tracciato, realizzati per la precedente fase di scelta del tracciato.

Si riporta di seguito la finalità di ciascun stendimento di magneto - tellurico:

- AMT02P ha fornito informazioni in merito all'assetto stratigrafico ed alla presenza di una serie di lineamenti morfo - tettonici trasversali il tracciato;
- AMT03P ha fornito informazioni in merito all'assetto stratigrafico ed alla probabile presenza del lineamento morfo - tettonico all'interno del quale scorre l'Astico;
- AMT04P ha fornito informazioni in merito all'assetto stratigrafico, in particolare lo spessore della Dolomia Principale e quindi la possibile presenza delle formazioni al di sotto della Dolomia al piano della galleria. Queste formazioni sono infatti caratterizzate da una elevata eterogeneità lito - stratigrafica. L'indagine ha consentito inoltre di definire il complesso assetto strutturale dell'area caratterizzato da una piega anticlinale che si raccorda a sud con la sinclinale di Folgaria ed a nord presenta un fianco verticalizzato e quasi rovesciato, legato ad una faglia inversa ad alto angolo. Questa faglia si collega alla faglia della val di Centa tramite la val della Scaletta e la testata della val di Gola;
- AMT05P ed ALT07P integrano e verificano lo stendimento AMT04P cercando di indagare l'andamento della faglia della val di Gola;
- AMT06P è stata impiegata in fase di taratura anche per verificare l'andamento della faglia della Val Scaletta;

- AMT07P ha cercato di verificare lo spessore della conoide e la eventuale presenza di un livello di base saturo d'acqua.
- AMT10P è stato aggiunto in posizione intermedia fra AMT 02P e AMT03P)

Le aree di imbocco della galleria sono state indagate per mezzo di 2 stendimenti (uno per imbocco), di sismica a rifrazione, longitudinali l'asse della galleria, per l'individuazione del contatto tra detrito e sottostante ammasso roccioso.

Si riportano nell'allegato n°1 una breve descrizione del metodo AMT ed un esempio di applicazione del metodo.

#### 4.4. Quantità eseguite

La tabella 4.1 indica, per ciascuna delle 19 linee di sismica a rifrazione eseguite, la lunghezza delle sezioni, il numero di posizioni di ricezione (geofoni) e di energizzazione:

SEZIONE	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	PUNTI DI ENERGIZZAZIONE	LUNGHEZZA LINEA (m)
TR01a	24	10	9	230
TR01b	20	10	11	190
TR02a	24	10	8	230
TR02b	24	10	9	230
TR03a	24	10	7	230
TR03b	24	10	9	230
TR04	24	10	9	230
TR05a	12	10	7	110
TR05b	24	10	9	230
TR06	24	10	9	230
TR07a	24	10	9	230
TR07b	12	10	7	110
TR08a	12	10	7	110
TR08b	12	10	7	110
TR08c	12	10	7	110
TR09a	12	10	7	110
TR09b	12	10	7	110
TR10	12	10	7	110
T11	22	10	12	210
			<b>TOTALE</b>	<b>3350</b>

TABELLA 4.1 - CAMPAGNA INDAGINE 2011 – LINEE SISMICHE A RIFRAZIONE

La Tabella 4.2 indica il dettaglio delle linee di indagine magneto tellurica eseguite

INDAGINE	UBICAZIONE	PUNTI DI ACQUISIZIONE	PROFONDITA' D'INDAGINE
<b>AMT01P</b> (Sezione 1)	Galleria San Pietro	7	200-400
<b>AMT02P</b> (Sezione 2)	Galleria Lavarone	9	200-400
<b>AMT03P</b> (Sezione 3)	Galleria Lavarone	5	600-700
<b>AMT04P</b> (Sezione 4)	Galleria Lavarone	20	1400-1600
<b>AMT05P</b> (Sezione 5)	Galleria Lavarone	7	1000-1400
<b>AMT06P</b> (Sezione 6)	Galleria Lavarone	2	600-1000
<b>AMT07P</b> (Sezione 7)	Galleria Lavarone	8	200-400
<b>ALT7P</b> (Sezione 7 B)	Galleria Lavarone	7	2000-2200
<b>AMT010P</b> (Sezione 10)	Galleria Lavarone	5	200-400

TABELLA 4.2 - CAMPAGNA INDAGINE 2011 – INDAGINI MAGNETO TELLURICHE

## **5. UBICAZIONE INDAGINI**

L'ubicazione degli stendimenti geofisici che costituiscono la campagna di indagine per il progetto preliminare del tracciato della Valdastico nord è illustrata nelle apposite 5 planimetrie ubicazione indagini ricostruite su base CTR in scala 1:10.000".

Le suddette tavole riportano anche le indagini pregresse (1995-2005) riassunte nel capitolo 3.

ALLEGATO 1 –  
DESCRIZIONE DEL METODO DI INDAGINE AMT ED ESEMPIO DI APPLICAZIONE



### **Descrizione del metodo magneto - tellurico**

I sistemi MT (si definiscono AMT quelli che lavorano su bande di frequenza  $\geq 10\text{Hz}$ ) appartengono tipologicamente al gruppo di indagini EM (elettromagnetiche) e sono impiegati per rilevare l'impedenza elettrica alla superficie terrestre, utilizzando una serie di misure simultanee delle fluttuazioni del campo elettrico e magnetico locale.

Tali misurazioni di terreno sono fatte per un periodo di diversi minuti secondo bande di frequenza stabilite che, per la strumentazione impiegata, variano da 10Hz fino a 10 kHz (da qui classificabile di tipo audiomagnetotellurica); ad esse viene applicata la trasformata di Fourier e quindi memorizzate come spettri di potenza (Figura 1 e 2).

Durante il rilievo il parametro che viene misurato è l'**impedenza**; nella prospezione MT, se con  $E_x$  si indica la componente del campo elettrico in una arbitraria direzione orizzontale e con  $H_y$  il campo magnetico associato, in una direzione ortogonale, l'**impedenza di superficie**  $Z_s$  vale:

$$Z_s = E_x / H_y$$

L'impedenza di superficie è un numero complesso a causa della differenza di fase tra  $H_y$  e  $E_x$ . Le misure di impedenza di superficie in funzione della frequenza possono essere interpretate in termini di proprietà elettriche del sottosuolo. L'impedenza di superficie, che dipende dalla frequenza, è un tensore (misure del vettore totale del campo magnetico ed elettrico) se la struttura della conducibilità non è stratificata (cioè se il mezzo è omogeneo). Diventa uno scalare in presenza di una struttura stratificata isotropa.

L'impedenza di superficie calcolata da questi valori spettrali è una funzione complessa della frequenza dove i dati di frequenza più elevati sono influenzati dalle strutture poco profonde e vicine e quelli di frequenza più bassa dalle strutture allocate a profondità più elevata e a maggiore distanza dal sito di misura.

Un sondaggio MT fornisce una stima della resistività verticale al di sotto del punto ove è localizzato il ricevitore, indicando inoltre la complessità geoelettrica dell'area del sondaggio. In zone dove la distribuzione della resistività non varia rapidamente tra stazione e stazione, il sondaggio di resistività è una ragionevole stima della stratificazione geoelettrica del sottosuolo.

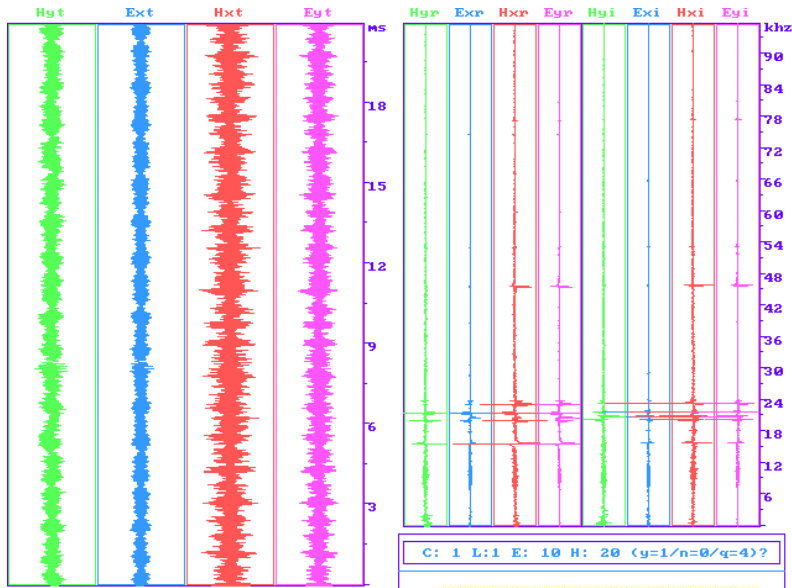


Figura 1 - Serie temporali e loro trasformazione nel dominio della frequenza con scomposizione nella componente reale ed immaginaria ( parte dx del grafico)

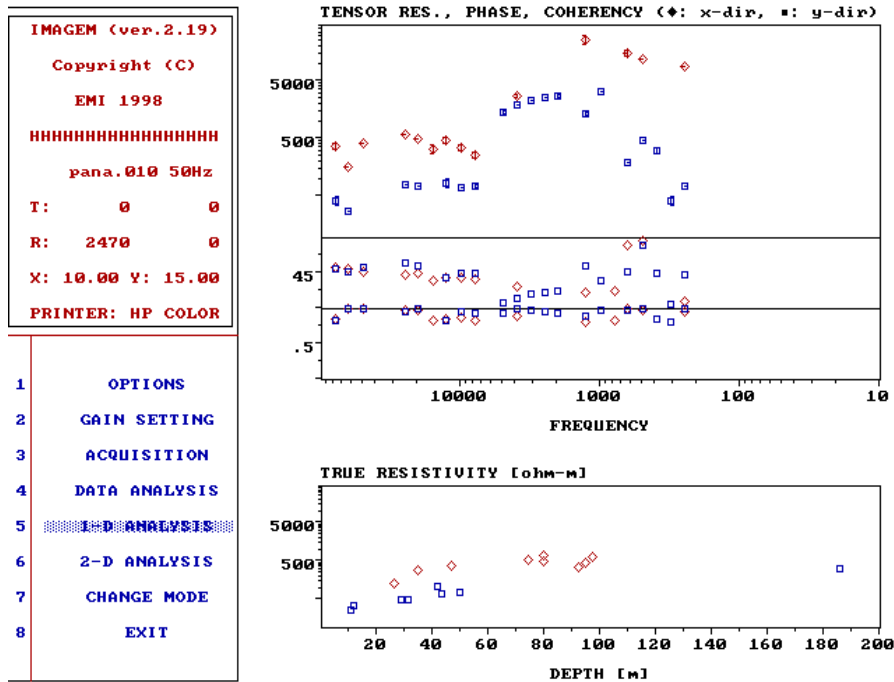


Figura 2 - Ampiezza, fase e coerenza ( in funzione della frequenza) del segnale magnetico (Hx e Hy) ed elettrico (Ex e Ey) (l'esempio si riferisce alla 10° stazione)

### **Acquisizione dei dati**

I moderni sistemi di magnetotellurica sono progettati per registrare variazioni di entrambi i campi, magnetico ed elettrico, in due direzioni ortogonali ed utilizzano queste registrazioni per calcolare l'impedenza di superficie nel sito di misura. La formulazione tensoriale è preferita a quella scalare, quando i campi sorgente sono assimilabili a onde piane in quanto gli elementi di impedenza  $Z$  non variano nel tempo (l'impedenza di superficie scalare è più facile da calcolare ma può variare quando variano i campi sorgente).

La strumentazione magnetotellurica consente di utilizzare sia le sorgenti naturali (prodotte dai campi elettrico e magnetico naturale) che quelle controllate (per contrastare il "noise" incoerente prodotto dall'attività antropica), e la loro elaborazione include la formula del tensore. Il tensore impedenza può essere calcolato da un numero  $N$  di registrazioni usando il metodo dei minimi quadrati dove la differenza tra una componente del campo elettrico misurato viene minimizzata relativamente alla componente attesa del campo elettrico. L'impedenza di superficie è espressa usualmente come resistività apparente e impedenza di fase e sono calcolate dalle componenti dell'impedenza di superficie sia con la formulazione tensoriale che scalare.

La configurazione in campo della strumentazione MT prevede (Figura 3) la disposizione di 4 elettrodi disposti a croce (per comodità secondo i quattro punti cardinali) e la disposizione dei due sensori elettromagnetici tra loro ortogonali ad una distanza di circa 25 m dallo strumento ricevente.

I tempi di acquisizione sono variabili, ma generalmente sono compresi tra un minimo di 30 minuti fino a 12 ore per punto di misura (a seconda del disturbo presente).

Poiché si acquisiscono dei dati su un punto (sondaggio), per ottenere una sezione è necessario acquisire più punti lungo un allineamento, con una spaziatura tra i punti adeguata alla risoluzione richiesta (normalmente tra 50 e 100 m).

L'interpolazione tra dati adiacenti consente la definizione di una sezione di resistività elettrica (esattamente come nel caso di una sezione geoelettrica di resistività).



Ricevitore

Sensore EM

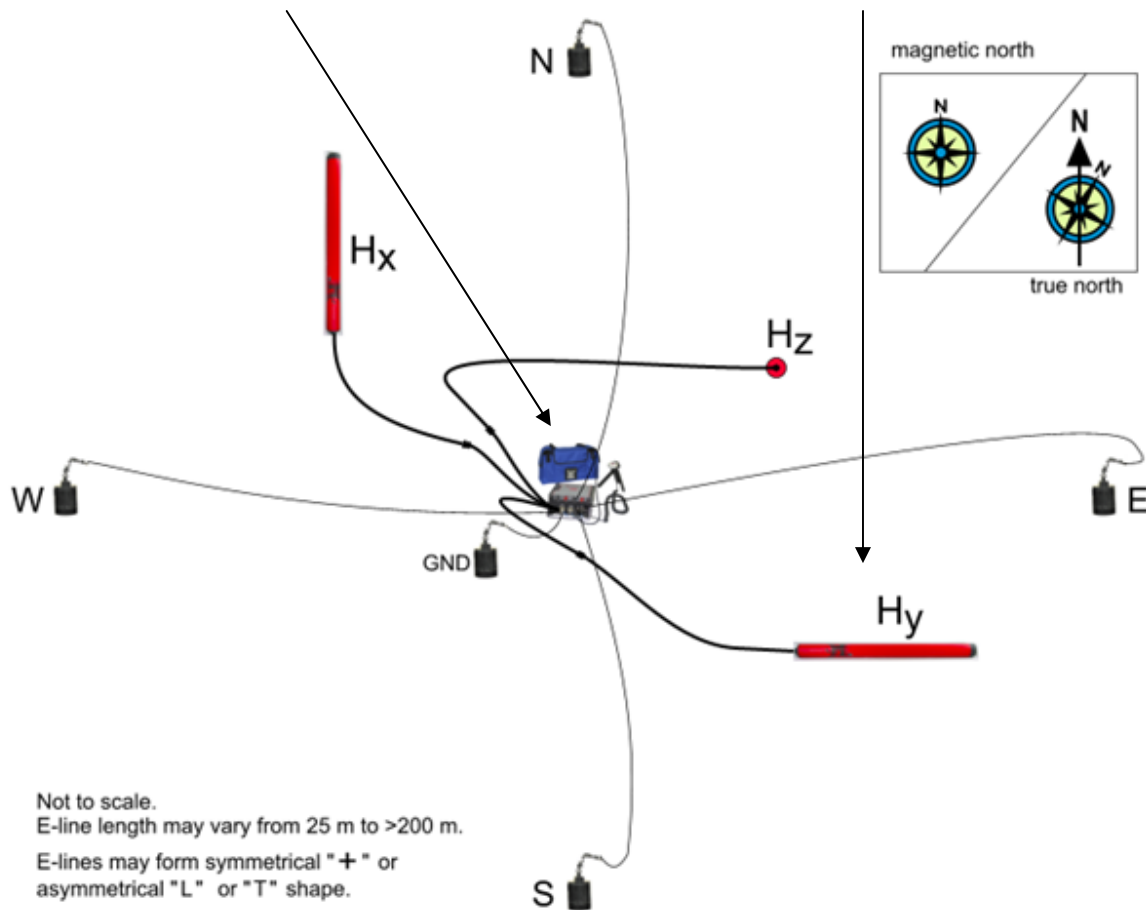


Figura 3 – Disposizione della strumentazione MT

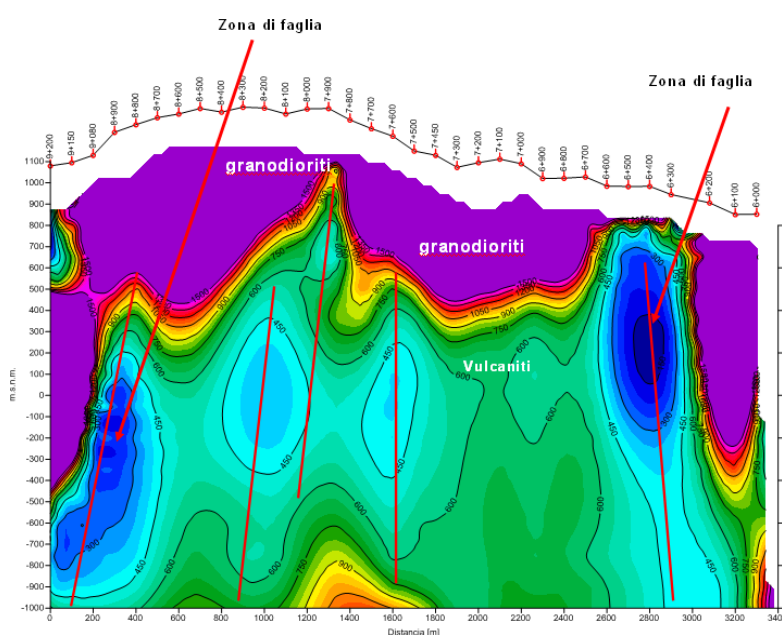
### Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati viene effettuata con una procedura di 2D Analysis. Essa consiste nel plottaggio bidimensionale dei parametri calcolati per i singoli sondaggi punti di sondaggio opportunamente filtrati (utilizzando la funzione di Bostick). Quella che si ottiene quindi, una volta selezionati i punti che si intendono inserire nel profilo, è una rappresentazione della distribuzione delle unità fisiche misurate (resistività/profondità, resistività/frequenza e fase/frequenza).

Nella realizzazione dell'immagine bidimensionale del sottosuolo si può scegliere il fattore di smoothing che rappresenta la lunghezza del filtro spaziale che viene applicato ai dati. Il significato del fattore di smoothing è immediato: un valore elevato tenderà a fornire un'immagine piuttosto piatta e con poca risoluzione orizzontale, ma con una buona stima della profondità. La scelta dovrà quindi essere un compromesso, il migliore ottenibile, tra l'esigenza di dettaglio orizzontale e precisione nella scala verticale. Non si tratta, in questo caso, di un procedimento di inversione, peraltro realizzabile quando le necessità e caratteristiche dell'indagine lo consigliano, bensì dell'applicazione di un filtro allo scalare (o al tensore) della resistività apparente misurata.

La profondità minima di "lettura" è regolata dalla legge della skin depth ed è funzione della radice quadrata del rapporto resistività/frequenza.

Il prodotto finale è costituito da una sezione che definisce la distribuzione della resistività elettrica in funzione della profondità, molto simile ad una sezione geoelettrica. In Figura 4 è riportato un esempio con localizzazione di faglie.



**Figura 4 - Sezione di resistività elettrica ottenuta da interpolazione di sondaggi MT. Spaziatura sondaggi = 50 m. La profondità finale raggiunta è superiore ai 2000 m; la resistività elettrica è espressa in ohm.m**