



## **INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2. PROCEDIMENTO DI SCAVO</b>	<b>2</b>
<b>3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO</b>	<b>2</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>2</b>
<b>5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO</b>	<b>5</b>
<b>6. INDAGINI SVOLTE</b>	<b>6</b>
<b>7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE: OSSERVAZIONI</b>	<b>7</b>
<b>8. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-TECNICHE DEI TERENI</b>	<b>8</b>
<b>9. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DELLA SERIELITOSTRATIGRAFICA</b>	<b>9</b>
<b>10. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>12</b>

## 1. PREMESSA

In relazione al progetto dei lavori per la progettazione dei *"Lavori di riqualificazione idraulica ed igienica del Torrente Corno e del suo bacino"* è stato predisposto uno studio, integrato con campagna di prospezioni geognostiche, finalizzato all'acquisizione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni attraversati dall'opera in progetto consistente nella realizzazione di una condotta eseguita con la tecnica del microttunneling, nel risanamento fognario e nella rinaturalizzazione del T.Corno.

Lo studio ha affrontato il problema della scelta del tracciato della galleria proposta in relazione alle complesse incidenze geologiche che si rilevano nella zona, ha analizzato le condizioni geoidrologiche in relazione alla prevedibile circolazione ipogea ed ha sviluppato la classificazione geomeccanica con l'attribuzione dei parametri di resistenza e di deformabilità per il dimensionamento degli interventi costruttivi.

In questo rapporto si compendiano i risultati delle ricerche e delle indagini svolte e, in relazione alla classificazione litomeccanica, sulla parametrizzazione dei terreni.

## 2. PROCEDIMENTO DI SCAVO

Considerate le dimensioni della sezione del vano e le caratteristiche generali dell'opera, si prevede che lo scavo possa essere eseguito mediante fresa.

Il metodo, com'è noto, offre grandi vantaggi sia ai fini dell'efficienza del lavoro sia sotto il profilo geomeccanico in quanto riduce il disturbo arrecato alla compagine litoide.

## 3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

In corrispondenza della sezione verticale (v. tavola allegata), si rileva:

- la presenza di massiccio lapideo (marne e conglomerato) a morfologia di scarpata verticale che costituisce la sponda del F.Isonzo
- la presenza dopo alcune decine di metri della piana alluvionale con minime variazioni altimetriche fino al confine italo-sloveno. Questa è stata influenzata dall'attività morfodinamica del fiume Isonzo, le cui alterne fasi di deposizione e di approfondimento erosivo dell'alveo hanno condotto alla costituzione di una serie di terrazzi alluvionali, di cui si riconoscono ancor oggi tre diversi ordini, che si sviluppano con altezze variabili da 2 a 4 m.

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Gli studi geologici si basano in generale sulla documentazione geologica ufficiale che descrive il territorio in esame e sui risultati di una campagna di accertamenti di dettaglio eseguita allo scopo in sito.

Si è tenuto conto delle caratteristiche stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dal progetto sia nella ricostruzione della successione stratigrafica, nella valutazione della potenza delle coperture e infine nella parametrizzazione degli ammassi rocciosi ai fini delle verifiche.

Il territorio oggetto del presente studio è costituito in parte da rocce lapidee sedimentarie classiche di età mesozoica e terziaria che delimitano, sotto forma di fascia collinare l'alta pianura isontina costituita da depositi alluvionali quaternari.

All'estremità settentrionale dell'area, affiora il complesso terziario arenaceo-marnoso in facies di Flysch di età eocenica (Luteziano medio e sup.), denominata in letteratura "Flysch di Cormons" (Martinis, 1962), che da qui si estende verso W fino allo Iudrio mentre ad E la formazione eocenica affiora in corrispondenza del colle del Castello e della Castagnavizza proseguendo poi in territorio sloveno.

Il settore più esteso del territorio in esame è costituito da alluvioni quaternarie recenti ed attuali, prevalentemente ghiaiose, di natura generalmente calcarea, facenti parte del sistema fluvio-glaciale dell'Isonzo.

Accumuli detritici, anche di notevole consistenza, delimitano le pendici dei rilievi collinari e le ripe fluviali.

### ***Caratteri geolitologici***

La formazione del "Flysch di Cormons", costituita da vari litotipi a distribuzione irregolare, in quanto legata a frequenti variazioni verticali ed orizzontali di facies, si differenzia nei seguenti termini:

- *facies marnosa* costituita da marne giallastre e grigio azzurrognole in livelli o, più raramente, in strati compatti con intercalazioni di livelli arenacei di spessore generalmente inferiore al decimetro
- *facies marnoso-arenacea* costituita dai litotipi precedenti ma in diverso rapporto quantitativo; gli strati arenacei di spessore regolare attorno al decimetro denotano una diffusione pressoché equivalente alle marne
- *facies arenacea* costituita da arenarie giallastre e brune a compattezza variabile col grado di alterazione, con subordinate intercalazioni marnose; lo spessore degli strati arenacei è superiore a quello delle facies precedenti e può talora raggiungere e superare il metro

Per quanto riguarda la differenziazione dei depositi quaternari ci si è avvalsi dei dati relativi<sup>1</sup> ai pozzi idrici, agli scavi, alle prove penetrometriche e alle prospezioni geofisiche; tali indagini puntuali hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo e, attraverso la loro interpolazione, di delimitare, con una certa approssimazione, la distribuzione areale dei singoli litotipi.

Nel territorio esaminato il Quaternario risulta così rappresentato:

- ghiaie di natura prevalentemente calcarea, ferrettizzate, da sciolte a variamente cementate da legame calcitico, frammiste a sabbie, talora intercalate da livelli e/o banchi di conglomerato compatto e a lenti di sabbie a granulometria variabile.  
Questi depositi individuano la maggior parte della piana alluvionale dell'Isonzo e si trovano omogeneamente distribuiti su tutta l'area delimitata nell'allegata cartografia
- depositi ad elementi fini prevalenti, costituiti da sabbie e ghiaie con abbondanti intercalazioni limo-argillose. Tali sedimenti sono stati riscontrati esclusivamente nella fascia pedecollinare del Castello di Gorizia
- depositi prevalentemente limoso-argillosi con frazione sabbiosa e ghiaiosa di trasporto del T. Corno e ghiaie, sabbie e limi alluvionali del letto fluviale dell'Isonzo
- copertura detritica, costituita da elementi a pezzatura grossolana di natura flyschoidale, calcarea o conglomeratica, posizionata alla base dei pendii più acclivi in corrispondenza delle ripe fluviali dell'Isonzo.

### ***Lineamenti strutturali***

Gli eventi tettonici, che hanno causato le dislocazioni del Flysch nel territorio studiato, hanno determinato in esso un assetto strutturale globale piuttosto complesso, sia per le modalità con le quali tali eventi si sono svolti, sia per peculiari caratteristiche della massa rocciosa nel suo insieme.

Per questi motivi, anche in zone geograficamente molto prossime tra loro, si possono avere aspetti geostrutturali del Flysch molto mutevoli onde è azzardato, effettuare la estrapolazione dei dati di giacitura della stratificazione per areali molto estesi.

---

<sup>1</sup> Studio Bisiani – Studio geologico tecnico del territorio comunale di Gorizia

Sotto il profilo giaciturale, tale formazione nell'area studiata è caratterizzata da una immersione prevalente intorno a N con inclinazioni variabili, ma generalmente contenute entro i 30°.

## 5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'idrografia superficiale del territorio comunale è rappresentata principalmente dal corso del Fiume Isonzo e dai suoi affluenti minori T.Piumizza e T.Groina in sponda destra e T. Corno in sponda sinistra. L'Isonzo al suo sbocco in pianura esplica ancora una intensa azione erosiva nel substrato flyscioide su cui scorre fino in prossimità del rione di Straccis; da qui scorre sulle alluvioni ghiaiose altamente permeabili disperdendo parte della sua portata.

In sponda sinistra l'unico affluente è il torrente Corno, che nasce in territorio Sloveno, presso Moncorona, entra in territorio italiano presso il valico di via S. Gabriele e si riversa nell'Isonzo in corrispondenza degli impianti della SAFOG; parte del suo corso è stato, negli anni che vanno dal 1885 al 1947, progressivamente ricoperto a causa del suo inquinamento che provocava sgradevoli odori.

Per l'aspetto idrogeologico nella valutazione dell'andamento della falda freatica è stata consultata la bibliografia esistente in merito e si è notato che nell'area oggetto di studio pochi riferimenti hanno potuto definire la ricostruzione dell'andamento della falda. Anche dai sondaggi geognostici eseguiti non si è riscontrata la falda eccetto alcune presenze idriche tenute in sospensione da livelli ghiaioso sabbiosi a maggior contenuto di fine (limo argilla) o in parte dalla formazione flyscioide.

### ***Permeabilità***

Le formazioni dei terreni, riscontrate nell'area indagata, nei confronti della permeabilità possono essere inseriti con le seguenti caratteristiche :

Marne	scarsissima
Limi e limi-argillosi	scarsa (possono tenere in sospensione percolazioni idriche sotterranee)
Conglomerati e ghiaie cementate	media per porosità e fessurazione
Ghiaie e sabbie	medio - alta

## 6. INDAGINI SVOLTE

Per lo studio degli aspetti geologici e geotecnici dei terreni interessati dalla progettazione, sono stati eseguiti n.4 sondaggi geognostici-geotecnici, mentre per la geofisica ci si è valse delle prove eseguite nell'ambito dello studio geologico tecnico del territorio comunale di Gorizia e di altri studi (studio geofisico – elettrico per la ricerca dell'andamento del Flysch nel sottosuolo del territorio del comune di Gorizia).

I sondaggi meccanici sono stati spinti rispettivamente fino alla profondità di :

S1	=	37.50 m.
S2	=	32.00 m.
S3	=	19.00 m.
S4	=	26.50 m (poi distruzione fino a 39.0m)

mentre i Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.) hanno mediamente raggiunto una profondità maggiore di 40 m.

La posizione sul terreno dei relativi sondaggi è riportata nella cartografia allegata

### Sondaggi geognostici

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione, con prelievo di campioni, e con determinazione delle caratteristiche granulometriche su campioni sabbioso-ghiaiosi significativi, estratti nell'ambito di interesse progettuale.

Le perforazioni hanno consentito il riconoscimento della serie litostratigrafica in ogni dettaglio fino alle profondità di interesse geotecnico e l'acquisizione di dati sulla presenza ed il regime delle falde idriche.

Per un miglior dettaglio si rimanda ai protocolli di indagine nella sezione *Allegato D.a*

### **Sondaggi Elettrici Verticali**

I sondaggi elettrici confermano in generale la ricorrente presenza nella serie stratigrafica di orizzonti sabbiosi e ghiaiosi addensati già accertata dai sondaggi geognostici, dal riconoscimento di depositi nel sottosuolo caratterizzati da terreni ghiaiosi e ghiaioso-

sabbiosi talvolta cementati con presenza di livelli conglomeratici (Resistenza >1000 ohm\*m), nonché, alla base, dalla formazione flyscioide (Resistenza 70 ohm\*m).

### **Analisi di laboratorio**

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati n.3 campioni disturbati sui quali sono state eseguite le seguenti prove:

Prova di compressione uniassiale	(marna)	7.3 - 9.1 MPa
Prova di trazione indiretta (brasiliana)	(marna)	0.4 MPa
Slake durability test	(marna)	85.4%
Point load test	(conglomerato)	1.45 MPa
Prova di trazione indiretta (brasiliana)	(conglomerato)	3.7 - 4.9 MPa

I risultati di tutte le analisi di laboratorio sono compendiate nella documentazione specifica, alla quale si rimanda.

Comunque va osservato che dalle analisi, in relazione ai problemi di potenziale liquefazione, le facies riscontrate non si annoverano fra quelle potenzialmente interessate dal fenomeno.

## **7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE: OSSERVAZIONI**

La campagna di terebrazioni geognostiche ha consentito un buon riconoscimento litostratigrafico dei terreni d'interesse progettuale.

Al di sotto di un orizzonte di modesta potenza costituito da terreni di copertura unici a caratteristiche prevalentemente limo-argillose, la serie litostratigrafica è costituita da facies prettamente ghiaiose e sabbiose.

Con una certa continuità si presenta il livello conglomeratico e/o di ghiaie cementate che è stato individuato a quote comprese fra i 10 m ed i 20 m dal p.c e in prossimità del F. Isonzo a quote da 5 m.

Nella facies ghiaiosa con scarsissima matrice non è da escludere la possibilità di ritrovarne qualche livello non direttamente individuato dalla campagna geognostica.

Due esili orizzonti di limi, limi-argillosi con ghiaia fine, sono stati riscontrati nel sondaggio n.3 a quote rispettivamente 11.00-11.30 e 11.70-12.00 m dal p.c.

Detti livelli, lateralmente non omogenei, possono dare adito a formazione di falde temporaneamente sospese.

## 8. CARATTERISTICHE LITOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI

Sotto il profilo geotecnico è stata mantenuta la consueta correlazione tra orizzonti aventi caratteristiche di risposta litomeccanica assimilabile.

Nella tav. Sezione interpretativa, gli orizzonti individuati ricadono nelle litofacies di cui si richiamano le caratteristiche litologiche:

### *Formazioni roccioso-lapidee*

Nell'area esaminata la facies più rappresentata è quella marnoso arenacea costituita prevalentemente da marna i cui pacchetti possono avere spessore variabile generalmente da 10 cm a 50cm; interstratificati rari strati di arenaria il cui spessore si aggira tra circa 1 cm e 20 cm.

Il grado di suddivisione della massa rocciosa è notevolmente elevato con un v.r.u. decisamente inferiore al  $\text{dm}^3$  e spesso ridotto a qualche  $\text{cm}^3$ .

### *Depositi quaternari*

Sono stati individuati i seguenti litotipi:

- conglomerati dell'Isonzo ad elementi in prevalenza calcarei a dimensioni ghiaiosa, a cemento calcareo, che talora conferisce alla roccia un elevato grado di compattezza e tenacità

L'azione dilavante delle acque meteoriche diminuisce comunque, il potere legante del cemento calcareo, producendo distacchi di porzioni anche cospicue dell'ammasso roccioso, ben visibili sulle scarpate dell'Isonzo.

Essendo la cementazione delle masse ghiaiose dovuta soprattutto a fenomeni diagenetici connessi alla circolazione delle acque, tali conglomerati normalmente non si estendono in maniera omogenea ed uniforme entro le alluvioni ghiaiose, come evidenziato del resto dalle indagini effettuate.

- materiali ghiaiosi, da sciolti a variamente addensati, ferrettizzati, talora tenacemente cementati fino a divenire conglomerato, con intercalazioni sabbiose a grana variabile.

Arealmente questa formazione litologica è predominante rispetto agli altri depositi quaternari e su di essa si sviluppa la maggior parte della Città di Gorizia.

## 9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA SERIE LITOSTRATIGRAFICA

Per gli orizzonti descritti nel precedente paragrafo ai fini dei calcoli geotecnici si è rimanda alla parametrizzazione dei singoli livelli facendo riferimento alle caratteristiche locali dei terreni, evidenziate dalle terebrazioni eseguite.

Considerate le caratteristiche della futura opera in progetto, valutata la risposta geotecnica a lungo termine dei terreni, la serie geotecnica corrispondente ai litotipi presenti, ricavata anche da prove ed analisi eseguite in terreni limitrofi e a caratteristiche simili, può essere assunta con i seguenti parametri geotecnici in termini di resistenze ultime:

- peso di volume	$\gamma$	
ghiaie, sabbie		1.6-1.8 t/m <sup>3</sup>
marna - conglomerato		1.9-2.0 t/m <sup>3</sup>
- coesione	$c$	
ghiaie e sabbie		0.0 t/m <sup>2</sup>
limi e argille - marna		5-10 t/m <sup>2</sup>
conglomerato		4 t/m <sup>2</sup>
- angolo di attrito interno	$\phi$	
ghiaie e sabbie sciolte		30°-33°
ghiaie cementate - conglomerato		35°-40°
marna		30°

Nella classificazione geomeccanica dei terreni intervengono, come noto:

- le caratteristiche litologiche;
- le caratteristiche strutturali;
- le caratteristiche fisico-meccaniche delle matrici rocciose e dei terreni
- l'incidenza dell'acqua.

Vengono considerate inoltre le condizioni di copertura che incidono sulle sollecitazioni agenti sul vano, le condizioni di tensione primarie, le dimensioni della sezione di scavo ed il metodo di scavo e di supporto.

Nel caso in esame, le maggiori incognite riguardano lo stato di tensione preesistente nell'ammasso roccioso (marne tettonizzate e fogliettate e conglomerato non certamente omogeneo).

Fattori vantaggiosi sono rappresentati dalle ridotte dimensioni del vano (4.50 m di diametro) e l'esecuzione prevalentemente meccanizzata dello scavo (fresa).

Si ricorda inoltre che l'ammasso roccioso è stato classificato con i riferimenti ai parametri sopraindicati secondo la classificazione di Rabcewiz-Pacher che viene riportata e confrontata con altre classificazioni in uso.

Ne derivano i seguenti raggruppamenti:

#### **Classe IV - V**

- **marne ed arenarie** con interstrati argillosi o in facies argillificata per processi di disturbo tettonico e di alterazione  
Si tratta di facies flyscioidi costituite di norma da alternanze di marne ed arenarie, che si presentano tettonizzate ed argillificate fino a perdere la loro originaria struttura. Hanno struttura con stratificazione sottile da decimetrica a centimetrica;

presenti intercalazioni pelitiche e hanno grado di separazione elevato con dimensioni del volume unitario centimetriche ( $Ic^3 = 0.7 - 0.8 - 1.0$ )

L'eventuale presenza di tenori in acqua riduce notevolmente le già modeste caratteristiche di resistenza meccanica. La facies si presenta con caratteristiche di elevata deformabilità ed instabilità a breve-medio termine in relazione alla fase di scavo e tale circostanza deve essere valutata attentamente in relazione alla scelta delle tecnologie di scavo.

- ***Conglomerato - ghiaie cementate***

Facies detritico alluvionale con caratteristiche di cementazione medio alta

### **Classe Va**

- ***Ghiaie sabbie con limi e limi argillosi***

Facies incoerenti a semicoerenti costituenti le coperture quaternarie. Hanno struttura sciolta e leggermente legata determinano instabilità immediata del vano non sostenuto. Necessita un procedimento di preconsolidamento dello scavo.

Queste classi di roccia comprendono rocce e terreni che sotto l'aspetto geomeccanico, presentano comportamento spingente.

Le tensioni di riassetto al contorno, che si sviluppa nella fase successiva all'abbattimento, superano abbondantemente la resistenza del materiale di scavo sicché quest'ultimo a comportamento plastico tende verso il cavo riducendone la sezione.

Il suddetto fenomeno si può presentare con intensità da modesto a medio.

Con le suddette condizioni geomeccaniche sono d'obbligo sia la sollecita messa in opera delle protezioni e sostegni sistematici previsti per le pareti degli scavi che la tempestiva chiusura dell'anello portante a mezzo dell'arco rovescio.

Per la classe IV-V e Va la lunghezza di ciascun ciclo di scavo non dovrà risultare superiore a m. 1.5.

L'eventuale acqua rinvenuta nel sottosuolo ha una marcata influenza sul comportamento meccanico, riducendone sensibilmente la resistenza sia per l'azione divaricatrice sulle fessure che per la formazione di sovratensioni interstiziali e per l'imbibizione ed il conseguente appesantimento del materiale.

Si dovrà inoltre, se necessario, provvedere al sostegno del fronte di avanzamento in calotta, dopo lo smarinaggio di ogni ciclo di scavo, con un manto di betoncino proiettato di adeguato spessore.

## 10. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

A conclusione dello studio eseguito va, in generale, osservato:

- Le masse rocciose e non, nel complesso, sono dotate di scadenti caratteristiche meccaniche ( classe IV –V e Va);
- lo scavo dovrà esser eseguito a sezione parzializzata (se il procedimento è quello tradizionale)
- il metodo di sostegno con "infilaggi" o l'eventuale trattamento di consolidazione dal piano campagna, andrà previsto nei terreni incoerenti o scarsamente coesivi
- i rivestimenti previsti assicurino adeguati coefficienti di equilibrio in relazione alle diverse esigenze costruttive e di esercizio
- risulta tuttavia essenziale, ai fini della sicurezza del lavoro e della buona riuscita della costruzione, che i procedimenti esecutivi siano realizzati con tempestività.