

# REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE  
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E  
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE  
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108

Responsabile Unico del Procedimento  
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania  
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario  
**Acqua Campania S.p.A.**  
Direttore Generale  
Area Tecnica  
(Ing. Gianluca Maria SALVIA)

I Progettisti



Coordinatore responsabile della  
Integrazione delle Prestazioni  
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal Comitato Speciale (DPCM 4/11/2021)	P. Fantini	G. Ragazzo	F. Rossi
TITOLO : <b>RELAZIONE TECNICA GALLERIA DI DERIVAZIONE E OPERE CONNESSE - ALLEGATO - RELAZIONE DI CALCOLO - EFFETTI INDOTTI DALLO SCAVO CON TBM</b>			Progettazione:  		
Allegato	<b>ED.02.7.5</b>		Revisione: 0	Scala: -	

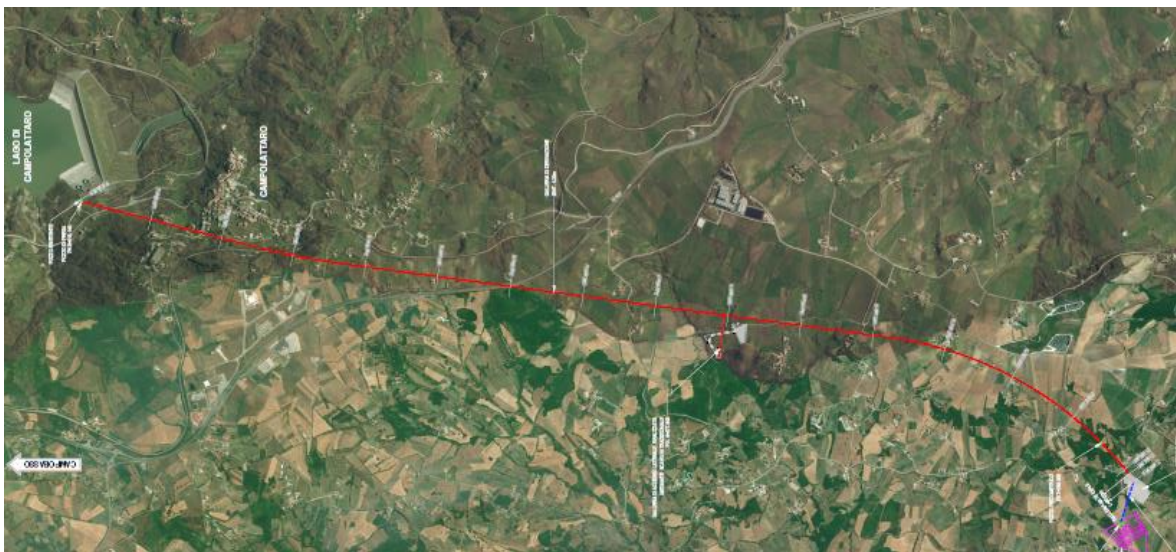
INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
1.1 Obiettivo della nota .....	2
<b>2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 Bibliografia tecnica.....	3
<b>3. CENNI TEORICI SUI CEDIMENTI INDOTTI DALLO SCAVO .....</b>	<b>4</b>
3.1 Cedimenti indotti .....	4
3.2 Entità dei cedimenti.....	4
<b>4. EFFETTI INDOTTI.....</b>	<b>7</b>
4.1 Criterio utilizzato per la stima dei danni sulle strutture interferenti .....	7
4.1.1 Definizione dei parametri di controllo .....	8
4.2 Criterio utilizzato per la stima dei danni sulle infrastrutture interferenti .....	10
<b>5. RISULTATI DELLE ANALISI .....</b>	<b>11</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>15</b>

## 1. INTRODUZIONE

Questo elaborato è realizzato nell'ambito delle attività di progetto di fattibilità tecnica ed economica (con riferimento allo schema di decreto ministeriale recante "definizione dei contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali" ai sensi dell'articolo 23, comma 3 del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, capo 2), concernenti l'intervento di utilizzo idropotabile delle acque dell'invaso di Campolattaro.

Le opere previste in progetto si inquadrano in un intervento generale denominato "Piano di interventi per il miglioramento del Sistema Idrico Regionale - Acquedotto Intercomunale ex CITL - Condotta Carditello – Castel Volturno" che mira alla risoluzione definitiva delle problematiche afferenti all'approvvigionamento idrico dell'area Domitia.



**Fig. 1.1 – Vista planimetrica del tracciato della galleria di derivazione**

### 1.1 OBIETTIVO DELLA NOTA

L'obiettivo di questo documento è di descrivere le ipotesi e la metodologia adottata per la valutazione dei cedimenti ed effetti indotti dallo scavo della galleria a mezzo di TBM. Inoltre, sono illustrati i risultati delle analisi condotte al fine di valutare l'eventuale necessità degli interventi di rinforzo per la messa in sicurezza delle strutture e/o infrastrutture esistenti.

## **2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 BIBLIOGRAFIA TECNICA**

- [1] Guglielmetti et Al. «Mechanised tunneling in urban area», Italy (2015)
- [2] Burland, J. B. [1995] “Assessment of risk of damage to buildings due to tunneling and excavation” - IS Tokyo (1995)

### 3. CENNI TEORICI SUI CEDIMENTI INDOTTI DALLO SCAVO

#### 3.1 CEDIMENTI INDOTTI

Durante il processo di scavo della galleria, il terreno attorno alla galleria converge verso l'interno del cavo al decrescere delle tensioni. Questo fenomeno è dovuto a diversi fattori, quali:

- ✓ **Perdita di volume al fronte** (*Face loss*) per via della decompressione al fronte del tunnel: la testa fresante rimuove il materiale dal fronte e contemporaneamente applica una pressione di confinamento. Nonostante il confinamento, il terreno tende a estrudere dal fronte in una zona di influenza davanti e intorno al fronte del tunnel. Questo dà origine alla "perdita di volume al fronte".
- ✓ **Perdita di volume sullo scudo** (*Shield loss*) dovuta alla conicità dello scudo al fine di facilitare l'avanzamento dello scudo stesso, per ridurre la possibilità di un bloccaggio e per consentire la guida dello scudo in allineamento curvo. Questo fattore può essere aumentato dalla presenza di un eventuale sovrascavo. La cavità scavata può, quindi, convergere radialmente e la sua entità dipende dalla velocità di deformazione del terreno rispetto alla velocità di avanzamento della TBM. La conseguenza naturale è che il perimetro scavato possa chiudersi parzialmente o completamente sullo scudo.
- ✓ **Perdita di volume sulla coda** (*Tail void loss*) che è una funzione della pressione e del volume d'iniezione necessaria per il riempimento del vuoto anulare attorno al rivestimento del tunnel installato. Si può osservare un ulteriore aumento della convergenza radiale.
- ✓ **Perdita di volume a lungo termine** (*Long-term loss*) dovuta alle deformazioni del rivestimento, al ritiro della malta di iniezione, ecc.

La somma della perdita al fronte e della perdita radiale che avviene in seguito, è chiamata "Volume perso -  $V_p$ " complessiva.

#### 3.2 ENTITÀ DEI CEDIMENTI

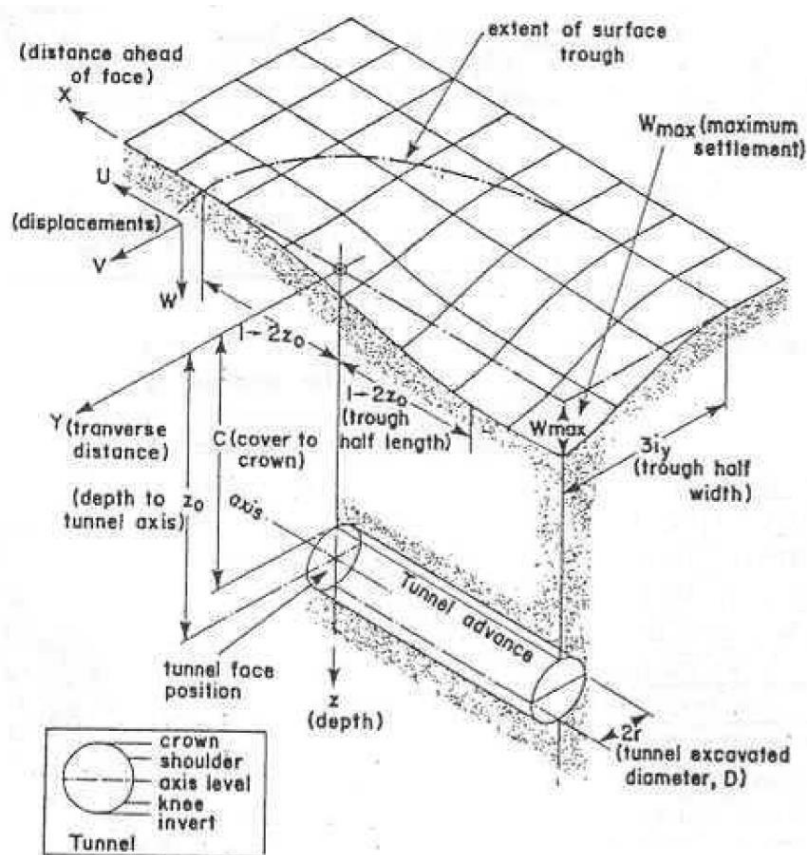
La curva dei cedimenti indotti in senso trasversale all'asse della galleria in condizioni "green field" (superficie libera), nel caso di una galleria superficiale, è schematizzabile con buona approssimazione con una curva di probabilità normale ricavabile dalla seguente equazione (Attewell et al. 1986):

$$S_v = \frac{0.313 \cdot V_p \cdot D^2}{(k \cdot z_0)} \cdot e^{\left(\frac{-x^2}{2 \cdot i^2}\right)}$$

dove:

- ✓  $S_v$  = cedimento verticale nel punto posto alla distanza  $x$  dall'asse della galleria;

- ✓  $V_p$  = volume perso in superficie, durante lo scavo, per unità di lunghezza - viene espresso come percentuale nominale del volume teorico di scavo. Rappresenta l'area sottesa tra la curva dei cedimenti del piano campagna e la sua superficie indeformata;
- ✓  $D$  = diametro della galleria;
- ✓  $k$  = coefficiente adimensionale dipendente dalla natura dei terreni attraversati;
- ✓  $z_0$  = profondità dell'asse longitudinale della galleria da p.c.;
- ✓  $x$  = coordinata del punto (di cui si vuole definire il cedimento) misurata rispetto all'asse della galleria;
- ✓  $i = k \cdot z_0$  = distanza fra il punto di flesso della curva e l'asse della galleria.

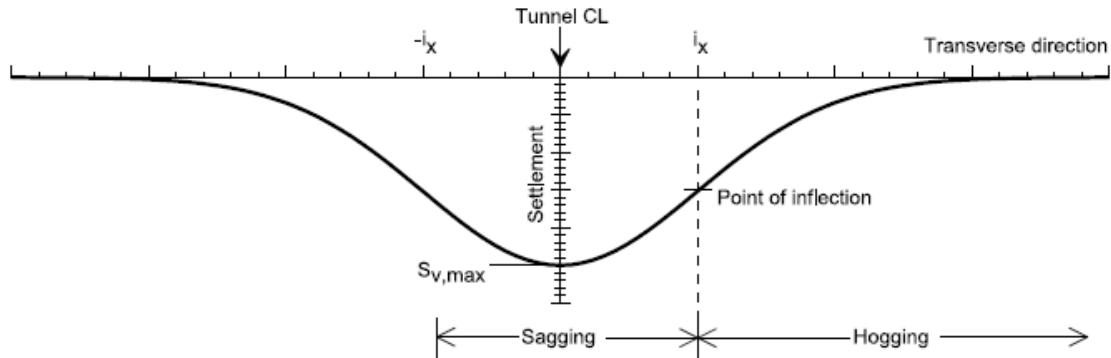


**Fig. 3.1 –Spostamento verticale del terreno in seguito allo scavo della galleria**

La curva dei cedimenti indotti in senso longitudinale all'asse della galleria in condizioni di "green field" (superficie libera), nel caso di una galleria superficiale, è schematizzabile con buona approssimazione con la curva integrale della funzione Gaussiana utilizzata per la definizione dei cedimenti trasversali. La curva è caratterizzata da un parametro "i" uguale a quello adottato per la sezione trasversale, e con valore di cedimento in corrispondenza del fronte della galleria pari al 50% del valore massimo di subsidenza trasversale (Attewell et al. 1986)

Per individuare i limiti del bacino di subsidenza, oltre i quali gli spostamenti verticali sono nulli, in letteratura è riportata la convenzione di considerare nulli gli spostamenti verticali quando questi sono inferiori ad una frazione dello spostamento massimo, ossia, se  $S_v \leq 0.044 S_{max}$ , allora  $S_v = 0$ .

Il limite del bacino di subsidenza si ottiene quindi laddove  $S_v = 0.044 S_{max}$  (Mair, Taylor, Burland, 1996). Per le proprietà della curva Gaussiana, questa condizione si realizza in  $x = \pm 2.5 \cdot i$ .



**Fig. 3.2 – Sezione trasversale del bacino di subsidenza**

Per la caratterizzazione delle distribuzioni dei cedimenti superficiali è necessaria la definizione del parametro  $V_p$  [%] e del coefficiente  $k$  [-]. I valori impiegati nelle analisi svolte sono riportati nella tabella seguente:

**Tab. 3.1 – Parametri influenti sulla stima dei cedimenti**

$V_p$ [%]	Condizione
0.25	Soglia del limite inferiore per lo scavo nei terreni
0.5	Normale esercizio di EPB
1.0	Raggiungimento della soglia di allarme
1.5	Analisi estremamente cautelativa i cui i risultati permettono di evidenziare il livello di rischio in caso di pilotaggio errato e/o fenomeni inattesi
$k$ [-]	Condizione
0.35	Zone di faglia o terreni di comportamento non coesivo
0.5	Terreni a comportamento prevalentemente coesivo
0.7	Formazioni rocciose

L'influenza di  $V_p$  e  $k$  sull'andamento della curva dei cedimenti è la seguente:

- ✓  $V_p$ : la crescita dei valori comporta un aumento proporzionale dei cedimenti;
- ✓  $k$ : la crescita dei valori comporta un graduale abbassamento ed allargamento della distribuzione dei cedimenti.

## 4. EFFETTI INDOTTI

### 4.1 CRITERIO UTILIZZATO PER LA STIMA DEI DANNI SULLE STRUTTURE INTERFERENTI

Il sistema di classificazione del danno indotto sulle strutture è quello proposto da Burland (1997), basato sulla “facilità di riparazione”, prendendo in considerazione alcuni aspetti quali l’apertura delle fessure, l’inclinazione, i danni ai servizi.

A tale sistema di classificazione, composto da sei classi di danno (da 0 a 5), altri autori tra cui Rankin (1988) e Boscardin e Cording (1989) fanno corrispondere dei parametri di controllo ovvero dei valori limite di cedimento, distorsione angolare, e deformazione a trazione, i quali possono essere stimati in via preventiva.

**Tab. 4.1 – Parametri influenti sulla stima dei cedimenti**

(Burland et al.,1977)			Rankin (1988)		Boscardin & Cording (1989)	
Categoria di danno	Intensità del danno	Descrizione del danno tipologico	Apertura delle fessure [mm]	Cedimento differenziale massimo $\Delta S_{max}$ [mm]	Distorsione angolare massima $\beta$ [-]	Deformazione limite di trazione $\epsilon_{lim}$ [%]
0	Trascurabile	Fessure capillari	-	-	-	<0.05
1	Molto lieve	Fessure sottili cui si rimedia facilmente con lavori di tinteggiatura	0.1 - 1	< 10	< $\frac{1}{500}$	0.05 to 0.075
2	Lieve	Fessure facilmente stuccabili, tinteggiatura necessaria. Fessure visibili anche all'esterno.	1 - 5	10 to 50	< $\frac{1}{500}$ to < $\frac{1}{200}$	0.075 to 0.15
3	Moderata	Le fessure richiedono cucì e scuci della muratura. Possibile blocco di porte e finestre.	5 - 15	50 to 75	< $\frac{1}{200}$ to < $\frac{1}{50}$	0.15 to 0.3
4 to 5	Da severa a molto severa	Necessità di importanti riparazioni, (demolizione e ricostruzione di parti di muri).	15 - 25	> 75	> $\frac{1}{50}$	> 0.3

Una volta selezionata la classificazione del danno di riferimento, la vulnerabilità intrinseca delle strutture (indice di vulnerabilità –  $I_v$ ) deve essere introdotta per regolare il limite accettabile del “parametro di controllo” associato alla categoria di danno accettabile per il progetto. Le informazioni edilizie rilevanti devono essere sistematicamente schedate e raggruppate in “macrofamiglie” (funzionalità, servizio, qualità estetica, struttura portante e caratteristiche dei difetti) che sintetizzano i principali aspetti che influenzano la sensibilità dell'edificio verso assestamenti differenziali e deformazioni.



**Tab. 4.2 – Rapporto tra: categoria di danno – indice di vulnerabilità – parametri di controllo**

Vulnerability index $I_v$ of the building	Negligible		Low		Slight		Medium		High		
	$0 < I_v < 20$		$20 < I_v < 40$		$40 < I_v < 60$		$60 < I_v < 80$		$80 < I_v < 100$		
Control parameter	$\varepsilon_{lim} [\%]$		$\varepsilon_{lim} [\%]$		$\varepsilon_{lim} [\%]$		$\varepsilon_{lim} [\%]$		$\varepsilon_{lim} [\%]$		
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Category of damage	0	0,000	0,050	0,000	0,040	0,000	0,033	0,000	0,029	0,000	0,025
	1	0,050	0,075	0,040	0,060	0,033	0,050	0,029	0,043	0,025	0,038
	2	0,075	0,150	0,060	0,120	0,050	0,100	0,043	0,860	0,038	0,075
	3	0,150	0,300	0,120	0,240	0,100	0,200	0,860	0,171	0,075	0,150
	4 to 5	>0,300		>0,240		>0,200		>0,171		>0,150	

Vulnerability index $I_v$ of the building	Negligible		Low		Slight		Medium		High		
	$0 < I_v < 20$		$20 < I_v < 40$		$40 < I_v < 60$		$60 < I_v < 80$		$80 < I_v < 100$		
Control parameter	$S_{max}$	$\beta_{max}$	$S_{max}$	$\beta_{max}$	$S_{max}$	$\beta_{max}$	$S_{max}$	$\beta_{max}$	$S_{max}$	$\beta_{max}$	
	[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		
Category of damage	1	<10	<1/500	<8	<1/625	<6,7	<1/750	<5,7	<1/875	<5	<1/1000
	2	10–50	1/500– 1/200	8–40	1/625– 1/250	6,7–33	1/750– 1/300	5,7–28,5	1/875– 1/350	5–25	1/1000– 1/400
	3	50–75	1/200– 1/50	40–60	1/250– 1/63	33–50	1/300– 1/75	28,5–43	1/350– 1/88	25–37,5	1/400– 1/100
	4	>75	>1/50	>60	>1/63	>50	>1/75	>43	>1/88	>37,5	>1/100

In assenza di un censimento preciso sullo stato dell'arte delle strutture esistenti, si sceglie di limitare la categoria di danno al livello di danno architettonico ovvero alcuna struttura può entrare in una classe di danno superiore a 2.

Inoltre, in vista delle coperture elevate del progetto, le strutture che non raggiungono i limiti indicati per la classe 1, vengono considerate strutture fuori dalla zona di influenza geotecnica.

#### 4.1.1 Definizione dei parametri di controllo

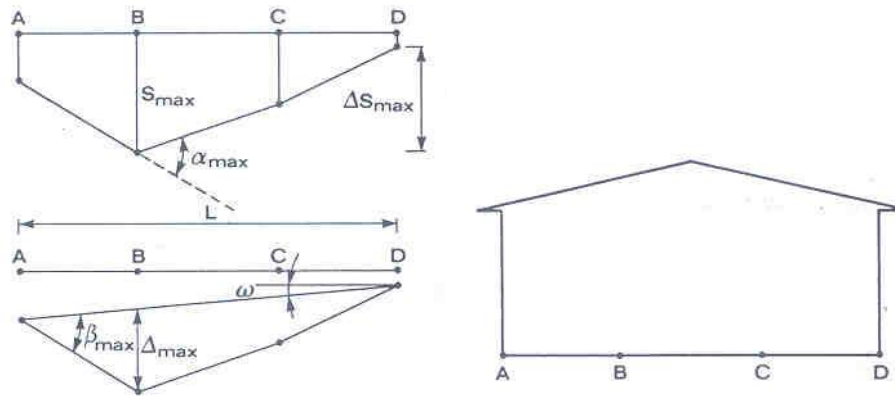
Come presentato in precedenza, nel caso degli edifici oltre la soglia di cedimento massimo, altri parametri di controllo come la distorsione angolare e la deformazione limite di trazione possono essere stimati in via preventiva al fine di valutare l'entità del danno.

La distorsione angolare di un edificio e la sua deformazione limite a trazione possono essere valutate secondo le equazioni riportate di seguito:

$$\beta = \frac{3\Delta}{L} \left[ \frac{1 + 4 \left[ \frac{E}{G} \right] \left[ \frac{H^2}{L^2} \right]}{1 + 6 \left[ \frac{E}{G} \right] \left[ \frac{H^2}{L^2} \right]} \right]$$

dove:

- ✓  $\Delta/L$  = rapporto d'inflessione,
- ✓  $L$  = lunghezza dell'edificio interferente,
- ✓  $H$  = altezza dell'edificio,
- ✓  $E/G$  = rapporto di elasticità (12.5 per edifici in ca e 2.6 per edificio in massoneria).



**Fig. 4.1 – Rapporto di inflessione**

Per la definizione delle deformazioni indotte si considera di imprimere alla trave equivalente all'edificio la stessa deformata "green field". Il bacino di subsidenza viene limitato ad una fascia compresa tra  $+2.5 \cdot i$  e  $-2.5 \cdot i$  ( $i$  = distanza fra il punto di flesso della curva e l'asse della galleria) posta a cavallo dell'asse della galleria ne derivano le seguenti assunzioni:

- ✓ gli spostamenti orizzontali e verticali di punti esterni ai limiti del bacino sono nulli,
- ✓ la porzione di edificio interessata dalle deformazioni è quella compresa tra i suddetti estremi,
- ✓ la nuova configurazione della trave (equivalente all'edificio) implica la mobilitazione di sollecitazioni flessionali e di taglio e corrispondenti deformazioni. Le deformazioni indotte si calcolano mediante le seguenti equazioni:

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta/L_i}{\left[ \frac{L_i}{12t} + \frac{3IE}{2tL_iHG} \right]}$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta/L_i}{\left[ 1 + \frac{HL_i^2G}{18IE} \right]}$$

dove:

- ✓  $\varepsilon_f$  = deformazione flessionale,
- ✓  $\varepsilon_t$  = deformazione di taglio,
- ✓  $t$  = distanza dell'asse neutro dal bordo teso della trave ( $H/2$  in zona sagging (concavità

verso l'alto, con la struttura sottoposta a compressione); H in zona di hogging (conca-  
vità verso il basso, con la struttura sottoposta a trazione)).

Oltre a queste deformazioni, si deve tenere conto degli effetti delle deformazioni orizzon-  
tali  $\varepsilon_y$  del terreno. Il valore di  $\varepsilon_y$  è ricavabile dalla seguente equazione:

$$\varepsilon_y = \frac{\Delta S_h}{L_i}$$

dove:

- ✓  $S_h = (x/z_0) \cdot S_v$  = spostamento orizzontale nel punto posto alla distanza x
- ✓  $S_v$  = cedimento verticale nel punto posto dalla distanza x dall'asse della galleria

I campi di deformazione vengono composti, per ogni campo deformativo secondo le se-  
guenti equazione:

$$\varepsilon_{totale} = \varepsilon_y + \varepsilon_f \quad (\text{condizione di flessione})$$

$$\varepsilon_{totale} = 0.35 \cdot \varepsilon_y + \left[ (0.65 \cdot \varepsilon_y)^2 + \varepsilon_t^2 \right]^{0.5} \quad (\text{condizione di taglio, } n = 0.3)$$

In zona di “hogging” le deformazioni indotte dai cedimenti verticali (deformazioni in  
estensione) si sommano alle deformazioni indotte dagli spostamenti orizzontali (deforma-  
zioni in estensione), mentre in zona di “sagging” alle deformazioni indotte dai cedimenti  
verticali (deformazioni in estensione) si sottraggono le deformazioni indotte dagli spo-  
stamenti orizzontali (deformazioni in compressione).

#### **4.2 CRITERIO UTILIZZATO PER LA STIMA DEI DANNI SULLE INFRASTRUTTURE INTERFERENTI**

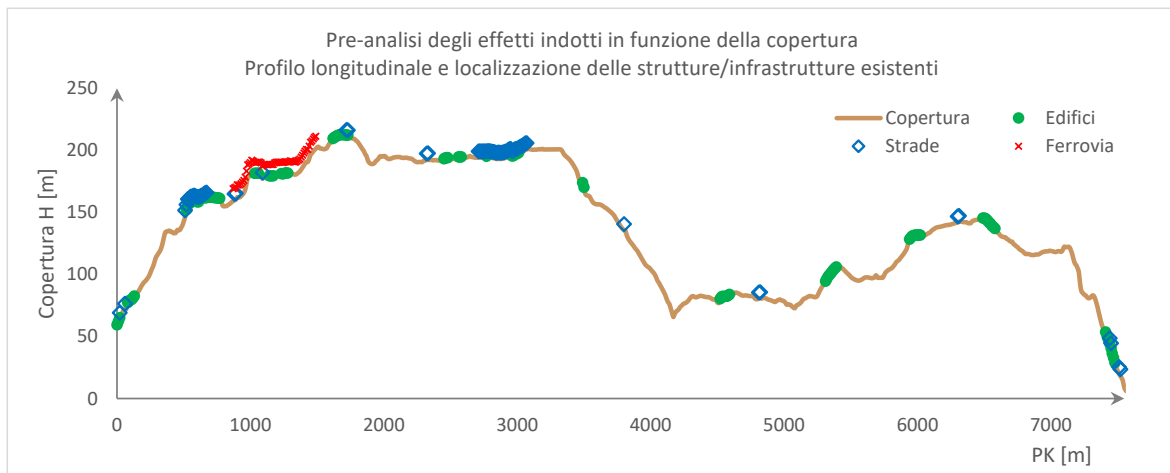
Nel caso di sottoattraversamento delle ferrovie e/o delle strade, altri criteri definiti nor-  
malmente dai concessionari sono applicate. Per esempio, nel caso delle ferrovie, i valori  
indicanti la qualità del binario, tali come “livello longitudinale”, “sghembo”, e “difetto di  
sopraelevazione” devono essere analizzati. La stima di questi parametri deve essere svol-  
ta sulla base delle definizioni di tali parametri riportate nell'Istruzione Tecnica RFI (RFI  
TCAR ST AR 01 001 B). Nonostante ciò, in vista delle profondità del tracciato nei punti di  
passaggio sotto le ferrovie e le strade, un criterio semplificato conservativo funzione del  
cedimento assoluto può essere applicato:

- ✓ Limite di cedimento ammissibile per la rete ferroviaria: 3,5 mm
- ✓ Limite di cedimento ammissibile per la rete stradale: 10 mm

## 5. RISULTATI DELLE ANALISI

La galleria di derivazione dell'invaso di Campolattaro viene classificata come una galleria profonda (coperture superiori a 5D), ad eccezione della zona del portale di partenza della TBM (PK 7500 – PK 7600) dove si nota la presenza di alcuni edifici e strade anche se lontani rispetto all'asse della galleria.

Per trovare le strutture/infrastrutture interferenti con lo scavo, bisogna quindi verificare che la posizione di esse, rispetto all'asse verticale ed orizzontale della galleria, ricada nella Zona di Influenza Geotecnica (ZIG).



**Fig. 5.1 – Ubicazione delle strutture/infrastrutture esistenti**

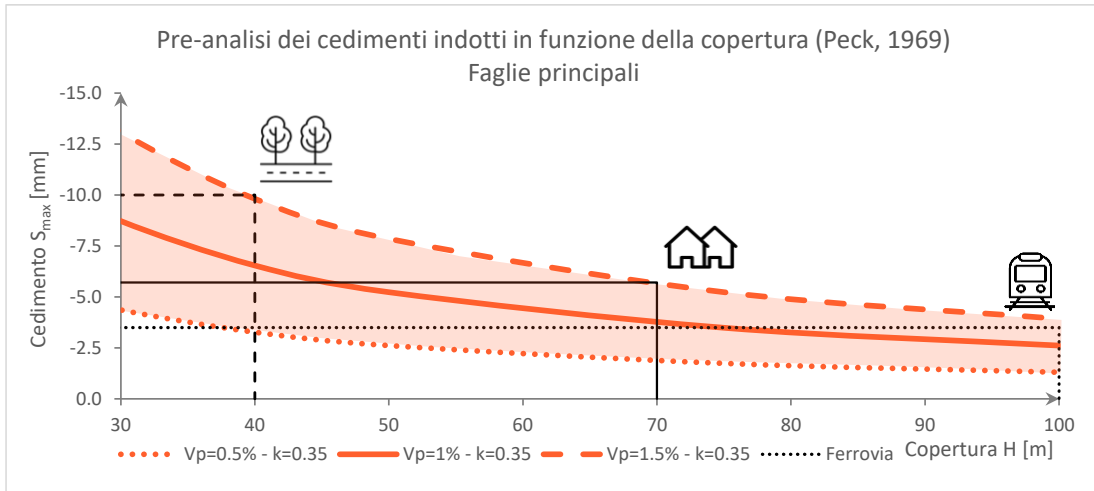
Al fine di ritracciare la zona di influenza geotecnica verticale (ZIG<sub>v</sub>), e trovare la profondità limite per cui gli esistenti non risentono l'influenza dello scavo, si è deciso di ricorrere ad un'analisi propedeutica di cedimenti. Di fatto, al variare della profondità, si è calcolato il cedimento massimo con diverse ipotesi di volume perso ( $V_p$ ) e coefficiente caratteristico della natura dei terreni attraversati ( $k$ ).

L'esito di tale analisi dimostra il limite di profondità oltre al quale l'analisi degli effetti indotti può essere omessa. La tabella seguente sintetizza i risultati:

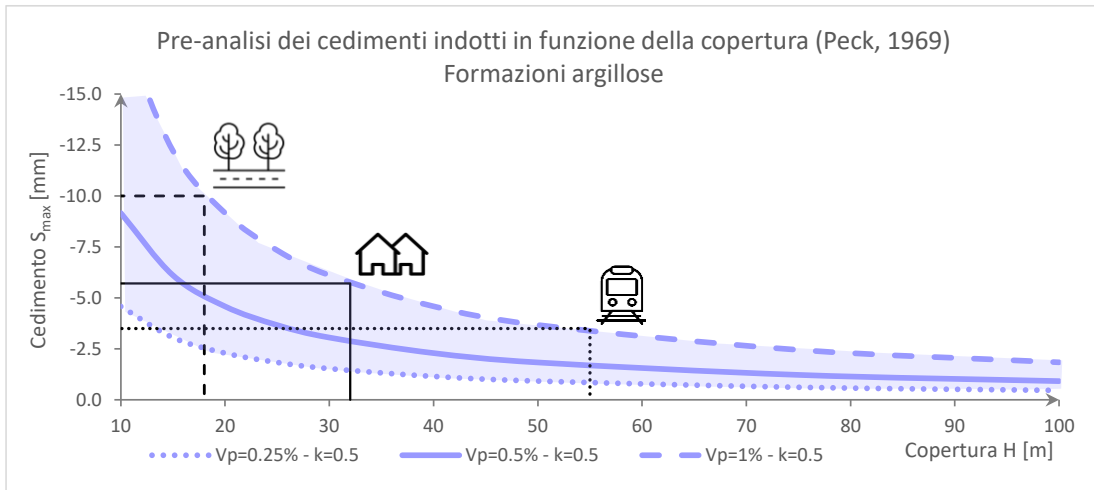
**Tab. 5.1 – Limite di profondità per cui gli effetti indotti dallo scavo sono trascurabili**

Geologia attraversata	Profondità oltre alla quale gli effetti indotti sono trascurabili		
	Infrastrutture stradali	Edifici	Infrastrutture ferroviarie
Faglie principali	40 m	70 m	100 m
Formazioni argillose	18 m	32 m	55 m
Formazioni rocciose	10 m	16 m	26 m

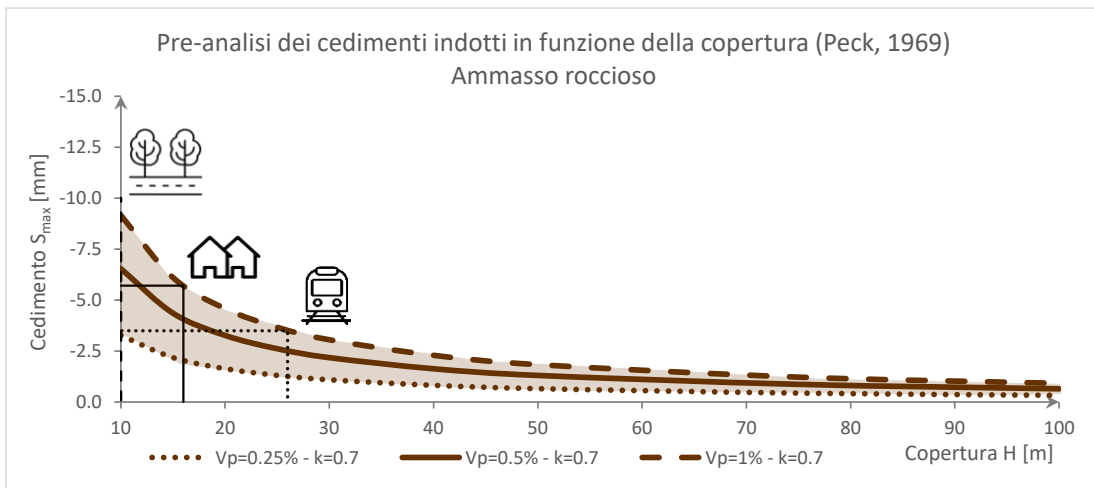
Dalle figure seguenti si evincono i valori riportati nella tabella.



**Fig. 5.2 – Variazione dei cedimenti nelle faglie in funzione della copertura**

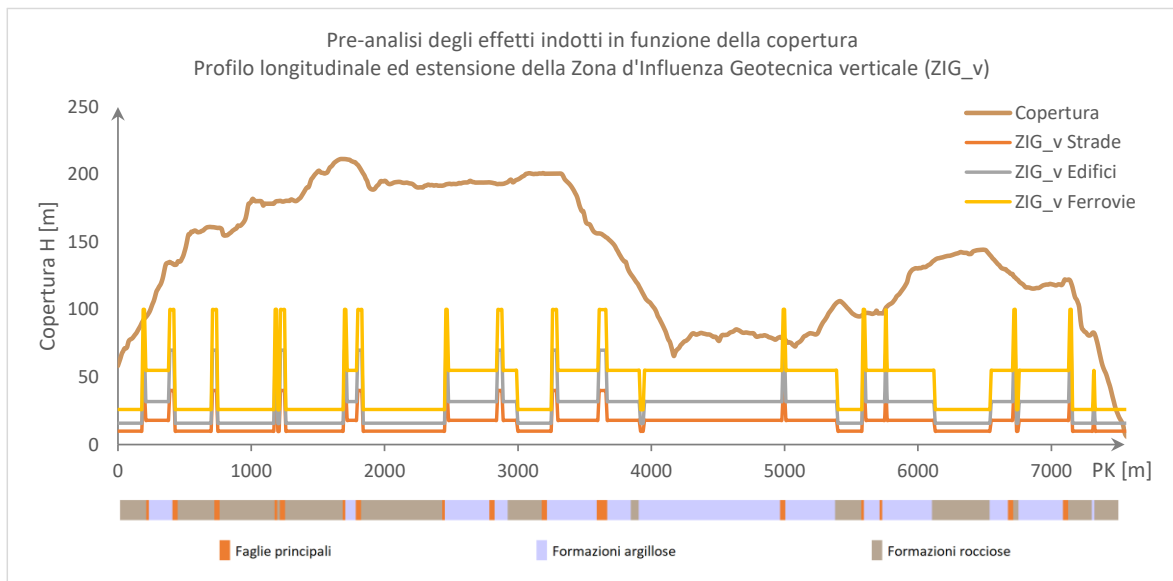


**Fig. 5.3 – Variazione dei cedimenti nelle formazioni argillose in funzione della copertura**



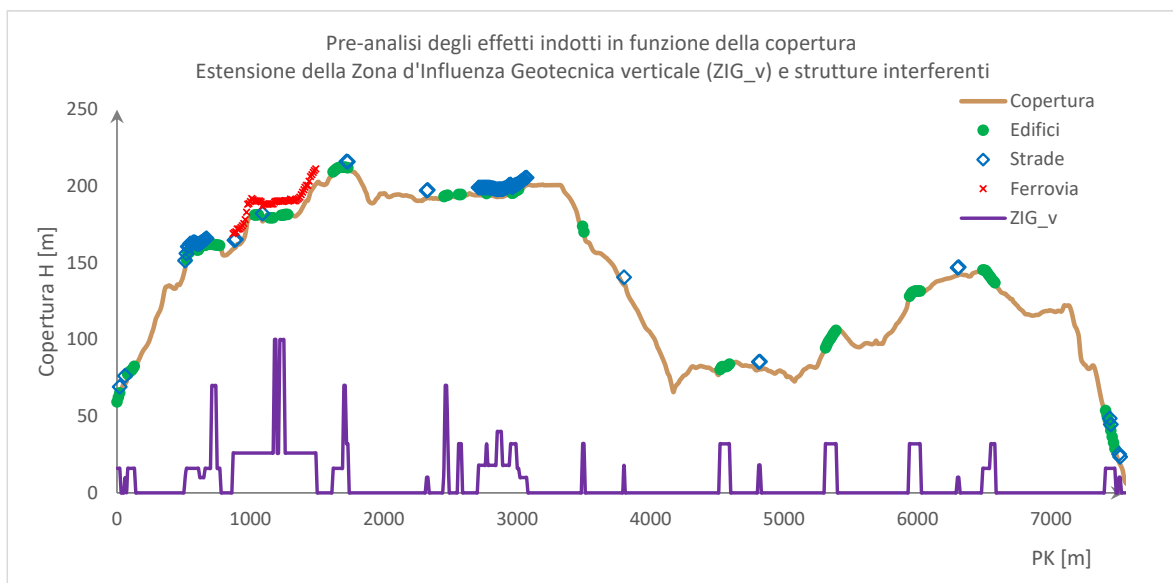
**Fig. 5.4 – Variazione dei cedimenti nelle formazioni rocciose in funzione della copertura**

Come menzionato, si è ricorso prima ad un'analisi altimetrica con l'obiettivo di definire i limiti di profondità di interferenza per ogni tipo di struttura/infrastruttura.



**Fig. 5.5 – Limite di profondità per definire l'interferenza delle strutture/infrastrutture**

Come mostra la figura seguente, in rapporto all'ubicazione delle strutture/infrastrutture esistenti è possibile definire la ZIG verticale e identificare le strutture/infrastrutture interferenti.



**Fig. 5.6 – Identificazione delle strutture/infrastrutture interferenti sul piano altimetrico**

Questo risultato dimostra che all'eccezione dell'ultima parte del tracciato (PK≈7520), non si verifica alcuna interferenza sulle strutture/infrastrutture esistenti a causa dello scavo

della galleria di derivazione. In quest'ultima parte del tracciato, un'ulteriore verifica circa la posizione delle costruzioni esistenti rispetto alla Zona d'Influenza Geotecnica orizzontale (ZIG\_h).

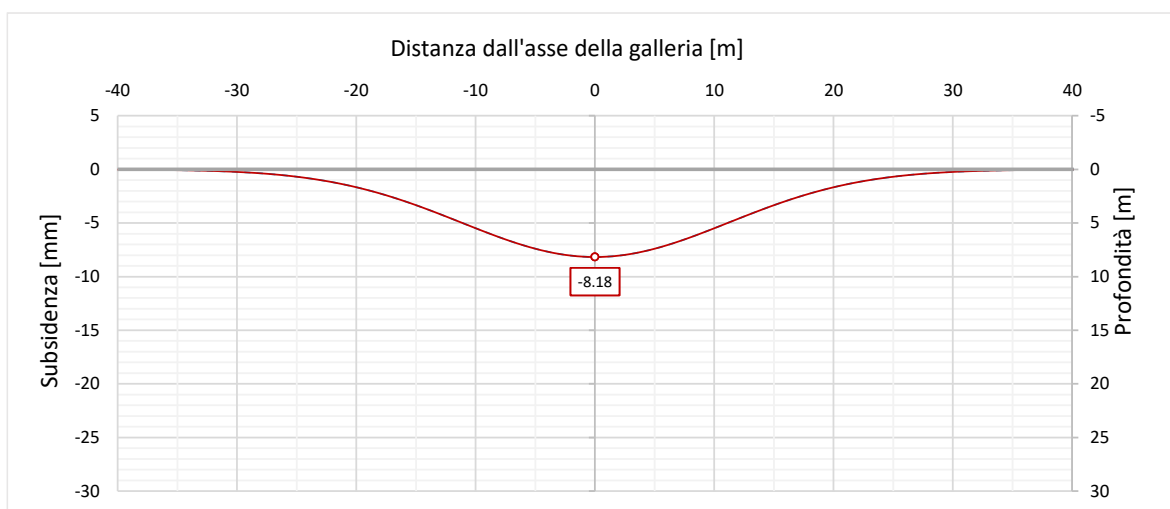
Si nota che alla PK 7520, esistono:

- ✓ delle strade in prossimità dell'asse della galleria,
- ✓ gli edifici della frazione Monte a distanza di 25m dall'asse della galleria.



Fig. 5.7 – Ubicazione delle strade e del centro abitato alla PK 7520

In corrispondenza di tale progressiva chilometrica la galleria è scavata in formazioni rocciose, motivo per cui l'analisi dei cedimenti è stata condotta ipotizzando un valore di  $k=0.7$ , associato ad un valore di volume perso cautelativo  $V_p=1.0\%$ .



### **Fig. 5.8 – Bacino di subsidenza alla PK 7520**

L'esito dell'analisi condotta conferma un'interferenza trascurabile tra lo scavo della galleria e la rete stradale e l'abitato in adiacenza al progetto.

## **6. CONCLUSIONI**

Le analisi descritte in questo documento sono state condotte sulla base di formulazioni analitiche in forma chiusa:

- ✓ per la stima della gaussianità prodotta dallo scavo della galleria in condizioni di “green field”,
- ✓ la valutazione del danno sulle opere esistenti con il criterio della “facilità di riparazione”.

Nel contesto analizzato si è cercato di definire la Zona d'Influenza Geotecnica (ZIG), prima sul piano altimetrico e in seguito sul piano orizzontale. Sulla maggior parte del tracciato, la profondità della galleria è tale che le costruzioni esistenti non risentono degli effetti indotti dallo scavo. Nell'estremità del tracciato, ed in particolare nella zona di lancio della TBM, le coperture sono basse e gli effetti indotti possono dare luogo a cedimenti che si potrebbero produrre anche in superficie. Ciononostante, le opere esistenti nella zona non risentono in maniera significativa gli effetti indotti dallo scavo.