

CLIENTE:



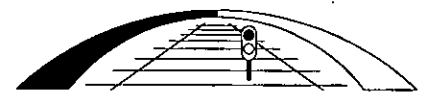
Ministrstvo za promet
Direkcija Republike Slovenije
za vodenje investicij
v javno železniško infrastrukturo



PROGETTO
COFINANZIATO
DALL'UNIONE EUROPEA

1

DESIGNER:



sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.

INIZIATIVA COMUNITARIA INTERREG III A ITALIA-SLOVENIA 2000-2006

STUDIO DI FATTIBILITA' - TERZA FASE

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRIESTE - DIVAČA

STEERING COMMITTEE 23/06/2008 - REPORT FINALE

		DATA
PROJECT MANAGER ITF	ING. G. PICCIONE	23/06/08
PROJECT MANAGER PPL	ING. E. ŠKERBEC	23.06.2008

File :

n. Elab. : N.

INDICE

1. PREMESSA	3
2. STUDI PREGRESSI	4
3. STUDIO DI FATTIBILITA' 2007/2008.....	5
4. SOLUZIONE OTTIMIZZATA	7
5. OPZIONE CATTINARA	8
6. OPZIONE OSP	9
7. ASPETTI DI ESERCIZIO	10
8. ASPETTI AMBIENTALI.....	11
9. GALLERIE	15
10. VIADOTTO	23
11. GEOLOGIA.....	25
12. TECNOLOGIE.....	25
13. SICUREZZA.....	34
14. COSTI.....	34

1. PREMESSA

La Decisione n. 884/2004/CE del Consiglio del Parlamento Europeo, che modifica la precedente Decisione 1692/96, ridefinisce i Progetti Prioritari e, in particolare, nell'Allegato III, al punto 6, riporta l'Asse ferroviario Lione-Trieste con allungamento fino a Budapest ed alla frontiera Ucraina, oltre al ramo Capodistria-Divača. (Allegato 1)

Il Progetto Prioritario n. 6 coincide in parte con il Corridoio V, tratta Venezia - Trieste - Ljubljana e comprende la tratta transfrontaliera Trieste - Divača e il collegamento Koper - Divača. (Allegato 2)

Per lo studio di fattibilità del tratto Trieste - Divača è stato cofinanziato il Progetto "CROSS 5" nell'ambito del Programma Interreg III A (Italia - Slovenia) approvato con la Decisione UE n. 4157 del 19 Ottobre 2004.

Sempre in relazione alla tratta transfrontaliera Trieste - Divača, il 28 febbraio 2006, in Trieste, il Ministro dei Trasporti della Repubblica di Slovenia e il Ministro delle Infrastrutture e dei trasporti della Repubblica Italiana hanno sottoscritto un "Protocollo di intenti" per la costruzione del collegamento ferroviario ai sensi della Decisione n. 884/2004/CE Trieste-Divača / Koper-Divača, anche al fine di accelerare la collaborazione volta all'esecuzione dello studio di fattibilità del nuovo collegamento e alla preparazione di ogni altra documentazione necessaria.

E' stato quindi definito il Programma di iniziativa comunitaria INTERREG IIIA Italia-Slovenia 2000-2006 per il progetto "Strategia di sviluppo del Corridoio 5 con particolare attenzione alla tratta tra l'Italia e la Slovenia e studio di fattibilità della nuova linea ferroviaria Trieste - Divača in attuazione della Decisione 884/2004EC".

Il progetto prevede la definizione delle iniziative strategiche da intraprendersi per lo sviluppo ed il potenziamento delle organizzazioni ed infrastrutture lungo il Corridoio 5, con particolare attenzione ai tratti transfrontalieri di maggiore problematicità, al fine di accrescere i fattori di connessione fra i vari paesi attraversati.

Uno dei tratti di maggiore strategicità e importanza è il tratto transfrontaliero italo-sloveno del Progetto Prioritario n.6 delle TEN, comprendente la sezione Trieste - Divača per la quale si prevede di sviluppare uno studio di fattibilità per una nuova infrastruttura ferroviaria secondo le specifiche previste dalla decisione 884/2004 EC.

Il progetto complessivo è svolto sotto il coordinamento di un Comitato di Pilotaggio cui partecipano la Regione Friuli Venezia Giulia, la Regione Veneto, Rete Ferroviaria Italiana, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT), il Ministero dei Trasporti della Repubblica Slovenia, le Municipalità di Koper e Divača e il Segretariato Esecutivo dell'InCE.

A seguito di contatti e accordi a livello di Ministri dei Trasporti/Infrastrutture di Italia e Slovenia, l'ultimo dei quali risale a luglio 2007 – in occasione della presentazione dell'<Application Form> della Sezione Internazionale Trieste-Divača all'Unione Europea per i finanziamenti MIP-TEN 2007+2013 – nello stesso 2007 è stata costituita una Commissione Intergovernativa (I.G.C.) italo-slovena, per il nuovo transito ferroviario.

2. STUDI PREGRESSI

Il presente studio di fattibilità della tratta Trieste-Divača ha preso spunto da precedenti studi e analisi dei possibili corridoi infrastrutturali di collegamento tra cui si citano:

- Studio di prefattibilità ISTRA-Italferr di un nuovo collegamento ferroviario lungo la direttrice Venezia-Trieste-Ljubljana - anno 1992;
- Studio di prefattibilità Italferr – anno 1997-1998.

In particolare lo studio più recente ha analizzato complessivamente cinque alternative di tracciato, proposte da tecnici sloveni, tra Palmanova/Cervignano e Ljubljana (**Allegato 3**) di cui tre (alternativa II, III e V) nel corridoio per Gorizia e due (alternativa I e IV) nel corridoio per Trieste, e altre proposte da Italferr. Le soluzioni del corridoio per Trieste hanno prodotto ipotesi di collegamento con il nodo di Trieste, le interconnessioni con le linee esistenti, nonché la possibilità di un collegamento diretto con i porti di Trieste e Koper. Tutte le soluzioni, caratterizzate per la maggior parte da lunghe gallerie, presentavano velocità di tracciato comprese tra 250 e 300 km/h, con una pendenza massima longitudinale del 12,5‰ (solo l'alternativa III per Gorizia presentava circa il 14,5‰).

Un successivo approfondimento consentì di sviluppare una nuova soluzione A, che venne individuata, insieme alla alternativa I, quale alternativa da preferire sotto gli aspetti tecnico-funzionali.

Vennero altresì prese in considerazione due ulteriori soluzioni elaborate dalle ferrovie slovene, denominate K4 e K5, che utilizzavano in parte i tracciati della soluzione A e dell'alternativa I.

Dall'analisi delle soluzioni individuate e a seguito di un confronto governativo/ferroviario tra Slovenia e Italia, nel 1999 si giunse all'accordo di dare rilievo nello studio di prefattibilità alle soluzioni A ed I ed alla soluzione K4. Le soluzioni I e K4 prevedevano il collegamento con le linee storiche in territorio sloveno in prossimità di Divača, collegando anche gli impianti di Fiume e di Postumia, mentre la soluzione A prevedeva un percorso più diretto, e quindi più breve, in direzione di Ljubljana.

La soluzione K4 si caratterizzava per una velocità di progetto di 250 Km/h e pendenza massima del 12,5‰.

Queste soluzioni di tracciato furono tuttavia superate dall'alternativa M, che fu stabilito di sviluppare ulteriormente nel prosieguo dello studio con il successivo accordo fra Italia e Slovenia del febbraio 2001.

La nuova alternativa M prevedeva di ripercorrere la soluzione A nella tratta italiana fino a Trieste, la soluzione I tra Divača e Ljubljana, la soluzione K4 per il nodo di Trieste ed un nuovo tracciato tra Trieste e Divača più diretto rispetto a quella della soluzione K4, caratterizzato da una lunga rampa in galleria con pendenza massima del 17‰ e velocità di progetto di 220 km/h.

In corrispondenza di Divača, detta soluzione prevedeva l'interconnessione con la linea storica.

3. STUDIO DI FATTIBILITA' 2007/2008

In relazione agli approfondimenti progettuali, sviluppati autonomamente da parte italiana e da parte slovena, e in considerazione delle nuove convinzioni maturate, con l'accordo di febbraio 2006 è stato deciso di abbandonare la soluzione M e di ricercare una nuova soluzione che fosse compatibile con:

- il progetto sloveno Divača-Koper, variante I/3, approvato dalle autorità slovene;
- il progetto preliminare AV/AC Ronchi Aeroporto - Trieste;
- lo studio di fattibilità della seconda fase di attuazione degli interventi per il Nodo di Trieste, allegato al progetto preliminare Ronchi Aeroporto - Trieste;
- il collegamento tra le stazioni ferroviarie di Trieste e di Divača, utilizzando un tracciato con pendenza longitudinale massima del 17‰, con conseguente vincolo circa l'estensione dei tracciati a causa del notevole dislivello di quota tra le due stazioni.

L'attività operativa tra i Partner, inquadrata nel Programma di iniziativa comunitaria INTERREG IIIA Italia-Slovenia 2000-2006, progetto Cross 5, è stata avviata con l'incontro tra la delegazione slovena e la corrispondente delegazione italiana avvenuto a Trieste il 29 novembre 2006.

Successivamente sono intervenuti gli incontri del:

- 19 gennaio 2007, a Ljubljana;
- 02 febbraio 2007, a Trieste;
- 27 marzo 2007, a Trieste;
- 18 maggio 2007, a Ljubljana;
- 08 giugno 2007, a Trieste;

durante i quali, tra l'altro, ciascuna parte ha illustrato i progetti di rispettiva competenza e lo stato di avanzamento degli stessi:

- il progetto della nuova linea AV/AC Venezia – Trieste, con particolare riferimento alla tratta terminale Ronchi dei Legionari – Trieste e connessi interventi di potenziamento degli impianti ferroviari del Nodo di Trieste, per la parte italiana;

- il progetto del nuovo collegamento ferroviario Divača-Koper, già definito nell'andamento plano-altimetrico, per la parte slovena.

Prima fase

Negli incontri intercorsi dal 10 luglio 2007 fino al 11 settembre 2007 tra Italferr (soggetto tecnico italiano, nel seguito ITF) e Projectivno Podjetje Ljubljana (soggetto tecnico sloveno, nel seguito PPL) sono state proposte 9 alternative progettuali, rappresentate nella corografia di sintesi **Allegato 4**, che riporta le 4 soluzioni proposte da ITF e le 5 soluzioni proposte da PPL.

Dette soluzioni, per la cui descrizione si rimanda alla Relazione di prima fase, **Allegato 5**, individuavano sostanzialmente due corridoi alternativi da approfondire a livello di fattibilità nella successiva fase dello studio.

I due corridoi di studio così individuati sono stati analizzati nell'incontro del 13 dicembre 2007 a Trieste, nel quale lo Steering Committee ha espresso la scelta di proseguire gli studi di seconda fase esclusivamente per il corridoio sud, rappresentato da due tracciati di riferimento: la soluzione 1 e la variante 5, rispettivamente in rosso e verde nella corografia **Allegato 6**.

La proposta dello Steering Committee è stata confermata dalla C.I.G. nella riunione del 19 dicembre 2007.

Seconda fase

Nella seconda fase dello studio sono state approfondite le criticità caratterizzanti il corridoio sud e relative fondamentalmente a (**Allegato 7**):

- attraversamento sotterraneo di Trieste in località S. Giovanni, con basse coperture;
- interferenze con fondazioni stradali e sottoservizi;
- tutela ambientale e criticità idrogeologiche in prossimità della Val Rosandra e del monte Stena;
- interferenze con idrogeologia del versante occidentale a Socerb;
- criticità costruttive e ambientali in località Osp;
- sezione galleria, tensione di alimentazione e P.O.C. eventuale.

Per la soluzione delle criticità sono state sviluppate alcune varianti/ottimizzazioni di tracciato (soluzione ottimizzata) e proposte le due opzioni "Cattinara" e "Osp", che lo Steering Committee del 08 aprile 2008 ha stabilito di mantenere nella versione finale dello studio.

4. SOLUZIONE OTTIMIZZATA

Il nuovo collegamento Trieste-Divača ha origine dal km 30+700 della nuova linea AC Ronchi Trieste (in prossimità dei cameroni di allaccio dell'interconnessione di Trieste Ovest del Progetto Preliminare anno 2003), ha una lunghezza complessiva di 35,6 km fino a Divača e si sviluppa quasi completamente in galleria naturale a singolo binario doppia canna e una pendenza altimetrica massima del 17%.

La linea si sviluppa in sotterraneo, fino al km 5, a nord della città di Trieste con una velocità iniziale di progetto pari a 250 km/h.

In prossimità del km 3+800 viene realizzata l'interconnessione di Trieste Est a 100 km/h con tipologia di scavalco a livelli sfalsati; Al km 3+600 è prevista la finestra costruttiva "Opicina" che sviluppa circa 1700 m ed ha una pendenza longitudinale dell'11%.

Successivamente la linea AC si dirige a sud-est sempre in galleria naturale a singolo binario doppia canna attraversando i quartieri di Trieste S. Giovanni superiore con una velocità di progetto è pari a 200 km/h.

Al km 7+750, in prossimità del torrente Grande, viene realizzata l'interconnessione "Cintura" a 100 km/h con tipologia di scavalco a livelli sfalsati; Al km 7+450 è prevista la finestra costruttiva "Cave di San Giovanni" che sviluppa circa 1220 m ed ha una pendenza longitudinale dell'12%.

Subito dopo l'interconnessione il tracciato si dirige ancora ad est collocandosi in un corridoio compreso tra l'ospedale di Trieste e il raccordo autostradale della Grande Viabilità Triestina attraversando ancora l'abitato cittadino in sotterraneo, nonché la linea Trieste-Campo Marzio-Villa Opicina, il torrente Sette Fontane e la S.S. 202 Triestina. In questo ambito la velocità di progetto è pari a 180 km/h.

In prossimità del km 9+600 circa l'interasse dei binari passa a 4 m per consentire la realizzazione del collegamento della linea AC con la zona portuale/industriale di Trieste (impianti merci di Campo Marzio) e con la stazione di Trieste-Aquilinia denominato "Trieste Merci". Detto collegamento utilizza l'esistente raccordo Wartsila e prevede la costruzione di un nuovo tratto di linea a singolo binario in affiancamento all'industria "Grandi Motori" con una velocità di 60 km/h; In questo ambito è collocata, sulla linea AC, una doppia comunicazione pari/dispari a 100 km/h.

Al km 10+900 è prevista la finestra costruttiva "San Giuseppe" che sviluppa circa 960 m ed ha una pendenza longitudinale dell'1,9%. Subito dopo l'interasse dei binari torna ad essere di 30 m e la linea volge a nord-est con una velocità di progetto pari a 180 km/h.

Tra il km 13+500 e il km 17 il tracciato piega decisamente a sud proseguendo ancora in sotterraneo e la velocità di progetto diventa di 160 km/h. Intorno al km 17 l'interasse dei binari passa a 4,20 m con una tipologia di galleria a doppio binario singola canna. Al km 15+500 è prevista la finestra costruttiva "Rosandra" che sviluppa circa 1600 m ed ha una pendenza longitudinale del 10,8%.

Un successivo tratto rettilineo fino al km 18+300 consente l'inserimento dei dispositivi di scambio per una doppia comunicazione pari/dispari a 100 km/h e l'interconnessione a singolo binario tra Trieste e Koper di velocità pari a 100 km/h. Al km 18+400 è prevista la finestra costruttiva "San Dorligo" che sviluppa circa 725 m ed ha una pendenza longitudinale del 2,76%.

Successivamente la linea inverte nuovamente direzione dirigendosi ancora a nord con una curva a sinistra con velocità di progetto pari a 160 km/h realizzando tra il km 20+080 e il km 20+660 un tratto allo scoperto di circa 580 m con la presenza di un viadotto a doppio binario di 320 m compreso tra il km 20+140 e il km 20+460.

La linea AC prosegue poi in galleria naturale a doppio binario singola canna fino al km 22+750 dove l'interasse varia dagli attuali 4,20 m a 25 m. Al km 22+800 circa la linea AC scavalca il ramo di Interconnessione "Koper" e al km 23+180 la linea Divača-Koper. In prossimità del km 24+700 sono collocati i dispositivi per la realizzazione dell'interconnessione Divača-Koper.

Successivamente la linea AC si sviluppa verso nord in galleria naturale a singolo binario doppia canna fino al km 33+500 circa con una velocità costante di progetto di 160 km/h. Tra il km 26+500 circa e il km 26+800 circa sono presenti due brevi tratti allo scoperto.

Tra il km 33+500 e la fine dell'intervento la linea si sviluppa all'aperto mentre l'interasse passa da 25 m a 4.20 in prossimità del km 34.

Nell'ambito di questo studio è stato anche adeguato il collegamento tra la linea di Cintura e l'ingresso della linea AC a Trieste attraverso l'interconnessione di Trieste Ovest già previsto nello studio di fattibilità allegato al Progetto Preliminare del 2003.

5. OPZIONE CATTINARA

La variante ha inizio in corrispondenza del km 4+000 della soluzione ottimizzata e termina al km 12+200 della stessa sviluppando complessivamente 8200 m.

Il tracciato presenta caratteristiche geometriche simili alla soluzione ottimizzata, ma si colloca in un corridoio traslato più a sud in prossimità dell'ospedale di Trieste, nell'ipotesi remota che gli approfondimenti sulle possibili vibrazioni dovute all'esercizio ferroviario, da sviluppare nei successivi livelli progettuali, comportino la necessità di allontanarsi da quest'ultimo.

Al km 3+600, in prossimità del torrente Grande, viene realizzata l'interconnessione "Cintura" a 100 km/h con tipologia di scavalco a livelli sfalsati; Si evidenzia che per quando riguarda il ramo pari del suddetto collegamento, la galleria di diramazione ricade in una zona ad alta densità abitativa dove le coperture minime sono nell'ordine dei 30 m.

Subito dopo l'interconnessione il tracciato si dirige a sud-est collocandosi parallelamente alla soluzione ottimizzata ma circa 300 m più a sud attraversando ancora l'abitato cittadino in sotterraneo nonché la linea Trieste-Campo Marzio-Villa Opicina, il torrente Sette Fontane, la S.S. 202 Triestina e il raccordo autostradale della Grande Viabilità Triestina rispettivamente al km 5+655 e al km 5+289. Questi ultimi due attraversamenti risultano particolarmente critici a causa della probabile interferenza con le fondazioni del viadotto della suddetta viabilità. Si evidenzia inoltre la presenza delle condotte interrato dell'Oleodotto Transalpino e di un metanodotto.

In prossimità del km 5+800 circa l'interasse dei binari passa a 4 m per consentire la realizzazione del collegamento della linea AC con la zona portuale/industriale di Trieste (impianti merci di Campo Marzio) e con la stazione di Trieste-Aquilinia denominato "Trieste Merci". Detto collegamento utilizza l'esistente raccordo Wartsila e prevede la costruzione di un nuovo tratto di linea a singolo binario in affiancamento prima all'industria "Grandi Motori" e poi a nord della Grande Viabilità Triestina con una velocità di 60 km/h; In questo ambito è collocata, sulla linea AC, una doppia comunicazione pari/dispari a 60 Km/h.

Tra il km 6+030 e il km 6+230 la linea AC esce allo scoperto; tra il km 6+790 e il km 6+875 verrà realizzata una galleria artificiale.

Al km 6+540 circa l'interasse dei binari torna ad essere di 30 m e la linea volge a nord-est con una velocità di progetto pari a 180 km/h fino al km 8+610 dove ha termine la variante.

6. OPZIONE OSP

La variante ha inizio in corrispondenza del km 10+000 della soluzione ottimizzata e termina al km 24+608 della stessa sviluppando complessivamente 14636 m.

Dal km 10+800 al km 18+400 il tracciato si sviluppa in galleria naturale a singolo binario doppia canna con interasse dei binari pari a 25 m con caratteristiche geometriche simili alla soluzione ottimizzata discostandosi da quest'ultima più a nord di circa 200 m tra il km 12 e il km 16.

Intorno al km 17 l'interasse dei binari passa a 4,20 m con una tipologia di galleria a doppio binario singola canna. Al km 17+873 è prevista una doppia comunicazione pari/dispari a 100 km/h e al km 18+369 l'inizio dell'interconnessione a singolo binario tra Trieste e Koper di velocità pari a 100 km/h.

Successivamente l'interasse dei binari torna ad essere di 25 m e la linea inverte direzione dirigendosi a nord con una curva a sinistra con velocità di progetto pari a 160 km/h fino al km 24+608 dove ha termine. In questo ambito la variante si distingue dalla soluzione ottimizzata in quanto si sviluppa sempre in galleria naturale. In prossimità del km 18+400 è prevista la finestra costruttiva San Dorligo e al km 20+500 la finestra costruttiva Osp.

7. ASPETTI DI ESERCIZIO

Il progetto della nuova linea Trieste – Divača è caratterizzato da:

- una pendenza massima del 17 ‰ superiore a quella dell'attuale linea storica Trieste – Ljubljana (15‰), ma inferiore alla pendenza della linea esistente Koper – Divača (29‰);
- una velocità di tracciato di 160 km/h, che consente ai treni “pendolini” una velocità di esercizio di 200 km/h;
- un sistema di alimentazione in prima fase a 3kV e in seconda fase a 25 kV o direttamente l'alimentazione a 25 kV;
- il sistema di distanziamento interoperabile ERTMS livello 2.

L'analisi della rete esistente ha consentito di evidenziare le limitate capacità delle linee attuali dovute a situazioni obsolete infrastrutturali, in particolare per la Divača – Ljubljana, e tecnologiche, sul tratto terminale della linea Trieste – Villa Opicina.

Tali limitazioni comportano capacità ridotte rispetto alle moderne linee a doppio binario.

In attesa della realizzazione della nuova linea Trieste – Divača sono dunque auspicabili – e alcuni interventi sono già programmati - potenziamenti tecnologici e infrastrutturali della rete esistente tali da garantire il recepimento di una quota la più elevata possibile della domanda.

Per quanto riguarda la linea Trieste - Divača si è dapprima individuato il lay-out funzionale della nuova linea riportato in **Allegato 8**. Tale lay-out garantisce un buon funzionamento in esercizio normale, degradato e in fase di manutenzione.

Non si sono previsti posti di movimento intermedi sia per difficoltà di inserimento nel territorio, ma anche per la possibilità di effettuare precedenza dinamiche all'interno del nodo di Trieste.

I posti di manutenzione sono stati previsti negli attuali impianti di Koper, Divača e Trieste Campo Marzio.

Dalle simulazioni della marcia dei treni tipo è risultato che i treni merci che circoleranno sulla linea avranno le seguenti composizioni massime:

- 1000 tonn. di peso lordo in semplice trazione;
- 2000 tonn. di peso lordo in doppia trazione.

Con tali composizioni si ottiene la condizione che nessun treno merci scenda ad una velocità inferiore a 70 km/h sulle lunghe rampe in salita verso Divača.

Dalle simulazioni emerge anche la notevolissima riduzione dei tempi di percorrenza per il traffico viaggiatori.

La nuova percorrenza tra Trieste e Divača sarà, con l'utilizzo della stazione passante di Trieste Roiano, nel più sfavorevole dei casi, pari a 17 minuti contro gli 89 minuti della situazione attuale.

Tale consistente vantaggio è da considerare inferiore tenendo conto dei miglioramenti facilmente conseguibili già nello scenario attuale, ad esempio, con la soppressione delle fermate al confine per operazioni di esercizio. Tuttavia, anche scontando detto miglioramento, il risparmio di tempo finale con la realizzazione della nuova linea sarà comunque pari a 30 minuti.

Tale riduzione dei tempi di percorrenza comporta un aumento dei traffici sulla nuova linea sia per la maggiore competitività del trasporto ferroviario sia per il diverso istradamento di alcuni traffici diretti in Austria, come evidenziato dagli studi trasportistici.

Con l'ipotesi di un carico medio netto di 600 tonn. per treno merci (calcolato sulla base delle differenti tipologie di treno) la linea risulta ben utilizzata fino dallo scenario 2025 soprattutto nel tratto Koper – Divača dove i flussi provenienti dall'Italia e dal Porto di Koper si sovrappongono.

Nel 2030 si evidenzia l'inizio della saturazione delle tratte non quadruplicate Divača- Lubiana e Venezia – Ronchi, pur nell'ipotesi di potenziamento di queste ultime

Le analisi di capacità infine evidenziano del 2045 anche la saturazione della tratta Bivio Koper – Divača dovuta in modo particolare all'incremento dei traffici provenienti dal porto di Koper.

8. STUDIO AMBIENTALE

Contenuti e riepilogo/sommario dello studio

Lo studio ambientale è stato condotto in riferimento alla “Soluzione Ottimizzata” ed in riferimento alle opzioni “Cattinara” e “Osp”.

La caratterizzazione dello stato ante-operam del territorio si è basata principalmente sul reperimento di tutti i dati ambientali disponibili, riguardanti sia il territorio italiano che quello sloveno, con l'obiettivo di riuscire a descrivere l'area vasta interessata dal progetto.

In particolare si è fatto riferimento ai dati della Regione Friuli Venezia Giulia, della Provincia di Trieste, dei Comuni di Trieste e San Dorligo per quanto attiene alla parte italiana, ai dati forniti dal Ministero per la Cultura e il Ministero per l'Ecologia e la Pianificazione Urbanistica per quanto attiene il territorio sloveno.

Il versante italiano si presenta molto vario e con differenti unità al proprio interno: a partire da Trieste, la prima parte del territorio è caratterizzata da paesaggi di tipo antropico, da identificarsi per lo più con aree urbanizzate. Spostandosi man mano lungo la linea da Trieste a Divača, a ridosso del confine, si incontra

l'area più importante e vulnerabile dell'intero progetto, corrispondente all'altopiano carsico. Tale ambito, attraversato dal tracciato in galleria, è tutelato quale Sito di Interesse Comunitario/Zona di Protezione Speciale "Carso Triestino e Goriziano" e, in parte, dalla Riserva Naturale Regionale della Val Rosandra.

Sul versante sloveno la nuova linea attraversa, prevalentemente in galleria, territori molto scarsamente antropizzati, praticamente interamente tutelati quali aree di protezione naturale; sono inoltre presenti importanti aree tutelate come zone di protezione delle acque sotterranee.

Si rimanda alla "Corografia generale di inquadramento", scala 1:25.000, per una rappresentazione dei territori interessati e del progetto.

Nello studio ambientale si sono analizzati i seguenti tematismi:

- Acque (superficiali e sotterranee);
- Carsismo e cavità carsiche;
- Elementi naturalistici;
- Patrimonio culturale;
- Paesaggio;
- Uso del suolo (elementi urbanistici, uso programmato del suolo, agricolo e forestale);
- Emissioni (rumore, atmosfera, radiazioni elettromagnetiche e vibrazioni).

Sono, inoltre, state effettuate considerazioni sulle fasi di realizzazione del progetto, in particolare, per quanto riguarda la movimentazione e lo smaltimento delle terre derivanti dagli scavi; questo ultimo aspetto assume particolare rilevanza in relazione al progetto in questione in quanto, sviluppandosi la linea prevalentemente in galleria, sarà prodotto un ingente quantitativo di materiale di scavo con minime possibilità di riutilizzo all'interno del progetto. Alcune ipotesi di gestione dei materiali in questione sono state delineate nello studio, a partire dalla analisi dei Programmi/Piani Nazionali e Locali.

Relativamente ai tematismi sopra elencati, sono state approntate alcune carte tematiche di supporto alla lettura della relazione generale. Alcune carte sono state predisposte sia per il territorio italiano che per quello sloveno, altre si riferiscono solo ad uno dei due stati, vista l'impossibilità di ottenere una visione generale ed uniforme di tutte le differenti unità presenti.

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati grafici, con una sintesi degli argomenti contenuti.

CARTOGRAFIA	scale
<p>COROGRAFIA</p> <p>Tale carta, relativa a entrambi gli Stati, descrive il progetto sull'intero territorio con tutti gli elementi fondamentali del sistema morfologico ed infrastrutturale, come toponimi principali, strade, ferrovie, montagne e colline, fiumi, ecc.</p>	1:25.000
<p>SISTEMA DEI VINCOLI</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio italiano, definisce i vincoli ambientali, che rappresentano un primo livello di disciplina d'uso del territorio.</p>	1:25.000
<p>VINCOLI AMBIENTALI E PAESAGGISTICI</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio sloveno, definisce i vincoli ambientali, che rappresentano un primo livello di disciplina d'uso del territorio.</p>	1:25.000
<p>SISTEMA DELLE AREE PROTETTE (Rete Natura 2000 e aree di importanza ecologica)</p> <p>Tale carta presenta due <i>lay-out</i>: il primo, relativo al solo territorio italiano, identifica le aree protette e la rete dei Siti di Interesse Comunitario dislocati sul territorio, (Area Regionale Protetta Val Rosandra, Sito di Interesse Comunitario/Zona di Protezione Speciale "Carso Triestino e Goriziano"). In tali contesti le trasformazioni d'uso del suolo devono essere limitate. Tale struttura costituisce il secondo livello di disciplina d'uso del territorio.</p> <p>Il secondo <i>lay-out</i> rappresenta le condizioni naturali in Slovenia. L'intero tracciato in territorio sloveno attraversa aree appartenenti alla rete Natura 2000: il pSCI (<i>Siti di Interesse Comunitario</i>) Carso, la ZPS (<i>Zona di Protezione Speciale</i>) Carso e l'area di importanza ecologica Carso.</p>	1:25.000
<p>SISTEMA DELLE AREE PROTETTE (Aree naturali protette)</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio sloveno, identifica le aree protette di elevato pregio naturalistico del Monte Carso, del fiume Zasedski, della Valle di Glinščica e della doppia frana di Radvanj. Tali elementi costituiscono un secondo livello di disciplina d'uso del territorio.</p>	1:25.000
<p>SISTEMA DELLE AREE PROTETTE (Elementi di pregio naturalistico)</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio sloveno, identifica le aree protette di Beka – Gorge of Glinščica con la Valle di Glinščica, i <i>sink-holes</i> e i siti archeologici di Lorenc e del Castello sul Botač.</p> <p>Anche in questo caso si tratta di elementi di secondo livello di disciplina d'uso del territorio</p>	1:25.000
<p>CARTA GEOMORFOLOGICA</p> <p>Tale carta, relativa a entrambi gli Stati, identifica tutti i litotipi presenti sul territorio in esame, individua la posizione delle doline e delle principali grotte e cavità carsiche. I dati geologici sono fondamentali in questo tipo di progetto, in quanto esso si sviluppa prevalentemente in galleria. In questo caso la presenza o meno di criticità geologiche costituisce un terzo livello di condizionamento per</p>	1:25.000

l'uso del territorio.	
<p>CARTA DEL SISTEMA IDRICO SUPERFICIALE E SOTTERRANEO</p> <p>Analogamente al punto precedente, tale carta, relativa a entrambi gli Stati, mostra le componenti idrografiche e idrogeologiche dell'area. Sono stati rappresentati i litotipi differenziati secondo il livello di permeabilità, le direzioni di flusso delle acque, le principali sorgenti e gli elementi del sistema carsico. La caratterizzazione della componente idrogeologica rappresenta il quarto livello di condizionamento per l'uso del territorio.</p> <p>Viene inoltre evidenziato che le acque sotterranee tra il km 22,200 e il km 23,680 rappresentano la maggiore risorsa idrica dell'intera area costiera slovena. L'area di protezione naturale delle acque sotterranee della sorgente di Rižana è regolata da norme di protezione nazionale. Quest'area è soggetta ad un elevato numero di vincoli per l'uso del territorio.</p>	1:25.000
<p>USO DEL SUOLO E SISTEMA DELLA RETE ECOLOGICA</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio italiano, descrive i principali usi del suolo facendo riferimento alla struttura del Corine Land Cover: uso industriale, agricolo, naturale e così via. Sono riportati anche I dati riguardanti i caratteri di natura ecologica: corridoi ecologici e foreste. Essi permettono di comprendere le dinamiche e la struttura del territorio in termini ecologici.</p>	1:25.000
<p>USO DEL SUOLO</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio sloveno, descrive i principali usi del suolo sulla base dei dati del progetto Corine Land Cover: uso industriale, agricolo, naturale e così via.</p>	1:25.000
<p>CARTA DEI BENI AMBIENTALI, STORICI E ARCHEOLOGICI</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio italiano, descrive i principali beni culturali e archeologici del territorio attraversato dal tracciato. Monumenti, chiese, castelli e siti archeologici rappresentano un vincolo non solo per l'area che occupano, ma anche per un intorno abbastanza vasto. La presenza di culturali e storici rappresenta il quinto livello di condizionamento per l'uso del territorio.</p>	1:25.000
<p>CARTA DEL PATRIMONIO CULTURALE</p> <p>Tale carta è relativa al solo territorio sloveno. Nella zona in cui la linea ferroviaria corre in superficie essa attraversa il paesaggio di importanza culturale Podpeč pri Črnem Kalu – Kulturna krajina Kraški rob (EŠD 15087) e l'area archeologica Vrhpolje pri Kozini – Gradišče Veliko Gradišče (EŠD 850), costeggiando l'area protetta di Brkini (parte più alta della Valle di Vremška) Divača Karst.</p>	1:25.000
<p>CARATTERI DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE ED ANTROPICO</p> <p>Tale carta, relativa al solo territorio italiano, descrive le principali vocazioni del territorio, con particolare attenzione alle infrastrutture presenti e agli elementi di urbanizzazione. Le informazioni contenute potranno orientare lo sviluppo della progettazione nelle successive fasi.</p>	1:25.000
<p>SINTESI DELLE CRITICITÀ</p> <p>In tale carta sono rappresentate le maggiori criticità riguardanti le fasi di cantiere e di esercizio del progetto. Si definiscono i potenziali impatti del tracciato</p>	1:10.000

(Soluzione Ottimizzata) e delle sue varianti (Opzioni Cattinara e Osp), in relazione ai diversi sistemi ambientali coinvolti. Nella carta si possono visualizzare le principali criticità del progetto classificate secondo diversi livelli (alta, media, medio-bassa, bassa). Il livello è determinato principalmente dagli effetti che la nuova linea ferroviaria potrebbe avere sulla singola componente ambientale ed è legato alle misure di mitigazione da adottare.	
--	--

La carta è relativa sia al territorio italiano, sia a quello sloveno.

La condizione di tracciato della nuova linea Trieste-Divača, che come più volte detto si sviluppa interamente in galleria, comporta la condizione di irrilevanza per le tematiche legate all'uso del suolo; viceversa risultano emergenti le questioni legate alla produzione di un grande quantitativo di materiali da smaltire.

Inoltre sono stati considerati gli impatti concernenti il sistema di cantierizzazione, per quanto oggi noto.

Le principali criticità si riscontrano proprio in fase di cantiere, nei tratti iniziali delle finestre costruttive, dove saranno realizzate le aree di cantiere, e nei tratti di linea realizzati in viadotto.

Criticità

Sulla base dello studio analitico delle singole componenti del territorio, si possono così riassumere le maggiori criticità riscontrate (cfr. Carta di Sintesi delle Criticità Ambientali, scala 1:25.000 – n. 3 *lay-out*):

Criticità relative agli aspetti geologici e idrogeologici

Il sistema predominante di cavità carsiche e la rete di acque sotterranee, molto vulnerabile all'inquinamento, hanno portato a considerare, in vari tratti, il rischio di modificazione delle acque superficiali e sotterranee sia in termini quantitativi che qualitativi.

Uno dei tratti a maggiore criticità è compreso tra il km 22+200 e il km 23+680, dove il tracciato interferisce con la maggiore risorsa idrica dell'intera area costiera slovena. L'area di protezione naturale delle acque sotterranee della sorgente di Rižana è regolata da norme di protezione nazionale slovena. Nel complesso l'area in questione è soggetta ad un elevato numero di vincoli per l'uso del territorio.

Criticità relative all'aspetto antropico

E' stato considerato il tema relativo alla emissione di vibrazioni relativo alla fase di costruzione (fase di scavo) e di esercizio dell'infrastruttura. L'impatto può essere più o meno significativo in relazione alla profondità delle gallerie. L'area di maggiore criticità coincide con la zona di Cattinara; per evitare rischi si è studiata la omonima opzione alternativa (opzione Cattinara), che si allontana all'area ospedaliera, ritenuta particolarmente sensibile. Tuttavia l'opzione Cattinara induce altre interferenze tra le quali, relativamente all'aspetto antropico, si evidenziano emissioni acustiche e impatti sul paesaggio.

Un altro aspetto considerato è relativo alle interferenze generate dalle aree di cantiere contigue ai nuclei abitati, che possono comportare disagi per gli abitanti. Tali problemi si dovranno ridurre adottando una serie

di misure relative alla ottimale organizzazione dell'area di cantiere, dei macchinari e degli orari di lavoro. In particolare, tali misure dovranno essere rispettate per la costruzione delle finestre di "S. Giuseppe", vicino l'abitato di Bagnoli (parte del Comune di San Dorligo), di "Rosandra" vicino Draga Sant'Elia e "San Dorligo" vicino il Comune di San Dorligo della Valle e vicino Osp e Črni kal.

Con riferimento ai Piani Regolatori Comunali, si evidenziano alcune criticità in corrispondenza delle finestre costruttive di "Rosandra" e "San Dorligo": in entrambi i casi gli imbocchi si trovano in aree considerate dai Comuni come aree con "*sostenibilità minima all'uso del suolo e/o alterazioni del paesaggio*" e, pertanto, scarsamente votate alle trasformazioni.

Criticità relative al sistema naturalistico

Un tratto della linea ricade nell'area regionale protetta della Val Rosandra e nel Sito di Interesse Comunitario/Zona di Protezione Speciale "Carso Triestino e Goriziano". In particolare, in tale contesto si trovano le due finestre costruttive "Rosandra" e "San Dorligo". Gli accessi di entrambe le finestre, ed in particolare la prima, ricadono in contesti con presenza di elementi di elevato valore naturalistico. Alcuni degli habitat tutelati, inoltre, riguardano elementi afferibili al sistema sotterraneo; sussiste pertanto il rischio di incidenze con elementi protetti ad alta vulnerabilità in corrispondenza dei tratti in galleria.

Si rileva, infine, che l'intero tratto sloveno attraversa le due aree appartenenti alla Rete Natura 2000: il pSCI (*Siti di Interesse Comunitario*) Carso, la ZPS (*Zona di Protezione Speciale*) Carso e l'area di importanza ecologica del Carso.

Criticità relative al sistema paesaggistico e storico-culturale

Gli elementi di criticità relativi alla tratta in questione sul sistema in esame sono essenzialmente legati ai tratti a cielo aperto, corrispondenti ai due viadotti della "Opzione Cattinara" e al viadotto della "Soluzione Ottimizzata", in territorio sloveno. In questo secondo tratto, come noto, è stata studiata la "Opzione Osp", che si sviluppa interamente in galleria.

Per quanto riguarda i viadotti della "Opzione Cattinara", essi ricadono in un'area semi-urbanizzata già compromessa dalla presenza di strade. Si dovranno comunque adottare delle misure di mitigazione così da garantire la migliore forma dei viadotti.

Un altro elemento di criticità è riscontrabile in corrispondenza dell'accesso del finestra "Rosandra", che potrebbe incidere sul valore di "borgo tradizionale" del Comune di Draga Sant'Elia.

Nel tratto in cui la linea torna in superficie essa attraversa, in territorio sloveno, l'ambito paesaggistico di importanza culturale Podpeč pri Črnem Kalu – Kulturna krajina Kraški rob (EŠD 15087) e l'area archeologica Vrhpolje pri Kozini – Gradišče Veliko Gradišče (EŠD 850), costeggiando l'area protetta di Brkini (parte più alta della Valle di Vremska) Divača Karst.

L'area della Valle di Osp, tra il km 20+100 al km 20+600, dove si trova il viadotto di progetto della Soluzione Ottimizzata, presenta numerosi vincoli ambientali posti dalla Rete Natura 2000. Quest'area è protetta anche per quanto riguarda il patrimonio culturale e il paesaggio. Nelle vicinanze si trova la grotta di Osapska (*Grad cave*), che, nel caso della opzione Osp, è situata a circa 200 m di distanza.

Conclusioni

Esaminando in sintesi le criticità e gli impatti potenziali derivanti dalla realizzazione del nuovo collegamento ferroviario Trieste-Divača, la fase di cantiere è nettamente distinta da quella di esercizio.

Per quanto attiene la fase di cantiere si può concludere che:

- si sviluppano in questa fase i maggiori impatti ambientali a carico delle diverse componenti
- la maggior parte degli impatti che si sviluppano nella fase di cantiere sono temporanei e reversibili
- gli impatti prevalenti sono relativi alla gestione del materiale di smarino, a motivo della significativa quantità in gioco. In particolare è stato evidenziato nello studio ambientale che l'eccedenza di materiale di smarino si aggirerà intorno ai 9 milioni di m³. Ciò comporterà uno sforzo congiunto tra i proponenti dell'opera, i progettisti e gli Enti Locali, al fine di individuare l'approccio appropriato da perseguire per la gestione di tali ingenti quantità di smarino.

Gli impatti sono ascrivibili, anche se con rilievo differente, a tutte le componenti, poiché si hanno criticità di carattere:

- geologico-idrogeologico: per la presenza delle cavità carsiche e della circolazione idrica sotterranea
- antropico: per le emissioni che possono interferire con i ricettori sensibili e le vibrazioni prodotte per la realizzazione della galleria
- naturalistico: per le interferenze con aree protette e SIC/ZPS "Carso Triestino e Goriziano". L'intero tratto sloveno della linea ferroviaria attraversa anch'esso aree della Rete Natura 2000: il pSCI (Sito di Interesse Comunitario) Karst e SPA (Zona di Protezione Speciale) Karst e l'area di valore ecologico Kras
- paesaggistico e storico-culturale: per il coinvolgimento di aree vulnerabili in fase di cantiere.

Nello studio ambientale sono state indicate una serie di misure di mitigazione aventi effetti di minimizzazione talvolta positivi per più componenti (ad esempio le barriere verdi attorno ai cantieri che migliorano l'inserimento paesaggistico ed abbattano le emissioni inquinanti acustiche ed atmosferiche),

Per quanto attiene la fase di esercizio si può concludere quanto segue.

Dal momento che il tracciato si sviluppa interamente in galleria, fatta eccezione per alcuni tratti in viadotto nella Soluzione Ottimizzata (in territorio sloveno) e alcuni brevi tratti relativi alla opzione Cattinara in

territorio italiano, gli impatti generati in fase di esercizio sono per lo più limitati alle sole zone di imbocco delle gallerie ed alle piccole porzioni all'aperto

Le problematiche legate al consumo di suolo sono molto limitate; uniche nuove opere che saranno realizzate all'esterno sono:

- o Le sottostazioni elettriche, qualora si persegua la soluzione di alimentazione a 3kV. Sarà necessario individuare siti opportunamente localizzati al fine da non interferire con il sistema naturalistico e/o insediativi.
- o Alcune aree di servizio e di sicurezza.
- o Trasporto del materiale di smarino.

Esaminando le tre soluzioni di tracciato, dal punto di vista ambientale, si osserva che:

- la opzione Cattinara allontana il tracciato di progetto dalla zona ospedaliera di Trieste per ridurre i potenziali impatti vibrazionali in fase di esercizio sui ricettori sensibili. Tali impatti in ogni caso hanno una bassa probabilità di accadimento, a motivo delle forti coperture. D'altro canto tale soluzione può produrre altri impatti legati al paesaggio (per la presenza dei due viadotti in area semi-urbanizzata), al rumore, al rischio di inquinamento delle acque in fase di cantiere e di occupazione di suolo naturale.
- la opzione Osp non presenta sostanziali differenze con la Soluzione Ottimizzata in territorio italiano. In territorio sloveno bisogna sottolineare che l'area della Valle di Osp dal km 20+100 al km 20+600, dove si trova il viadotto di progetto della Soluzione Ottimizzata, è soggetta a molti vincoli ambientali (Rete Natura 2000). L'area è anche protetta dal punto di vista culturale e paesaggistico. Nelle vicinanze si trova anche la grotta Osapska (Grad cave), che si pone a 200m di distanza nel caso della soluzione Osp.

In definitiva la opzione Osp comporta meno impatti potenziali sui siti natura 2000, sul paesaggio ed in relazione all'impatto acustico nella fase di esercizio.

9. GALLERIE

Sintesi dello studio di fattibilità per la costruzione delle opere in sotterraneo

Il presente paragrafo descrive, in modo schematico, gli aspetti tecnici riguardanti le gallerie naturali da realizzare nell'ambito dello studio di fattibilità della nuova linea Trieste - Divača, nell'ambito dei territori di Slovenia e Italia.

In generale l'aspetto morfologico del carsismo ipogeo ed epigeo ha rivestito l'importante fattore che ha influenzato tutto lo studio e da cui sono scaturite le conseguenti scelte, stante l'ubicazione del tracciato nel

settore meridionale del Carso triestino da sempre interessato da un'intensa attività morfogenetica con una serie d'innomerevoli forme e tipologie carsiche.

Descrizione delle opere

La realizzazione delle gallerie naturali, sia di linea che delle varie interconnessioni, è prevista con la metodologia dello scavo tradizionale con getto del rivestimento definitivo in opera. Per la maggior parte il nuovo collegamento sarà eseguito in gallerie a doppia canna-singolo binario collegate da by-pass di sicurezza a passo costante al fine di consentire un'adeguata gestione della sicurezza in caso d'incendio o del verificarsi di condizioni di pericolo in uno dei due tunnel. La sezione prescelta amalgama sia le esigenze di riferimento a diverse normative, espresse dalle due amministrazioni ferroviarie, che delle particolarità emerse nel corso della presente progettazione.

Nell'ambito dell'intero progetto si dovranno realizzare anche dei tratti di galleria a doppio binario anch'essi costruiti con la metodologia dello scavo tradizionale con rivestimento definitivo che sarà del tipo gettato in opera. Nelle successive fasi progettuali, relativamente alle sezioni tipo d'intradosso da adottare, si dovranno comunque sciogliere alcune indeterminatezze che attualmente non hanno trovato soluzione quali la larghezza e l'altezza degli stradelli di servizio misurata sul piano del ferro e la distanza degli stessi dalle traversine.

All'interno del progetto è prevista l'esecuzione di numerosi cameroni per realizzare sia le varie interconnessioni sia i passaggi delle tratte da doppia canna a doppio binario e viceversa.

Tutte le varie ipotesi realizzative prese in esame in questa fase progettuale prevedono la realizzazione della totalità o quasi del tracciato in sotterraneo ed in questo particolare contesto lo studio delle finestre intermedie costruttive d'accesso acquista un notevole risalto. Tali opere risultano infatti decisive per l'attuazione dell'intero intervento sia da un punto di vista tecnico che per l'abbattimento dei tempi di realizzazione che restano comunque di rilevante entità. Con riferimento alla "Soluzione Ottimizzata" sono state individuati cinque accessi costruttivi intermedi. La loro posizione rispetto al tracciato risulta strategica oltre che per la costruzione delle gallerie di linea anche per i vari cameroni necessari alla realizzazione delle interconnessioni che interessano l'intera tratta. Per quanto possibile si è cercato di limitarne le criticità che derivano essenzialmente dal posizionamento dei vari imbocchi individuati in zone di importante impatto antropico o di particolare interesse, paesaggistico o culturale. Tali imbocchi sono stati collocati in ambiti defilati o meno esposti. La conseguenza di ciò, nonché delle differenze di quota tra l'imbocco e l'innesto in linea dei vari accessi intermedi, hanno determinato sia delle lunghezze che delle pendenze considerevoli. Infatti, valutando lo sviluppo totale in galleria di linea previsto nella "Soluzione Ottimizzata" la percentuale della lunghezza delle finestre è oltre il 25% costituendo in tal caso una parte significativa dell'intero sviluppo delle opere in sotterraneo. Per quanto riguarda poi il confronto con le caratteristiche degli attacchi intermedi necessari alla costruzione nelle altre opzioni studiate (in special modo per la Soluzione Osp) vi sono alcune differenze, anche importanti, con quanto esposto. Per la Soluzione Osp invece le finestre sono praticamente

identiche alle cinque previste per la soluzione accennata in precedenza, ma con la necessità di inserirne una sesta. Questa esigenza deriva dalla mancanza di un tratto in viadotto ed è funzionale alla realizzazione dei cameroni d'interconnessione verso Divača. Per questa opera sono possibili due alternative d'innesto che sono le uniche a svolgersi completamente in territorio sloveno. La prima, che presenta alcune difficoltà, sostituisce in pratica un possibile accesso in alternativa della realizzazione del viadotto. Per poter ovviare alle sopradette complessità si potrebbe spostare la costruzione della necessaria finestra intermedia in direzione di Divača e da qui si potrebbe operare lo scavo delle gallerie di linea sia verso l'Italia sia in direzione dei cameroni d'interconnessione sulla linea Koper – Divača.

In generale per le esigenze legate alla sicurezza in galleria e alla propagazione di possibili fumi derivanti da un eventuale incendio, i cameroni, saranno dotati di pozzi di ventilazione/aspirazione fumi che, viste le coperture, potrebbero avere sviluppi considerevoli e pertanto se ne dovranno prevedere tecniche realizzative particolari.

Descrizione di alcune peculiarità dei tracciati

Nella descrizione dei diversi tracciati le gallerie di linea mostrano situazioni indifferenziate per quanto riguarda molteplici aspetti, ma con alcune particolarità specifiche.

Dal punto di vista dello scavo le gallerie attraversano varie tratte, riconducibili essenzialmente a due macro litotipi, caratterizzate da:

- a) un ammasso carbonatico che costituisce un complesso idrogeologico calcareo-dolomitico. Questo è caratterizzato da un grado di "permeabilità relativa" elevato con una circolazione idrica sotterranea condizionata, sia nell'insaturo che nel saturo, dalla diffusa fratturazione, dalla presenza di numerosi sistemi di faglie, ma soprattutto dall'esistenza di fenomeni carsici più o meno evoluti. Si segnalano pertanto in queste tratte condizioni idrogeologiche dove potrebbero essere presenti carichi idraulici concentrati, situazioni geomeccaniche dalle scadenti caratteristiche meccaniche in corrispondenza dell'attraversamento di zone, anche importanti, di materiale estremamente fratturato o sciolto nonché il possibile incontro con cavità carsiche anche importanti;
- b) un flysch calcareo-marnoso e/o arenaceo i cui problemi in fase di realizzazione delle opere sono riconducibili alla presenza di una formazione eterogenea caratterizzata da una alternanza di litotipi a differente comportamento meccanico ed idraulico, anche nella stessa sezione di scavo, costituiti in particolare da materiali a comportamento da roccia tenera pressoché impermeabile e litotipi a comportamento prevalentemente litoide. Tale combinazione risulta potenzialmente atta a generare fenomeni di instabilità del fronte e del cavo, comunque superabili con adeguate misure di preconsolidamento e di intervento da prevedere nelle sezioni tipo di scavo che saranno scelte nelle successive fasi progettuali.

L'andamento altimetrico del tracciato risulta generalmente in ascesa verso Divača, ma nella primissima parte dello stesso, a causa dell'interferenza della linea con le due canne dell'interconnessione di "Trieste Ovest", presenta una "corda molle" con il possibile accumulo delle acque di scolo raccolte in galleria. Con il prosieguo delle fasi progettuali tale criticità dovrà essere affrontata e risolta, al limite, con la realizzazione di un by-pass idraulico tra i vari rami di galleria presenti in questa zona per il recapito delle acque a quote di possibile smaltimento naturale.

Le coperture, per tutta la linea, permangono medio-alte con punte di massimo oltre i 250 metri ed andamento costantemente oltre i 100 metri. Sono però presenti zone di minimo, anche in zona urbana od in concomitanza di cameroni d'interconnessione, che raggiungono coperture di poche decine di metri. In tali zone, nel prosieguo dell'iter progettuale, si dovranno affinare le geometrie del tracciato onde evitare, per quanto possibile, la presenza di tali situazioni. Anche le coperture oltre i 100/150 metri presenti lungo parte del tracciato, complicano le difficoltà in fase di scavo, in quanto l'incremento dei carichi litostatici determina un aumento delle convergenze e dei carichi gravanti sui rivestimenti con la conseguenza, nel caso di scavo con metodo tradizionale adottato, dell'incremento dei preconsolidamenti ed i sostegni di prima fase nonché dello spessore dei rivestimenti definitivi.

Dal punto di vista delle preesistenze per buona parte del tracciato non vi sono particolari interferenze. Si segnalano tuttavia dei punti particolari in cui quattro gallerie (due di linea e due d'interconnessione che viaggiano parallelamente a circa 30 metri d'interasse l'una dall'altra) che sottopassano, con coperture variabili tra 50 ed 80 metri, alcuni quartieri posti ad Est di Trieste. In tale zona, nelle successive fasi di progettazione dovranno essere attentamente valutate le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso onde progettare sezioni di scavo e consolidamento idonee a controllare gli effetti della realizzazione delle quattro gallerie sulle preesistenze al piano campagna ed in particolare dovranno essere previste tecniche di scavo che permettano un controllo delle vibrazioni indotte dalle operazioni di abbattimento dell'ammasso roccioso.

Produzione di marino e fabbisogni di calcestruzzo

Per quanto riguarda le produzioni di materiale scavato dai punti di attacco si ottengono volumi pari a circa 11 milioni di m³ che considerando i margini d'incertezza legati all'attuale fase progettuale contengono un margine di accuratezza pari a $\pm 20\%$.

Considerando inoltre il materiale estratto sarà prevalentemente flysch o calcare, nelle percentuali rispettive del 40 e 60% circa, si potrebbe prevedere una produzione proveniente dallo scavo delle gallerie rispettivamente di 4,4 milioni di m³ e di 6,6 milioni di m³. Per quanto riguarda il calcestruzzo, con le dovute approssimazioni, che in questo caso risultano maggiori per l'espressa decisione di non voler definire specificamente spessori di rivestimenti in questa fase progettuale, una stima di 1.450.000/1.600.000 m³ rappresenta un quantitativo minimo ipotizzabile per la realizzazione dell'intera tratta.

Qualora nel prosieguo dell'iter progettuale dovessero sorgere problematiche legate all'utilizzo di qualcuno degli attacchi intermedi previsti e si volessero diminuirne i volumi scavati od addirittura eliminare completamente la finestra, gli attacchi limitrofi dovrebbero supplire a tali mancanze con un allungamento dei tempi d'esecuzione complessivi.

Stima dei tempi di realizzazione delle opere civili in galleria

Il programma di esecuzione delle opere prevede la suddivisione dei lavori in due fasi. La prima presume la realizzazione delle finestre d'attacco intermedie mentre la seconda è correlata alla costruzione vera e propria delle gallerie di linea e di interconnessione. Per limitare al massimo i tempi d'esecuzione si è inoltre adottato il criterio generale di prevedere la contemporaneità di tutte le attività tra loro non interferenti. Le fasi realizzative delle opere, suddivise come visto in precedenza, si condizionano reciprocamente solo in parte e pertanto il tempo totale di esecuzione del lavoro è determinato dalle operazioni eseguite dalla finestra da cui risulta la maggiore complessità. Si è attivata un'ulteriore sensibilità per quel che riguarda le operazioni da svolgere tramite alcuni accessi intermedi, in considerazione delle particolari condizioni ambientali in cui si troverebbero e che sconsigliano un carico di lavoro eccessivo. Considerando i vari punti d'attacco le operazioni di realizzazione delle diverse tratte terminano tutte nell'arco di un anno, compreso tra i 5 anni e mezzo ed i 6 anni mezzo, indice di un buon posizionamento delle finestre e di un buon bilanciamento dei lavori. Ai tempi così determinati è apparso corretto aggiungere un'alea di 6 mesi per prendere in conto un generico rischio geologico derivante dall'incontro, durante lo scavo, con zone di faglia, cavità carsiche, falde importanti, ecc. Il tempo complessivo per la realizzazione delle sole opere civili in sotterraneo risulta quindi di 7 anni. Pertanto la zona "triestina" si rivela la tratta temporalmente più critica per la realizzazione dell'intero corridoio.

Conclusioni

Durante lo studio delle varie ipotesi di tracciato proposte non sono emerse soluzioni che presentano assenza di criticità di rilievo e che permettano una precisa scelta progettuale di tracciato. Tutte le ipotesi analizzate presentano infatti delle notevoli criticità per quel che riguarda la realizzazione delle gallerie sia di linea che di interconnessione. Le opere in sotterraneo previste, sono collocate per gran parte nel settore meridionale del carso triestino interessato da innumerevoli forme e tipologie carsiche che condizionano la circolazione idrica superficiale e profonda, hanno lunghezze considerevoli, con tratte sia a notevole copertura che a bassa copertura anche in ambito urbano, con imbocchi anche parietali ed in zone a morfologia fortemente acclive nonché spazi necessari ai relativi cantieri decisamente sfavorevoli. Si è pertanto arrivati alla fine del presente lavoro avendo individuato un sostanziale corridoio (soluzione ottimizzata) con alcune possibili circoscrizioni alternative (Cattinara, Osp). La successiva fase progettuale dovrà necessariamente combinare i vari tracciati adattandone l'andamento piano altimetrico al fine di risolvere le criticità individuate. Nella successiva fase di

progettazione preliminare dovranno essere anche eseguite le indagini geognostiche necessarie ad indagare gli aspetti di criticità individuati dallo studio geologico eseguito in questa fase progettuale.

10. VIADOTTO

Nel tratto, compreso tra le progressive 20+140 e 20+460 circa, è previsto un viadotto in curva, a doppio binario con intervallata di m. 4.20, necessario alla risoluzione dell'attraversamento di una zona allo scoperto, caratterizzata da un pendio notevolmente acclive, a tratti instabile e con il tracciato ferroviario tangente alla superficie del pendio stesso.

Le suddette criticità, dovute alle complesse condizioni geomorfologiche del sito, unitamente alla notevole difficoltà di accesso alle aree di intervento, hanno fortemente caratterizzato le scelte tipologiche e geometriche dell'opera d'arte in esame.

In questa fase progettuale si propone un viadotto a sezione mista, ad otto campate in semplice appoggio da m. 40 di luce, per uno sviluppo complessivo di 320 m.

La tipologia costruttiva degli impalcati, a sezione mista acciaio calcestruzzo a 4 travi, è quella che meglio si adatta da un lato all'esigenza di realizzare il minor numero di pile possibile e dall'altro alla necessità di ridurre al minimo le criticità legate al trasporto, allo stoccaggio ed all'assemblaggio delle travi metalliche di impalcato.

Le pile (hmax 15 metri circa) e le spalle, sono in c.a. ordinario ed insistono su fondazioni profonde su pozzi e/o pali di grande diametro. L'effettiva tipologia delle fondazioni sarà definita nelle successive fasi di sviluppo della progettazione ed a seguito dell'acquisizione dei dati geognostici, ad oggi indisponibili.

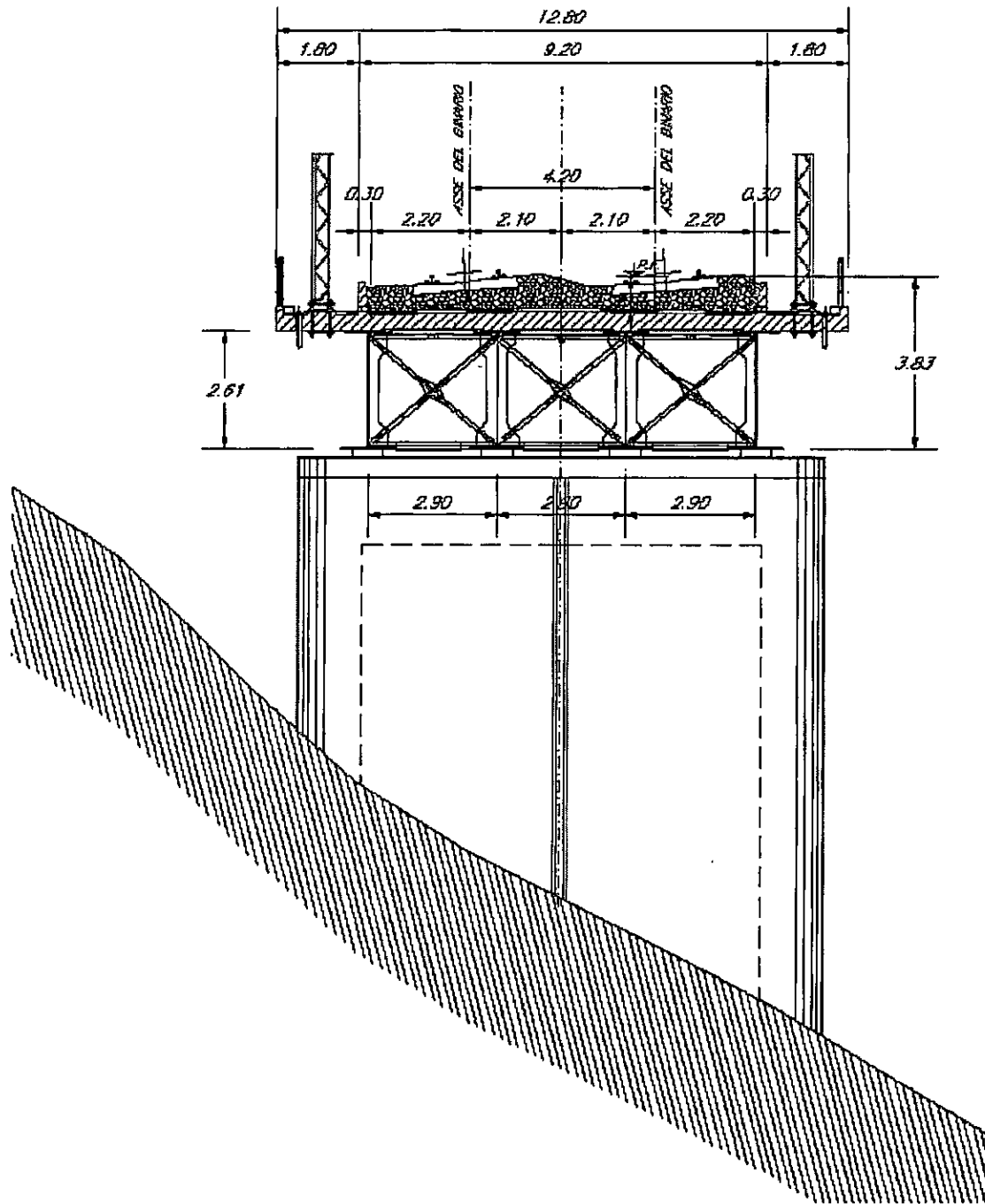
La realizzazione dei piani di lavoro e delle viabilità di accesso e di cantiere comporterà necessariamente l'esecuzione di impegnative opere provvisorie, quali riprofilature dei pendii, realizzazione di diaframmi, deviazioni provvisorie e/o definitive di corsi d'acqua, opere di sottoscarpa, di controripa, etc

Infine è opportuno far notare che, in considerazione della notevole pendenza trasversale dell'attuale piano campagna (compresa tra 35° e 45° circa), maggiore di quella media dei rilevati (33°), è necessario che i tratti in rilevato ed in trincea, siano contenuti a tutta altezza rispettivamente da muri di sottoscarpa o di controripa, questi ultimi, ove necessario, sormontati da adeguati presidi paramassi a protezione della linea ferroviaria.

Di seguito si riporta la sezione tipologica del viadotto in esame, per ulteriori dettagli si rimanda al relativo elaborato grafico.

Viadotto tra il Km 20+140 e il Km 20+460

sezione trasversale tipologica



11. GEOLOGIA

Principali steps di sviluppo degli studi geologici

Il collegamento Trieste-Divača attraversa la regione localizzata al margine nord-orientale del confine tra Italia e Slovenia, caratterizzata dalla presenza di uno sviluppato sistema carsico, per cui lo studio geologico è stato orientato alla ricerca di un tracciato ferroviario tale da limitare l'interferenza con il sistema carsico e la circolazione idrica sotterranea.

Lo studio ha compreso due successivi steps di analisi geologica.

In una prima fase sono state analizzate le principali caratteristiche geologiche lungo una serie di proposte di tracciato individuando due soluzioni, denominate Soluzione 1 e Variante 5, considerate le migliori dal punto di vista geologico.

I risultati delle analisi eseguite hanno condotto alla ricerca di alcune modifiche migliorative da fare alle due proposte di tracciato, per individuare un percorso migliore per ridurre o risolvere i problemi geologici in corrispondenza di alcune zone critiche, arrivando a definire un ulteriore range di tre possibili tracciati:

- la Soluzione Ottimizzata (circa 36 km), un percorso misto tra la Soluzione 1 e la Variante 5;
- l'Opzione Cattinara (circa 8 km), un tratto in variante della Soluzione Ottimizzata, spostato in direzione sud-ovest;
- l'Opzione Osp (circa 26 km), un altro tratto in variante della Soluzione Ottimizzata, nel quale la curva che attraversa il Monte Stena è stata ampliata verso est.

Condizioni generali

Il corridoio studiato interessa per una prima parte il settore sud-orientale del Carso triestino, nel quale l'altopiano carsico si raccorda con il mare mediante una serie di rilievi collinari disposti ad arco, e, per una seconda parte, si sviluppa in territorio Sloveno per allacciarsi al tracciato ferroviario del progetto Koper-Divača.

L'altopiano è a quote di circa 380 metri s.l.m. in corrispondenza di Basovizza-Bazovica, di 478 m s.l.m. in corrispondenza di Pese-Pesek, di 400 m s.l.m. sull'Altopiano di S. Servolo-Socerb, con alcune culminazioni: il M. Cocusso-Kokoš (672 m s.l.m.), il M. Goli-Golič (621 m s.l.m.), il M. Stena (442 m s.l.m.), il M. Carso-Veliki vrh (439 m s.l.m.) o cima Monte Carso-Mali Kras (457 m s.l.m.).

I rilievi collinari addossati all'altopiano sono solcati da piccoli rii poco incisi e da un corso d'acqua di maggiore importanza che si fa profondamente inciso in corrispondenza della Val Rosandra- (Glínščica).

Nell'area affiorano rocce di età da Cretacico a Eocene, irregolarmente coperte da depositi quaternari poco potenti. Nella Carta Geologica sono riportati gli areali di affioramento delle diverse formazioni, la giacitura della stratificazione, le faglie ed i sovrascorrimenti.

Nello specifico, le formazioni affioranti (per quelle carbonatiche si mantiene la denominazione tradizionale di Membri) sono, dalla più antica alla più recente:

- i calcari del Membro di Borgo Grotta Gigante (Cretacico sup.),
- i calcari del Membro di Monte Grisa (Paleocene p.p.),
- i calcari del Membro di Opicina (Paleocene p.p.- Eocene inf.),
- le marne ed i calcari marnosi eocenici,
- il Flysch di Trieste (Eocene),
- i depositi recenti (Quaternario).

La zona in esame presenta quasi esclusivamente strutture di tipo compressivo e transpressivo tradizionalmente incluse nella catena delle Dinaridi Esterne, deformate nell'Eocene superiore-Oligocene. Ci sono stili strutturali diversi:

- a NW l'altipiano carsico è modellato nella anticlinale di rampa (ad angolo relativamente basso) di un imponente overthrust che espone all'affioramento gran parte della sequenza cretacica della piattaforma carbonatica dinarica. I rapporti tra carbonati e Flysch sono regolati dalla geometria della rampa stessa che si impenna verso SW coinvolgendo nella parte frontale, massimamente deformata, anche una parte della sequenza terrigena. Le colline in Flysch dell'area urbana triestina sono interessate da thrust minori che possono essere considerati, in parte, diffrazioni frontali della linea di sovrascorrimento principale, oppure prosecuzioni di strutture più meridionali;
- a SE si sviluppa l'estremità nord-occidentale della "Struttura embriata della Čičarija", un'esteso complesso strutturale a thrust numerosi e serrati, a ridotto trasporto tettonico, mediamente orientati SE-NW, limitato a SW dalla "Piattaforma istriana". La subthrusting belt coinciderebbe con queste strutture.

In Val Rosandra si osservano tre sistemi strutturali sovrapposti: un insieme di pieghe concentriche di cui la più rappresentativa è la piega rovesciata di Monte Carso, il fianco nord-orientale della struttura stessa è interessato da scaglie tettoniche minori delimitate da faglie (il piastrone calcareo di San Servolo è collegato a questa struttura da una tear fault a rigetto importante), il versante opposto della Val Rosandra è caratterizzato da una serie di piccoli thrust, culminanti nella struttura di Monte Stena e strutturalmente sovrapposti alle pieghe precedentemente descritte.

Dal punto di vista geomorfologico, il carattere distintivo dell'area è il carsismo che interessa, in superficie ed in profondità, le rocce calcaree.

L'analisi della distribuzione, della forma e della genesi delle morfologie carsiche ha permesso di suddividere la zona in esame in tre settori a caratteristiche morfologiche omogenee:

- il Carso Classico , tra gli abitati di Opicina e Bazovica, dove numerose doline e cavità interessano il plateau carbonatico; è lecito supporre che le acque di ruscellamento vengano assorbite in profondità e fatte confluire per vie ipogee sconosciute verso N e NW in quanto sostenute almeno in parte dal sovrascorrimento di Pese-Pesek;
- il Monte Stena e la Val Rosandra localizzati nella parte occidentale del plateau del Carso Classico. La Val Rosandra è l'unico esempio di valle fluvio carsica del Carso triestino con idrografia superficiale. Le piccole forme di corrosione superficiale sono diffuse in tutta l'area di pertinenza dei calcari, cui compete una carsificabilità da media a medio alta. I fenomeni carsici sotterranei sono molto sviluppati: in particolare il Monte Stena racchiude un esteso reticolo di grotte espressione di una geografia e di una idrologia antiche, sviluppate per oltre 7000 metri complessivi su quattro livelli di quota, dalle mutevoli forme e dall'articolato andamento;
- il Carso di San Servolo: in sinistra orografica del Torrente Rosandra si eleva la propaggine settentrionale della struttura embricata della Čičarija; da un punto di vista geomorfologico la zona è caratterizzata da un plateau carsico che degrada leggermente verso SE e che a N termina con la scarpata del Monte Carso in corrispondenza dell'incisione valliva del Torrente Rosandra. Le acque attraversano il massiccio carbonatico in un reticolo carsico maturo a dreni dominanti fino a riemergere in parte alle Sorgenti di Bagnoli.

Dal punto di vista dell'assetto idrogeologico l'area oggetto di studio è suddivisibile principalmente in quattro domini:

- aree costituite da Flysch, dove la presenza di circolazione idrica dipende dalle condizioni geologiche ed è in generale favorita da fattori litologici specifici (avviene prevalentemente nelle arenarie fessurate sostenute da interstrati marnosi)
- zone calcaree pertinenti al Carso Classico, prevalentemente impinguate dalle precipitazioni meteoriche, con un altro importante contributo di alimentazione dagli apporti provenienti dal fiume Timavo Superiore-Reka a San Canziano-Škocjan in Slovenia;
- l'area del Monte Stena e il corso del Torrente Rosandra, dove è possibile localizzare due sistemi idrogeologici principali: uno superiore detto "sistema alto", in parte delimitato al letto dal sovrascorrimento che interessa il versante del Monte Stena, ed uno inferiore detto "sistema basso" che coincide con il letto del Torrente Rosandra e la parte bassa del versante SW del Monte Stena stesso. Entrambi i sistemi sono caratterizzati da una circolazione delle acque sotterranee in rete carsica e sono parzialmente interconnessi;

- l'altopiano carsico di San Servolo, situato in Slovenia, a monte dell'estesa parete subverticale che sovrasta San Dorligo, un rilievo calcareo sovrascorso sopra le arenarie e marne della formazione del Flysch.

La falda carsica, probabilmente discontinua, che risiede nell'idrostruttura è alimentata principalmente dalle precipitazioni dirette e dagli apporti provenienti da numerosi inghiottitoi. Fra questi i più importanti sono i quattro inghiottitoi rinvenibili nella valle di Loke al piede degli abitati di Beka e di Ocizla.

Problematiche e criticità

L'importanza dei terreni calcarei risiede nel fatto che le rocce carbonatiche sono fessurate e carsificate, senza uno spesso strato protettivo superficiale di argilla, e comunque ad alta permeabilità: all'interno dell'area dei calcari non appaiono sorgenti superficiali e corsi d'acqua. Corsi d'acqua localizzati corrono solamente laddove affiorano interstrati di flysch tra il calcare. Il calcare rappresenta il principale acquifero che, nell'area carsica, viene sfruttato a scopo idropotabile.

Al fine di definire al meglio la carsificazione profonda in corrispondenza dei tracciati, in questa prima fase di lavoro si sono dapprima analizzate le forme (doline e cavità) presenti all'interno di una fascia larga 5 km simmetrica rispetto all'asse dei tracciati denominati "Soluzione Ottimizzata", "Opzione Cattinara" e "Opzione Osp" (buffer 2500) e successivamente si sono prese in considerazione solamente quelle presenti in una fascia più ristretta di un centinaio di metri circa (buffer 50). All'interno del buffer 50 lungo la Soluzione Ottimizzata ricadono gli ingressi di 11 cavità, tutte con profondità minore di 150 m e/o con sviluppo minore di 500 m; lungo la Opzione Cattinara invece, si rinvengono 2 ingressi di cavità: di esse nessuna raggiunge profondità maggiori di 150 m o sviluppo planimetrico maggiore di 500 m.

Lungo la Opzione Osp 4 cavità si collocano all'interno del buffer 50 ma nessuna di esse presenta morfologie e dimensioni interessanti.

Le cavità i cui ingressi si aprono fuori dal buffer 50, ma i cui volumi di sviluppo possono interagire con i tracciati della Soluzione Ottimizzata e della Opzione Osp sono almeno 7; nel caso della Opzione Cattinara nessuna cavità assume questa caratteristica.

Gran parte di queste cavità si aprono all'interno del Monte Stena e dovrebbero interessare i due tracciati fra le progressive da circa 14+000 a circa 16+000.

Il progetto relativo alla Soluzione Ottimizzata si sviluppa molto vicino al livello delle acque di fondo tra il chilometro 0+000 ed il chilometro 6+000; lo stesso discorso può essere fatto per i primi 2+150 chilometri della Opzione Cattinara.

D'altro canto, pur se a minima profondità dal piano campagna, la Soluzione Ottimizzata potrebbe interagire direttamente con la Grande Viabilità triestina e con le tubazioni superficiali del metanodotto/oleodotto.

Tra i chilometri 14+000 e 15+230, la Soluzione Ottimizzata potrebbe intercettare il reticolo di cavità note che si sviluppano all'interno del Monte Stena con un conseguente impatto sulle acque sotterranee dell'area. La Opzione Osp si sviluppa a circa 500 m in direzione E dalla Soluzione Ottimizzata ma nel mantenerne le stesse quote potrebbe anch'essa interagire con le acque circolanti all'interno del Monte Stena.

Anche il tratto in Italia in corrispondenza delle progressive da 18+500 a 18+800 circa potrebbe interagire con l'idrogeologia del versante occidentale dell'Altopiano di San Servolo (la sorgente Maganjevec si trova infatti a quote appena superiori a quelle del piano ferro).

I problemi principali relativi ai tre diversi tracciati sono i seguenti.

Soluzione Ottimizzata

- interessa formazioni carbonatiche (di età compresa tra il Cretaceo e il Terziario) tra i km 0+000÷6+170, 13+090÷15+400, 16+400÷18+600, 20+400÷25+300, 27+700÷35+600; nelle altre parti il tracciato corre nelle arenarie e marne della formazione del Flysch;
- i calcari presentano caratteristiche meccaniche da discrete a buone mentre il Flysch generalmente scadenti; queste condizioni peggiorano in corrispondenza di piani di faglia e sovrascorrimento (come tra i km 13+050÷13+150);
- dal km 14+000 al 15+230 circa, il tracciato interessa la zona di radice del Monte Stena, al cui interno si sviluppa il sistema ipogeo della Grotta Savi / Fessura del Vento; dal km 15+230 si entra in territorio Sloveno, tranne un breve tratto tra i km km 18+500 and 18+800, che ricade nuovamente in territorio italiano;
- nel tratto iniziale fino al km 6+170, il piano ferro è a pochissima distanza dal livello normale delle acque di fondo carsiche (fra 9 e 11 m s.l.m.) ed è decisamente sotto il livello che le acque raggiungono durante le piene "importanti". Questo livello risulta essere almeno a 46 m s.l.m.
- Dalla progressiva 14+000 alla 15+230, la Soluzione Ottimizzata aggira in sotterraneo le pendici orientali del Monte Stena; la zona ad Est è caratterizzata da una quasi totale assenza di cavità note. Le uniche doline presenti nella fascia ristretta in esame si collocano alla progressiva 14+700 e 14+800. Tuttavia l'analisi delle direzioni di sviluppo delle grotte del Monte Stena ha evidenziato una preponderante orientazione delle stesse verso E-NE, che le porta ad avvicinarsi al tracciato. Tra queste vanno menzionate la Grotta Gualtiero Savi, la Grotta Martina Cucchi, la Fessura del Vento e la Grotta delle Gallerie. Questo sistema di sale, gallerie e forre si sviluppa complessivamente tra i 400 ed i 200 m s.l.m., ad una quota sempre superiore ai 50 m dal piano ferro. Tuttavia nelle cavità si rinvenivano numerosi bacini d'acqua sospesi, in parte collegati con il vicino Torrente Rosandra. Comunque sia, il tracciato della Soluzione Ottimizzata dovrebbe essere a distanza dai volumi intensamente carsificati sufficiente a ridurre la possibilità di intercettazione di vani e specialmente di vani allagati o allagabili. Due

interferenze con cavità, la Miškotova Cave con un ponte naturale e la S-4/Socerb (km 24+900), sono attese nella zona tra Beka ed Ocisla (area in cui si sviluppa un carsismo di contatto) al di sopra del tunnel ferroviario.

- Tra il km 22+200 ed il 23+610 la Soluzione Ottimizzata si sviluppa nell'area di protezione delle acque sotterranee della sorgente Rižana la quale risulta captata per uso potabile. La zona di protezione è costituita da un acquifero carsico dove sono rilevabili velocità di deflusso molto elevate delle acque sotterranee. Questi deflussi risultano molto sensibili agli interventi sull'ambiente; una possibile diffusione di contaminanti potrebbe raggiungere distanze di diversi chilometri.

Opzione Cattinara

- La Soluzione Ottimizzata e la Opzione Cattinara seguono lo stesso percorso nei primi 2 chilometri (dalla progressiva 0+000 alla 2+030 della Opzione Cattinara). Lungo questa tratta nessuna cavità si apre all'interno del buffer 50; non sono, altresì, presenti cavità note che possano interferire con le gallerie ferroviarie; dal chilometro 2+030 al chilometro 8+610 la Opzione Cattinara si sviluppa all'interno di terreni marnoso arenacei non carsificabili; la superficie topografica risulta intensamente incisa da corsi d'acqua temporanei aventi portate molto ridotte.
- Tra le progressive 6+200 e 6+930 il tracciato attraversa due piccoli impluvi. Lungo la prima incisione il tracciato interferisce in parte con la rete autostradale di Trieste intersecando i piloni di un viadotto ivi presente. Lungo il secondo impluvio il tracciato potrebbe interagire con le condotte sotterranee dell'oleodotto Transalpino e con i piloni autostradali.

Opzione Osp

- La Opzione Osp si sviluppa interamente in Flysch fino alla progressiva 2+930. Fra le progressive 2+800 e 3+100 si ha la probabile intersezione con uno dei grandi piani di sovrascorrimento che portano le assise carbonatiche a sovrascorrere sul Flysch. Non si conosce con esattezza l'angolo di immersione del piano di faglia, per cui oltre ad una tettonizzazione intensa del Flysch si potrebbero intersecare scaglie di calcare. Tra il chilometro 2+880 ed il 3+300, il progetto passa al di sotto della grande dolina posta a NW dell'abitato di San Lorenzo in Selva. Il rilevamento geologico di superficie suggerisce un'origine primaria di crollo della stessa (brecce cementate, livelli di concrezione, l'ingresso di una cavità – 2171/4676 VG – rivelano la presenza di fenomeni carsici ipogei nell'area).
- Dalla progressiva 3+500 alla 5+200 circa, il tracciato interessa la zona di radice del Monte Stena, al cui interno si sviluppa il sistema ipogeo della Grotta Savi / Fessura del Vento. In particolare, dal punto di vista geologico tecnico, sono da aspettarsi complicazioni tettonico strutturali lungo tutti i tracciati che intersecano i piani di faglia che portano la compagine calcarea sul Flysch.
- Dalla progressiva 5+200 il tracciato entra in Flysch e in territorio sloveno attraversando dapprima terreni in Flysch e successivamente i calcari del Monte Carso.

- Interessa ancora il territorio italiano in un brevissimo tratto, tra le progressive 8+720 e 9+200, ove dovrebbe svilupparsi nella zona di contatto tra calcari e Flysch. In questo tratto il tracciato potrebbe interagire con l'idrologia della parte occidentale dell'altopiano di San Servolo (la sorgente Meganjevec è, infatti, localizzata ad una quota di poco superiore a quella del piano ferro).
- In territorio sloveno il progetto attraversa principalmente rocce carbonatiche molto carsificate e secondariamente l'alternanza tra marne e arenarie non carsificate; lungo questa tratta il progetto si ricollega alla linea ferroviaria Koper-Divača, della quale mantiene lo stesso piano fino a Divača.
- Tra il chilometro 9+000 ed il 17+000 il tracciato corre al di sotto della parte meridionale del Carso di San Servolo; qui si identificano numerose piccole doline la cui genesi può essere attribuita, nella maggior parte dei casi, a roofless cave ed a doline di crollo successivamente evolutesi per dissoluzione.
- Tra la progressiva 14+600 e la 15+000 il tracciato incontra una serie di inghiottitoi carsici (inghiottitoi di Beka-Očizla) che convogliano nel sottosuolo l'acqua di alcuni torrenti che incidono i suoli torbidity impermeabili superficiali (la sinclinale di Beka-Očizla). La parte di tracciato che attraversa questa zona di contatto presenta le stesse problematiche idrogeologiche della Koper-Divača connesse con l'intersezione di vuoti carsici e le fluttuazioni della tavola d'acqua.
- Tra il chilometro 22+340 ed il 23+580 la Opzione Osp si sviluppa nell'area di protezione delle acque sotterranee della sorgente Rižana la quale risulta captata per uso potabile. La zona di protezione è costituita da un acquifero carsico dove sono rilevabili velocità di deflusso molto elevate delle acque sotterranee. Questi deflussi risultano molto sensibili agli interventi sull'ambiente; una possibile diffusione di contaminanti potrebbe raggiungere distanze di diversi chilometri.

12. TECNOLOGIE

Sinteticamente vengono indicate alcune valutazioni effettuate nel presente studio di fattibilità in merito agli impianti tecnologici, rimandando per maggiori dettagli all'elaborato specifico "Relazione Generale Impianti tecnologici" IZ 00 F97 RGIT0000003.

Trazione elettrica

Al fine di facilitare le future scelte della committenza è stato condotto per tempo, per il sistema di elettrificazione, un confronto tra le architetture e le prestazioni dei possibili sistemi di elettrificazione (25kV-50Hz e 3kVcc).

Il confronto, effettuato sulla base dell'esperienza condotta sulle altre tratte AV/AC, nonché su considerazioni di carattere sistemistico e di impatto sul territorio, ha già illustrato in un precedente studio le particolarità e differenze tra i due sistemi nonché l'applicazione per il corridoio scelto.

Sono state pertanto evidenziati i vantaggi, le maggiori prestazioni e semplicità del sistema 25kVc.a. e tuttavia, su specifica richiesta della committenza, si è comunque proceduto ad uno studio di una soluzione che preveda una prima fase di alimentazione della linea di contatto a 3kV c.c., lasciando solo ad una fase successiva la trasformazione a 25kV c.a., questo perché ad oggi, e a questo livello di affinamento progettuale, sono ancora troppi gli input da definire per la scelta del sistema elettrico di trazione.

Pertanto per la definizione della soluzione da applicare al sistema di elettrificazione, stante la fattibilità sia della soluzione 3kV che a 25kV, si rimanda alla successiva fase di progettazione preliminare nella quale, anche in funzione del rispetto degli standard progettuali (STI) e della verifica della disponibilità delle fonti energetiche, potrà essere operata la scelta definitiva.

E' il caso di precisare e ribadire che allo stato attuale l'ipotesi di architettura adottata è di solo orientamento in quanto saranno le successive fasi progettuali a definire l'assetto finale anche in considerazione delle numerose variabili ancora presenti, sia in merito al tracciato, sia in merito al traffico, sia alla disponibilità delle fonti energetiche primarie ipotizzate, tutte da verificare in fase di progetto preliminare con le tipiche attività di simulazione di funzionamento del sistema.

Di seguito si illustrano le principali caratteristiche delle due ipotesi di lavoro.

Sistema a 25 kV 50 Hz Architettura e Potenzialità

Le Sottostazioni (SSE) tipicamente sono distanziate di 50 km; tra esse, con passo di 12 km sono interposti 3 posti intermedi di autotrasformazione e parallelo pari/dispari (PP) con due autotrasformatori da 15MVA; nel nostro caso sarà necessaria una sola SSE presso Divača.

Nella ipotesi di alimentazione a 25kVc.a. della linea, non si prevede di realizzare alcun elettrodotto eccezion fatta per una bretella di collegamento A.T., di circa un chilometro, tra la Cabina Primaria di Divača e la SSE Elettrica 25kV .

Sulle interconnessioni con la linee a 3kVc.c., saranno adeguatamente ubicati i posti di confine elettrico (POC) tra il sistema a 25 kV e il sistema a 3kV.

Per la Linea di contatto saranno da definire le sospensioni anche in funzione della sezione di galleria ipotizzata.

L'altezza filo contatto sotto sospensione sarà di m 5,30 dal piano del ferro secondo gli indirizzi degli standard di interoperabilità europei.

Alimentazione a 3 kV c.c. - Architettura e Potenzialità

Per la completa elettrificazione della nuova tratta a 3 kV c.c. al fine di garantire una potenzialità ed affidabilità, si ipotizza di distribuire le SSE ad un passo di medio di 8-10 km attrezzandole adeguatamente.

Nella tratta si ipotizzano 6 SSE di cui:

- una SSE già prevista in territorio italiano (Villa Opicina) e compresa nella sottratta Ronchi-Trieste. Non è conteggiata quindi nell'intervento.
- tre SSE da realizzarsi ex novo una in territorio italiano nei pressi di San Giuseppe, al km 11 circa, due in territorio sloveno circa al km 19 e 27 rispettivamente.
- una SSE da rinnovare completamente (quella di Divača) portandovi l'alimentazione AT dalla Cabina Primaria di Divača - in quanto oggi alimentata in MT a 35kV - e da potenziare.

Alcune di esse potrebbero dover essere realizzate in galleria per le zone interessate dal tracciato di particolare pregio ambientale.

Per l'alimentazione delle SSE visto lo sviluppo dei corridoi di tracciato, si deve ipotizzare la realizzazione alcuni elettrodotti (e/o cavidotti) di AT (132kV e 110kV).

Dovrà essere approfondita la tipologia (aerea, terna compatta, cavidotto di collegamento) e l'opportunità di realizzare un collegamento tra le due linee AT ed i due sistemi elettrici nazionali per consentire una richiusura immediata su guasto ed una ri-alimentazione rovescia alla SSE eventualmente rimasta priva di fonte energetica.

Nel fabbricato di SSE saranno installati, oltre ai citati gruppi di conversione, anche tutte le apparecchiature di protezione (filtri, interruttori extrarapidi) e le interfacce di telecomando; dall'interno del fabbricato attraverso collegamenti in cavo si va ai sezionatori a corna attraverso i quali si alimentano le condutture di contatto.

Per la linea di contatto saranno da definire le sospensioni anche in funzione della sezione di galleria ipotizzata e della successiva trasformazione a 25 kV; rispetto alla soluzione a 25 kV, la catenaria presenterà una sezione equivalente di rame notevolmente più pesante, debitamente rinforzata da feeder aggiuntivi nel caso le simulazioni sul sistema elettrico di trazione dovessero confermare le criticità palesate nelle prime verifiche dalle elevate correnti in gioco (con conseguenti elevate cadute di tensione al pantografo).

Segnalamento

Alla luce delle direttive europee in merito alla interoperabilità ferroviaria e alle esigenze del presente progetto, si ipotizza di utilizzare un sistema di segnalamento ERTMS/ETCS livello 2 (European Rail Traffic Management System / European Train Control System) per il distanziamento e per il comando/controllo della marcia dei treni (funzione ATC-Automatic Train Control), che non necessita di segnali in linea.

Relativamente al tratto italiano, il sistema di segnalamento sarà gestito quale prolungamento della linea AC Venezia-Trieste. Successivamente andrà deciso dove e come gestire l'hand-over di RBC (Radio Block Center).

Tale ipotesi non ha praticamente alternative considerando che non sarà possibile assicurare la prescritta visibilità di eventuali segnali fissi a causa della configurazione del tracciato.

13. SICUREZZA

Vista la particolarità della linea che prevede lunghi tratti di galleria a doppia canna, saranno necessari studi particolari richiesti dalla Decisione 2008/163/CE, che approva la specifica tecnica di interoperabilità (STI) "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie", per gallerie di lunghezza maggiore di 20 km, e particolare attenzione dovrà essere dedicata nella progettazione degli impianti dedicati alla sicurezza in galleria. In particolare saranno previsti: impianti idrico antincendio e relativa riserva idrica con alimentazione bilaterale e sistema di idranti all'interno delle gallerie; sovrappressione dei by-pass, illuminazione delle vie di esodo, telefonia di emergenza, diffusione sonora, impianti antintrusione e TVCC, idonei sezionamenti e messa a terra della linea di contatto e quant'altro previsto dalla normativa in corso.

Tutti gli impianti afferenti l'opera da proteggere saranno controllabili e gestibili da postazioni locali e da postazione remota in caso di emergenza.

Per una maggior dettaglio circa gli aspetti di sicurezza si rimanda alla relazione specifica di progetto.

14. COSTI

Sono state valorizzate distintamente le tre soluzioni:

- Soluzione ottimizzata
- Soluzione con opzione Cattinara
- Soluzione con opzione Osp

distinguendo il prezzo delle opere ricadenti in territorio italiano da quello delle opere ricadenti in territorio sloveno. I limiti di batteria dello studio rispetto alle opere oggetto di altri interventi/progetti sono rappresentati nella corografia **Allegato 9**.

La stima è di tipo parametrico, sulla base di tipologici che talora prescindono da specificità del progetto, oggi non note a sufficienza.

Gli importi sono espressi in milioni di EUR, al netto di IVA.

Per ciascuna soluzione sono stati distinti:

- i costi della alimentazione e trazione elettrica di I fase (3 kV) e di II fase (trasformazione in 25 kV);
- i costi della alimentazione e trazione elettrica dell'unica fase a 25 kV

Le schede di seguito riportate sono strutturate per livelli così classificati:

- Al livello (A) sono riportati i costi diretti (costi puri di costruzione, aggiornamento al 2008)
- Al livello (B) sono riportati i costi indiretti e gli oneri generali, in relazione alla tipologia di appalto (appalto integrato): oneri di cantiere, assicurazioni, fidejussioni, spese di sede, progetto esecutivo, spese di gestione dei lavori (oneri appaltatore). Tali oneri sono valutati in percentuale dei costi diretti (25%).
- Al livello (D) sono riportati le somme a disposizione per imprevisti, nella misura del 10% dei due livelli precedenti
- Negli ulteriori “oneri a vita intera”, calcolati nella misura del 12% della valutazione tecnica dell'intervento, sono comprese le spese generali della Committenza RFI, i costi degli interventi diretti della stessa (ad esempio, su impianti in esercizio), gli oneri della progettazione preliminare e definitiva, gli oneri della sorveglianza lavori.

LIMITE DISPESA – SOLUZIONE OTTIMIZZATA

TRATTA AVIAC TRIESTE - DIVACA STUDIO DI FATTIBILITA' (Affidamento mediante Appalto Integrato)							
A	COSTI DIRETTI	SOLUZIONE OTTIMIZZATA BASE TOTALE		SOLUZIONE OTTIMIZZATA BASE LATO ITALIA		SOLUZIONE OTTIMIZZATA BASE LATO SLOVENIA	
		(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)	(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)	(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)
a1	OPERE CIVILI	1.323	1.323	730	730	593	593
a2.1	Tecnologie 3kv correnti forti, I fase	-	22	-	13	-	9
a2.2	Tecnologie 25kv correnti forti, II fase completam.	10	9	6	5	4	4
a2.3	Tecnologie correnti deboli	155	155	89	89	66	66
a3	ARMAMENTO	60	60	34	34	26	26
a4	ESPROPRI	5	5	3	3	2	2
TOTALE COSTI DIRETTI		1.553	1.573	862	874	691	699
B	TOTALE COSTI INDIRETTI + ONERI GENERALI (K = 1,25)	388	393	216	219	173	175
C	TOTALE PREZZO A LIVELLO APPALTO (A+B)	1.941	1.967	1.078	1.093	863	874
D	IMPREVISTI (10%)	194	197	108	109	86	87
VALUTAZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO (C+D)		2.135	2.163	1.185	1.202	950	961
ULTERIORI ONERI A VITA INTERA (K = 1,12)		256	260	142	144	114	115
LIMITE DI SPESA (Costi agg. al 2008)		2.391	2.423	1.328	1.346	1.064	1.077

* Gli importi per Tecnologie, Armamento e Espropri sono distribuiti in forma proporzionale sul tratto italiano e sloveno.

LIMITE DI SPESA - OPZIONE CATTINARA

TRATTA AV/AC TRIESTE - DIVACA STUDIO DI FATTIBILITA' (Affidamento mediante Appalto integrato)							
A	COSTI DIRETTI	SOLUZIONE CATTINARA TOTALE		SOLUZIONE CATTINARA LATO ITALIA		SOLUZIONE CATTINARA LATO SLOVENIA	
		(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)	(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)	(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)
a1	OPERE CIVILI	1.338	1.338	745	745	593	593
a2.1	Tecnologie 3kv correnti forti, I fase	-	22	-	13	-	9
a2.2	Tecnologie 25kv correnti forti, II fase completam.	10	9	6	5	4	4
a2.3	Tecnologie correnti deboli	155	155	89	89	66	66
a3	ARMAMENTO	60	60	34	34	26	26
a4	ESPROPRI	5	5	3	3	2	2
TOTALE COSTI DIRETTI		1.568	1.589	877	889	691	699
B	TOTALE COSTI INDIRETTI + ONERI GENERALI (K = 1,25)	392	397	219	222	173	176
C	TOTALE PREZZO A LIVELLO APPALTO (A+B)	1.960	1.986	1.096	1.112	863	874
D	IMPREVISTI (10%)	196	199	110	111	86	87
VALUTAZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO (C+D)		2.156	2.184	1.206	1.223	950	962
ULTERIORI ONERI A VITA INTERA (K = 1,12)		259	262	145	147	114	115
LIMITE DI SPESA (Costi agg. al 2008)		2.414	2.447	1.351	1.370	1.064	1.077

* Gli importi per Tecnologie, Armamento e Espropri sono distribuiti in forma proporzionale sul tratto italiano e sloveno.

LIMITE DI SPESA – OPZIONE OSP

TRATTA AVIAC TRIESTE - DIVACA STUDIO DI FATTIBILITA' (Affidamento mediante Appalto Integrato)								
A	COSTI DIRETTI	SOLUZIONE OSP TOTALE		DI CUI	SOLUZIONE OSP LATO ITALIA		SOLUZIONE OSP LATO SLOVENIA	
		(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)		(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)	(ipotesi tecn. 25 kv)	(ipotesi tecn. 25 kv + 3kv)
a1	OPERE CIVILI	1.351	1.351		731	731	620	620
a2.1	Tecnologie 3kv correnti forti, 1 fase	-	22		-	13	-	9
a2.2	Tecnologie 25kv correnti forti, il fase completam.	10	9		6	5	4	4
a2.3	Tecnologie correnti deboli	155	155		89	89	66	66
a3	ARMAMENTO	60	60		34	34	26	26
a4	ESPROPRI	4	4		2	2	2	2
	TOTALE COSTI DIRETTI	1.581	1.601		863	875	718	726
B	TOTALE COSTI INDIRETTI + ONERI GENERALI (K = 1,25)	395	400		216	219	179	182
C	TOTALE PREZZO A LIVELLO APPALTO (A+B)	1.976	2.002		1.079	1.094	897	908
D	IMPREVISTI (10%)	198	200		108	109	90	91
	VALUTAZIONE TECNICA DELL'INTERVENTO (C+D)	2.173	2.202		1.186	1.203	987	999
	ULTERIORI ONERI A VITA INTERA (K = 1,12)	261	264		142	144	118	120
	LIMITE DI SPESA (Costi agg. al 2008)	2.434	2.466		1.329	1.347	1.105	1.119

* Gli importi per Tecnologiche, Armamento e Espropri sono distribuiti in forma proporzionale sul tratto italiano e sloveno.