



RECUPERO WATERFRONT DI LEVANTE:

**NUOVO VIALE URBANO SOSTITUTIVO DEL PRIMO TRATTO DELLA
SOPRAELEVATA CON RIQUALIFICAZIONE DELLE MURA STORICHE
FRONTE MARE E NUOVA ACCESSIBILITA' FIERA DI GENOVA
(OPZIONALE).**

**Stralcio del Progetto Preliminare del Tunnel sub-portuale (Giugno
2003): Relazione Illustrativa**

GENOVA CROSSING JOINT VENTURE

HIGH-POINT RENDEL ltd, Londra, UK

D'APPOLONIA S.p.A., Genova, ITALIA

TECHNITAL S.p.A., Verona, ITALIA

T.E.C. v.o.f., Veenendaal, NL

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI PROGETTO:

Direttore del Progetto: Abdul Farooq (HPR)

Vice Direttore del Progetto: Prof. Andrea Del Grosso (D'APPOLONIA)

HIGH-POINT RENDEL

Gareth Davies
Tim Hackett
Keith Taylor
David Astin
Mike Pinkney

D'APPOLONIA

Carlo Vardanega
Erik Parker
Andrea Raffetti
Flavio Marangon
Paola Rentocchini
Roberto Zaggia

TECHNITAL

Alberto Scotti
Enrico Cantoni
Alessio Rosin
Laura Mazza
Corrado Pesce
Michele Galanti

TEC

Win Janssen
Ron Van Beek
Frank Kaalberg
Piet Barten
Sjaak Bezemer
Piet Hartman

CONSULENTI PER GLI ASPETTI ARCHITETTONICI E URBANISTICI

STUDIO MORASSO

Emilio Morasso
Giovanni Guerrieri
Corrado Bigoni
Federico Valente
Paolo Senarega
Lorenzo Agnese

CIA - GRATTAROLA ASSOCIATI & PARTNERS

Vittorio Grattarola
Paolo Bandini
Carlo Spandonari
Mauro Repetto
Barbara Martini
Matilde Rossi de Rubeis

INDICE

	Pagina
1 INTRODUZIONE.....	1
2 IL PRECEDENTE STUDIO DI FATTIBILITA'	4
3 CONSULTAZIONI.....	6
4 SVILUPPO DEL PROGETTO PRELIMINARE.....	10
4.1 SEZIONE TRASVERSALE STRADALE.....	11
4.2 CONNESSIONE ALLO SVINCOLO DI SAN BENIGNO.....	12
4.3 TRACCIATI NEL CORRIDOIO NORD.....	13
4.4 TRACCIATI NEL CORRIDOIO CENTRALE	14
4.5 TRACCIATI NEL CORRIDOIO SUD	15
4.6 RACCORDO CON IL LITORALE IN ZONA FOCE.....	16
4.7 TRACCIATI SELEZIONATI PER LO SVILUPPO PROGETTUALE	16
4.8 STUDI ARCHEOLOGICI, URBANISTICI E PAESAGGISTICI	17
5 ESITI DELLE INDAGINI.....	21
5.1 INDAGINI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE	21
5.1.1 <i>Calcari dell'Antola (Cretaceo Sup.)</i>	22
5.1.2 <i>Argille di Ortovero (Pliocene Inf.)</i>	22
5.1.3 <i>Depositi Quaternari</i>	23
5.1.4 <i>Materiale di Riporto</i>	23
5.1.5 <i>Geologia lungo i tracciati di progetto</i>	23
5.2 INDAGINI GEOTECNICHE.....	27
6 LA SOLUZIONE A TUNNEL IMMERSO (ALTERNATIVA NON SELEZIONATA)	29
6.1 CARATTERISTICHE GENERALI.....	29
6.2 SEZIONE TRASVERSALE	30
6.3 PREFABBRICAZIONE DEGLI ELEMENTI	31
7 LA SOLUZIONE A TUNNEL SCAVATO (ALTERNATIVA SELEZIONATA)	32
7.1 CARATTERISTICHE GENERALI.....	32
7.2 POZZO DI INTRODUZIONE DELLA FRESA.....	32
7.3 GALLERIA NATURALE.....	34
7.4 POZZO DI USCITA.....	37
8 TRATTA MERCATO DEL PESCE – FOCE.....	39

INDICE
(continuazione)

8.1	UTILIZZO DELL' ATTUALE SOPRAELEVATA E NUOVA VIABILITA' DI SUPERFICIE (D2+D2) (ALTERNATIVA SELEZIONATA)	40
8.2	NUOVA STRADA DI SUPERFICIE A TRE CORSIE PER SENSO DI MARCIA, CON DEMOLIZIONE DELLA SOPRAELEVATA (D3) (ALTERNATIVA NON SELEZIONATA)	41
8.3	SVINCOLO DI PIAZZALE KENNEDY	42
8.4	ASPETTI DI CARATTERE AMBIENTALE.....	42
9	LA SCELTA FINALE DEL PROGETTO E LE OPERE COLLATERALI	44
9.1	STUDI DI TRAFFICO	44
9.2	ANALISI DI RISCHIO	47
9.3	ANALISI DEI COSTI.....	48
9.4	STUDIO DEGLI ASPETTI RELATIVI ALLA NAVIGAZIONE	51
9.5	QUADRO COMPARATIVO DELLE SOLUZIONI	51
9.6	SCELTA FINALE DI PROGETTO PER L'INFRASTRUTTURA.....	61
9.7	PORTALI	61
9.8	DISPONIBILITA' DI AREE E IMMOBILI	62
9.9	SOTTOSERVIZI	62
9.10	ALTRI INTERVENTI INCLUSI NEL PROGETTO	63
	9.10.1 Riassetto comparto RiNav	63
	9.10.2 Autorimessa interrata di Calata Gadda	64
9.11	SCENARI DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA.....	65
	9.11.1 Calata Gadda	65
	9.11.2 Piazzale Kennedy	66
9.12	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE.....	67
	9.12.1 Atmosfera	67
	9.12.2 Ambiente Idrico	68
	9.12.3 Suolo e Sottosuolo	68
	9.12.4 Rumore	69
	9.12.5 Economia e Sociale	70
10	INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DEL PROGETTO DEFINITIVO	72
10.1	STUDI E INDAGINI	72
10.2	SVILUPPO DEL PROGETTO DEFINITIVO.....	73
11	CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE	75

INDICE
(continuazione)

11.1	GENERALITÀ.....	75
12	ACCESSIBILITÀ, FUNZIONAMENTO E MANUTENZIONE.....	77
12.1	ORGANIZZAZIONE, RESPONSABILITÀ E PROCEDURE	77
12.2	METODI DI RISCOSSIONE DEL PEDAGGIO.....	78
	<i>Sistemi di Esazione del Pedaggio del Tunnel Sub Portuale</i>	<i>78</i>
12.2.2	<i>Vignette.....</i>	<i>79</i>
12.2.3	<i>Separazione Fisica dei Flussi.....</i>	<i>79</i>
12.2.4	<i>Telecamere</i>	<i>79</i>
12.2.5	<i>Sistemi Multipli.....</i>	<i>80</i>
12.3	MONITORAGGIO E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI	81
12.4	MONITORAGGIO E CONTROLLO DEL TRAFFICO	81
12.5	CARICHI PERICOLOSI.....	81
12.6	CONDIZIONI NORMALI E SCORRIMENTO LIBERO.....	82
12.7	SITUAZIONI DI EMERGENZA PER PICCOLI INCIDENTI.....	83
12.8	SITUAZIONI DI EMERGENZA PER INCIDENTI GRAVI.....	83
12.9	VIE DI FUGA PEDONALI	84
12.10	ISPEZIONI E MANUTENZIONE.....	84
13	ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI	88
14	CONCLUSIONI.....	89

ELENCO DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Titolo</u>
5.1	Parametri di progetto delle formazioni attraversate
9.1	Benefici per l'utenza
9.2	Sintesi dell'analisi dei costi
9.3	Confronto tra le alternative per l'attraversamento del porto
9.4	Confronto tra le alternative per la tratta costiera
12.1	Indicazione delle frequenze di manutenzione
13.1	Quadro economico del progetto

ELENCO DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Titolo</u>
1.1	Localizzazione delle opere
3.1	Svincolo di San Benigno
4.1	Progetto preliminare - tracciati alternativi
4.2	Carta delle sensibilità storico-architettoniche
4.3	Planimetria degli interventi di trasformazione
5.1	Carta geologica del territorio genovese
5.2	Planimetria dei sondaggi esistenti
5.3	Sezione geologica interpretativa – tracciato C3
5.4	Indagini geotecniche e geofisiche
5.5	Riflettori sismici
6.1	Tracciato tunnel immerso
6.2	Sezione tipica elementi prefabbricati
7.1	Tunnel scavato – andamento planimetrico
7.2	Tunnel scavato – sezione tipica
7.3	Tunnel scavato profilo longitudinale
7.4	Tunnel scavato – pozzo immissione fresa
7.5	Tunnel scavato – pozzo estrazione fresa – sezione a opera finita
8.1	Tratta Mercato del Pesce – Foce – Planimetria (D2 + D2)
8.2	Tratta Mercato del Pesce – Foce – Sezioni (D2 + D2)
8.3	Tratta Mercato del Pesce – Foce Planimetria (D3)
8.4	Nodo a rotatorie di Piazzale Kennedy
9.1	Portale di San Benigno
9.2	Portale di via della Marina

ELENCO DELLE FIGURE
(continuazione)

<u>Figura No.</u>	<u>Titolo</u>
9.3	Demolizioni comparto RiNav
9.4	Planimetria ricollocamenti RiNav
9.5	Autorimessa interrata Calata Gadda
9.6	Fotoinserimento della nuova infrastruttura
9.7	Isola artificiale Piazzale Kennedy
11.1	Programma di costruzione – Tunnel scavato e D2 + D2
11.2	Programma di costruzione – Tunnel immerso e D2 + D2
11.3	Programma di costruzione – Tunnel scavato e D3
11.4	Programma di costruzione – Tunnel immerso e D3

1 INTRODUZIONE

Il progetto riguarda il nuovo attraversamento stradale del bacino interno del Porto di Genova mediante la realizzazione di un tunnel sottomarino e dei relativi tratti di raccordo con il nodo autostradale e con la viabilità cittadina a ponente ed a levante del centro città (Figura 1.1).

La costruzione della nuova infrastruttura, prevista dai vigenti Piani Regolatori del Comune e del Porto di Genova, trae motivazione dalla necessità di migliorare l'efficienza del collegamento viario veloce di penetrazione e di attraversamento del centro città, attualmente costituito dalla strada sopraelevata realizzata nei primi anni '60 ed ormai non più in grado di soddisfare le caratteristiche del traffico, anche in conseguenza dei profondi cambiamenti urbanistici che hanno interessato il ponente, il porto antico ed il centro storico, e di quelli in via di attuazione o ipotizzati nel levante.

Inoltre, la presenza della strada sopraelevata nel contesto del porto antico e della palazzata storica prospiciente la piazza Caricamento è considerata incompatibile con la fruizione turistica, ricreativa ed abitativa dell'area, ormai risanata e le cui caratteristiche sono profondamente mutate rispetto al periodo in cui tale infrastruttura venne concepita.

Lo schema di attraversamento ha già formato l'oggetto di uno studio di fattibilità, eseguito nel 2000 per conto del Comune di Genova da un raggruppamento temporaneo di società di ingegneria guidato da High-Point Rendel. Tale studio, descritto in maggior dettaglio nella Relazione Tecnica, aveva preso in considerazione la realizzazione del collegamento secondo tre schemi alternativi: un ponte sospeso sopra il bacino portuale, un tunnel sottomarino, costruito con elementi prefabbricati in cemento armato da affondare in una trincea dragata nel fondale e collegati sott'acqua, ed infine una galleria naturale scavata nelle colline retrostanti il centro cittadino. Quest'ultima alternativa, per quanto utile al fine di ridurre il traffico in alcune zone della città alta e potenzialmente verso il levante, non si era dimostrata di efficienza comparabile alle altre due nel risolvere il problema dell'attraversamento del centro e della velocizzazione del traffico lungo il fronte mare.

Lo studio di fattibilità si era concluso con una preferenza da parte dei consulenti che lo avevano redatto verso la soluzione a tunnel.

Consultazioni pubbliche sono state quindi svolte a cura del Comune di Genova ed hanno interessato Enti ed Associazioni. Pertanto, sulla base delle risultanze dello studio di fattibilità e di dette consultazioni, con deliberazione del Consiglio Comunale n. 69 del 11 giugno 2001, il Comune ha adottato la soluzione costituita dal tunnel.

Successivamente la Regione Liguria, con deliberazione D.P.G. n. 102 del 26 giugno 2002, assunta ai sensi della legge 443/2001, ha inserito l'opera nel contesto del nodo autostradale di Genova, considerandola completamento del nuovo svincolo autostradale di San Benigno, la cui funzione è quella di interconnettere il casello di Genova Ovest con gli assi viari cittadini a ponente (Lungomare Canepa) ed a levante (Viale Brigate Partigiane – Corso Marconi), di servire gli accessi portuali merci (Varco San Benigno) e passeggeri (Terminal Traghetti e Terminal Crociere), nonché di fornire accesso diretto al centro città, al Porto Antico, alle aree industriali portuali ed alla Fiera Internazionale senza gravare sulla viabilità urbana.

Con le predette delibere è stata riconosciuta l'importanza dell'opera, che non si esplica soltanto nel fornire una soluzione per il futuro ad una situazione viabilistica estremamente difficile come quella del fronte mare del centro di Genova e dei suoi rapporti con le attività portuali vecchie e nuove ma che, innescando o comunque rendendo possibili una serie di operazioni urbanistiche a completamento della strategia iniziata con la riqualificazione delle aree retroportuali di San Benigno e proseguita con la trasformazione del porto antico e della Darsena, consentono di dare a Genova un volto nuovo e nuove prospettive di sviluppo economico.

Pertanto, il presente progetto preliminare, redatto ai sensi della legge 109/1994 e s.m.i. e del D. Lgs. 190/2002, rappresenta l'esito della prima fase intesa ad addivenire alla realizzazione dell'infrastruttura attraverso concessione di lavori pubblici. In tale fase, il ruolo della committenza è stato assunto dalla Società Tunnel di Genova S.p.A., all'uopo costituita dal Comune di Genova, dall'Autorità Portuale di Genova e dalla Cassa Depositi e Prestiti.

A seguito di espletamento di gara europea bandita dalla Tunnel di Genova S.p.A., lo sviluppo della progettazione preliminare è stato affidato al raggruppamento temporaneo denominato Genova Crossing joint venture (GCjv), costituito dalle Società: High-Point Rendel, Londra (UK) con ruolo di capogruppo, D'Appolonia S.p.A., Genova, Technital S.p.A., Verona, e Tunnel Engineering Consultants, Veenendaal (NL). Nello sviluppo delle attività, GCjv si è avvalsa della collaborazione, per gli aspetti di carattere urbanistico e architettonico, dello Studio Morasso, Genova, e del Consorzio Ingegneria e Architettura – Studio Grattarola Associati & Partners, Genova.

Il Documento Preliminare alla Progettazione (DPP) redatto dalla Committente Tunnel di Genova S.p.A. ha definito il progetto entro limiti compresi tra lo svincolo di Piazzale Kennedy a levante (incluso) e lo svincolo di San Benigno (escluso). Quest'ultimo risulta escluso dall'oggetto del presente progetto preliminare in quanto il relativo progetto preliminare è stato sviluppato in precedenza a cura dell'Autorità Portuale per conto di ANAS ed ha già ricevuto approvazione in sede di Conferenza dei Servizi. Peraltro, la costruzione dello svincolo è destinata ad essere finanziata nell'ambito della realizzazione del nodo autostradale.

Tuttavia, in accordo con il principio dell'esclusione dello svincolo di San Benigno dall'ambito del presente progetto preliminare, l'area oggetto di studio è stata estesa fino ai punti in cui, per ciascun itinerario, il nuovo tracciato del tunnel non risulta alterare quello delle varie direttrici dello svincolo secondo il relativo progetto preliminare.

Per quanto riguarda il tracciato, il DPP proponeva un'evoluzione di quello emerso dal citato studio di fattibilità ma peraltro richiedeva che, nell'ambito del progetto preliminare, fossero valutate altre possibili alternative anche da realizzare con tecnologie differenti da quella degli elementi prefabbricati immersi. La ragione di tale richiesta risiedeva principalmente nella preoccupazione circa gli impatti della fase di costruzione del tunnel con l'esercizio delle attività portuali.

La redazione delle prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza e del piano economico e finanziario di massima, è stata eseguita direttamente a cura della Tunnel di Genova S.p.A.. Le indagini geotecniche preliminari sono state affidate a ditta specializzata dalla stessa Tunnel di Genova S.p.A..

Nel seguito della presente Relazione Illustrativa sono descritti gli aspetti più rilevanti del progetto e degli studi effettuati e sono fornite le informazioni richieste dall'Art. 18 del D.P.R. 554/2000.

Per la realizzazione del progetto non sono necessari espropri di proprietà private essendo il tracciato interamente sviluppato su proprietà demaniali o comunali. Sono peraltro necessarie ricollocazioni e trasferimenti di attività produttive industriali o di diporto nautico attualmente insediate in aree demaniali in concessione, peraltro già delineati nella programmazione urbanistica.

Il costo totale stimato delle opere infrastrutturali è risultato di circa 337 milioni di euro, oltre gli oneri di ricollocazione riducibili a 312 milioni di euro ridimensionando il parcheggio di attestamento e le funzioni coinvolte.

2 IL PRECEDENTE STUDIO DI FATTIBILITA'

Negli studi di fattibilità progettuale compiuti precedentemente per il Comune di Genova, sono state studiate diverse opzioni di percorso per l'attraversamento del porto nonché alcune opzioni di percorso per la galleria intorno alla parte settentrionale del centro di Genova. Queste opzioni vengono brevemente riassunte nel seguito.

In una prima fase dello studio sono stati esaminati 8 percorsi diversi, comprendenti 3 soluzioni di ponte sul porto, 2 soluzioni di tunnel sotto il porto e 3 soluzioni di tunnel nell'entroterra alle spalle del centro cittadino. Per valutare gli effetti sul traffico delle diverse alternative è stato utilizzato un modello computerizzato sufficientemente dettagliato ed è stato compiuto un lavoro di sviluppo progettuale per consentire l'esecuzione di un confronto costi/benefici ad ampio raggio.

Alla fine di questa prima fase, sono state scelte tre opzioni da sottoporre ad un successivo approfondimento:

- un ponte sul Porto lungo 950 metri oltre a circa 1 km di viadotti di avvicinamento su entrambi i lati. Il tracciato seguiva un percorso "interno" da San Benigno alla Foce. Il ponte aveva un'altezza di 75 metri fra la superficie dell'acqua e l'intradosso del ponte stradale, in modo da soddisfare i requisiti di navigazione imposti dall'Autorità Portuale (transito di grandi navi da crociera). I pilastri erano alti 119 metri. L'altezza prescelta era tale da non avere conseguenze negative sulle condizioni operative dell'Aeroporto Cristoforo Colombo;
- un tunnel lungo 1400 metri sotto il porto. Il portale occidentale si trovava presso la Calata San Benigno e il portale orientale si trovava in una zona bonificata dietro al Molo Vecchio. La sezione centrale veniva costruita come un "tubo sommerso", utilizzando elementi di galleria prefabbricati che vengono rimorchiati in posizione, calati in una trincea e uniti sott'acqua;
- un tunnel nell'entroterra, comprendente quattro tratti separati di tunnel scavati in roccia con una lunghezza complessiva in galleria di circa 4,5 chilometri. Il percorso andava dall'area dei caselli della A7 a ovest a piazza Manin a est. Erano previsti degli svincoli intermedi che si raccordavano alla viabilità urbana attuale.

Nel corso della seconda fase, ciascuna delle opzioni sopra menzionata è stata sviluppata in maggiore dettaglio e ciò ha portato a perfezionamenti nella planimetria. L'opzione del tunnel nell'entroterra è stata abbandonata al termine della seconda fase e lo studio si è quindi sviluppato nel confronto fra le alternative del ponte e del tunnel.

Lo studio ha messo in evidenza che i due schemi presentavano poca differenza fra loro in termini di traffico. Entrambi sopportavano all'incirca lo stesso volume di traffico ed entrambi alleggerivano notevolmente il sistema viario intorno al porto antico (Via Gramsci). L'alleggerimento del traffico nel centro storico era maggiore

con il progetto del tunnel, che in questo senso offre dei risultati migliori del ponte (19% di riduzione nella Galleria Garibaldi rispetto al 10% nel caso del ponte). I risparmi in termini di tempo di percorrenza erano di circa dieci minuti, identici in entrambi i progetti.

Per confrontare fra loro i due schemi erano stati inoltre considerati altri criteri fra cui l'impatto visivo, i disagi dovuti alla costruzione, i costi ed i tempi di realizzazione.

Maggiori dettagli nei contenuti dello studio sono riportati nella Relazione Tecnica.

3 CONSULTAZIONI

Durante lo sviluppo delle attività GCjv ha condotto, con il coordinamento di Tunnel di Genova e del Responsabile Unico del Procedimento, numerose consultazioni con gli Enti interessati alla realizzazione dell'opera.

Scopo principale delle riunioni è stato quello di acquisire informazioni utili alla definizione dei tracciati alternativi ed alla individuazione dei potenziali impatti, positivi e negativi, che la costruzione e l'esercizio del tunnel potranno avere sul contesto urbano e sulle attività insediate a margine dell'infrastruttura.

La serie delle consultazioni si è aperta immediatamente dopo la consegna dei lavori, con una riunione, tenutasi il 12 febbraio 2003, presso la sede dell'Autorità Portuale di Genova a Palazzo San Giorgio. A tale riunione, dedicata alla discussione degli sviluppi urbanistici cittadini e portuali in atto o programmati nella porzione di città interessata dal tracciato, hanno preso parte esponenti del Comune di Genova, dell'Autorità Portuale e della Soprintendenza ai Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

Nel corso di tale riunione è stata effettuata una prima analisi dei possibili tracciati alternativi e dei vincoli imposti allo sviluppo degli stessi. E' quindi stata riconosciuta la necessità di svolgere ulteriori riunioni di approfondimento relativamente ad alcuni aspetti di competenza dell'Autorità Portuale e del Comune di Genova.

La riunione dedicata all'approfondimento degli aspetti di competenza dell'Autorità Portuale si è svolta il successivo 17 febbraio. Nel corso di tale riunione l'ATI ha preso atto dei vincoli imposti dall'Autorità Portuale in merito alle previste o prevedibili profondità di dragaggio nei tratti di bacino portuale attraversati dai tracciati del tunnel, nonché delle esigenze di operatività dei terminali. Tali indicazioni risultano essere state recepite nel Documento Preliminare alla Progettazione successivamente consegnato all'ATI da Tunnel di Genova. Sono quindi state acquisite informazioni circa la possibilità di realizzare gli elementi del tunnel in nuovi bacini di carenaggio fissi o galleggianti. Infine, nel corso della riunione sono stati consegnati all'ATI i dati relativi al movimento delle navi nel bacino interno del Porto.

Per quanto riguarda gli aspetti di competenza del Comune di Genova, sono state svolte più riunioni successive. Nei giorni 13 e 21 febbraio sono stati esaminati i problemi relativi al traffico ed alle previsioni di sviluppo della viabilità cittadina in connessione con l'infrastruttura. In particolare, nella riunione del 21 febbraio sono stati affrontati il tema dei dati di traffico e degli studi effettuati in proposito dal Comune e quello della configurazione del nodo di Piazzale Kennedy, così come definito dai progettisti del rifacimento della copertura del Bisagno, presenti alla

riunione. Un'ulteriore riunione, dedicata ad acquisire informazioni sulla configurazione del parcheggio di via della Marina si è svolta il 20 marzo.

Il giorno 4 marzo si è svolta una riunione con esponenti del Dipartimento Infrastrutture e Trasporti della Regione Liguria, nel corso della quale si sono acquisite importanti informazioni in merito alla pianificazione del nodo autostradale di Genova ed alle relazioni tra gli sviluppi in atto della configurazione del nodo stesso e l'interconnessione tra il Tunnel e la rete autostradale in corrispondenza dello svincolo di San Benigno.

Il giorno 10 marzo l'ATI ha incontrato esponenti dell'Associazione Industriali ai quali sono stati esposti gli avanzamenti del progetto, soprattutto in relazione ai corridoi considerati per il tracciato, alle tecnologie costruttive ed agli impatti dell'opera sui futuri assetti delle attività portuali marittime ed industriali.

L'Associazione Industriali ha espresso interesse per le problematiche trattate, riservandosi di indicare proprie interfacce per ulteriori consultazioni relative agli aspetti di competenza dell'Associazione stessa.

Sempre il giorno 10 marzo sono state tenute ulteriori riunioni di consultazione con la Società Porto Antico, la Fiera di Genova e con la Società Stazioni Marittime. Ad esse sono stati illustrati gli avanzamenti del progetto e sono quindi stati acquisiti i rispettivi pareri in ordine all'influenza della realizzazione dell'opera sulle attività in essere e sui previsti sviluppi.

In particolare, per quanto riguarda la Società Porto Antico, sono state acquisite importanti informazioni in merito alla funzione che l'ipotizzato parcheggio di Calata Gadda potrebbe svolgere in relazione allo sviluppo delle attività presenti e future nell'area di competenza della stessa Società.

Altre importanti informazioni sono state acquisite dalla Fiera di Genova, che ha illustrato ampiamente i propri programmi di sviluppo, consentendo di precisare alcuni aspetti critici ai fini della definizione degli accessi lato ovest e lato est in relazione alla configurazione del tratto di collegamento tra il Mercato del Pesce e la Foce. Sono stati inoltre acquisiti utili pareri a proposito delle possibili destinazioni dell'area antistante Piazzale Kennedy in relazione all'attività della Fiera.

Con la Società Stazioni Marittime sono stati prevalentemente discussi gli aspetti dell'operatività dei terminal crociere e traghetti, acquisendo informazioni utili alla pianificazione della cantierizzazione della soluzione ad elementi immersi e per la definizione ulteriore dei tracciati. E' stata in particolare raccolta la preoccupazione degli operatori marittimi in merito al mantenimento della piena operatività dei terminali anzidetti nel corso della fase di costruzione dell'infrastruttura.

Il giorno 13 marzo si è svolta un'importante riunione con ANAS e con la Società Autostrade. A tale riunione hanno altresì preso parte membri del Dipartimento Infrastrutture e Trasporti della Regione Liguria. La riunione ha avuto lo scopo di acquisire informazioni circa la realizzazione del nodo autostradale di Genova ed in particolare dello svincolo di San Benigno. Nel corso della riunione è stata confermata la previsione di realizzare lo svincolo nella configurazione approvata in conferenza dei servizi, salvo aggiustamenti necessari al collegamento con il tunnel.

Sono quindi stati discussi gli aspetti relativi allo sviluppo del progetto ed in particolare alla sezione dell'infrastruttura anche in relazione alle prescrizioni normative ed agli aspetti della sicurezza.

Successivamente sono stati tenuti numerosi incontri con esponenti dell'Autorità Portuale intesi a definire i vari aspetti dell'interazione con le attività portuali a terra della costruzione della rampa di accesso lato ovest per entrambe le soluzioni a tunnel immerso ed a tunnel scavato. Al termine di questa serie di riunioni è stato concordato il tracciato di minore impatto. E' stata inoltre definita la possibile posizione del pozzo per l'immissione della fresa e dell'impianto di cantiere.

Gli aspetti operativi della fase di costruzione del tunnel immerso, con particolare riferimento alle condizioni di sicurezza della navigazione durante l'escavo della trincea e l'affondamento dei moduli, sono stati discussi con i Piloti e con la Capitaneria in una riunione tenutasi il giorno 9 aprile. Nel corso di tale riunione sono state confermate le preoccupazioni degli utenti del porto circa la manovrabilità delle navi in condizioni meteorologiche difficili. E' stato richiesto che, nelle successive fasi di progettazione, l'accesso e la manovra delle navi in presenza dei mezzi d'opera per la realizzazione del tunnel fosse verificata mediante l'uso di un simulatore.

L'avanzamento del progetto è stato quindi illustrato alla Giunta Comunale ed alla Commissione Consigliare competente nei giorni 10 e 14 aprile, rispettivamente. Nel corso di tali riunioni sono state raccolte utili indicazioni al riguardo dei tracciati. In particolare, la Giunta Comunale ha espresso la sua preferenza per il mantenimento della strada sopraelevata nel tratto di raccordo con la Foce mentre numerosi consiglieri hanno manifestato la necessità di approfondire nel progetto preliminare gli aspetti relativi alle implicazioni di carattere urbanistico e l'impatto sul traffico.

Il giorno 13 aprile si è svolto un incontro con l'Associazione Industriali di Genova. L'Associazione ha un atteggiamento potentemente positivo verso il progetto, per l'impulso che può dare all'economia genovese. Ha però manifestato con forza l'assoluta necessità che il progetto confermi la riorganizzazione e la ricollocazione organica, secondo logiche industriali e produttive, del comparto delle Riparazioni Navali, secondo le linee in tale occasione illustrate.

Il giorno 29 aprile si è svolto un incontro con i vertici della Capitaneria di Porto. Sono stati esaminati gli aspetti relativi alle interferenze con il traffico marittimo. La

Capitaneria ha espresso le sue preoccupazioni in merito ad eventuali lavori marittimi che occupassero per periodi significativi la bocca del porto antico; ha inoltre indicato che non ci sono altre sostanziali preoccupazioni in relazione al progetto.

Il giorno 29 aprile l'avanzamento del progetto è stato illustrato a esponenti della Regione Liguria. Nel corso di quest'ultimo incontro è stata verificata la congruenza del progetto con gli sviluppi in corso per il nodo autostradale e per lo svincolo di San Benigno.

4 SVILUPPO DEL PROGETTO PRELIMINARE

In conformità a quanto contenuto nel DPP, lo sviluppo del progetto preliminare, pur limitandosi a considerare la soluzione a tunnel, ha analizzato e confrontato una serie di tracciati e di tecnologie alternative per la realizzazione del collegamento attraverso il bacino portuale e per la via di scorrimento lungo il litorale fra il Mercato del Pesce e Piazzale Kennedy.

Per lo sviluppo di questi tracciati è stato preso come base il tracciato di riferimento definito dal DPP, ed in sostanza coincidente con una variante di quello individuato dallo studio di fattibilità per quanto riguarda il collegamento verso lo svincolo di San Benigno, ma modificato al fine di eliminare ogni impatto con le attività del terminale contenitori di Calata alla Sanità, ed il tratto verso la Foce, dove è stata ridotta la lunghezza della galleria naturale alle spalle della Batteria Stella ed è stato introdotto un nuovo svincolo nell'area di cerniera fra le riparazioni navali (Comparto RiNav) e la Fiera Internazionale, denominato Fiera Ovest. Nello schema di riferimento sono invece stati mantenuti i punti intermedi di svincolo in corrispondenza del Mercato del Pesce e dell'esistente tunnel di Via delle Casacce, che collega la strada sopraelevata con il centro.

Nella prima fase del progetto preliminare, sono stati esaminati possibili tracciati secondo tre corridoi, definiti nord, centrale e sud (Figura 4.1). Nello sviluppo delle soluzioni per le opzioni di percorso selezionate, è stata posta l'attenzione sul rispetto dei limiti fisici locali, in particolare quelli posti dall'Autorità Portuale sia per l'esercizio delle attività marittime che per le profondità di dragaggio ipotizzate negli sviluppi futuri del porto, soddisfacendo però i criteri relativi alle esigenze del traffico e anche la possibilità di essere costruite in modo sicuro, con una tecnologia adatta alle condizioni del terreno, tuttavia note solo attraverso i dati esistenti forniti da Tunnel di Genova S.p.A.

Preventivamente all'individuazione delle alternative di tracciato sono stati redatti un censimento delle iniziative di trasformazione urbanistica cittadina e portuale in atto o in fase di progettazione ed un rilievo delle presenze archeologicamente o architettonicamente sensibili nell'area di interesse. Tali analisi sono state impiegate per valutare eventuali vincoli nello sviluppo dei tracciati o, viceversa, potenzialità di ulteriore sviluppo urbanistico correlabili alla realizzazione dell'infrastruttura.

Inoltre notevole attenzione è stata posta alle condizioni di sicurezza in esercizio. A questo proposito sono stati eseguiti un esame sulla sicurezza e un'analisi preliminare di rischio per le principali soluzioni esaminate.

Per valutare l'efficacia del tracciato dei diversi percorsi e degli svincoli, nonché per determinare il numero delle corsie necessarie, è stata eseguita un'analisi preliminare dei flussi di traffico. Allo scopo è stato utilizzato un modello sviluppato in precedenza da Società del GCjv in occasione di un progetto di ricerca relativo al road

pricing di Genova. Il modello è stato migliorato e calibrato in base alle cifre sui flussi di traffico fornite dal Comune e anche a conteggi sul traffico direttamente effettuati dai progettisti. Sono stati applicati dei coefficienti correttivi per compiere aggiustamenti su eventuali discrepanze. Per la valutazione degli effetti conseguenti alla realizzazione del tunnel subportuale, nel modello è stata eliminata la Sopraelevata nel tratto compreso fra la Stazione Marittima e un punto opportuno situato a est del Mercato del Pesce.

L'analisi indica che fra San Benigno e il Mercato del Pesce sono necessarie tre corsie per senso di marcia. A est del Mercato del Pesce fino a Piazzale Kennedy potrebbe invece essere sufficiente una strada a due corsie per senso di marcia ma, per ragioni diverse, si sono comunque considerate soluzioni progettuali di maggiore capacità.

In base ai dati sul possesso di autoveicoli a Genova, alle recenti tendenze evolutive del volume del traffico in Italia ed in base ai trend relativi alla popolazione, si è stimato che nel corso dei prossimi 15-20 anni probabilmente la crescita del flusso di traffico sarà minima.

4.1 SEZIONE TRASVERSALE STRADALE

Per la definizione della sezione trasversale stradale, sulla base dei risultati preliminari degli studi di traffico, si è quindi deciso di adottare una sezione a tre corsie per senso di marcia lungo tutto lo sviluppo del tracciato. Nonostante con la tecnica di realizzazione ad elementi immersi non vi siano sostanzialmente limiti alle dimensioni trasversali dei moduli prefabbricati (incrementi della larghezza della sezione possono essere ottenuti con incrementi marginali dei costi) si è comunque optato, anche per ragioni di omogeneità di confronto, per utilizzare la stessa sezione stradale realizzabile con il tunnel scavato anche per il tunnel ad elementi immersi.

Nel caso di tunnel naturale, infatti, la larghezza della sezione stradale è limitata dalla dimensione della macchina per lo scavo della galleria. Attualmente, le dimensioni massime di queste macchine raggiungono i 15 metri circa di diametro.

In base agli standard della norma italiana vigente (D.M. 5 novembre 2001) sono state adottate le seguenti tipologie base di sezione trasversale, corrispondenti alla classe D:

1. tipo D in galleria a doppio fornice (galleria monodirezionale), a due carreggiate separate, ciascuna con tre corsie da 3,25 m per senso di marcia, banchina laterale sinistra da 0,50 m, banchina laterale destra da 1 m, marciapiede da 1,5 m, separato da una barriera da 0,45 m;
2. tipo D allo scoperto a due carreggiate separate, ciascuna con due corsie da 3,25 m per senso di marcia, due banchine da 1,00 m (a destra) e 0,50 m (a sinistra), marciapiede da 1,50 m e un franco centrale di sicurezza da 1,80 m;
3. tipo D allo scoperto a due carreggiate separate, ciascuna con una corsia da 3,50 m e due corsie da 3,25 m per senso di marcia, due banchine da 1,00 m e 0,50 m, marciapiede da 1,50 m e un franco centrale di sicurezza da 1,80 m;

4. tipo per aree di confluenza in galleria e allo scoperto a due carreggiate separate, ciascuna con quattro corsie da 3,25 m per senso di marcia, due banchine da 1,00 m e 0,50 m, marciapiede da 1,50 m e un franco centrale di sicurezza da 1,80 m allo scoperto.

La sezione tipo 1 è stata adottata lungo l'intero percorso del tunnel sub portuale.

La sezione tipo 2 è stata adottata per la nuova strada sotto l'esistente sopraelevata nel tratto che va dal Mercato del Pesce fino allo svincolo di Piazzale Kennedy; nel tratto finale di raccordo con la rotatoria è stata adottata la sezione tipo 3.

La sezione tipo 4 è stata adottata in galleria nella tratta di sfioccamento delle direttrice autostrada A7 e lungomare Canepa, a ovest, e allo scoperto nella tratta compreso fra il portale di accesso al tunnel lato est e le rampe di accesso alla sopraelevata in prossimità del Mercato del Pesce.

Per le rampe, monodirezionali, adottate nei diversi svincoli, sia per le connessioni tra la nuova infrastruttura e la sopraelevata, sia per le connessioni con la viabilità esistente, è stata adottata una sezione con una corsia da 4,00 m, due banchine da 1,00 m a sinistra e 1,50 m a destra.

Per lo snodo di San Benigno, in conformità alle scelte operate nel progetto commissionato dall'Autorità Portuale e già approvato in Conferenza dei Servizi, si è adottata infine una sezione corrispondente alla "strada primaria" delle Norme CNR 60/78, composta da una carreggiata con due corsie per senso di marcia da 3,50 m (a destra) e 3,25 m (a sinistra), due banchine da 0.5 a sinistra e da 1.25 a destra.

Studi più dettagliati delle dotazioni di sicurezza del tunnel sono peraltro stati eseguiti nel progetto preliminare, tenendo conto sia delle prescrizioni della normativa nazionale sia della proposta di Direttiva in materia di sicurezza delle gallerie stradali attualmente in itinere presso il Consiglio ed il Parlamento Europeo.

4.2 CONNESSIONE ALLO SVINCOLO DI SAN BENIGNO

Il progetto preliminare del tunnel sub portuale mantiene interamente la funzionalità e la struttura del nodo di San Benigno in accordo al progetto esistente approvato, si connette al progetto approvato del nodo e include i collegamenti del tunnel sub portuale all'autostrada A7 e al lungomare Canepa, parzialmente in variante rispetto al progetto del nodo stesso.

Pertanto il presente progetto riprende e modifica - senza alterarne la funzionalità - i seguenti tracciati del progetto del nodo di San Benigno (Figura 3.1):

- da lungomare Canepa al tunnel sub portuale (asse I)
- dall'autostrada A7 al tunnel sub portuale (asse II)
- dal tunnel sub portuale al lungomare Canepa (asse III)

- dal tunnel sub portuale all'autostrada A7 (asse IV)

L'allineamento planimetrico e altimetrico di tali assi - interamente in galleria - è vincolato a monte, cioè verso terra, dalla posizione e dalla quota degli imbocchi sia lato autostrada A7 che lato lungomare Canepa secondo il progetto approvato del nodo di San Benigno, mentre a valle è determinato dall'allineamento e dalla profondità del tunnel sub portuale.

I quattro assi di collegamento passano in tunnel al di sotto del piazzale che ospita il varco portuale di San Benigno, a monte delle mura antiche della Lanterna, le quali costituiscono un vincolo progettuale in quanto, oltre che essere caratterizzato dalle rilevanti dimensioni, il muro è anche un monumento storico da preservare.

Immediatamente a valle del muro la banchina è occupata da alcuni edifici e, a seguire, dalla viabilità del porto e dal parco binari, ubicato sulla banchina in sede promiscua, per il servizio al terminal container.

Tenendo conto anche dei vincoli costituiti dall'edificio uffici della CULMV, che si trova al limite nord di Piazzale San Benigno, e dal viadotto che collega il Piazzale San Benigno al terminal container di Calata Sanità, il tracciato dei collegamenti è stato modificato rispetto a quanto previsto nel progetto approvato del nodo di San Benigno: dal tunnel sub portuale verso l'autostrada A7 si deve imboccare il ramo di destra (asse IV) mentre verso il lungomare Canepa si deve imboccare il ramo sinistra (asse III). Con tale configurazione si evita la sovrapposizione planimetrica e altimetrica degli stessi rami di cui al progetto del nodo, in cui l'asse III sovrappassa l'asse IV, ed è possibile ridurre la pendenza longitudinale.

I limiti del presente progetto preliminare del tunnel sub portuale corrispondono alle sezioni di contatto fra le opere del nodo di San Benigno che rimangono inalterate e le opere dello stesso nodo che vengono ridisegnate.

4.3 TRACCIATI NEL CORRIDOIO NORD

Poiché lo svincolo di San Benigno si trova in una fase più avanzata dell'iter di approvazione, i raccordi fra l'infrastruttura in progetto e tale svincolo dovrebbero ridurre al massimo le modifiche allo svincolo stesso. Sono state prese in considerazione anche opzioni di tracciati in galleria naturale tipo N1 e N2, ma sono state quasi immediatamente abbandonate in quanto, oltre a richiedere modifiche sostanziali allo svincolo di San Benigno, avrebbero comportato pendenze molto elevate nelle rampe, il costo di costruzione sarebbe stato notevole e l'alleggerimento alla congestione del traffico cittadino non sarebbe stato molto efficace.

I dati geotecnici lungo i percorsi N3 indicano un terreno comprendente formazioni di Calcari del Monte Antola e di Argille di Ortovero, con condizioni generalmente

adatte all'impiego di macchine per lo scavo delle gallerie del tipo a compensazione della pressione del terreno (EPBM).

È stata inoltre presa in considerazione un'opzione da realizzarsi in parte con tecnologie cut-and-cover lungo il percorso N3B. La costruzione di quest'opzione avrebbe però causato un disturbo agli operatori dei traghetti e delle navi da crociera giudicato non accettabile da parte dell'Autorità Portuale.

Sono invece stati approfonditi i tracciati indicati con le sigle N3A ed N3B. Un confronto maggiormente dettagliato ha posto in luce che l'opzione consistente in una galleria scavata lungo il percorso N3A è preferibile rispetto a quella lungo il tracciato N3B, in quanto è più breve, evita la vicinanza dello scavo con gli edifici protetti del Molo e con ogni altra presenza di carattere archeologico e probabilmente costa meno.

Un'analisi comparata costi-benefici di tipo qualitativo ha indicato tuttavia che l'opzione N3A non è verosimilmente competitiva rispetto a quelle del corridoio centrale. I tracciati del corridoio nord non sono quindi stati sviluppati ad un livello maggiormente dettagliato.

4.4 TRACCIATI NEL CORRIDOIO CENTRALE

Sono state prese in considerazione tre possibili opzioni di percorso, definite C1, C2 e C3. Tutti gli attraversamenti del porto devono rispettare i criteri stabiliti dall'Autorità Portuale che prevedono una quota massima per l'estradosso del tunnel sotto il canale di navigazione di -18 m (o di -20 m se l'attraversamento viene effettuato a sud della linea Molo Vecchio-Ponte Assereto) e a -14 m in corrispondenza dei muri di banchina.

Le opzioni di tunnel sommerso lungo i tracciati C1 e C2 sono state studiate fino ad un certo livello di dettaglio, ma sono poi state abbandonate in quanto il tracciato si trova sotto una zona di ormeggio delle navi, situazione non consigliabile dal punto di vista della sicurezza durante l'esercizio e comunque tale da rendere necessario lo spostamento degli ormeggi per tutto il periodo della costruzione. Tale eventualità si è rivelata infattibile a causa della congestione del traffico nel porto passeggeri.

L'opzione di percorso C3A, da realizzare con tunnel sommerso, si è quindi rivelata preferibile grazie alla sua lunghezza di attraversamento del porto relativamente breve. La costruzione del tunnel sommerso può essere suddivisa in fasi, in modo da causare il minimo disturbo alle navi che utilizzano il porto. Anche la costruzione del portale e della rampa di accesso ovest con la tecnica del cut and cover in una trincea messa in secco può essere suddivisa in fasi, in modo tale da minimizzare la perdita temporanea di spazi da parte dell'Autorità Portuale.

Poiché il tunnel prevede la costruzione della rampa est con la tecnica del cut and cover, cioè con lo scavo di una trincea profonda nella zona di Calata Gadda, si è

verificata la fattibilità di sfruttare lo scavo stesso per realizzare un parcheggio sotterraneo capace di contenere oltre 3000 automobili e al quale possa accedere direttamente il traffico che attraversa il tunnel. Questa possibilità, peraltro indicata dal DPP, aggiunge ai tracciati nel corridoio centrale un ulteriore elemento di vantaggio per i riflessi trasportistici.

Le condizioni del terreno sul fondo marino si sono rivelate adatte alla costruzione di un tunnel sommerso. La trincea verrebbe scavata generalmente in sabbie limose. Tuttavia, su circa un terzo di questa lunghezza e all'estremità del Molo Vecchio, la trincea dell'elemento sommerso verrebbe scavata nel flysch per una profondità di circa 1-2 m.

È stata infine sviluppata un'opzione di percorso con tunnel scavato C3B lungo un tracciato praticamente sovrapposto a quello dell'opzione C3A. Questo percorso è il più breve fra tutte le opzioni in galleria naturale prese in considerazione e, come le altre opzioni, prevede in parte la costruzione di rampe di accesso in galleria artificiale cut and cover, che verrebbero costruite in fasi in modo da minimizzare la perdita di spazi a terra per l'Autorità Portuale nel corso della costruzione. Il collegamento del portale ovest fra lo svincolo di San Benigno e le mura storiche della Lanterna verrebbe realizzato con tecniche tradizionali a foro cieco. Il percorso C3B prevede la costruzione del tunnel scavato attraverso sabbia limosa (Ponte Caracciolo), argilla consolidata e flysch (Molo Vecchio). È probabile sia necessaria una macchina di scavo adatta a una lavorazione a fronte misto. Anche se la costruzione di un tunnel scavato con uno scudo a fronte misto potrebbe essere relativamente più costosa, questa soluzione per lo più evita di creare disagi alla navigazione nel porto. Inoltre, per quanto l'allineamento verticale si sviluppi a profondità maggiori di quelle del tunnel immerso, è ancora possibile la realizzazione del parcheggio interrato nell'area di Calata Gadda con accessi diretti dal tunnel.

4.5 TRACCIATI NEL CORRIDOIO SUD

Lungo il percorso sud, sono stati esaminati due percorsi a tunnel scavato, S1 e S2. Il percorso S2 evita la zona del Molo Vecchio e forma uno svincolo diretto con Fiera Ovest. Questo percorso richiederebbe una ricostruzione sostanziale dell'attuale infrastruttura a Fiera Ovest e causerebbe notevoli disagi durante la sua costruzione. Inoltre, il percorso S2 non è efficace per l'alleggerimento del traffico come i percorsi N3, C3 e S1. Pertanto, il percorso S2 non è stato sviluppato più in profondità.

Il percorso S1 comprende la costruzione di lunghe rampe di accesso al tunnel scavato realizzate con la tecnica cut and cover. Il tunnel cut and cover verrebbe suddiviso in fasi, in modo da minimizzare la perdita di spazi per il Porto nel corso della costruzione.

Le formazioni che probabilmente si incontreranno lungo il tracciato sono sabbia limosa, argilla e flysch. La macchina per lo scavo del tunnel pertanto dovrebbe essere

in grado di lavorare con fronte misto complesso. Questo percorso è stato sviluppato a un livello maggiore del precedente, ma l'analisi costi-benefici ha messo in luce che il percorso S1 era più costoso e non offriva nessun vantaggio rispetto al percorso C3B. Perciò, non è stato selezionato per uno sviluppo in dettaglio.

4.6 RACCORDO CON IL LITORALE IN ZONA FOCE

Anche per il tratto di raccordo con la Foce sono state prese in considerazione diverse opzioni. Queste comprendono:

- mantenimento della Sopraelevata e costruzione di una strada a due corsie per senso di marcia a livello del suolo per il traffico pesante (opzione F1 ovvero D2 + D2);
- strada a tre corsie per senso di marcia a livello del suolo con l'eliminazione della Sopraelevata (opzione F2 ovvero D3);
- mantenimento della Sopraelevata, suo rafforzamento e sua trasformazione in una strada a tre corsie in direzione est-ovest con la costruzione di una strada a tre corsie a livello del suolo in direzione ovest-est (opzione F3).

L'opzione F2 si basa sullo schema di riferimento allegato al DPP. Un confronto fra le opzioni ha indicato che l'opzione F3 era quella meno indicata per lo sviluppo in dettaglio. Sono state quindi sviluppate le opzioni F1 e F2. Allo scopo di recuperare la larghezza necessaria per l'opzione F2 senza procedere alla realizzazione di costose gallerie naturali, è necessario scavare un taglio a cielo aperto sotto parte di Corso Aurelio Saffi. In questo punto, insieme allo scavo è anche stata esaminata la possibilità di realizzare sopra la sede stradale un parcheggio di limitate dimensioni per auto, accessibile da Corso Saffi. Anche se fisicamente fattibile, quest'opzione prevede un notevole disagio per il traffico cittadino e portuale durante la costruzione e, per minimizzare tale disagio, ha bisogno di una programmazione delle attività piuttosto complessa, con molto ricorso al lavoro notturno.

Fra le opzioni di raccordo con la Foce considerate, l'opzione F1 è quella che crea i minori disagi e la più valida dal punto di vista dei costi.

Sono state infine esaminate diverse opzioni per lo svincolo di Piazzale Kennedy. Fra queste: rotonde di vario diametro, sottopassi, una rotatoria di sensi unici comprendente alcune strade esistenti, oltre a misure di gestione del traffico. In seguito a discussioni con il Comune, l'opzione della rotonda di grande diametro è stata riconosciuta essere la più efficace in rapporto ai costi.

4.7 TRACCIATI SELEZIONATI PER LO SVILUPPO PROGETTUALE

Tutte le soluzioni sopra descritte sono state confrontate fra loro attraverso un'analisi costi/benefici di tipo qualitativo. Il risultato di questo confronto ha consentito di selezionare le alternative C3A (tunnel immerso) e C3B (tunnel scavato) nel corridoio

centrale come quelle più indicate per costituire la soluzione ottimale per l'infrastruttura.

Entrambe le soluzioni sono quindi state sviluppate a livello di progettazione preliminare, studiando anche i problemi delle fasi costruttive.

Per il raccordo con il litorale alla Foce, sono state scelte e sviluppate entrambe le opzioni D2 + D2 (due corsie per senso di marcia a livello del suolo e mantenimento della Sopraelevata) e D3 (3 corsie per senso di marcia ed eliminazione della Sopraelevata).

Per quanto riguarda lo svincolo di Piazzale Kennedy, sono state approfondite sia l'opzione della grande rotonda sia un'alternativa costituita da un sistema di sottopassi.

La scelta finale tra le soluzioni alternative è intervenuta successivamente, ed è stata sostanzialmente influenzata dai risultati delle consultazioni condotte con gli Enti interessati in ordine alle diverse problematiche tecniche e gestionali emerse nel corso degli sviluppi di maggior livello di dettaglio operati nella seconda fase della progettazione preliminare.

I risultati delle indagini, il contenuto dei successivi sviluppi progettuali, degli studi e del raffronto tra le diverse soluzioni sono riassunti nei Capitoli da 5 a 9.

4.8 STUDI ARCHEOLOGICI, URBANISTICI E PAESAGGISTICI

Come già accennato, la prima fase del progetto preliminare è stata preceduta dalla raccolta delle informazioni concernenti sia le preesistenze archeologiche che tutti gli elementi sensibili a carattere storico – architettonico. Il risultato di tale operazione è sintetizzato nella figura 4.2. Con riferimento ai tracciati C3A e C3B, le principali criticità dal punto di vista archeologico restano confinate all'attraversamento delle mura della Lanterna ed alla vicinanza alle mura del Molo della rampa lato est e del raccordo con la viabilità urbana.

Il tracciato selezionato evita interferenze con l'antico Molo Vecchio e con il Molo della Lanterna.

Più complesso il problema dell'interazione con edifici di rilievo storico – architettonico, per le situazioni degli edifici Lavanderie Industriali di Calata Gadda (23), del Mercato del Pesce (27), della sede dello Yacht Club Italiano (40), degli uffici e biglietterie della Fiera di Genova (47) e dell'ex ristorante San Pietro alla Foce (49). Per essi, nello sviluppo della seconda fase del progetto preliminare, sono state definite soluzioni diverse come meglio descritto nel seguito della relazione.

Nel corso della prima fase del progetto preliminare, anche in virtù delle informazioni acquisite attraverso le consultazioni, sono stati altresì individuati i principali problemi del quadro urbanistico associato all'infrastruttura, cioè quelli collegati alla riorganizzazione ed alle potenzialità di sviluppo delle aree interessate.

Alcuni di questi problemi sono risultati intrinsecamente connessi con la realizzazione stessa dell'infrastruttura, anche ai sensi del comma 3 dell'art. 3 del D. Lgs. 190/2002, in quanto dalla loro soluzione dipendono la disponibilità delle aree necessarie per la costruzione del tunnel, la possibilità di ricollocare o fornire compensazione ad attività che devono essere spostate.

E' altresì da considerare che gli interventi connessi con la realizzazione dell'infrastruttura possono costituire l'elemento di raccordo con il contesto urbanistico che dovrà assorbire la nuova viabilità. Obiettivo quindi degli studi urbanistici, architettonici e paesaggistici è risolvere il problema operativo della costruzione del tunnel, individuando opportune opere collaterali, ma contemporaneamente proporre le integrazioni urbanistiche e i potenziali sviluppi delle aree interessate.

L'elaborato cartografico della Figura 4.3 mostra il quadro complessivo dei rapporti urbanistici dell'infrastruttura con gli interventi di trasformazione in atto del contesto portuale e di quello urbano, nonché delle ulteriori proposte emergenti dallo sviluppo del progetto.

Il problema principale riguarda la ricollocazione delle attività industriali insistenti sull'area di Calata Gadda e di Calata Boccardo e nella fascia sottostante la Sopraelevata. Al fine di poter realizzare tale operazione si è reso necessario studiare, in modo coordinato rispetto al progetto del tracciato, un riassetto dell'intero comparto RiNav.

Il riassetto è stato affrontato in accordo con i contenuti del recente (Maggio 2003) accordo di programma tra Comune, Autorità Portuale e Regione, con l'adesione della Fiera Internazionale. Tuttavia, l'ammontare delle superfici attuali in concessione che devono essere delocalizzate è tale che, unitamente alla necessità di mettere a disposizione nuovi accosti per le navi in lavorazione con adeguate aree di preassemblaggio a terra e di recuperare spazi per la nuova viabilità, si rende necessario liberare e realizzare nuove aree. La soluzione individuata è di procedere al tombamento parziale del Porticciolo Duca degli Abruzzi, con conseguente trasferimento in altra sede dello Yacht Club Italiano e delle altre attività nautiche ivi localizzate.

Sempre sulla base del citato accordo di programma è stato quindi effettuato uno studio di fattibilità progettuale per la realizzazione di una sistemazione delle aree a mare del Piazzale Kennedy in grado di ospitare il nuovo Porticciolo Duca degli

Abruzzi, con una definizione dei requisiti funzionali.

E' stato inoltre eseguito uno studio delle potenzialità di sviluppo edilizio sulla Calata Gadda allo scopo di verificare la fattibilità di sistemi strutturali che consentissero la realizzazione del tunnel, del parcheggio interrato e delle relative rampe di accesso senza compromettere le possibilità di edificazione fuori terra, altresì indicando una sistemazione complessiva di massima di arredo dell'area ad opera finita.

Occorre precisare peraltro che gli studi di prima fase hanno confermato che la realizzazione del parcheggio indicato dal DPP con accesso diretto da e per il tunnel costituisce un'opzione funzionalmente molto importante per i seguenti motivi:

- il flusso di auto e bus turistici verso le attrazioni del Porto Antico è atteso in misura sempre più rilevante anche a seguito del completamento dei lavori della Darsena (Museo del Mare, Palazzo della Musica, Facoltà di Ingegneria) e di Ponte Parodi (Auditorium, centri commerciali, centri sportivi, musei);
- lo spazio ristretto a disposizione dello svincolo al Mercato del Pesce non consente di gestire adeguatamente tutti i flussi, se questi fossero avviati ad esso senza una capacità di filtro;
- la disponibilità di parcheggi per residenti e visitatori nell'area, adiacente al centro storico, è limitatissima nonostante i previsti ampliamenti (Ponte Parodi);
- la disponibilità di un adeguato parcheggio interrato potrebbe consentire la razionalizzazione dei parcheggi all'interno del perimetro del Porto Antico, con conseguente miglioramento della situazione di fruibilità delle aree stesse e quindi della loro redditività in termini economici;
- un adeguato numero di parcheggi è comunque richiesto da ogni possibile sviluppo edilizio in superficie di Calata Gadda, già previsto dall'accordo di programma citato;
- l'area prevista per la realizzazione del parcheggio è adiacente alla stazione di San Giorgio della metropolitana, che entrerà in funzione tra pochi mesi, ed è ad oggi l'unica area in cui è possibile realizzare a Genova un parcheggio di interscambio con la linea metropolitana;
- dalla radice di Calata Gadda, il centro storico e il centro direzionale di Genova sono comunque raggiungibili in pochi minuti a piedi.

Per quanto riguarda infine il sedime della rampa elicoidale dell'esistente raccordo autostradale, che sarà demolita nell'ambito del progetto del nuovo svincolo di San Benigno, già destinato alla realizzazione del nuovo Mercato del Pesce, è stata brevemente presa in esame l'ipotesi di una valorizzazione ulteriore dell'area attraverso la costruzione di un edificio a torre per uffici, attività commerciali e di servizio, nella cui base potrebbe trovare collocazione la struttura del nuovo Mercato del Pesce.

A proposito dell'area di San Benigno occorre rilevare infatti che la costruzione del nuovo svincolo, che comprende un viadotto in pendenza piuttosto imponente in adiacenza del sedime della vecchia rampa elicoidale, richiederebbe uno studio più

approfondito della sistemazione complessiva dell'intero comparto, su cui peraltro, come indicato nella Figura 4.3, sono già presenti importanti iniziative progettuali.

Tale studio non è stato sviluppato nell'ambito del presente progetto preliminare in quanto al di fuori dei limiti del tracciato dell'infrastruttura. Nell'ambito dello studio della valorizzazione ulteriore dell'area destinata ad ospitare il nuovo mercato del pesce e dell'inserimento architettonico del portale principale del tunnel lato San Benigno, si è tuttavia potuto osservare come la presenza di edifici alti, a partire dalla Lanterna, già caratterizzi l'area e come ciò costituisca un aspetto ormai tipico di questo nuovo paesaggio urbano. Un più attento studio di simulazione potrebbe mettere in luce ulteriori possibilità e contribuire a definire un importante aspetto attrattivo della visione di Genova offerta al viaggiatore in arrivo dal casello autostradale di Genova Ovest.

5 ESITI DELLE INDAGINI

Lo sviluppo della seconda fase del progetto preliminare per i tracciati selezionati nel corso della prima fase è stato basato sulle risultanze di studi a carattere geologico, idrogeologico e geotecnico di adeguato livello di dettaglio. Detti studi sono stati redatti da GCjv sulla base di informazioni a carattere bibliografico, su dati forniti da Tunnel di Genova e sui risultati delle indagini geognostiche e geofisiche commissionate all'ATI CEMA-PROMOGEO dalla stessa Tunnel di Genova.

Nel seguito del presente capitolo viene presentata una breve sintesi dei principali esiti scaturiti dalle indagini esperite.

5.1 INDAGINI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

In accordo alla carta geologica del territorio genovese (Figura 5.1) il bacino del porto di Genova si inserisce in un ampio anfiteatro naturale con sviluppo costiero di circa 2.5 km ed è delimitato da un crinale spartiacque di separazione dalle contigue valli Polcevera e Bisagno attraversate dai due omonimi torrenti. Il bacino che comprende il porto antico è geologicamente scolpito nel flysh cretaceo – paleocenico del Monte Antola a cui si alternano, nella porzione centro orientale, depositi marnoso-argillosi di età pliocenica inferiore (Argille di Ortovero).

Nonostante l'intensa urbanizzazione di questo secolo abbia quasi totalmente nascosto il substrato, le notizie storiche e soprattutto i numerosi sondaggi geognostici effettuati in passato (Figura 5.2) permettono di ricostruire in maniera sufficientemente precisa la distribuzione delle due Unità. I rapporti geometrici tra il flysh e i depositi pliocenici sono controllati da un sistema di faglie orientate E-W ($\pm 30^\circ$) e N-S ($\pm 30^\circ$), che ha creato una serie di strutture a horst e graben piuttosto evidenti (Figura 5.1). Gli affioramenti del Pliocene inferiore dell'area urbana genovese sono caratterizzati da andamento quasi sub-parallelo alla linea di costa (zona est di Genova), mentre quelli riscontrati nella parte centrale del Porto sembrano governati da faglie con andamento quasi nord-sud. La deposizione argillosa pliocenica dovuta ad una ingressione marina è stata favorita da un evento tettonico quale il graben determinato da un precedente affossamento dei calcari marnosi; lo sprofondamento può raggiungere livelli anche molto considerevoli come testimoniano i 200 m di Ortovero ritrovati nella zona dell'Acquasola. In altre zone lo spessore è molto variabile, a testimonianza di una tettonica avvenuta in zona eterogenea. Le strutture principali in direzione est – ovest hanno creato talvolta condizioni perché si formassero piccoli horst in flysh a elmintoidi, il più evidente dei quali si erge nella zona orientale del nucleo portuale (Calata Gadda) e sulla cui dorsale naturale è poi sorto il Molo Vecchio.

Il contatto Antola – Ortovero è importante anche dal punto di vista idrogeologico poiché i calcari adiacenti alle faglie che hanno causato lo sprofondamento risultano

fratturati e costituiscono una via di circolazione preferenziale per le acque sotterranee.

Le due formazioni geologiche dei calcari dell'Antola e delle argille di Ortovero sono ben differenziate per età, genesi e caratteristiche litologiche. Sovrastanti dette formazioni si rinvenivano talvolta depositi fluvio-marini costituiti da materiale a granulometria eterogenea.

5.1.1 Calcarei dell'Antola (Cretaceo Sup.)

La facies prevalente è un calcare marnoso in strati ben individuati con potenze dell'ordine di qualche metro soprattutto nelle parti basali della serie. Il contenuto in argilla del calcare varia notevolmente cosicché a singoli strati di calcare debolmente argilloso si possono alternare facies decisamente marnose o tipici straterelli marnoscistosi. Sono frequenti anche intercalazioni di argille scistose, riconoscibili per la loro evidente fissilità, oltre al loro colore scuro. Sono presenti, infine, strati di calcari fortemente arenacei, di colore bruno, interessati da fitte vene calcitiche. I calcari arenacei e i calcari marnosi costituiscono nell'insieme circa il 70% dell'intera formazione.

La giacitura che il calcare presenta lungo la direttrice portuale potrebbe influenzare sia l'assetto idrogeologico che la stabilità della formazione stessa. Nell'area in esame gli strati hanno direzione nord-sud e inclinazione piuttosto elevata (50-60%) ad eccezione delle zone di faglia impostate al contatto con le argille plioceniche, in cui i calcari non presentano una vera e propria giacitura ma appaiono fratturati.

5.1.2 Argille di Ortovero (Pliocene Inf.)

La formazione occupa un settore che attraversa la città in senso est-ovest, a partire dalla sponda sinistra del Bisagno fino alla zona della stazione Principe. I sondaggi effettuati all'interno del porto hanno messo in evidenza come la suddetta sedimentazione proseguiva anche in mare fino alla zona di Ponte Parodi, passando per Ponte Spinola. Questa trasgressione pliocenica si è impostata all'interno di un graben con direzione est-ovest, creatosi in seguito allo sprofondamento dei sottostanti calcari dell'Antola. Le argille di Ortovero sono presenti inoltre nella zona centro-meridionale del Porto, ad est del Promontorio della Lanterna, come testimoniato dai sondaggi effettuati nella zona di Ponte Caracciolo e Calata Oli Minerali. Questa sedimentazione, a differenza di quella precedente, sembra però essere impostata su un graben con direttrice nord-sud. La potenza dei depositi pliocenici può anche raggiungere i 200 metri.

Dal punto di vista della litologia, la Formazione di Ortovero risulta litologicamente costituita da marne e marne argillose nelle quali si alternano, soprattutto alla base della serie, livelli sabbiosi e ghiaiosi, dovuti probabilmente alle piene dei rivi ai quali il graben aveva tranciato il corso.

5.1.3 Depositi Quaternari

Si distinguono in depositi alluvionali attuali e recenti e depositi marini di spiaggia e sovrastano le già descritte Formazioni del Monte Antola e di Ortovero. Sono caratterizzati da assetti litostratigrafici e composizione granulometrica estremamente eterogenea, variabile da ghiaie ad argille con consistenza tipicamente da sciolta a mediamente addensata.

I depositi alluvionali si ritrovano lungo costa solo nell'estremità orientale dell'area urbana, in corrispondenza della Foce del Torrente Bisagno dove si alternano ai depositi marini di spiaggia. Questi ultimi sono presenti all'interno dell'anfiteatro portuale nella parte centrale ed occidentale con un aumento graduale di spessore verso sud nella zona di avanporto. Nella zona di Calata Oli Minerali i sondaggi hanno infatti messo in evidenza depositi marini per uno spessore di 40 m circa. Il litotipo prevalente è quello di un limo argilloso sabbioso o sabbia limosa color grigio-nerastro di consistenza da sciolta a mediamente addensata. Di fronte alla foce del Torrente Bisagno ed alla diga foranea del Porto, a partire dall'isobata 50 m circa, si estende una zona a lutiti arenitiche interpretabili come sedimenti in cui l'apporto terrigeno del torrente tende a prevalere sulla sedimentazione organogena.

5.1.4 Materiale di Riporto

Il riempimento antropico, costituito da materiale di svariata natura e pezzatura, si riscontra sia lungo tutto l'arco cittadino urbanizzato con uno spessore costante variabile tra i 5 e i 10 metri circa, sia al di sotto delle opere marittime fino a raggiungere il fondo del mare.

5.1.5 Geologia lungo i tracciati di progetto

Le sezioni geologiche interpretative lungo i principali tracciati ipotizzati dal progetto mettono in evidenza la costante presenza dei due litotipi principali dianzi descritti.

Tutti i tracciati presi in esame sono caratterizzati dalla presenza di graben tettonici con andamento est-ovest o nord-sud, all'interno dei quali si è instaurata la deposizione plio-quadernaria. Le zone di faglia che caratterizzano i limiti del graben e rappresentano una discontinuità laterale tra le due deposizioni, costituiscono un importante passaggio geologico, sia per le differenti caratteristiche geomeccaniche dei materiali, sia per l'intensa fratturazione che i calcari presentano in prossimità della faglia stessa.

Per quanto riguarda, in particolare, i tracciati centrali C3A e C3B, essi si sviluppano nella parte centrale del bacino del porto antico, per una lunghezza totale di 1.8 km e attraversano un tratto di mare compreso tra le profondità di 12 e 14 metri. La sezione (Figura 5.3) mette in evidenza come il tracciato intercetti il graben orientato in direzione nord-sud ipotizzato nella parte centrale del Porto e riempito da argille

plioceniche al di sotto di un pacco di sedimenti marini quaternari. Il riempimento plio-quaternario è testimoniato dalla stratigrafia dei sondaggi nei quali si è riscontrata, al di sotto del materiale di riporto, la presenza delle Argille di Ortovero fino alla profondità di 70 metri, precedute da una deposizione sabbioso limosa di spessore compreso tra 15 e 20 m circa. La seconda metà del tracciato, che passando sotto al Molo Vecchio raggiunge Calata delle Grazie, è caratterizzata dall'affioramento dei Calcarei dell'Antola, sottostanti uno strato continuo di riempimento antropico utilizzato per la costruzione del Molo.

Oltre a indagini geognostiche, in corrispondenza dei tracciati di progetto considerati nella prima fase del progetto, nel mese di marzo 2003, è stata condotta un'indagine geofisica allo scopo di fornire ulteriori informazioni al quadro geologico strutturale della zona. Sono state scelte tre diverse zone di studio all'interno dell'anfiteatro portuale sulla base dei tracciati ipotizzati per il tunnel (Figura 5.4).

L'indagine ha compreso quattro fasi operative:

- indagine batimetrica;
- mappatura del fondale mediante sonar a scansione laterale;
- indagine magnetometrica;
- sismica a riflessione mediante chirp sub bottom profiler e sparker.

Il rilievo batimetrico è stata eseguito con tecnologia digitale utilizzando un ecoscandaglio integrato con un sistema satellitare di navigazione. L'acquisizione dei dati nelle tre aree è stata impostata su una griglia con maglie 50 m x 50 m.

Le tre zone investigate hanno messo in evidenza un andamento del fondale piuttosto regolare. Nella zona 1 (Molo Vecchio – Ponte dei Mille) si hanno profondità variabili tra 7 e 12 metri con un approfondimento da est verso ovest. La zona 2 (Calata Gadda – Ponte Assereto) è caratterizzata da un minimo (-17.0 m) nella parte centrale mentre risale verso i due estremi, in particolare in prossimità del promontorio calcareo di Calata Gadda, dove la profondità del fondale è di circa 8.0 metri. La terza area (Calata Boccardo – Lato SAAR), infine, è caratterizzata da un tratto poco pendente nella parte centro orientale con un approfondimento progressivo da -9.0 m a -13.0 m mentre un minimo di circa 17.5 m è presente nella parte occidentale della rotta.

Un'indagine mediante sonar a scansione laterale è stata condotta allo scopo di individuare potenziali anomalie od ostacoli presenti sul fondale marino. E' stato utilizzato un range laterale di acquisizione pari a 100 metri con una sovrapposizione delle passate pari al 25%. Le zone centrale e meridionale non hanno messo in evidenza corpi di rilevante entità giacenti sul fondale mentre due "targets" significativi sono stati individuati e mappati nell'area nord compresa tra Ponte dei Mille e Molo Vecchio ed identificati come due chiatte affondate in passato.

Lo studio magnetometrico, finalizzato all'individuazione di possibili anomalie ferromagnetiche presenti nelle aree indagate, è stato eseguito mediante un magnetometro marino SeaSPY lungo profili equidistanti 20 m. Il campo magnetico residuo ricavato ha fornito le seguenti informazioni sulle tre aree investigate:

Area 1 (Ponte dei Mille – Molo Vecchio): zona con notevoli problemi di rumore di fondo causato per lo più dalla presenza di boe, chiatte con scafo in ferro, barche ormeggiate ecc.. L'anomalia più evidente (76 nT) è stata riscontrata in corrispondenza delle due chiatte affondate già evidenziate dal Side Scan Sonar.

Area 2 (Calata Gadda – Ponte Assereto): questa area ha evidenziato soltanto piccole anomalie puntuali con valori inferiori ai 100 nT. L'anomalia di circa 130 nT in prossimità del Ponte Assereto è da mettere in relazione alla presenza della prua di una nave ormeggiata a breve distanza.

Area 3 (Calata Boccardo – Calata Sanità): anche in questa zona sono presenti solo piccole anomalie puntuali con valori inferiori a 60 Nt.

L'indagine sismica a riflessione, eseguita sulle stesse rotte navigate durante il rilievo batimetrico (griglia 50 m x 50 m), è stata suddivisa in due fasi:

- indagine chirp sub bottom profiler digitale;
- indagine mediante sparker.

La prima ha interessato esclusivamente gli strati più superficiali nei primi 5 metri circa, mentre con la seconda si è ottenuta una penetrazione fino ad una profondità stimabile attorno ai 50 m circa.

Mentre il chirp sub bottom profiler non ha fornito indicazioni sugli strati superficiali, con lo sparker è stato possibile individuare i riflettori sismici in corrispondenza del passaggio tra i depositi marini e le sottostanti formazioni calcarea o argillosa.

In particolare le informazioni ricavate con la sismica a riflessione mediante Sparker permettono di esprimere le seguenti considerazioni per le tre aree investigate:

Area 1: in questa zona l'elevata rumorosità di fondo ha impedito di ottenere una buona risoluzione del segnale con conseguente copertura dei riflettori ed amplificazione dei fenomeni di diffrazione e segnali multipli.

Area 2: le sezioni sismiche di questa area hanno messo in evidenza un riflettore sismico (R1) (Figura 5.3) ad una profondità dal fondale variabile tra 7 e 18 metri in corrispondenza del passaggio stratigrafico tra i depositi marini e le sottostanti argille di Ortovero. L'andamento concavo del segnale sismico al di sotto di tale riflettore potrebbe essere dovuto alla giacitura delle argille deformate durante la fase neotettonica quaternaria.

Area 3: questa area è caratterizzata dalla presenza di due importati riflettori sismici (Figura 5.5): il primo (R1) è lo stesso riscontrato nella parte centrale del Porto al contatto depositi quaternari – argille mentre il secondo (R2) è impostato al passaggio tra gli stessi depositi quaternari e i sottostanti calcari marnosi risalendo da una profondità di circa 25.0 m dal fondale in corrispondenza del fianco del graben fino a 4–5 metri in prossimità di Calata Boccardo.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, occorre osservare che in linea generale l'impatto idrogeologico di un'opera in sotterraneo avviene sia nei confronti dell'opera stessa (influenza dell'acqua nel cavo), sia nei confronti della situazione al contorno (modifica della circolazione delle acque).

Due sono i principali impatti sul manufatto:

- le eventuali venute d'acqua in galleria;
- le pressioni e/o le variazioni di pressione che possono originarsi sul cavo.

Trattandosi di una galleria impermeabile le problematiche si riducono alle pressioni che possono originarsi sul cavo. Nei casi in esame eventuali pressioni/sovrapressioni sul cavo si possono originare soprattutto durante l'attraversamento di livelli di discontinuità. Si tratta quindi di situazioni localizzate all'estensione delle fasce di materiale fratturato.

Per quanto riguarda l'impatto dell'opera nei confronti della situazione al contorno, questo è trascurabile in quanto tutti i tracciati sono ipotizzati oltre la linea di costa naturale, per cui essi si trovano al di sotto del mare in assenza di flusso di falda. In particolare, il tracciato centrale corre al di sotto del livello del mare, con una profondità della calotta dell'estradosso pari a circa 35 m.

I vari tracciati attraversano:

- i calcari acquiferi nella parte orientale, in un settore in cui le fratture sono saturate da acqua di mare;
- le argille di Ortovero al passaggio con i sovrastanti sedimenti marini;
- nuovamente i calcari acquiferi, in scadenti condizioni di conservazione e saturati da acqua di mare nel settore occidentale;
- 2 presunti limiti di graben, impostati su faglia, ad alto angolo di inclinazione, al contatto tra i calcari e le argille.

Si ritiene che gli effetti dei vari tracciati sul contorno siano praticamente ininfluenti in quanto essi transitano in settori dove l'acquifero è saturato da acqua marina.

L'attraversamento delle linee/zone di fratturazione, poste sotto al livello del mare ed ad una certa distanza dalla linea di costa e dai pendii circostanti, fa ritenere poco probabile la presenza o l'insorgere di pressioni/sovrapressioni dovute al flusso idrogeologico dell'anfiteatro di Genova.

Informazioni più dettagliate sulle indagini geologiche ed idrogeologiche sono contenute nelle corrispondenti relazioni allegate al progetto. L'area genovese non è sede di significativi fenomeni sismici.

5.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geotecnico le formazioni attraversate sono state eseguite prove geotecniche in sito all'interno dei fori di sondaggio e sono stati prelevati campioni di terreno per le successive prove di laboratorio.

Le prove geotecniche eseguite all'interno dei fori di sondaggio hanno compreso prove penetrometriche dinamiche (SPT) e prove di permeabilità, di tipo Lugeon e di tipo Le Franc.

Le prove di laboratorio sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico G.E.T. di Genova su campioni delle tre unità stratigrafiche significative, e hanno compreso prove di classificazione e prove di determinazione delle caratteristiche geomeccaniche.

I parametri di progetto per le diverse unità stratigrafiche sono sintetizzati nella seguente Tabella 5.1.

Informazioni di maggior livello di dettaglio sulle indagini geotecniche sono contenute nella relazione allegata al progetto.

TABELLA 5.1
PARAMETRI DI PROGETTO DELLE FORMAZIONI ATTRAVERSATE

Unità	Spessore (m)	γ_t (kN/m ³)	e_0 (-)	OCR (-)	S_u (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	UCS (MPa)	E (MPa)	ν (-)	c_c (-)	c_r (-)	k (m/s)
Riempimento Antropico	5 a 15	19.0	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	$10^{-1} - 10^{-6}$
Depositi Quaternari	10-40	19.0	-	-	75	0	30	-	$10^{(1)}$	0.15	-	-	10^{-3} - 10^{-5} granulari 10^{-5} - 10^{-7} coesivi
Argille di Ortovero	>100	19.5	0.67	>20	250	10	29	-	$100^{(2)}$	0.45	0.35	0.035	10^{-6} - 10^{-8}
Calcari dell'Antola	>1000	23.0 (Argilliti) 25.5 (Calcere alterato) 26.5 (Calcere lapideo)	-	-	-	-	-	4 (Argilliti) 8 (Calcere alterato) 40 (Calcere lapideo)	$25^{(3)}$	0.25	-	-	10^{-6} - 10^{-7} più elevata nelle zone fratturate

NOTE:

- (1) E_d
- (2) E_U
- (3) E_{50} roccia intatta

6 LA SOLUZIONE A TUNNEL IMMERSO (ALTERNATIVA NON SELEZIONATA)

La soluzione progettuale sviluppata nella seconda fase del progetto preliminare per la tecnologia del tunnel immerso (tracciato C3A) viene brevemente descritta nel seguito. Il tracciato finale è descritto nella Figura 6.1. Lo sviluppo progettuale dell'alternativa, ancorchè non selezionata, è riportato nella Relazione Tecnica.

6.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Il tracciato verticale del tubo sommerso è determinato dalle profondità di dragaggio imposte dall'Autorità Portuale. Come già ricordato, è stato richiesto che il canale navigabile principale all'entrata del porto interno in futuro possa essere dragato fino a -20,0 metri. Consentendo una copertura protettiva di roccia di 2,0 metri, la parte più alta della struttura del tunnel sotto il canale principale arriva così a -22,0 metri.

Alle banchine, il tracciato deve consentire un dragaggio futuro fino a -14,0 metri, mentre agli accessi a un molo, la futura profondità di dragaggio dovrà essere di -18,0 metri.

Questi requisiti sono onerosi, ma sono stati rispettati.

Il terminal dei container di Calata alla Sanità avrà bisogno di un livello del fondo del mare al massimo di -18,0 metri, e questa profondità si applicherà a tutta la lunghezza del molo sino a una distanza di 30 metri dal Ponte Caracciolo. A partire da 30 metri dal muro, il livello del fondo marino potrà alzarsi sino a -14,0 metri in corrispondenza del muro anche se la pendenza massima del 7% limita il livello massimo sopra la protezione di roccia del tunnel a -15,9 metri

La profondità completa del canale di navigazione (-20,0 metri) si ottiene ad altri 30 metri dal Ponte Caracciolo. Il profilo verticale della strada all'interno del tunnel ha un raggio limite di 1500 m, il che significa che il canale sarà più profondo del minimo per la maggior parte della sua profondità, raggiungendo -23,55 metri alla parte superiore della protezione di roccia nel punto più basso del tunnel.

Sul lato di Calata Gadda, le banchine non sono utilizzate per l'attracco delle navi. Perciò, il limite di -14 metri viene mantenuto ai piedi della banchina, e la profondità completa di -20 metri si raggiunge a una distanza di 120 metri da esso.

Il progetto preliminare del tunnel di Genova con la tecnica ad elementi immersi comprende cinque elementi lunghi 130 metri ciascuno. Ciascun elemento del tunnel è costruito in segmenti lunghi normalmente 20 metri. I segmenti sono

separati da un giunto di costruzione che consente soltanto la dilatazione e tutti i segmenti sono collegati insieme per poter galleggiare, essere trasportati e posizionati tramite precompressione temporanea. Normalmente, ciascun segmento viene gettato in due sezioni; innanzitutto la soletta di fondo e successivamente le pareti e il tetto.

Il punto di transizione fra il tunnel sommerso e la parte in cut and cover sul lato est del porto è a circa 120 metri all'interno della banchina esistente a Calata Gadda, a causa della grande profondità del tunnel in questo punto, che rende costosa la messa in secco di uno scavo per un tunnel cut and cover.

Alle estremità est ed ovest dovranno essere realizzate due rampe in cut and cover. Piazzole regolamentari possono essere collocate nella zona terminale delle rampe, prima dell'ingresso nella parte immersa.

L'esecuzione delle rampe non è dissimile da quella che si deve realizzare per la soluzione a tunnel scavato, con l'eccezione che nel caso di tunnel immerso le trincee sono assai meno profonde ma, sul lato di Ponte Caracciolo, il tracciato interferisce con un fabbricato portuale che deve pertanto essere, almeno parzialmente, demolito e successivamente ricostruito. Ciò comporta la realizzazione di un nuovo fabbricato per ospitare le attività presenti nell'edificio da demolire.

Per il resto, la costruzione delle rampe prevista a progetto segue metodologie abbastanza tradizionali, prevedendo l'esecuzione di diaframmi fino alla roccia per ottenere condizioni di impermeabilità e quindi lo scavo internamente ad essi, il cui avanzamento segue la realizzazione di telai e puntoni di contrasto fra le paratie. Lo scavo della trincea sul lato ovest avverrà comunque per tratti, valutando l'opportunità di realizzare la soletta superiore prima del completamento dello scavo, onde minimizzare l'interazione con il traffico portuale da e per il terminale contenitori di Calata alla Sanità.

6.2 SEZIONE TRASVERSALE

La sezione trasversale consente di avere la medesima ampiezza delle corsie specificata per il tunnel scavato e un'ulteriore via di fuga di emergenza fra le due carreggiate. Così, quattro degli elementi sono larghi 31,75 metri e ospitano tre corsie. Il quinto elemento deve ospitare la parte iniziale delle rampe per l'accesso al parcheggio e perciò sarà un'unità speciale. Un'estremità sarà larga 31,75 metri e l'altra 37,75 metri. La sezione trasversale del tunnel è progettata per galleggiare nella sua condizione temporanea, cioè senza la zavorra di calcestruzzo, e per avere un fattore di sicurezza contro il galleggiamento con la zavorra installata. Un ulteriore fattore di sicurezza viene fornito dal riempimento. Per il volume destinato al traffico è prevista un'altezza libera di passaggio minima di 5,0 metri più i requisiti di linea visuale e una tolleranza per gli impianti e la segnaletica per un totale di 5,75 metri.

6.3 PREFABBRICAZIONE DEGLI ELEMENTI

Nell'area del sito, i luoghi adatti per un bacino di prefabbricazione sono molto limitati. Si ipotizza che gli elementi del tunnel siano costruiti altrove. Alcuni possibili siti di costruzione alternativi sono peraltro stati esaminati per completezza. In particolare, sono state considerate le seguenti opzioni:

- bacino di carenaggio galleggiante;
- utilizzo di uno dei bacini del porto di Genova come bacino di carenaggio;
- bacino di prefabbricazione davanti a Piazzale Kennedy;
- bacino di prefabbricazione combinato con un futuro nuovo bacino portuale;
- bacino di prefabbricazione in un altro luogo fuori Genova.

Normalmente la scelta del luogo adatto per realizzare un bacino di prefabbricazione viene lasciata all'appaltatore.

7 LA SOLUZIONE A TUNNEL SCAVATO (ALTERNATIVA SELEZIONATA)

A causa della profondità necessaria all'inizio del lavoro di scavo con la fresa, le zone di transizione all'inizio e alla fine del tunnel scavato vengono comunque costruite in trincea profonda cut and cover. La planimetria generale è illustrata nella Figura 7.1, mentre il profilo longitudinale è mostrato nella Figura 7.2. La sezione tipica del tunnel è illustrata nella Figura 7.3.

7.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Lo scavo del tunnel è previsto essere effettuato con una fresa “slurry-shield” per fronte misto. Il pozzo di partenza della macchina di scavo è posizionato alla fine della sezione cut and cover nella zona più avanzata di Ponte Caracciolo. In questo punto, il piano stradale corre a circa 25 metri sotto il livello della superficie.

Da questo punto, la strada si troverà all'interno di un tunnel scavato a doppia canna lungo 720 metri. Il tracciato passa sotto il Ponte Caracciolo allontanandosi da Calata alla Sanità, in direzione nord per evitare qualunque interferenza con essa. Il raggio orizzontale è di 1500 metri. Si prevede che l'attraversamento del porto abbia un tracciato verticale con un raggio inferiore ai 5000 metri.

Il tunnel termina in un pozzo di estrazione fresa situato al Molo Vecchio sotto la superficie di Calata Gadda. Il tracciato orizzontale è parallelo a questo molo e la strada sale con una pendenza del 5% fino al portale del tunnel cut and cover, dove il piano stradale si trova a 10 metri sotto la superficie. La curva verso Calata Boccardo viene realizzata con un raggio orizzontale di 300 metri.

Nei pozzi fresa saranno anche realizzati i passaggi trasversali di sicurezza adatti al transito dei mezzi di soccorso, mentre lungo il tratto perforato del tunnel saranno realizzati solo passaggi di sicurezza pedonali tra le canne. Sarà possibile inoltre realizzare piazzole di emergenza, ma in questo caso esse disteranno fra loro più di 600 metri. E' comunque pensabile di realizzare piazzole alla mezzera del tunnel, anche se ciò comporterebbe un costo elevato.

Per quanto riguarda le rampe cut-and-cover, esse non presentano aspetti particolari, ad eccezione della profondità. Le rampe saranno quindi realizzate entro diaframmi di notevole spessore contrastati da telai e puntoni provvisori. L'esecuzione delle trincee sul lato ovest avverrà per segmenti, in modo da minimizzare l'impatto con il transito degli automezzi diretti al varco doganale di Calata alla Sanità. La sezione tipica del tunnel è illustrata nella Figura 7.3.

7.2 POZZO DI INTRODUZIONE DELLA FRESA

Come già detto, il pozzo di partenza della fresa sarà situato sul Ponte Caracciolo. Infatti tenendo in mente il progettato trasferimento delle attività esistenti sul Molo Vecchio, il lato occidentale sembra offrire le maggiori possibilità per sostenere le installazioni, la logistica e condurre le operazioni di scavo in parallelo con la ricollocazione delle attività industriali ad est. Dopo il completamento della prima canna, la fresa verrà parzialmente smontata e riportata nel pozzo di entrata per il suo secondo passaggio.

Nella fase finale, il pozzo di entrata farà parte della trincea di ingresso ovest del tunnel. Anche se il pozzo di entrata al suo interno è molto spazioso, non può essere utilizzato come edificio di servizio o pozzo di ventilazione, a causa della sua posizione all'interno dell'area doganale del terminal internazionale dei container "Calata alla Sanità". Perciò il progetto prevede che l'edificio di servizio e di estrazione dei fumi dal tunnel si trovi appena a est dello Svincolo di San Benigno, circa 200 metri a ovest del pozzo.

A causa delle dimensioni della fresa e della distanza relativamente grande fra le due canne, il pozzo di partenza è di circa 43,5 metri, cioè più ampio della tipica sezione cut and cover.

La lunghezza del pozzo di entrata dipende principalmente dalle attrezzature utilizzate per la logistica e per le alimentazioni della fresa. Se esistesse un inderogabile limite allo spazio a disposizione, potrebbe essere possibile utilizzare un pozzo di entrata lungo soltanto 25 metri circa. In questo caso, tuttavia, la trincea cut and cover dovrà prevedere una larghezza sufficiente per le attrezzature di supporto alla fresa.

L'esperienza tratta da altri progetti di tunnel scavati indica che la lunghezza "adeguata" è pari a circa 80 metri. Il pozzo di avvio spesso è più ampio e più profondo rispetto alla parte in cut and cover precedente. La transizione fra l'ampio pozzo di avvio e la trincea in cut and cover verrà realizzata a 20 metri dalla parete anteriore.

Nella fase finale, il pozzo di avvio della fresa farà parte della trincea ovest. A causa della sua funzione durante la costruzione del tunnel, la geometria sarà diversa dalle tipiche sezioni cut and cover. La rampa di accesso ospita quattro corsie per senso di marcia, che si trasformano in tre corsie per senso di marcia nella galleria. Questa transizione avrà luogo nel pozzo di avvio.

Come detto prima, si prevede che l'edificio di servizio si trovi a circa 200 metri a ovest del pozzo di avvio. Oltre alle sue funzioni principali, questa struttura ospiterà anche le uscite di sicurezza e l'impianto di estrazione del fumo. Perciò, è necessaria una via di fuga longitudinale e un condotto di estrazione del fumo dal pozzo di entrata all'edificio di servizio. Per quanto riguarda il tracciato orizzontale parallelo fra lo svincolo San Benigno e il tunnel scavato, la via di fuga può essere facilmente inserita fra le due gallerie della rampa di accesso.

Realizzando questa via di fuga fra le due gallerie, è possibile anche creare uscite di emergenza extra (brevi distanze fra centro e centro) nella rampa di accesso a un modesto costo. La via di fuga può essere associata a una condotta per i cavi o a una galleria tecnica.

La Figura 7.4 mostra il principio di costruzione per il pozzo di avvio della fresa e della sezione cut and cover collegata utilizzata per la logistica e le attrezzature della fresa nel corso della costruzione della galleria. La lunghezza totale del pozzo (pozzo di partenza + parte in cut and cover) è di circa 80 metri.

7.3 GALLERIA NATURALE

Fra i pozzi, la galleria comprenderà due canne gemelle con un diametro interno di 14,17 metri. Questo valore comprende 100 millimetri di tolleranza costruttiva e 50 millimetri per la protezione antincendio. Attualmente, questo sarà circa 0,9 m più grande del “Green Hart Tunnel” attualmente in costruzione nei Paesi Bassi.

Il tunnel verrà costruito con l'utilizzo di un rivestimento in calcestruzzo prefabbricato diviso in anelli (ciascuno formato da conci) con uno spessore di 0,6 m. Il diametro esterno della fresa è di circa 16 metri.

La sezione trasversale di entrambe le canne prevede tre corsie con banchine e un marciapiede laterale, come discusso in altra parte del rapporto. Il piano stradale verrà costruito sopra un riempimento costituito da una miscela di sabbia e cemento. Questo riempimento interno è necessario per contrastare il galleggiamento. Sotto la strada è necessario anche un condotto prefabbricato in calcestruzzo per gli impianti.

Il profilo altimetrico del tunnel scavato è stato progettato per impedirne il sollevamento durante la costruzione e nella fase finale del completamento. La stabilità verticale viene definita come il rapporto fra la somma delle forze dirette verso il basso e la somma delle forze dirette verso l'alto. È stato rilevato un coefficiente di sicurezza di 1,15. I calcoli della stabilità verticale non tengono conto degli effetti longitudinali.

Su questa base, con una colmata interna realizzata direttamente, la copertura di terreno con i livelli del fondo marino attuali e futuri è sufficiente a fornire un'adeguata stabilità verticale.

All'inizio del tratto scavato con la fresa è comunque necessario realizzare un tappo in calcestruzzo e provvedere a sostituire parte del fondale con magnetite, in modo da consentire la stabilità sotto la spinta idrostatica fintantochè esso non avrà raggiunto una sufficiente profondità.

Per ottenere la tenuta del tunnel all'acqua sono necessarie delle guarnizioni EPDM intorno ai conci. Per determinare il profilo ottimale del sigillo da utilizzare si può fare riferimento a diversi progetti aventi condizioni e pressioni dell'acqua simili.

La macchina di scavo deve poter affrontare qualsiasi materiale si trovi sul suo percorso, sia terreno relativamente morbido che roccia dura, e trasportarlo dal fronte di scavo all'esterno del tunnel. Nel caso in esame, si prevede di attraversare depositi granulari marini, argille sovraconsolidate e flysh calcareo. Quando opera in terreni ricchi d'acqua o nella roccia, dovrebbe essere impedito un afflusso incontrollato di acqua. Oltre a ciò, quando si opera in terreno morbido e in una zona edificata, l'impatto del processo di scavo sullo strato tensionale del terreno deve essere limitato, per controllare i cedimenti da assestamento e i conseguenti danni alle strutture esistenti. Per ottenere ciò, il fronte di scavo deve essere pressurizzato per ripristinare le condizioni naturali di pressione del terreno sul fronte di scavo. Le moderne macchine di scavo si sono dimostrate in grado di soddisfare contemporaneamente tutte queste esigenze.

In generale, il sistema di scavo consiste in una testa presente a tutto fronte che opera davanti a una camera di lavoro pressurizzata. La testa può essere dotata di strumenti da taglio per la roccia (dischi a rulli) o terreno più morbido. La camera di lavoro è riempita con un mezzo di supporto che potrebbe essere sospensione di bentonite oppure materiale scavato misciato con schiuma o fanghi ad alta densità. Il primo metodo viene utilizzato dalle cosiddette macchine con scudo di fanghi bentonitici, il secondo da scudi di perforazione del tipo EPB (o equilibrio della pressione delle terre). Controllando la pressione del mezzo di supporto fluido all'interno della camera di lavoro, si impedisce l'afflusso d'acqua e si sostiene il fronte di scavo.

In uno scudo a fanghi, la camera di scavo viene alimentata costantemente con sospensione fresca di bentonite, che si miscela con il materiale scavato. Questa miscela viene successivamente pompata fuori e trasportata in condotta a un impianto di separazione e riciclaggio della bentonite situato in superficie vicino al portale. Qui, il terreno scavato viene separato dai fanghi e questi ultimi vengono rimessi nella macchina di scavo come fluido di supporto fresco.

Per questo progetto, la macchina di scavo dovrebbe essere in grado di funzionare a pressioni dell'acqua superiori a 450 kPa e dovrebbe essere costruita per sopportare pressioni fino a 600 kPa. Uno scudo a fanghi è un metodo che funziona bene per lo scavo di sabbia e di argilla in queste condizioni. Anche il diametro relativamente grande non dovrebbe causare gravi problemi, dato che le esperienze con una macchina di dimensioni quasi simili per il tunnel per ferrovia ad alta velocità 'Green Hart' in Olanda sono positive. Un vantaggio del principio dei fanghi è la sua ampia gamma di applicazioni. L'utilizzo di un fluido di supporto e di trasporto preparato specificamente rende tutto lo scavo molto controllabile. In terreni sabbiosi, viene scelto un fluido di supporto

costituito da sospensione di bentonite, perché non penetra nel terreno e pertanto crea un ottimo supporto per il fronte di scavo. In terreni argillosi meno permeabili o in terreni molto rigidi o roccia fragile, la sospensione di bentonite può essere sostituita con acqua, che comporta alcuni ovvi vantaggi.

Quando il terreno scavato può essere utilizzato a fini di riempimento, si può utilizzare un impianto relativamente semplice ed economico. Per l'attraversamento del porto, dovrebbe essere prevista una capacità dell'impianto di separazione di circa 3500 m³/h. Dato che la sua posizione è vicina alla costa, c'è la possibilità di trasportare lo smarino tramite chiatte. Quando lo smarino viene utilizzato per riempimenti portuali nelle vicinanze, il trasporto via mare combinato con un impianto di separazione molto limitato diventa un'ipotesi da prendere in considerazione.

Nello sviluppo del progetto definitivo ed esecutivo, potrebbe anche essere preso in considerazione l'uso di uno scudo EPB. Nonostante alcuni indubbi svantaggi, il metodo dell'EPB potrebbe infatti presentare importanti vantaggi rispetto all'impiego di fanghi. Fra questi vantaggi ci sono un minore rischio di fusione nel corso dello scavo e l'assenza di necessità di un impianto di separazione per riciclare i fanghi bentonitici.

Le condizioni di terreno prevalenti di sabbia e di argilla sovraconsolidata possono essere scavate con uno scudo EPB. La sua gamma di applicazione potrebbe essere migliorata utilizzando degli agenti di condizionamento, come fanghi ad alta densità (HDS) o schiume. Recentemente, l'utilizzo di schiuma si è dimostrato ottimo per il condizionamento di sabbie grossolane nel tunnel ferroviario Botlek in Olanda.

Perciò, la fresa EPB può essere considerata un'opzione alternativa del costruttore, che deve essere valutata per quello che riguarda i costi, i rischi e tutti gli aspetti correlati.

Un aspetto importante della fase di costruzione è rappresentato dall'area di cantiere, per cui si ipotizzano le seguenti dimensioni, basate su analoghe esperienze,

Impianto di separazione della bentonite: 3000 m²

- stoccaggio smarino (dalle unità di separazione): 2500 m²;
- stoccaggio dei concii: 1500 m²;
- stoccaggio della malta: 300 m²;
- deposito ausiliario (materiali e attrezzature): 700 m².

L'area totale minima necessaria è di circa 8000 m², idealmente 10000 m². A causa delle strutture di parcheggio, delle baracche per il personale, delle strade, ecc., si ipotizza che l'area di cantiere ideale richieda da 15.000 a 20.000 m² circa. Nel progetto è stata proposta una pianta della possibile area di cantiere.

Per lo smaltimento dello smarino è stata fatta l'ipotesi che esso possa essere collocato entro riempimenti portuali. La quantità totale da smaltire è di circa 300.000 m³.

Le disposizioni di sicurezza prevedono una via di fuga fra le due gallerie almeno ogni 250 metri. Data la lunghezza delle gallerie principali, con tre interconnessioni pedonali si ottiene un'interasse di circa 180 metri.

La sezione impiegata nel progetto delle vie di fuga si basa su quanto realizzato per tunnel stradali simili che si trovano in Olanda, per esempio il "Westerschelde Tunnel". La struttura finale delle interconnessioni è costituita da un guscio in cemento armato gettato in sito dello spessore di 400 millimetri. Nel punto di collegamento con le gallerie principali, la struttura è rinforzata per sopportare questo collegamento e grazie a ciò è possibile un collegamento strutturale stagno fra la via di fuga e il tunnel.

Il metodo di costruzione previsto per le interconnessioni è quello di una costruzione all'interno di una struttura provvisoria costituita da un corpo di terreno congelato con shotcrete che viene utilizzato per contrastare la possibile pressione dell'acqua. Se l'interconnessione si trova completamente nell'argilla sovraconsolidata, potrebbe non essere necessario utilizzare il metodo del congelamento.

7.4 POZZO DI USCITA

Il pozzo di uscita della fresa si trova nella Calata Gadda. Sopra il pozzo di uscita e la rampa costruita in cut and cover, è previsto il parcheggio interrato. Nel corso della costruzione del tunnel scavato, il pozzo viene utilizzato per ricevere, smontare parzialmente ed estrarre la fresa. Dopo l'estrazione, la fresa verrà nuovamente trasportata al pozzo di entrata sulla riva occidentale per il secondo passaggio. Perciò, il pozzo di uscita non deve ospitare attrezzature di supporto per la macchina.

Rispetto al pozzo di entrata, la transizione con il tunnel scavato si trova a un livello più basso. In generale, questa non è una soluzione ideale, perché a tale profondità un tunnel scavato è più efficace in termini di costi rispetto a un tunnel costruito con la tecnica del cut and cover. In questo caso, tuttavia, ci sono motivi importanti per aver scelto questa posizione. In particolare, questi motivi dipendono dalla presenza del parcheggio e degli edifici soprastanti che, allo stato attuale dello studio, non potrebbero essere realizzati sopra un tunnel già scavato. Se, durante lo sviluppo delle fasi successive del progetto ciò dovesse risultare fattibile, la posizione del pozzo di uscita potrebbe essere spostata più a est, riducendone i costi.

Come sopra riportato, il pozzo di uscita non deve accogliere attrezzature di supporto per la fresa. Perciò, è sufficiente una lunghezza di circa 20 metri per la ricezione e lo smontaggio della testa e dello scudo. Come per il pozzo di entrata, l'ampiezza interna sarà di circa 43,5 metri.

Durante la ricezione della fresa, il pozzo potrebbe essere riempito di acqua in modo da generare contro-pressione. Per questo motivo, è stata ipotizzata una paratia in pali e palancole di separazione fra il pozzo di uscita e il tunnel in cut and cover. Dopo la seconda ricezione e lo smontaggio definitivo della fresa, si può costruire la struttura interna del pozzo di uscita. In generale, la struttura interna del pozzo di uscita è simile a quella del pozzo di entrata, ma ci sono alcune differenze che dipendono dalla presenza del parcheggio soprastante e dalla presenza degli impianti di estrazione dei fumi, della via di fuga verso il parcheggio per le auto, della camera di ventilazione, eccetera.

Come il portale ovest, il portale est ha lo spazio per una strada a quattro corsie in entrambi i sensi di marcia. La conversione in strada a tre corsie per senso di marcia nel tunnel scavato verrà realizzata nel pozzo di uscita.

Rispetto al pozzo di entrata, il pozzo di uscita è più profondo di circa 5 metri. I calcoli preliminari mostrano una distribuzione delle forze sfavorevole e di conseguenza devono essere utilizzati dei diaframmi con sezione maggiore.

Sopra il tunnel scavato sono necessari due telai di calcestruzzo di contrasto e per ridurre i momenti flettenti e le forze di taglio sui diaframmi. Il telaio di calcestruzzo superiore deve essere costruito proprio sotto il piano più basso della struttura del parcheggio auto. Durante la costruzione della scatola, il diaframma sarà sostenuto da un telaio provvisorio.

Nella Figura 7.5 è presentata una sezione trasversale del pozzo di estrazione fresa a opera finita, illustrante la posizione relativa della galleria rispetto al parcheggio interrato e l'utilizzazione finale del pozzo.

8 TRATTA MERCATO DEL PESCE – FOCE

Come alternativa alle gallerie gemelle scavate sotto la collina di Carignano, ipotizzata dal Comune nel corso dello studio di fattibilità, è stato studiato un collegamento stradale a livello della superficie o sopraelevato tra il Mercato del Pesce e Piazza Kennedy. In questa fase preliminare, lo scavo delle gallerie sembra non essere preferibile poiché, data la sezione trasversale della strada è probabile che la collina di Carignano debba essere supportata/consolidata e rinforzata. Inoltre, è molto difficile adattare il tracciato per una galleria di questo tipo al di sotto della Sopraelevata e la costruzione degli accessi provocherebbe gravi disagi al traffico oltre a danni eventuali alle infrastrutture esistenti. Infine, i costi connessi con le gallerie sarebbero molto elevati se confrontati con le alternative nel seguito descritte.

La tratta tra il portale est del tunnel e la Foce presenta una serie di nodi critici:

- lo svincolo in zona Mercato del Pesce, ove si concentrano i percorsi di interconnessione delle nuove infrastrutture con la viabilità cittadina, la viabilità portuale (nuovo varco delle Grazie), la prosecuzione verso est in direzione Foce, il raccordo con lo svincolo di Via delle Casacce;
- nella stessa zona vanno inoltre inseriti gli accessi al parcheggio ed al varco delle Grazie dalla viabilità cittadina e l'integrazione con il varco di via della Marina;
- lo svincolo in zona Fiera Ovest, nell'arco di confine tra la Fiera e Riparazioni Navali, ove è situato anche il varco portuale di Levante;
- lo svincolo di Piazzale Kennedy, nodo cruciale della viabilità cittadina.

Nel progetto preliminare sono quindi state completamente sviluppate due alternative infrastrutturali:

- realizzazione di una nuova strada pubblica di superficie a due corsie per senso di marcia (D2+D2), fiancheggiate da una nuova strada di esclusivo uso delle attività portuali, all'interno dei varchi e separata, con il mantenimento dell'attuale sopraelevata per i veicoli leggeri (dopo interventi di manutenzione straordinaria), raccordata quest'ultima direttamente al tunnel con rampe di risalita; in questo modo si realizzano quattro corsie per senso di marcia su due livelli di cui due riservate al traffico leggero;
- realizzazione di una nuova strada pubblica, a tre corsie per senso di marcia (D3), fiancheggiata da una nuova strada di esclusivo uso delle attività portuali, all'interno dei varchi e separata, con la demolizione della sopraelevata. In questo modo si continuano le tre corsie per senso di marcia del tunnel.

Entrambe le soluzioni studiate consentono le interconnessioni richieste, prevedono la viabilità separata per le attività portuali, sono compatibili con il progetto di riorganizzazione del comparto Riparazioni Navali dello svincolo di

Fiera Ovest e condividono la soluzione presentata per il nodo di Piazzale Kennedy di rotatoria di grande diametro.

Le due soluzioni hanno però una significativa differenza relativamente all'impatto sulla viabilità in fase di realizzazione, essendo la seconda molto più impattante (ed anche più costosa) della prima.

La prima alternativa consente inoltre di mantenere pressochè inalterato lo svincolo di Via delle Casacce con il centro città.

8.1 UTILIZZO DELL'ATTUALE SOPRAELEVATA E NUOVA VIABILITA' DI SUPERFICIE (D2+D2) (ALTERNATIVA SELEZIONATA)

Per questa configurazione vengono mantenute la sopraelevata e le rampe esistenti da e verso lo svincolo di Via delle Casacce. La planimetria è illustrata nella Figura 8.1, mentre alcune sezioni caratteristiche sono illustrate nella Figura 8.2.

Il traffico del tunnel, disposto su tre corsie per senso di marcia, si divide al portale: due corsie per senso di marcia continuano sulla Sopraelevata attraverso rampe di nuova costruzione e una corsia di traffico in ciascuna direzione che si immette nel sistema di rotonde al livello del suolo facenti parte dello svincolo del Mercato del Pesce.

Questo sistema interconnette con le viabilità cittadine di Piazza Cavour e di Calata Gadda con la nuova strada a due corsie per senso di marcia a livello del suolo da realizzare sotto la sopraelevata. E' previsto che le strade a livello del suolo verranno utilizzate dai veicoli che non possono accedere alla sopraelevata a causa dei limiti di peso. Il traffico relativo alle attività portuali utilizzerà una strada separata collegata alla rotonda situata a est con ingresso al nuovo varco delle Grazie, accessibile anche dal tunnel.

Lo svincolo del Mercato del Pesce costituisce un elemento molto delicato dell'infrastruttura sia per le funzioni di distribuzione del traffico che svolge, sia per la ristrettezza degli spazi in cui esso si inserisce. Durante lo sviluppo della seconda fase del progetto preliminare sono state analizzate diverse soluzioni, ciascuna con vantaggi e svantaggi dal punto di vista della sicurezza, dei livelli di servizio e della capacità di consentire interconnessioni tra i flussi di traffico.

In particolare, per l'accesso all'area portuale, sono state sviluppate due alternative, discusse con l'Autorità Portuale, entrambe fattibili e di scarso impatto sul complesso del progetto, che potranno essere affinate e meglio concordate con l'attività portuale nelle successive fasi di progettazione.

In sintesi, la prima configura l'accesso attraverso il varco delle Grazie e direttamente dal Tunnel, eliminando il varco della Marina, che rimarrebbe solo

come collegamento semaforizzato alla nuova strada pubblica di superficie. Questa soluzione implica però che in direzione est dalla viabilità cittadina il traffico sia incanalato sulla nuova strada in superficie e non sulla Sopraelevata.

La seconda prevede invece l'accesso all'area portuale attraverso un sottopasso in corrispondenza del varco della Marina, problematico per le interferenze con il nuovo realizzando parcheggio.

La soluzione definitiva potrà essere concordata con l'Autorità Portuale nelle successive fasi del progetto.

A est dello svincolo di via delle Casacce, si mantiene la soluzione con due corsie sulla Sopraelevata e due corsie in superficie. E' realizzato un svincolo monodirezionale (da/per ovest) di servizio all'area occidentale della Fiera ed alle Riparazioni Navali, all'altezza della Batteria Stella, ove si trova anche il varco di Levante. E' prevista la sistemazione di tutta la viabilità di superficie in questo nodo, e la realizzazione di una rotonda rialzata. La realizzazione richiede comunque interventi di scavo sotto il muraglione di C.so A. Saffi per ottenere maggiori spazi. In alcuni punti sarà inoltre necessario sostituire gli attuali piloni della sopraelevata con telai.

Proseguendo verso est, prima dello svincolo di Piazzale Kennedy, la sopraelevata è riportata in superficie. Le sue due corsie per senso di marcia confluiscono con le due corsie superficiali in tre corsie che si immettono nella rotonda di grande diametro di Piazzale Kennedy.

8.2 NUOVA STRADA DI SUPERFICIE A TRE CORSIE PER SENSO DI MARCIA, CON DEMOLIZIONE DELLA SOPRAELEVATA (D3) (ALTERNATIVA NON SELEZIONATA)

E' stata completamente sviluppata anche l'alternativa di realizzare una nuova strada pubblica di scorrimento a tre corsie per senso di marcia in sostituzione della Sopraelevata, descritta nella Relazione Tecnica. Anche con questa soluzione si confermano i collegamenti e le sistemazioni dell'alternativa D2+D2.

Questa alternativa comporta il totale rifacimento dello svincolo di Via delle Casacce, e problemi di viabilità presenti durante la fase di realizzazione. Comporta anche maggiori interventi localizzati sul muraglione di C.so Aurelio Saffi / C.so Maurizio Quadrio per ovviare alla ristrettezza degli spazi.

Resta invariata la soluzione per Piazzale Kennedy. La planimetria generale è illustrata nella Figura 8.3.

8.3 SVINCOLO DI PIAZZALE KENNEDY

Come già ricordato, dopo confronto con varie soluzioni possibili, effettuato mediante l'uso di simulatori numerici, è stata considerata più efficace la soluzione a grande rotatoria.

Nella seconda fase del progetto preliminare questa soluzione è stata perfezionata rendendola compatibile con gli sviluppi progettuali del tratto. La configurazione finale è illustrata nella Figura 8.4.

Il funzionamento della rotatoria è stato simulato anche in connessione con i tratti limitrofi della viabilità urbana, per cui si è suggerita la realizzazione di una seconda rotatoria in corrispondenza dell'innesto di Via Rimassa su Corso Marconi.

Le simulazioni hanno avuto riguardo ai livelli di servizio garantiti nelle ore di punta ed in coincidenza dei grandi eventi fieristici. La corrente di traffico proveniente dalla Val Bisagno e diretta alla nuova direttrice rimane comunque la più critica.

La realizzazione della rotatoria comporta la demolizione della palazzina uffici, della biglietteria e del primo modulo della reception della Fiera. Tali demolizioni sono tuttavia accettabili in funzione della riqualificazione del fronte est della Fiera, già previsto nei programmi di sviluppo dell'Ente.

Appare inoltre necessaria la demolizione dell'edificio ex Ristorante San Pietro, oggi utilizzato per una stazione di servizio.

Il flusso pedonale proveniente da nord (Stazione Brignole) e diretto alla Fiera sarebbe convogliato attraverso un sottopasso all'ingresso del quartiere fieristico. Il sottopasso è equipaggiato con rampe per biciclette e apparecchi per disabili.

E' stata comunque portata ad analogo livello di dettaglio progettuale una soluzione alternativa consistente nella realizzazione di una serie di sottopassi.

8.4 ASPETTI DI CARATTERE AMBIENTALE

In entrambe le soluzioni si prospettano alcune questioni suscettibili di diversa considerazione in relazione alle emergenze di carattere architettonico. Tali aspetti sono principalmente relativi agli edifici dello Yacht Club e del Mercato del Pesce.

Per quanto riguarda l'edificio dello Yacht Club, premesso che è previsto il trasferimento in altra sede, delle attività oggi presenti nel Porticciolo Duca degli Abruzzi tracciati della nuova viabilità (in particolare quella riservata a servizio

del comparto RiNav) ne comportano la demolizione per oggettiva mancanza di spazio alternativo.

Tale ipotesi è stata giudicata accettabile sia in considerazione del rapporto particolarmente infelice che l'edificio subisce da parte della sopraelevata sia in considerazione della possibilità che gli elementi architettonici di pregio (serramenti, scalone, eccetera) siano smontati ed eventualmente collocati nel nuovo edificio sede dello Yacht Club.

Tuttavia l'edificio, pur privato delle sue funzioni originarie, può essere conservato con una contenuta variante di tracciato alla viabilità interna portuale.

Le soluzioni elaborate per lo svincolo del Mercato del Pesce, invece, ne conservano intatta la struttura. Nello studio delle varie soluzioni alternative, peraltro, si è verificato che l'eventuale demolizione dell'edificio consentirebbe sia di ottenere configurazioni del nodo viario molto più efficienti, soprattutto per la separazione dei flussi da e per il varco delle Grazie del comparto RiNav, sia di ricreare un'importante continuità visiva tra lo spazio del bacino delle Grazie e la città antica.

I suddetti aspetti potranno essere ulteriormente approfonditi nelle fasi successive del progetto.

Ulteriori considerazioni debbono essere riservate alla prevista demolizione dell'edificio ex-lavanderie su Calata Gadda e dell'edificio ex Ristorante San Pietro. Per quanto riguarda il primo, la sua demolizione non sembra evitabile con qualsiasi soluzione. Peraltro, il pregio di detto edificio è eventualmente limitato alla facciata mentre la struttura interna non presenta caratteri ottimali per una eventuale riconversione. Il secondo dovrebbe essere demolito per realizzare la rotonda su Piazzale Kennedy. Esso è stato costruito su progetto dell'arch. Mario Labò nel 1935 (Figura 4.2) ma non presenta pregi estetici particolari. In ogni caso, nel seguito del progetto, potrebbero essere studiate soluzioni che ne consentano la conservazione anche se ciò appare difficile in relazione alla criticità del nodo rispetto al traffico cittadino.

9 LA SCELTA FINALE DEL PROGETTO E LE OPERE COLLATERALI

Per le soluzioni descritte sono stati condotti vari affinamenti delle analisi già effettuate in prima fase, che hanno consentito di porre più compiutamente a raffronto le diverse alternative. In particolare, sono stati completati gli studi di traffico, le analisi di rischio e le analisi dei costi di costruzione, di manutenzione e di esercizio. Inoltre, sono stati approfonditi gli aspetti dell'interazione con la navigazione portuale e dell'impatto ambientale, anche in funzione della redazione dello Studio di Impatto Ambientale richiesto dal D. Lgs. 190/2002.

9.1 STUDI DI TRAFFICO

L'analisi trasportistica del sistema di trasporto multi-intermodale di Genova ha permesso di determinare i flussi di traffico di interesse per il Tunnel Subportuale, per la Sopraelevata e per la restante viabilità e quindi verificare la potenzialità dell'intervento.

L'approccio metodologico seguito è consistito, in una prima fase, nella costruzione di un modello di simulazione e nella sua calibrazione con banche dati disponibili e campagne di rilevazione. Nella seconda fase si è proceduto con le analisi del sistema di trasporto, in tutte le configurazioni previste, in termini di soluzioni di tracciato, evoluzione della domanda ed offerta infrastrutturale a livello cittadino.

Le analisi sono state sviluppate considerando due orizzonti temporali (2010 e 2020) per i quali sono stati definite due configurazioni di sistema (scenario alto e basso) e le diverse ipotesi di configurazioni della direttrice Est-Ovest. Per ognuno di questi scenari è stata simulata l'ora di punta del mattino. Successivamente sono stati calcolati valori di percorrenza riferiti all'intera giornata ed all'anno.

Per definire gli scenari (alto e basso) sono stati adottati i seguenti criteri:

- due ipotesi di crescita della domanda, basati su una diverse evoluzione demografica;
- classificazione degli interventi previsti in base alla probabilità di realizzazione ed al ruolo che possono giocare nei confronti del tunnel (favorirne o sfavorirne l'utilizzo):
 - gli interventi “sicuri” sono considerati in entrambi gli scenari;
 - gli interventi incerti, che possono aumentare l'attrattività del tunnel sono considerati negli scenari alti;
 - gli interventi incerti, che tendono a far diminuire l'attrattività del tunnel sono considerati negli scenari bassi.

Relativamente alla direttrice Tunnel+Sopraelevata sono state considerate due soluzioni base:

- la Soluzione A si connota per il mantenimento dell'attuale assetto della Sopraelevata dotata di due corsie per senso di marcia, con contemporanea realizzazione di una nuova viabilità a raso di due corsie per senso di marcia, che collega il Tunnel con la zona delle Riparazioni Navali, con la Fiera del Mare, per raggiungere la Foce;
- la Soluzione B si connota per la sostituzione della restante parte di Sopraelevata, con una nuova infrastruttura a tre corsie per senso di marcia. In questo caso è inoltre prevista una carreggiata ad esclusivo servizio interno dell'area portuale.

Entrambe le soluzioni prevedono la realizzazione di tunnel a tre corsie per senso di marcia. Le analisi trasportistiche, unitamente ad alcune considerazioni progettuali (modalità realizzative, impatto sulla circolazione durante la realizzazione, ecc.), hanno portato a considerare la Soluzione A, come la più probabile, quindi a partire da questa sono state sviluppate le ulteriori analisi, che contemplano:

- presenza di un parcheggio a Calata Gadda, struttura dimensionata per 3000 posti auto, preposta all'interscambio modale con la costruenda fermata della metropolitana, a servizio diretto del centro storico e dell'area del porto antico;
- tre diverse ipotesi di tariffazione diretta (0.50€, 1.00€ e 2.00€);
- mantenimento della sopraelevata nella tratta compresa tra San Benigno e la Stazione Marittima.

La direttrice è stata verificata, ipotizzando che la stessa sia percorsa anche dai pullman turistici e dai veicoli pesanti, mezzi che attualmente viaggiano lungo la viabilità ordinaria. Le sopra citate categorie di veicoli sono state analizzate sia dal punto di vista della situazione attuale che per determinarne l'evoluzione futura.

Le analisi effettuate, per l'ora di punta del mattino, hanno evidenziato che nell'ipotesi di crescita bassa, i dati di percorrenza media risultano attestati sui valori attuali, mentre negli scenari "alti", la crescita è notevole, con punte superiori al 30%. Tali valori devono essere analizzati considerando che nell'ipotesi bassa la domanda cresce solo del 4%-6%, rispettivamente al 2010 ed al 2020, mentre i corrispondenti valori per gli scenari alti sono dell'11% e del 26%.

La verifica sulla capacità della potenziata Direttrice può essere sviluppata focalizzando l'attenzione sullo Scenario al 2020 Alto, scenario di maggior traffico, per il quale, nonostante il notevole aumento delle percorrenze, si ha una crescita della velocità di percorrenza.

La presenza del tunnel consente di velocizzare l'attraversamento della città, senza modificare in maniera sostanziale il traffico locale lungo la viabilità

ordinaria, in quanto questo è formato principalmente da relazioni locali o da utenti che difficilmente possono accedere alla Direttrice stessa (Stazione Principe ed aree sovrastanti). Deve comunque essere osservato come il potenziamento della Direttrice sia compatibile con la viabilità di accesso, che pur avendo valori prossimi alla saturazione, nell'anno 2020 Alto, non presenta fenomeni di congestione.

La presenza del parcheggio di Calata Gadda non comporta sostanziali variazioni nella percorrenza della Direttrice. Il parcheggio presenta un buon livello di attrattività con un riempimento medio che nell'ipotesi di scenario alto, supera anche il 60%. Un valore medio della occupazione strettamente derivante dall'infrastruttura è di circa 1000 posti.

Gli effetti della tariffazione percepita diretta possono avere un impatto significativo sulla percorrenza dell'infrastruttura, con un peso maggiore quando si verificano condizioni di traffico contenute. Focalizzando l'attenzione nell'ipotesi di tariffa pari ad 1 €, nell'ora di punta del mattino, il calo di flusso in direzione levante (direzione con maggior intensità di traffico) è contenuto al 12%, mentre nel senso opposto si registra una diminuzione del 33%.

Il mantenimento della Sopraelevata tra San Benigno e la Stazione Marittima, comporterebbe un ulteriore alleggerimento del traffico lungo la viabilità parallela al Tunnel (Via Milano, Via Buozzi, ecc.). Va osservato che la Direttrice Est-Ovest è molto attrattiva per gli spostamenti di attraversamento (Foce-Centro da/verso Sampierdarena), mentre la limitata parte della Sopraelevata potrebbe essere utilizzata anche da traffico più localizzato (Stazione Principe ed aree sovrastanti).

Le analisi svolte sono state completate valutando i benefici derivanti dal rinnovamento della Direttrice (Tunnel+Sopraelevata), relativamente agli aspetti economici ed ambientali. Per questi ultimi sono state calcolate le emissioni dei tre più rappresentativi inquinanti (CO, NOx e Particolato) ed il consumo di energia.

Il calcolo di questi indicatori ha evidenziato come, seppur a fronte di un aumento delle percorrenze pari all'8%, le emissioni diminuiscono del 3% ed i consumi del 2%. Inoltre, se gli stessi valori si rapportano ai passeggeri × kilometro, si ottengono diminuzioni rispettivamente superiori al 6% e del quasi 5%.

Dal punto di vista economico risultano evidenti i risparmi derivanti da una velocità di percorrenza più elevata e da una percorrenza ridotta, in termini di lunghezza.

Relativamente a questo aspetto va osservato come la rinnovata Direttrice sia più corta di circa 1 kilometro, la minore percorrenza comporta un risparmio che può essere quantificato utilizzando il costo kilometrico medio, già usato per il

modello di simulazione (0.31€), applicando tale parametro ai dati di percorrenza annua previsti ed espressi in utenti, si ottengono i risultati di Tabella 9.1.

Va osservato come l'analisi sia cautelativa in quanto il costo a kilometro, non considera gli aumenti verificatesi nell'ultimo anno (carburante, assicurazione, ecc.) ed è riferito a vetture di media cilindrata.

TABELLA 9.1
BENEFICI PER L'UTENZA

	2010		2020	
Risparmi	Basso	Alto	Basso	Alto
Minor Percorrenza [€]	8.300.000	9.200.000	8.600.000	10.600.000
Tempo di attraversamento [h]	1.400.000	2.600.000	1.000.000	2.600.000
Tempo di attraversamento [€]	15.000.000	28.000.000	11.500.000	28.900.000
TOTALE	23.300.000	37.200.000	20.100.000	39.500.000

Per valutare i risparmi di tempo si è fatto riferimento ad una metodologia più articolata:

- la giornata è stata suddivisa in tre fasce (ora di punta, ora di “media” ed ora di “calma”);
- per l'ora di punta e l'ora di media, il risparmio è stato considerato come la combinazione di una percorrenza ridotta e di una maggiore velocità;
- per l'ora di calma, il risparmio è stato considerato come dovuto esclusivamente a una percorrenza ridotta.

I valori di risparmio di tempo, nell'arco della giornata, sono stati estesi all'intero anno e moltiplicati per il valore medio del tempo, già utilizzato nel modello di simulazione (11€/h), ottenendo così il risparmio per i diversi orizzonti temporali. Si osservi che il calcolo eseguito può essere considerato cautelativo, in quanto il risparmio è stato applicato agli utenti che utilizzerebbero la Direttrice anche se questa non venisse potenziata, inoltre per ottenere il valore annuo sono state considerate solo 300 giornate.

9.2 ANALISI DI RISCHIO

L'analisi ha portato ai seguenti risultati principali:

- sono stati individuati i principali rischi associati al futuro esercizio dell'opera;
- ciascun rischio è stato caratterizzato analizzando sistematicamente i fattori predominanti che ne condizionano le cause e gli sviluppi nei possibili scenari incidentali;
- ciascun rischio è stato caratterizzato in termini di frequenza attesa di accadimento e conseguenze associate agli scenari incidentali tipici. Tale

caratterizzazione è stata effettuata dapprima su base qualitativa, aggiornata infine mediante opportune tecniche di valutazione quantitativa;

- le analisi sono state svolte separatamente per classi di attraversamento. Sono state considerate tre classi di attraversamento: tracciati centrali realizzati mediante tecniche di scavo a foro cieco; tracciati centrali realizzati mediante l'utilizzo di elementi immersi; tracciati lunghi (a nord o a sud dei tracciati centrali) realizzati mediante tecniche di scavo a foro cieco;
- il confronto dei valori di rischio associati alle diverse classi di attraversamento può essere condotto per ogni rischio in modo disaggregato, mentre una valutazione comparata di tipo aggregato risulta problematica in questa fase della progettazione dell'opera e potrà essere oggetto di studi più approfonditi in fasi successive;
- dall'esame dei risultati si evince che i tracciati lunghi (classe di attraversamento A3) sono associati a valori di rischio maggiori in relazione agli scenari incidentali tipici della circolazione stradale. Questo è dovuto principalmente alla maggiore estensione dell'area confinata. Questi effetti negativi risultano essere prevalenti rispetto ai vantaggi derivanti dall'interferenza molto ridotta con l'attività portuale;
- tra le due classi di attraversamento centrali la soluzione scavata a foro cieco (A2) risulta associata a valori di rischio leggermente inferiori, soprattutto per effetto della minore interferenza con le attività portuali in fase di realizzazione.

Confrontando i risultati per le tre classi di attraversamento rispetto alla situazione attuale, si evidenzia che la classe di attraversamento A2 dovrebbe attestarsi leggermente al di sotto dei valori di rischio attuali, bilanciando l'inevitabile aumento di rischio associato con la presenza di un ambiente confinato con il miglioramento delle condizioni di sicurezza della circolazione associate con l'esercizio di un'opera moderna per la quale le frequenze incidentali attese risultano minori rispetto all'attuale soluzione del collegamento stradale mediante la Sopraelevata. Per le altre classi di attraversamento, tale bilanciamento agisce in direzione opposta. Va anche evidenziata, comunque, la contiguità dei livelli di rischio per le tre classi.

9.3 ANALISI DEI COSTI

Sono state prodotte stime dei costi di costruzione, di manutenzione e di esercizio per tutte le alternative considerate nonché per le opere collaterali. Le stime dei costi per le alternative di attraversamento del porto con il tunnel immerso o con il tunnel scavato sono state valutate, al pari delle alternative per il tratto dal Mercato del Pesce alla Foce, sulla base di computi metrici estimativi ragionevolmente dettagliati.

La seguente Tabella 9.2 espone, in sintesi, i risultati delle valutazioni, ovviamente sviluppate a livello di progetto preliminare.

TABELLA 9.2
SINTESI DELL'ANALISI DEI COSTI

TUNNEL STRADALE SUBPORTUALE DI GENOVA

CALCOLO SOMMARIO DELLA SPESA - TABELLA RIASSUNTIVA

Stima dei costi in milioni di euro

	OPZIONE FOCE	Tunnel ad elementi immersi	Tunnel scavato in galleria naturale	Dal MdP a Casacce - Opz 1 - (D2+D2)	Dal MdP a Casacce - Opz 2 (D3)	Dal MdP a Casacce - Opz 1 - (D2+D2)	Dal MdP a Casacce - Opz 2 (D3)	Piazzale Kennedy
		€m	€m	€m	€m	€m	€m	€m
SCHEMA TUNNEL SCAVATO	D2+D2		209.0	69.1		11.2		2.4
SCHEMA TUNNEL SCAVATO	D3		209.0		79.1		13.8	2.4
SCHEMA TUNNEL IMMERSO	D2+D2	195.4		69.1		11.2		2.4
SCHEMA TUNNEL IMMERSO	D3	195.4			79.1		13.8	2.4

TABELLA 9.2
SINTESI DELL'ANALISI DEI COSTI
(Continuazione)

		Costo Totale di Costruzione Infrastruttura	Costo del Parcheggio	Costo delle ricollocazioni RINAV (3)	Costo annuo di esercizio
		€m	€m	€m	€m
SCHEMA TUNNEL SCAVATO	D2+D2	291.8	17.3	50	1.0
SCHEMA TUNNEL SCAVATO	D3	304.3	17.3	50	0.9
SCHEMA TUNNEL IMMERSO	D2+D2	278.1	17.3	50	1.0
SCHEMA TUNNEL IMMERSO	D3	290.6	17.3	50	0.9

Costo aggiuntivo per demolizione Sopraelevata (dalla Stazione Marittima a Piazza Cavour)	€m	2.7
--	----	-----

Note:

1. Il Costo della connessione dello svincolo di San Benigno non è compreso in questa tabella dei costi, in quanto già contenuto nel progetto del nodo di S. Benigno.
2. La stima di costo della ricollocazione del comparto RINAV non comprende opere marittime per 9.7 Milioni di Euro a carico dell'Autorità Portuale.
3. Per un parcheggio da 1000 posti auto, in caso di realizzazione del parcheggio in versione ampliata (3250 posti auto e 60 posti bus) il corrispondente costo passa da 17.3 a 42.3 Milioni di Euro.

9.4 STUDIO DEGLI ASPETTI RELATIVI ALLA NAVIGAZIONE

Allo scopo di verificare con adeguato livello di dettaglio le possibili interazioni della realizzazione del tunnel, con speciale riguardo all'adozione della tecnica ad elementi prefabbricati immersi, con le attività portuali, è stato sviluppato uno studio degli aspetti relativi alla navigazione nel bacino portuale ed al regime anemometrico ivi presente.

Lo studio è stato basato sui dati del traffico passeggeri e del traffico merci a Calata Sanità fornito dall'Autorità Portuale, nonché sui dati climatologici forniti dal Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia dell'Aeronautica.

I risultati dello studio, allegato alla documentazione di progetto, dimostrano la fattibilità della realizzazione secondo lo schema descritto nel precedente Capitolo 6.

9.5 QUADRO COMPARATIVO DELLE SOLUZIONI

Le seguenti tabelle riassumono e mettono a confronto gli impatti delle alternative studiate. La Tabella 9.3 riguarda il confronto fra le alternative di tunnel sotto il porto, cioè il tunnel scavato (C3B) e il tunnel sommerso (C3A). Il confronto viene eseguito sull'intera lunghezza, (compresi i collegamenti con l'interscambio di San Benigno) e fino a un punto comune appena prima del Mercato del Pesce. La tabella 9.4 riguarda inoltre il confronto fra i progetti per l'area costiera fino alla Foce (D3) + (D2+D2). L'alternativa del mantenimento della Sopraelevata per il suo utilizzo in una sola direzione con una nuova strada a livello del suolo per il traffico nell'altra direzione è stata scartata per le ragioni già esposte.

In entrambe le tabelle vengono presi in considerazione i risultati complessivi del progetto, inclusi quelli degli studi specifici sugli aspetti trasportistici, ambientali, geologici, idrologici e geotecnici, di navigazione e di sicurezza.

Si prendono inoltre in conto le stime dei costi.

TABELLA 9.3
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER L'ATTRAVERSAMENTO DEL PORTO

Aspetto	Parametro	Tunnel Perforato	Tunnel Sommerso
Geometria e planimetria.	Lunghezza fra i portali.	1807 metri.	1814 metri.
	Profondità sotto il porto.	- 14m in corrispondenza delle banchine. - 29m sotto il livello del mare nel suo punto più basso.	- 14m in corrispondenza delle banchine. - 24.6m sotto il livello del mare nel suo punto più basso.
	Sezione trasversale (sotto il porto).	Due gallerie di 15 metri di diametro. 3 corsie di traffico da 3,25 metri di larghezza per ogni galleria. Ampiezza complessiva della carreggiata: 12,65 metri.	Sezione da 31,75 metri di larghezza per 9,15 metri di altezza. Tre corsie da 3,25 metri di larghezza per ciascuna direzione. Ampiezza complessiva della carreggiata: 13,65 metri. Galleria centrale di emergenza e per i servizi di pubblica utilità.
	Pendenza massima.	5%.	7%
	Velocità progettuale.	70 km/h.	Idem
Aspetti trasportistici	Flusso massimo nell'ora di punta.	4300 veicoli in una direzione ad oggi	Idem

TABELLA 9.3
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER L'ATTRAVERSAMENTO DEL PORTO
(Continuazione)

Aspetto	Parametro	Tunnel Perforato	Tunnel Sommerso
	Alleggerimento del traffico sulla viabilità cittadina (presuppone l'eliminazione della Sopraelevata intorno al Porto Antico e il parcheggio per le auto sul Molo Vecchio).	1% Via Gramsci. 6% Galleria Garibaldi.	Idem
	Disagi durante la costruzione.	Al Molo Vecchio e Calata Gadda e al terminal dei container a Calata Sanità.	Al Molo Vecchio, a Calata Gadda e al Terminal dei container di Calata Sanità. Anche nel sito del bacino di prefabbricazione a seconda della sua posizione.
Impatto Ambientale (condizione permanente)	Inquinamento dell'aria	Punti critici per l'inquinamento in corrispondenza dei portali e dei pozzi di estrazione funi. Deciso miglioramento nel centro storico.	Idem
	Rumore del traffico	Deciso miglioramento nel centro storico. Inserite misure mitigatrici localizzate.	Idem

TABELLA 9.3
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER L'ATTRAVERSAMENTO DEL PORTO
(Continuazione)

Aspetto	Parametro	Tunnel Perforato	Tunnel Sommerso
	Impatto visivo	Esclusivamente nelle zone dei portali. Principalmente dovuto agli svincoli. Positivo per la demolizione della Sopraelevata e per l'opportunità di riqualificazione di Calata Gadda	Idem
Impatto Ambientale (condizione provvisoria)	Rumore della costruzione	Nei cantieri su entrambi i lati del porto. Ulteriore impatto derivante dall'impianto di separazione dei fanghi bentonitici sul lato ovest.	Nei cantieri su entrambi i lati del porto. Ulteriore impatto derivante dalle attrezzature di dragaggio marino e dalle attività nel luogo del bacino di prefabbricazione.
	Disagi dovuti al trasporto di materiali	La maggior parte dei materiali viene trasportata su strada. Arrivo netto di circa 6500 segmenti di rivestimento. Produzione di circa 750.000m ³ di smarino.	Unità del tunnel sommerso provenienti via mare. Circa 1,5 milioni di m ³ di materiale dragato vengono smaltiti via mare.
Navigazione	Chiusura del porto	Nessuna	5 chiusure dalle ore 23.00 alle ore 7.00.

TABELLA 9.3
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER L'ATTRAVERSAMENTO DEL PORTO
(Continuazione)

Aspetto	Parametro	Tunnel Perforato	Tunnel Sommerso
	Deviazione del canale navigabile	Impatto minimo. (Deviazione vicino alle banchine durante i lavori di consolidamento.	Impatto elevato (5 deviazioni di tre giorni che iniziano prima e terminano dopo ciascuna operazione di posa degli elementi).
	Perdita di ormeggi per le navi	Calata Gadda.	Calata Gadda. Chiusura temporanea dell'ormeggio Caracciolo mentre vengono costruite le pareti per il tunnel ovest in cut and cover.
Sicurezza (durante l'esercizio).	Vie di fuga per i pedoni.	Passaggi di interconnessione a intervalli di 180 metri.	Passaggi di interconnessione a intervalli di 180 metri nel tunnel sommerso e 220 metri altrove. Ulteriore galleria di fuga centrale nella sezione del tunnel sommerso.
	Pannelli di emergenza	Installati ogni 50 m	Idem
	Rischio di incidenti	Molte entrate e uscite sotterranee su rampe. Possibili code nel tunnel dalla rampa del parcheggio per le auto del Molo Vecchio	Idem
Sicurezza di terzi (durante la costruzione).	Rischi per terze parti.		Rischio di affondamento imprevisto degli elementi del tunnel. Impatto con le navi durante la costruzione.

TABELLA 9.3
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER L'ATTRAVERSAMENTO DEL PORTO
(Continuazione)

Aspetto	Parametro	Tunnel Perforato	Tunnel Sommerso
Tempi	Durata	4,9 anni.	5,1 anni.
Terreni e immobili (esclusa ricollocazione RINAV)	Occupazione dei terreni (permanente) sul lato ovest.	Edificio di servizio	Idem.
	Occupazione dei terreni (permanente) sul lato est.	Edificio di servizio	Idem.
	Immobili.	-	Un edificio di 1000 m ² a Caracciolo
Costo imbocco est escluso	Stima del costo	209 Milioni Eu Valuta corrente	195 Milioni Eu Valuta Corrente
	Costi stimati di esercizio e di manutenzione.	0,43 Milioni Eu annui Valuta Corrente	Idem

TABELLA 9.4
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER LA TRATTA COSTIERA

Categoria	Effetto	D2 + D2 (mantenimento della Sopraelevata e strada a 4 corsie)	D3 (eliminazione della Sopraelevata e strada a 6 corsie)
Geometria e planimetria	Lunghezza.	1925 metri.	Idem.
	Sezione trasversale	Carreggiata a due corsie per senso di marcia sulla Sopraelevata per utilizzo da parte del traffico leggero Carreggiata a due corsie per senso di marcia in superficie e strada di esclusivo uso portuale	Nuova carreggiata in superficie a tre corsie per senso di marcia per tutti tipi di traffico Demolizione della Sopraelevata strada di esclusivo uso portuale
	Velocità di progetto	50 km/h	50 km/h
	Limitazioni di peso	Divieto al traffico pesante sulla Sopraelevata	Nessuna
	Pendenza massima	5 % per 462m (rampa dal portale del tunnel)	5 % per 125m (rampa dal tunnel)

TABELLA 9.4
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER LA TRATTA COSTIERA
(Continuazione)

Categoria	Effetto	D2 + D2 (mantenimento della Sopraelevata e strada a 4 corsie)	D3 (eliminazione della Sopraelevata e strada a 6 corsie)
Geometria e planimetria	Svincoli	Mercato del Pesce, Centro Storico, Fiera Ovest (soltanto in direzione ovest sulla Sopraelevata, tutte le direzioni sulla strada di superficie), Piazza Kennedy	Mercato del Pesce, Centro Storico, Fiera Ovest (tutte le direzioni), Piazza Kennedy
	Accesso al porto.	Mantiene l'accesso esistente al porto attraverso il tunnel, con modifiche	Idem
Traffico	Flusso massimo nell'ora di punta	4600 veicoli in una direzione nell'anno di progetto	4650 veicoli in una direzione nell'anno di progetto
	Disagi durante la costruzione	Costruzione in fasi utilizzando deviazioni sulla nuova strada a livello del suolo. Impatto contenuto per circa 6 mesi	Costruzione in fasi utilizzando deviazioni sulla nuova strada a livello del suolo. Grave impatto per circa 13 mesi

TABELLA 9.4
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER LA TRATTA COSTIERA
(Continuazione)

Categoria	Effetto	D2 + D2 (mantenimento della Sopraelevata e strada a 4 corsie)	D3 (eliminazione della Sopraelevata e strada a 6 corsie)
Impatto Ambientale (condizione permanente)	Rumore del traffico	Modesto aumento rispetto alla situazione esistente causata da un maggior afflusso di traffico e dai nuovi svincoli. Misure di mitigazione	Riduzione complessiva provocata dal fatto che il traffico si trova a un livello più basso. Misure di mitigazione
	Impatto visivo	Pochi cambiamenti rispetto all'attuale. Il cambiamento principale è dovuto agli svincoli	Miglioramento per l'eliminazione della Sopraelevata. Anche l'impatto globale è migliore, in quanto la nuova opera si trova a un livello più basso. Notevole impatto dovuto allo scavo della parete rocciosa sotto Corso Aurelio Saffi

TABELLA 9.4
CONFRONTO FRA LE ALTERNATIVE PER LA TRATTA COSTIERA
(Continuazione)

Categoria	Effetto	D2 + D2 (mantenimento della Sopraelevata e strada a 4 corsie)	D3 (eliminazione della Sopraelevata e strada a 6 corsie)
Impatto Ambientale (condizione provvisoria)	Rumore della costruzione	Generalmente a basso livello sotto la Sopraelevata.	Grave impatto derivante dalla demolizione delle strutture.
	Disagi causati dal trasporto materiali	Impatto notevole. La maggior parte dei materiali viene trasportata su strada	Grave impatto per le quantità maggiori. La maggior parte dei materiali viene trasportata su strada
Tempi	Durata	2 anni.	2 anni.
Terreni e immobili (esclusi quelli interessati dalla ricollocazione del comparto RINAV)	Acquisizione permanente di altri terreni	Porzioni limitate dell'Area Fiera	Idem
	Immobili	Alcuni immobili demoliti (occupanti trasferiti altrove)	Alcuni immobili demoliti (occupanti trasferiti altrove)
Costo imbocco est incluso	Costo stimato di costruzione	82,7 Milioni Eu Valuta Corrente	95 Milioni Eu Valuta Corrente

9.6 SCELTA FINALE DI PROGETTO PER L'INFRASTRUTTURA

In base alle considerazioni suesposte ed ai risultati delle consultazioni effettuate con gli Enti interessati ed in particolare con il Comune di Genova e con l'Autorità Portuale, la soluzione prescelta per l'attraversamento del porto è risultata quella del tunnel scavato lungo il tracciato centrale C3B.

Come si evince dal quadro comparativo, le due soluzioni C3A e C3B si equivalgono per quanto riguarda gli effetti sul traffico, anche in considerazione del fatto che entrambe consentono la realizzazione di un grande parcheggio interrato in diretta connessione. Analogamente, per quanto riguarda i livelli di rischio, esse non sono molto dissimili, anche se la soluzione a tunnel immerso contempla una sorgente di rischio (urto da imbarcazioni o oggetti affondati) che non è influente nel caso di tunnel scavato, essendo maggiore la copertura sia rispetto ai fondali attuali che a quelli che l'Autorità Portuale ha dichiarato di voler raggiungere in futuro.

Le due alternative, invece, presentano differenze contenute (entro il 7.5%) per quanto riguarda i costi di costruzione (maggiori nel caso del tunnel scavato) e gli impatti sulle attività portuali (maggiori nel caso del tunnel ad elementi immersi).

La valutazione del rapporto fra i maggiori costi di costruzione ed i danni operativi arrecati all'attività portuale ha indirizzato la scelta della soluzione verso il tunnel scavato.

Per quanto riguarda il tratto di collegamento fra lo svincolo del Mercato del Pesce e la rotatoria di Piazzale Kennedy, la soluzione prescelta è quella di mantenere l'attuale viabilità in esercizio per il traffico leggero avviando il traffico pesante e quello diretto al comparto RiNav ed alla Fiera Ovest su una nuova viabilità di superficie sottostante. Tale soluzione, anche se non ottimale dal punto di vista della viabilità e da quello ambientale, presenta tuttavia il vantaggio di essere quella di minimo costo, di evitare complesse sequenze di costruzione per minimizzare le interruzioni della viabilità esistente e di ridurre la contesa di spazi con il comparto RiNav.

In ogni caso, soluzioni diverse possono sempre essere realizzate in futuro, qualora ulteriori riassetti del comparto RiNav dovessero consentire una più ampia disponibilità di spazi a favore della viabilità urbana.

9.7 PORTALI

I portali del tunnel, posti a ponente in corrispondenza del varco di S. Benigno e di Lungomare Canepa e, a levante in prossimità del varco della Marina, rappresenteranno per coloro che percorreranno il nuovo asse veri e propri luoghi di confine, ove si segnerà il passaggio dalla dimensione luminosa ed aerea del transito in superficie a quella ipogea della percorrenza sotterranea, e addirittura sottomarina.

E' quindi non soltanto opportuno cercare di attribuire ai nodi di imbocco il compito di riequilibrare il rispettivo intorno, ma anche cercare di assegnare loro una connotazione espressiva topologicamente significativa di tale passaggio. Nella Relazione Tecnica sono pertanto state studiate possibili configurazioni di detti

portali (Figure 9.1 e 9.2), peraltro indipendenti dalla soluzione tecnologica prescelta per l'attraversamento.

9.8 DISPONIBILITA' DI AREE E IMMOBILI

L'intero tracciato dell'infrastruttura e degli svincoli si trova in aree demaniali marittime o comunali; pertanto non è richiesto nessun esproprio ai fini della realizzazione dell'opera.

Per la realizzazione del tratto in curva verso il nodo del Mercato del Pesce e del riassetto delle aree delle riparazione navali, è necessario eseguire alcuni tombamenti alla radice di Calata Gadda, davanti a Calata Boccardo e nel Porticciolo Duca degli Abruzzi. Le opere marittime potranno essere eseguite dall'Autorità Portuale a suo carico.

Tuttavia, per quanto riguarda la rampa ad est su Calata Gadda ed il tratto litoraneo fino alla Foce, la realizzazione del tunnel comporta la demolizione di un consistente numero di fabbricati in cui sono collocate attività in regime di concessione, prevalentemente industriali facenti parte del comparto delle Riparazioni Navali. La Figura 9.3 mostra la planimetria degli edifici soggetti a demolizione.

Come già accennato nel paragrafo 4.7, tutte queste attività possono essere trasferite sempre in ambito demaniale portuale attraverso il riassetto urbanistico e funzionale del comparto RiNav.

Tale riassetto comporta per necessità di spazi e della loro organizzazione secondo logiche produttive, l'occupazione dell'area occupata dal Porticciolo Duca degli Abruzzi con un parziale tombamento.

Conseguentemente, anche le attività nautiche (Yacht Club, ecc) ivi presenti dovranno essere trasferite. Come già ricordato, in base all'accordo di programma recentemente sottoscritto tra Comune, Autorità Portuale e Regione, la ricollocazione del Porticciolo può essere prevista nella sistemazione dello specchio acqueo prospiciente il Piazzale Kennedy.

Nell'ambito del progetto preliminare dell'infrastruttura sono quindi state formulate opportune ipotesi progettuali al riguardo delle suddette necessità di ricollocazione, allo scopo di consentire l'espressione del consenso alla realizzazione dell'infrastruttura da parte dei soggetti interessati.

Nella soluzione definitiva relativa alla rotatoria di Piazzale Kennedy, è stata inoltre prevista la demolizione dell'edificio ex Ristorante San Pietro, di proprietà demaniale in corso di trasferimento al Comune di Genova. La rilocalizzazione del distributore potrebbe eventualmente avvenire nella medesima area con una nuova struttura.

9.9 SOTTOSERVIZI

Le rilevazioni effettuate in sede di progetto preliminare hanno accertato che, sulla base dei documenti reperiti presso l'Autorità Portuale e i Servizi di utilità pubblica a

conferma di quanto già contenuto nel DPP, la realizzazione dell'infrastruttura ha un impatto relativamente modesto sulla ricollocazione di servizi di pubblica utilità.

Fa eccezione la demolizione della strada Sopraelevata che, allocando all'intradosso un cavo elettrico ad alta tensione, ne richiede la sostituzione del tracciato. Peraltro, la sezione del tunnel prevede la realizzazione di ampi cavidotti a disposizione dei sottoservizi che quindi potranno essere ivi allocati prima di procedere alla rimozione di quelli attualmente in funzione.

9.10 ALTRI INTERVENTI INCLUSI NEL PROGETTO

Per ragioni connesse all'ottimizzazione della funzione trasportistica del tunnel, alle convenienze progettuali e costruttive, nonché per le necessità relative alla ricollocazione delle attività industriali di cui al precedente paragrafo, il progetto base è stato integrato con i seguenti interventi.

9.10.1 Riassetto comparto RiNav

L'accordo di programma siglato tra Regione Liguria, Comune di Genova, Autorità Portuale di Genova con l'adesione della Fiera Internazionale di Genova S.p.A. prevede in concomitanza con la realizzazione dell'infrastruttura Tunnel la riconversione ad uso urbano dell'area di Calata Gadda.

Il progetto del Tunnel sottomarino e lo sviluppo della viabilità di superficie sino alla Foce interessano edifici esistenti, non recenti, destinati ad attività industriali/artigianali, spesso caratterizzati da un certo grado di precarietà, che dovranno essere demoliti. Va quindi completato il piano di riassetto dell'area portuale in oggetto già avviato, con opere marittime e nuove edificazioni, dall'Autorità Portuale.

I criteri fondamentali del progetto (Figura 9.4) possono così essere sintetizzati:

- sgombero e cessione dell'area di Calata Gadda ed in generale demolizione degli edifici interferenti con la nuova viabilità;
- ricollocazione delle attività attualmente esistenti insediate nell'area di Calata Gadda / Calata Boccardo ed in generale delle attività insediate in edifici destinati alla demolizione;
- trasferimento dello Yachting Club e delle altre attività nautiche dall'attuale Porticciolo Duca degli Abruzzi alla zona Kennedy/P.ta Vagno per eliminare la coesistenza della nautica da diporto con le attività delle Riparazioni Navali e conseguente creazione di una "enclave" definita territorialmente priva di interferenze funzionali con altre attività nel tratto di Water Front dal Varco delle Grazie alla Fiera del Mare;
- tombamento dello specchio di mare attualmente occupato dal Porticciolo Duca degli Abruzzi per reperimento di nuove aree a terra;
- razionalizzazione dell'impianto urbanistico dell'area portuale con particolare riguardo alla viabilità interna, separata da quella di scorrimento urbana;
- portali di accesso all'area portuale ben definiti e controllati;
- liberazione delle aree esterne dall'ingombro delle autovetture degli addetti e dei visitatori con realizzazione di autorimesse in struttura;

- localizzazione di nuovi insediamenti industriali per le riparazioni leggere nel tratto Varco delle Grazie - Wartsila ed insediamenti per le riparazioni pesanti sull'area del tombamento;
- completamento degli interventi edilizi già in previsione e del rimodellamento del profilo delle banchine;
- tipologie edilizie degli insediamenti per le riparazioni leggere con inserimento di autorimesse interrata (1 o 2 piani) , soppalchi interni per uffici/servizi più estesi negli edifici per riparazioni leggere e meno incidenti negli edifici per riparazioni pesanti;
- riqualificazione ambientale e miglioramento della qualità architettonica del costruito.

Principali parametri urbanistici

Superficie aree coperte in concessione da trasferire	70.761 m ²
Superficie del tombamento ex Porticciolo Duca Abruzzi	38.000 m ²
Superficie autorimesse	29.500 m ²

9.10.2 Autorimessa interrata di Calata Gadda

Lo schema funzionale caratterizzante l'intervento proposto (Figura 9.5) è il risultato dello sviluppo delle seguenti opzioni e obiettivi assunti a base del progetto preliminare:

- la realizzazione della massima capacità di parcheggio possibile, con l'estensione del sedime dell'autorimessa interrata a pressoché tutta l'area di intervento di Calata Gadda, al fine di corrispondere al fabbisogno, sempre più pressante nell'area del porto antico, di spazi di parcheggio pubblico a rotazione;
- l'ottimizzazione del rapporto costi – benefici, suggerita dalla possibilità di sfruttare per l'autorimessa lo scavo necessario all'esecuzione del tunnel subportuale, la cui realizzazione, nell'area di Calata Gadda, è prevista con la tecnologia “cut and cover”;
- la previsione di un compartimento destinato al parcheggio di autobus e pullman, a servizio dell'area del porto antico e della sua sempre più accentuata vocazione a polo turistico della città;
- l'esigenza di garantire la compatibilità dell'autorimessa interrata con qualunque futura ipotesi d'uso del soprassuolo, anche strutturalmente e/o funzionalmente collegata all'autorimessa stessa, con conseguente limitazione del numero di livelli interrati (da 1 a 3 livelli, massimo consentito dalla normativa di sicurezza per le autorimesse miste interrate) e particolare attenzione al posizionamento delle emergenze in superficie: rampe, corpi scala e griglie di ventilazione, da concentrarsi preferibilmente lungo i margini dell'area di intervento;
- la previsione di un collegamento diretto in entrata e uscita tra il tunnel subportuale (per e da direzione ponente) e l'autorimessa, al fine di evitare eccessivi congestionamenti della viabilità di superficie di accesso e uscita dall'autorimessa;
- la necessità, considerato l'elevato numero di posti auto conseguibili, di garantire una fluida e sicura circolazione veicolare, di accesso e interna all'autorimessa, a senso unico di marcia e senza incroci.

Caratteristiche dimensionali

Posti auto totali n° 1000, aumentabili fino a 3.230
Posti autobus n° 30, aumentabili fino a 60
Piani sotterranei n° 3
Superficie lorda complessiva, incluso il sistema di rampe m² 95.330
Volume lordo complessivo, incluso il sistema di rampe m³ 304.850
Compartimenti n° 26
Altezza lorda interpiano m 3.00
Scale pedonali n° 13
Ascensori n° 9
Larghezza rampe (a senso unico) m 4.50
Larghezza corselli (a senso unico) m 6.00
Larghezza posto auto m 2.30
Lunghezza posto auto m 5.00

La capienza di parcheggio strettamente connessa all'esercizio dell'infrastruttura è stata determinata nell'analisi trasportistica dell'ordine di 1000 posti auto e 30 posti bus. E' pertanto possibile ridurre la capienza massima fattibile a base del progetto preliminare a tali dimensionamenti, realizzando un solo piano. Va peraltro evidenziato che tale operazione, che riduce ovviamente i costi, comporta una penalizzazione in termini di futuri ampliamenti del parcheggio. Tali ampliamenti sarebbero indispensabili in caso di uno sviluppo edilizio sulla superficie di Calata Gadda.

9.11 SCENARI DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA

Oltre alle opzioni incluse nel progetto base, sono state sviluppate alcune ipotesi relativamente ad altri sviluppi edilizi potenzialmente indotti dalla realizzazione del progetto.

Tali ipotesi sono state considerate a causa della loro stretta relazione con l'infrastruttura o sue componenti dal punto di vista urbanistico e del valore sinergico che essi a vario titolo potrebbero presentare con la realizzazione del tunnel.

Le ipotesi sono brevemente sintetizzate nel seguito.

9.11.1 Calata Gadda

L'ipotesi di sviluppo delle aree di Calata Gadda è, come ricordato, già contenuta nell'accordo di programma siglato da Comune, Autorità Portuale e Regione. La disponibilità dell'area, già collegata al sistema viario urbano, dopo le demolizioni necessarie alla realizzazione del tunnel ed ancora l'esistenza di una autorimessa interrata con disponibilità di posti auto, crea le condizioni ideali per la proposta di un insediamento multifunzionale, un complesso che, integrandosi con la piastra del parcheggio, dia continuità al recupero del Water Front, completando l'opera già avviata negli anni '90 nel Porto Antico.

I criteri fondamentali del progetto proposto possono così essere sintetizzati:

- insediamento di un complesso multifunzione in grado di dare continuità all'opera di riqualificazione e riconversione del Porto Antico;
- continuità funzionale e compatibilità con l'arco turistico del Porto Antico;
- incremento dell'effetto di compenetrazione tra tessuto urbano ed area portuale;
- riqualificazione ambientale paesaggistica del Water Front;
- destinazioni d'uso in grado di garantire continuità di utilizzo durante l'intero arco del giorno;
- riqualificazione dell'intorno ed introduzione nel tessuto urbano di aree verdi pubbliche (parco delle Mura);
- limitazione della circolazione delle auto in spazi ben definiti e di limitata estensione;
- concezione architettonica del piano terra ispirata alla massima permeabilità di rapporti con l'intorno e con gli edifici adiacenti del Porto Antico;
- creazione di scorci visivi e trasparenze che consentano continuità di rapporti tra l'interno del complesso (strada coperta), la città, il mare;
- enfaticizzazione delle valenze panoramiche dell'intorno;
- piena compatibilità funzionale/strutturale con il parcheggio interrato.

Le destinazioni d'uso ipotizzate comprendono commerciale (12.500 m²), direzionale e servizi (50.000 m²) e residenziale (12.000 m²).

9.11.2 Piazzale Kennedy

L'area della Fiera del Mare/Piazzale Kennedy rappresenta oggi una delle parti del Water Front genovese sulle quali più si concentrano le aspettative di trasformazione urbanistica. Anche in questo caso, l'ipotesi principale dello sviluppo è tracciata nell'accordo di programma che riguarda l'arco costiero da Calata Gadda a Punta Vagno. La realizzazione del tunnel crea per l'area nuove condizioni di raggiungibilità che ne aumentano in misura sensibile la valenza urbanistica.

Le motivazioni principali di tali aspettative si possono così brevemente riassumere:

- l'urgenza di corrispondere alle crescenti necessità di sviluppo della Fiera Internazionale, in particolar modo legate all'incremento dei parcheggi a disposizione delle manifestazioni;
- il programma di espansione della darsena di Marina Fiera, e più in generale la richiesta di aumento di posti barca per il diporto nautico;
- l'esigenza di risolvere il complesso nodo viabilistico alla radice della strada sopraelevata, in connessione con la viabilità litoranea sub-portuale;
- le ipotesi di rifacimento dell'attuale copertura Brignole-Foce con il completo riassetto dell'asse di viale Brigate Partigiane;
- le ricadute urbanistiche sul riordino dell'assetto idrogeologico dell'intera Foce legate al progetto di scolmatore del Bisagno;
- la maturata sensibilità verso una soluzione architettonico-urbanistica di Piazzale Kennedy che sappia superare le attuali criticità ambientali e funzionali con una proposta complessiva dotata di elevati standard qualitativi, anche in rapporto al retrostante tessuto residenziale di pregio lungo tutto il fronte di Corso Marconi;
- la richiesta di completare il disegno di Corso Italia con soluzioni di continuità dei percorsi pedonali dall'attuale passeggiata (oggi bruscamente interrotta in

Corso Marconi, all'altezza di Via Casaregis) verso le aree della Fiera e la direttrice urbana di Brigate Partigiane.

Può essere definito un possibile quadro funzionale comprendente:

- un ampio giardino a mare di Corso Marconi con la prosecuzione del percorso pedonale attrezzato di Corso Italia verso le aree della Fiera;
- un parcheggio pubblico nel piazzale attuale opportunamente risagomato, arredato e alberato per circa 630 autovetture;
- realizzazione, condizionata alle verifiche di compatibilità con il piano di bacino, di circa 580 box interrati per residenti;
- ampliamento del piazzale in struttura sopra la foce del Bisagno per creare spazi prospicienti le biglietterie della Fiera Internazionale;
- banchine per l'approdo di servizi turistici e battelli charter per il diporto di eccellenza;
- oltre 500 posti barca e edificio di circa 2000 m² per la ricollocazione dello Yacht Club Italiano;
- altri spazi per l'ampliamento e la ricollocazione di attività nautiche;
- nuove superfici, ricavate dallo specchio acqueo su cui realizzare:
 - parcheggi per 1.200 posti auto; superfici per attività commerciali, connettivo urbano e pubblici esercizi,
 - superfici per ricettivo, servizi, direzionale e residenziale,
 - piazzale per manifestazioni.

9.12 STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Lo studio di impatto ambientale ha identificato e quantificato tutti i possibili impatti sull'ambiente derivanti dalla realizzazione dell'infrastruttura con riferimento alla soluzione inclusa nel progetto base.

Il fotoinserimento della nuova infrastruttura mostrato in Figura 9.9 mostra l'impatto visivo complessivo della sua realizzazione. Nel seguito sono invece sintetizzate le risultanze degli studi sviluppati con riferimento ai parametri principali dell'impatto.

9.12.1 Atmosfera

In fase di cantiere sono possibili impatti di lieve entità in seguito al sollevamento di polveri come conseguenza delle attività di costruzione (movimenti terra per riempimenti, scavi, transito mezzi, ecc.) e alle emissioni di inquinanti gassosi dai motori dei mezzi impegnati nelle attività di costruzione. Tali perturbazioni sono completamente reversibili, limitate nel tempo e nello spazio e di entità contenuta. Si prevede che le ricadute siano assolutamente accettabili e interessino prevalentemente l'area portuale.

In fase di esercizio, le simulazioni modellistiche condotte hanno mostrato che la realizzazione del tunnel e la conseguente dismissione della sopraelevata determineranno un deciso miglioramento della viabilità urbana di attraversamento.

Gli effetti di tale variazioni si riflettono sulle emissioni in atmosfera da traffico veicolare che, in maniera corrispondente ai relativi flussi di traffico, diminuiscono lungo l'arco portuale e si incrementano in prossimità dei portali del tunnel.

Per quanto riguarda le ricadute, sono prevedibili modesti incrementi di concentrazione al suolo nelle immediate vicinanze dei portali uscita del tunnel; tali incrementi sono comunque notevolmente inferiori ai limiti di normativa.

9.12.2 Ambiente Idrico

Gli impatti sulla componente sono generalmente trascurabili. In particolare:

- tenuto conto della durata limitata nel tempo delle operazioni e della limitata estensione di area di fondale interessata dalle operazioni, l'impatto associato alla risospensione dei sedimenti in ambiente marino durante la realizzazione del tratto in cut and cover del tunnel presso Calata Cadda, del parziale tombamento del porticciolo Duca degli Abruzzi e della riprofilatura di Calata Boccardo può essere ritenuto trascurabile;
- il consumo idrico associato al funzionamento dell'impianto di trattamento dei fanghi bentonitici è assai modesto e molto limitato nel tempo. Assicurato il fabbisogno idrico iniziale per il riempimento del circuito, infatti, i reintegri necessari sono assolutamente trascurabili, così come il consumo di acqua connesso agli usi civili dovuti alla presenza del personale addetto e all'umidificazione delle aree di cantiere;
- non sono possibili fenomeni di contaminazione delle acque superficiali e dell'ambiente marino per effetto di spillamenti e/o sversamenti in fase di cantiere che potrebbero verificarsi solo in conseguenza di eventi accidentali (sversamenti al suolo e in ambiente marino di prodotti inquinanti) da macchinari e mezzi usati per la costruzione;
- non è infine prevedibile alcun impatto sulla qualità delle acque superficiali e sull'ambiente marino per ruscellamento o sversamenti accidentali in fase di esercizio dell'infrastruttura.

9.12.3 Suolo e Sottosuolo

Impatti di lieve entità o trascurabili sulla componente sono riconducibili a:

- interferenze con l'assetto idrogeologico dell'area in seguito alla realizzazione del tunnel;
- produzione di rifiuti;
- limitazioni/perdite d'uso del territorio dovute all'occupazione di suolo da parte delle strutture del cantiere e delle nuove opere.

Un impatto positivo di significativa entità è invece associato alla disponibilità di nuove (e pregiate) aree per successive operazioni di riqualificazioni.

Interferenze dell'opera con l'assetto idrogeologico dell'area sono possibili, ma evitabili tramite opportune contromisure progettuali, da valutare dopo appositi approfondimenti delle condizioni locali, solo nei pressi degli imbocchi dell'opera.

Nell'area di San Benigno (imbocco ad Ovest) l'esecuzione di uno scavo in prossimità della linea di costa potrebbe interferire leggermente con il deflusso naturale delle acque di falda verso mare, mentre nell'area di Calata Gadda l'emersione del tunnel ricade in prossimità di una linea di faglia a direzione WNW – ESE in cui viene segnalata la presenza di pozzi e sorgenti e di una zona di impregnazione idrica: si

tratta comunque di un contesto assai localizzato e di una circolazione idrica piuttosto modesta. Si ritiene comunque che gli effetti degli scavi potranno essere molto limitati se non addirittura eliminati tramite l'adozione, ad esempio, di un sistema di intercettazione delle acque di falda (il cui battente superi le condizioni preesistenti) e il loro smaltimento a mare.

L'impatto associato alla produzione di rifiuti è considerato trascurabile, in quanto non sono prevedibili effetti significativi sulla qualità del suolo, in considerazione delle caratteristiche di non pericolosità dei rifiuti prodotti e della possibilità di un loro riutilizzo in sito nell'ambito dei riempimenti previsti. Infatti il materiale escavato per la realizzazione delle due trincee nei tratti eseguiti in cut and cover, nonché lo smarino risultante dall'esecuzione delle gallerie a foro cieco, sarà riutilizzato, per quanto possibile, come riempimento nell'ambito della realizzazione dell'opera o per riempimenti previsti in ambito portuale.

Per quanto riguarda il consumo di suolo l'impatto associato, sia come sottrazione di risorsa che come limitazione d'uso del territorio interessato e di quello circostante, risulta significativo ma limitato alla fase di costruzione dell'opera: la maggior parte delle aree che saranno occupate durante la fase di cantiere saranno infatti nuovamente disponibili per gli utilizzi precedenti alla realizzazione dell'opera o per altri usi.

La disponibilità di nuove aree per la ricollocazione delle attività industriali (tombamento parziale del porticciolo Duca degli Abruzzi, riprofilatura di Calata Boccardo), la possibilità di usufruire di vaste aree attualmente insediate presso Calata Gadda e lo smantellamento di parte della sopraelevata con relativa nuova disponibilità di suolo rappresentano un impatto di segno fortemente positivo sulla componente.

9.12.4 Rumore

Premesso che in questa fase del progetto non è ancora possibile determinare le modalità organizzative del cantiere, né la durata delle varie fasi, né tantomeno le possibili misure di mitigazione che potrebbero essere necessarie, la valutazione delle emissioni sonore in fase di cantiere potrà essere realizzata solo in presenza del progetto esecutivo, quando saranno state prese tutte le decisioni progettuali. Va comunque evidenziato che le attività di cantiere possono chiedere deroga ai limiti, concordando con l'organo di controllo le tecniche per la riduzione delle emissioni nei limiti del possibile.

La previsione d'impatto acustico delle future infrastrutture si è quindi concentrata sulle aree dei portali e sulle aree adiacenti alle installazioni in superficie che collegano il tunnel subportuale alla viabilità ordinaria. Le analisi modellistiche che sono state condotte hanno mostrato che complessivamente la nuova infrastruttura determinerà una diminuzione dell'inquinamento acustico; gli aumenti di livello sonoro che si potranno verificare in alcune limitate zone possono essere mitigati mediante l'adozione di adeguati interventi di insonorizzazione (utilizzo di asfalto drenate a doppio strato, con rete in fibra di vetro interposta, per la pavimentazione del tunnel e delle nuove strade, rivestimento di materiale assorbente nelle trincee dei portali e nella parte terminale dei tunnel, interposizione di schermi acustici).

Al contrario l'area che trarrà grandi benefici dalla eliminazione della sopraelevata, va da Piazza Cavour all'altra estremità del Porto Antico. Altri vantaggi, per ora difficili da quantificare ma estesi ad un'area maggiore di quella in esame, verranno dal fatto che una consistente percentuale di traffico pesante troverà conveniente utilizzare lo svincolo di S. Benigno per dirigersi in autostrada.

9.12.5 Economia e Sociale

Impatti di lieve entità o trascurabili sulla componente sono riconducibili a:

- interferenze con le attività portuali;
- disturbi alla viabilità durante la costruzione per modifiche temporanee alla viabilità esistente;
- disturbi alla viabilità dovuti all'incremento di traffico terrestre indotto dai traffici indotti in fase di costruzione;
- Impatti di segno positivo sono riconducibili a:
 - opportunità di lavoro (diretto e indotto) e sviluppo socio-economico connessi alla realizzazione dell'infrastruttura;
 - impatti positivi sul traffico in configurazione di esercizio (presenza del tunnel e della nuova viabilità di superficie).

Interferenze con le attività portuali si avranno per un'occupazione temporanea di suolo nella zona del deposito dei container presso l'area di San Benigno. Tale occupazione è necessaria per la costruzione del tunnel con la tecnica di scavo a cielo aperto, per la realizzazione del pozzo di partenza della macchina escavatrice e per lo spazio di lavoro delle imprese. Una volta realizzata la soletta di copertura al tunnel l'area potrà essere restituita per lo svolgimento della attività portuali.

Impatti sulla viabilità connessi alla modifica alla circolazione stradale potranno essere possibili durante la fase di costruzione della nuova viabilità di superficie tra il Mercato del Pesce e la Foce. Si evidenzia comunque che durante le fasi di realizzazione delle nuove opere (tunnel e nuova viabilità di superficie), la Sopraelevata e la viabilità ordinaria (Corso Quadrio-Piazza Cavour-Piazza Caricamento) resteranno operative consentendo di smaltire i normali flussi di traffico, mentre al momento della dismissione della Sopraelevata sarà già operativa la nuova direttrice Est-Ovest costituita dalla nuova viabilità di superficie e dal tunnel subportuale. Saranno quindi possibili locali e temporanee restrizioni alla viabilità solo durante la dismissione della Sopraelevata e la realizzazione dei raccordi, ma si stima che l'impatto sul traffico sia di lieve entità per le dimensioni contenute delle restrizioni alla viabilità (carreggiate di dimensioni ridotte, ecc.) e per la durata estremamente limitata di tali restrizioni (alcune settimane). In fase di progettazione più avanzata saranno comunque adottate tutte le misure volte a minimizzare tali impatti.

Impatti sulla viabilità connessi all'incremento del traffico sono inoltre possibili in seguito alla movimentazione dei mezzi per il trasporto dello smarino, del materiale di scavo e del materiale necessario per i riempimenti, nonché per l'approvvigionamento dei materiali di costruzione, per le lavorazioni di cantiere e per lo spostamento della manodopera coinvolta nelle attività di cantiere. Si prevede che il periodo di maggior movimentazione di mezzi sia connesso alla realizzazione dei tratti con scavo a cielo

aperto e durante le realizzazione del tunnel con tecnica di scavo a foro cieco. L'area interessata dal numero maggiore di traffici sarà l'area di Ponte Caracciolo-San Benigno, in quanto l'impianto per la separazione dello smarino dai fanghi bentonitici sarà realizzato in quest'area.

Gli effetti sulla viabilità indotti da tale incremento di traffico sono reversibili, anche se potenzialmente significativi, in considerazione della durata limitata nel tempo delle attività di cantiere. Verranno in ogni caso previsti e messi in opera adeguati accorgimenti per rendere il disturbo quanto più possibile contenuto, quali la definizione di percorsi alternativi temporanei durante le attività di costruzione per la viabilità locale.

La presenza del tunnel e della nuova viabilità di superficie consentirà, in fase di esercizio, di velocizzare l'attraversamento della città, senza modificare in maniera sostanziale il traffico lungo la viabilità ordinaria, in quanto questo è formato principalmente da relazioni locali o da utenti che difficilmente possono accedere alla Direttrice stessa (Stazione Principe ed aree sovrastanti).

Per quanto riguarda gli impatti socio-economici, la realizzazione dell'infrastruttura comporterà una significativa richiesta di manodopera per l'intera durata delle attività di costruzione. Inoltre si noti che la realizzazione del progetto potrà indurre in generale un impatto di valenza positiva sull'assetto economico e produttivo dell'area, determinando una razionalizzazione dei traffici interessanti l'area portuale e di quelli relativi all'attraversamento cittadino, decongestionando l'arco portuale costiero. In tal modo, considerando anche gli effetti positivi della parziale demolizione della sopraelevata, tutta l'area del Porto Antico potrà beneficiare di un'ulteriore valorizzazione turistica, in aggiunta a quella già in atto. Ulteriori benefici derivano dalla futura disponibilità di una vasta area di estremo pregio in continuità con il Porto Antico e l'Area Expo (area di Calata Gadda).

10 INDICAZIONI PER LO SVILUPPO DEL PROGETTO DEFINITIVO

Come indicato nei precedenti capitoli, lo sviluppo del progetto definitivo dovrebbe in primo luogo avere riguardo agli aspetti concettuali delle alternative, verificando in particolare se, all'atto del proseguimento dell'iniziativa, le condizioni per ritenere ottimali le scelte effettuate in sede di progetto preliminare sussistono ancora.

In secondo luogo, dovrebbero essere approfonditi gli aspetti relativi allo svincolo del Mercato del Pesce ed alle interazioni di esso con il riassetto delle Riparazioni Navali. Tale problematica, già riconosciuta cruciale per il successo del progetto, è suscettibile di modificazioni nelle condizioni al contorno, data l'estrema dinamicità del contesto.

L'interazione con le opere strategiche di riassetto, qualora escluse dalla concessione, ed in particolare con il progetto del comparto RiNav, dello sviluppo urbanistico su Calata Gadda e di Piazzale Kennedy necessita altresì di essere attentamente esaminata.

Dovranno essere valutati i problemi di interfaccia con lo sviluppo del progetto dello svincolo di San Benigno e con la riqualificazione urbanistica delle aree limitrofe, se questo procederà autonomamente. Ciò soprattutto per quanto riguarda:

- fasi di costruzione;
- emergenza e manutenzione;
- filosofia della gestione e del controllo del tunnel;
- equilibrio economico e finanziario del progetto.

Dal punto di vista tecnico, è opportuno segnalare le seguenti necessità di ulteriore approfondimento.

10.1 STUDI E INDAGINI

È necessario determinare un maggiore livello di informazioni geotecniche lungo la linea del tracciato selezionato, allo scopo di accertare con maggiore precisione:

- la natura e l'estensione dell'interfaccia roccia/argilla su entrambi i lati;
- la natura dei materiali nel punto di sottoescavazione dietro il muro di sostegno esistente sotto Corso Maurizio Quadrio/Saffi;
- la natura e i livelli di roccia sul litorale della Foce.

Deve essere eseguita un'indagine topografica per migliorare la sicurezza sulla geometria, particolarmente per quanto riguarda i livelli intorno allo svincolo del Mercato del Pesce e delle Casacce.

Il programma effettivo di costruzione influenzerà la scelta del posto più indicato per smaltire il materiale di scavo. Esiste la possibilità di utilizzare le aree per riempimenti portuali. Saranno necessari ulteriori studi per scoprire e sistemare il posto più adatto nel Porto per mettere il materiale proveniente dagli scavi.

Saranno necessari studi sul modello numerico relativo alla ventilazione, per confermare le attuali ipotesi e, in particolare considerare i problemi di interfaccia e di

riciclo dell'aria fra gli impianti del tunnel e quelli del parcheggio per le auto di Calata Gadda.

I punti di accesso dalle scale di emergenza per i tunnel che si collegano all'interscambio di San Benigno (nell'area protetta del porto) dovranno essere sviluppati insieme al personale di vigilanza dell'Autorità Portuale.

Gli standard della sezione autostradale utilizzati per lo svincolo di San Benigno sono leggermente diversi da quelli ipotizzati per l'attraversamento tramite tunnel. Il tunnel per l'attraversamento è notevolmente più lungo rispetto ai tunnel dello svincolo di San Benigno. Inoltre, dato che è stato progettato qualche tempo dopo lo svincolo di San Benigno, l'attraversamento tramite tunnel riflette l'attuale pensiero. Gli standard per lo svincolo di San Benigno, se fosse possibile, dovrebbero essere rivisti.

Dovrebbero essere condotti degli studi sui cedimenti da assestamento per valutare le conseguenze sulle strutture adiacenti, particolarmente i muri delle banchine.

Dovrebbero essere eseguiti studi al simulatore per indagare gli aspetti sulla navigazione delle deviazioni del canale di navigazione.

Saranno necessarie indagini su informazioni dettagliate sulla (sotto)struttura della Sopraelevata, particolarmente sul litorale in zona Foce.

10.2 SVILUPPO DEL PROGETTO DEFINITIVO

Il tracciato del tunnel sotto il porto nella zona del Molo Vecchio è stato sviluppato nell'ipotesi che venga adottata l'opzione di parcheggio per le automobili.

Le implicazioni della direttiva comunitaria per quanto riguarda la sicurezza in galleria, se adottata, dovranno essere verificate.

Saranno necessari rilievi più dettagliati dei servizi di pubblica utilità e saranno progettate delle deviazioni a tali servizi.

Dovrà essere sviluppato il progetto dettagliato delle connessioni fra la nuova costruzione e la sopraelevata esistente. Saranno necessari disegni del progetto dettagliato as-built o rilievi e valutazioni statiche della sopraelevata esistente.

Si richiamano infine le osservazioni già esposte nel contesto della presente relazione a proposito di:

- criteri di sicurezza, in relazione alla distanza tra le piazzole di sosta e alla sezione stradale; si rileva che significativi risparmi nella realizzazione del tunnel scavato potrebbero essere realizzati qualora potesse essere accettata una deroga rispetto alle prescrizioni delle vigenti norme nazionali al riguardo della distanza massima tra le piazzole ed alla presenza del marciapiede di 1.50 m alla destra delle due carreggiate;
- ottimizzazione della disposizione dei pozzi fresa in rapporto alla realizzazione del parcheggio di calata Gadda e degli sviluppi edilizi di superficie;

- possibilità di ottimizzare l'uso dello spazio verificando l'utilità delle rampe di accesso/discesa con la sopraelevata non funzionali alla direzione principale del traffico nella tratta verso la Foce;
- possibilità di introdurre varianti in grado di preservare le preesistenze di carattere storico – architettonico;
- creazione di un'unica percezione visiva, attraverso soluzioni architettonicamente uniformi di tutti i portali di accesso (incluso quelli da Lungomare Canepa), del Tunnel di Genova.

11 CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

11.1 GENERALITÀ

Il programma di costruzione della Figure 11.1 mostra il previsto sviluppo complessivo dei lavori per il Tunnel Scavato, in combinazione con l'Opzione D2 + D2 per il litorale, e cioè per la soluzione selezionata.

Le Figure 11.2, 11.3 e 11.4 mostrano l'analogo programma per le altre.

Ciascun programma è stato diviso in una serie di attività di costruzione con l'indicazione della durata più probabile in funzione della probabile sequenza di costruzione. I programmi suggeriscono una durata complessiva, di 52,5 mesi per il progetto del tunnel scavato e di 56 mesi per il progetto di tunnel sommerso, combinati con l'alternativa D2 + D2 con il programma effettivo di costruzione indicato rispettivamente in 44,5 mesi e 48 mesi. La durata complessiva può essere influenzata dalla scelta dell'alternativa per il litorale, in quanto l'alternativa D3 ha un periodo di costruzione più lungo.

L'effettivo programma di costruzione dipenderà da vari fattori, di cui probabilmente il più importante è il metodo di aggiudicazione e finanziamento dei lavori.

I programmi di costruzione dipenderanno anche dal numero di contratti stipulati per i lavori e da quali lavori potrebbero essere eseguiti indipendentemente, in anticipo rispetto alla concessione del contratto principale. Ai fini del progetto preliminare, sono state fatte le seguenti ipotesi di base:

- il contratto di costruzione sarà del tipo in concessione, comprensivo di progettazione, costruzione e gestione, e perciò immune dai ritardi che si generano per la ricerca separata dei progettisti e degli appaltatori, come nella procedura di assegnazione del solo appalto. Nel programma sono stati previsti 8 mesi circa per la progettazione e le approvazioni prima dell'inizio dei primi lavori. Lo sviluppo del progetto costruttivo continuerà parallelamente alle prime attività di costruzione;
- ai fini di questo programma, si è ipotizzato che sarà necessario un periodo di un anno fra il completamento del progetto preliminare e l'assegnazione del contratto di concessione per la progettazione, la costruzione e la gestione. Si noti che, nel caso del tunnel sommerso, il momento dell'assegnazione del contratto di concessione influenzerebbe il programma complessivo, dato che la costruzione comporta lavori che possono essere eseguiti solo in determinate stagioni al fine di ridurre i disagi per il porto;
- tutti i lavori rientrano in un unico contratto dalla trincea in cut and cover a ovest fino allo svincolo di Piazzale Kennedy a est;
- il raccordo con lo svincolo di San Benigno, con le modifiche individuate nel contesto del presente progetto preliminare viene costruito nell'ambito di un contratto separato e i lavori che si interfacciano con il progetto di attraversamento del Porto verranno completati in modo e in tempi tali da consentire che i lavori di raccordo vengano compiuti come indicato;
- le attività di ricollocazione delle aziende Riparazioni Navali sono state inserite nel programma di costruzione;

- i programmi comprendono una ipotesi di fasatura dei lavori per consentire di mantenere seppur in modi diversi il libero scorrimento del traffico sulle direttive est/ovest per tutto il periodo di costruzione;
- il tunnel scavato verrà eseguito utilizzando una sola fresa. Il primo foro verrà scavato da un pozzo situato all'estremità ovest in direzione ovest-est. La seconda canna verrà eseguita da ovest a est, dopo aver riportato la fresa al pozzo di avvio.

12 ACCESSIBILITÀ, FUNZIONAMENTO E MANUTENZIONE

12.1 ORGANIZZAZIONE, RESPONSABILITÀ E PROCEDURE

Le infrastrutture stradali che prevedono grandi gallerie hanno bisogno di organizzazioni dedicate responsabili del loro funzionamento e della loro manutenzione, in grado di rispondere in modo rapido ed efficiente alle varie eventualità. Vi sono tre aree principali di responsabilità:

- gestione del traffico e funzionamento delle attrezzature ad essa associate;
- manutenzione del tunnel e funzionamento delle attrezzature necessarie per garantire un ambiente sicuro agli utenti;
- assistenza in caso di incidenti stradali e di emergenze.

Il Comando della Polizia Municipale è responsabile della gestione del traffico cittadino e la sua area di responsabilità includerà anche la nuova infrastruttura. Ciò consentirà di coordinare la gestione del traffico nel tunnel e nel resto dell'infrastruttura con la gestione del traffico cittadino storico.

Gli spazi per il servizio di controllo del tunnel collegato direttamente alle strumentazioni di rilevamento del tunnel e degli accessi verranno quindi messi a disposizione presso il centro operativo automatizzato del Comune. Un funzionario di polizia addestrato (il Funzionario di Servizio) dovrà gestire il traffico di routine e monitorare le situazioni di ingorgo nel tunnel e anche gestire il traffico nel corso dei periodi di manutenzione, quando sono necessarie deviazioni e chiusure delle gallerie. Sarà anche responsabile della risposta agli allarmi associati a problemi di traffico e di sicurezza, e della risposta ai telefoni o ai citofoni di emergenza.

Dato che la responsabilità principale del Funzionario di Servizio è quella di gestione del traffico, sarà responsabile anche di allertare i servizi di soccorso in caso di incidente e di coordinare tali servizi nel corso dell'emergenza.

Il Gestore del Tunnel sarà responsabile del tunnel stesso per quanto riguarda la sua pulizia, ispezione, manutenzione e riparazione. Il Gestore sarà anche responsabile degli impianti necessari al mantenimento di un ambiente sicuro per gli utenti del tunnel, come gli impianti di ventilazione, di illuminazione e di comunicazione. Quest'ultimo compito richiede una conoscenza tecnica dettagliata e il Gestore dovrà sopperire alle necessità 24 ore al giorno. Il Gestore opererà nell'Edificio di Servizio posto sul lato occidentale del tunnel. Sul lato est del tunnel c'è un edificio di servizio separato più piccolo, che normalmente non sarà presidiato da personale.

In caso di emergenza, il Gestore del Tunnel eseguirà il controllo dell'illuminazione, della ventilazione, del pompaggio e delle comunicazioni, ecc. e assisterà la Polizia Municipale nell'impostazione delle deviazioni del traffico. Dovrà inoltre occuparsi della rimozione dei mezzi incidentati e della riparazione dei danni dovuti all'incidente e di dare informazioni sul traffico al pubblico in viaggio.

Il Gestore potrà subappaltare le attività di cui è responsabile a terzi, ad eccezione del presidio continuo dell'opera, dandone indicazione esplicita.

12.2 METODI DI RISCOSSIONE DEL PEDAGGIO

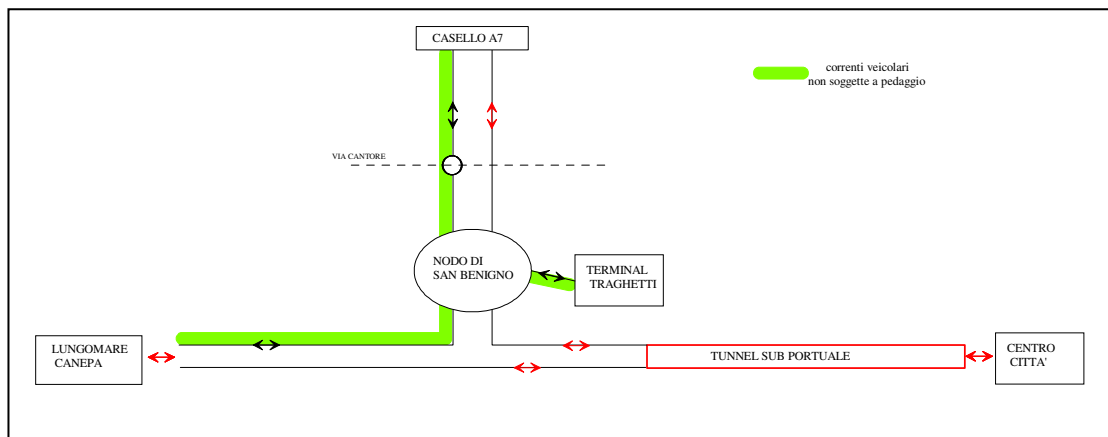
12.2.1 Sistemi di Esazione del Pedaggio del Tunnel Sub Portuale

Per individuare un sistema di esazione del pedaggio che contribuisca al finanziamento del tunnel sub portuale si devono analizzare innanzitutto i requisiti da soddisfare, che sommariamente risultano essere i seguenti:

- attribuire il pedaggio agli utenti che fanno uso dell'infrastruttura;
- differenziare il contributo in funzione dell'utilizzo (cioè far pagare di più chi usa maggiormente l'infrastruttura);
- differenziare l'utenza in funzione della tipologia di traffico e dei relativi benefici attesi. Ad esempio differenziare l'utenza urbana (traffico interno cittadino) dall'utenza di lunga percorrenza (mobilità di penetrazione e scambio).

Allo stato attuale sono disponibili e sperimentati diversi sistemi di esazione, a differenti livelli tecnologici.

Prima di passare ad analizzare alcuni esempi, si deve procedere ad una descrizione



schematica del sistema viabilistico connesso al tunnel illustrato in figura.

Attraverso il nodo di San Benigno il tunnel è direttamente collegato al (nuovo) casello autostradale (Genova Ovest), ma sia in ingresso che in uscita i flussi del tunnel si fondono con quelli provenienti o diretti al Lungomare Canepa (settore ovest della città), che non usufruiscono della nuova infrastruttura. Un'ulteriore fusione dei flussi - prima dell'innesto al casello - avviene a monte del nodo di San Benigno in corrispondenza della rotatoria di via Cantore.

Il terminal traghetti invece, anch'esso collegato al nuovo casello autostradale tramite San Benigno, prevede comunque una separazione fisica dei flussi, e quindi non comporta problemi di assoggettazione a pedaggio.

Nel seguito si illustrano tre esempi di sistemi di esazione, che comportano difficoltà realizzative o livelli tecnologici crescenti.

12.2.2 Vignette

Il primo sistema prevede innanzitutto la differenziazione tra mobilità di scambio e mobilità urbana interna. Il traffico urbano verrebbe identificato tramite l'applicazione di "vignette" sul parabrezza (del tipo in uso nelle autostrade svizzere), cui corrisponderebbe una quota annua prepagata per l'utilizzo del tunnel. La mobilità di scambio proveniente dal tunnel verrebbe invece tassata direttamente al casello autostradale.

Questo sistema comporta un soddisfacimento solo parziale dei requisiti di base:

- non viene filtrata la mobilità di scambio, proveniente dall'autostrada, in funzione dell'effettivo uso del tunnel, imponendo quindi un pedaggio anche ai non utenti della nuova infrastruttura (diretti o provenienti da Lungomare Canepa);
- non viene differenziato il pedaggio in funzione dell'intensità dell'uso del tunnel: la "vignetta" prepagata consente un numero illimitato di viaggi, ma è obbligatoria - e al medesimo costo - anche per un uso saltuario.

12.2.3 Separazione Fisica dei Flussi

Il secondo sistema prevede la separazione fisica – tramite guardrail o barriere tipo new jersey - dei flussi autostradali provenienti da o diretti al settore occidentale della città – via Lungomare Canepa. I flussi urbani invece verrebbero sottoposti a pedaggio ancora con il metodo delle vignette. Questo secondo sistema è mirato dunque a ovviare al solo problema della differenziazione di pedaggio dei flussi autostradali: portali segnaletici separeranno prima dell'uscita autostradale i flussi diretti al tunnel, convogliandoli in corsie dedicate (che rimarranno separate fisicamente fino al bivio di connessione con il tunnel); al casello verrà esatto un pedaggio superiore, che contemplerà anche l'uso del tunnel. Viceversa i flussi provenienti dal tunnel e diretti all'autostrada verranno analogamente separati fisicamente fino al casello autostradale dove verranno inseriti nei titoli di viaggio (scontrino, telepass) le informazioni per l'esazione, in uscita dove che sia dal pedaggio differenziato.

Questo tipo di soluzione ha come inconveniente, una rigida ripartizione della capacità stradale nel tratto da San Benigno al casello autostradale. Si potrebbe ad esempio verificare la situazione in cui i flussi provenienti dal tunnel siano sottoposti a forte congestione, contestualmente ad un ridotto uso dello svincolo nella medesima direzione da parte dei flussi provenienti da Lungomare Canepa, con uno spreco di potenzialità e massima flessibilità di esercizio.

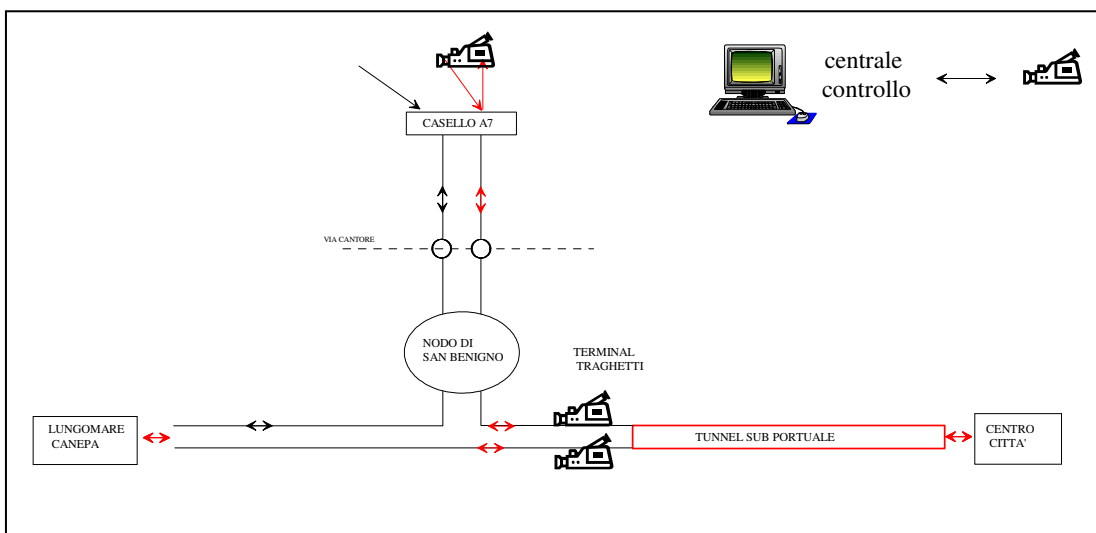
12.2.4 Telecamere

Il terzo sistema prevede l'uso sistematico di telecamere appositamente collocate e direttamente collegate con una centrale automatica di controllo. Questo sistema viene attualmente e comunemente adottato per la riscossione dei pedaggi nei centri storici di molte città, anche italiane (si pensi ad esempio al sistema SIRIO adottato dalla città di Bologna, allo studio anche per la città di Brescia).

Collocando una telecamera in corrispondenza delle rampe di connessione al tunnel dirette al settore ovest della città (via Lungomare Canepa) si individuerebbero tutti gli utenti “urbani” del tunnel. Il sistema di riscossione del pedaggio potrebbe in questo caso usufruire del metodo telepass (addebito automatico ad ogni passaggio rilevato).

Per l’individuazione degli utenti “autostradali” provenienti dal tunnel si dovrebbe collocare un’altra telecamera sulla rampa di uscita dal tunnel a monte del nuovo viadotto, cioè prima della fusione con i flussi provenienti da Lungomare Canepa. Gli utenti del tunnel riconosciuti al casello sarebbero sottoposti ad un pedaggio maggiore rispetto ai non utenti del tunnel.

Per gli utenti “autostradali” diretti al tunnel infine, andrebbe collocata un’altra coppia di telecamere, una in corrispondenza del varco di uscita autostradale, verso il quale andrebbero obbligatoriamente convogliati i flussi diretti al tunnel, e una subito a monte della rampa di immissione nel tunnel collocata subito a valle della biforcazione per il terminal traghetti. Gli utenti individuati dalla seconda telecamera ma non segnalati alla prima in corrispondenza dell’uscita autostradale, vale a dire gli utenti che utilizzano le uscite autostradali riservate alle destinazioni Lungomare Canepa o terminal traghetti che cambiano direzione e si trovano a percorrere il



tunnel, verrebbero riconosciuti e soggetti a sanzione (con la possibilità di fermo immediato in caso di pattuglia attiva collegata in tempo reale con la centrale operativa); gli altri, cioè i flussi che utilizzerebbero le uscite riservate al tunnel, sarebbero sottoposti ad un pedaggio maggiore di compensazione dell’uso della nuova infrastruttura.

12.2.5 Sistemi Multipli

E’ possibile ricorrere all’accoppiamento di più sistemi: ad esempio il sistema del riconoscimento visivo tramite “vignette” per la mobilità urbana interna e il sistema automatizzato gestito da telecamere per l’esazione dei pedaggi relativi alla mobilità di scambio di origine o destinazione autostradale.

12.3 MONITORAGGIO E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI

Il tunnel alloggia un complesso di impianti meccanici ed elettrici destinati a creare un ambiente sicuro per gli utenti stradali. Fra gli impianti principali si ricordano l'alimentazione principale e di emergenza, l'illuminazione, la ventilazione, l'illuminazione di emergenza, le comunicazioni e gli allarmi di sicurezza/anti-intrusione. Tutti questi impianti verranno collegati tramite un sistema computerizzato di controllo di supervisione e di acquisizione dati (SCADA) progettato per interrogare ed elaborare le informazioni ricevute.

Sono previsti sistemi di backup, registri degli eventi, registratori di dati, stampanti, VDU, tastiere e terminali di interfaccia. Tutto ciò sarà alloggiato nell'Edificio di Servizio; sono inoltre previsti terminali remoti collegati in rete in altre sedi, (compreso l'edificio orientale di servizio e il comando della Polizia Municipale). Inoltre sono previsti diversi punti decentrati di accesso alla rete SCADA in punti selezionati nel tunnel. L'accesso a tutti terminali verrà controllato e protetto da un rigido sistema di protezione e sicurezza. In circostanze normali, la programmazione consentirà il funzionamento in automatico, con possibilità di funzionamento manuale che il gestore attiverà in caso di emergenza o per la manutenzione. Per esempio, il sistema di illuminazione risponderà ai segnali provenienti dai sensori luminosi posti ai portali, mentre il sistema di ventilazione risponderà ai segnali trasmessi dai rilevatori di inquinamento e di visibilità posti nel tunnel stesso. Il sistema SCADA avrà interfacce con altri impianti, come l'impianto di controllo del traffico, l'impianto di televisione a circuito chiuso, l'impianto telefonico di emergenza ecc.

12.4 MONITORAGGIO E CONTROLLO DEL TRAFFICO

Il tunnel, il portale e le strade di accesso verranno dotate di diversi sistemi di monitoraggio e di controllo del traffico, fra cui il controllo delle corsie, la segnaletica a messaggio variabile e quella indicante la direzione di marcia, i rilevatori di velocità e le strutture presso i punti di accesso d'emergenza, compresi i telefoni di emergenza. È previsto anche un sistema di televisione a circuito chiuso che fornisce la copertura di tutta la superficie stradale.

Al banco di controllo del tunnel presso il comando della Polizia Municipale tutti i sistemi sopra citati verranno integrati e resi accessibili da un'unica unità video e tastiera, con modalità da concordare con la Polizia Municipale.

12.5 CARICHI PERICOLOSI

Non si prevede personale stabile agli imbocchi e non è previsto il controllo dei veicoli per determinarne le condizioni o la natura dei carichi. Fra i veicoli a cui è proibito il passaggio nel tunnel ci sono:

- veicoli che trasportano carichi di cui ne è già vietato il trasporto in autostrada;
- veicoli che trasportano carichi di dimensioni o di peso eccezionali;
- veicoli non in grado di viaggiare a velocità adeguate (per es. veicoli a trazione animale, veicoli a pedali, motocicli etc. con potenza del motore insufficiente etc.).

E' vietato l'accesso ai pedoni. Sulle vie di accesso al tunnel verranno indicate le restrizioni suddette. Ai veicoli che non possono accedere al tunnel verrà indicato di uscire dall'infrastruttura all'uscita immediatamente precedente il portale del tunnel.

12.6 CONDIZIONI NORMALI E SCORRIMENTO LIBERO

Il tunnel è progettato per funzionare come tunnel a scorrimento libero nel quale il traffico fluisce senza fermarsi. Per ridurre al minimo gli incidenti, ridurre i pericoli e assicurare il migliore utilizzo del tunnel, può essere necessario controllare il traffico nelle ore di punta. Per questo tunnel, il traffico di punta si verifica di mattina nella galleria in direzione est e di sera in quella in direzione ovest. Dei due periodi, l'ora di punta del mattino presenta il flusso maggiore. Se le condizioni arrivano a un punto tale in cui è probabile si verifichino situazioni di traffico fermo il Funzionario di Servizio dovrà controllare e limitare il numero dei veicoli che entrano nel tunnel utilizzando l'impianto di segnalazione previsto e imporre anche delle restrizioni alla velocità.

La disposizione delle strade di accesso nelle zone dei portali a entrambe le estremità del tunnel è complessa e ci sono corsie di accelerazione e di decelerazione legate alle entrate e alle uscite su rampa a entrambe le estremità. Queste caratteristiche presentano condizioni particolari, in quanto i guidatori devono adattarsi alle insolite condizioni di illuminazione in un'area in pendenza relativamente elevata. Contemporaneamente, i guidatori si trovano a dover prendere decisioni su manovre relative al traffico e tenere conto dei comportamenti degli altri veicoli. Particolare attenzione al traffico che scorre in queste zone va prestata dagli addetti al controllo.

Il parcheggio sotterraneo sul Molo Vecchio presenta una corsia di decelerazione, una rampa di entrata nel parcheggio dalla galleria in direzione est, nonché una corsia di accelerazione e una rampa di uscita dal parcheggio nella galleria in direzione ovest.

La rampa di entrata al parcheggio può essere percorsa da automobili ed autobus, mentre quella in uscita è di dimensioni più limitate e può essere percorsa solo da automobili.

La rampa di entrata al parcheggio pone il rischio di formazione di code di veicoli all'interno del tunnel. Essa pone pericoli particolari anche perché la corsia di decelerazione è dotata di una barriera per i veicoli di dimensioni eccessive e di un sistema di allarme. I veicoli che desiderano entrare nella rampa e che fanno scattare l'allarme dovranno rientrare nell'adiacente corsia destinata al traffico e proseguire lungo il tunnel.

Il parcheggio è comunque dotato di ingressi/uscite a piano banchina in connessione con il tunnel attraverso lo svincolo del Mercato del Pesce.

In caso di ingorgo, il Funzionario di Servizio dovrà avvertire i guidatori utilizzando i cartelli previsti che indicano la formazione di code. In condizioni difficili, la rampa di uscita dal tunnel diretta al parcheggio sotterraneo potrebbe dover essere chiusa.

12.7 SITUAZIONI DI EMERGENZA PER PICCOLI INCIDENTI

La maggioranza degli incidenti, come guasti ai veicoli o piccoli tamponamenti, avranno bisogno soltanto della presenza di un veicolo della Polizia Municipale e di un veicolo per riparare il guasto. Per questo tipo di incidenti saranno necessari segnali stradali semaforizzati per chiudere le corsie coinvolte e il controllo del traffico per risolvere l'ingorgo a monte.

12.8 SITUAZIONI DI EMERGENZA PER INCIDENTI GRAVI

Un incidente grave è un incidente che può comportare la possibilità di gravi lesioni personali o di decesso e sarà necessario un livello di risposta più elevato. Saranno necessari manuali operativi dettagliati che riportino le procedure da utilizzare, e tutto il personale interessato deve essere opportunamente e completamente addestrato nel loro impiego. Questi manuali possono essere sviluppati soltanto dopo accurate consultazioni con le diverse autorità e organizzazioni coinvolte, e ciò dovrà avvenire nel corso del progetto definitivo.

Nel corso di un incidente grave, la polizia avrà la responsabilità globale degli interventi. In caso di incendio, i Vigili del Fuoco saranno responsabili degli interventi relativi. Il Gestore sarà disponibile per il funzionamento delle attrezzature del tunnel sotto la direzione del Funzionario di Servizio della Polizia o dei Vigili del Fuoco.

Non appena si verifica un incidente considerato grave, il Funzionario di Servizio dovrà:

- mettere in funzione l'impianto di controllo del traffico per chiudere entrambe le gallerie del tunnel onde impedire che il traffico entri in galleria;
- informare tutti i relativi servizi di emergenza sulla natura e la gravità dell'incidente;
- mettere in funzione l'impianto di controllo del traffico per aiutare i servizi di emergenza a raggiungere il portale.

Le procedure successive dipendono dall'incidente verificatosi.

Se l'incidente comporta un incendio, o è probabile che comporti un incendio, dev'essere individuato chiaramente il luogo di origine dell'incendio e si deve decidere in quale delle sei zone di incendio (3 per ciascun tunnel) si trovi. L'impianto di controllo della ventilazione verrà dotato di 6 interruttori di emergenza corrispondenti a queste zone, e quando uno di essi viene attivato, le ventole e i deflettori vengono accesi alla massima potenza per spingere i fumi in una zona lontana dai veicoli che si trovano in coda prima del luogo dell'incidente. A tale scopo, alle estremità a valle di ciascuna zona di incendio ci sono punti di estrazione del fumo.

Le vie di accesso per i servizi di emergenza che intervengono in seguito all'incidente dipendono da dove si verifica l'incidente stesso. Se si trova all'interno del tunnel, i servizi di emergenza normalmente entreranno nella galleria in cui non si è verificato

l'incidente e attraverseranno le porte di emergenza nei punti di incrocio. Questo sistema di accesso è utilizzato normalmente in molti tunnel a gallerie gemelle in altre parti del mondo, e lo si usa perché non è prevista nessuna corsia di emergenza lungo le corsie di scorrimento del traffico nella galleria coinvolta nell'incidente.

12.9 VIE DI FUGA PEDONALI

Nel caso in cui si verifichi un incidente grave in cui i guidatori e i passeggeri abbandonano i propri veicoli, i tunnel sono provvisti di vie di fuga. Con l'opzione di tunnel scavato, sono previsti passaggi incrociati fra le due gallerie del tunnel a intervalli di circa 180 metri. Per il tunnel a elementi sommersi, sono previsti passaggi incrociati a intervalli di circa 130 metri e inoltre è disponibile una via di fuga separata lungo la sezione centrale del tunnel sommerso. Alle estremità delle sezioni del tunnel scavato e sommerso, sono previsti speciali passaggi incrociati abbastanza grandi perché possano essere utilizzati dai veicoli di emergenza in circostanze eccezionali. Per entrambi i tunnel, i pedoni in fuga raggiungono la superficie negli edifici di servizio previsti a ciascuna estremità. Tuttavia, nel caso dei tratti in galleria sotto il Ponte Caracciolo nella zona dello svincolo di San Benigno, l'accesso alla superficie avverrà in un'area di sicurezza. I pedoni che emergono da queste strutture di fuga entreranno in un'area di sicurezza recintata, da cui si dovrà prevedere l'evacuazione con modalità da concordare con l'Autorità Portuale.

12.10 ISPEZIONI E MANUTENZIONE

Per mantenere il tunnel, gli accessi e gli impianti in buon ordine di funzionamento e in condizioni sicure e affidabili, è necessario un programma accurato di ispezioni, manutenzione, pulizia e riparazioni. Ci sono due tipi di ispezioni. Il primo è costituito dalle ispezioni "funzionali" che normalmente consistono in ispezioni visive. Queste sono necessarie periodicamente per controllare che il tunnel e gli impianti soddisfino alla loro funzione e funzionino normalmente. Sono necessarie almeno due volte all'anno, e i risultati vengono utilizzati per stabilire le necessità correnti di manutenzione. Il secondo è costituito dalle ispezioni "tecniche". Queste comprendono misure dirette per determinare le condizioni della parte ispezionata. Normalmente si svolgono con frequenza annuale e i risultati vengono utilizzati per decidere se la parte ispezionata deve essere riparata.

Va studiato un programma dettagliato di manutenzione programmata. Inoltre, va prevista la possibilità di manutenzione non programmata in seguito a guasti o danni improvvisi.

La manutenzione di routine comprende la rimozione di detriti dalla superficie stradale, la pulizia del manto stradale e delle pareti, la pulizia degli edifici, la lubrificazione e il cambio dell'olio/dei filtri, il rabbocco delle batterie, ecc.. Le riparazioni e le revisioni comprendono la sostituzione delle guarnizioni delle pompe, il ritocco degli elementi verniciati, la riparazione del manto stradale e altri lavori previsti per allungare la vita della specifica parte del tunnel. La manutenzione straordinaria riguarda la sostituzione di interi componenti, per esempio la sostituzione di tutto il manto di asfalto, o la sostituzione di interi impianti meccanici o elettrici e normalmente ha luogo soltanto con frequenza pluriannuale. Vale la pena

notare che, grazie ai progressi negli impianti di controllo elettronico e di comunicazione, spesso questi elementi vengono sostituiti prima che raggiungano la fine della loro vita utile. La seguente Tabella 12.1 indica la frequenza di pulizia e di manutenzione consigliata per gli elementi principali, da affinare nel corso del progetto definitivo.

TABELLA 12.1
INDICAZIONE DELLE FREQUENZE DI MANUTENZIONE

ATTREZZATURE	FREQUENZA DI PULIZIA	FREQUENZA DI MANUTENZIONE
Lampade	Da 1 a 2 mesi	Da 8 a 36 mesi
Ventilatori a getto		48 mesi
Ventilatori a flusso assiale		Meno importante 4.000 ore Più importante 25.000 ore
Misuratori di oscuramento	1 mese	12 mesi
Rilevatori di CO	3 mesi	12 mesi
Anemometri		6 mesi
Cartelle messaggio variabile	6 mesi	12 mesi
Barriere di sicurezza		6 mesi
Telefoni di emergenza	1 mese	3 mesi
Estintori ed estintori manuali	6 mesi	6 mesi
Telecamere a circuito chiuso	1 mese	1 mese
Pareti	Su richiesta (per mantenere la riflettenza dell'illuminazione).	
Trasformatori		12 mesi
Quadri di manovra	12 mesi	12 mesi
UPS e trasformatore di emergenza	12 mesi	Da 1 a 3 mesi
Batterie	1 settimana	Da 1 a 12 mesi
Pozzetto e canale di scarico	1 mese	
Pompe	1 settimana	1 mese
Pavimentazione stradale	1 settimana per il lavaggio. Su richiesta per la pulizia.	Meno importante: 1 mese Più importante: da 7 a 10 anni

Alcune delle attività di manutenzione richiederanno la chiusura della galleria. Per motivi di sicurezza, si suggerisce che soltanto pochissime attività di manutenzione sugli impianti situate all'interno del tunnel vengano effettuate mentre la galleria interessata rimane in esercizio. In generale queste dovrebbero essere limitate alle attività in cui i lavoratori sono protetti all'interno di un veicolo e soltanto durante i periodi di traffico molto limitato. Le attività appartenenti a questa categoria potrebbero comprendere la pulizia delle pareti utilizzando un veicolo appositamente attrezzato che si muove lentamente lungo la corsia più vicina alla parete stessa.

La maggior parte delle attività di manutenzione dovrà essere eseguita chiudendo al traffico una delle gallerie del tunnel e deviando il traffico sulle strade urbane. Chiaramente, i lavori di manutenzione che richiedono la chiusura di una galleria devono essere programmati con sufficiente anticipo ed effettuati nel corso dei periodi di bassi flussi di traffico, preferibilmente di notte.

Il tunnel sarà inoltre dotato di una rete di sensori con tecnologie a fibra ottica che consentirà di valutare il comportamento strutturale e di programmare eventuali interventi di manutenzione straordinaria.

13 ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI

Il quadro economico di riferimento per il progetto base risulta dalla Tabella 13.1.

TABELLA 13.1
QUADRO ECONOMICO DEL PROGETTO

VOCE		
		<i>Milioni di Euro</i>
1	LAVORI	
	1a	Infrastruttura 291.8
	1b	Parcheggio interrato 1000 posti (1) 17.3
	1c	Demolizione Sopraelevata Stazione Marittima-Gadda 2.7
	TOTALE LAVORI	311.8
2	Somme a disposizione per spese tecniche (7.5 %)	23.4
	TOTALE LAVORI E SPESE TECNICHE	335.2
3	IVA su Lavori (10 %)	31.2
4	IVA su Spese Tecniche (20 %)	4.7
5	Oneri accessori (Ri.Nav.)	50.0
	TOTALE GENERALE	421.0

Nota (1): Nell'ipotesi di realizzare il parcheggio nella versione più ampia il corrispondente costo è di 42.3 Mln. di euro.

Si rimanda al piano economico e finanziario di massima per le modalità di finanziamento dell'opera.

14 CONCLUSIONI

Sono state illustrate le caratteristiche salienti del progetto preliminare del tunnel subportuale di Genova e dei relativi studi.

Il progetto ha indicato quale preferita, a seguito di analisi comparative ad ampio spettro, la soluzione composta da un tratto di attraversamento del bacino portuale in galleria naturale scavata con fresa, preceduto e seguito da due tratti realizzati in galleria artificiale cut and cover per il raccordo, ad ovest, con le gallerie facenti parte del nuovo nodo di San Benigno e, ad est, con la strada litoranea di collegamento con la Foce.

Per quest'ultima è stata selezionata la soluzione consistente nel mantenimento del tratto di sopraelevata insistente sul medesimo tracciato, opportunamente raccordato, e nella realizzazione di una nuova sottostante strada pubblica a due corsie per senso di marcia.

Le soluzioni presentate soddisfano tutti i requisiti indicati dal DDP, ma ottimizzazioni della configurazione e delle tecniche costruttive potranno essere studiate nel proseguimento delle attività di ingegneria, secondo indicazioni che sono state fornite nella presente relazione illustrativa.

Il progetto preliminare comprende inoltre lo studio completo di alcune alternative progettuali, fra cui una soluzione con tunnel ad elementi immersi per l'attraversamento del bacino portuale e la realizzazione di una nuova strada litoranea a tre corsie per senso di marcia al posto della sopraelevata.

Lo studio progettuale ha altresì considerato la realizzazione di un ampio parcheggio interrato di interscambio, direttamente raggiungibile dal tunnel, nel sedime di Calata Gadda. L'utilità di questo parcheggio è supportata dagli studi trasportistici oltreché dalle analisi degli sviluppi urbanistici presenti e futuri nell'area del Porto Antico che la nuova infrastruttura si troverà a servire, nonché dalla domanda di parcheggi nell'area limitrofa del centro storico.

Per la realizzazione del tunnel, è necessario procedere alla demolizione di un cospicuo numero di edifici attualmente destinati ad attività portuali del ramo industriale. E' stata pertanto verificata la fattibilità di riassetto dell'intero comparto (Riparazioni Navali). Tale operazione potrebbe essere eseguita tanto unitamente quanto separatamente rispetto alla costruzione del tunnel, secondo indicazioni già contenute in un accordo di programma fra gli Enti interessati.

Nel medesimo accordo di programma è ipotizzato che, ai fini di consentire il riassetto delle riparazioni navali, è ipotizzabile lo spostamento dello Yacht Club Italiano e di altre attività nautiche, attualmente occupanti lo specchio acqueo interno al comparto del Porticciolo Duca degli Abruzzi, in una nuova marina da realizzarsi esternamente al porto, nell'area di Piazzale Kennedy.

Nell'ambito del progetto preliminare, sono state delineate possibili soluzioni urbanistiche ed architettoniche a detti sviluppi, ritenuti essenziali ai fini della realizzazione dell'infrastruttura ancorché non necessariamente collegati ad essa.

Gli studi effettuati hanno messo in evidenza la fondamentale valenza urbanistica dell'infrastruttura, la cui realizzazione innescherà rilevanti investimenti di capitale privato e produrrà sensibili benefici di carattere ambientale, sociale ed economico.

Le analisi dei costi hanno condotto alla redazione di un quadro economico che comporta la spesa di 312 milioni di Euro per la realizzazione dell'infrastruttura (escluso il nodo di San Benigno) completa di parcheggio interrato all'estremità est in versione ridotta, escluse le operazioni di ricollocazione dello Yacht Club e di riassetto delle riparazioni navali.

Genova Crossing Joint Venture
Il Direttore del Progetto
Ing. Abdul Farooq

Il Vice Direttore del Progetto
Prof. Ing. Andrea Del Grosso

Tunnel di Genova S.p.A.
Il Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Ing. Tullio Russo

