

*Per lo sviluppo di Milano,  
da una collaborazione virtuosa tra pubblico e privato,  
a tempo di record è stato completato il tunnel per "I giardini di porta Nuova"*

## ATTRAVERSO IL TUNNEL "VIA DEL NORD", UNA NUOVA VIABILITÀ SEMPLIFICATA

Claudio Vitruvio

Gallerie & Tunneling

Il 15 Luglio, con cinque mesi di anticipo rispetto al termine dei lavori - previsto per Dicembre 2009, Porta Nuova consegna al capoluogo lombardo una tra le più importanti opere pubbliche realizzate a Milano negli ultimi anni: il "Tunnel via del Nord" che nasce, in soli 14 mesi, nel contesto di riqualificazione dell'area esistente tra Via Melchiorre Gioia e Via Don Luigi Sturzo nominata "I Giardini di Porta Nuova", dove edifici e verde pubblico daranno vita a 160.000 m<sup>2</sup> di aree pedonali e 85.000 m<sup>2</sup> di parco.

La creazione del tunnel che collega Viale Liberazione con Viale Don L. Sturzo e la stazione Garibaldi ha contribuito a snellire dal traffico le arterie viarie della zona, senza però modificare l'accessibilità dei punti nevralgici di tutto il quartiere; sia l'accesso alla stazione Garibaldi sia l'ingresso a Corso Como sono stati semplificati. Si tratta della seconda opera di interesse pubblico portata a termine nell'area di Porta Nuova, dopo la realizzazione della prima porzione di parco de "I Giardini di Porta Nuova", già aperta al pubblico nel 2007, con accessi dal quartiere Isola in Largo De Benedetti e Via De Castilla. I lavori sono stati coordinati dalla Società Ingre costituita appositamente da soggetti privati attuatori

del PII Garibaldi Repubblica con a Capofila Hines. La necessità di creare un tunnel artificiale per lo scorrimento del traffico viario e un collegamento pedonale coperto è nata dall'esigenza di raccordare la quota del futuro parco dei giardini di Porta Nuova con gli spazi pedonali accessibili al pubblico che si ricongiungeranno a Corso Como, componendo un piano pedonale continuo che collegherà il quartiere Isola a Corso Garibaldi e a Piazza della Repubblica.



Figura 1 - Una veduta aerea del tunnel Via del Nord



Figura 2 - Il Sindaco Moratti inaugura il tunnel di Porta Nuova



Figura 3 - Da sinistra a destra: L'Assessore ai Lavori Pubblici Bruno Simini, l'Assessore all'Urbanistica Carlo Masseroli, il Presidente e Amministratore Delegato del Gruppo Hines Manfredi Catella, il Commendator Ligresti e l'Assessore alla Mobilità, Trasporti e Ambiente del Comune di Milano, Edoardo Croci



Figura 4 - L'imbocco del tunnel da Via Melchiorre Gioia



Figura 5 - L'imbocco lato stazione di Porta Garibaldi

## Gli interventi sul territorio circostante

La costruzione della galleria artificiale non è stata semplice in quanto condizionata da molti fattori. Il primo vincolo nella realizzazione del cantiere è stato quello di garantire la percorribilità lungo Viale Sturzo, mantenendo il collegamento tra Via Melchiorre Gioia e l'area di Porta Volta. Un altro fattore importante che ha determinato la nascita del tunnel è stato l'esistenza del Passante Ferroviario "Collegamento Stazione Garibaldi alla Stazione Di Greco".



Figura 7 - La viabilità post-intervento



Figura 6 - Il Direttore Tecnico di cantiere Luca Ronzoni e il Responsabile di cantiere, Geom. Sergio Grancini

Infatti, prima di scoperciare la spalla Sud della Galleria esistente di Greco è stato avviato un programma di monitoraggio della galleria per controllare qualsiasi movimento di rotazione e di spostamento delle spalle d'appoggio, una volta scopercata la parete e una parte della calotta del passante ferroviario.

La nuova galleria della Via del Nord nasceva in aderenza al Passante Ferroviario in prossimità della Stazione Garibaldi.

Per evitare cedimenti e spostamenti, in prossimità del Passante Ferroviario sono stati eseguiti, nel dado di fondazione della spalla Nord dal concio 1 al concio 5, 126 micropali profondi 10,70 m e 109 micropali profondi 8,70 m.

Per tutta la durata del cantiere è stata sempre monitorata la galleria del passante Garibaldi/Greco per evitare qualsiasi danno alla struttura e mantenere in sicurezza il transito dei treni sulle linee ferroviarie che, in tutto il tempo di durata del cantiere, non sono mai state interrotte. Prima di realizzare il tunnel si è provveduto a ricostruire la rete fognaria con due nuovi collettori eliminando tutti i collegamenti fognari esistenti nell'area di insediamento del nuovo cantiere di Porta Nuova. La presenza di due nuovi collettori fognari di grosse dimensioni, uno del diametro di 2.000 mm e l'altro di 1.800 mm, ha reso necessario l'impiego di opere provvisorie per mantenere la sicurezza operativa del cantiere e conservare indenni i collettori fognari che si sono attivati a pieno regime. Le opere provvisorie eseguite sono state l'infissione di palancole per contenere i volumi di terra adiacenti la formazione delle fondazioni della spalla Sud.



Figura 8 - La viabilità antecedente

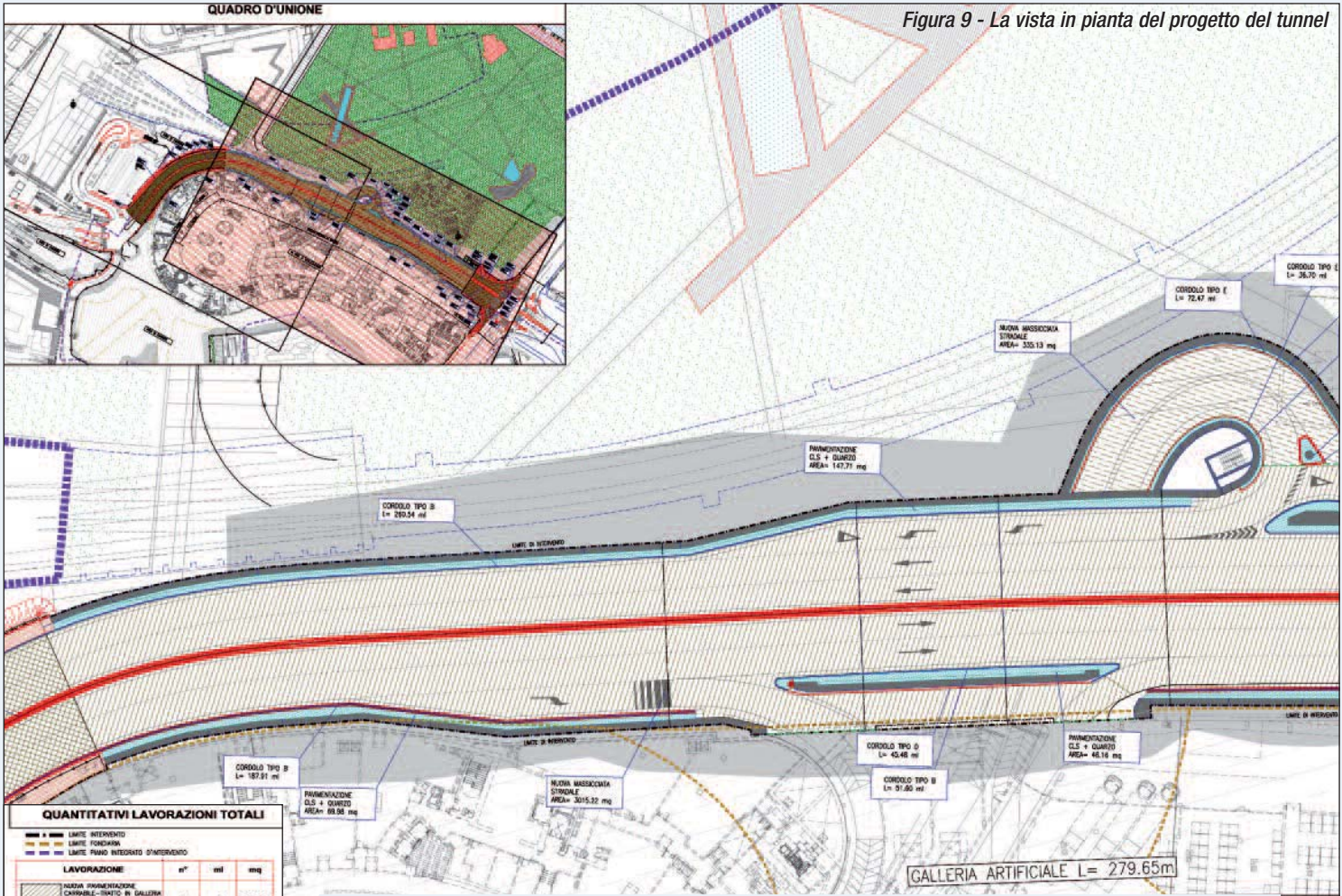


Figura 9 - La vista in pianta del progetto del tunnel

**QUANTITATIVI LAVORAZIONI TOTALI**

LAVORAZIONE	m <sup>3</sup>	mq
NUOVA PAVIMENTAZIONE CARBONILE - TRATTO IN GALLERIA - STRATO DI USURA - TRATTO VENAFIT - SOTTOPONDO IN MISTO ST.	5610.87	
NUOVA PAVIMENTAZIONE CARBONILE - TRATTO ALL'ESTERNO - STRATO DI USURA - TRATTO VENAFIT - SOTTOPONDO IN MISTO ST.	3050	
NUOVA PAVIMENTAZIONE CARBONILE - STRATO ESCESSIVO - STRATO DI USURA - TRATTO VENAFIT - SOTTOPONDO IN MISTO ST.	335.13	
MARCIAPEDIA FASE 1 - ASPHALTO COLATO - ANCISETTO IN CLS	896.77	
MARCIAPEDIA FASE 2 - ANCISETTO IN CLS - ANCISETTO IN CLS	96	
FRAZZOLA BALZATA - ASPHALTO COLATO - ANCISETTO SOTTOPONDO	599.24	
FRANCIATO A SENNA DI SPELTERIO GRANULATO SUPERFICIALE IN QUARZO		599.24
CORRIDO TIPO B (6 out curv)	915.01 (82.71)	
CORRIDO TIPO D & E (6 out curv)	2223.87 (148.77)	
CORRIDO A RASO 12x15cm (6m max)	8.30 + 5.75	
CORRIDO A RASO 12x15cm (6m max)	14.80 + 7.60	

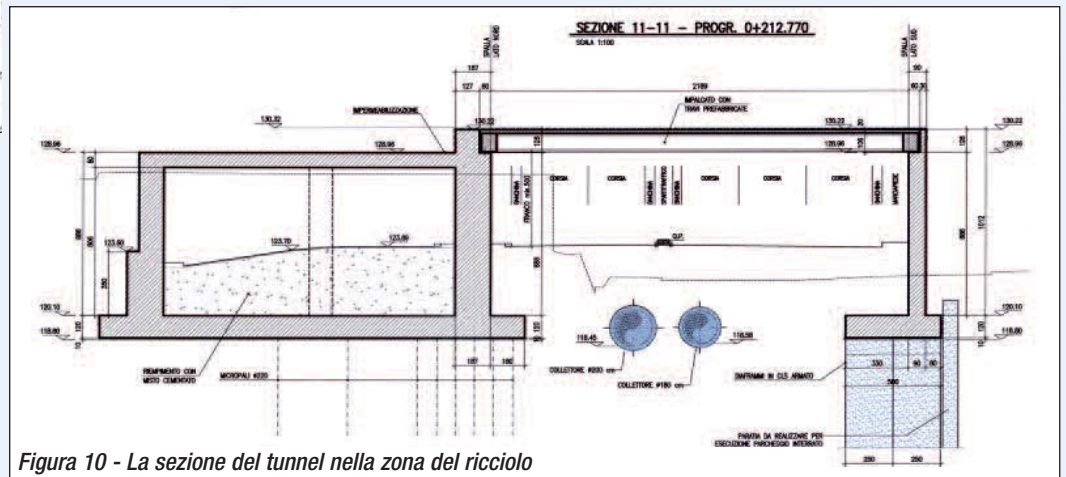


Figura 10 - La sezione del tunnel nella zona del riciclo

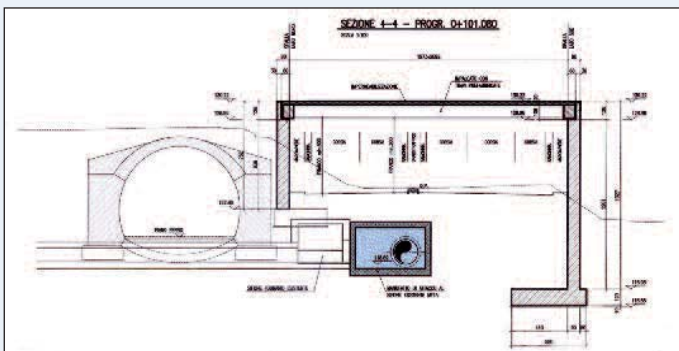


Figura 11 - La sezione del tunnel in aderenza al Passante Ferroviario



Figura 12 - Il consolidamento della fondazione con l'infissione di 235 micropali

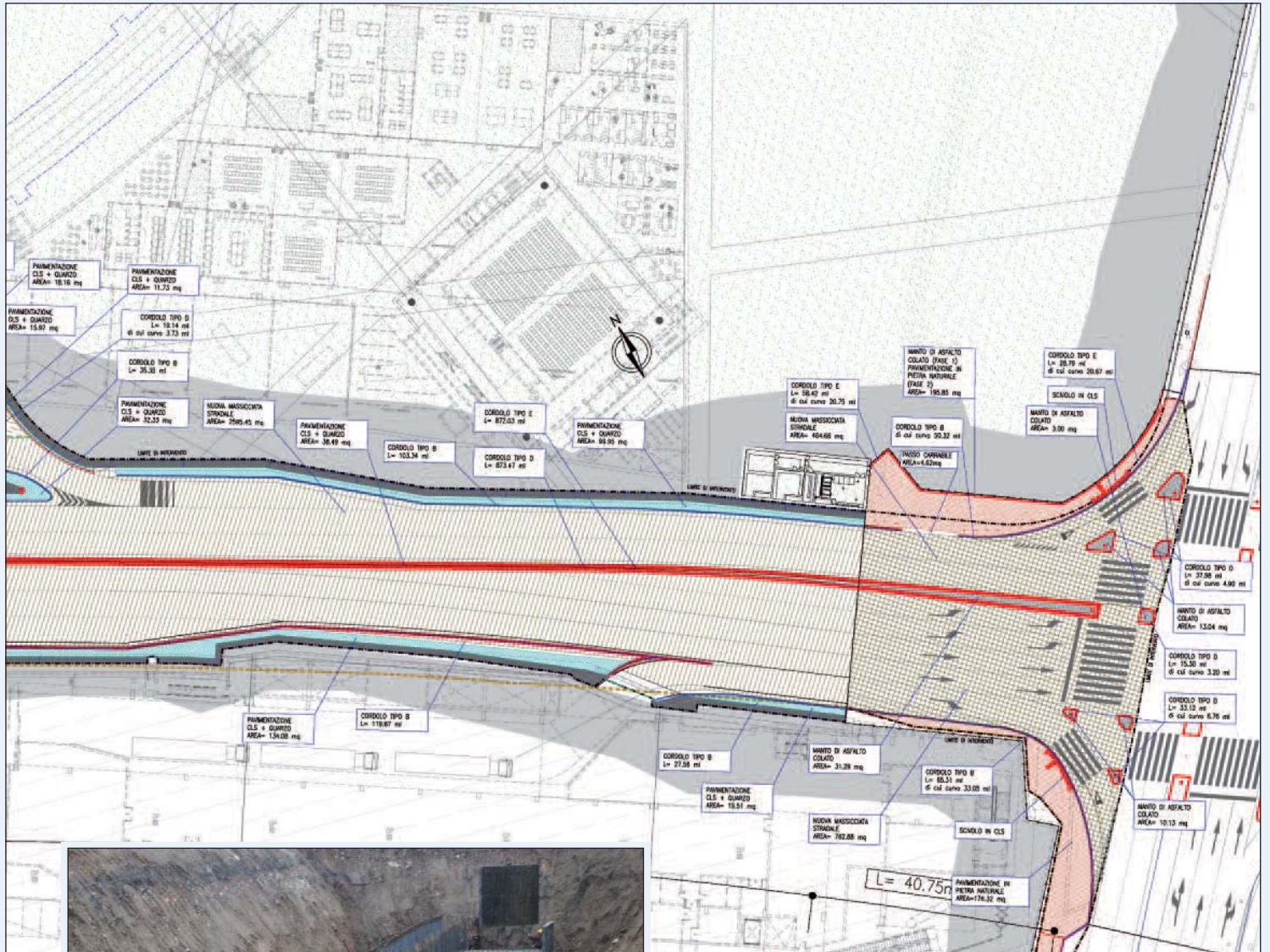


Figura 13 - Grandi quantità di ferro per l'armatura dei gabbioni di fondazione

## Le pareti portanti del tunnel

Una caratterizzazione che ha influenzato la creazione dei piedritti del nuovo tunnel è stata la necessità di avere altezze diverse tra una spalla e l'altra.

Infatti, la spalla Sud della galleria ha piedritti che variano da 14 a 10 m di altezza, in quanto partono dalle fondazioni dei nuovi fabbricati fino ad arrivare alla viabilità esistente di Via Melchiorre Gioia. Dal lato opposto, i muri piedritti della spalla Nord della galleria partono da un'altezza di 7 m in aderenza con il Passante Ferroviario fino a un'altezza di 10 m.



Figura 14 - Le casseforme per il getto in opera delle spalle di appoggio delle coperture

Tutte le difformità di altezza dei muri piedritti hanno comportato maggiori difficoltà operative costruttive e studi logistici all'interno del cantiere. La zona di intervento che ha richiesto una maggiore attenzione e controllo nella costruzione dei manufatti in calcestruzzo armato è stata la creazione della rampa Nord, rampa di accesso ai futuri edifici del Podio.



Figura 15 - Il getto del calcestruzzo per la realizzazione delle fondazioni del ricciolo

Il manufatto della rampa Nord è stato costruito con un unico blocco di fondazione costituito con una altezza del dado di 1,10 m e una superficie di 1.000 m<sup>2</sup> per un totale di volume di calcestruzzo gettato in unica volta di 1.100 m<sup>3</sup> con cemento R<sub>ck</sub> C 28/35 S4.

Sottostante l'area della rampa Nord passerà la futura Linea 5 e, per evitare eventuali cedimenti alla fondazione della galleria, è stata studiata la realizzazione di un unico monoblocco di calcestruzzo.

Per la galleria sono stati utilizzati 15.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo e 1.400.000 kg di acciaio.

## La copertura del tunnel

Per quanto riguarda la copertura del tunnel, essa è stata realizzata con 127 travi precomprese costruite dalla Società Cofelma SpA, con dimensioni che variano da una luce minima di 18 m, nel tratto a quattro corsie a una massima di 28 m in cui vi sono sette corsie.



Figura 16 - La platea del ricciolo completata



Figura 17 - La posa delle travi in notturna

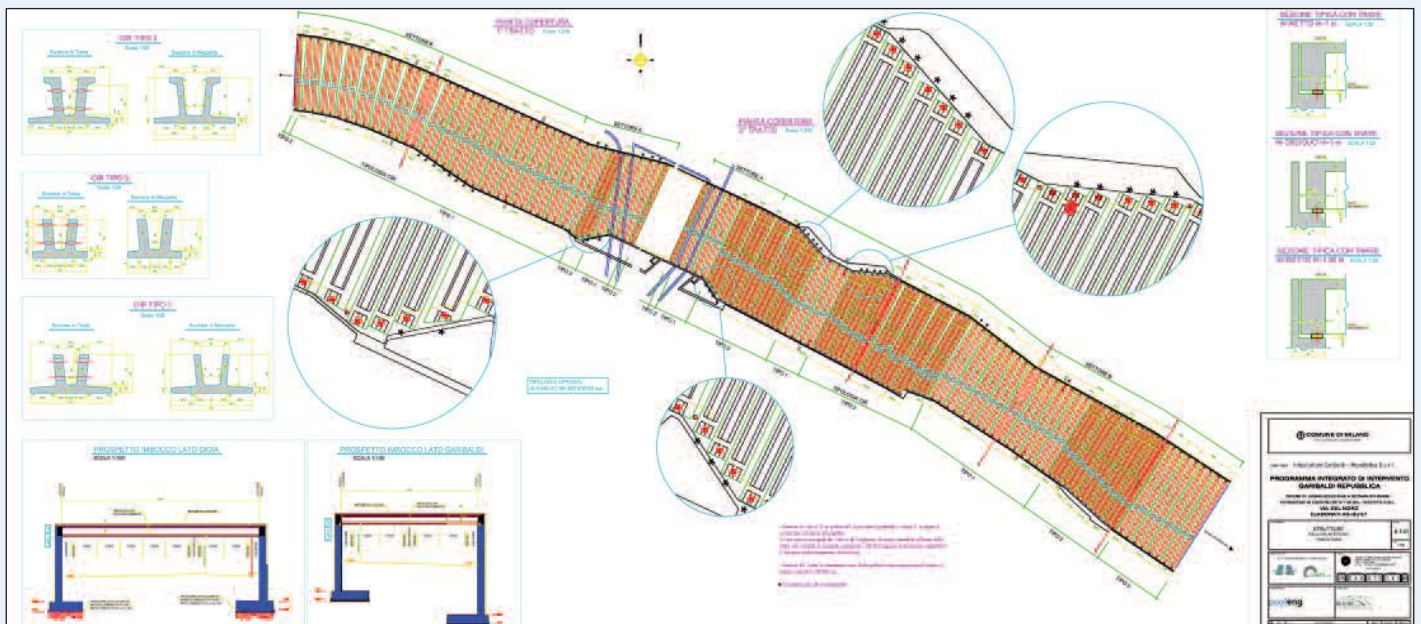


Figura 18 - Lo schema di copertura del tunnel con 127 travi di cemento armato precompresso



Figura 19 - L'estradosso della copertura

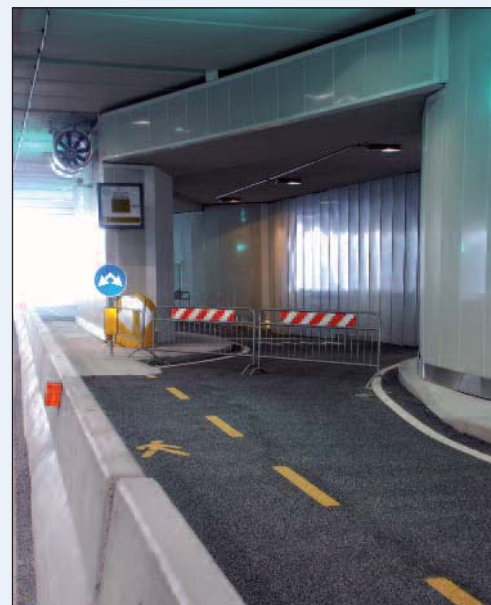


Figura 20

La lunghezza della galleria è di 270 m per uno sviluppo totale delle travi di 3.600 m. Per velocizzare i programmi di costruzione e garantire una sicurezza operativa di cantiere, la posa delle travi è stata eseguita di notte, organizzando il tragitto più idoneo con i diversi Organi di vigilanza competenti, Polizia Locale e Polizia Stradale, essendo tutti trasporti eccezionali ed essendo il cantiere situato nel centro di Milano.

### Il trattamento ecologico per il rispetto dell'ambiente

Il tunnel di Porta Nuova risulta essere il primo tunnel "ecologico" per impiego delle vernici al biossido di titanio, per l'abbattimento degli inquinanti, su tutte le superfici; le vernici sono state spruzzate sull'intradosso delle travi in calcestruzzo prefabbricato, sulle pareti dei pannelli fonoassorbenti in alluminio e sulla superficie dell'asfalto drenante con la vernice Coverlite®.



Figura 21 - Lavori di rivestimento con pannelli fonoassorbenti

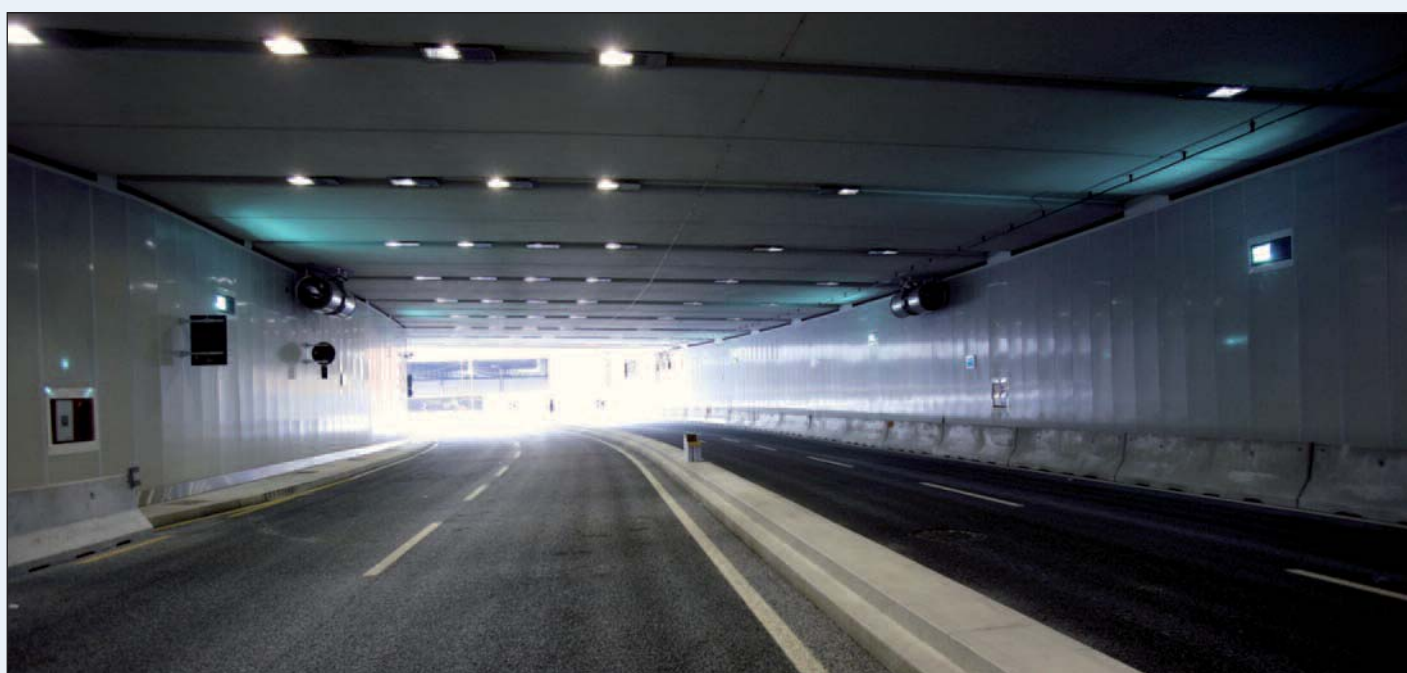


Figura 22 - L'interno del tunnel

## Coverlite®, il trattamento fotocatalitico antismog

Frutto di oltre due anni di ricerca sviluppati dall'Impresa Bacchi in collaborazione con autorevoli Docenti e Ricercatori del Politecnico di Milano e dell'Università di Roma, Coverlite® è una micro-emulsione polimerica additivata con biossido di titanio, premiscelata e pronta all'uso. Coverlite® penetra nella macro e nella micro rugosità del conglomerato bituminoso, conferendo alla pavimentazione elevate proprietà fotocatalitiche senza modificarne caratteristiche e peculiarità fisico-meccaniche.



Figura 23 - La spruzzatura a mano del biossido di titanio sul tratto pedonale

L'applicazione è eseguita con apposita macchina dotata di sistema di spruzzatura e il prodotto può essere applicato su qualunque tipologia di conglomerato bituminoso (normale, modificato, vergine o riciclato, drenante fonoassorbente, su strade e autostrade, parcheggi, piste ciclabili e marciapiedi, aree industriali, zone di stoccaggio, porti e aeroporti). Per l'attivazione del processo "fotocatalitico" sono state installate 356 lampade a ioduri metallici e 33 lampade UV.

L'installazione delle lampade è stata distribuita per dare un effetto a scacchiera del soffitto e distribuire l'illuminazione per dare una graduale intensità della luce garantendo una guida sicura.

### Come si applica

L'applicazione può avvenire: a caldo in fase di stesa del tappeto di usura; oppure a freddo su tappeti di usura esistenti.

#### L'applicazione a caldo

Per pavimentazioni di nuova realizzazione, l'applicazione a caldo è particolarmente indicata in quanto consente di azzerare i tempi di cantiere, garantendo l'apertura al traffico negli stessi tempi della posa del conglomerato.

Le fasi di posa in opera sono le seguenti:

- ◆ stesa del conglomerato bituminoso;
- ◆ rullatura di costipazione;
- ◆ spruzzatura della micro-emulsione, con temperatura interna del tappeto  $>100^{\circ}\text{C}$  (utilizzo di macchina spruzzatrice leggera);
- ◆ rullatura di lisciatura.



Figura 25 - Il conglomerato drenante trattato con Coverlite®



Figura 24 - La posa in opera con applicazione a freddo sulle corsie

#### L'applicazione a freddo

Per pavimentazioni già in fase di utilizzo, o per pavimentazioni che presentano in fase di posa in opera (a caldo) scarse capacità meccaniche portanti (per esempio conglomerati bituminosi con elevata percentuale di vuoti), il metodo di applicazione utilizzabile è quello a freddo.

Per il cantiere di Milano - Via del Nord il conglomerato bituminoso realizzato corrisponde ad un drenante fonoassorbente. Pertanto, onde evitare la formazione di ormaie ed un eccessivo costipamento del conglomerato bituminoso, dovuto al passaggio di un mezzo veicolare a temperature ancora elevate, si è deciso di procedere, malgrado la pavimentazione fosse di nuova realizzazione, con la posa in opera del prodotto fotocatalitico dopo il raffreddamento dello strato di usura, in particolare dopo 24 ore dalla stesa.

Evidentemente, per consentire la corretta asciugatura del trattamento superficiale dopo la spruzzatura, la strada deve rimanere chiusa al traffico per un breve lasso di tempo. Essendo stato il cantiere in oggetto ancora chiuso al traffico, tale necessità non ha comportato nessun tipo di problematica. Inoltre, l'apertura al traffico di cantiere è avvenuta dopo un'ora dalla fine della posa in opera.

#### La verifica

Al termine delle operazioni di spruzzatura, e prima di aprire la strada al traffico veicolare, si è proceduto al campionamento tramite prelievo di carote. I campioni sono stati sottoposti a prove di laboratorio per la verifica dell'efficacia fotocatalitica del trattamento superficiale.

Il prelievo dei campioni è stato eseguito secondo un protocollo definito ovvero carotando nei punti in cui si prevede il maggior e il minor consumo di prodotto per effetto dell'azione del traffico.

Tale metodo di prelievo permette di verificare la capacità fotocatalitica media presente in situ.

#### Le prove di laboratorio

La verifica della capacità fotocatalitica dei campioni prelevati in situ è stata eseguita in laboratorio. La procedura di prova è parametrata in funzione della Norma UNI 11247 "Determinazione dell'attività di degradazione di ossidi di azoto in aria da parte di materiali inorganici. I risultati ottenuti evidenziano un abbattimento  $> 35\%$  (irradianza =  $20 \text{ W/m}^2$ ; umidità iniziale =  $50\%$ ; flusso gas inquinante =  $1,5 \text{ l/min}$ ).



Per rendere la galleria ancora più ecologica è stato installato un impianto di rilevazione dell'intensità dell'area con due opacimetri e due anemometri, uno per ogni corsia di marcia, collegati con otto ventilatori della Fläkt Woods con una portata di 14,4 m<sup>3</sup>/s per la circolazione e l'evacuazione dell'aria (ventilazione longitudinale). Gli otto Jetfan 71JMTS Fläkt Woods, sono ventilatori bidirezionali, con ventilazione longitudinale, in acciaio inox AISI 316L, resistenti a 400°C per due ore e sono posizionati rigidamente al soffitto piano. Hanno un diametro girante di 710 mm e sono equipaggiati con motori da 27 kW a due poli, e sono completi di due silenziosi per ciascun ventilatore.



Figura 26 - Uno degli otto ventilatori per l'evacuazione dell'aria

## La sicurezza e il controllo del flusso

Ai fini della sicurezza stradale, per i veicoli che entrano nella galleria, è stato installato un impianto tecnologico collegato a delle spire che sono state inserite nel manto stradale per la rilevazione della velocità dei veicoli e per la rilevazione e segnalazione dei veicoli fermi, oltre il quale il dispositivo aziona automaticamente il segnale semaforico verde per smaltire il traffico evitando la formazione di code e situazioni di pericolo.



Figura 27 - Il rilevatore di velocità dei veicoli in transito

Per far fronte al pericolo "incendio" in galleria è stato posato a soffitto un cavo rilevazione incendi per tutta la lunghezza della galleria, collegato a una centralina che comunica con la Centrale di Controllo di Piazza Beccaria dove ha sede la Polizia Locale di Milano, che verifica la situazione attraverso le telecamere installate all'interno del tunnel.



Figura 28 - Gli idranti e le cassette di estintori per antincendio

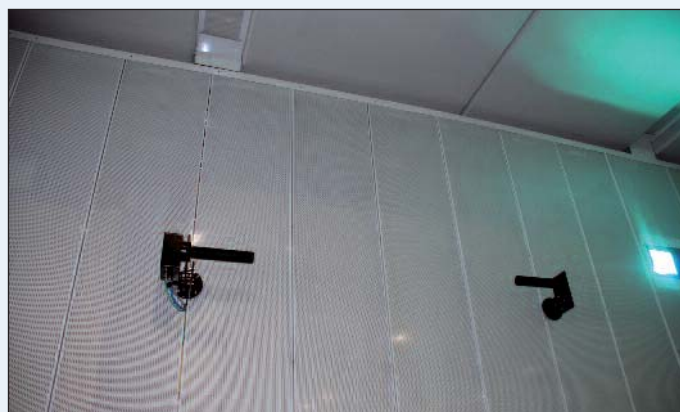


Figura 29 - I rilevatori di opacità dell'aria per l'avviamento automatico dei ventilatori

Chi si trova nel tunnel in caso di incendio può utilizzare gli estintori collocati in dieci armadietti, può comunicare con l'esterno attraverso quattro colonnine SOS, e utilizzare maschere antigas poste vicino alle colonnine stesse e fuggire attraverso quattro fuga poste lungo il tragitto della galleria.

Per la sicurezza stradale, contro il pericolo incendi e per eventuali atti vandalici, la galleria è sempre controllata tramite otto telecamere e centraline collegate con la Centrale di Controllo del Comune di Milano che all'occorrenza attiva tutte le forze dell'ordine da impiegare.



Figura 30 - Il collaudo eseguito con 12 autotreni a pieno carico con portata di 440 q cadauno





## Conclusioni

Nella progettazione del tunnel la Società Alpina, ha previsto le caratteristiche tecniche più avanzate con particolare attenzione alla sicurezza, alla qualità dell'aria e al contenimento del rumore.

L'intervento si è subito dimostrato fondamentale per il sistema viario cittadino, consentendo di semplificare la viabilità ad alto scorrimento precedentemente presente nell'area. L'agevolazione della viabilità in superficie unitamente al potenziamento del sistema infrastrutturale

### Dati tecnici

**Comune di Milano Coordinamento del P.I.I.:** Arch. Giancarlo Tancredi

**Committente:** IN.GRE. Infrastrutture Garibaldi Repubblica Scarl

**Responsabile di procedimento:** Ing. Maurizio Luongo della IN.GRE.

**Progettista:** Ing. Diego Ceccherelli di Pro.lter Srl

**Coordinatore per la Sicurezza in fase di progettazione:** Ing. Diego Ceccherelli di Pro.lter Srl

**Direttore dei lavori:** Ing. Gianmaria De Stavola della Pool Engineering SpA

**Direttore operativo:** Ing. Andrea Muzzi della Pool Engineering SpA

**Responsabile dei lavori e coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione:** Ing. Giuseppe Amaro della Prograss Srl

**Collaudatore statico in corso d'opera e finale:** Ing. Bruno Finzi della CeAS Srl

**Impresa appaltatrice:** ATI Lucchini - Artoni Srl e Codelfa SpA

**Direttore Tecnico di cantiere:** Geom. Luca Ronzoni

**Responsabile di cantiere:** Geom. Sergio Grancini

pubblico con la Linea 5 della Metropolitana Milanese, che si aggiunge alle Linee 2 e 3, al Passante Ferroviario e alla Stazione Garibaldi con l'attestazione dell'Alta Velocità, definisce l'area di Porta Nuova come uno degli Hub intermodali urbani più interconnessi del Paese. ■



Figura 31 - Una vista dell'interno del tunnel finito

### Ringraziamenti

La Redazione di "Strade & Autostrade" desidera ringraziare in particolare, il Direttore Tecnico di cantiere Geom. Luca Ronzoni e il responsabile operativo di cantiere Geom. Sergio Grancini, per la preziosa collaborazione nel fornire indicazioni tecniche per la stesura del presente articolo.



Figura 32 - Una panoramica del tunnel ultimato