

TRIMESTRALE
DI ARCHITETTURA
DEI TRASPORTI

KINEO

17
1999
£ 15.000



INTERVENTI
MARCO PONTI,
COSTI E BENEFICI DELLE
SOLUZIONI SOTTERRANEE

FERROVIE SOTTERRANEE
L'ALTA VELOCITÀ SOTTO
L'APPENNINO, IL PASSANTE
LOMBARDO E LE POLITICHE
DI MOBILITÀ A MILANO

METROPOLITANE
IL PROLUNGAMENTO DELLA
LINEA "A" DI ROMA, LA TRATTA
"BI" E I PROGETTI PER
LA NUOVA LINEA "C"

IL NUOVO TRATTO "B1"

La diramazione "B1" della linea B del metrò di Roma rappresenta la seconda grande opera di ferrovie sotterranee in fase di sviluppo nella Capitale, con circa quattro chilometri e altrettante stazioni da piazza Bologna ai quartieri a nord dell'Aniene, concepita con soluzioni costruttive finalizzate a ridurre al minimo l'impatto dei cantieri sulla città

Delle due linee di metropolitana esistenti a Roma, la "B" ha un elevato potenziale tecnologico e di trasporto, ma presenta un tracciato "scarico", che passa tangenzialmente a tutti i grandi quartieri ma non ne attraversa nessuno al baricentro; di fatto ha notevoli margini di carico rispetto al limite di saturazione, perché acquisisce un traffico di 18 mila passeggeri l'ora contro una potenzialità di 40 mila. Da qui nasce il progetto dell'Amministrazione comunale per aumentare il bacino di traffico, che agisce in due direzioni: miglioramento dell'intercambio mediante la realizzazione di una rete di parcheggi di corrispondenza in periferia (circa 4 mila posti auto complessivi), per acquisire subito utenti fra coloro che oggi utilizzano l'auto privata; prolungamento della linea verso zone periferiche, fino a raggiungere i grandi quartieri che offrono bacini di traffico sufficientemente ampi.

Fra gli interventi di ampio respiro ha già preso il via la prima importante estensione del tracciato, nota come linea "B1", che prevede uno sviluppo di quasi quattro chilometri e altrettante stazioni, da piazza Bologna (attuale capolinea a sud) a Conca d'Oro, in quello che è uno dei più importanti bacini di traffico di Roma, cioè l'Oltre Aniene, una vera e propria città di circa 500 mila persone.

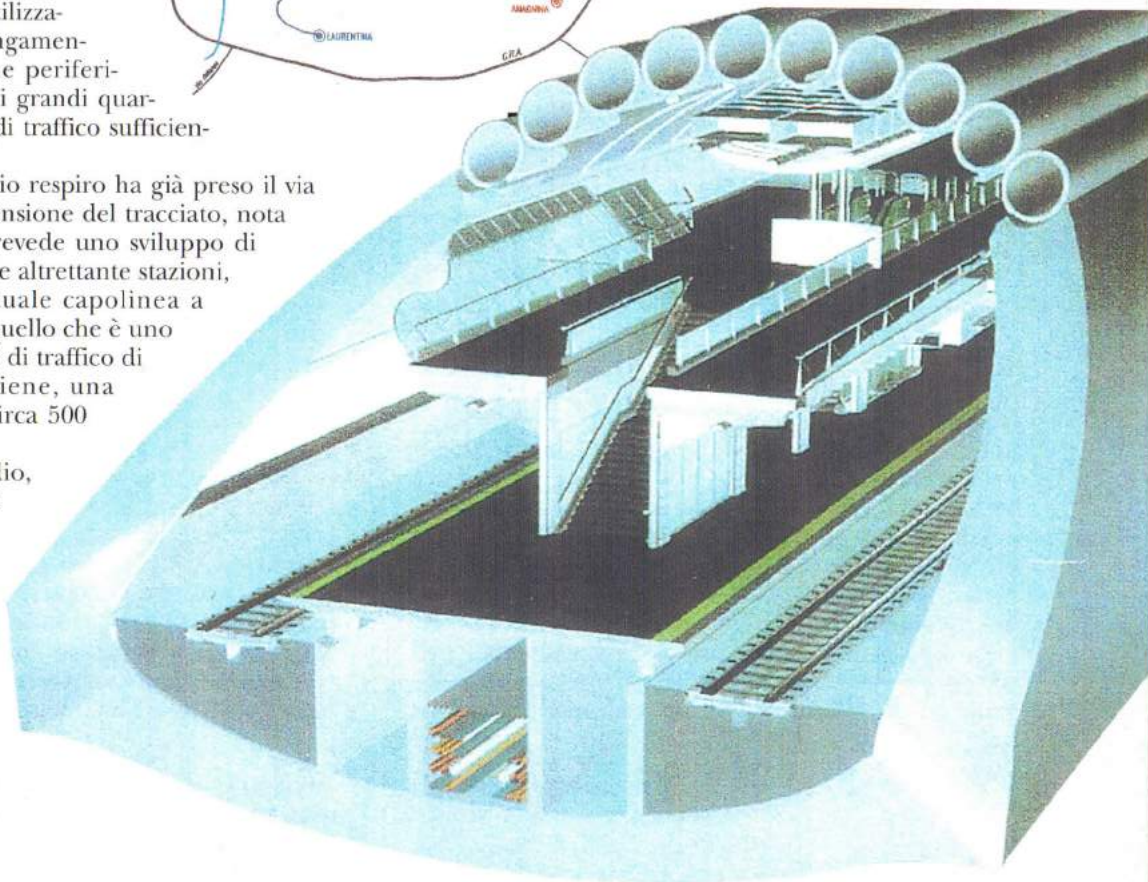
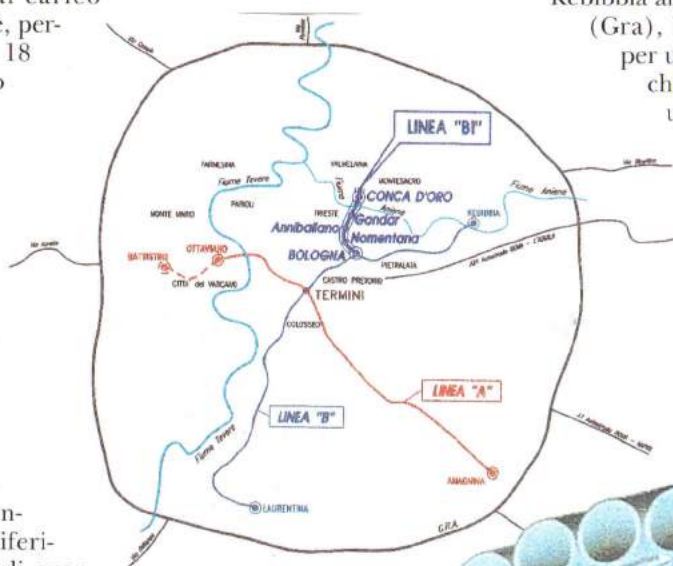
Altri interventi allo studio, considerando che la B1 può compensare solo in parte il divario tra carico previsto e potenziale effettivo della linea, sono:

- un prolungamento a nord del ramo B1,

da piazza Conca d'Oro a Serpentara, per una lunghezza di circa 28 chilometri e quattro stazioni, dotato di una significativa attestazione di scambio sul nuovo asse viario Serpentara-Valmelaina;

- un prolungamento a nord della B da Rebibbia al Grande raccordo anulare (Gra), la tangenziale di Roma, per una lunghezza di circa due chilometri e tre stazioni, con una forte attestazione di scambio sul Gra;

- una nuova diramazione (denominata "B2") lungo il ramo sud, da Ostiense verso i popolosi quartieri Marconi, Portuense e Colli Portuensi, con attestazione di scambio in prossimità dello svincolo fra la via Newton e la



► Spaccato assonometrico della stazione Nomentana della nuova linea B1, realizzata con la tecnica dell'arco cellulare.

COMMITTENTE

Comune di Roma

PROGETTOProgetto di massima:
Cotral.Progetto esecutivo:
Associazione temporanea
d'impresa fra Rocksoil
spa e Studio 80
engineering srl.**CARATTERISTICHE**

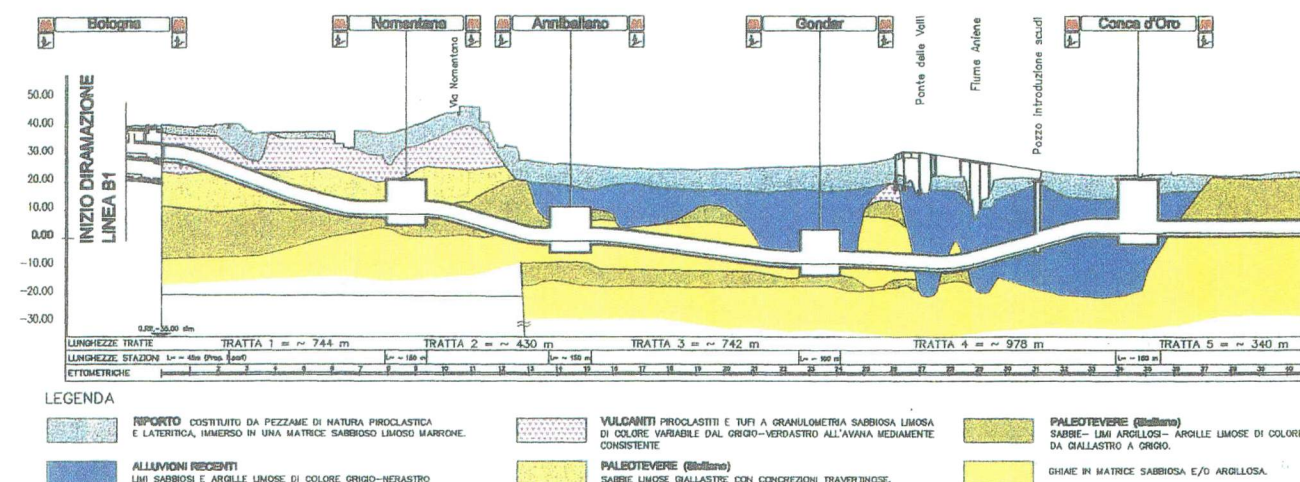
Lunghezza: 3,8 km.

Stazioni: 4.

Profondità: da 15 a 30
metri dal piano stradale.
Linea: 2 gallerie a binario
unico, diametro di scavo
di 6,7 metri (interno 5,8).
Stazione Nomentana:
lunghezza 150 metri,sezione di scavo 340 mq,
copertura massima 15
metri. Stazioni Annibaliano e
Gondar: lunghezza 150
metri, sezione di scavo 340
mq, copertura massima 20
metri. Stazione Conca d'Oro:
lunghezza 150 metri,
sezione di scavo 4.366 mq,
a cielo aperto.**TEMPI**Progetto definitivo:
dicembre 1999Progetti esecutivo: dicembre
2000.

Inizio lavori: 2001.

Fine lavori prevista: 2006.

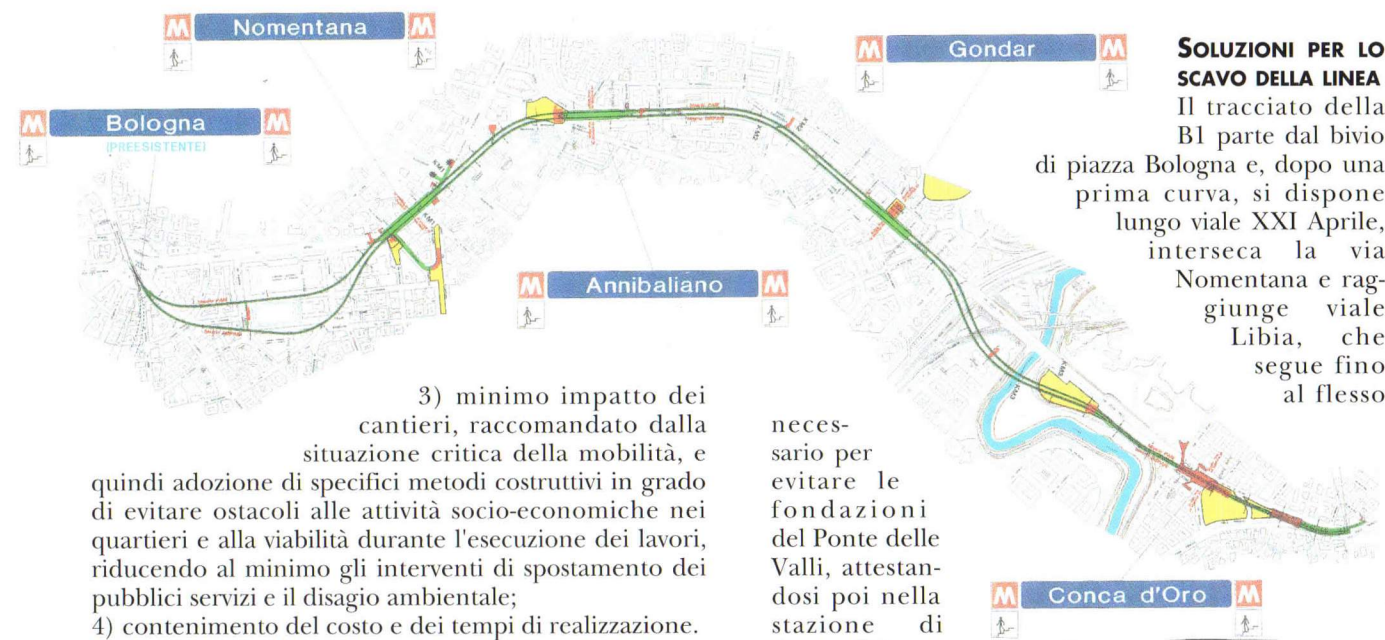
COSTIIntervento complessivo:
878 miliardi di lire.via Portuense, per un totale di circa cinque chilometri e
sei stazioni;- un ulteriore prolungamento della "B", verso sud, oltre
il capolinea di Laurentina, all'Eur, fino a Cecchignola
(circa 1,6 chilometri), ed eventualmente ancora più
avanti, sino al Gra.**LA DIRAMAZIONE "B1" BOLOGNA-CONCA D'ORO**Il prolungamento della linea "B" ha la sua origine nel
Piano regolatore generale (Prg) di Roma del 1962, che
prevedeva, per il completamento di una rete a "X", la
realizzazione del tronco Termini-Bologna-Montesacro-
Valmelaina; tuttavia lo sviluppo urbanistico allora inlometri, con quattro nuove stazioni: "Nomentana", in
corrispondenza di viale XXI Aprile e via Nomentana;
"Annibaliano", posizionata tra la piazza e viale Eritrea;
"Gondar", sotto viale Libia, presso piazza Palombara
Sabina; "Conca d'Oro", nella piazza omonima.
Il bacino di utenza si estende sul quadrante nord-est di
Roma, comprendendo i quartieri Bologna-Nomentano,
Trieste-Africano, Conca d'Oro-Montesacro, rivolgen-
dosi in particolare ai cittadini che vivono oltre il fiume
Aniene, circa mezzo milione di abitanti, in aree dove il
traffico è costretto a canalizzarsi su tre soli ponti (Ponte
delle Valli, ponte Tazio e ponte Nomentano) per supe-
rare il fiume e raggiungere il resto della città.atto, e la volontà di dare impulso alle attività industriali
lungo la via Tiburtina, portano l'Amministrazione
comunale a dare priorità al tronco Termini-Bologna-
Rebibbia (otto chilometri di linea e dieci stazioni),
entrato in esercizio nel 1990.L'obiettivo originale di un ramo verso nord comunque
rimane negli intendimenti dell'Amministrazione, tanto
che sin da subito viene realizzata, nella stazione di piazza
Bologna, l'impegnativa struttura d'innesto della
futura diramazione.Oggi il progetto - interamente finanziato - prende defi-
nitivamente il via, e prevede un tracciato interamente
in sotterraneo per uno sviluppo complessivo di 3,8 chi-Di fatto, pur non essendo molto lunga, la nuova dira-
mazione raggiunge un consistente bacino d'utenza e
risolve, con un servizio di trasporto collettivo, complessi
nodi di mobilità urbana, portando a un sostanziale rad-
doppio dei passeggeri trasportati dalla linea B.**LINEE GUIDA DI PROGETTO**Il primo passo concreto per la realizzazione della B1
risale al 1996, quando il comune di Roma commissiona
il progetto a un'associazione temporanea di imprese
(Rocksoil spa e Studio 80 Engineering srl) vincitrice di
una apposita gara internazionale, la prima effettuata in
Italia nel settore delle metropolitane, dopo decenni di▲ **Profilo geologico della
tratta B1 della
metropolitana B di Roma.**Progettazione e indagini: 16
miliardi. Opere civili: circa
700 miliardi. Impianti,
armamento e percorsi
meccanizzati: circa 178
miliardi.

monopolio e di concessione a consorzi di imprese.

La progettazione esecutiva è stata avviata seguendo pre-
cise linee guida definite dall'Amministrazione, che
individuano quattro aspetti prioritari:

1) inserimento urbano finalizzato a conseguire l'integrazione del sistema di trasporto, localizzando le stazioni in luoghi a elevata accessibilità e agevole corrispondenza e connettendosi al tessuto urbano nelle zone di maggiori flussi, dove convergono più valenze sociali e commerciali e significative presenze storico-culturali;

2) qualità dell'opera, in termini di servizio e immagine, con soluzioni innovative di ampio respiro, che forniscano una migliore vivibilità dell'ambiente metropolitano in sotterraneo;



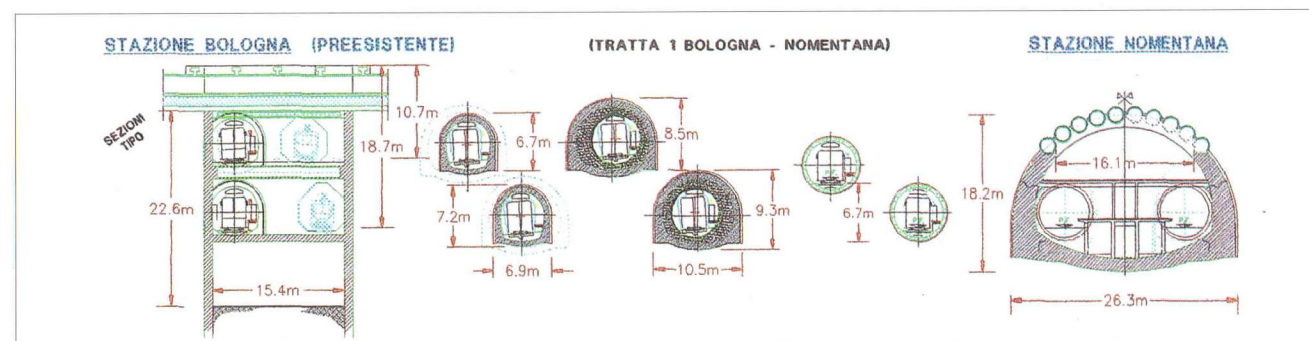
3) minimo impatto dei
cantieri, raccomandato dalla
situazione critica della mobilità, e
quindi adozione di specifici metodi costruttivi in grado
di evitare ostacoli alle attività socio-economiche nei
quartieri e alla viabilità durante l'esecuzione dei lavori,
riducendo al minimo gli interventi di spostamento dei
pubblici servizi e il disagio ambientale;

4) contenimento del costo e dei tempi di realizzazione.

INSERIMENTO E IMPATTO URBANOPer quanto riguarda l'inserimento urbano delle stazio-
ni, gli accessi sono posizionati adottando alcuni criteri-
guida: massimizzare l'area di influenza; favorire l'inter-
scambio con il trasporto pubblico su gomma e ferro;
garantire un accettabile distanziamento fra le stazioni;
assicurare il minimo impatto con le preesistenze (edifi-
ci, viabilità); disporre di spazi di cantiere a bassissimo
impatto; posizionarsi su aree di viabilità secondaria.

neces-
sario per
evitare le
fondazioni
del Ponte delle
Valli, attestan-
dosi poi nella
stazione di
Conca d'Oro.
La linea, previ-
sta interamente in sotterraneo, è costituita da due gal-
lerie a sezione circolare, del diametro interno di 5,8
metri (e diametro di scavo di 6,7 metri), con gli assi
binari generalmente paralleli a una distanza di circa 14
metri; le coperture dei terreni sulle gallerie di linea e le
stazioni varia circa dai 15 ai 30 metri.
Dal punto di vista geologico, da piazza Bologna a poco
prima dell'incrocio con via Nomentana, il tracciato

▲ **Planimetria generale
della tratta B1.**



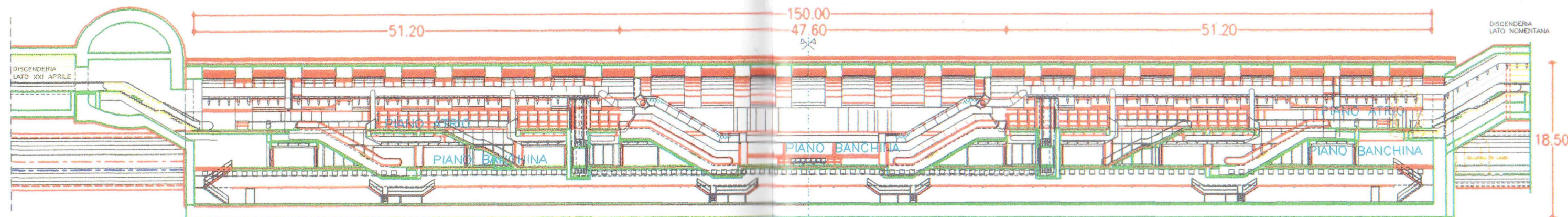
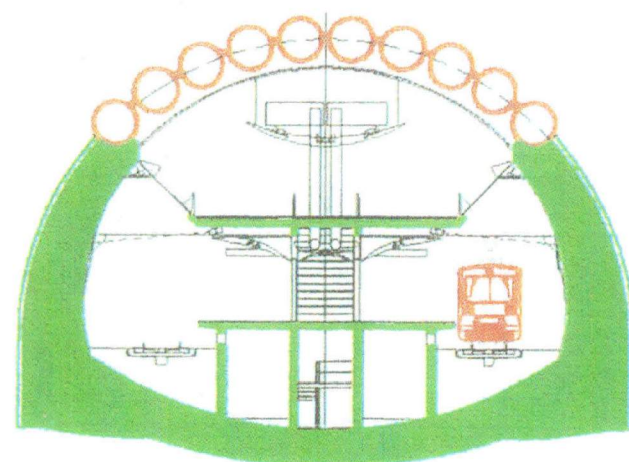
attraversa essenzialmente i terreni alluvionali limo-argillosi recenti del fiume Aniene e dei suoi affluenti, le Piroclastiti derivanti dall'attività dei distretti vulcanici circostanti l'area della città di Roma e i sedimenti fluvio-palustri di età pliocenica.

Di fatto, il tracciato delle gallerie attraversa, sotto falda, terreni con caratteristiche geotecniche eterogenee e scadenti, costituiti da limi sabbiosi e argillosi, argille limose e ghiaie; inoltre la linea si snoda in una zona urbana densamente edificata e con battenti idraulici di circa 10/15 metri.

Per questo motivo, lo scavo delle gallerie di linea prevede, praticamente per l'intero sviluppo, l'impiego di uno scudo a piena sezione (diametro di 6,7 metri), a fronte chiuso in pressione e con l'installazione del rivestimento definitivo, composto da conci prefabbricati, collocato dall'interno dello scudo stesso durante la lavorazione, a una distanza ridotta dal fronte: una tecnologia che meglio di ogni altra garantisce un avanzamento in piena sicurezza, oltre che ridurre al minimo i possibili cedimenti in superficie.

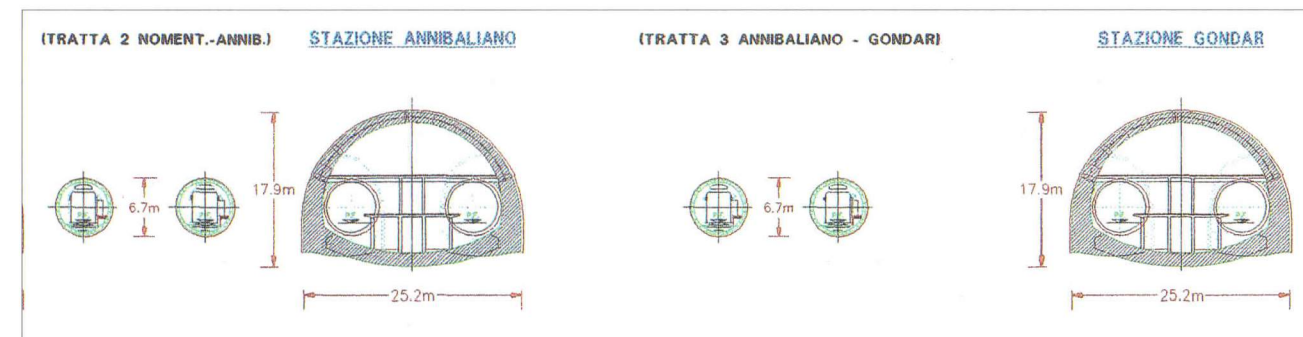
Lo scavo è con una testa fresante integrale, il cui fronte è isolato in una camera mantenuta in pressione, e l'unico intervento di consolidamento previsto riguarda l'iniezione, in pressione, di un betoncino nello spazio tra il profilo di scavo e l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati, limitando così le decompressioni del terreno.

Questo sistema permette infatti di non alterare la stabilità del terreno, sia applicando una corretta pressione sul fronte di scavo (in modo continuo e in ogni fase di lavorazione), così da non decomprimere il nucleo di terreno in avanzamento, sia colmando lo spazio anulare fra i conci e il terreno mediante un betoncino estruso in pressione, dietro il mantello dello scudo, creando una perfetta aderenza fra il rivestimento in conci e il terreno, evitando così ogni possibile vuoto e detensione dopo il passaggio dello scudo e la posa del rivestimento definitivo.



▲ In alto, sezioni tipo delle strutture di stazioni e linea da piazza Bologna a Nomentana.

▲ Sezione longitudinale e, sopra, sezione trasversale della stazione Nomentana.



SISTEMI COSTRUTTIVI DELLE STAZIONI

Per le stazioni, tre su quattro in sotterraneo, oltre ai problemi di stabilità del terreno e di inserimento in un tessuto urbano molto denso, l'impostazione progettuale punta a fornire una migliore vivibilità dell'ambiente, con spazi ricavati in unica cavità comprendente l'atrio e le banchine collegate fra loro.

Le tre stazioni sotterranee sono infatti realizzate con scavo a foro cieco e costituite da una galleria a volta unica della larghezza di circa 26 metri e altezza di circa 18 metri, comprendente le banchine centrali e l'atrio sovrapposto, mentre la stazione terminale è prevista con scavo realizzato fra paratie di contenimento.

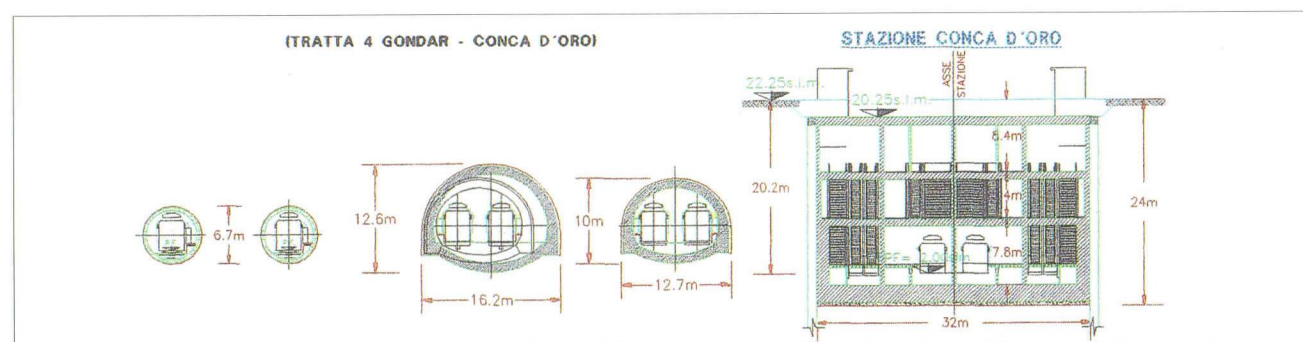
Strutturalmente, la stazione Nomentana è realizzata con il sistema della volta ad arco cellulare, dello stesso tipo già applicato per la stazione Porta Venezia del Passante di Milano, mentre le stazioni Annibaliano e Gondar prevedono l'applicazione del sistema della "volta attiva", come nella stazione Baldo degli Ubaldi sul prolungamento della linea "A" (vedi le pagine precedenti, per entrambi i sistemi).

LA STRUTTURA DELLA STAZIONE NONENTANA

Per la stazione Nomentana, la costruzione di un corpo stazione profondo - scavato a foro cieco a volta unica (nel quale sono contenuti oltre ai binari con la banchi-

▲ In alto, sezioni tipo delle strutture di stazioni e linea da Nomentana a Gondar.

▲ Pianta del piano atrio della stazione Nomentana.



na centrale, tutti i locali di servizio e l'atrio), lasciando in superficie solo le strutture d'accesso - consente di limitare al massimo lo scavo nello strato superficiale, critico per l'impatto sulla mobilità urbana e sulle attività commerciali, per l'archeologia e per la massiccia presenza dei sottoservizi.

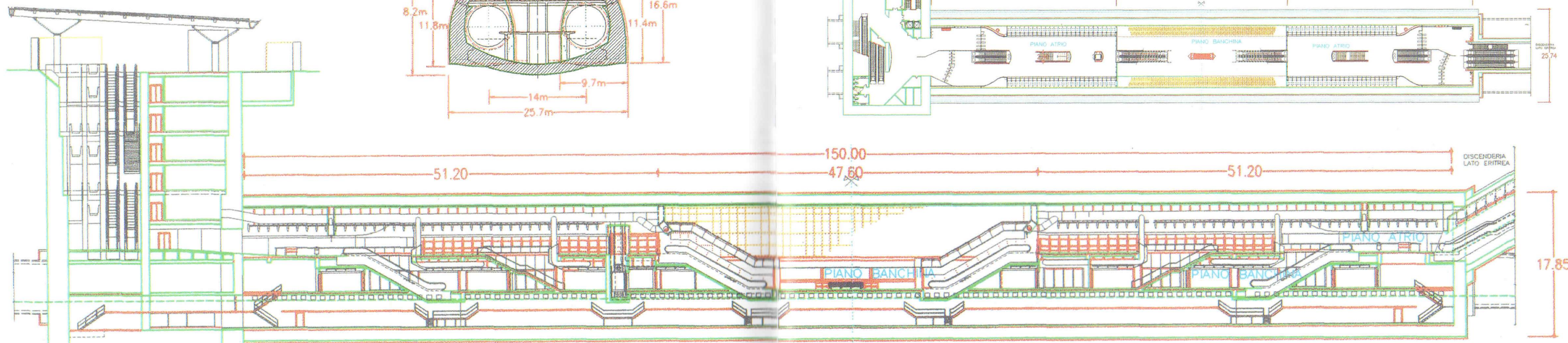
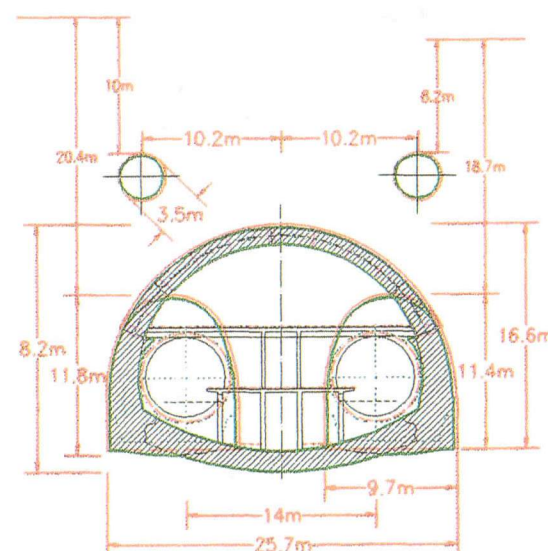
Dal punto di vista strutturale e costruttivo il sistema di volta unica ad arco cellulare, accompagnato dal congelamento dei terreni al contorno dello scavo, rappresenta una delle tipologie più moderne e innovative.

La realizzazione di un'unica cavità con larghezza di circa 26 metri, che un tempo sarebbe stata estremamente rischiosa, risulta oggi possibile grazie allo sviluppo delle tecniche di consolidamento dei terreni e di precontenimento del cavo, che assicurano il minor disturbo possibile del terreno e il miglior controllo dei cedimenti, in area urbana ed entro terreni incoerenti o poco coerenti, anche sotto falda.

Il metodo consiste in una particolare utilizzazione della

tecnica dello spingitubo per la realizzazione di una serie di microtunnel uno a fianco all'altro, lungo il profilo della volta, successivamente collegati da grandi archi in calcestruzzo armato.

Viene così realizzata, prima dello scavo vero e proprio, una struttura di rivestimento composita, assimilabile a un graticcio a sezione semicircolare, in grado di garantire la perfetta canalizzazione degli sforzi al contorno



▲ In alto, sezioni tipo delle strutture di stazioni e linea da Gondar a Conca d'Oro.

▲ Sezione longitudinale e, sopra, sezione trasversale della stazione Annibaliano.

della cavità, provvedendo artificialmente all'effetto arco necessario alla stabilità a breve e a lungo termine della grande galleria.

LE STAZIONI ANNIBALIANO E GONDAR

Le stazioni di Annibaliano e Gondar sono realizzate con il sistema della volta attiva, già applicato a Roma nella stazione di "Baldo degli Ubaldi", che consiste nel porre in opera un arco di conci prefabbricati, nelle immediate vicinanze del fronte di scavo, che immediatamente "attivati" da un martinetto posto nel concio in chiave di volta fermano all'origine eventuali fenomeni di deformazione.

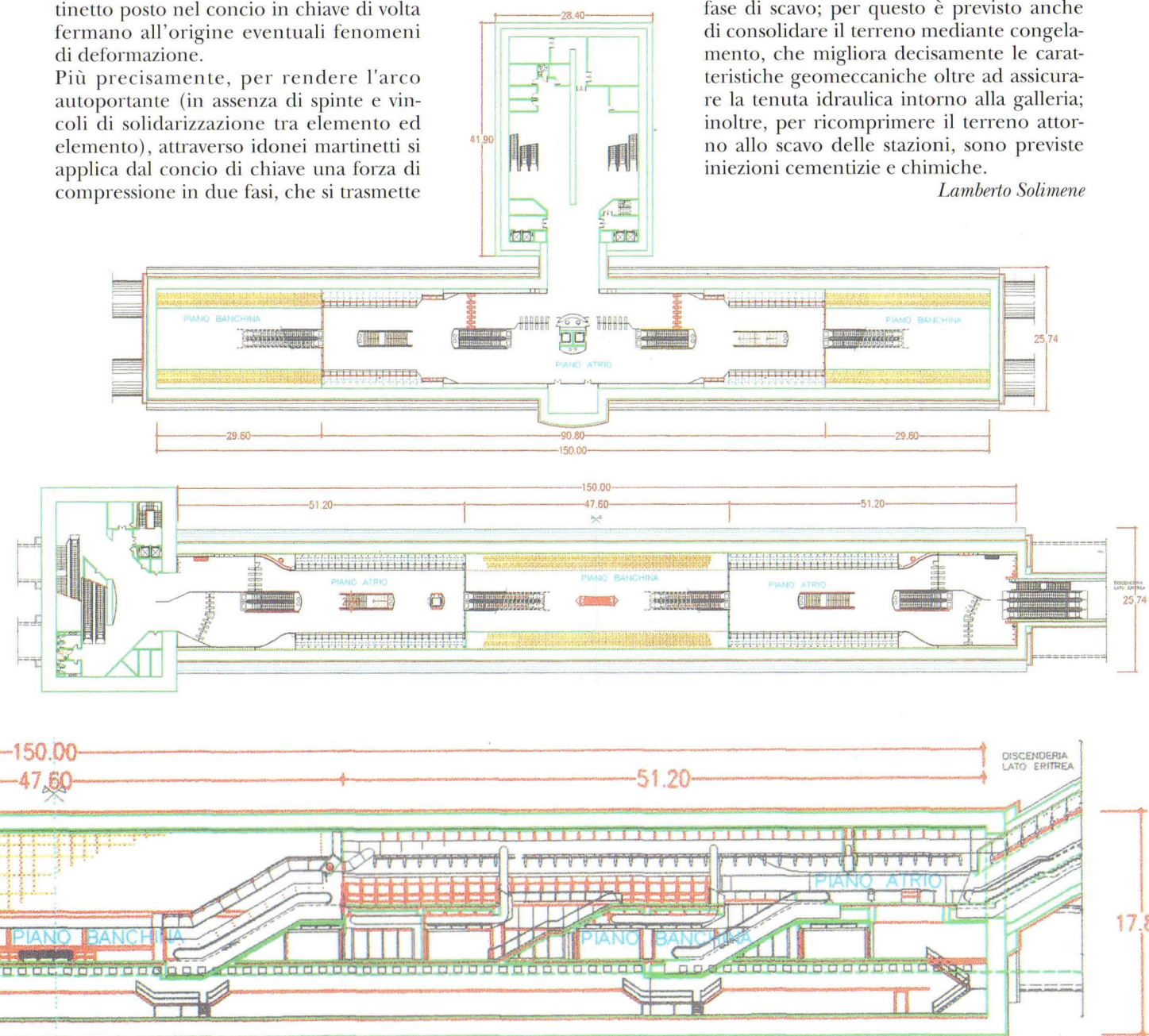
Più precisamente, per rendere l'arco autoportante (in assenza di spinte e vincoli di solidarizzazione tra elemento ed elemento), attraverso idonei martinetti si applica dal concio di chiave una forza di compressione in due fasi, che si trasmette

a tutti i conci della volta.

La possibilità di esercitare una azione di precompressione con il concio di chiave interagendo attivamente con il terreno circostante porta i seguenti benefici: in fase di posa in opera permette una perfetta aderenza fra rivestimento e terreno; con la seconda compressione si ricentrano i carichi e si eliminano eventuali sollecitazioni di trazioni agenti sul rivestimento definitivo.

Contrariamente alla stazione Nomentana, il consolidamento, specie in zona della calotta, risulta fondamentale per la statica della galleria in fase di scavo; per questo è previsto anche di consolidare il terreno mediante congelamento, che migliora decisamente le caratteristiche geomeccaniche oltre ad assicurare la tenuta idraulica intorno alla galleria; inoltre, per ricomprimere il terreno attorno allo scavo delle stazioni, sono previste iniezioni cementizie e chimiche.

Lamberto Solimene



▲ In alto, pianta del piano atrio della stazione Gondar.

▲ Sopra, pianta del piano atrio della stazione Nomentana.