

COMMITTENTE



COMUNE DI PALERMO AREA INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

PROGETTISTA

ATI:



(Capogruppo Mandataria)



DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTE

METROPOLITANA AUTOMATICA LEGGERA DELLA CITTA' DI PALERMO PRIMA LINEA TRATTA FUNZIONALE ORETO/NOTARBARTOLO

PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATI GENERALI RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	NOME FILE
MPA1	PP	GPR	INRT01	2	-	GPR_INRT01_2.doc

							PROGETTISTA
2	SETT. 2006	REVISIONE GENERALE	Di Nicola	Di Nicola	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	
1	AGOSTO 2006	AGGIORNAMENTO DATA DI CONSEGNA E REVISIONE GENERALE	Di Nicola	Di Nicola	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	
0	MAGGIO 2006	EMISSIONE ELABORATI OPERE CIVILI	Marchetti	Di Nicola	Checchi/Di Nicola	Piscitelli	
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

INDICE

.....	Pag.
1 PREMESSA.....	1
2 ANALISI CRITICA DELLO STUDIO DI FATTIBILITA'	3
3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO.....	6
3.1 INTERVENTO DI PROGETTO	6
3.2 IL SISTEMA DI TRASPORTO COLLETTIVO E LA DOMANDA DI MOBILITA'	7
4 INDAGINI E RILIEVI	10
4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI	10
4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
4.2.1 Indagini Sottofase A: tipologia e quantità	13
4.2.1.1 Indagini in sito.....	13
4.2.1.2 Prove geotecniche di laboratorio.....	13
4.2.2 Indagini Sottofase B: tipologia e quantità	13
4.2.2.1 Indagini in sito.....	13
4.2.2.2 Prove geotecniche di laboratorio.....	13
4.2.3 Indagini Fase II: tipologia e quantità.....	13
4.2.3.1 Indagini in sito.....	13
4.2.3.2 Prove geotecniche di laboratorio.....	14
4.3 INDAGINI SUI FABBRICATI	14
4.4 INTERFERENZE CON PP.SS.	16
5 ESPROPRI	17
6 GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA	21
6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DEI TERRENI	21
6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE	25
6.3 CAVITA'	29
7 IDRAULICA.....	33
7.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	33
7.2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL TERRITORIO	33
7.2.1 Elaborazioni statistiche	34
7.2.2 Determinazione delle piogge nette.....	34
7.2.3 Determinazione delle piogge suborarie	35
7.3 PLANIMETRAZIONE DEI BACINI AFFERENTI ALLE STAZIONI METROPOLITANE.....	35
7.4 PORTATE DI PROGETTO	36

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

8	DESCRIZIONE GENERALE DELLA LINEA E DEL TRACCIATO	38
8.1	Considerazioni Generali	38
8.2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	39
9	DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE	42
9.1	Galleria di linea	42
9.2	STAZIONI	43
9.2.1	Criteri generali di progetto	43
9.2.2	Aspetti urbanistici ed architettonici nel progetto delle stazioni	45
9.3	POZZI DI VENTILAZIONE E MANUFATTI SPECIALI	46
9.4	DEPOSITO OFFICINA	48
9.5	PARCHEGGIO DI INTERSCAMBIO	51
10	IMPIANTI DI LINEA E DI STAZIONE NON DI SISTEMA	52
10.1	impianti non connessi al sistema	52
10.1.1	Impianti di ventilazione	53
10.1.2	Impianti idrici-antincendio	54
10.1.3	Impianti elettrici e speciali	54
10.1.4	Scale mobili	55
10.1.5	Ascensori oleodinamici	55
11	MONITORAGGIO	56
12	STUDI DI PREFATTIBILITA' AMBIENTALE	59
13	PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO	61
14	CRONOPROGRAMMA	61
15	ANALISI COSTI-BENEFICI	62
16	SCHEMA DI BANDO TIPO PER AFFIDAMENTO APPALTO	62
17	COMPUTI METRICI E STIMA DELLE OPERE	62
18	QUADRO ECONOMICO	63



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.

Relazione Tecnica

1 PREMESSA

A seguito dell'aggiudicazione della gara di progettazione preliminare della prima tratta della Metropolitana Leggera di Palermo da parte della Direzione Area Infrastrutture e Territorio del Comune di Palermo all'Associazione temporanea costituita da SYSTRA S.A. Succursale Italiana, mandataria, INGEGNERIA Y ECONOMIA DEL TRASPORTE S.A. (INECO), LOMBARDI-REICO INGEGNERIA srl, DOMINIQUE PERRAULT, TECHNITAL S.P.A., veniva sottoscritto dalle Parti il Disciplinare di incarico con rep.n°13 del 5/09/2005.

Detto Disciplinare veniva trasmesso alla mandataria Systra dalla suddetta Direzione con nota prot.n.4387 del 26/09/05.

A decorrere dalla data del 5/09/05 di sottoscrizione del disciplinare iniziavano da parte dell'ATI le attività oggetto di incarico, così come rappresentato nel Cronoprogramma allegato alla Relazione illustrativa delle modalità di svolgimento delle prestazioni, di cui al punto c) dell'Offerta Tecnica.

In particolare veniva avviata l'analisi critica dello studio di fattibilità ed attivate le operazioni preliminari di individuazione di ditte qualificate per l'effettuazione dei sondaggi, delle prove di laboratorio, dei rilievi celerimetrici, delle indagini sui fabbricati, del censimento dei sottoservizi.

Dall'analisi anzidetta emergevano forti criticità dello Studio di Fattibilità (SdF), che peraltro riguardavano non solo la tratta di progetto, ma l'intera linea metropolitana.

In data 24/10/05 l'ATI presentava alla Direzione la **Relazione di Analisi dello Studio di Fattibilità** (consegnate formalmente con nota del 25/10/05 prot. 2005/732), nella quale si evidenziavano appunto le criticità del progetto di riferimento.

Veniva, comunque, predisposto un primo programma di indagine geognostica, che tuttavia non poteva che essere riferito ai tratti non suscettibili di varianti in base allo studio anzidetto (il tracciato rimane immutato planimetricamente rispetto allo SdF per uno sviluppo intorno al 20% dello sviluppo complessivo). Detto programma (1^ fase sottofase A) veniva trasmesso per l'approvazione alla Direzione Area Infrastrutture con nota del 16/11/2005 prot. 2005/809 (unitamente al nominativo della Ditta incaricata delle indagini ed alla richiesta della documentazione da produrre per l'affidamento in subappalto).

Con nota del 15/12/05 prot. n. 5761 la Direzione approvava il programma di indagine geognostica di prima fase.

Con nota del 19/12/05 prot. n. 2791 il Settore Mobilità e traffico della Città di Palermo richiedeva all'Authority per il coordinamento dei programmi di intervento nelle sedi viarie urbane di provvedere agli adempimenti di competenza in merito alla richiesta di autorizzazione all'esecuzione dei sondaggi.

Intanto, con nota del 7/12/05 prot. 2005/874 l'ATI trasmetteva la **Proposta alternativa di tracciato**, già consegnata nella riunione tenutasi presso la Direzione in data 23/11/05 ed aggiornata in seguito all'individuazione da parte della medesima Direzione di una nuova area per l'ubicazione del deposito.

Facendo seguito alla nota Systra del 26/01/06 prot.2006/86 di richiesta di proroga dei tempi contrattuali, la Direzione Area Infrastrutture e Territorio autorizzava con nota del 17/02/06 prot.839 una proroga di 110 giorni, dovuta alla necessità di revisione critica del tracciato individuato nello Studio di fattibilità, fissando la nuova data di ultimazione dei lavori al 26/05/06.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Con detta nota veniva richiesto all'ATI di indicare la soluzione di tracciato più vantaggiosa tra le proposte elaborate nello studio anzidetto "Proposta alternativa di tracciato".

A riscontro di detta richiesta, Systra trasmetteva con nota del 27/02/06 prot.206/192 uno Studio comparativo tra la soluzione a galleria unica a due vie (soluzione 1 A) e la soluzione a due gallerie a via unica (soluzione 1 B), già illustrato nella riunione tenutasi in data 24/02/06, rappresentando la convenienza, sulla base di valutazioni tecniche ed economiche, di quest'ultima soluzione.

Nella stessa data del 27/02/06 con nota prot.2006/190 veniva sottoposto alla Direzione Area Infrastrutture e Territorio, nelle more delle determinazioni da parte della medesima Direzione in merito al tracciato, il programma di indagine geognostica di 1^ fase sottofase B e di 2^ fase, relativo al tracciato 1B.

Con nota del 16/03/06 prot.1312 la suddetta Direzione esprimeva parere favorevole per il tracciato 1B, invitando l'ATI a procedere nella redazione del progetto preliminare.

Con nota del 31/03/06 prot.1602 veniva autorizzato dalla Direzione il programma di indagine pur richiedendo un incontro per definire più puntualmente le indagini e le prove da effettuare.

Facendo seguito all'incontro tenutosi in data 4/04/06, veniva trasmesso con nota del 12/04/06 prot.2006/316 un aggiornamento del programma di indagine.

Con Ordinanza n° 631 del 3/05/06, acquisita dall'ATI per le vie brevi nel corso della riunione del 8/05/06, il Dirigente del Settore Mobilità e Traffico disponeva l'accessibilità ai luoghi per l'esecuzione dei sondaggi.

Nell'ultimo incontro del 17/05/06, tenutosi per risolvere congiuntamente con la Direzione e RFI le problematiche connesse all'interferenza dell'anello ferroviario con la linea metropolitana in corrispondenza della stazione Politeama, è emersa la necessità di una revisione della configurazione della stazione, in termini di unificazione dell'atrio a servizio comune.

Con nota del 19/05/06 veniva presentata dall'ATI un'offerta per la redazione degli impianti di sistema e non, in parte compensata dall'economia conseguibile con una riduzione dei sondaggi previsti in sede di gara.

In data 22/05/06 l'ATI presentava una seconda richiesta di proroga, conseguente in particolare ai ritardi occorsi nell'attivazione della seconda fase di indagine geognostica ed alle modifiche richieste per l'interferenza dell'anello ferroviario con la linea metropolitana in corrispondenza della Stazione Politeama.

Pertanto, si conveniva sull'opportunità di presentare entro la data del 26/05/06, stabilita con la concessione della 1^ proroga, il progetto preliminare relativamente a quegli aspetti non suscettibili di modifiche per effetto delle indagini e delle interferenze.

Il progetto denominato 1° stralcio veniva trasmesso con nota del 24/05/06 prot.n.2006/465 e riconsegnato con integrazioni con nota del 31/05/06 prot.n.2006/495 a seguito del rigetto del progetto da parte della Direzione Area Infrastrutture del Comune di Palermo per la mancanza di alcuni elaborati.

In data 4/07/06 prot.n.315364 la suddetta Direzione invitava l'ATI a procedere alla progettazione anche degli impianti civili, rimanendo indeterminato l'affidamento degli impianti di sistema. Peraltro nella medesima si stabiliva di prorogare il tempo di consegna delle opere civili al 28 agosto c.a., mentre, qualora l'incarico fosse stato esteso agli impianti di sistema e del materiale rotabile, la nuova data di consegna veniva fissata al 18 settembre.

Con nota del 25/08/06 prot.n.2006/744 l'ATI trasmetteva il progetto preliminare delle Opere

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

civili e degli impianti civili, a meno di alcuni elaborati connessi agli impianti di sistema e al materiale rotabile.

Con successiva nota del 11/10/06 prot.n.2006/877 l'ATI sollecitava la Direzione ad un pronunciamento riguardo al Sistema, al fine di chiudere la Progettazione Preliminare dell'intera opera.

Con nota del 15/11/06 prot.n.2006/965 l'ATI lamentava un allungamento dei tempi nello svolgimento dell'attività contrattuale e proponeva una revisione dei termini relativamente alle modalità di pagamento ovvero un acceleramento delle procedure di approvazione.

Con nota del 7/12/06 prot.n.2006/1036 l'ATI, lamentando il perdurare della mancata autorizzazione alla trasmissione del Progetto Preliminare, trasmetteva la documentazione relativa alle indagini geognostiche e agli studi geologici e geotecnica, al fine di consentire l'esame del progetto per le parti non connesse agli impianti di sistema.

Il progetto preliminare si completa con le integrazioni di gennaio 2007, che fanno seguito alle determinazioni della Direzione, espresse con nota prot.n.42130 del 19/01/07, di non estendere il progetto agli impianti di sistema e al materiale rotabile.

2 ANALISI CRITICA DELLO STUDIO DI FATTIBILITA'

Come riportato nel capitolo precedente, l'ATI ha presentato una serie di studi propedeutici alla progettazione preliminare, di cui fanno parte integrante, necessari per individuare le problematiche dello SdF, verificarne il tracciato ed attivare le indagini ed i rilievi.

Nella **Relazione di Analisi dello Studio di Fattibilità** del 25/10/05 sono state individuate diverse criticità, di seguito sinteticamente riportate:

scarso ricoprimento di terreno al di sopra delle strutture della galleria di linea anche in relazione al sottoattraversamento degli edifici;

sottoattraversamento del fiume Oreto in corrispondenza del ponte di scavalco del fiume stesso lungo la via omonima;

sottoattraversamento delle linee urbane FS esistenti;

pendenze altimetriche eccessive in relazione alla movimentazione dei convogli in salita;

pendenze altimetriche ridotte in relazione allo smaltimento dell'acqua di linea;

critica ubicazione di alcune stazioni, con le relative emergenze superficiali, in particolare Svincolo Oreto, Oreto Nord, Borsa, Massimo;

raggi di curvatura planimetrici troppo piccoli che non consentono l'adozione di Scudi meccanizzati per la realizzazione delle gallerie;

intersezione a raso delle vie dei convogli provenienti da direzioni opposte in corrispondenza delle biforcazioni di linea;

numero eccessivo delle diramazioni di linea;

presenza di più aree di deposito, sia lungo la linea sia all'estremità della stessa;

indeterminazione sullo schema di esercizio della linea;

variabilità dei sistemi automatici di trasporto urbano.

Riguardo a quest'ultimo aspetto, sono state esaminate le caratteristiche di 4 sistemi di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

trasporto di produzione ormai consolidata: Ansaldo, VAL, Alstom e Bombardier.

Ognuno di detti sistemi implica differenti caratteristiche e capacità dei treni e, di conseguenza, differenti dimensioni dei manufatti di linea e delle stazioni.

Per quanto attiene lo schema di esercizio della linea, si è assunto quale schema più probabile e più realistico quello indicato nella relazione dell'Analisi dello Studio di Fattibilità come schema E3.

In tale schema si ipotizza la frequenza dei treni ogni 90 sec nel tratto Svincolo Oreto/Archimede, ogni 180sec nei due tratti Archimede/Notarbartolo/Strasburgo/Aldisio e Gentili/Stadio/DeGasperi/Aldisio, e nuovamente ogni 90sec nel tratto Aldisio/Mondello. Ciò comporta l'adozione di due soli manufatti di bivio in linea, ovvero uno dopo la stazione Archimede, l'altro prima della stazione Aldisio.

Riguardo alle aree di deposito, non sono state considerate quelle intermedie, indicate nello Studio di Fattibilità, mentre si è ipotizzata un'unica area di deposito all'origine della linea in corrispondenza della stazione Svincolo Oreto.

In particolare si è fatto riferimento alla nuova area di deposito D2, individuata dal Comune di Palermo, ubicata oltre la tangenziale e che contempla un aumento della superficie rispetto a quanto indicato dallo Studio di Fattibilità.

Con la **Proposta alternativa di tracciato** del 7/12/05 si è proceduto, sulla base dell'analisi critica dello SdF, all'individuazione di due tracciati progettuali: il primo che prevede una **galleria unica per entrambe le vie**, di diametro evidentemente più grande, e quindi che comporta un maggior approfondimento della linea, ed il secondo relativo a **due gallerie a via unica**, e quindi di diametro più contenuto, per il quale è richiesto un approfondimento della linea necessariamente meno consistente del primo.

Sulla base delle criticità sopraelencate sono state individuati due soluzioni per i tracciati che evitano sia il sottoattraversamento del fiume Oreto al di sotto del ponte e la collocazione della stazione Oreto Nord lungo la via Oreto e che prevedono la collocazione della stazione Borsa in corrispondenza di Piazza della Borsa, in posizione parallela alla Via Roma.

Tali tracciati planimetrici sono stati individuati come:

tracciato 1: direttrice Via Oreto/Via Campisi/Via Perez/attraversamento Via Oreto, Via Boccone/Piazza Giulio Cesare/Piazza Borsa/Piazza Verdi/Piazza Politeama/Viale della Libertà/Mondello;

tracciato 2: direttrice Via Oreto/attraversamento Via Buonriposo, Via La Colla, Via Decollati, Via Boccone/Piazza Giulio Cesare/Piazza Borsa/Largo Spinuzza/Piazza Politeama/Viale della Libertà/Mondello.

Per ognuno dei due tracciati planimetrici 1 e 2, definiti come sopra, sono stati individuati due tracciati altimetrici:

1/A e 2/A: galleria singola a due vie

1/B e 2/B: due gallerie a via unica.

I due tracciati altimetrici si differenziano per ciò che riguarda il ricoprimento di terreno al di sopra delle gallerie di linea.

Con lo **Studio Comparativo** del 27/02/06, richiesto dall'Amministrazione, si sono valutate migliori le soluzioni di tracciato classificate con i codici 1A e 1B, rispettivamente associate:

1A alla galleria unica a due vie (galleria di grande diametro)

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

1B a due gallerie a via unica (gallerie di piccolo diametro).

E' in relazione alle due tipologie di gallerie (unica grande o due piccole) ed al tracciato di tipo 1 che sono state studiate e confrontate le tipologie delle stazioni della prima tratta funzionale.

In particolare si è fatto riferimento all'individuazione degli schemi funzionali per le stazioni con sistema VAL e per quelle con sistema ANSALDO, che rispettivamente adottano treni con ingombri minimi e massimi.

Quindi per ognuna delle due tipologie di sezioni di galleria e per ognuno dei due sistemi (VAL e ANSALDO) sono stati studiati gli schemi funzionali delle stazioni:

per il caso di stazione a banchine laterale, relativa all'adozione di un tracciato con un'unica galleria di grande diametro per il passaggio di entrambe le vie di corsa dei treni (tracciato 1A),

per il caso di stazione a banchina centrale, relativa all'adozione di un tracciato con due gallerie di piccolo diametro, dedicata ciascuna al passaggio di un'unica via di corsa (tracciato 1B).

Dall'insieme delle valutazioni geologiche, funzionali e di consistenza si è ricavato che l'adozione della **stazione a banchina centrale (tracciato 1B)** rispetto a quella banchine laterali (tracciato 1A) presenta maggiori vantaggi in ordine a:

Esecuzione degli scavi in presenza di battenti d'acqua significativamente minori (circa 6m in meno di battente)

Realizzazione delle banchine a quota meno profonda di circa 5m con sensibile risparmio sui costi degli impianti di scale mobili ed ascensori e con risparmio dei tempi per l'utenza in relazione alla discesa e salita tra il piano strada ed il piano banchina.

Realizzazione di volumi minori per la stazione con conseguente riduzione dell'entità degli impianti non di sistema

Riduzione dei volumi di scavo (-10% circa)

Riduzione dei volumi di stazione(-10% circa)

Riduzione delle paratie (-25% circa)

Riduzione del volume di terreno trattato per la realizzazione del tampone di fondo (-25% circa)

Analogamente, si è valutato che l'adozione di **una sezione a due gallerie di piccolo diametro ad una via (tracciato 1B)** in luogo di quella di una galleria di grande diametro per le due vie (tracciato 1A) presenta i seguenti vantaggi significativi:

realizzazione di gallerie con la sezione che interessa sempre un solo strato di terreno e con un minore battente d'acqua,

possibilità di adottare un profilo più superficiale,

limitazione dei cedimenti in superficie dovuti allo scavo,

riduzione dei consolidamenti,

realizzazione di manufatti di bivio di dimensioni significativamente minori e quindi meno impattanti in superficie ed economicamente molto meno impegnativi,

la consistenza della sezione a due gallerie, in termini di volumi scavati e di volumi necessari per il cls del rivestimento) è praticamente la stessa di quella a galleria unica a due vie e quindi, da questo punto, di uguale costo mentre c'è una maggiore incidenza dei costi

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

d'investimento per le macchine.

In relazione alla modalità esecutiva dello scavo, rispetto alla galleria scavata in tradizionale la galleria scavata con scudo meccanizzato è stata indicata da preferire in quanto:

si riscontrano velocità di avanzamento molto maggiori (da 5 a 10 volte quella di uno scavo in tradizionale),

comporta una riduzione dei valori dei cedimenti dovuti al minor disturbo del terreno,

evita la necessità di avere molti cantieri di attacco lungo la linea e quindi in ambito cittadino limita l'effetto negativo della circolazione dei mezzi pesanti di cantiere sulla viabilità urbana,

si realizza una sezione circolare che è staticamente più efficace con un rivestimento costituito da conci prefabbricati e quindi più controllati dal punto di vista dell'esecuzione.

In data 16/03/06 l'Amministrazione, come riportato in premessa, approvava il tracciato anzidetto.

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'INTERVENTO

3.1 INTERVENTO DI PROGETTO

L'approfondimento degli studi progettuali, con particolare riguardo alle problematiche delle opere civili che condizionano l'esercizio della linea (ad es. scelta tra galleria singola a doppio binario e due gallerie a binario singolo per le quali si rimanda agli appositi fascicoli già consegnati) ha portato ad aggiornare lo schema delle fasi attuative rispetto allo studio di fattibilità secondo i seguenti indirizzi:

Ubicazione di un unico complesso Deposito/Officina nei pressi dello svincolo di Via Oreto di Viale della Regione Siciliana, oltre la circonvallazione, e in prossimità della prima stazione, Svincolo Oreto.

Identificazione di un modello di esercizio, compatibile con la necessità dei sistemi di automazione integrale "leggeri" di fornire elevate prestazioni in termini di frequenza con manufatti di diramazione senza intersezioni a raso dei binari (salti di montone).

Identificazioni di tratte funzionali che siano compatibili con le disponibilità finanziarie prevedibili dal Committente e con la possibilità di eseguire le future estensioni senza particolari soggezioni tecniche in termini di costruzione e di esercizio.

In particolare il modello di esercizio individuato prevede, tramite la costruzione di due manufatti di bivio, un servizio con diramazione nella tratta centrale tra le stazioni Archimede e Strasburgo con i seguenti itinerari di andata e ritorno:

Svincolo Oreto – Archimede – Notarbartolo – Sciuti – Strasburgo – ZEN/Tommaso Natale;

Svincolo Oreto – Archimede – D'Annunzio – Lazio – De Gasperi – Strasburgo – ZEN/Tommaso Natale.

La frequenza sarà pertanto massima nelle tratte in comune (Svincolo Oreto – Archimede da un lato e Strasburgo – Tommaso Natale/ZEN dall'altro) e dimezzata nelle due tratte che costituiscono l'anello di distribuzione del traffico.

In accordo con questa ipotesi gestionale e di esercizio sono state individuate le seguenti tratte funzionali:

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Tratta funzionale 1: prima fase attuativa Svincolo Oreto – Notarbartolo di 6,5 km circa, con Deposito/Officina con una frequenza massima di esercizio pari a 3 minuti;

Tratta funzionale 2: seconda fase attuativa (corrispondente alla fase C dello studio di fattibilità) con estensione del ramo “superiore” dell’anello fino al quartiere ZEN e il contemporaneo completamento dell’anello in centro città tramite la costruzione del ramo Gentili – De Gasperi – Strasburgo per una lunghezza di ognuno dei due rami di circa 12 km, con frequenza massima di esercizio pari a 90” nella tratta comune e 180” nella parte centrale ad anello.

Tratta funzionale 3: eventuale estensione di altri 4 km fino a Mondello per una lunghezza totale di circa 16km (sia percorrendo il ramo Notarbartolo – Strasburgo che il ramo Lazio – De Gasperi) con un esercizio alla massima frequenza fino a Zen (capolinea intermedio), ridotta poi di metà con corse barrate fino a Mondello.

Dall’analisi dei dati di traffico, si evince che le capacità di vari sistemi automatici leggeri (Siemens, Ansaldo, Alstom, Bombardier, ecc.) hanno tutti, per le frequenze ipotizzate, la capacità sufficiente a soddisfare la domanda di trasporto sia a lungo termine con la frequenza massima di 90” sia nella prima fase funzionale con frequenza ridotta.

3.2 IL SISTEMA DI TRASPORTO COLLETTIVO E LA DOMANDA DI MOBILITA’

Lo Studio del sistema di trasporto collettivo per la città di Palermo, finalizzato a verificare l’efficacia del progetto di metropolitana leggera, fa riferimento al complessivo disegno di ristrutturazione e sviluppo della rete di trasporto pubblico caratterizzato dai seguenti elementi funzionali:

- l’insieme dei percorsi effettuati dalle autolinee urbane AMAT (trasporto pubblico su gomma);
- le tre nuove linee tranviarie:
 - ⇒ Roccella – Stazione Centrale;
 - ⇒ Borgo Nuovo – Stazione Notarbartolo;
 - ⇒ CEP – Calatafimi;
- il sistema della metropolitana di superficie costituita dal raddoppio del passante ferroviario e la chiusura dell’anello ferroviario.

Lo Studio ha seguito la metodologia adottata per la redazione del PGTU del 1996, e delle successive elaborazioni di aggiornamento del 1999 relativamente all’analisi del trasporto privato.

Si è pertanto provveduto a sviluppare il modello a 4 stadi aggiornando all’anno 2006 l’implementazione del modello di generazione, di distribuzione di scelta modale e di scelta del percorso.

A partire dalle matrici di ripartizione modale degli spostamenti effettuati nella fascia oraria di punta del mattino (8.00-9.00) riferite alla situazione attuale – anno 2006, sono state condotte le valutazioni previsionali che hanno portato alle simulazioni della rete del trasporto collettivo nello scenario previsto di entrata in servizio della linea metro / tram.

Per poter rappresentare la domanda attraverso le matrici O/D, il territorio comunale di Palermo è stato suddiviso in zone di traffico in cui si assume vengano generati e attratti gli spostamenti che interessano il sistema.

Le zone di traffico considerate sono analoghe a quelle definite in sede di redazione del PGTU 1996, individuate aggregando le particelle statistiche elementari delle sezioni censuarie; i confini delle zone sono stati definiti tenendo conto della densità insediativa, della omogeneità d'uso delle aree (commerciali, residenziali, di servizi) e delle connessioni alla rete stradale.

Parimenti sono stati rappresentati schematicamente con dei centroidi (esterni) i punti di confine posti lungo le strade di collegamento tra Palermo e l'area esterna.



Figura 1: Rete del trasporto collettivo - simulazione ore 8:00 - 9:00

La domanda di mobilità che interessa il Comune di Palermo è stata schematizzata in:

domanda interna, quando origine e destinazione del generico spostamento sono interne a Palermo (I-I);

domanda di scambio con l'esterno, in ingresso se l'origine è esterna e la destinazione interna (E-I), in uscita nel caso opposto (I-E);

domanda di attraversamento quando sia l'origine che la destinazione sono esterne al Comune di Palermo (E-E).

Tale rappresentazione della domanda è congruente con la struttura della matrice Origine – Destinazione si compone di $216 \times 216 = 46.656$ elementi ed è riferita alle 200 zone di traffico interne cui sono da aggiungere i 16 centroidi esterni.

La stima degli elementi di questa matrice è stata sviluppata aggiornando i dati disponibili attraverso una campagna di indagini finalizzata a definire, nei suoi elementi qualitativi e quantitativi, il sistema della domanda di mobilità di Palermo nello stato attuale 2006.

Il modello di domanda utilizzato per la simulazione della mobilità di trasporto nella città di Palermo è un modello ad "aliquote parziali", un modello, cioè, che fornisce il flusso di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

domanda come prodotto del numero di spostamenti attratti / generati per motivazione, nel periodo considerato e per modo sui diversi percorsi

Il sistema di modelli di aliquote parziali consente la stima della matrice origine –destinazione degli spostamenti interni all'area di studio per *motivo* e *modo* nelle due fasce orarie di riferimento (fasce orarie di punta); la calibrazione dei modelli, è stata eseguita utilizzando i parametri ottenuti dalle indagini su un opportuno campione (circa 2500 utenti) della popolazione residente nell'area di studio.

La schematizzazione dell'offerta di trasporto è stata quindi aggiornata recependo sia l'attuale articolazione dell'offerta di trasporto collettivo sia quella del trasporto privato.

Infine sulla base della nuova offerta di trasporto pubblico definita dal progetto della metropolitana leggera si è provveduto ad implementare un nuovo modello di scelta del percorso sia per la rete di trasporto collettivo sia per la rete di trasporto privato nello scenario riferito all'anno 2006 (ipotesi zero) e allo scenario a regime (anno 2026).

La simulazione relativa alla rete di trasporto collettivo sulla tratta funzionale in oggetto nello scenario 2006 porta a carichi di circa 5.500 passeggeri nell'ora di punta 8.00-9.00 nella tratta Borsa-Massimo nella direzione Oreto-Notarbartolo.

Nello scenario 2026 i carichi arrivano a circa 6.400 passeggeri nell'ora di punta 8.00-9.00 sempre nella tratta Borsa-Massimo nella direzione Oreto-Notarbartolo.

Nello SdF non era prevista la tratta Svincolo Oreto-Notarbartolo per cui non è immediato un confronto. Peraltro, se si fa riferimento allo stralcio G.Cesare-De Gasperi, comunque di lunghezza di circa 8 km e quindi superiore ai 6,5 km della tratta di progetto, si rileva un incremento di circa il 15% nello scenario basso (nessuna iniziativa politica a sostegno del trasporto pubblico), che presenta un carico di circa 4.800 passeggeri nell'ora di punta per direzione. Nello scenario alto (iniziative di scoraggiamento all'uso del mezzo privato) si arriva a oltre 6.300 passeggeri, corrispondente al carico di progetto all'anno 2026.

Per la fase funzionale denominata "D" nello SdF, corrispondente all'intera linea metropolitana, nello scenario basso si ha un carico di circa 5.500 passeggeri nell'ora di punta per direzione nella tratta Archimede-Gentili, che arriva ad oltre 7.000 passeggeri nello scenario alto.

Pertanto, essendo sostanzialmente confermati i valori derivanti dallo SdF, è ragionevolmente ipotizzabile che il numero di viaggiatori annui sulla metropolitana sarà dell'ordine dei 110-120 milioni.

I carichi massimi, ovvero la domanda di trasporto massima nell'intertratta più caricata, risultano in tutte le situazioni compatibili con le capacità dei sistemi individuati, non inferiori a 8.500 pax/h per direzione già con frequenze dei treni di 180 sec.

Dallo studio condotto si evidenzia come la realizzazione del tratto funzionale di progetto della metropolitana leggera automatica della Città di Palermo introduce nel sistema di trasporto pubblico una evidente nuova ripartizione modale, a favore del trasporto collettivo.

La mobilità pubblica, infatti, **aumenta del 6%, dal 21% al 27%**, ciò che costituisce un risultato importante e credibile, in considerazione degli altri indicatori di mobilità.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

La maggior propensione all'utilizzo del trasporto collettivo determina infatti una riduzione del carico veicolare sulla rete viaria urbana.

Con la diminuzione di carico veicolare sulla Rete, e quindi dei fattori di congestione, aumentano di conseguenza le velocità di percorrenza, ciò che –senza opportuni e appropriati “provvedimenti amministrativi”– determinerebbe una nuova propensione all'uso del mezzo privato.

Nella calibrazione del modello di ripartizione modale si è tenuto conto di tale problematica introducendo “fattori di costo” (aumento della tariffazione della sosta e della difficoltà di parcheggio) tali da contenere il fenomeno; tuttavia solo l'intervento di una esplicita “politica della circolazione e dei trasporti”, connessa a una “politica urbanistica” che definisca le linee di una strategia dell'uso del suolo urbano, sarà possibile ottimizzare i benefici dell'offerta di mobilità assicurata dalla metropolitana leggera.

4 INDAGINI E RILIEVI

4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

La cartografia adottata in scala 1:2000 è stata realizzata acquisendo i dati a disposizione della Banca Dati dalla S.A.S. s.r.l. e derivano da una apposita ripresa aerea eseguita con pellicola a colori nel novembre 2003. I fogli di mappa sono in formato dwg tridimensionale.

Al fine di addivenire ad un rilievo topografico di dettaglio sono state inoltre previste le seguenti attività:

Per il conseguimento di tutte le informazioni di tipo topografico si sono eseguite attività di inquadramento topocartografico realizzate tramite un raffittimento della rete IGM95, determinando una serie di vertici di raffittimento con interdistanza mediamente pari a 2,5 km.

Le caratteristiche metodologiche seguite sono conformi alle norme vigenti ed in particolare alle recenti prescrizioni imposte dalla Conferenza Stato Regioni nell'ambito dei processi di formazione di Data Base topografici.

Sulla base dei riscontri effettuati i vertici presentano una precisione media di 2-3 cm nelle tre coordinate.

La metodologia di rilievo seguita è quella GPS integrata da operazioni di livellazione geometrica di precisione su tutti i vertici posti in prossimità della linea di livellazione del 1° ordine dell'IGM che attraversa la città di Villabate a Capaci.

Per la parte altimetrica, il calcolo eseguito tramite software VERTO2 dell'IGM, è stato ulteriormente raffinato inserendo le variazioni di quota ortometrica determinate con le livellazioni eseguite.

a) ***Rete di inquadramento e raffittimento planimetrico collegata e vincolata ai trigonometrici IGM95.*** Dopo aver condotto i necessari sopralluoghi è stata predisposta la localizzazione dei vertici prevedendo che, per la maggior parte, essi fossero posizionati in maniera da conservarsi anche dopo l'apertura dei cantieri, per consentire un eventuale ripristino dei caposaldi, che per una qualunque ragione dovessero essere demoliti o danneggiati.

b) ***Esecuzione di una poligonale di precisione materializzata sul terreno e collegata***

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

alla rete di inquadramento. E' stata prevista una serie di vertici, materializzati lungo linea, posti ad una distanza media di 350 metri circa e tali da poter essere utilizzati sia con GPS che con stazioni totali; è stata pertanto garantita la intervisibilità tra un vertice con il precedente ed il successivo.

Il percorso di poligonale è stato effettuato lungo la linea di progetto e su percorsi appositamente studiati per i collegamenti ai vertici della rete di inquadramento.

La materializzazione è stata effettuata con un centrino metallico a testa sferica per consentire, oltre alla esecuzione delle misure con il metodo del centramento forzato, anche il posizionamento della stadia per le operazioni di livellazione.

c) **Esecuzione di livellazione di precisione collegata ai C.S. della rete nazionale IGM e materializzazione sul terreno.** La livellazione quoterà tutti i vertici della poligonale di precisione e tutti i vertici dai quali sono stati eseguiti i rilievi di dettaglio.

L'attività è stata condotta con l'impiego di livelli digitali e coppia di stadie invar, lungo i percorsi di poligonale, prevedendo dei collegamenti ai caposaldi di livellazione della linea eseguita dall'IGM.

d) Rilievo topografico di dettaglio per celerimensura per restituzione in scala 1:200.

Il rilievo ha mirato all'acquisizione delle seguenti informazioni:

- dimensioni dei marciapiedi e dei principali edifici per calibrare la base al 2.000;
- aggiornamento ad oggi di eventuali particolari mancanti;
- inserimento numerazione civica con individuazione dei passi carrai;
- inserimento dei pozzetti per la determinazione delle reti tecnologiche;
- punti di calibrazione plano-altimetrici per rototraslare i singoli rilievi da coordinate locali a coordinate Gauss-Boaga.

Le attività hanno riguardato le stazioni: Oreto Nord, Borsa, Massimo, Archimede, Notarbartolo e Sciuti.

In corrispondenza della stazione Notarbartolo è stata rilevata anche una sezione in asse alla esistente passerella pedonale di attraversamento dei binari.

Nell'area indicata come Deposito Oreto è stata effettuata una integrazione aerofotogrammetrica dei punti quota per ottenere un disegno a scala 1:500.

Sempre in corrispondenza del Deposito Oreto è stato effettuato un rilievo in asse al percorso della rampa di accesso in progetto fino a dove era possibile l'accessibilità.

I rilievi topografici sono stati condotti con una stazione totale motorizzata TRIMBLE 5601 usando il metodo celerimetrici nei giorni: 21 e 24 marzo e 1 e 3 aprile 2006.

Per ogni area oggetto di rilievo sono state materializzate due stazioni di riferimento che potranno essere adoperate per recuperare i rilievi eseguiti nel caso in cui si decidesse di eseguire una poligonale in asse al tracciato completo della metropolitana.

Durante le misure di campagna si è avuto cura di rilevare alcuni punti di sicuro riconoscimento nella base cartografica esistente, in modo da effettuare una rototraslazione rigida del rilievo di campagna per ottenerne le coordinate nel sistema di riferimento della cartografia: Gauss-Boaga.

I punti di stazione non sono pertanto da considerarsi come vertici di una poligonale, ma lo diventeranno se si deciderà di collegarli tra loro con operazioni GPS o altro.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

I riscontri effettuati sui singoli rilievi hanno evidenziato scarti nelle dimensioni inferiori ai 30 cm in planimetria e ai 20 cm in quota dimostrando la bontà del rilievo a scala 1:2.000 precedentemente eseguito.

Per il disegno delle sezioni si sono scelti degli opportuni valori di scala onde limitare la dimensione su carta senza diminuire la leggibilità.

4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In sede di offerta è stato proposto un programma di indagini geognostiche e geotecniche, comprendente il programma minimo posto a base di gara, integrato con alcune indagini mirate all'analisi puntuale delle situazioni di criticità già note ed in funzione dell'opera da realizzare (225 sondaggi).

A seguito della disponibilità e del reperimento da parte dell'ATI di informazioni provenienti da altre campagne di indagine eseguite nelle aree oggetto dell'intervento, si è ritenuto, in accordo con il Committente, di ridurre il numero di sondaggi previsti.

Il piano di indagini, elaborato tenendo conto delle informazioni anzidette, è articolato secondo due distinte fasi:

La **Fase I** prevede di eseguire una campagna di indagini, diffusa lungo tutto il tracciato, comprendente l'esecuzione di n. 51 sondaggi, la messa in opera di piezometri nei fori di sondaggio, il monitoraggio dei livelli piezometrici, l'esecuzione di prove di permeabilità in foro, il prelievo di campioni indisturbati nei fori di sondaggio, l'esecuzione di prove penetrometriche durante le perforazioni, l'esecuzione di prove pressiometriche e dilatometriche in foro, l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati, l'esecuzione di prove sismiche in foro, l'utilizzazione, ove opportuno, della videoispezione durante le perforazioni. Ai fini di garantire una concreta finalizzazione del piano di indagini all'opera da progettare si è proposto di suddividere il medesimo piano (Fase I) in sottofasi, da eseguirsi in tempi successivi, in relazione ai vari stadi di avanzamento della progettazione preliminare, affinché le indagini eseguite fossero realmente mirate alle scelte definitive per quanto riguarda il tracciato dell'opera, l'ubicazione delle stazioni, le modalità di esecuzione dell'opera. In questa ottica, in relazione all'avanzamento della progettazione preliminare, è stato presentato, con riferimento alle specifiche quantità e tipologie di indagini, il piano esecutivo relativo ad una prima Sottofase A (16 sondaggi), comprendente le indagini previste per due tratti di linea metropolitana per i quali, al Novembre 2005, si avevano indicazioni progettuali pressoché definitive, e precisamente, in zona Oreto, Tratto Stazione Svincolo Oreto-Intersezione Linea F.S. Area Urbana, ed in zona Libertà, Tratto Politeama-Gentile. Successivamente è stata prevista ed è stata completata la Sottofase B (35 sondaggi).

La **Fase II** prevede l'esecuzione di indagini per approfondimenti locali e/o affinamenti progettuali; il programma dettagliato di tali indagini è stato pertanto subordinato ai risultati via via ottenuti con le indagini della Fase I ed allo studio di ulteriori dettagli progettuali.

La Fase II è stata avviata alla metà di maggio, contemporaneamente alla Sottofase B, ed è stata completata a fine luglio. Il piano di indagini prevede l'esecuzione di ulteriori 39 sondaggi, per cui il numero complessivo dei sondaggi è pari a 90.

Il piano delle indagini viene di seguito illustrato per quanto riguarda i criteri base che hanno guidato alla sua stesura, identificando la tipologia e le quantità delle indagini proposte.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

4.2.1 Indagini Sottofase A: tipologia e quantità

4.2.1.1 Indagini in sito

Le indagini relative ad una prima sottofase indicata come Sottofase A hanno riguardato le indagini previste per due tratti di linea metropolitana per i quali si avevano, alla data di approvazione del programma, indicazioni pressoché definitive relativamente al tracciato e precisamente in zona Oreto, Tratto Stazione Svincolo Oreto-Intersezione Linea F.S. Area Urbana, ed in zona Libertà, Tratto Politeama-Gentili.

Le indagini della Sottofase A comprendono l'esecuzione di n. 16 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, di lunghezza compresa fra m 25 e 40 per complessivi ml 531,5 di perforazione, il prelievo di C.I., la messa in opera di strumentazione geotecnica, prove in foro e monitoraggio.

4.2.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalle opere, sui campioni rimaneggiati ed indisturbati, prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi meccanici, sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio (Analisi granulometriche, Prove di consolidazione edometrica, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di taglio diretto, Prova triassiale non consolidata – non drenata, Prova triassiale consolidata-drenata, Prove di compressione triassiale su campioni di roccia, Prove di resistenza a carico puntuale, ecc.)

4.2.2 Indagini Sottofase B: tipologia e quantità

4.2.2.1 Indagini in sito

La Sottofase B, a completamento della Fase I, comprende le indagini nei tratti non investigati e sono state eseguite lungo l'intero tratto della linea metropolitana in progetto, al fine di assicurare una sufficiente caratterizzazione generale sotto il profilo geologico, idrogeologico e geotecnico dei terreni presenti.

Esso prevede l'esecuzione di n. 35 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, di lunghezza compresa fra 25 e 45 m, per complessivi 1037,8 m di perforazione, il prelievo di C.I., la messa in opera di strumentazione geotecnica, prove in foro e monitoraggio.

4.2.2.2 Prove geotecniche di laboratorio

Per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalle opere, sui campioni rimaneggiati ed indisturbati, prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi meccanici, sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio (Analisi granulometriche, Prove di consolidazione edometrica, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di taglio diretto, Prova triassiale non consolidata – non drenata, Prova triassiale consolidata-drenata, Prove di compressione triassiale su campioni di roccia, Prove di resistenza a carico puntuale, ecc.).

4.2.3 Indagini Fase II: tipologia e quantità

4.2.3.1 Indagini in sito

Le indagini relative alla Fase II, ad integrazione della Fase I, ha riguardato l'esecuzione di indagini ubicate lungo l'intero tracciato di progetto nei punti ove si è ritenuto opportuno effettuare approfondimenti locali per la presenza di passaggi litologici o di terreni con scadenti

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

caratteristiche (terreni alluvionali del F. Oreto e di colmamento dei paleoalvei), ovvero dettagliare l'andamento del sottosuolo in relazione alle opere previste (stazioni, manufatti di bivio etc.).

Sono stati eseguiti n. 39 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, di lunghezza compresa fra m 20 e 45, per complessivi ml 1147 di perforazione, il prelievo di C.I., la messa in opera di strumentazione geotecnica, prove in foro e monitoraggio.

4.2.3.2 Prove geotecniche di laboratorio

Per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalle opere, sui campioni rimaneggiati ed indisturbati, prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi meccanici, sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio (Analisi granulometriche, Prove di consolidazione edometrica, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera, Prove di taglio diretto, Prova triassiale non consolidata – non drenata, Prova triassiale consolidata-drenata, Prove di compressione triassiale su campioni di roccia, Prove di resistenza a carico puntuale, ecc.)

4.3 INDAGINI SUI FABBRICATI

Nell'ambito della progettazione oggetto dell'incarico è stata svolta una attività di indagine sui fabbricati/opere civili interferenti con la linea in progetto.

L'indagine è finalizzata all'identificazione della tipologia strutturale, del tipo di fondazione e dello stato di consistenza delle strutture; inoltre da tale indagine, svolta per ogni singolo edificio, è stato estrapolato un giudizio preliminare sull'opera che evidenzia la sua vulnerabilità rispetto alle azioni indotte dalla futura costruzione della linea ferroviaria.

Le attività svolte hanno riguardato sopralluoghi lungo l'intera tratta, per il censimento delle opere civili, la ricerca della documentazione esistente e la redazione di apposite schede riassuntive delle indagini e rilevati effettuati.

Lo scopo dell'indagine è consistito nel censire gli edifici più significativi ricadenti nella fascia di influenza delle gallerie in corso di progettazione.

Inizialmente si è proceduto alla preliminare numerazione "sulla carta" di tutti i singoli edifici ricadenti anche solo in parte all'interno della fascia di influenza delimitata dagli assi delle due gallerie, traslati ciascuno di 30 m verso l'esterno. Le unità strutturali così identificate sono risultate 657, suddivise per numerazione in 10 gruppi (A – L), ciascuno definito dal tratto compreso fra due fermate metropolitane consecutive.

Poiché si tratta di un'indagine a supporto del progetto preliminare, il rilievo e la schedatura sono stati limitati agli edifici di interesse storico e/o recettori sensibili ed a quelli più rappresentativi delle situazioni riscontrate, per un totale di 309 unità strutturali.

Per ogni edificio si è individuata l'ubicazione, la tipologia edilizia e costruttiva, il tipo di fondazione, il terreno con cui interagisce, l'eventuale presenza di cavità nonché una valutazione del grado di vulnerabilità dell'edificio.

Prima di dare inizio alla fase di indagine vera e propria, è stato raccolto il materiale disponibile relativo all'area attraversata dalla linea ferroviaria.

E' stata acquisita presso gli Uffici Tecnici del Comune di Palermo la documentazione anche cartografica del Piano Regolatore, al fine di individuare vincoli (ad esempio storici) sugli edifici o modificazioni della destinazione d'uso in programma.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Per ciò che riguarda i terreni di fondazione si è operata una raccolta di stratigrafie di sondaggi eseguiti, per altre opere, in prossimità della zona oggetto di indagini. Tali dati sono stati riportati sulle planimetrie e hanno consentito un inquadramento geologico-geotecnico

Per ogni singolo edificio scelto nell'area di influenza della linea ferroviaria, è stata condotta un'indagine di dettaglio svolta attraverso sopralluoghi e ricerca di documentazione di progetto depositata presso gli uffici competenti, presso studi tecnici di progettisti e costruttori o in possesso di proprietari e amministratori degli edifici.

Le maggiori difficoltà si sono riscontrate nel reperimento delle caratteristiche delle fondazioni. Essendo quasi sempre non direttamente ispezionabili, in mancanza della documentazione di progetto ci si è riferiti alle informazioni verbali riportate dai proprietari e inquilini o ancora sono state dedotte sulla base della tipologia strutturale rilevata in situ e/o per analogia con edifici limitrofi simili, di cui si avevano informazioni di tipo diretto.

I risultati delle indagini per ogni edificio sono riportati in una scheda appositamente progettata.

I sopralluoghi hanno riguardato un totale di **309 edifici** ricadenti nell'area di indagine. Di ciascun edificio si sono rilevati alcuni dati generali come l'ubicazione, i piani fuori terra e interrati, la dimensione massima in pianta dell'edificio, i confini e gli ingressi.

Per i piani interrati, per il piano terra e il primo piano si è fatto un rilievo anche dell'interno, previa richiesta di disponibilità a proprietari e inquilini.

Le osservazioni fatte all'interno e all'esterno e le informazioni acquisite hanno consentito una descrizione strutturale dell'edificio. In particolare si è descritta la tipologia di struttura, il tipo di orizzontamenti, i dissesti in atto e le modificazioni strutturali avvenute.

I rilievi effettuati durante la campagna di indagine hanno evidenziato che gli edifici ubicati nell'area d'influenza della linea metropolitana in esame hanno sistema costruttivo-strutturale appartenente alle seguenti tipologie:

- Strutture in muratura
- Strutture in calcestruzzo armato
- Strutture miste

Durante i sopralluoghi effettuati negli edifici ricadenti all'interno dell'area di indagine si è affrontata l'analisi dei dissesti eventualmente in atto, tentando di individuarne le possibili cause. E' da precisare che tale analisi si è svolta principalmente tramite l'esame dei prospetti esterni dei fabbricati e attraverso osservazioni fatte nei piani cantinati, nei piani terra e nei primi piani degli edifici, previa richiesta di autorizzazione a proprietari ed inquilini ed in loro presenza.

Le osservazioni sullo stato di consistenza della struttura sono state trasformate in valori numerici che permettono di identificare un cosiddetto indice di consistenza della struttura.

Nel corso dell'indagine si è tenuto conto, quale fattore fondamentale ai fini della valutazione della vulnerabilità degli edifici, la presenza o meno di modificazioni apportate alla struttura in tempi successivi alla costruzione

Sulla base delle osservazioni in sito si è assegnato un punteggio ad ogni modificazione, crescente con l'importanza della stessa rispetto alla variazione del funzionamento della struttura, e si definito un indice delle modificazioni strutturali.

Al fine di fornire un ulteriore dato utile alla progettazione si è ritenuto importante, sin da questa fase preliminare di indagine, valutare il parametro vulnerabilità che consente di individuare quantitativamente la capacità degli edifici di resistere alle modifiche dello stato di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

sollecitazione conseguenti ai cedimenti indotti dallo scavo di gallerie.

La vulnerabilità di un edificio rispetto ad una qualunque deformazione del suolo rappresenta la sua maggiore o minore attitudine a sopportare le sollecitazioni indotte dai cedimenti delle fondazioni.

Tale indice di vulnerabilità è stato determinato associando un peso ad alcuni parametri caratteristici dell'edificio, della fondazione e del terreno.

4.4 INTERFERENZE CON PP.SS.

Relativamente ai sottoservizi, la massima attenzione dovrà essere dedicata, in una fase progettuale più avanzata, all'organizzazione e programmazione degli interventi sulle interferenze affinché sia assicurata, nei limiti dell'ottimizzazione dei lavori, la continuità dell'erogazione di servizi all'utenza e, una volta eseguiti i lavori, il ripristino delle condizioni attuali.

Nell'attuale fase è stata operata una accurata indagine per evidenziare tutte le interferenze del tracciato di progetto con la rete dei pubblici servizi; sono pertanto stati individuati i pubblici servizi la cui rete interferisce con il sedime delle stazioni e con l'andamento del tracciato.

In particolare il censimento è stato fatto con riguardo ai seguenti sottoservizi:

- collettori fognari principali;
- rete ITALGAS MP e BP;
- rete ENEL AT, MT e BT;
- illuminazione pubblica;
- rete idrica;
- rete telefonica TELECOM, WIND e FASTWEB.

Il progetto preliminare per lo spostamento dei pubblici servizi prevede un rilievo celerimetrico, con individuazione di tutte le consistenze superficiali (tombini, cabine, pali, ecc.) e di informazioni specifiche sulla profondità e le caratteristiche delle fognature e gallerie pp.ss. esistenti, basate su quanto acquisito presso gli enti.

In accordo con gli Enti Gestori sono stati predisposti i progetti degli spostamenti dei singoli sottoservizi ed individuati i costi.

L'analisi delle interferenze con la rete dei pubblici servizi è suddivisa per fasi; dapprima si è evidenziata la situazione attuale della rete degli impianti nella zona interessata dalle nuove opere della linea metropolitana; quindi sono studiati i possibili spostamenti dei sottoservizi in via provvisoria, ove necessari, ed in ultimo le deviazioni da realizzarsi in via definitiva.

Esiste poi una fase successiva ma non meno importante in cui verranno effettuate tutte le indagini archeologiche necessarie per evitare rischi di ritardo in fase realizzativa.

Vista la notevole complessità nella rete dei sottoservizi e allo scopo di ridurre al minimo ogni possibile incertezza sulla effettiva consistenza e andamento di tracciato, non facilmente rilevabili dall'esame precedente, sarà necessario, in una successiva fase progettuale, una ulteriore campagna di indagini integrative non distruttive realizzate tramite "cerca-servizi" e "georadar".

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

La definizione di tutte le deviazioni (provvisorie e definitive) di cavi e/o tubazioni sarà condotta nel rispetto delle prescrizioni dei vari Enti responsabili e della vigente normativa di legge in materia di sicurezza e di sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici. (D.Lgs. 19/9/94 n. 626, Dir. Min. LL. PP. 3/3/99, norme UNI e CEI, D.M. 24/11/84, D.M. 23/2/71 n. 2445, D.P.R. 16/12/92 n. 495, ecc.).

I criteri, presi a riferimento, nell'analisi delle possibili deviazioni dei pubblici servizi sono stati i seguenti:

- Minima interferenza;
- Difficoltà tecnico-realizzativa;
- Rischio;
- Costo;
- Tempo;
- Disagi agli utenti.

Data la difficoltà e/o l'impossibilità di minimizzare contemporaneamente i predetti criteri, si è optato per quella soluzione che ne rispettasse il maggior numero ovvero che meglio delle altre potesse soddisfare ciascuno di essi.

Sulla base dei dati a disposizione si è risalito alla posizione planimetrica dei pubblici servizi della zona interessata dalle stazioni e dal tracciato; con riferimento agli ingombri delle aree di scavo delle stazioni è stato possibile individuare le principali interferenze con i pubblici servizi esistenti e riassumerle per ogni stazione e per ciascun pozzo di metà tratta nelle tabelle riportate nella "Relazione interferenze con pubblici servizi".

La definizione delle risoluzioni delle interferenze dei vari sottoservizi sono state discusse direttamente con gli enti interessati (Enel distribuzione S.p.A. per la linea elettrica, AMG Energia S.p.A. Palermo per la rete del gas e AMAP S.p.A. per la rete idrica e fognaria) che hanno fornito indicazioni di natura tecnica ed economica per lo spostamento dei sottoservizi interessati dal progetto.

I costi per lo spostamento delle reti Enel, gas, idrica e fognaria sono stati calcolati sulla base di quanto discusso direttamente con gli enti gestori; i costi per lo spostamento delle reti minori (telecom, fastweb, wind ed illuminazione pubblica) sono stati determinati sulla base di costi utilizzati per lavorazioni simili.

In generale per le reti le opere provvisorie di spostamento e gli interventi definitivi sono incombenza e prerogativa specifica degli stessi proprietari e/o gestori, mentre per le reti idriche e fognarie è generalmente l'Appaltatore dei lavori a provvedere a detti interventi.

Nel primo caso si avrà cura, in funzione della programmazione dei lavori sulla linea, di analizzare e concordare modalità e tempi operativi in grado di svincolare le lavorazioni dalle interferenze e di minimizzare gli eventuali disagi all'utenza. Negli altri casi il progetto prevede, anche dal punto di vista della spesa da sostenere, la risoluzione di dette interferenze.

5 ESPROPRI

Al fine di poter dar corso agli atti inerenti la dichiarazione di pubblica utilità e alla successiva acquisizione delle aree, necessarie ed accessorie all'esecuzione di lavori principali, oltre che per valutare gli oneri derivanti dall'espropriazione, dalla imposizione di servitù e per

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

l'occupazione temporanea di cantiere di tali aree, è stato predisposto un piano particellare di esproprio composto dai seguenti documenti:

- relazione esplicativa;
- planimetrie in scala 1:1000, riportanti tutti i mappali interessati dal percorso dell'opera, dalle stazioni, dai cantieri, dal deposito e dai pozzi di ventilazione, dalle aree di lavoro necessarie per la costruzione della stessa ed inoltre sono state indicate le aree attinenti ad edifici sensibili;
- fascicolo elenco ditte con indicati i nominativi catastali, le superfici oggetto di procedimento espropriativi, le indennità di base proposte, per espropri, servitù, occupazioni.

A seguito dello studio del tracciato si è optato per suddividere le aree secondo diverse tipologie.

Nei piani particellari sono stati rappresentati graficamente gli ingombri di massimo intervento e sono state evidenziate con numerazione progressiva, le aree interessate dai diversi tipi di occupazione.

Sono stati computati analiticamente gli importi degli indennizzi previsti per le singole superfici assoggettate, riconducibili genericamente alle seguenti tipologie di occupazione immobiliare:

- **aree soggette ad esproprio** relative alle opere principali;
- **aree soggette a servitù** relative alle gallerie;
- **aree soggette ad occupazione temporanea** per formazione e mantenimento di aree di cantiere ed eventuali opere provvisorie.

Si fa presente che parte di beni interessati sono di proprietà di Enti Pubblici ricadenti nel territorio risultanti inalienabili, se non a seguito di apposito atto di convenzionamento o potenzialmente cedibili ad altro titolo dai soggetti possessori degli stessi.

Per quanto attiene il criterio generale di stima degli indennizzi, occorre premettere che la legislazione in materia è costituita dal D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327 come modificato dal D.Lgs. 27 dicembre 2002 n. 302, successivamente integrato da rettifiche pubblicate in G.U. 28 luglio 2003 n. 173, normativa in ambito applicativo generale.

Sulla base di quanto previsto dalla suddetta normativa si espone quanto segue:

- **per le aree edificabili** (art. 37 D.P.R. del 8/06/2001 n. 327 e succ. mod. ed integr.) il computo dell'indennità di esproprio è stato ottenuto mediando (cioè dividendo per due) il valore venale dell'area edificabile, aumentato del reddito dominicale rivalutato, e riducendo l'importo risultante del 40%;
- **per le aree edificate** (art. 38 D.P.R. del 8/06/2001 n. 327 e succ. mod. ed integr.) il computo dell'indennità di esproprio è stato ottenuto determinando il valore venale dell'area edificata;
- **per le aree agricole e per quelle non classificabili come edificabili** (art. 40 D.P.R. del 8/06/2001 n. 327 e succ. mod. ed integr.) il computo dell'indennità di esproprio è stato commisurato al valore agricolo medio delle colture effettivamente praticate sul fondo, riferito alla regione agraria di appartenenza del comune interessato, valevoli per il 2006.

Le aree soggette ad esproprio sono, quindi, quelle relative alle opere principali e complementari dell'intera realizzazione, necessarie per la realizzazione delle stazioni fuori terra e interrate, dei depositi-officine, dei parcheggi per le stazioni, dei pozzi di ventilazione, per le quali è previsto il passaggio ablativo del diritto di proprietà.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

E' stata prevista l'acquisizione delle seguenti aree:

- aree delimitate dal perimetro esterno delle stazioni, sia fuori terra che interrate. Per queste è stato compreso nel perimetro dell'area soggetta ad esproprio lo spessore dei diaframmi necessari all'esecuzione della stazione stessa, le rampe, le scale e gli ascensori più 4 metri per ogni lato;
- aree relative ai pozzi di ventilazione delimitate dal perimetro esterno degli stessi, comprese vie di fuga e di accesso più 2 metri per ogni lato;
- aree sulle quali sorgerà il deposito.

Le aree soggette a servitù permanenti per gallerie profonde sono quelle in cui la perforazione viene eseguita con scudo TBM più rivestimento con conci prefabbricati, nei casi in cui l'estradosso di galleria è posto a quota inferiore a -10 metri dal livello del suolo.

Si tratta di aree per le quali non è previsto il passaggio ablativo dei diritti di proprietà, ma sulle quali viene comunque posta una limitazione all'esercizio di tale diritto.

In particolare, dopo la realizzazione delle opere, su tali aree non sarà consentito alcun intervento senza il permesso scritto dell'ente gestore e gli interventi non dovranno turbare la statica, l'integrità e la sicurezza delle opere.

In fase di realizzazione, ove necessario, su tali aree dovrà essere consentito l'accesso sia al fine di una migliore e più sicura condotta dei lavori, sia per poter effettuare efficaci controlli qualora i lavori interferiscano staticamente con immobili e proprietà prospicienti e/o sovrastanti, sia per eventuali interventi di consolidamento.

La fascia oggetto di servitù è pari al massimo ingombro delle gallerie, pari a circa 6,00 metri oltre ad una fascia aggiuntiva di 2 metri ad entrambi i lati, per un ingombro totale di circa 10,00 metri.

Nel caso in cui la proiezione a quota "0" del tracciato delle gallerie interessi porzioni di fabbricati, gli stessi sono stati interessati per l'intera superficie edificata e sono stati ricompresi nelle fasce asservite al fine di tutela sia in fase esecutiva che successiva alla realizzazione dell'opera.

Per tali aree può essere prevista una indennità limitata, anche se il secondo comma dell'art. 840 del Codice Civili recita:

"il proprietario del suolo non può opporsi ad attività di terzi che si svolgano a tale profondità nel sottosuolo o a tale altezza nello spazio sovrastante, che egli non abbia interesse ad escluderle".

Le aree soggette ad occupazione temporanea sono previste per gli impianti di cantiere, ed inoltre ove necessarie, sia al fine di una migliore e più sicura condotta dei lavori, sia per poter effettuare efficaci controlli in fase esecutiva qualora i lavori interferiscano staticamente con immobili e proprietà prospicienti e/o sovrastanti.

Tali occupazioni temporanee potranno altresì riguardare scantinati e seminterrati, sia per eventuali iniezioni di consolidamento del terreno, sia per l'installazione di strumentazioni di misura e controllo.

Le aree pubbliche comunali e le aree demaniali dovranno essere oggetto di convenzionamento particolare tra gli enti interessati.

Le previsioni di spesa per gli indennizzi delle suddette aree è da ritenersi al momento indicativa, in quanto potrà variare a seguito di modifiche dei parametri usati per il computo, in conseguenza alla successiva temporalità relativa alla fase di realizzazione dell'intervento.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Per le aree oggetto di espropriazione, la stima delle indennità spettanti è stata valutata in riferimento alle potenzialità legali ed effettive di edificazione, sulla base delle risultanze urbanistiche di previsione del piano regolatore comunale, le quali assegnano alle varie aree interessate le classificazioni individuate negli strumenti urbanistici.

Le occupazioni temporanee sono previste per gli impianti di cantiere e per le opere previsionali provvisorie per permettere una migliore e più sicura condotta dei lavori.

La valutazione dell'indennità per occupazione temporanea, è stata fatta secondo la vigente normativa di riferimento (art. 49-50 del D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327 e succ. mod. ed integr.) applicando il criterio di $\frac{1}{2}$ annuo (ovvero di un dodicesimo dell'indennità annua per ciascun mese o frazione di mese) dell'indennità dovuta per l'espropriazione ai sensi degli artt. 37-38-40 del D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327 e succ. mod. ed integr..

Le indennità di occupazione unitarie sono state computate per una durata media di cinque annualità.

Per la determinazione delle indennità di occupazione di urgenza, preordinata all'espropriazione, si è fatto riferimento ad un periodo di una annualità, tempistica occorrente per adempiere alle attività previste dall'art. 22 bis del D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327.

Per le aree pubbliche di proprietà di enti pubblici, ricadenti nel territorio, verranno stabiliti, se dovuti, dei canoni dagli enti concedenti, che rientreranno nelle intese stabilite nei relativi atti.

Per la valutazione dei manufatti si è proceduto secondo il criterio del valore di ricostruzione, con computo metrico estimativo, ai sensi dell'art. 40 del D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327 e succ. mod. ed integr..

Per la valutazione delle insistenze (frutti pendenti, essenze arboree) si è tenuto conto del reddito prodotto dal valore del bene capitale riferito ai valori agricoli medi.

Per la valutazione di danni indiretti si è tenuto conto di quelle situazioni dove l'occupazione relativa all'esecuzione dell'opera ha gravato il bene immobile di un danno permanente per la perdita o la diminuzione di un diritto (ai sensi dell'art. 44 del D.P.R. del 8 giugno 2001 n. 327 e succ. mod. ed integr.), provvedendo a computare una incidenza di deprezzamento sul valore riferito al bene capitale.

Sono state previste e somme necessarie per le tasse di registro, di trascrizione e voltura, quantificabili in € 500,00 circa a ditta.

Sono state altresì previste le somme necessarie per l'indennizzo della messa a disposizione degli scantinati all'interno degli edifici, per il monitoraggio e/o l'eventuale esecuzione di consolidamenti atti a minimizzare i fenomeni di subsidenza che potranno verificarsi all'atto dello scavo della galleria e/o delle stazioni profonde.

Gli indennizzi preventivati tengono conto dell'indennità per l'effettiva occupazione oltre che degli eventuali danni diretti ed indiretti come ad esempio demolizioni di tramezze, pavimenti od altro, per l'accesso delle macchine operatrici e per l'esecuzione di consolidamenti, traslochi di eventuali oggetti collocati entro i locali di cui è prevista l'occupazione, disagi vari, ecc.

Sono state previste somme per l'indennizzo di eventuali deprezzamenti o disagi a edifici o attività commerciali indotti dalla vicinanza dei cantieri e/o di manufatti permanenti tipo pozzi di ventilazione.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

6 GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA

6.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DEI TERRENI

Il tracciato della linea metropolitana in progetto, I tratta funzionale, attraversa, con una lunghezza di circa Km 6.5, i settori meridionale e centrale dell'area urbana di Palermo, attraversando anche parte del centro storico. Esso ha inizio in prossimità dell'incrocio tra Via Oreto e Viale Regione Siciliana e termina in prossimità della Stazione Ferroviaria Notarbartolo. Lungo il suo percorso la linea sottoattraversa l'alveo del F. Oreto, i paleoalvei ricolmati dei fiumi storici Kemonia e Papireto, nonché numerosi edifici di diversa epoca e tipologia edilizia.

Per la elaborazione dello studio geologico è stata effettuata una raccolta dati preliminare, che si è concretizzata nella acquisizione di oltre 120 stratigrafie di sondaggi meccanici eseguiti in passato nell'area interessata dall'opera per scopi diversi. Sulla base dei dati preliminari è stata eseguita una campagna di indagini mirata, finalizzata alla caratterizzazione litologica dei terreni interessati dall'opera e all'accertamento della profondità cui si localizza la falda idrica. Complessivamente sono stati eseguiti n. 90 sondaggi meccanici a carotaggio continuo ubicati lungo la linea, nei punti in cui persistevano incertezze di ordine litologico-stratigrafico, nelle zone interessate dai manufatti più significativi (stazioni, manufatto di bivio, etc.), nei tratti in cui possono riscontrarsi situazioni di criticità in relazione alle problematiche di scavo e conseguenti effetti indotti sul territorio dalla realizzazione dell'opera.

Sulla base di tali indagini è stato elaborato il profilo geologico a scala 1/2000-1/200 nel quale è rappresentato un modello geologico-strutturale ed idrogeologico del sottosuolo attraversato dall'opera, che, pur nel senso di una schematizzazione, si ritiene attendibile e aderente alla realtà dei luoghi.

Sinteticamente l'assetto geologico lungo il tracciato può descriversi come appresso.

Lungo il tracciato della linea metropolitana si osserva la generale presenza di terreni calcarenitico-sabbiosi pleistocenici a giacitura suborizzontale, costituiti da sequenze in cui si alternano calcareniti giallastre e biancastre CL con grado di cementazione variabile, passanti sia in senso verticale che laterale a sabbie calcarenitiche giallastre SC e più raramente a calcareniti nodulari CN o vacuolari CV. In generale si ha una prevalenza dei terreni calcarenitici con subordinate intercalazioni di livelli sabbiosi; le sabbie calcarenitiche sono prevalenti, invece, nella parte inferiore del deposito calcarenitico-sabbioso. Alle riprese televisive in foro si osserva che la consistenza delle calcareniti è in genere quella di rocce lapidee, mentre con la perforazione, per effetto di un variabile grado di cementazione o di un certo grado di fratturazione, le calcareniti vengono campionate sottoforma di frammenti misti a sabbia.

Verso il basso i terreni della litofacies calcarenitico-sabbiosa passano in concordanza stratigrafica ai terreni della litofacies argilloso-sabbiosa, anch'essa pleistocenica, costituita di sabbie limose grigie fossilifere S e limi sabbiosi LS presenti estesamente nel tratto Via Oreto-P.zza San Domenico e in zona Via Sciuti, oppure presenti in sottili lembi discontinui interposti tra la litofacies calcarenitico-sabbiosa soprastante ed il substrato argilloso-quarzarenitico umidico nel tratto tra P.zza San Domenico e la zona Notarbartolo. La profondità cui si localizzano tali terreni, al di sotto di quelli calcarenitico-sabbiosi, è in genere variabile tra 10 ed oltre 20 m dal piano stradale. Il passaggio verticale tra le due litofacies calcarenitico-sabbiosa e argilloso-sabbiosa è in genere netto o avviene per successive alternanze.

Il substrato al di sotto delle due litofacies pleistoceniche è dato del complesso argilloso-

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
Relazione Tecnica	

quarzarenitico oligo-miocenico pertinente alla Formazione del Flysch Numidico. Esso, costituito di argille, argille siltose e marnose a scaglie AB, argilliti e siltiti ARL e strati e banchi quarzarenitica QZ, si localizza a profondità variabili a seguito di un assetto tettonico-strutturale complesso, caratterizzato dalla presenza di una più o meno densa griglia di faglie che generano una serie di alti e bassi morfostrutturali che lo portano in alcune zone molto profondo ed in altre più superficiale, fino ad affiorare. Lungo il tracciato di progetto si rinviene, infatti, a profondità molto elevate, oltre i 40-50 m nel tratto Oreto-Via Roma, a profondità comprese tra pochi metri ed oltre 10 nel tratto Piazza San Domenico-Stazione Notarbartolo, subaffiorante, ricoperto da una sottile coltre di terreni di riporto, in zona Politeama.

Spesso tra il substrato argilloso-quarzarenitico e le soprastanti litofacies pleistoceniche, calcarenitico-sabbiosa e argilloso-sabbiosa, si intercala una terza litofacies pleistocenica, di spessore pari a qualche metro al massimo e di natura conglomeratico-ghiaiosa, GH ed Sg, depostasi a seguito della trasgressione del mare quaternario sul substrato numidico.

Il quadro geologico sinteticamente sopraillustrato viene completato dalla copertura di depositi continentali e più precisamente:

- depositi alluvionali antichi e recenti di natura ghiaioso-sabbiosa ALg e sabbioso-limosa ALf nell'area del Fiume Oreto, presenti fino a profondità di oltre 40 m dal piano stradale;
- depositi alluvionali antichi pertinenti alle paleovalli ricolmate dei Fiumi Kemonia e Papireto; presenti nel tratto tra Via Divisi e Piazza San Domenico, sono costituiti di limi organici nerastri plastici LO e sabbie limose grigio nerastre a zone torbose SL che si riscontrano fino a profondità comprese fra 10-13 ed oltre 20 m dal piano stradale;
- limi rossi residuali LR distribuiti in lembi discontinui di spessore dell'ordine del metro o poco più al tetto dei terreni calcarenitici;
- terreni di riporto R antichi e recenti dovuti alle modificazioni antropiche che nel tempo hanno interessato l'area urbanizzata.

Sotto il profilo idrogeologico i terreni del complesso calcarenitico-sabbioso rappresentano un acquifero di una certa consistenza a permeabilità medio alta per porosità e fessurazione. Esso è sede, pertanto, di una falda idrica avente direzione di flusso orientato verso mare. La superficie piezometrica, localizzata a profondità variabile tra pochi ed oltre 10 m dal p.c., presenta un andamento morfologico abbastanza regolare modellato sulla morfologia sepolta del substrato impermeabile.

Sotto il profilo geomorfologico in una piana densamente urbanizzata, quale è la città di Palermo, gli aspetti più rilevanti sono connessi:

- alla presenza di cavità ipogee di natura antropica; allo stato attuale si ha notizia di cavità esistenti nelle aree circostanti al tracciato di progetto e si conoscono alcune aree fortemente indiziate per la presenza di cave storiche sotterranee ubicate nel tratto Via Perez-Piazza Giulio Cesare e nel tratto Stazione Politeama-Via Domenico Costantino;
- al verificarsi di eventuali fenomeni di allagamento nella parte del centro storico (zona Borsa) classificata a rischio idraulico R2; tali fenomeni sono dovuti al concentrarsi dei deflussi superficiali conseguenti a piogge intense, che con difficoltà vengono smaltiti dal sistema di drenaggio attuale.

La breve sintesi appena illustrata è sufficiente ad evidenziare che le problematiche connesse con la fattibilità geologica dell'opera riguardano sostanzialmente le caratteristiche di consistenza dei terreni attraversati, nonché la interferenza tra l'opera e la falda idrica e gli

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

effetti conseguentemente indotti da quest'ultima sul territorio circostante. Più marginali possono considerarsi le problematiche riguardanti la eventuale presenza di cavità ipogee o l'attraversamento di aree classificate a rischio idraulico, in quanto fenomeni più superficiali rispetto alle quote di progetto delle gallerie.

E' ovvio che tali problematiche si pongono in maniera diversificata e con condizioni a diverso grado di severità in relazione alle tipologie delle opere da realizzare.

Più in particolare, le problematiche geologiche connesse con lo scavo delle gallerie riguardano:

1. Le caratteristiche di consistenza dei terreni attraversati. Esse condizionano la scelta dei metodi di scavo, le condizioni di stabilità del cavo, le condizioni di stabilità in superficie. Complessivamente le gallerie attraversano i seguenti tipi litologici:
 - terreni del complesso calcarenitico-sabbioso costituiti di sequenze in cui si alternano livelli a giacitura suborizzontale di calcarenite CL con grado di cementazione variabile, da lapidee a tenere e friabili, calcareniti CN costituite da un fitto scheletro di noduli ben cementati frammisti a sabbia, sabbie SC con noduli sparsi e sottili intercalazioni di calcarenite ben cementata; alle profondità della galleria questi litotipi sono distribuiti in senso laterale e verticale in modo del tutto casuale; si tratta di materiali facilmente scavabili distribuiti variamente lungo le gallerie; le condizioni di stabilità del cavo sono in genere buone e tendono a diventare più critiche dove prevalgono sequenze sabbiose, che possono originare fornelli dalla calotta; inoltre, laddove venga intercettata circolazione idrica sotterranea, le sabbie possono subire fenomeni di erosione e scavamento ad opera dei deflussi idrici laddove essi vengano drenati dalla galleria;
 - terreni del complesso argilloso-quarzarenitico, costituiti di argille a scaglie AB e argilliti e siltiti ARL con intercalati livelli quarzarenitici QZ; le quarzareniti sono molto dure e compatte, più o meno fessurate, in strati e banchi di spessore da decimetrico a diversi metri, a giacitura inclinata; le condizioni di stabilità del cavo complessivamente sono buone, tuttavia bisogna considerare per le argille la eventualità di fornelli di porzioni argillose particolarmente tettonizzate e scagliettate e la possibilità di rigonfiamenti e fuori sagoma, visto che le argille sono spingenti e si deformano a breve termine, una volta esposte all'aria; bisogna tenere presente, inoltre, possibili fenomeni di plasticizzazione delle argille al contatto con strati quarzarenitici saturi; le quarzareniti, infine, attraversate da giunti variamente orientati, possono dar luogo a distacchi di volumi lapidei dal fronte, lungo giunti sfavorevolmente orientati;
 - sabbie limose S e limi sabbiosi LS grigi fossiliferi, per i quali i problemi di stabilità del cavo sono piuttosto limitati; possono subire fenomeni di plasticizzazione al contatto con livelli saturi sabbioso-calcarenitici e possono essere interessati da fornelli dalla volta;
 - terreni alluvionali antichi e recenti costituiti da spesse sequenze di sabbie limose nerastre scarsamente addensate SL, limi organici nerastri plastici LO, sabbie limose e limi sabbiosi con elementi di ghiaia ALf e ghiaia di matrice sabbiosa ALg in livelli lenticolari; tali tipi litologici presentano in genere scadenti caratteristiche

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

meccaniche e possono dare origine a forneli dalla calotta e problemi di stabilità del cavo e del fronte.

2. La interferenza con la falda idrica. Le gallerie intercettano la falda idrica contenuta nell'acquifero calcarenitico-sabbioso; l'interferenza avviene in genere per l'intera altezza delle gallerie che, pertanto, si trovano completamente sottofalda; le gallerie, di conseguenza, vengono a costituire un ostacolo impermeabile al deflusso idrico sotterraneo; si ritiene, in ogni caso, che nei tratti in cui le gallerie intercettano il substrato impermeabile possono verificarsi eventuali rigurgiti a monte, la cui entità sarà controllata dalla possibilità che ha la falda, comunque, di defluire al di sopra delle gallerie, date le coperture previste, mentre, laddove il substrato impermeabile è profondo e le gallerie si sviluppano nei terreni calcarenitico-sabbiosi, il regime idraulico sotterraneo non dovrebbe subire alterazioni significative, dato che la falda idrica ha possibilità di defluire agevolmente al di sotto e al di sopra delle gallerie.

In relazione alle problematiche sopra citate, è opportuno far presente, in ogni caso, che lo scavo meccanizzato scelto per la realizzazione dell'opera ben si adatta alla costruzione di gallerie in condizioni geologiche difficili, anche con basse coperture, terreni instabili e scavi sottofalda, è applicabile su terreni di consistenza variabile, da incoerenti più o meno plastici a lapidei, è in grado di sostenere il mantenimento della falda durante lo scavo, ha impatti molto bassi sulle strutture in superficie. Si ritiene, pertanto, che esso sia idoneo alla realizzazione delle gallerie previste in progetto e che le problematiche legate alle caratteristiche di consistenza dei materiali scavati, alle condizioni di stabilità del cavo, nonché alla presenza di falda idrica durante i lavori possano essere agevolmente superate col metodo di scavo prescelto.

3. La presenza di cavità antropiche ipogee. Lungo il tracciato le gallerie attraversano aree fortemente indiziate per la presenza di cavità antropiche ipogee. Queste ultime sono localizzate nei primi 20 m di sottosuolo e in ogni caso, al di sopra della falda. Non è da escludere la eventualità di intercettare qualche cavità ipogea poco al di sopra della volta delle gallerie, tenuto conto che a profondità galleria dovrebbe essere difficile incontrare cavità, visto che le gallerie sono sempre sottofalda. Non sono da escludere, pertanto, condizioni di criticità nel caso in cui le gallerie sono isolate da una cavità soprastante attraverso un diaframma sottile (pochi metri) di terreni calcarenitico-sabbiosi. Poiché ad oggi non si conoscono esatte ubicazioni, né geometrie di tali cavità, né si è certi della loro effettiva presenza, e poiché in ambiente urbano i metodi geofisici comunemente utilizzati per la ricerca di cavità ipogee danno risultati incerti e spesso scarsamente attendibili, si ritiene che la problematica vada affrontata, con risultati più efficaci, in corso d'opera, attraverso la esecuzione, nel tratto indiziato, di apposite indagini in avanzamento dal fronte della galleria. Nel caso venisse riscontrata qualche cavità andranno approfondite le indagini in modo da caratterizzarne la geometria e provvedere ad idonei interventi di intasamento e consolidamento a garanzia delle condizioni di sicurezza per l'opera da realizzare, sia in fase di cantiere che in fase di esercizio, e per l'edificio sovrastante.

Le problematiche connesse con la realizzazione delle stazioni riguardano:

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

la stabilità dei fronti di scavo: in relazione alle caratteristiche litologiche e meccaniche dei terreni, in generale, non si pongono particolari problemi per la stabilità delle pareti di scavo nei terreni calcarenitico-sabbiosi e argilloso-quarzarenitici, mentre problemi di stabilità possono porsi con i terreni sabbioso limosi più o meno plastici; tuttavia, considerata la profondità di scavo e considerato che i fronti di scavo sono posti in prossimità degli edifici esistenti, bisognerà porre particolare attenzione alla stabilità dei fronti di scavo medesimi, per eventuali cedimenti ed effetti indotti sugli edifici circostanti; sarà opportuno, pertanto, prevedere opere di sostegno dei fronti di scavo, opportunamente rigide e dotate di tiranti o puntoni per limitare al massimo le decompressioni del terreno;

le interferenze tra falda idrica e opera da realizzare: lo scavo per la realizzazione delle stazioni interferirà in modo significativo con la falda idrica; si ritiene opportuno, pertanto, che sia previsto il drenaggio e l'allontanamento delle acque di falda durante i lavori e, nel contempo, l'impermeabilizzazione dello scavo, onde consentire condizioni di sicurezza all'opera in corso di esecuzione e di esercizio; inoltre, conseguenza dell'interferenza tra la falda idrica e le opere da realizzare potrà essere il rigurgito a monte della falda idrica, tenuto conto che i fronti di maggiore allungamento dei corpi stazione intercettano la falda con direzione normale alla sua direzione di deflusso; si ritiene opportuno che nella fase successiva di progettazione vada studiata ed approfondita la problematica, al fine di quantificare la effettiva interferenza con la falda e valutarne gli effetti indotti.

6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

I dati dei parametri fisico-meccanici dei terreni e delle rocce, che consentono una caratterizzazione del sottosuolo ai fini geotecnici, sono stati dedotti dai risultati della campagna di indagine e, soprattutto, dai risultati di indagini in sito e prove di laboratorio effettuate per la progettazione di opere pubbliche nel territorio urbano di Palermo in zone limitrofe.

Alla luce delle attuali conoscenze, i terreni e le rocce che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici, sono stati raggruppati in 6 classi.

TERRENI DI RIPORTO	
R	Terreno di riporto costituito di pezzi di calcarenite, frammenti di muratura e cocci di laterizi frammisti a limo con sabbia, sabbia limosa, ghiaia talora grossa
COLTRE SUPERFICIALE	
LR	Limo sabbioso e sabbia limosa di colore rossastro (<i>terre rosse</i>), con frammenti di calcarenite e terreno vegetale; $w_n \geq w_p$
DT	Limo sabbioso e sabbia limosa di colore marrone giallastro, con numerose patine biancastre e minuti elementi lapidei di natura calcarea e calcarenitica
LO	Limo e limo argilloso di colore nerastro, da poco consistente a molle, $w_n \gg w_p$, ricco di sostanza organica, con filamenti di alghe e frustoli carboniosi; a tratti i residui vegetali conservano la struttura legnosa. Si rinvencono inclusi lapidei di varia natura della dimensione della ghiaia
ALF	Alluvioni a grana fina: limo, limo sabbioso e sabbia limosa
SL	Sabbia a grana grossa, sabbia limosa e limo sabbioso, di varia natura, di colore variabile dal giallastro al grigio al nerastro, con laterizi, ossa, torba, residui vegetali, conchiglie ed

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

SG	elementi lapidei calcarenitici
GS	Sabbia con ghiaia in matrice sabbioso-limosa. Alluvioni terrazzate a grana medio-grossa
BR	Alluvioni a grana grossa del F. Oreto. Alluvioni terrazzate. Ghiaia e blocchi in matrice sabbioso-limosa
BR	Breccia di faglia: sabbia fina e grossa calcarea o calcarenitica; ghiaia e blocchi di natura calcarea;; calcare compatto; calcarenite organogena
COMPLESSO CALCARENITICO	
CL	Calcarenite a grana piuttosto uniforme, fossilifera, di colore variabile dal giallastro al biancastro al grigio, con cemento carbonatico, porosa, vacuolare. Il grado di cementazione è compreso fra quello delle calcareniti friabili e facilmente disaggregabili e quello delle calcareniti compatte ben cementate. In alcuni tratti la cementazione è assente
CV	Calcarenite fossilifera e breccia conchigliare vacuolare, ben cementata; la distribuzione del cemento è irregolare. Calcirudite ben cementata
CN	Calcarenite costituita di noduli di materiale fortemente cementato con forma irregolare e di dimensioni comprese fra qualche cm e alcuni dm. Gli spazi internodulari sono occupati da sabbia giallastra a tratti asportata per effetto di erosione dovuta alla circolazione idrica
CLs	Calcarenite debolmente cementata, prelevata come ghiaia e blocchi in matrice sabbiosa limosa, di colore variabile dal biancastro al bruno al giallo ocra, con noduli di calcarenite organogena, talora fossilifera
Sc	Sabbia e sabbia limosa calcarenitica, di colore variabile dal giallastro, al biancastro al bruno, con frammenti di calcarenite di dimensioni centimetriche e decimetriche variamente sparsi nella massa e con noduli di calcarenite organogena
SLc	Sabbia, sabbia debolmente limosa o limosa, da mediamente a ben addensata, di colore variabile dal giallastro al rossastro, talora limo sabbioso giallastro, con venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti. Si rinvencono elementi di ghiaia a spigoli arrotondati e frammenti di calcarenite
LA	Limo argilloso a tratti sabbioso di colore giallastro rossastro, da consistente a poco consistente, $w_n \geq w_p$, con venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti
SABBIE LIMOSE GRIGIO-VERDASTRE	
S	Sabbia limosa o debolmente limosa, fossilifera, di colore grigio o grigio verdastro, giallastro nei primi metri, talora alternata a limo sabbioso. Sono presenti elementi di ghiaia a spigoli arrotondati, frammenti di calcarenite di colore giallastro o grigio, veli di sabbia, livelli torbosi e frustoli nerastrì
LS	Limo argilloso a tratti sabbioso e limo sabbioso, fossilifero, di colore grigio. Sono presenti frammenti di calcarenite, veli di sabbia, livelli torbosi e frustoli nerastrì
GHIAIE E CONGLOMERATI	
G	Ghiaia calcarea e calcarenitica; gli elementi hanno spigoli arrotondati; talora è frammista a sabbia grossa – Conglomerato di trasgressione
CG	Conglomerato variamente cementato, costituito di ghiaia di varia natura, a spigoli arrotondati, di colore variabile dal rossastro al verdastro
TERRENI E ROCCE DEL FLYSCH NUMIDICO	
FNr	Argilla rimaneggiata e alterata di colore grigio con ghiaia a spigoli arrotondati di forma appiattita
FN	Argilla e argilla marnosa, argillite, di colore grigio, generalmente dura o consistente, scagliettata, con patine bianche. Struttura a scaglie di forma prismatica, da minute a centimetriche, da debolmente a ben serrate, a spigoli vivi. A tratti si rinvencono livelli di quarzarenite di colore grigio-ocraceo. Nella parte superiore si presenta alterata (FN_a) di colore marrone ocraceo per ossidazione
FNs	Siltite di colore grigio, di consistenza lapidea, molto fratturata, prelevata generalmente in elementi decimetrici di forma prismatica, delimitati da superfici piane o leggermente

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
Relazione Tecnica	

	ondulate, talora concoidi, variamente orientate. Talora sono presenti discontinuità inclinate di $70^{\circ} \div 90^{\circ}$ rispetto all'asse, molto ravvicinate.
Qz	Quarzarenite a grana fina, ben cementata, di colore variabile dal grigio al giallastro, molto fratturata, interessata da discontinuità generalmente sub-verticali o a 45°, con superfici piane. Talora risulta prelevata come sabbia, sabbia grossa e sabbia con ghiaia, di colore giallastro o giallo ocra, probabilmente a causa di un più basso grado di cementazione. Arenaria quarzosa a grana fina, di colore variabile dal grigio al rossastro, con patine di ossidazione, da debolmente a mediamente cementata, generalmente molto fratturata, con giunti sub-orizzontali, sub-verticali ed a 45° talora cementati da calcite secondaria

Classificazione geotecnica dei terreni

Le valutazioni geotecniche che seguono sono state redatte con riferimento alle gallerie ed alle stazioni.

• Gallerie ferroviarie

Le gallerie ferroviarie corrono in affiancamento, dalla rotonda di svincolo di Via Oreto, alla stazione Notarbartolo, sempre sotto falda.

Nel primo tratto, fino alla valle del F. Oreto gli scavi interesseranno principalmente i terreni calcarenitici Sc e SLc e la sabbia limosa grigia S. Nei tratti dove è presente la sabbia limosa S potranno manifestarsi localmente forti venute d'acqua.

A partire dalla progressiva 1300 m, per circa 80 m, le gallerie attraverseranno le alluvioni ALF, SG e GS del Fiume Oreto, con continui passaggi tra i vari termini. Dalla progressiva 1450 m e per circa 50 m, i sondaggi hanno evidenziato la presenza di un paleo-alveo del fiume Oreto. Tra le due fasce di alluvioni le gallerie attraverseranno la sabbia calcarenitica Sc e SLc ed il limo argilloso LA.

Più avanti il tracciato interesserà i terreni e le rocce della formazione calcarenitica SLc, Sc, CL ed i terreni sabbioso limosi S e LS, con continui passaggi, anche laterali, tra i vari termini.

A partire dalla progressiva 2700 m le indagini hanno evidenziato la presenza dei terreni alluvionali a grana fina LO e SL, che interesseranno la sezione di scavo per un tratto di circa 500 m. Questi terreni presentano mediocri caratteristiche geotecniche e contengono sostanza organica, torba, residui vegetali e filamenti di alghe fino a notevole profondità. In tale tratto si segnalano possibili interferenze degli scavi con fondazioni profonde di edifici realizzate con pali di legno, ovvero con interventi di consolidamento per sottofondazione.

Da Piazza San Domenico fino alla Stazione Massimo le gallerie attraverseranno i terreni calcarenitici Sc, con locali lenti e livelli di calcarenite CL.

A partire dall'uscita della Stazione Massimo, fino alla Stazione Politeama, le gallerie saranno interessate nella parte superiore dalla ghiaia G, mentre la rimanente parte della sezione di scavo sarà aperta all'interno dei sottostanti terreni del Flysch Numidico FN, FNs e Qz, con continui passaggi tra i termini a grana fina e la quarzarenite. Quest'ultima si può rinvenire localmente in banchi di notevole spessore e/o elevato grado di cementazione. Si ricorda che in laboratorio sui termini Qz si sono ottenuti valori di resistenza a rottura anche maggiori di 100 MPa. Subito dopo la Stazione Politeama, per un tratto di circa 80 m, le gallerie attraverseranno alternanze di argilla FN e quarzarenite Qz.

Il tratto finale di galleria, fino alla Stazione Notarbartolo, attraverserà i terreni calcarenitici, costituiti principalmente di sabbia Sc.



- **Stazioni**

Gli scavi della Stazione Svincolo Oreto si approfondiranno fino a circa 19 m ed interesseranno dapprima i terreni e le rocce della formazione calcarenitica LA, Sc, SLc, CV; al di sotto di 13÷14 m si incontrano le sabbie limose S. La superficie piezometrica si attesta ad una profondità di 6 ÷ 7 m dal p.c., pertanto la maggior parte degli scavi sarà eseguita sotto falda. Una situazione simile si riscontra per la Stazione Oreto Sud. In questo caso, al di sotto del complesso calcarenitico, gli scavi incontreranno alternanze di sabbia limosa S e limo argilloso LS.

La Stazione Oreto Nord è ubicata in Via Perez e si sviluppa anche al di sotto delle aree di impronta di alcuni fabbricati. Gli scavi, di profondità massima pari a 27 m, saranno aperti, per i primi 16 m, all'interno della sabbia calcarenitica Sc e della calcarenite debolmente cementata CLs. Lungo il fronte di Via Bergamo gli scavi interesseranno per i primi 6 m anche le alluvioni ALF e GS, che ricoprono la calcarenite. Al di sotto della calcarenite si rinviene la sabbia limosa S. Nell'area della stazione la falda si attesta ad una profondità di circa 13,3 m dal piano di campagna.

La Stazione Giulio Cesare occuperà una vasta porzione dell'omonima piazza, fino a lambire il tracciato dell'antico *fossato cinquecentesco*. Gli scavi raggiungeranno una profondità massima di circa 21 m. Lungo il fronte Ovest gli scavi interesseranno il riporto fino a 5÷6 m di profondità, che va assottigliandosi spostandosi verso Est in direzione della Stazione Centrale. Superato il riporto, gli scavi saranno eseguiti all'interno della sabbia Sc e della calcarenite CL e CLs. A partire da una profondità di 19 ÷ 20 m è presente la sabbia limosa S. La falda si attesta ad una profondità di circa 10 m dal p.c. ed ha mostrato oscillazioni dell'ordine della decina di cm.

Nell'area dove sarà realizzata la Stazione Borsa si rinvencono fino a fondo scavo, al di sotto di materiali di riporto, limi organici molli LO e sabbie limose poco addensate SL. Entrambi i termini hanno un contenuto naturale d'acqua molto elevato, talora prossimo al limite di liquidità e parametri meccanici mediocri. In particolare, i limi molli LO sono inoltre caratterizzati da elevata comprimibilità e contengono laterizi, sostanza organica, torba, residui vegetali e filamenti di alghe, mentre a profondità di 21÷24 m si rinvencono livelli di limo riccamente fossilifero. Spesso si hanno passaggi continui tra i due termini LO e SL. Il riporto R ha uno spessore di 2÷3 m e localmente raggiunge una profondità di 7 m. In tutta l'area la falda è prossima al piano di campagna.

Una situazione geologica e geotecnica molto particolare è presente nell'area della Stazione Massimo, per la cui realizzazione sono previsti scavi di profondità massima 21 m. La presenza di alcune faglie, che hanno messo in contatto laterale terreni e rocce di età diversa, comporta che gli scavi interesseranno sia i terreni e le rocce calcarenitiche, sia i termini argillosi e lapidei del Flysch Numidico. In particolare, le indagini in sito hanno evidenziato situazioni molto diverse tra il lato SE ed il fronte opposto verso Via Ruggero Settimo. Lungo il lato SE è presente la sabbia calcarenitica Sc, che si spinge fino a profondità anche maggiori di 23 m e localmente ricopre le argille rimaneggiate FNr. Dalla parte opposta è presente uno strato di 7 m di calcarenite di CL ben cementata, seguito dalla sabbia Sc. Al di sotto è presente la quarzarenite Qz fino alla profondità massima indagata (30 m), mentre il sondaggio S2-81 evidenzia argille ed argilliti FN. La falda si attesta ad una profondità via via crescenti spostandosi dal lato verso Via Maqueda al lato opposto, passando da una profondità di circa 10,8 m dal p.c., ad una profondità di circa 12 m.

Lungo il lato SW della Stazione Politeama sono presenti sabbie calcarenitiche Sc e calcareniti CL e CV, fino a circa 9,5 m, mentre lungo il lato opposto tali termini si assottigliano notevolmente, assumendo uno spessore di circa 4,5 m in corrispondenza del foro S1B44 ed

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

uno spessore addirittura nullo in prossimità dell'inizio di Via Libertà. Al di sotto si rinvencono i terreni e le rocce FN, FNs e Qz del Flysch Numidico, in continua alternanza e per spessori compresi tra qualche m e 5÷6 m. Anche in questo caso, la quarzarenite è molto fratturata e a tratti è stata carotata come sabbia sciolta. I piezometri hanno rilevato il pelo libero della falda ad una profondità di 9,3 ÷ 9,6 m dal piano di campagna, con escursioni di 10 ÷ 20 cm.

Gli scavi per la realizzazione della Stazione Archimede e della Stazione Notarbartolo interesseranno prevalentemente la sabbia calcarenitica Sc e la calcarenite debolmente cementata CLs. Nel primo caso la falda si attesta a profondità di 8,5 ÷ 9,5 m dal p.c., mentre nel secondo caso la falda è presente ad una profondità media di 14,7 m dal p.c.

6.3 CAVITA'

Le attività di indagine e bonifica delle cavità sono condizionate dal fatto obiettivo che è difficile stimarne preventivamente la posizione e l'entità e quindi riuscire a valutare le opportune soluzioni, in modo da non avere ricadute negative in termini di definizione dei tempi di esecuzione e programmazione dei lavori.

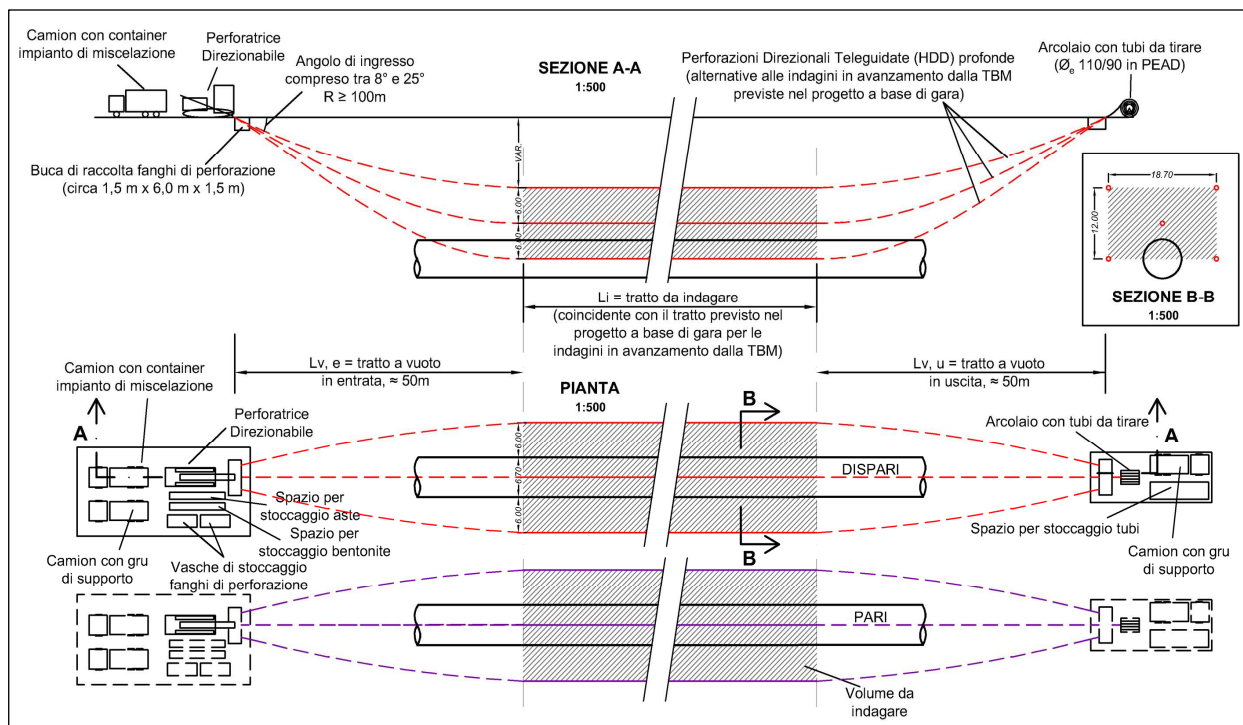
Nel caso specifico, l'obiettivo principale è stato quindi quello di cercare di eliminare, o ridurre, il rischio dell'individuazione di cavità durante l'esecuzione dei lavori, che avrebbe forti ripercussioni sui tempi di costruzione, in particolare di avanzamento delle TBM, oltre che sull'impatto superficiale, esasperato quest'ultimo dalla necessità di un intervento immediato e non programmato di bonifica della cavità stessa.

Nei tratti in cui si determina l'interferenza tra le gallerie realizzate con scavo meccanizzato e le zone fertili per le cavità le tradizionali tipologie di indagine sono di due tipi: ***in avanzamento dalla TBM*** e ***preliminari dalla superficie***.

Entrambe queste due metodologie presentano degli inconvenienti forti, in particolare, relativamente al primo tipo, per il rallentamento della TBM, dei rischi legati al fermo della TBM, delle difficoltà operative, mentre, relativamente alle indagini di superficie, per le interferenze con gli edifici, con la viabilità, con i pp.ss. e per i tempi lunghi di esecuzione e la scarsa affidabilità dell'indagine.

La tecnica alternativa di indagine proposta consente di ***annullare completamente la necessità di perforazione dal fronte della TBM***, basandosi su un metodo misto di indagini dirette (perforazioni) ed indirette (geofisiche), integrate e complementari.

Tale soluzione, pur concentrando i cantieri per le indagini in pochi punti di facile accesso e generalmente laddove non si creano difficoltà alla circolazione dei veicoli e tanto meno alle attività sociali, quindi con limitato impatto superficiale, è in grado di tracciare il percorso della TBM, preliminarmente al suo passaggio, con una serie di ***“perforazioni direzionali teleguidate” (HDD) (fase 1)***, che, partendo dalla superficie con una certa inclinazione raggiungono, nelle varie posizioni stabilite, la profondità della galleria, per seguirne il tracciato lungo tutto il tratto da indagare e poi risalire in superficie.



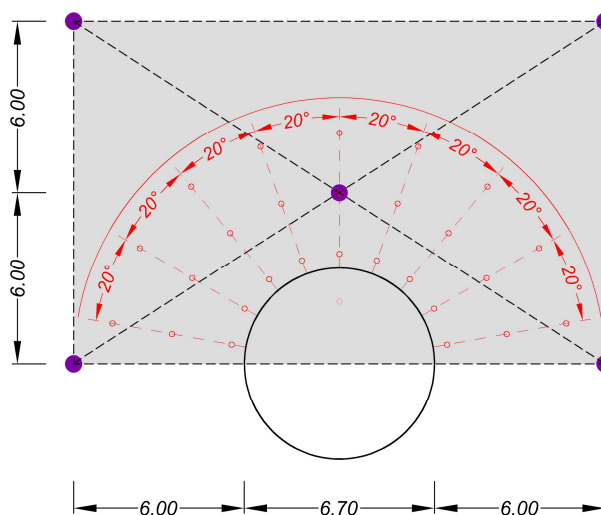
Dall'interno di tali perforazioni, opportunamente predisposte mediante l'inserimento di un tubo in PEAD Ø110 mm, ed attrezzate con i necessari dispositivi, sono successivamente eseguite le indagini geofisiche, mediante prove sismiche **cross-hole in orizzontale (fase 2)**.

Infine, qualora le indagini di fase 1 e 2 rilevino la presenza di una cavità, dal punto superficiale corrispondente, ma solo in quel punto, sarà eseguita una **perforazione a distruzione di nucleo con ispezione televisiva** al fine di accertare le reali dimensioni della cavità e di progettare la bonifica (**fase 3**).

Tutte queste attività saranno comunque effettuate **in fase preliminare all'avanzamento delle TBM**, con notevoli vantaggi nei confronti del programma lavori; si può anzi prevedere che le indagini si possano realizzare a partire dal tempo zero, durante la fase di progettazione esecutiva e successiva approvazione.

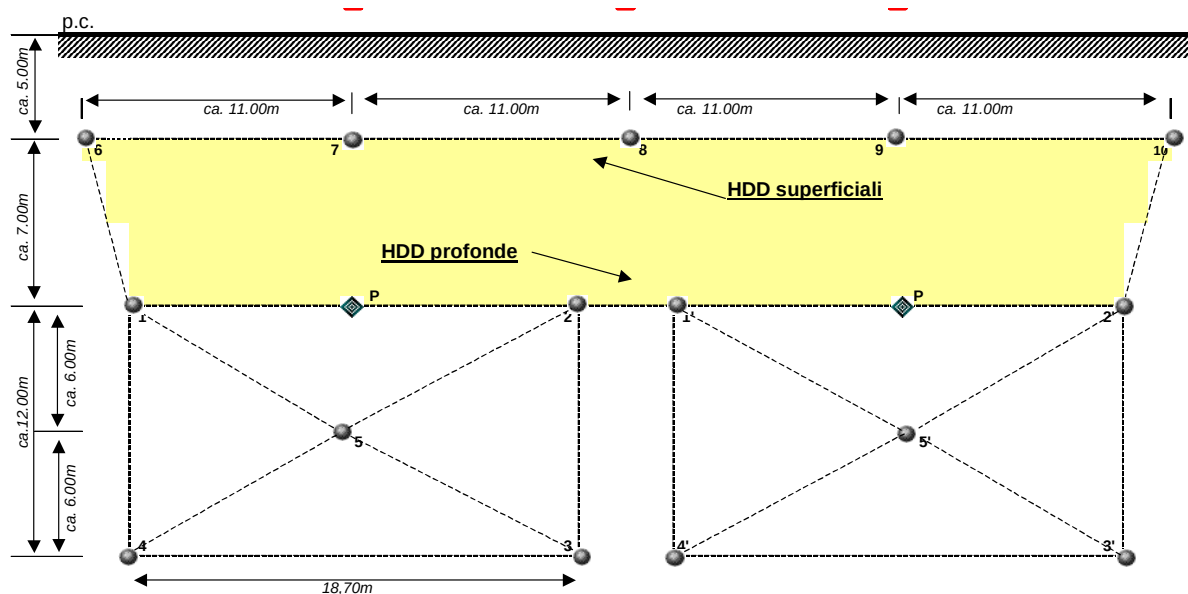
Sono state ipotizzate due tipologie di HDD costruttivamente identiche ma funzionalmente diverse:

- le **“HDD profonde”**, parallele all'asse della galleria, in numero di 5 per ogni galleria, disposte secondo un reticolo, costituito dai vertici di un rettangolo 18,70 x 12 m e dall'intersezione delle sue diagonali



- le **“HDD superficiali”**, parallele alla superficie, disposte in numero di 5 o 6, a seconda dell'interasse tra le gallerie, ad una profondità di circa 5m con il criterio che risultino più superficiali possibile, compatibilmente con i vari vincoli (fondazioni edifici, archeologia, pubblici servizi,...), lungo il corridoio delimitato dalle curve di

isocedimento 5mm, alternative alle indagini preliminari dalla superficie, eseguite con perforazioni a distruzione di nucleo ed ispezione televisiva.



Il metodo alternativo proposto, basato sulle perforazioni direzionali e successive prove cross-hole, elimina totalmente la necessità di effettuare indagini mediante perforazione in avanzamento dalla TBM. Peraltro si è pure presa in considerazione un'ulteriore alternativa, costituita dalla prospezione geofisica in avanzamento del tipo identificato dall'acronimo BEAM (**B**ore-**T**unnelling **E**lectrical **A**head **M**onitoring).

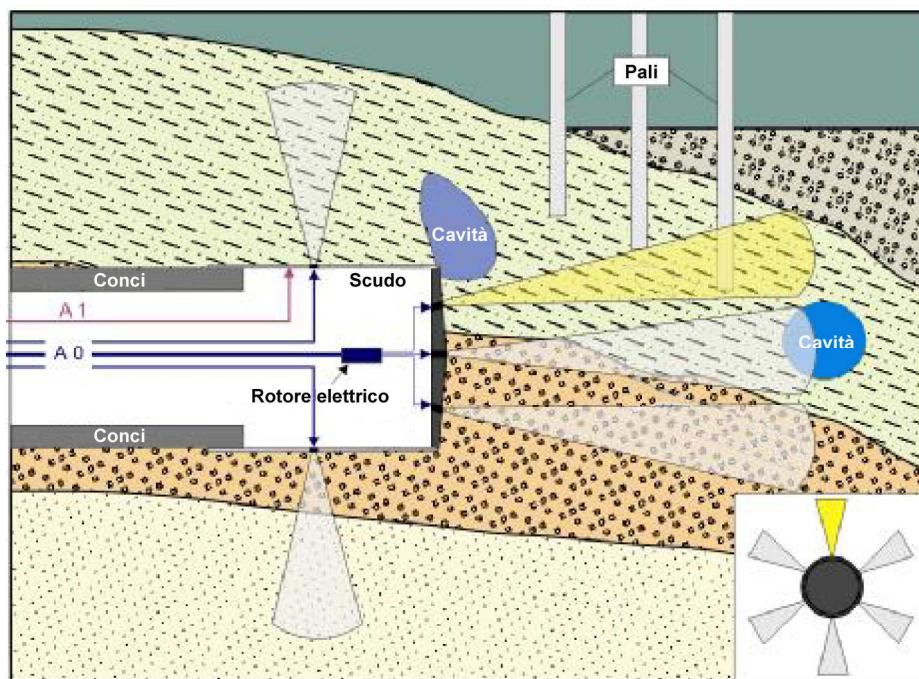
Esso è basato sull'interpretazione delle misure in continuo di parametri elettrici dei terreni che verranno attraversati dalla TBM, per una distanza dal fronte di 3-4 diametri del foro del tunnel.

Queste misure sono effettuate tramite un'apparecchiatura, installata nella camera di guida, che mediante due elettrodi induce nell'ammasso roccioso una corrente polarizzata, la cui frequenza è condizionata dalle caratteristiche del terreno affrontato, e più specificamente dalla porosità dello stesso.

Un sofisticato software consente la valutazione e visualizzazione dei parametri geofisici la cui variabilità, interpretata sulla base di un modello tridimensionale del terreno preventivamente studiato, consente di risalire, nell'intorno coperto dal raggio di azione del sistema, alle diverse caratteristiche litologiche dei terreni, e più specificamente a rilevare discontinuità e fratture degli stessi e, in ultimo, eventuali cavità.

Il sistema è di facile uso e non richiede alcuna particolare predisposizione della TBM. Inoltre, non rallenta in alcun modo l'avanzamento della TBM.

E' evidente il vantaggio conseguente al fatto che la prospezione geoelettrica viene condotta senza rallentare l'avanzamento della TBM; rimane peraltro il problema, eliminato invece nel primo metodo di indagine proposto (HDD preliminari), di dovere arrestare la macchina in caso di riscontro più o meno certo di cavità, nel qual caso si dovrà sempre ricorrere a successive ispezioni eseguite dall'alto per caratterizzare in maniera più compiuta tipo e dimensioni della cavità stessa.





7 IDRAULICA

7.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di esame ricade per la maggior parte nel bacino idrografico del fiume Oreto, ed in parte in un'area intermedia compresa fra l'Oreto e Punta Raisi.

Il bacino idrografico del F. Oreto ricade nel versante settentrionale della Sicilia e si estende, per circa 120 Km², dal M. La Pizzuta e dal M. Gibilmesì sino al M. Tirreno presso la stazione di Erasmo delle FF.SS. alla periferia sud del centro abitato di Palermo. Esso confina tra il bacino del F. Jato a sud-ovest, il bacino del F. Belice destro a sud ed il bacino del F. Eleuterio ad est e ricade nel territorio della provincia di Palermo. Nel bacino ricadono i centri abitati di Altofonte e Monreale, e una parte del centro abitato di Palermo.

Il corso del F. Oreto si sviluppa per circa 20 Km e riceve lungo il suo percorso le acque di piccoli affluenti.

7.2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL TERRITORIO

Al fine di stimare le massime altezze di pioggia di progetto è stata condotta un'indagine idrologica preliminare che è consistita nell'individuazione delle stazioni pluviometriche più prossime all'opera in progetto e nell'applicazione del metodo dei Topoietì per individuare le stazioni pluviometriche da considerare nei calcoli idrologici.

Dall'applicazione del metodo dei topoietì si è rilevato che le stazioni di maggiore importanza sono la 3 e la 5, ossia Istituto Castelnuovo e l'Osservatorio Astronomico.

Le stazioni della metropolitana afferenti a ciascuna stazione pluviometrica sono riportate nella seguente tabella:

Stazioni Metro	
Istituto Castelnuovo	Osservatorio Astronomico
Sciuti	Archimede
Notarbartolo	Politeama
	Massimo
	Borsa
	Giulio Cesare
	Oreto Nord
	Oreto Sud
	Oreto Svincolo

Tabella .1 Stazioni Metro afferenti alle stazioni pluviometriche

Per ciascuna stazione pluviometrica selezionata sono state raccolte le altezze di pioggia massime annuali per la durata di 1, 3, 6, 12, e 24 ore, nel periodo compreso fra il 1940 ed il 2000.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Mediante l'elaborazione statistica dei suddetti dati sono state ricostruite le Curve di Probabilità Pluviometrica per ciascuna stazione.

7.2.1 Elaborazioni statistiche

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica è stata utilizzata la nota legge di Gumbel.

Le elaborazioni statistiche sono state condotte considerando i tempi di ritorno 10, 20, 50, 100, 300, e 500 anni. Per le durate di pioggia di 1, 3, 6, 12, e 24 ore si ottengono le seguenti altezze di pioggia:

Tempo di ritorno	h max				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10 anni	44,83 mm	59,97 mm	72,91 mm	86,27 mm	98,09 mm
20 anni	52,71 mm	69,55 mm	84,04 mm	99,02 mm	111,24 mm
50 anni	62,92 mm	81,96 mm	98,45 mm	115,52 mm	128,26 mm
100 anni	70,57 mm	91,25 mm	109,25 mm	127,89 mm	141,01 mm
300 anni	82,64 mm	105,92 mm	126,29 mm	147,41 mm	161,14 mm
500 anni	88,24 mm	112,73 mm	134,20 mm	156,47 mm	170,49 mm

Tabella .2 Stazione Istituto Castelnuovo: Relazione h_t - T

Tempo di ritorno	h max				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10 anni	32,93 mm	47,09 mm	60,25 mm	70,02 mm	84,35 mm
20 anni	37,97 mm	54,28 mm	69,57 mm	80,18 mm	97,01 mm
50 anni	44,48 mm	63,59 mm	81,63 mm	93,34 mm	113,38 mm
100 anni	49,36 mm	70,56 mm	90,66 mm	103,19 mm	125,66 mm
300 anni	57,07 mm	81,57 mm	104,92 mm	118,75 mm	145,03 mm
500 anni	60,64 mm	86,68 mm	111,54 mm	125,98 mm	154,02 mm

Tabella .3 Stazione Osservatorio Astronomico: Relazione h_t - T

Dalle elaborazioni sopra riportate, per ciascuna stazione pluviometrica, sono state costruite le curve di probabilità pluviometrica di pioggia lorda.

7.2.2 Determinazione delle piogge nette

La depurazione delle piogge lorde dalle perdite idrologiche è stata effettuata avvalendosi del metodo del coefficiente di afflusso.

Tale metodo consiste molto semplicemente nello stimare il coefficiente di afflusso, definito come il rapporto tra il volume defluito ed il volume affluito; esso rappresenta quindi la percentuale di afflusso che da luogo al deflusso.

Il coefficiente di afflusso dipende:

- Dal tipo di vegetazione presente nel bacino e dalla estensione delle aree coperte da vegetazione;
- Dalla morfologia del terreno che determina zone più o meno estese di depressioni superficiali;

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
	Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
Relazione Tecnica	

- Dalla permeabilità del terreno

La stima del coefficiente di afflusso è stata effettuata con l'ausilio della tabella di Lotti, generalmente adottata nell'ambito di bacini urbani:

TIPO DI TERRENO	bassa densità di copertura vegetale	alta densità di copertura vegetale
Impermeabile	0.85	0.77
debolmente permeabile	0.70	0.60
Permeabile	0.55	0.50

Tabella .4 Valori del coefficiente di afflusso secondo Lotti

I coefficienti riportati in tabella sono funzione, oltre che delle caratteristiche del bacino in esame, dei tempi di ritorno considerati. Nel caso in esame si è ritenuto idoneo adottare un unico coefficiente di afflusso pari a 0.85.

Determinato il coefficiente di afflusso è stato adottato il metodo della sottrazione proporzionale per la determinazione delle piogge nette.

Il metodo della sottrazione proporzionale consiste nell'ipotizzare che la perdita per infiltrazione avvenga in misura appunto proporzionale alla pioggia caduta, pertanto a grandi volumi piovuti corrispondono grandi perdite e, a piogge più modeste, perdite inferiori.

Per ogni intervallo di tempo t , la pioggia viene ridotta, di volta in volta, moltiplicando il valore lordo per il coefficiente di afflusso.

7.2.3 Determinazione delle piogge suborarie

Le curve di probabilità pluviometrica, costruite con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore non può essere estrapolata per valori della durata t inferiori a 1 ora.

Per ciascuna stazione pluviometrica sono state inoltre calcolate le altezze di pioggia suboraria e quindi sono state costruite le relative curve di probabilità pluviometrica (riportate nella "Relazione idrologico-idraulica").

Appare opportuno sottolineare che, per ciò che riguarda le acque di prima pioggia, la legge regionale della Lombardia n° 62/85, recita:

".....Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate."

Secondo la legge regionale della Lombardia, è chiaro che l'intensità di pioggia da considerare per una durata di 15 minuti è pari a 20 mm/h (corrispondenti a 5 mm di pioggia costantemente ripartiti in 15 minuti consecutivi).

Da un confronto fra i risultati ottenuti dalle elaborazioni statistiche e quest'ultimo dato riportato si evince che l'intensità di 20mm/h corrisponde ad un tempo di ritorno di circa 30 anni.

7.3 PLANIMETRAZIONE DEI BACINI AFFERENTI ALLE STAZIONI METROPOLITANE

Per potere calcolare le portate afferenti a ciascuna stazione metropolitana, e quindi il relativo volume idrico che dovrà essere intercettato, è necessario determinare le superfici dei bacini delle singole stazioni.

I dati geometrici dei bacini, unitamente ai dati pluviometrici, consentiranno di determinare le

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

portate di massima da porre a base delle calcolazioni idrauliche.

Per la planimetrazione dei bacini è stata utilizzata la cartografia di base in scala 1:2.000, ed inoltre sono stati condotti numerosi sopralluoghi, nelle zone oggetto d'intervento, per verificare le condizioni dei siti.

Di particolare importanza è risultata la conoscenza del sistema di drenaggio urbano atto ad intercettare le acque meteoriche ricadenti sulle aree limitrofe alle stazioni.

Dato il livello di progettazione non sono state distinte le superfici dirette (sulle quali insistono le piogge zenitali) da quelle indirette (aree limitrofi); sono state pertanto individuate le superfici totali dei bacini ipotizzando, cautelativamente, che sull'intera superficie dell'impronta di ciascuna stazione ricadano le acque da smaltire. La maggior parte delle acque piovute dovrà essere collettata nella fognatura urbana mediante un sistema di griglie e caditoie stradali da installare nei pressi delle stazioni, ed una modesta entità (relativa alle piogge zenitali) dovrà essere convogliata nell'impianto di scarico interno alle stazioni, e quindi, mediante un sistema di pompaggio, recapitata in fognatura.

Per quanto sopra riportato si sottolinea che le superfici, sono sensibilmente sovrastimate; nel corso delle fasi progettuali successive si dovrà procedere a verificare ulteriormente le superfici dei bacini da adottare nelle calcolazioni idrauliche.

7.4 PORTATE DI PROGETTO

Il calcolo delle portate di progetto è stato effettuato mediante la seguente espressione:

$$Q = F i S$$

Ove:

F è il coefficiente di deflusso, che trovandosi in ambito urbano, è stato posto cautelativamente pari ad 1;

i è l'intensità di pioggia (per dato tempo di ritorno T_r), data dal rapporto dell'altezza di pioggia e la durata dell'evento meteorico;

S è la superficie del bacino idraulico considerato.

Date le notevoli variabili da cui dipende la portata di progetto i valori di portata calcolati saranno rappresentati, nel seguito, in forma grafica.

In particolare, per ciascun tempo di ritorno, e per ciascuna stazione pluviometrica considerata, è stato costruito un grafico in cui in ascissa è riportata la variabile S espressa in m^2 , ed in ordinata è riportata la variabile Q in l/s. In ciascun diagramma sono state riportate le curve relative alle intensità di pioggia per durata dell'evento di 1, 3, 6, 12, e 24 ore.

Per quanto detto la lettura dei diagrammi risulta molto semplificata; scelto il tempo di ritorno, calcolata la superficie del bacino e stabilita la durata dell'evento, in ordinata si rileva il valore della portata da porre a base dei calcoli.

Nella "Relazione Idrologico-idraulica" vengono riportati i grafici relativi alle stazioni pluviometriche dell'Istituto Castelnovo e dell'Osservatorio Astronomico relativi ad un tempo di ritorno pari a 300 e 500 anni e a tempi di ritorno inferiori.



8 DESCRIZIONE GENERALE DELLA LINEA E DEL TRACCIATO

8.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Il primo tratto funzionale della linea metropolitana di Palermo inizia in corrispondenza dell'incrocio della Via Oreto con la "circonvallazione" cittadina (Viale della Regione Siciliana) e termina in corrispondenza della stazione ferroviaria di Notarbartolo sviluppandosi in direzione Sud/Nord ed attraversando il centro cittadino.

Le stazioni previste nella prima tratta funzionale sono nove e sono nell'ordine di successione in direzione Sud/Nord: Svincolo Oreto, Oreto Sud, Oreto Nord, Giulio Cesare, Borsa, Massimo, Politeama, Archimede, Notarbartolo.

Lo sviluppo progettuale del tracciato plano-altimetrico ha dovuto tener conto dei vincoli delle preesistenti edificazioni e realtà del sito ove si colloca questa tratta e della compatibilità con la prosecuzione futura della linea in direzione di Mondello tramite le due direttrici 1) stazione Archimede- Notarbartolo- Aldisio direzione Mondello e 2) stazione Archimede – Gentili – Stadio - Aldisio direzione Mondello, oltre naturalmente ai requisiti richiesti dalla tipologia dei sistemi automatici di trasporto metropolitano. In particolare si evidenziano:

- la notevole ristrettezza di spazi per l'inserimento geometrico ed urbanistico delle stazioni (possibili generalmente solo in corrispondenza delle piazze e degli slarghi) che ha comportato una rigidità degli allineamenti planimetrici principali della linea per ogni intertratta compresa tra due stazioni. Si segnala che tale circostanza ha reso necessario adottare per la Stazione Oreto Nord una tipologia con quota di banchina profonda (posta a circa 22m al di sotto del piano stradale e con banchine realizzate in galleria scavata in tradizionale con sezione policentrica ed al di sotto delle fondazioni degli edifici circostanti) e con il corpo stazione ubicato al di sotto della Via Perez nel tratto compreso tra gli incroci con la Via Bergamo e con la Via A. Todaro;
- la necessità di realizzare una stazione che evitasse su Piazza Cassa di Risparmio (Borsa) la distruzione del collettore antico con sezione ad arco in muratura, presente al disotto della piazza omonima e che su piazza Verdi consentisse il mantenimento delle alberature presenti sulla Piazza di fronte all'ingresso principale del teatro Massimo. La tipologia individuata con tali caratteristiche è quella di una stazione avente un corpo stazione a pianta quadrata e con parte dello sviluppo delle banchine realizzate in galleria a sezione policentrica a partire dal corpo stazione scavato con l'impiego di diaframmi;
- la possibilità, peraltro richiesta dal Comune di Palermo, di realizzare un collegamento funzionale tra l'atrio della stazione Politeama della metropolitana e l'atrio lato Piazza Castelnuovo della stazione omonima, facente parte dell'anello ferroviario urbano di prossima realizzazione, al fine di permettere uno scambio diretto tra le due stazioni per i passeggeri delle due linee di trasporto cittadino;
- la necessità di realizzare il manufatto di bivio (biforcazione verso direzione stazione Notarbartolo, sulla prima tratta funzionale, e verso direzione Lazio della futura tratta funzionale) con le dimensioni in pianta le più contenute possibili al fine di consentirne l'inserimento sullo slargo dell'incrocio tra Viale della Libertà con le trasversali Via La Farina e Via A. Borelli in corrispondenza di Piazza A. Mordini, ha reso indispensabile l'adozione di una tipologia di manufatto a binari sovrapposti. Ciò ha reso necessario l'adozione di una stazione a banchine sovrapposte anche per la stazione Archimede posta immediatamente

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

prima del manufatto di bivio con il quale costituisce un “unicum” dal punto di vista esecutivo e strutturale;

- la presenza di diversi fabbricati di varie epoche e tipologie edilizie che devono essere sottoattraversati, pur avendo cercato di minimizzare al massimo l'entità di tali sottoattraversamenti allineandosi, per quanto e dove possibile, al di sotto delle sedi stradali. Nelle zone di sottoattraversamento si è scelto di mantenere sotto i fabbricati una ricopertura tra il piano di posa della fondazione e la volta delle gallerie di circa 1.8/ 2 diametri (della sezione di scavo della galleria) corrispondenti a 11/ 12 m circa (salvo punti singolari di minor ricoprimento), al fine di minimizzare gli effetti indotti dai cedimenti e dal disturbo dello scavo in superficie ed evitando l'impiego di massicce e generalizzate opere di consolidamento dei fabbricati;
- la necessità del sottoattraversamento del fiume Oreto ha richiesto un profilo sensibilmente più profondo nel tratto compreso tra le stazioni Svincolo Oreto ed Oreto Nord per sottoattraversare in sicurezza l'alveo del fiume;
- necessità di tener conto delle interferenze altimetriche con le linee urbane ferroviarie esistenti e di futura esecuzione (tratto tra stazione Oreto Sud e la stazione Oreto Nord e tratto tra la stazione Massimo e la stazione Politeama nella zona immediatamente antecedente la stazione Politeama stessa). Il tracciato altimetrico è stato redatto tenendo conto di tali interferenze e la linea della metropolitana si colloca sempre al di sotto della linea ferroviaria urbana che è una linea posta immediatamente al di sotto della sede stradale;
- limitare al massimo la rimozione delle alberature significative in particolare quelle su Viale della Libertà in corrispondenza delle strutture relative alla stazione Archimede ed al contiguo manufatto di bivio;
- evitare del tutto la rimozione delle alberature presenti su Piazza Verdi, davanti al teatro Massimo, cosa che ha comportato per la stazione omonima l'adozione della stessa tipologia speciale già prevista per la stazione Borsa.

Inoltre per favorire un buon deflusso dell'acqua raccolta in galleria si è mantenuta sempre una pendenza minima non inferiore a 0,8%; questo per alcune intertratte ove la pendenza tra le due stazioni è risultata inferiore ha obbligato a l'introduzione di un punto di minimo in corrispondenza del pozzo di intertratta.

I raggi planimetrici adottati per il tracciato non sono mai inferiori a 180m, sia per consentire l'impiego di scudi fresanti meccanizzati per lo scavo delle gallerie, sia per non limitare le velocità prestazionali dei sistemi automatici.

8.2 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato inizia nell'area del deposito con la rampa di discesa per l'immissione dei treni in galleria. Al termine della rampa inizia il tratto in galleria ad andamento planimetrico rettilineo fino a raggiungere la prima stazione di Svincolo Oreto. Questa prima tratta presenta una galleria artificiale doppio binario realizzata tra paratie posta con il piano della livelletta a circa 11m al di sotto della superficie.

La stazione Svincolo Oreto è una stazione a banchine separate ubicata all'inizio della Via Oreto, in prossimità dello svincolo con la “circonvallazione” (Viale della Regione Siciliana). Subito dopo la stazione si colloca un manufatto, avente stessa tipologia strutturale della stazione, necessario per l'allontanamento mutuo delle due vie in modo da ricavare tra di esse una distanza sufficiente per l'introduzione e l'utilizzo dei due scudi meccanizzati, pensati per

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

lo scavo delle due gallerie a singolo binario.

Da tale manufatto la linea planimetricamente si sviluppa in rettilineo, al di sotto del sedime stradale della via Oreto e raggiunge la stazione Oreto Sud posta al di sotto della via stessa in corrispondenza dell'incrocio con la trasversale Via S. Bianco.

In uscita da tale stazione le due vie di corsa, per mezzo di una prima curva, inclinata verso Est e di un'altra curva verso Ovest, si portano in asse della stazione Oreto Nord con allineamento parallelo all'asse della Via Perez.

In uscita dalla Stazione Oreto Nord le gallerie piegano verso est mediante curve di raggio m. 350 e proseguono poi in rettilineo fino alla stazione Giulio Cesare, collocata in corrispondenza della stazione ferroviaria ed al di sotto della piazza Giulio Cesare.

Da tale stazione le gallerie proseguono verso Piazza Borsa, assumendo un andamento planimetrico con la stessa orientazione del tratto precedente (all'incirca Sud-Nord).

Al di sotto di Piazza Borsa è ubicata la stazione omonima.

Dalla stazione Borsa le gallerie , mediante una prima curva si dispongono con andamento Sud Est – Nord Ovest e successivamente mediante una seconda curva si dispongono con andamento Sud Sud Est – Nord Nord Ovest coincidente con l'allineamento della stazione Massimo, collocata al di sotto di piazza Verdi ed antistante il teatro Massimo.

In uscita dalla stazione Massimo, mantenendo pressoché lo stesso allineamento planimetrico della stazione e cioè quello dell'asse di Via Ruggero Settimo, le gallerie di linea raggiungono la stazione Politeama, ubicata sul complesso delle piazze Catelnuovo e Ruggero Settimo, in asse al Viale della Libertà.

Superata la stazione Politeama le gallerie, mantenendo lo stesso allineamento dell'asse del Viale della Libertà, si dispongono una sull'altra nel tratto immediatamente precedente la stazione Archimede, che è a banchine sovrapposte, al fine di avere i binari uno sull'altro nel manufatto di bivio posto immediatamente dopo la stazione Archimede. Ciò permette, come è stato detto nelle considerazioni preliminari, sia di contenere le dimensioni planimetriche del manufatto di scambio essendo ristrette le aree a disposizione per tale manufatto, sia di contenere le dimensioni della struttura stazione Archimede/manufatto di bivio per limitare al massimo l'interferenza con le alberature del Viale della Libertà.

Dopo la stazione Archimede ed il manufatto di bivio retrostante la stazione, la linea della prima tratta funzionale prosegue verso la Stazione Notarbartolo, ubicata in corrispondenza del piazzale antistante la omonima stazione ferroviaria esistente, che raggiunge con tratto di linea posto approssimativamente con direzione Est - Ovest. Tale tratto si raccorda alle due direttici della stazione/bivio Archimede e della stazione Notarbartolo (entrambe con asse longitudinale con direttrice Sud Sud Est – Nord Nord Ovest, mediante curve di raccordo planimetrico di raggio pari a circa 200.

Nell'ultimo tratto , dopo la stazione Notarbartolo, la linea prosegue per la realizzazione del manufatto terminale della prima tratta funzionale. Tale manufatto contiene gli scambi necessari per l'inversione dei treni dopo la stazione terminale di Notarbartolo: il termine della prima tratta funzionale coincide con il termine del manufatto,

L'andamento altimetrico del tracciato inizia nell'area del deposito con la rampa di discesa dei treni in galleria.

La rampa scende con pendenza del 4% fino a portare la livelletta del piano di rotolamento dei treni a circa 14,50m al di sotto dell'attuale piano strada dello svincolo a raso tra Via Oreto e Via della Regione Siciliana ("circonvallazione") che è una quota tale che consente il futuro

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

interramento di tale svincolo. Successivamente con pendenza minima pari a 0,8% la livelletta scende fino a portarsi a circa 15m al di sotto del piano stradale in corrispondenza della stazione Svincolo Oreto , dopo la quale la sezione di linea da galleria artificiale a doppio binario cambia in sezione costituita da due gallerie naturali circolari a singolo binario.

Dopo la stazione Svincolo Oreto la livelletta scende con pendenza prima del 3,9% e poi del 1% per portarsi a circa 18,50m sotto il piano stradale in corrispondenza della stazione Oreto Sud.

Proseguendo in uscita dalla stazione Oreto Sud, la livelletta scende con pendenza pari al 4% fino ad un minimo di circa 33m di profondità per poter sottopassare in sicurezza l'alveo del fiume Oreto. Da tale minimo la linea risale dapprima con pendenza minima a 0,8%, per il tratto interessato dall'alveo del fiume, e poi, superato l'alveo, con pendenza del 3,25% per attestarsi a circa 22, 75m di profondità in corrispondenza della stazione Oreto Nord.

Tale quota è necessaria in quanto la stazione Oreto Nord, a causa dei ristretti spazi planimetrici per la sua ubicazione, presenta una tipologia avente le due banchine di stazione ciascuna collocata in una in naturale, scavata in tradizionale, posta al di sotto del piano di posa degli edifici posti lungo la Via Perez nel tratto compreso tra gli incroci con le trasversali Via Bergamo e Via A. Todaro.

Dopo la stazione Oreto Nord la linea prosegue con un primo tratto a scendere (pendenza 1,7%) e poi con un tratto a salire (pendenza 1%) fino ad arrivare alla stazione Giulio Cesare con livelletta posta a circa 18,50 di profondità.

Dalla stazione Giulio Cesare la stazione scende con pendenza unica pari a 1,5% fino alla stazione Borsa (livelletta in stazione a circa 18,50m di profondità) per poi risalire con pendenza unica (1,65%) fino alla stazione Massimo (anch'essa con livelletta di stazione a circa 18,50m di profondità).

Dopo la stazione Massimo la linea prosegue con un primo tratto a scendere (pendenza 2,55%) e con un secondo tratto a salire (pendenza 1%) fino alla stazione Politeama posta con la livelletta a circa 20m di profondità.

In uscita dalla stazione Politeama la linea scende con pendenza del 2,10% per entrambi i binari e quindi per entrambe le gallerie fino alla metà dell'intertratta tra le stazioni politeama ed Archimede. Dopo tale metà un binario con la relativa galleria continua a scendere con la stessa pendenza mentre l'altro binario (e galleria associata) sale in modo che in arrivo nella stazione Archimede e nel contiguo manufatto di bivio i binari sono sovrapposti: il superiore a circa 16m di profondità e l'inferiore a circa 25m di profondità.

In maniera analoga, all'uscita dalla stazione Archimede a dal contiguo manufatto di bivio, il binario inferiore sale con pendenza 2,6% e quello inferiore scende per intercettare la pendenza di quello inferiore in modo che entrambi assumo nuovamente una posizione altimetrica parallela e pervengono entrambi alla stazione Notarbartolo con una quota che si colloca a circa 18,50m di profondità.

Dopo la stazione Notarbartolo entrambe le gallerie di linea proseguono in uscita, con pendenza minima a scendere pari a 0,8%, fino a pervenire in un manufatto unico, posto a circa 300m di distanza, ove è possibile collocare gli scambi necessari per l'inversione dei treni al retro della stazione Notarbartolo, terminale della prima tratta funzionale della metropolitana.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

9 DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

9.1 GALLERIA DI LINEA

La maggior parte della linea della prima tratta funzionale è prevista con sezione a doppia galleria, ciascuna con binario unico ed a sezione circolare, prevista su tutto il suo sviluppo a foro cieco con l'utilizzo di frese scudate a piena sezione. Fa eccezione il primo tratto, compreso tra il deposito e la stazione Svincolo Oreto e l'ultimo tratto della zona degli scambi per l'inversione dei treni, posto dopo la stazione Notarbartolo ed immediatamente prima del termine della prima tratta funzionale, per i quali è prevista una galleria unica con doppio binario, a sezione rettangolare, realizzata in artificiale con l'ausilio di diaframmi in c.a.

I criteri di progetto generali adottati per la sezione corrente della linea sono:

- doppia galleria circolare ad un binario:
- diametro interno da un massimo di m. 5,30 ad un minimo di m. 4,70 (in dipendenza della sagoma del materiale rotabile che verrà adottato)

La soluzione costruttiva adottata per la realizzazione delle due gallerie a foro cieco è lo scavo meccanizzato mediante l'impiego di due frese scudate a piena sezione. La frese scudate verranno calate nella prima stazione della tratta in oggetto, Svincolo Oreto, dalla quale si attiverà lo scavo fino al manufatto terminale dello scambio dopo la stazione Notarbartolo, ove le due frese saranno recuperate ed estratte.

Il rivestimento delle gallerie, che avrà funzione sia di supporto di prima fase che di struttura definitiva, sarà costituito da conci prefabbricati in calcestruzzo armato posati in opera dalla macchina immediatamente dopo lo scavo.

I tratti speciali iniziale e terminale si compongono:

- tratto iniziale di una rampa a scendere dal deposito e di un tratto predisposto per il futuro interrimento dello svincolo stradale tra Via Oreto e Viale della Regione Siciliana con una profondità variabile della livelletta compresa il piano di campagna e 14/15m circa di profondità con una sezione a doppio binario di minima larghezza, sia per la necessità di posizionamento dello scambio in avanstazione Svincolo Oreto, sia per l'immissione in deposito con il minimo ingombro all'interno dell'area dello stesso,
- tratto terminale di circa 300m ove la sezione trasversale della linea deve poter contenere tre vie affiancate, per il posizionamento degli scambi per l'inversione dei treni al termine della prima tratta funzionale, con le relative banchine di servizio, ed anche per la realizzazione di un parcheggio in linea adatto per lo stazionamento di tre treni in relazione al futuro proseguimento della linea oltre la prima tratta funzionale quindi deve essere di larghezza non inferiore 15m. circa.

Pertanto a causa di ciò non è possibile adottare la sezione con le due gallerie circolari, scavate con fresa scudata, ed impiegate per tutto il restante tratto.

A causa della modesta profondità della linea nel primo tratto (la linea ha un piano di rotolamento compreso tra 0,0 e 15 m. al di sotto del piano ed a causa di quanto richiamato nei due punti precedenti si adotta per i due tratti, una struttura scatolare realizzata a cielo aperto mediante opere di contenimento e sostegno dello scavo realizzate con paratie e/o micropali:

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

- costruttivamente si eseguono le opere con la seguente successione e modalità operativa;
- esecuzione delle opere di contenimento degli scavi (paratie e micropali)
- esecuzione della struttura di copertura e ripristino della viabilità
- esecuzione dello scavo sotto copertura
- completamento dello scatolare in c.a al di sotto della copertura.

9.2 STAZIONI

9.2.1 Criteri generali di progetto

Le stazioni sono riconducibili in parte ad una tipologia standard definita in seguito come stazione tipo ed in parte a speciali tipologie (a tipologie speciali) definite in seguito come stazione speciale.

Tutte le stazioni sono interrate a banchina centrale, ad eccezione di Svincolo Oreto che ha banchine laterali e di Archimede che presenta banchine sovrapposte, con un minimo di due accessi alla superficie secondo le prescrizioni della normativa vigente.

La stazione tipo ha pianta rettangolare e banchina centrale ad "isola" ed è costruita a cielo aperto. Essa presenta tre livelli funzionali e cioè il piano atrio (posto immediatamente al di sotto del piano strada), il piano mezzanino posto il piano atrio sovrastante il piano banchine sottostante più profondo. Sono riconducibili a questa tipologia le stazioni Oreto Sud, Giulio Cesare, Politeama e Notarbartolo mentre sono di tipologie speciali le restanti e cioè Svincolo Oreto, Oreto Nord, Borsa, Massimo ed Archimede che vengono descritte nei punti a seguire. Per la stazione Politeama si specifica che essa non è esattamente uguale alla stazione tipo in quanto a livello altimetrico il piano banchina è più profondo di circa 1,50m rispetto a quella della stazione tipo e pertanto tale stazione si individua tipologicamente nel seguito come tipo "profonda" e non come tipo.

La stazione speciale Svincolo Oreto (tipologia speciale 1), costituita a pianta rettangolare e banchine laterali. Essa presenta una estensione, oltre la "scatola" funzionale della stazione, in direzione Notarbartolo, di forma trapezoidale in pianta per consentire l'allargamento dello spazio dell'interbinario per avere la larghezza necessaria per poter calare i due scudi meccanizzati ed eseguire in sicurezza le due gallerie circolari che costituiscono la sezione corrente della linea. Tale stazione presenta due soli livelli e cioè il piano atrio ed il piano delle banchine, in quanto essa ha la livelletta ad una profondità non molto elevata in quanto si colloca al termine della tratta che funge da collegamento altimetrico tra la il deposito e la galleria corrente di linea che presenta una quota di rotolamento non inferiore a 18/18,50m. per garantire il sottoattraversamento in sicurezza degli edifici interessati dal tracciato della metropolitana.

Stazione speciale Oreto Nord (tipologia speciale 2). A causa della ristretta larghezza della via Perez, ove tale stazione trova ubicazione, la stazione è costituita da una "scatola" rettangolare lunga e stretta realizzata a cielo aperto (sul sedime stradale di Via Perez) ove trovano collocazione, l'atrio, le scale di collegamento fino al piano banchina ed i locali tecnologici e da due gallerie naturali (una per ciascuna banchina) di banchina realizzate con sezione policentrica scavata in tradizionale e collegate alla "scatola" della stazione per mezzo di due cunicoli di comunicazione, anch'essi scavati in tradizionale). Le due gallerie di banchine sono ubicate sotto gli edifici posti ai lati della Via Perez e pertanto la quota del piano di rotolamento è molto profonda e si attesta ad una profondità di circa 22,50m al fine di realizzare in sicurezza le gallerie di banchina con ridottissimi risentimenti in superficie ed al di sotto dei piani di imposta delle fondazione degli edifici sottoattraversati dalle gallerie di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

banchina..

Stazioni speciali Borsa e Massimo (tipologia speciale 3). A causa dei vincoli in superficie nelle aree ove trovano collocazione le due stazioni, costituiti dalla presenza di un antico canale interrato di epoca medievale su Piazza Borsa per l'omonima stazione e da alberature di pregio non rimovibili presenti su Piazza Verdi, esse vengono realizzate con un'apposita ulteriore tipologia speciale. Tale tipologia è costituita da una "scatola" a pianta pressoché quadrata, realizzata a cielo aperto ove trovano collocazione, l'atrio, le scale di collegamento fino al piano banchina, i locali tecnologici e parte delle banchine. La restante parte di lunghezza di banchina è prevista in due gallerie realizzate con sezione policentrica e scavo in tradizionale a partire dalla scatola della stazione. Tale tipologia speciale prevede la quota del piano di rotolamento a circa 18,50/19m. di profondità come per la stazione tipo. Ciò è possibile perché le gallerie di banchina non sottoattraversano nessun edificio in quanto si trovano al di sotto delle piazze dove sono ubicate le due stazioni.

Stazione speciale Archimede/manufatto di bivio (tipologia speciale 4). Tale stazione ha una tipologia a banchine sovrapposte in quanto è planimetricamente ubicata in adiacenza al manufatto di bivio per la diramazione della linea nei due rami Archimede/ Notarbartolo/ Strasburgo/ Aldisio/ Mondello e Archimede/Gentili/De Gasperi/Aldisio/ Mondello. Tale manufatto di bivio è stato previsto di tipologia a binari sovrapposti per contenerne al massimo la dimensione planimetrica, sia a causa dell'esiguità dell'area disponibile per la sua localizzazione, sia per contenerne i costi in quanto di dimensioni più contenute rispetto ad un manufatto di bivio senza sovrapposizione dei binari che ha una lunghezza circa tripla rispetto a quello a binari sovrapposti. Inoltre l'adozione della tipologia di stazione a banchine sovrapposte, oltre che per la contiguità con il manufatto di bivio è stata adottata anche per ridurre al minimo la larghezza della stazione in modo da limitare al minimo e su un solo filare l'interferenza con le alberature di pregio presenti su Viale della Libertà nel tratto di inserimento della stazione/bivio. Dal punto di vista della consistenza delle opere la stazione Archimede ed il manufatto di bivio costituiscono un "unicum" strutturale e funzionale realizzato con una scatola a pianta pressoché trapezia molto allungata realizzata a cielo aperto con l'adozione di diaframmi per il contenimento dello scavo.

La localizzazione delle stazioni recepisce le linee guida desunte dallo Studio di Fattibilità e da quanto verificato e stabilito con il Comune di Palermo.

Oltre a ciò le stazioni sono state localizzate planoaltimetricamente nel rispetto dei seguenti assunti progettuali.

Posizionamento delle stazioni (corpo stazione) e accessi in superficie (scale fisse, scale mobili e ascensori) che tiene conto dei vincoli ambientali in cui sono stati inseriti; in particolar modo riducendo al minimo, per quanto possibile) gli effetti su pubblici servizi, alberate, viabilità in fase di realizzazione.

Ubicazione degli accessi delle stazioni: è concepita per massimizzare l'attrattività e il servizio delle stazioni.

Tipologia degli accessi: per ogni stazione sono previsti in linea di principio due accessi e un ascensore di collegamento dalla superficie al piano atrio, la cui profondità è mediamente di 7m. Ogni accesso si compone di scala fissa per l'entrata e di scala mobile per l'uscita.

Ottimizzazione della profondità delle banchine delle stazioni: si è cercato il miglior compromesso tra attrattività della stazione (e, quindi, riduzione della profondità delle banchine) e sicurezza nella costruzione delle gallerie di stazione e di linea soprattutto in relazione al sottoattraversamento degli edifici interessati dalla linea.

Tipizzazione delle stazioni in relazione alla possibilità di adattamento delle stesse ai diversi

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

sistemi automatici attualmente presenti in commercio: si sono sviluppate due soluzioni: una riferita al sistema di massimo ingombro cioè aventi i treni con l'ingombro trasversale massimo (tipo Ansaldo) e l'altra riferita al sistema di minimo ingombro cioè avente i treni con l'ingombro trasversale minimo (tipo Val). Tutti gli altri sistemi saranno associati a stazioni aventi ingombri funzionali intermedi tra quella di massimo ingombro e tra quella di minimo ingombro.

Uno o due ascensori per banchina di collegamento tra piano atrio e piano banchina (il numero è in relazione alla profondità della banchina) e di uno per la risalita in superficie dal piano atrio.

Rispetto delle prescrizioni funzionali della normativa antincendio.

Previsione di una linea unica di controllo al piano atrio.

Massima razionalizzazione e funzionalità per i locali tecnologici che sono distribuiti generalmente su due livelli (piano atrio e piano mezzanino) con l'eccezione di Svincolo Oreto ed Oreto Nord ove sono tutti localizzati a livello di piano atrio a causa delle particolarità funzionali di tali stazioni.

Ottimizzazione ingombro in superficie del pozzo di calaggio materiali e delle griglie di ventilazione.

Contenimento dei costi di costruzione e di manutenzione (rustico e finiture).

Tabella riassuntiva stazioni /tipologia

STAZIONE	TIPOLOGIA
Svincolo Oreto	Stazione speciale 1
Oreto Sud	Stazione tipo
Oreto Nord	Stazione speciale 2
Giulio Cesare	Stazione tipo
Borsa	Stazione speciale 3
Massimo	Stazione speciale 3
Politeama	Stazione tipo "profonda"
Archimede/bivio	Stazione speciale 4
Notarbartolo	Stazione tipo

Per tutte le stazioni sono state eseguite le verifiche di dimensionamento dei percorsi di sfollamento, sulla base del D.M. 11.01.88 "Norme di prevenzione degli incendi nelle metropolitane assumendo per il treno la capacità massima di 500 passeggeri che è comunque superiore a quelli effettivamente presenti nei vari sistemi (di fatto sono compresi tra 440 e 480 passeggeri).

9.2.2 Aspetti urbanistici ed architettonici nel progetto delle stazioni

Il Progetto delle stazioni collocate in un contesto urbano particolare viene affrontato nel totale rispetto del contesto, senza alterare il delicato equilibrio in cui si inseriscono, ma esaltando e

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

valorizzando le particolarità già presenti.

Viene sfruttata l'occasione di dover intervenire nelle aree di maggior pregio della città, per risistemare le piazze più importanti, ripensare lo spazio pubblico e valorizzare i monumenti che sulla Piazza insistono. Si propone quindi l'inserimento delle "emergenze funzionali", nel rispetto dei singoli contesti con alcune variabili, in modo che si possa scegliere quella più appropriata alla situazione in cui si andranno a inserire.

Le scelte architettoniche sono presentate e sistematizzate grazie al sistema di tre abachi, che divengono strumenti generali di riferimento per lo sviluppo del progetto anche nelle fasi di futuro approfondimento. Gli abachi compongono gli "elaborati generali architettonici" comprendendo tutti gli elementi utilizzati nella totalità dell'intervento divisi in:

- finiture;
- elementi architettonici degli spazi pubblici;
- elementi architettonici delle stazioni;

Associati agli elaborati generali architettonici un abaco specifico per ogni singola stazione raccoglie tutti gli elementi presenti.

Materiale ricorrente sarà sempre la ceramica, sia per i pavimenti che per i rivestimenti degli interni. Le banchine in cui si attende il passaggio del treno sono presentate come ambienti interni appartenenti alla vita pubblica della città senza perdere la ricchezza che da sempre è presente negli edifici di rappresentanza della città. La decorazione è sempre presente in tutti gli spazi ipogei accompagnando gli utenti fino all'esterno, dove nello spazio pubblico si ritrovano ancora tracce del rivestimento ceramico. Si stabilisce in questo modo una relazione continua tra gli elementi e i materiali, tra la tradizione e la contemporaneità, continuando il processo evolutivo della decorazione e degli spazi pubblici.



9.3 POZZI DI VENTILAZIONE E MANUFATTI SPECIALI

I pozzi di ventilazione, presenti in numero di nove lungo il tracciato della linea, sono situati nell'intertratta tra due stazioni, ed assolvono alle funzioni di ventilazione di esercizio e di emergenza e anche di aggettamento acque di linea per tratte di interstazione ove è presente un punto di minimo.

Sono previsti tra l'altro due accessi dalla superficie, uno per l'esercente e l'altro (separato) per l'accesso in linea dei Vigili del Fuoco in emergenza così come richiesto dalla vigente normativa.

Essi hanno tutti uno stesso schema funzionale e strutturale tipologico, definito come "pozzo

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

tipo”.

Sono pertanto composti in superficie da:

- due griglie ciascuna di superficie pari a circa 20 m² per la presa e/o l'estrazione dell'aria di ognuna delle due gallerie di linea
- botola per il calaggio dei materiali;
- botola per l'accesso al locale quadri elettrici da parte dell'esercente.

E in sotterraneo da :

- due camere di ventilazione, ciascuna contenente il ventilatore con i silenziatori per la ventilazione di ognuna delle due gallerie di linea .Le due camere di ventilazione sono disposte una sull'altra per limitarne l'ingombro in pianta in quanto sono molto limitate le aree disponibili per la loro collocazione e per limitare le interferenze con i sottoservizi presenti
- locale quadri elettrici ;
- pozzo circolare di raggio interno 3,0m (I pozzi che sono anche di aggottamento proseguono approfondendosi per la realizzazione di una vasca di raccolta).
- due cunicoli di collegamento orizzontali con le due gallerie di linea. La sezione trasversale dei cunicoli è a forma policentrica e scavata con metodo tradizionale.

Il pozzo P09 è adattato dalla tipologia degli altri pozzi in quanto è collocato nelle opere del tratto realizzato a cielo aperto per l'inserimento degli scambi dopo la stazione Notarbartolo a fine della prima tratta funzionale e ne fa parte e pertanto non è riconducibile al pozzo tipo

Nella tabella seguente si riassume la tipologia di ogni pozzo:

POZZO	TIPOLOGIA E DESTINAZIONE
P01	Pozzo tipo – Ventilazione
P02	Pozzo tipo - Ventilazione e aggottamento
P03	Pozzo tipo - Ventilazione e aggottamento
P04	Pozzo tipo – Ventilazione
P05	Pozzo tipo – Ventilazione
P06	Pozzo tipo - Ventilazione e aggottamento
P07	Pozzo tipo - Ventilazione
P08	Pozzo tipo – Ventilazione
P09	Inserito nel manufatto terminale degli scambi - Ventilazione

Oltre ai pozzi sono presenti i due manufatti speciali già descritti in precedenza e cioè:

- manufatto di bivio posto in continuità con la stazione Archimede lato direzione Notarbartolo
- manufatto terminale degli scambi posto alla fine della prima tratta terminale per la collocazione degli scambi necessari dopo la stazione Notarbartolo , capolinea della prima tratta funzionale, per l'inversione dei treni in arrivo in stazione dalla stazione Svincolo Oreto per il ritorno verso tale stazione.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

9.4 DEPOSITO OFFICINA

Il progetto in argomento prevede la realizzazione di edifici di Deposito ed Officine per l'utilizzo e la manutenzione del materiale rotabile.

Per il dimensionamento del deposito e delle officine sono stati considerati i seguenti parametri geometrici che sono risultati sempre, tra i diversi sistemi studiati, maggiormente vincolanti:

- Raggio di curvatura: 50 metri
- Larghezza del veicolo: 2,65 metri
- Lunghezza del veicolo: 52,28 metri

Il progetto realizzato considera lo sviluppo definitivo della linea e, pertanto, l'area destinata al deposito ed alle officine avrà una capienza complessiva di 40 treni; in prima fase è prevista la realizzazione di un deposito da 16 treni.

Le officine ed i depositi moderni essenzialmente svolgono le seguenti funzioni:

- Stazionamento dei veicoli durante la pausa dalle operazioni.
- Ispezione, manutenzione e pulizia dei veicoli.
- Riparazione e revisione tecnica dei veicoli.

A queste mansioni tecniche si aggiungono anche le funzioni operative e amministrative tra cui:

- Amministrazione
- Gestione delle operazioni / Edificio Centrale
- Postazione per il Controllo Centralizzato delle Stazioni.

L'area individuata per la costruzione degli impianti di ispezione, manutenzione e riparazione dei veicoli e per gli uffici di amministrazione e controllo degli edifici di servizio del deposito e delle officine è ubicata nella zona ad ovest del tracciato, al termine di via Oreto.

In questo spazio, che misura 96.464 m², accanto alle officine per la manutenzione sono ubicati i binari di stazionamento dei treni, il binario esterno per il lavaggio automatico, gli uffici e i gabbioni che controllano l'accesso alle installazioni indispensabili per lo sviluppo delle attività interne.

L'edificio occupato dagli uffici amministrativi e gestionali si realizzerà nello spazio libero situato a ridosso dei parcheggi destinati al personale.

Gli accessi all'area sono stati ubicati a Nord, in modo da sfruttare le comunicazioni esistenti con il binario di servizio adiacente al deposito.

Di seguito vengono descritte le distinte aree funzionali del deposito.

L'area destinata alla rimessa e alle officine è stata calcolata in base alla necessità primaria di fornire una capienza a 16 treni con composizioni di **lunghezza massima** pari a 52,28 metri (nel caso si utilizzi il sistema Val), e con una **larghezza massima** pari a 3,62 metri (nel caso si scelga di utilizzare il sistema Ansaldo).

Il raggio minimo adottato nel progetto ed utilizzato all'interno delle officine è pari a 50 metri, nel rispetto del valore più vincolante determinato dal sistema Ansaldo.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

L'area a disposizione consente di collocare 2 composizioni di 52.28 metri su di un binario, una di seguito all'altra, in funzione del sistema selezionato.

In un primo momento si avanza l'ipotesi di far stazionare i treni in una area coperta per preservarli dalle condizioni atmosferiche, ma resta comunque aperta la possibilità di evitare la copertura dell'area.

Questo edificio prevede zone di accesso per i pedoni indipendenti da quelle dedicate al materiale rotabile, in modo da evitare possibili incidenti.

Si è proposto nel progetto la realizzazione di un binario per il lavaggio automatico dei treni, sul quale il treno resta in posizione di riposo.

Le officine si possono suddividere in:

1. Postazioni per la manutenzione leggera
2. Postazioni per la manutenzione pesante.
3. Laboratori ed aree di lavori specifici

Per la manutenzione leggera delle composizioni sono stati previsti due binari, ciascuno con due postazioni di lavoro. Uno dei due binari sarà destinato alla manutenzione giornaliera e l'altro a quella periodica.

Il **Posto di manutenzione giornaliera** sarà progettato per la circolazione di una composizione.

In questa parte dell'officina si effettuerà l'ispezione visiva dei veicoli, il rifornimento dei materiali di consumo (sabbia, liquido per il lavaggio dei parabrezza) e la pulizia degli interni.

Una volta portate a termine tali attività, i treni potranno passare all'area di stazionamento o direttamente alla circolazione.

Il **Posto di ispezione periodica**, che sarà organizzato e costituito su due postazioni, è stato pensato per la realizzazione di controlli periodici e per riparazioni leggere del veicolo. E' fornito di una fossa centrale, di fosse laterali e di una piattaforma alta, in modo da poter accedere a tutte le parti del veicolo.

Le **Officine per la manutenzione pesante** sono destinate ad interventi e riparazioni importanti, quali ispezioni approfondite, sostituzione di componenti, revisione completa dei treni. Sarà installato un impianto fisso, in fossa, per il sollevamento dei treni, che consentirà la realizzazione delle operazioni relative al cambio del carrello.

I carrelli smontati dai treni saranno trasferiti nell'area coperta per la riparazione dei carrelli attraverso dei raîles o del ponte gru mobile. La manutenzione del veicolo si realizzerà in un primo momento con la sostituzione dei carrelli consumati con quelli nuovi.

I treni saranno introdotti e tirati fuori da questa zona con l'aiuto di un veicolo di manovra alimentato da batterie. Le ispezioni e riparazioni aggiuntive si realizzeranno in questo stesso binario, giacché è necessario disporre di un impianto fisso in fossa per il sollevamento.

E' stata prevista la realizzazione di un binario per l'ispezione, la sosta e il riprofilamento delle ruote. La finalità del tornio in fossa delle ruote è quella di testare il profilo delle ruote e per realizzare il riprofilamento delle stesse.

Le officine specifiche sono ubicate all'interno degli stabili destinati alla manutenzione leggera e pesante, in prossimità delle corrispondenti postazioni di lavoro. Nonostante questa ubicazione si prevede anche la possibilità di rendere il percorso breve, in modo da garantire un rapido ed ottimale svolgimento delle attività.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Le officine previste sono:

- 1 Officina meccanica.
- 2 Officina elettrica.
- 3 Officina di componenti elettronici.
- 4 Officina di sistemi di condizionamento dell'aria.
- 5 Officina di componenti idraulici e pneumatici.
- 6 Stazione merci, magazzino e manutenzione delle batterie dei veicoli.

I magazzini previsti sono i seguenti:

- Magazzino per i materiali di consumo:
- Magazzino per vernici e lacche:
- Magazzino per lubrificanti ed oli:
- Magazzino per liquidi infiammabili:
- Magazzino per oggetti di grandi dimensioni:

Il binario di prova è necessario per effettuare le prove del veicolo dopo averlo sottoposto ad interventi di manutenzione nei componenti più importanti per la sicurezza, come ad esempio freni, carrelli, apparati di protezione del treno. etc. Per questa ragione i treni devono poter accelerare sul binario di prova fino a 2/3 della loro velocità massima.

L'edificio destinato all'amministrazione e al controllo degli impianti sarà costituito da uffici e postazioni di supervisione alla rete di metropolitana leggera automatica, disporrà di servizi necessari come bar, bagni, armadietti e spogliatoi e avrà tutto intorno aree verdi e parcheggi per i veicoli di dipendenti e visitatori.

Le apparecchiature dell'edificio centrale di controllo comprenderanno i seguenti elementi:

- Sala operativa
- Sala controllo
- Sistema di visualizzazione tipo video wall
- Pavimentazione tecnica
- Piano di controllo per operatori
- Banco per i supervisori
- Piano per la manutenzione

Per la realizzazione delle officine e dei depositi è stata sfruttata la estensione massima del terreno così come avviene nel caso del fascio di binari di stazionamento, modulando la distanza tra i binari con la larghezza standard necessaria per le officine e con la metà di questa per i depositi in modo da mantenere agevoli le manovre in curva.

I treni si troveranno a N-E del territorio disponibile, entreranno dai binari di sosta, ossia dalle officine, con l'opzione di poter accedere dal binario di lavaggio automatico situato parallelamente al binario di prova.

A causa delle dimensioni e della geometria dell'area, i binari delle officine e del deposito sono

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

terminali e, per questa ragione, l'ingresso e l'uscita dei veicoli si realizzerà attraverso i due binari di accesso.

Il traffico dei veicoli all'interno della zona di deposito dovrà esser ridotto al minimo. Al fine di evitare interferenze o incidenti si è deciso di prevedere un sottovia che dall'area parcheggio – ingresso permette l'accesso diretto al piazzale del deposito senza interferire con i binari.

Dall'accesso principale, dove si trova la portineria, potranno entrare sia i veicoli dei dipendenti e dei visitatori del deposito che i Tir diretti alle officine. Per i primi sono state previste aree di parcheggio e sosta in corrispondenza degli uffici mentre i Tir potranno accedere alle aree di carico e scarico merci in prossimità del magazzino attraverso il sottovia.

Fatta eccezione per lo svolgimento di attività specifiche che possono richiedere la circolazione dei dipendenti tra le varie zone, i principali flussi di persone nel recinto saranno dovuti ai seguenti spostamenti:

- tra l'ingresso e gli spogliatoi
- tra l'ingresso e le officine
- tra l'ingresso e il magazzino

L'accesso pedonale alle aree interne al binario di prova è assicurato da un sottopasso pedonale il cui ingresso è posizionato all'interno del fabbricato uffici.

L'Intervento prevede la realizzazione della linea a doppio binario a servizio dell'Impianto Deposito Polifunzionale, a scartamento normale 1435 mm totalmente allo scoperto. Il tracciato del binario permette, con idonei dispositivi di deviazione, l'ingresso agli Impianti Tecnici del Deposito. Il tracciato con interasse minimo 3.56 m prevede curve di raggio minimo 50 m senza sopraelevazione e raccordi parabolici, la velocità massima prevista è di 20 Km/h (manovra). La quota del piano ferro è individuata a + 34.30.

E' previsto sul perimetro esterno dell'area del Deposito un binario prova circolare per permettere test diagnostici ai rotabili. La velocità massima raggiungibile è di 60 Km/h per un tratto di circa 100 m.

9.5 PARCHEGGIO DI INTERSCAMBIO

Tra la circonvallazione e l'area del deposito è ubicato il parcheggio di interscambio, che si sviluppa su una superficie di 3,9 ha.

Sono previste le soste per i taxi (8 posti) e per i bus turistici (16 posti), i posti auto (1162), i posti per i diversamente abili (24), i posti per i motocicli (177).

Si prevedono due fasi di utilizzo del parcheggio:

fase 1: percorsi di accesso a rotatoria e bypass in tunnel non costruita (vale situazione attuale del fuso esistente)

fase 2: percorsi di accesso a rotatoria con bypass realizzato

Nella fase 1, l'attuale conformazione della viabilità prospiciente l'area di parcheggio permette le manovre di ingresso/uscita dalla sola complanare, senza possibilità di accesso diretto in rotatoria: in tale situazione occorre verificare la possibilità di accesso al parcheggio

Nella fase 2 l'alternativa alla rete stradale è rappresentata dalla modifica altimetrica dell'asse di scorrimento e dalla creazione di una rotatoria, a piano campagna, a servizio delle complanari con un ramo aggiunto diretto al parcheggio. In tal caso le manovre di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

ingresso/uscita avvengono direttamente dalla rotatoria.

In questa fase 2 il progetto di rotatoria a più livelli (ipotesi in fase di studio da parte del Comune di Palermo) dovrebbe prevedere il collegamento con tunnel di sottopasso tra Stazione Metro Oreto e Parcheggio di scambio realizzato a livello della banchina di stazione, in modo da sottopassare i due livelli di shunt della grande arteria stradale e delle sue complanari (ribassate) in corrispondenza della rotatoria.

10 IMPIANTI DI LINEA E DI STAZIONE NON DI SISTEMA

10.1 IMPIANTI NON CONNESSI AL SISTEMA

Gli impianti tecnologici di seguito descritti si riferiscono agli impianti “non connessi al sistema” delle nove stazioni, dei nove pozzi di ventilazione e/o agottamento e delle gallerie di linea.

Il progetto impiantistico delle stazioni è stato elaborato con riferimento ad una tipologia base (stazione tipo), considerando i casi particolari di stazione a minimo ingombro (sistema VAL) e stazione a massimo ingombro (sistema Ansaldo), e ad alcune stazioni definite speciali (come esempio è stata rappresentata la stazione Oreto Nord, sempre prendendo in considerazione i due sistemi a minimo ingombro e a massimo ingombro).

Per la descrizione generale delle stazioni si farà riferimento a quella tipo; essa è a pianta rettangolare ed è costituita da quattro livelli interrati: atrio, mezzanino, banchina e sottobanchina.

Nella zona tecnologica interdetta al pubblico presente al livello atrio (tipologia a minimo ingombro) o a livello mezzanino (tipologia a massimo ingombro), sono previste le seguenti centrali tecnologiche “non connesse al sistema”:

centrale di ventilazione 1; centrale di ventilazione 2; centrale antincendio; locale UPS; locali quadri elettrici.

Nella zona tecnologica interdetta al pubblico presente al livello mezzanino delle stazioni a minimo ingombro, sono previste le seguenti centrali tecnologiche “connesse al sistema”:

cabina di trasformazione e distribuzione 20/0,400 KV; locale per apparati di automazione e comunicazione; cabina di trasformazione e raddrizzamento; locale batterie per soli impianti di sistema.

Nella zona tecnologica interdetta al pubblico presente al livello atrio delle stazioni a massimo ingombro, sono previste le seguenti centrali tecnologiche “connesse al sistema”:

- cabina di trasformazione/distribuzione, cabina di trasformazione/raddrizzamento; ATC, TLC, SCADA locali per apparati di automazione e comunicazione; QBT locale quadro generale bassa tensione.

Le stazioni speciali hanno invece caratteristiche differenti tra loro rispetto alle stazioni tipo per: altezze tra i vari livelli, pianta, numero di piani (livelli), ubicazione locali tecnologici “connessi al sistema” e “non connessi al sistema”.

Gli impianti tecnologici, “non connessi al sistema”, sono i seguenti:

- Impianti Meccanici
- Impianti di ventilazione;
- Impianto idrico;

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

- Impianto di spegnimento antincendio: ad idranti ed a sprinkler (per le scale mobili e per i tunnel di banchina).
- Impianti Elettrici e speciali
- Impianto di illuminazione e F.M. in galleria;
- Impianto di illuminazione e F.M. nelle stazioni;
- Impianto di messa a terra;
- Vie cavi per gli impianti di sistema;
- Interfacciamento impianti "non di sistema" con l'Unità di Acquisizione di Stazione (UAS);
- Impianto di rivelazione incendi;
- Impianto di controllo accessi zona tecnologica;
- Impianto di bigliettazione automatica;
- Scale mobili ed ascensori
- Ascensori oleodinamici;
- Scale mobili.

Sono fornite nel seguito alcune indicazioni circa gli impianti ritenuti più importanti e/o deputati ad assumere funzioni di sicurezza in caso di emergenza.

10.1.1 Impianti di ventilazione

Sono stati previsti due sistemi di ventilazione distinti e separati tra di loro:

- il sistema di ventilazione delle stazioni realizzato attraverso opportuni circuiti aeraulici in atrio in mezzanino ed banchina;
- il sistema di ventilazione dell'intera galleria di linea realizzato attraverso circuiti aeraulici longitudinali da pozzo di intertratta a pozzo di intertratta.

Esistendo una separazione fisica tra il volume di ciascuna stazione e la sede delle vetture in transito, separazione realizzata con il prolungamento, attraverso la stazione, della galleria per mezzo della struttura di supporto delle porte di banchina, i due sistemi di ventilazione a servizio della stazione e della galleria si possono, come detto, considerare indipendenti e separati.

Gli impianti di ventilazione di stazione e di galleria previsti hanno ognuno la duplice funzione:

- di assicurare il benessere degli utenti rendendo salubri gli ambienti in sotterraneo in condizioni di esercizio di normale funzionamento;
- di provvedere in caso di incendio all'aspirazione dei fumi assicurando una velocità dell'aria superiore alla velocità critica di espansione dei fumi caldi la cui tendenza è di stratificare nelle parti alte.

La determinazione della portata d'aria elaborata da questi impianti nella condizione di funzionamento di emergenza incendio, tiene in debito conto della curva di potenza dell'incendio che è possibile prevedere in stazione ed in linea. Ecco quindi che l'impianto di galleria è sviluppato sulla base di una curva di potenza di una cassa di un veicolo (il valore raggiungibile è di circa 6 MW) mentre quello di stazione è sviluppato sulla base di una curva di potenza di un cestino per la carta o per un pannello pubblicitario (il valore raggiungibile è in questo caso molto minore: circa 0,5 MW) e della quota parte (anch'essa molto limitata) dei

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

fumi prodotti da un incendio sul treno fermo in stazione, fumi che tracimano in banchina attraverso gli interstizi che si creano all'apertura delle porte.

Le centrali di ventilazione di stazione sono costituite ognuna da n° 1 ventilatore assiale, totalmente reversibile, di opportune caratteristiche portata/pressione. Nel funzionamento normale i due ventilatori sono predisposti per la movimentazione dell'aria ai fini di limitare l'incremento di temperatura dovuto ai carichi endogeni; in particolare l'aria viene immessa nell'atrio e nel mezzanino ed estratta dal sottobanchina. Nel funzionamento d'emergenza i ventilatori possono funzionare in modalità inversa a seconda dei casi previsti per lo smaltimento dei fumi, che avviene con modalità differenti a seconda della zona interessata dallo sviluppo dell'incendio.

Le centrali di ventilazione in ogni pozzo di ventilazione sono costituite da n° 2 ventilatori assiali, totalmente reversibili, di opportune caratteristiche portata/pressione, per la ventilazione della galleria in condizioni di funzionamento normale e per lo smaltimento dei fumi in condizioni di emergenza; il singolo ventilatore agisce sul proprio ramo di galleria.

10.1.2 Impianti idrici-antincendio

Gli impianti previsti in ogni stazione e nella galleria, sono i seguenti:

- impianto ad idranti UNI 45;
- impianto di spegnimento automatico (sprinkler).

L'acquedotto comunale alimenterà in ogni stazione l'impianto antincendio (idranti UNI 45 e sprinkler). L'alimentazione dell'impianto antincendio avviene per il tramite di un gruppo di pressurizzazione che garantisce la pressione sufficiente agli impianti antincendio. E' previsto un gruppo di riduzione che si interpone tra l'acquedotto ed il gruppo con lo scopo di tenere costante la pressione all'aspirazione del gruppo stesso.

L'impianto antincendio ad idranti UNI 45 è previsto nelle stazioni e nella galleria; l'impianto ad estinzione automatica (sprinkler) è previsto nei vani sottostanti le scale mobili con tubazioni ad umido e nel sottobanchina per lo spegnimento di incendio dei carrelli del treno fermo in stazione con tubazioni asciutte (del tipo a preallarme).

10.1.3 Impianti elettrici e speciali

Gli impianti elettrici e speciali previsti per ogni stazione, per ogni pozzo di ventilazione e nelle gallerie, sono i seguenti:

- Quadri elettrici nelle stazioni e nei pozzi di ventilazione, alimentati dal quadro generale di bassa tensione della stazione.
- Gruppo di continuità statico, per ogni stazione, UPS, autonomia minima 120 minuti.
- Apparecchi illuminanti (normale, sicurezza, emergenza) di varie tipologie per l'illuminazione delle stazioni, della galleria e dei pozzi di ventilazione.
- pianto di terra nelle stazioni, nei pozzi di ventilazione e nella galleria.
- pianto di rivelazione incendi nelle stazioni e nei pozzi di ventilazione interfacciato col sistema supervisione e con le unità locali di controllo per il coordinamento degli impianti stazione/pozzo in emergenza.
- pianto di controllo accessi zona tecnica nelle stazioni e pozzi di intertratta.
- interfacciamento, per mezzo di quadri elettrici, degli "impianti non di sistema" con gli "impianti di sistema".

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

Il concentratore di stazione (UAS) si interfaccia con i singoli apparati non di sistema di stazione con un collegamento di tipo seriale, oppure on/off; con gli impianti dei pozzi di ventilazione il collegamento è invece di tipo ottico.

Gli impianti ed apparati dei pozzi lungo linea sono collegati sia alle UAS che alle UCAS (Unità di Controllo Antincendio di Stazione) delle stazioni a monte ed a valle con collegamenti in fibra ottica.

L'impianto di interfacciamento "impianti non di sistema" ed "impianti di sistema" consente al sistema di supervisione, di eseguire controlli sullo stato di funzionamento degli impianti e delle apparecchiature a distanza (dal PCC) e di eseguire comandi a distanza sugli stessi.

L'impianto di interfacciamento è costituito essenzialmente da unità modulari I/O digitali per la comunicazione dei comandi e dei segnali delle apparecchiature in campo, da cavi in fibra ottica, da convertitori elettro-ottici, da cavi bus, da software di programmazione delle apparecchiature di interfacciamento.

10.1.4 Scale mobili

Le scale mobili rispondono alle esigenze di un servizio pubblico di grande intensità: il dimensionamento è stato eseguito per un funzionamento di sette giorni a settimana per 20 ore giornaliere al 40% del carico, con punte ogni 3 ore (della durata di mezz'ora) al 100% del carico.

Le scale mobili sono progettate per funzionare in entrambe le direzioni di marcia alla stessa velocità (salita-discesa) con le stesse caratteristiche di sicurezza.

La larghezza netta delle scale è pari a 100 cm tra le balaustre in modo da rappresentare due moduli di uscita, come previsto dal D.M. 11/1/88.

L'inclinazione della scala è di 30°.

Le scale mobili piano stradale/atrio sono previste per installazione all'aperto.

Ogni scala mobile è dotata di pulsanti per l'arresto di emergenza alle due estremità della scala.

10.1.5 Ascensori oleodinamici

Gli ascensori oleodinamici sono previsti per superare i dislivelli piano strada/atrio, atrio/banchina. Gli ascensori saranno rispondenti alle normative vigenti e saranno adatti al trasporto di portatori di handicap.

Le principali caratteristiche funzionali sono le seguenti:

- portata 900 Kg;
- persone 12;
- velocità nominale 0,63 m/s;
- avviamenti/ore previste 90 con rapporto di intermittenza pari al 40%;
- funzionamento continuo per 20 ore/giorno.

L'illuminazione della cabina è effettuata con corpi illuminanti in grado di assicurare un illuminamento minimo di 100 lux a quota pavimento.

L'impianto di illuminazione della cabina comprende la luce di sicurezza, costituita da un gruppo di alimentazione autonomo, il quale, in mancanza della tensione di rete, è in grado di

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

garantire l'illuminazione all'interno della cabina per 180 minuti.

Le porte, le pareti della cabina e il relativo vano corsa degli ascensori atrio/banchina sono realizzati, per quanto possibile, in materiali trasparenti, in modo che gli occupanti possano agevolmente vedere le aree circostanti frequentate dal pubblico ed essere da questo visti.

11 MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio riguarderà le opere civili nelle fasi costruttive, ad ultimazione avvenuta ed in esercizio, nonché le strutture al loro contorno.

Obiettivo generale del monitoraggio in corso d'opera è quello di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale del terreno e della struttura in esso inserita con il comportamento ipotizzato e calcolato nelle varie fasi progettuali, in considerazione anche dell'influenza dell'opera sulle aree superficiali circostanti. Tale verifica è quindi finalizzata a valutare gli andamenti dei vari parametri misurati in relazione alle fasi costruttive, alle tecniche scelte e alle geometrie in gioco.

Il sistema di monitoraggio deve essere, inoltre, finalizzato alla sicurezza di chi lavora e dei residenti nelle aree prossime alle opere da realizzare, nonché alla salvaguardia delle preesistenze: fabbricati, collettori fognari, condotte idriche e del gas, ecc.. Quest'ultimo obiettivo, poi, diventa prioritario ed il più esigente se i fabbricati hanno particolare pregio storico-artistico-monumentale.

Per cogliere tutte le finalità sopraesposte sarà necessario monitorare i fabbricati, il terreno e le strutture già eseguite.

Il primo problema che si presenta in sede di progettazione di dettaglio del piano di monitoraggio è la definizione del bacino di subsidenza prodotto dagli scavi per la determinazione dell'area che dovrà essere interessata dal piano stesso.

Di ausilio importante per tale studio sarà inoltre l'analisi dello stato di consistenza degli edifici interessati dall'opera e di eventuali effetti di subsidenza già presenti negli ultimi anni nella zona di Palermo, impiegando tecniche di analisi satellitare basate su sistemi SAR.

All'interno del bacino di subsidenza calcolato s'individuano nelle future fasi progettuali tutte le preesistenze ed in particolare tutti quei fabbricati che dovranno essere monitorati.

I fabbricati sono stati soggetti ad un'indagine preventiva; nelle successive fasi progettuali occorrerà integrare le indagini svolte nel progetto preliminare al fine di giungere ad una classificazione dei fabbricati in base all'indice di vulnerabilità, che consentirà di individuare i fabbricati maggiormente sensibili ai fenomeni di subsidenza. Detti fabbricati saranno oggetto di un "monitoraggio speciale" che si differenzierà dal "monitoraggio ordinario" per una maggiore completezza della strumentazione installata.

La metodologia di un piano di monitoraggio consiste nell'osservare e valutare alcuni parametri che riguardano le perturbazioni indotte nel terreno e le deformazioni che la stessa opera subisce; tali parametri, legati alle interazioni tra la nuova struttura e il terreno, sono prevalentemente:

- formazioni che si determinano sulla superficie topografica altamente urbanizzata;
- formazioni del terreno, sia nell'immediato intorno delle gallerie, sia nei diversi strati tra la superficie topografica e lo stesso cavo;
- variazioni tenso-deformative della struttura, in relazione alle diverse componenti costruttive

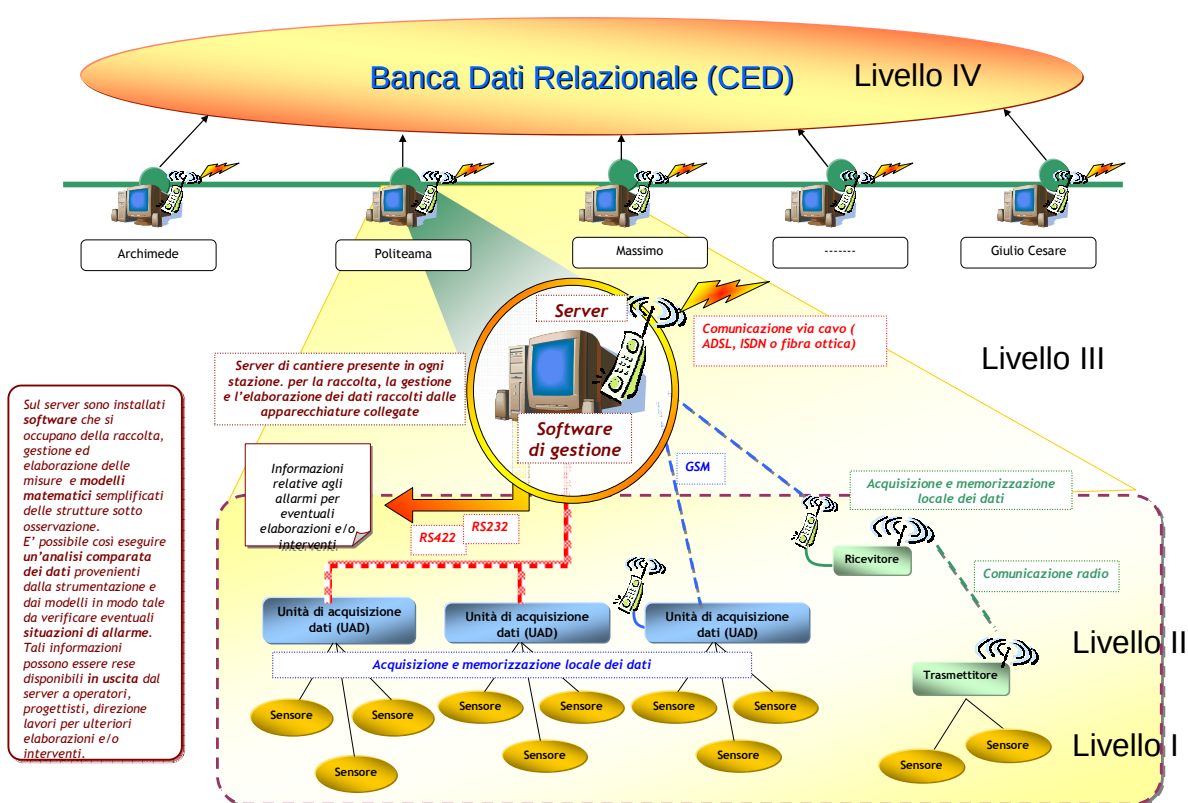
e geometriche;

- variazioni dei livelli idrici o della superficie piezometrica nel terreno.

Si prevede che tutte le tipologie di opere civili, le loro componenti strutturali ed il loro contorno saranno sottoposte a controlli ed all'attività di monitoraggio, e cioè:

- per le gallerie di linea saranno monitorati i rivestimenti definitivi in conci prefabbricati; sarà monitorato il piano campagna sovrastante ed il terreno interposto tra la galleria e la superficie;
- per i pozzi e per le stazioni saranno posti sotto osservazione il terreno, il piano campagna, i rivestimenti provvisori e quelli definitivi;
- per tutte le restanti opere saranno monitorati i fabbricati ad esse adiacenti.

L'architettura del flusso dei dati parte dai sensori fino ad arrivare alla banca dati centrale sita nel CED. Il CED sarà costituito da un Server di prestazioni superiori, atto alla gestione del sistema nel suo complesso. Ad esso giungono tutti i dati provenienti dall'intero sistema sensoristico installato. Il CED dovrà essere in grado di gestire tutti i collegamenti tra i vari livelli e di disporre di una banca dati di tutte le misure eseguite.



Il CED si preoccuperà di garantire l'uniformità e la consistenza della banca dati generale con le banche dati dei server dislocati nei vari cantieri (workstation di livello III). Da esso si effettuerà l'aggiornamento ciclico della banca dati, nonché l'elaborazione, la visualizzazione,

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

la stampa e l'archiviazione dei dati.

Il sistema di monitoraggio si suddivide in tre ambiti di applicazione principali, ed in particolare:

Gallerie di linea

Si prevede l'adozione di sezioni strumentate una ogni 200÷300 m lineari di galleria con un minimo di 3 stazioni per tratta, con la posa in opera di conci prefabbricati strumentati installati durante le fasi d'avanzamento.

Pozzi e stazioni:

Si prevede l'adozione di sezioni strumentate a diverse profondità all'interno dei pozzi e delle stazioni, mentre in superficie saranno monitorati i parametri di deformazione del terreno (misure inclinometriche, piezometriche, assestometriche e topografiche).

Superficie topografica ed edifici:

Il sistema del monitoraggio all'esterno, a seconda dell'oggetto, sarà organizzato in tre macrogruppi:

Sezioni di controllo, trasversali all'asse di scavo, da adottarsi dove la situazione delle preesistenze in superficie e/o della rete viaria lo consenta. La larghezza delle sezioni di controllo dipende dall'entità dei cedimenti della superficie attesi (subsidenza per lo scavo di gallerie e pozzi); esse si estendono sino a 15÷20 m oltre la coppia di linee di isocedimento limite stabilite (ad es. pari a 5 mm).

Fabbricati ordinari: il monitoraggio è finalizzato al controllo degli abbassamenti assoluti e differenziali delle preesistenze edilizie comprese nella fascia di subsidenza significativa (estesa una decina di metri oltre le linee di isocedimento pari ad es. a 5 mm) dovuta alla costruzione delle opere della metropolitana.

Fabbricati speciali: il monitoraggio prende in considerazione una più ampia gamma di fenomeni rispetto a quello dei fabbricati del punto precedente, perché è finalizzato anche alla verifica dello stato di sollecitazione e dell'eventuale degrado correlabile alla variazione delle condizioni al contorno a causa della realizzazione delle opere. Il controllo sarà rivolto prevalentemente al livello delle fondazioni, se poi saranno riscontrati movimenti significativi allora si procederà ad intensificare il monitoraggio topografico in superficie.

Il progetto prevede di eseguire gli scavi per le gallerie di linea e di stazione in prevalenza con la metodologia dello scavo meccanizzato con scudo (TBM).

Le principali problematiche che si possono riscontrare durante lo scavo di una galleria rispecchiano queste tre categorie di comportamento del cavo e riguardano:

- la verifica delle convergenze del cavo sul rivestimento definitivo della galleria;
- la verifica dello stato tenso-deformativo della struttura dovuto alle sue interazioni con il terreno circostante;
- il controllo della subsidenza che può essere indotta in superficie in concomitanza con le fasi di avanzamento dello scavo;
- la verifica e il controllo delle variazioni della superficie piezometrica e dei livelli idrici presenti nei terreni oggetto di scavo.

I parametri quindi da misurare sono le convergenze sul rivestimento definitivo, le deformazioni dell'ammasso all'intorno del cavo, lo stato tensionale della galleria, l'eventuale subsidenza in superficie ed infine le variazioni di livello della superficie piezometrica.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

A tale monitoraggio si affianca quello proprio della TBM, che deve essere dotata di un proprio sistema d'acquisizione dei parametri di scavo, con registrazione e restituzione dei dati principali relativi al suo funzionamento ed al suo comportamento durante lo scavo. Tali dati sono parte integrante del sistema generale di controllo in corso d'opera, e devono essere analizzati in parallelo a quelli derivanti dal monitoraggio descritto nella presente relazione.

Per quanto riguarda lo scavo dei pozzi e delle stazioni in genere, le principali problematiche che si possono riscontrare riguardano prevalentemente:

- la verifica della presenza e delle variazioni della superficie piezometrica o dei livelli idrici presenti nel sottosuolo;
- le verifiche sulla stabilità dei fabbricati adiacenti alle aree di scavo;
- la verifica dello stato tenso-deformativo della struttura e dell'ammasso e delle relative interazioni.

I parametri da misurare, quindi, riguardano prevalentemente tutti i possibili cedimenti o eventuali subsidenze del terreno o del piano campagna intorno allo scavo, lo stato tensionale nell'ammasso e nella struttura, la presenza e la profondità di un'unica falda idrica sotterranea o di più livelli idrici.

La strumentazione superficiale (assestimetri, inclinometri, piezometri e capisaldi topografici) e quella interna alle strutture (mire ottiche e barrette estensimetriche), può cambiare in quantità e modalità di disposizione, in funzione delle dimensioni dell'opera e dell'importanza delle interferenze con le preesistenze, cioè in funzione delle necessità specifiche.

12 STUDI DI PREFATTIBILITA' AMBIENTALE

Lo **studio di prefattibilità ambientale** è stato redatto in ottemperanza a quanto prescritto dalle vigenti norme che lo individuano come documento tecnico amministrativo a corredo della documentazione da allegare alla redazione di un progetto preliminare.-

La normativa di riferimento per la individuazione del contenuto dello studio di prefattibilità ambientale, come espressamente richiamato nel disciplinare, è costituita dal dettato dell'art. 21 del DPR 21 dicembre 1999 n. 554, che così recita:

1. *Lo studio di prefattibilità ambientale in relazione alla tipologia, categoria e all'entità dell'intervento e allo scopo di ricercare le condizioni che consentano un miglioramento della qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale comprende:*
 - a. *la verifica, anche in relazione all'acquisizione dei necessari pareri amministrativi, di compatibilità dell'intervento con le prescrizioni di eventuali piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici sia a carattere generale che settoriale;*
 - b. *lo studio sui prevedibili effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulle componenti ambientali e sulla salute dei cittadini;*
 - c. *la illustrazione, in funzione della minimizzazione dell'impatto ambientale, delle ragioni della scelta del sito e della soluzione progettuale prescelta nonché delle possibili alternative localizzative e tipologiche;*
2. *la determinazione delle misure di compensazione ambientale e degli eventuali interventi di ripristino, riqualificazione e miglioramento ambientale e paesaggistico, con la stima dei relativi costi da inserire nei piani finanziari dei lavori;*
 - a. *l'indicazione delle norme di tutela ambientale che si applicano all'intervento e degli*

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

eventuali limiti posti dalla normativa di settore per l'esercizio di impianti, nonché l'indicazione dei criteri tecnici che si intendono adottare per assicurarne il rispetto.

3. *Nel caso di interventi ricadenti sotto la procedura di valutazione di impatto ambientale, lo studio di prefattibilità ambientale, contiene le informazioni necessarie allo svolgimento della fase di selezione preliminare dei contenuti dello studio di impatto ambientale. Nel caso di interventi per i quali si rende necessaria la procedura di selezione prevista dalle direttive comunitarie lo studio di prefattibilità ambientale consente di verificare che questi non possono causare impatto ambientale significativo ovvero deve consentire di identificare misure prescrittive tali da mitigare tali impatti.*

Al fine di individuare se ricorra il caso previsto dal comma 3 del succitato art. 21, se cioè sia necessario che lo studio di prefattibilità ambientale contenga *le informazioni necessarie allo svolgimento della fase di selezione preliminare dei contenuti dello studio di impatto ambientale*, è necessario far riferimento al DPR 12 aprile 1996, contenente atti di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'art 40, primo comma, della Legge 22 febbraio 1994 n. 146, concernente disposizioni in materia di impatto ambientale.

In detto DPR l'art. 1 individua l'ambito di applicazione delle procedure di impatto ambientale nei progetti inclusi nell'elenco dell'allegato II della direttiva del Consiglio 85/337 CEE, concernente la valutazione di impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati.

Occorre precisare ulteriormente che la citata direttiva europea all'art. 4 par. 2 espressamente prescrive che le opere elencate nell'allegato II (tra le quali al punto 10 lett. g sono indicate anche le **ferrovie sotterranee**) formino oggetto di VIA quando gli Stati membri ritengano che le loro caratteristiche lo richiedano. Nell'adeguarsi a tale direttiva lo Stato italiano, con il DPR 12 aprile 1996, ha ristretto l'obbligo alla redazione di VIA alle opere contenute nel citato elenco ma solo quando ricadono in particolari ambiti.

L'allegato B del DPR 12 Aprile 1996, al punto 7, lett. I individua i sistemi di trasporto a guida vincolata (tramvie e metropolitane) funicolari o " linee simili di tipo particolare", principalmente o esclusivamente adibite al trasporto di passeggeri, tra quelle opere che qualora ricadano, anche parzialmente in aree vincolate come aree naturali protette ai sensi della Legge n. 394/91, sono da assoggettare alla VIA.

Tra tali opere pertanto sono incluse anche le metropolitane automatiche leggere del tipo di quelle oggetto del presente studio, *ancorché non esplicitamente menzionate*.

Dal momento che tale circostanza, l'essere anche parzialmente ricadente **in ambito di area naturale protetta**, ricorre nel caso oggetto del presente studio, si verifica la condizione posta dal comma 3 del citato art. 21 del DPR 21 dicembre 1999, n. 554, nel quale si prescrive che *"sono assoggettabili alla procedura di valutazione di impatto ambientale i progetti di cui all'allegato B che ricadono anche parzialmente all'interno di aree naturali protette come definite dalla Legge 6 Dicembre 1991 n. 134"*.

In questa Legge è contenuto l'elenco (art. 2) che classifica le aree naturali protette, elenco che non include le aree S.I.C. Natura 2000, in quanto di istituzione successiva alla data di promulgazione della stessa.

Il progetto in parola ricade parzialmente in una di queste aree perimetrate come S.I.C. e corrispondente all'alveo del fiume Oreto, e pertanto, per l'estensione della *ratio* della Legge 394/91, si può considerare come ricadente nell'obbligo di redazione dello studio di impatto Ambientale.

Infine, nel disciplinare che conferisce all'ATI con capogruppo mandataria Systra S.p.A. l'incarico per la redazione del progetto preliminare cui si riferisce lo studio in oggetto, si fa

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

riferimento, tra le prestazioni speciali, anche allo studio di prefattibilità ambientale nel quadro della **procedura di VIA regionale** ai sensi della vigente Normativa.

Il progetto, cui si riferisce lo studio in oggetto, interessa uno **stralcio funzionale** relativo ad un tratto della linea metropolitana leggera automatica facente parte dello Studio di Fattibilità commissionato dalla Provincia Regionale di Palermo all'Università degli Studi di Palermo, Istituto di Costruzioni Stradali, studio che prevedeva un tracciato esteso dallo svincolo Oreto sulla Circonvallazione fino a Mondello.

Lo studio si articola nei tre Quadri di riferimento di legge:

- Quadro di Riferimento Programmatico;
- Quadro di Riferimento Progettuale;
- Quadro di Riferimento Ambientale.

Lo Studio verrà aggiornato qualora gli esiti della campagna geognostica, in corso di esecuzione, dovessero rendere necessario un adeguamento del progetto.

13 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO

Il Piano di sicurezza e coordinamento è costituito dai seguenti fascicoli:

- Piano di sicurezza e coordinamento preliminare
- Disciplinare preliminare
- Fascicolo informazioni preliminare

Rimandando per il dettaglio ai suddetti elaborati, si precisa che gli oneri della sicurezza sono stati individuati mediante l'applicazione alle varie attività di coefficienti percentuali di incidenza delle misure di sicurezza, con riferimento al sistema di massimo ingombro ed a quello di minimo ingombro.

Per le opere civili il coefficiente varia tra il 3,0 ed il 5,5% a seconda del grado di rischio della specifica attività, mentre per gli impianti civili varia tra il 3,2 e il 4,7%.

Per gli oneri della sicurezza si può quindi stimare una percentuale pari al 4,93% dell'importo dei lavori di progetto per il sistema a massimo ingombro e al 5,00% dell'importo dei lavori di progetto per il sistema a minimo ingombro.

14 CRONOPROGRAMMA

Il programma generale di avanzamento dei lavori prevede un tempo totale di 5 anni.

Al termine del 5° anno si concludono le opere civili e gli impianti non di sistema, compreso il deposito-officina.

Nella relazione sulla cantierizzazione vengono esplicitate le modalità di realizzazione delle opere, nell'ipotesi che la velocità di avanzamento delle frese (TBM) sia pari a 10 metri per ogni giornata lavorativa.

Le lavorazioni partiranno dallo svincolo di Oreto, che offre la possibilità di un accesso diretto alla strada a scorrimento veloce denominata Viale della Regione Siciliana, evitando che le operazioni di smarino interessino la viabilità del centro.

L'area del deposito, posta al di là del Viale, sarà utilizzata come area di cantiere nei primi tre

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

anni, dopodichè il cantiere utilizzerà piuttosto l'area del parcheggio di interscambio, immediatamente a ridosso dell'area del deposito, consentendo in tal modo la realizzazione degli edifici del deposito medesimo.

15 ANALISI COSTI-BENEFICI

L'analisi costi-benefici, compresa tra gli elaborati di progetto della Parte I, rappresenta lo strumento in grado di stimare gli effetti finanziari ed economici derivanti dalla realizzazione dell'opera.

In questa ottica sono stati valutati i costi ed i benefici associati all'intervento.

I costi sono rappresentati dai costi di investimento e dai costi di esercizio (manutenzione, personale, energia e spese generali), questi ultimi stimati per un arco temporale di 25 anni.

I costi di investimento riguardano sia le opere civili e gli impianti non di sistema, per i quali è stata operata una stima di progetto, sia gli impianti di sistema e il materiale rotabile, per i quali è stata effettuata una stima presuntiva.

I benefici sono costituiti da tutti i vantaggi che l'opera rende alla collettività, suddivisi come diretti (risparmio dei tempi di percorrenza del mezzo pubblico), indiretti (riduzione dei tempi di percorrenza del mezzo privato, riduzione dei veicoli in circolazione, incremento dell'occupazione) ed indotti (rivalutazione degli immobili e delle attività commerciali).

Dall'analisi costi-benefici sono stati valutati gli indicatori economici VANE (Valore Attuale Netto) e TIRE (tasso di rendimento interno economico), pari rispettivamente a 88 mil di € ed al 6% di rendimento.

16 SCHEMA DI BANDO TIPO PER AFFIDAMENTO APPALTO

Nei documenti di progetto è incluso lo schema di bando tipo per affidamento dell'appalto, nell'ipotesi che il Comune di Palermo ricorra alla concessione, con la procedura del Project Financing, di progettazione definitiva ed esecutiva, realizzazione dei lavori e gestione funzionale ed economica della "Prima linea Oreto/Notarbartolo" della Metropolitana automatica leggera della Città di Palermo.

I metodi ed i criteri di aggiudicazione proposti ed i requisiti del concessionario sono riportati nello Schema di Bando tipo a cui si rimanda.

17 COMPUTI METRICI E STIMA DELLE OPERE

Per la determinazione del calcolo sommario della spesa (art. 23 Regolamento attuazione L.109/94) è stato seguito il seguente criterio, sia per le opere civili che per gli impianti civili non di sistema:

- computi metrici estimativi di dettaglio di un tratto di linea;
- computi metrici estimativi di dettaglio di un pozzo con aggotamento e di uno senza aggotamento;
- computi metrici estimativi di dettaglio di una stazione tipo;
- computi metrici estimativi di dettaglio di una stazione particolare (Oreto Nord);

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea - Tratta funzionale Oreto/Notarbartolo.
	Relazione Tecnica

- stima degli interventi di progetto applicando il valore desunto dai computi anzidetti alle opere effettive, con opportuni coefficienti correttivi per tenere conto dello sviluppo reale dei vari tratti, ovvero della specificità di ogni singola stazione, sia in termini di sviluppo superficiale e volumetrico, sia in termini di interventi di consolidamento.

- Per il deposito ed il parcheggio di interscambio sono stati redatti appositi computi metrici estimativi.

I computi sono stati elaborati applicando i prezzi unitari ricavati in parte dal Prezziario della Regione Siciliana, in parte dal Prezziario della Regione Piemonte, ancorché non richiamato all'art. 5 del Disciplinare di incarico, presentando un discreto numero di prezzi già adottati per la computazione di opere similari (Metropolitana Leggera di Torino).

Per le voci non contemplate nei due prezziari sono stati adottati dei prezzi aggiuntivi applicati per la metro di Torino a lavorazioni similari.

Per la risoluzione delle interferenze è stata operata una stima basata sui valori parametrici forniti dagli stessi enti gestori.

18 QUADRO ECONOMICO

Il quadro economico dell'intervento è stato predisposto con riferimento a quanto disposto all'art. 17 del Regolamento di attuazione L.109/94, ovvero con la seguente articolazione del costo complessivo:

- a) importo lavori;
- b) somme a disposizione della stazione appaltante.

Nell'ambito dell'importo dei lavori è stata operata la suddivisione in importo per l'esecuzione delle lavorazioni ed importo per l'attuazione dei piani di sicurezza.

Relativamente alle lavorazioni l'importo si riferisce alla stima delle opere civili e degli impianti non di sistema, così come ricavata dai computi metrici estimativi di cui sopra, nonché ad una stima presunta riguardagli impianti di sistema e al materiale rotabile.

Per il dettaglio del quadro economico si rimanda all'apposito elaborato.