



PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

MESSA IN SICUREZZA DEL SISTEMA ACQUEDOTTISTICO DEL PESCHIERA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DI ROMA CAPITALE E DELL'AREA METROPOLITANA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ING. PhD MASSIMO SESSA

SUB COMMISSARIO ING. MASSIMO PATERNOSTRO

acea
acqua
ACEA ATO 2 SPA



acea
Ingegneria
e servizi



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. PhD Alessia Delle Site

SUPPORTO AL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Avv. Vittorio Gennari

Sig.ra Claudia Iacobelli

Ing. Barnaba Paglia

CONSULENTE

Ing. Biagio Eramo

ELABORATO

A254PDS R010 1

COD. ATO2 ROM11105

DATA MARZO 2022

SCALA

Progetto di sicurezza e ammodernamento
dell'approvvigionamento della città
metropolitana di Roma

"Messa in sicurezza e ammodernamento del sistema
idrico del Peschiera",

L.n.108/2021, ex DL n.77/2021 art. 44 Allegato IV

Sottoprogetto
ADDUTTRICE OTTAVIA – TRIONFALE
(con il finanziamento dell'Unione
europea – Next Generation EU)



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA
ED ECONOMICA

TEAM DI PROGETTAZIONE

RESPONSABILE PROGETTAZIONE

Ing. Angelo Marchetti

Hanno collaborato:

Ing. Roberto Biagi

CAPO PROGETTO

Ing. Viviana Angeloro

Ing. Claudio Lorusso

IDRAULICA

Ing. Eugenio Benedini

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Geol. Stefano Tosti

GEOTECNICA E STRUTTURE

Ing. Angelo Marchetti

ASPETTI AMBIENTALI

Ing. PhD Nicoletta Stracqualursi

ATTIVITA' TECNICHE DI SUPPORTO

Geom. Stefano Francisci

ATTIVITA' PATRIMONIALI

Geom. Fabio Pompei

CALCOLI PRELIMINARI DELLE
STRUTTURE



INDICE

1	<i>Premessa</i>	3
2	<i>Oggetto e scopo dell'intervento</i>	4
	2.1.1 Analisi dello stato di fatto	5
	2.1.2 Le opere esistenti.....	7
	2.1.3 Criticità dell'assetto attuale	8
	2.1.4 Descrizione della soluzione progettuale prescelta	9
3	<i>Documenti di riferimento</i>	12
	3.1 Normative, raccomandazioni e linee guida.....	12
	3.2 Bibliografia.....	12
4	<i>Considerazioni generali sulla progettazione</i>	17
	4.1 Aspetti prestazionali di base del sistema	17
	4.2 Rischio sismico	18
5	<i>Caratteristiche dei materiali</i>	20
	5.1 Calcestruzzo c.a.v. C50/60	20
	5.2 Calcestruzzo C23/40	21
	5.3 Calcestruzzo C25/30	22
	5.4 Calcestruzzo C12/15	22
	5.5 Barre d'acciaio B450C	22
	5.6 Acciaio per carpenteria metallica S275JR.....	23
	5.7 Processo di saldatura.....	24
6	<i>Descrizione delle opere</i>	25
	6.1 Descrizione dei macrotratti.....	25
	6.2 Descrizione dei manufatti	28
7	<i>AZIONI DI PROGETTO</i>	44
	7.1 Azioni sulle costruzioni	44
	7.2 Azione sismica.....	44
	7.2.1 Valutazione dell'azione sismica	45
	7.3 Analisi allo SLU	47

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

7.4	Analisi allo SLE	48
8	<i>Concezione strutturale delle opere definitive</i>	49
9	<i>Opere di connessione alle infrastrutture esistenti.....</i>	50
9.1	Connessione al Centro Idrico di Ottavia.....	50
9.2	Connessione al DN2020 Bonna verso Monte Mario	51

1 Premessa

La presente Relazione Generale, facente parte del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) dell'Adduttrice Ottavia - Trionfale, è redatta in conformità a quanto stabilito dal D.Lgs n.50 del 18 aprile 2016 e regolamenti attuativi collegati e nel rispetto delle Linee Guida per la redazione del PFTE approvate dal C.S.LL.PP. in data 29/07/2021 (par. 3.2 – punto 1).

La Relazione Generale è tesa ad illustrare la soluzione progettuale individuata sulla scorta delle analisi effettuate nel precedente Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) e di quanto indicato all'interno del Quadro Esigenziale (QE) e del Documento di Indirizzo alla Progettazione (DIP).

Come previsto dalle Linee Guida sopra citate il PFTE rappresenta un primo livello di progettazione, rinnovato per contenuti e metodologia, anche mediante l'utilizzo di adeguati strumenti a supporto delle decisioni.

Per le opere pubbliche di particolare complessità o di rilevante impatto dell'allegato IV del D.L. 31 maggio 2021, n. 77, nell'ambito delle quali si colloca il presente progetto, il PFTE si incardina su un modello procedimentale integrato del tutto innovativo finalizzato a concludersi con una rigorosa verifica di ottemperanza alle prescrizioni impartite sul progetto prima dell'avvio della fase di affidamento, a garanzia della effettiva cantierabilità dell'opera.

Il presente sottoprogetto denominato "*Adduttrice Ottavia - Trionfale*" è inserito nell'Allegato n. 1 del Decreto MIMS 517/21.

2 Oggetto e scopo dell'intervento

Il sistema acquedottistico denominato Peschiera-Capore è la principale fonte di approvvigionamento idrico del territorio dell'ATO2 Lazio Centrale Roma.

Il Centro Idrico di Ottavia rappresenta uno dei nodi principali del sistema di smistamento della Capitale. In esso confluiscono il tronco inferiore del Peschiera Destro, l'adduttrice Monte Carnale Ottavia, che può trasferire le acque dal Peschiera Sinistro al Destro, e il Nuovo Acquedotto dal Lago di Bracciano.

Da questo Centro idrico partono le adduttrici che permettono il trasferimento della risorsa idrica verso il nodo Trionfale ed il Serbatoio di Monte Mario, da cui vengono alimentati molti quartieri del centro Città, e che poi proseguono verso il nodo Aurelio per l'alimentazione dei quadranti occidentali.

Le condotte oggi in esercizio su questa tratta sono state realizzate negli anni '50 in CAP o cemento armato tipo Bonna, hanno quindi vita di oltre 60 anni e la tipologia di materiale ne rende complessa e lunga la riparazione in caso di danno.

Occorre pertanto intervenire al fine di garantire un aumento potenziale dell'alimentazione con riferimento ai fabbisogni futuri delle aree oggetto di intervento e consentire di far fronte ad eventi critici e di fuori servizio delle adduttrici esistenti. Tali necessità hanno determinato l'esigenza di realizzare una nuova linea di collegamento dal C.I. di Ottavia fino ad un nuovo centro idrico denominato Pineta Sacchetti creando un by-pass del centro idrico Trionfale esistente. Le opere di progetto danno origine ad un sistema finalizzato al miglioramento dell'affidabilità degli impianti strategici esistenti ed alla realizzazione di alternative per garantire l'approvvigionamento idrico della città.

Per la realizzazione delle opere di progetto e per il loro futuro funzionamento si sono stabilite le portate da garantire nei diversi nodi del sistema, con riferimento ai fabbisogni futuri delle aree oggetto di intervento.

Tali portate sono da riferire principalmente a due condizioni:

- Condizioni di fabbisogno delle aree servite odierne – in condizioni di fuori servizio di uno dei due rami inferiori dell'Acquedotto del Peschiera – portata totale in uscita da Ottavia pari a $6.1 \text{ m}^3/\text{s}$;

- Condizioni di fabbisogno delle aree servite stimato al 2050 - portata totale in uscita da Ottavia pari a 6.05 m³/s di punta.

Di seguito si riporta la corografia territoriale di inquadramento dell'intervento.

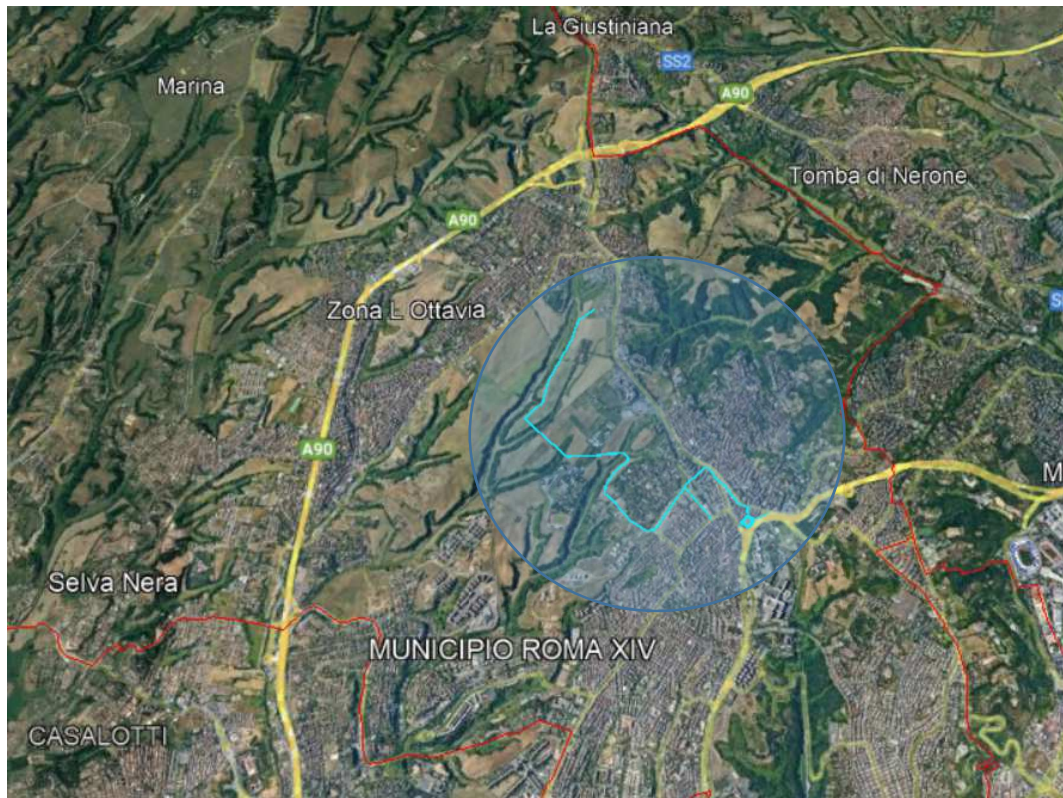


Figura 2.1 – Corografia di inquadramento dell'intervento

2.1.1 Analisi dello stato di fatto

Il Sistema Acquedottistico Peschiera – Capore, così denominato dalle sorgenti che lo alimentano, rappresenta la principale infrastruttura di approvvigionamento idropotabile della città di Roma e dell'ATO2.

Dopo aver alimentato la centrale idroelettrica di Salisano, le acque si suddividono in due tronchi, uno in destra del fiume Tevere denominato tronco inferiore destro, lungo circa 59 km e con capacità di trasporto di 5,5 m³/s e l'altro, in sinistra del fiume Tevere, denominato tronco inferiore sinistro lungo circa 33 km.

I rami inferiori del sistema, dopo aver alimentato diverse utenze lungo il loro percorso, si concludono nell'area metropolitana romana rispettivamente presso le vasche di carico di Ottavia in zona trionfale e di Monte Carnale nel Comune di Guidonia Montecelio. Il Peschiera Sinistro arriva al C.I. di Monte Carnale con un carico

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

piezometrico di circa 144,60 m s.l.m., mentre il Peschiera Destro approda al suo nodo terminale con una quota idrica massima di circa 129,35 m s.l.m., circa 15 m più in basso dell'altra infrastruttura.

I due centri idrici sono collegati tra loro dall'adduttrice Monte Carnale – Cecchina – Ottavia, che consente gli scambi tra i due rami inferiori del sistema Peschiera. Attualmente l'adduttrice viene utilizzata per spostare acqua dall'area in sinistra Tevere verso l'area a destra del Fiume, sfruttando sia il dislivello di carico idraulico che esiste tra il C.I. di Monte Carnale e il C.I. di Ottavia, sia un sollevamento in esercizio nel C.I. di Cecchina, nodo intermedio della linea stessa.

Dal C.I. di Ottavia le acque del sistema Peschiera vengono trasferite verso alcuni tra i principali Centri Idrici della Città di Roma.

Il sistema di adduzione permette di collegare il C.I. di Ottavia con la vasca di ripartizione di Trionfale, dalla quale partono le condotte per l'alimentazione di diverse aree del territorio della Città Metropolitana di Roma.

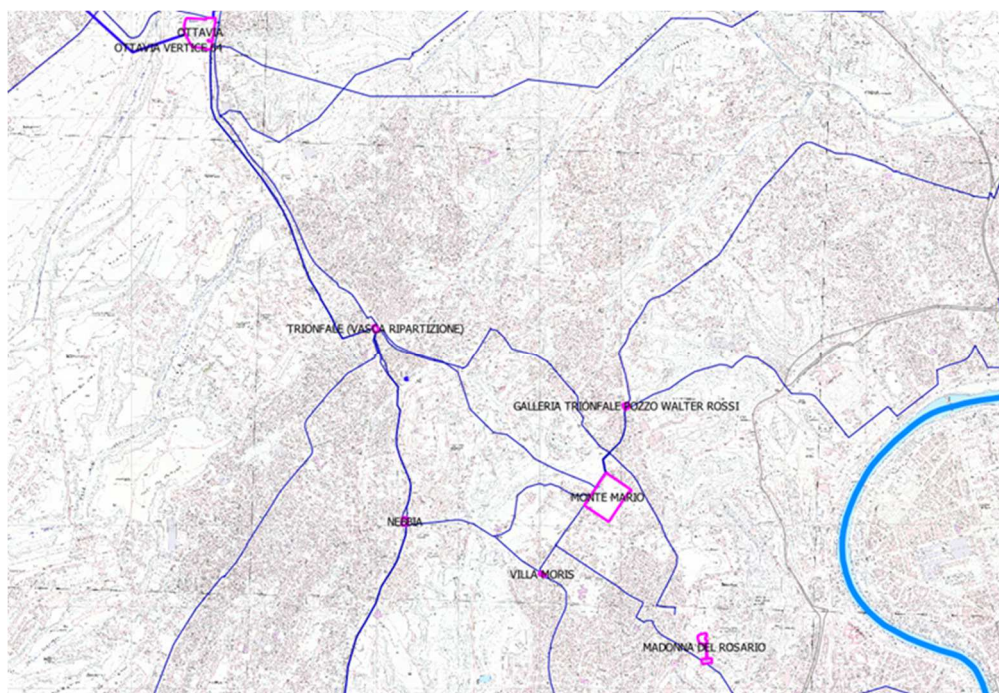


Figura 2.2 – Assetto attuale dell'alimentazione a valle del C.I. di Ottavia

Nello specifico all'interno del Nodo Trionfale hanno inizio la linea di adduzione DN700 che alimenta le aree di Ponte Galeria fino ad arrivare nei pressi di Fiumicino, due linee DN1400 e DN1000 che distribuiscono la risorsa idrica verso i nodi di Nebbia, di

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

Piazza Carpegna fino al C.I. Aurelio, e la condotta DN2020 che consente l'alimentazione del C.I. di Monte Mario.

Nel nodo è inoltre presente un sollevamento di rete per l'alimentazione delle aree limitrofe al centro stesso.

Il Centro di Monte Mario è di particolare rilevanza in quanto rappresenta una delle principali infrastrutture di compenso presenti sul territorio. È costituito da un serbatoio sopraelevato di circa 600m³ e da n. 8 vasche interrate, di cui 7 con volume pari a circa 25.000m³ ciascuna ed una con volume pari a circa 19.000m³. Il centro idrico Monte Mario domina le zone più alte di Roma e assolve a diverse funzioni:

- garantisce la distribuzione idrica nei quartieri di Primavalle, Trionfale, Pinciano, Salario, Della Vittoria, parte di Nomentano e di Trieste, nonché nelle zone di Tor di Quinto e parte dell'Aurelio;
- alimenta il Centro Idrico Madonna del Rosario;
- è connesso all'impianto di Villa Morris,
- collegamento con i sifoni dell'Acqua Marcia;
- accumulo e riserva dell'acqua del Sistema Acquedottistico Peschiera-Capore.

L'alimentazione del C.I. è possibile anche da una condotta DN1400 che lo collega al nodo di Nebbia, anche esso alimentato dal Nodo Trionfale.

2.1.2 Le opere esistenti

Il Centro Idrico di Ottavia rappresenta uno dei nodi principali del sistema di smistamento della Capitale. In esso confluiscono il tronco inferiore del Peschiera Destro, l'adduttrice Monte Carnale Ottavia, che può trasferire le acque dal Peschiera Sinistro al Destro, e il Nuovo Acquedotto dal Lago di Bracciano.

Dal Centro idrico di Ottavia partono le adduttrici che permettono il trasferimento della risorsa idrica verso il nodo Trionfale ed il Serbatoio di Monte Mario (riserva strategica con il suo accumulo di circa 200.000 m³), da cui vengono alimentati molti quartieri del centro Città, e che poi proseguono verso il nodo Aurelio per l'alimentazione dei quadranti occidentali.

Le condotte oggi in esercizio su questa tratta sono state realizzate negli anni '50: una condotta DN2020 mm in CAP e una condotta DN1400 mm in cemento armato tipo

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

Bonna. Queste hanno quindi vita di oltre 60 anni e la tipologia di materiale ne rende complessa e lunga la riparazione in caso di danno.

Nel nodo Trionfale è presente sia una vasca dotata di stramazzo frontale, sia di un sistema di by-pass della stessa. Dal Nodo Trionfale partono tre linee, già elencate nel paragrafo precedente. La linea verso Ponte Galeria e quella verso il Centri di Nebbia, Carpegna e Aurelio non presentano problematiche di funzionamento particolari nelle condizioni di abbassamento del carico idraulico al Nodo Trionfale; discorso differente invece per quanto riguarda la linea DN2020 di collegamento con il C.I. Monte Mario.

A monte delle vasche di compenso del Centro è infatti presente un manufatto detto "prevasca" o "vasca di misura", costituito da una vasca di calcestruzzo in cui è presente una soglia di sfioro con profilo tipo "bazin", con quota sommitale pari a 125,40 m s.l.m., che ha lo scopo sia di fissare la piezometrica di arrivo al centro idoneo anche ad effettuare la misura di portata.

Tale manufatto, e quindi lo stramazzo, è interposto tra l'ingresso al centro e le condotte di ingresso alle vasche di compenso. Qualora la quota in partenza da Trionfale si abbassi eccessivamente, a Mone Mario ci si può trovare nelle condizioni di arrivare con un carico non sufficiente a superare la quota dello stramazzo della prevasca, rendendo necessario quindi il ricorso ai sistemi di by-pass della stessa, e riducendo il livello di riempimento massimo raggiungibile nei serbatoi del centro.

2.1.3 Criticità dell'assetto attuale

Il sistema di adduzione dal C.I. di Ottavia al Nodo Trionfale esistente è ad oggi costituito da Due linee, una DN2020 in CAP e una DN1400 tipo "Bonna". Ciascuna delle due linee da sola non è sufficiente a garantire una capacità di trasporto pari alla portata richiesta. Nello stato attuale quindi il sistema non permette di eseguire manutenzioni interventi di manutenzione senza ridurre la capacità di trasporto al di sotto del valore di portata richiesto dall'utenza.

Un problema analogo si ha all'interno del nodo terminale della tratta in esame, il C.I. Trionfale, nel quale non è possibile effettuare la necessaria manutenzione agli organi di sezionamento presenti sempre per non incorrere in un fuori servizio non sostenibile dal sistema nella sua attuale configurazione.

La problematica illustrata assume inoltre rilevanza se si considera il rischio di eventi calamitosi o rotture di entità tale da mettere fuori servizio una componente del sistema. Un evento di questo tipo si tradurrebbe inevitabilmente a un deficit di approvvigionamento.

Occorre pertanto intervenire al fine di garantire un aumento potenziale dell'alimentazione verso l'area di Trionfale, assicurando un'adeguata ridondanza sia all'infrastruttura di trasporto che al nodo di Trionfale stesso.

2.1.4 Descrizione della soluzione progettuale prescelta

A valle del precedente livello di progettazione (DOCFAP) e a seguito dell'individuazione dell'alternativa progettuale da sviluppare nei successivi livelli di progettazione, il progetto prevede una nuova linea di collegamento dal C.I. di Ottavia fino ad un nuovo centro idrico denominato Pineta Sacchetti creando un by-pass del centro idrico Trionfale esistente.

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di una prima condotta adduttrice DN2500 mm in acciaio dal C.I. Ottavia fino ad un manufatto denominato Casale del Marmo; la partenza da Ottavia è prevista direttamente dall'opera di presa in modo da essere funzionale allo schema futuro che assumerà il centro idrico a seguito della sua ristrutturazione.

Dal Manufatto Casale del Marmo in cui è prevista una predisposizione per l'allaccio di altre future condotte verrà posata una condotta in acciaio DN2500 mm fino al parcheggio della stazione ferroviaria Monte Mario, in tale punto è previsto un partitore denominato Monte Mario da cui usciranno due condotte; una con DN2000 che proseguirà verso il nuovo centro idrico e l'altra condotta con DN800 che verrà posata lungo via Cesare Castiglioni per collegarsi alla condotta DN700 esistente che va verso Ponte Galeria. La lunghezza complessiva degli interventi è circa 5200 metri.

Si descrive di seguito il tracciato di progetto costituito principalmente da due tratte:

- *C.I. OTTAVIA – MANUFATTO CASALE DEL MARMO*: tratto di lunghezza pari a circa 1200 m che dall'opera di presa del C.I. Ottavia all'interno del confine di proprietà del centro idrico arriva al manufatto che verrà realizzato in prossimità del Casale del Marmo, in cui è prevista la posa in opera di una condotta DN2500 mm in acciaio, posata con scavo a cielo aperto e successivamente rinterrata.

La tubazione attraverserà la recinzione del centro idrico e Via Isidoro Carlini per proseguire con un tratto in campagna parallelo al fosso di Marmo Nuovo.

- *MANUFATTO CASALE DEL MARMO – C.I. PINETA SACCHETTI*: tratto di lunghezza pari a circa 4000 m, che dal manufatto "Casale Del Marmo" di progetto arriva al nuovo "Centro Idrico Pineta Sacchetti". In tale tratto è prevista la posa in opera di una condotta DN2500 mm, una condotta DN2000 mm ed una condotta DN800 mm tutte in acciaio. Lo scavo e la posa di tali condotte sono previsti a cielo aperto e successivo rinterro, ed in parte attraverso la tecnologia di scavo in microtunneling. La tubazione partirà dal manufatto "Casale del Marmo" in area a scarsa densità abitativa, per proseguire verso Via Giuseppe Barellai ed attraversando la valle Fontana sempre con scavo a cielo aperto; dopodiché si raggiungerà via Sebastiano Vinci dove, in prossimità della stazione Monte Mario, si prevede la realizzazione di un partitore denominato "Monte Mario" da cui si dirameranno due tubazioni:
 - un DN800 mm che verrà posata con scavo a cielo aperto lungo via Cesare Castiglioni per collegarsi alla condotta DN700 esistente,
 - un DN2000 che uscirà dal partitore di progetto "Monte Mario" posata per un tratto in microtunneling per una lunghezza pari a circa 180 m per l'attraversamento della linea ferroviaria Roma-Viterbo, con sbocco in una area libera confinata tra Via Trionfale e la ferrovia medesima; successivamente, si proseguirà sempre con tecnologia microtunneling lungo la Via Trionfale fino all'incrocio con viale dei Monfortani dove è previsto il pozzo di uscita. Da questo punto fino al nuovo centro idrico si prevede la posa con scavo a cielo aperto. Si prevede un tubo fodera DN2500 per tutto il tratto con posa in MT.

Dal nuovo "Centro Idrico Pineta Sacchetti" sono previste due condotte in uscita:

- Un DN1400 che si collegherà alle condotte esistenti DN1000 e DN1400 su via Enrico Pestalozzi;
- Un DN1600 posata parallelamente a tergo della galleria stradale Giovanni XXIII prevedendo la posa con scavo a cielo aperto fino a collegarsi alla condotta esistente DN2020 che va verso il Centro Idrico Monte Mario.

Le opere di nuova realizzazione previste nel presente intervento sono riassunte di seguito.

Nome	Descrizione
OTT	Opere per il collegamento al C.I. di Ottavia
MCM	Manufatto Casal del Marmo
PMM	Partitore Monte Mario
PZT1 – PZ3	Pozzi Trionfale: manufatti di arrivo/partenza MT
CIPS	Centro Idrico Pineta Sacchetti
PPS	Pozzo Pineta Sacchetti: manufatto di spinta MT
PZP	Pozzo Pestalozzi: manufatto di arrivo MT
MP	Manufatto Pestalozzi: manufatto di connessione condotte DN1000/DN1400
CMM	Manufatto di connessione alla condotta verso Monte Mario

Tabella 10.1: Nomenclatura dei manufatti di nuova realizzazione

Nome	Descrizione
T1	Tratta dal C.I. Ottavia al Manufatto Casal del Marmo – scavo a cielo aperto DN2500 in acciaio
T2	Tratta dal Manufatto Casal del Marmo al il Partitore Monte Mario – scavo a cielo aperto DN2500 in acciaio
T3	Tratta dal Partitore Monte Mario al PZ3 – Microtunnelling DN2000 in acciaio con tubo fodera DN2500 in cls
T4	Tratta dal PZ3 al Centro Idrico Pineta Sacchetti – scavo a cielo aperto DN2000 in acciaio
T5	Tratta di collegamento alle condotte DN1000/ DN1400 su via Pestalozzi - prima parte in MT DN1400 in acciaio con tubo fodera DN1800 in cls, seconda parte scavo a cielo aperto DN1400 in acciaio
T6	Tratta di collegamento al DN2020 verso Monte Mario – scavo a cielo aperto DN1600 in acciaio
T7	Tratta di collegamento con la condotta DN700 verso Torrevecchia – Ponte Galeria – scavo a cielo aperto DN800 in acciaio
T8	Tratta per la rialimentazione della rete di Trionfale – DN300 in acciaio – percorso coincidente con la tratta T4.

Tabella 10.2: Nomenclatura dei macrotratti

3 Documenti di riferimento

3.1 Normative, raccomandazioni e linee guida

Le valutazioni geotecniche relative alle opere dell'intervento in esame sono state condotte secondo quanto prescritto dalle seguenti Normative e Linee guida:

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30.
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- AGI (2005) Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida.

3.2 Bibliografia

- Andrus, RD, NP Mohanan, P Piratheepan, BS Ellis, and TL Holzer (2007). Predicting shear-wave velocity from cone penetration resistance, Proc., 4th Inter. Conf. on Earthq. Geotech. Eng., Thessaloniki, Greece.
- Baldi G., Jamiolkowski M., Lo Presti D.C.F., Manfredini G., Rix G.J. (1989) "Italian experiences in assessing shear wave velocity from CPT and SPT" Earthquake Geotechnical Engineering, Proc. of Discussion Session on Influence of Local Conditions on Seismic Response, 12th Int. Conf. on S.M.F.E., Rio de Janeiro, Brasil, pp. 157-168.
- Balmer G. (1952) "A general analytical solution for Mohr's envelope" ASTM, 52.
- Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1.

- Boulanger, R. W. and Idriss, I. M. (2004). State normalization of penetration resistances and the effect of overburden stress on liquefaction resistance, in Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, and 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, D. Doolin et al., eds., Stallion Press, Vol. 2, pp. 484–91.
- Burland, J.B. (1990). On the compressibility and shear strength of natural clays. *Géotechnique* 40, n° 3, 329-378.
- Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995.
- Cubrinowski M., Ishihara K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils" *Soils and Foundations*, vol. 39, n° 5, pp. 61-71.
- Durgunoglu H.T., Mitchell J.K. (1975) "Static penetration resistance of soils, I -Analyses, II - Evaluation of the theory and interpretation for practice" ASCE Specialty Conference on in Situ Measurements of Soil Properties, Raleigh NC, V.I..
- Elson W.K. (1984) "Design of laterally-loaded piles" CIRIA Report 103.
- Fahey M. (1992) "Shear modulus of cohesionless soil: variation with stress and strain level" *Canadian Geotechnical Journal*, n°30.
- Hegazy, YA and Mayne, PW. (1995) "Statistical correlations between VS and cone penetration data for different soil types," Proc., International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT '95, Linkoping, Sweden, 2, Swedish Geotechnical Society, 173-178.
- Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2008), "Soil liquefaction during earthquakes", MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- Ishihara, K. and Yoshimine, M., (1992), Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes: *Soils and Foundations*, 32(1), p.173-188.
- Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali.

- Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S. and Sado H. (1982). "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods", Vol III, Proc. 3rd Intl. Conf. on Microzonation, Seattle, pp. 1319-1330.
- Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando.
- Ladd C.C., Foot R. (1974) "A new design procedure for stability of soft clays" Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol.100, n° 7.
- Ladd C.C., Foot R., Ishihara K., Schlosser F., Poulos H.G. (1977) "Stress deformation and strength characteristics" S.O.A. Report, Proc. IX Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Tokyo, Vol. 2.
- Lo Presti D.C.F. (1989) "Proprietà dinamiche dei terreni" Atti delle Conferenze di Geotecnica di Torino, 14th Ciclo, Comportamento dei terreni e delle fondazioni in campo dinamico.
- Marchetti S. (1985) "On the field determination of k_0 in sand" Discussion Session 2A, 11th ICSMFE, S. Francisco.
- Matlock, H., Reese, L.C. (1960). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles". Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, V.86, No.SM5, pp.63-91.
- Mayne, P.W., G.J. Rix, (1995). Correlation between shear wave velocity and cone tip resistance in natural clays, Soils and Foundations, vol. 35, n. 2, 107-110.
- Mayne, P. W., (2006), In-situ test calibrations for evaluating soil parameters, Overview paper, Characterization and Engineering Properties of Natural Soils II (Proc. Singapore Workshop), Taylor & Francis Group, London, United Kingdom.
- Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.6.
- Rocchi G.F. (2003) "Correlazione empirica tra coefficiente di permeabilità, indice dei vuoti e caratteristiche di plasticità in argille e limi" Documento interno Studio Geotecnico Italiano.

- Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), "Ground motions and soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- Simpson B., Calabresi G., Sommer H., Wallays M. (1979) "Design parameters for stiff clays" General Report, Proc. 7th ECSMFE, Brighton.
- Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" Geotechnique 36, n° 3.
- Somerville S.H. (1986) "Control of groundwater for temporary works" CIRIA Report 113.
- Sonmez H. (2003), "Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction prone area (Inegol, Turekey)", Environ. Geology, vol 44, n° 7, pp. 862-871.
- Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.
- Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham.
- Sykora, D. E., Stokoe K. H. (1983). Correlations of in situ measurements in sands of shear wave velocity. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 20: 125 – 136.
- Tokimatsu K., Yoshimi Y. (1983) "Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT N-value and fines content" Soils and Foundations 23, n° 4.
- Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- Yoshimine M., Nishizaki H., Amano K. and Hosono Y. (2006). "Flow deformation of liquefied sand under constant shear load and its application to

- analysis of flow slide in infinite slope". Soil dynamics and earthquake Eng., vol. 26, pp. 253-264.
- Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523.
 - Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833
 - Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>. Sito web: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
 - Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E.; 2008. A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003
 - Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi, M. (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
 - Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.

4 Considerazioni generali sulla progettazione

4.1 Aspetti prestazionali di base del sistema

Per le grandi infrastrutture complesse risulta particolarmente idoneo avvalersi di un approccio alla progettazione di carattere prestazionale (*performance-based design*), che fonda le basi sull'esplicitazione a monte della fase di progetto delle prestazioni e dei requisiti richiesti dal sistema durante tutta la vita nominale, definita convenzionalmente come il numero di anni nel corso dei quali è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Tra i requisiti da considerare per una corretta progettazione risultano centrali quelli di affidabilità, durabilità e robustezza.

In particolare, per *affidabilità* si intende la capacità di una struttura o di un elemento strutturale di soddisfare i requisiti specificati, compresa la vita nominale di progetto, per cui è stato realizzato. In senso stretto, essa esprime la probabilità che una struttura non superi specificati stati limite (stati limite ultimi e stati limite di servizio) durante un prefissato periodo di riferimento. Di conseguenza, più piccola è tale probabilità, maggiore è la sua affidabilità.

La *durabilità* rappresenta la capacità che un sistema ha di mantenere invariato, con il trascorrere del tempo, il margine di sicurezza nei confronti degli stati limite verificati in fase di progetto. Negli anni è stato dimostrato, in modo inequivocabile, come il degrado possa determinare la prematura messa fuori servizio delle strutture.

Infine, per *robustezza* si intende la capacità di un sistema di non essere danneggiato da eventi eccezionali in maniera sproporzionata rispetto alla causa di origine. Particolare rilevanza nelle infrastrutture complesse è da porre anche al possibile collasso progressivo delle opere, ossia un meccanismo che scaturisce da una rottura in maniera localizzata di un elemento del sistema e si estende progressivamente, rendendo non più funzionale l'opera.

Sulla base della definizione della *durabilità* intesa come la capacità dell'opera di resistere ai fenomeni aggressivi ambientali durante la sua vita nominale, mantenendo inalterate le funzionalità per la quale è stata progettata, è necessario prevedere nel

progetto non solo i fenomeni meccanici legati ai materiali ma anche i fenomeni di degrado ambientale. Pertanto, particolare attenzione è stata posta oltre alla progettazione dei materiali costituenti le diverse parti dell'opera anche ai dettagli costruttivi e realizzativi, che preservino la costruzione, dall'azione degli agenti atmosferici, dalle infiltrazioni d'acqua, dall'esposizione a sostanze aggressive, etc.

La progettazione che contempla la prestazione di maggiore durabilità delle opere prevede l'elaborazione di un piano di manutenzione ordinaria che mette in relazione le parti d'opera da mantenere con i rischi a cui la struttura va incontro, le diverse tipologie di interventi da attuare, i tempi in cui agire. In maniera parallela, deve essere previsto e messo in opera un sistema di monitoraggio e controllo delle componenti strutturali e funzionali dell'opera, che ne preservi gli specifici livelli prestazionali per cui sono stati progettati per tutta la vita nominale dell'intera infrastruttura.

4.2 Rischio sismico

Il rischio sismico è definito come la stima dei danni attesi all'interno di un'area geografica per un prestabilito orizzonte temporale a seguito di un evento sismico. Tale valutazione è effettuata in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni presenti e di antropizzazione (densità abitativa, natura, quantità e qualità dei beni esposti a rischio).

Nello specifico il rischio sismico di un territorio è determinato dalla combinazione di tre principali fattori:

- *pericolosità sismica*: rappresentata dalla frequenza e dall'intensità dei terremoti che interessano il territorio, ovvero dalla sua sismicità. Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco di interesse;
- *esposizione*: rappresenta la maggiore o minore presenza sul territorio di beni esposti, cioè la possibilità che un sisma comporti danni economici, danni ai beni culturali e perdita di vite umane;
- *vulnerabilità sismica*: è la predisposizione di una costruzione a subire danni in seguito a un evento sismico. Dipende dalla qualità costruttiva delle strutture

esaminate (tipologia strutturale, materiali, età del manufatto, stato di degrado e frequenza degli interventi di manutenzione).

L'opera in progetto consente in prima analisi anche la riduzione del rischio sismico dell'intero sistema acquedottistico, attraverso un miglioramento delle caratteristiche di esposizione del sito e un decremento della vulnerabilità sismica delle infrastrutture dell'acquedotto. Più precisamente, di nuove tratte acquedottistiche fornisce un carattere di ridondanza all'intero sistema che, in caso di danni o guasti su una delle due infrastrutture, può comunque continuare a soddisfare, in ogni situazione, il fabbisogno idrico delle utenze servite (miglioramento dell'esposizione del sito).

Inoltre, è necessario considerare che le nuove opere saranno progettate e realizzate in conformità delle vigenti norme tecniche in materia di costruzioni, garantendo elevati standard di sicurezza nei confronti di tutte le azioni meccaniche, con particolare riguardo all'azione sismica. Allo stesso modo, saranno scelti materiali e tecniche costruttive in modo da assicurare una elevata durabilità e qualità costruttiva di ogni manufatto, elemento costruttivo e componente dell'impianto.

5 Caratteristiche dei materiali

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali scelti per la realizzazione delle opere. Nello specifico, si prevede:

- Calcestruzzo c.a.v. classe minima C50/60 per le tubazioni con posa a spinta (microtunneling);
- Calcestruzzo classe minima C32/40 per manufatti le cui pareti risultano a contatto diretto con liquidi;
- Calcestruzzo classe minima C25/30 per manufatti le cui pareti non risultano a contatto diretto con liquidi;
- Calcestruzzo magro di sottofondazione classe minima C12/15 per getti di pulizia del fondo scavo;
- Acciaio in barre tonde ad aderenza migliorata tipo B 450 C laminato a caldo e controllato in stabilimento per armature delle opere in cemento armato;
- Acciaio per strutture metalliche S275JR quali tubazioni, opere di sostegno con tubolari (micropali), blindoscavi, sistemi di puntonamento provvisori.

Si descrivono brevemente nei successivi paragrafi le caratteristiche meccaniche minime associate ai materiali descritti.

5.1 Calcestruzzo c.a.v. C50/60

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di maturazione $R_{ck} = 60 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità normale $E_{cm} = 22000 \cdot ((f_{ck} + 8) / 10)^{0.3} = 37278 \text{ N/mm}^2$

Peso dell'unità di volume $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

Caratteristiche meccaniche calcestruzzo $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 49.80 \text{ N/mm}^2$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 28.22 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{(2/3)} = 4.06 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.84 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.87 \text{ N/mm}^2$$

5.2 Calcestruzzo C23/40

Resistenza caratteristica cubica a 28
giorni di maturazione

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

Modulo di elasticità normale

$$E_{cm} = 22000 \cdot ((f_{ck} + 8) / 10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$$

Peso dell'unità di volume

$$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$$

Caratteristiche meccaniche calcestruzzo

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{(2/3)} = 3.10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.72 \text{ N/mm}^2$$

5.3 Calcestruzzo C25/30

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di maturazione $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità normale $E_{cm} = 22000 \cdot ((f_{ck} + 8) / 10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$

Peso dell'unità di volume $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

Caratteristiche meccaniche calcestruzzo $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{(2/3)} = 2.55 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.07 \text{ N/mm}^2$$

5.4 Calcestruzzo C12/15

Utilizzato solamente per getti di pulizia del fondo scavo e per livellamento delle aree di lavoro

5.5 Barre d'acciaio B450C

Nella Figura 5.1 seguente sono rappresentati i diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018. Tali diagrammi sono definiti in base al valore di progetto $\varepsilon_{ud} = 0,9\varepsilon_{uk}$ ($\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k$) della deformazione uniforme ultima, al valore di progetto della tensione di snervamento f_{yd} ed al rapporto di sovra resistenza $k = (f_t / f_y)_k$ definito dalla Tab. 11.3.Ia-b della stessa norma.

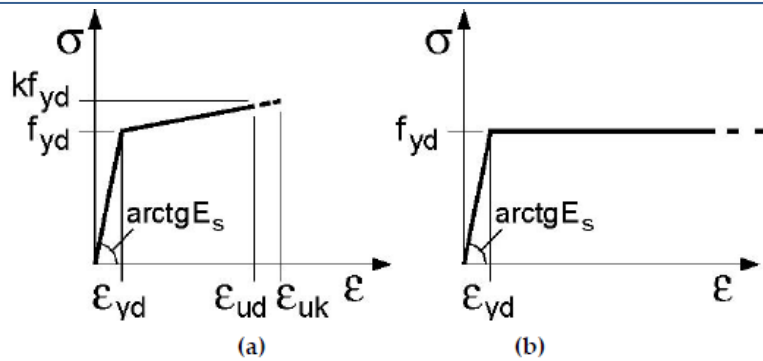


Figura 5.1 – Legame costitutivo acciaio (a) Bilineare finito con incrudimento (b) Elasto-Plastico indefinito

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Rapporto tra resistenza e tensione di snervamento	$1,13 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1,35$
Coefficiente di sicurezza parziale	$\gamma_s = 1.15$
Modulo elastico (secondo EC2)	$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
Tensione di Snervamento di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ MPa}$
Deformazione limite allo SLU	$\epsilon_{ud} = 0.9\epsilon_u \quad \epsilon_{syd} = 63\%$
Deformazione di snervamento di calcolo	$\epsilon_{syd} = 1.96 \%$

5.6 Acciaio per carpenteria metallica S275JR

Densità	$\rho = 78.5 \text{ KN/m}^3$
Tensione caratteristica di rottura (t≤40mm)	$f_u \geq 430 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento (t≤40mm)	$f_y \geq 275 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità normale (EC3)	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità tangenziale	$G = 80769 \text{ N/mm}^2$
Coeff. di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

5.7 Processo di saldatura

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base. Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062.

6 Descrizione delle opere

Di seguito si riportano i macrotratti in cui è stata suddivisa l'infrastruttura e la descrizione delle opere di progetto.

6.1 Descrizione dei macrotratti

Nello specifico i macrotratti in cui è stata schematicamente suddivisa l'infrastruttura sono i seguenti:

- T1 dal "Centro Idrico Ottavia" al manufatto "Casal del Marmo": rappresenta il tratto di partenza della nuova adduttrice. Dal nodo di collegamento con il C.I. di Ottavia si dirama una condotta DN2500 in acciaio posata a cielo aperto in affiancamento al Fosso di Marmo Nuovo e alla fine ritombata. Le profondità medie di scavo e posa della condotta sono di circa 6-7m dal piano di campagna all'interno dell'area del centro idrico, mentre lungo tutto il tratto la quota di posa media è di circa 6m da piano campagna.

Nel tratto che costeggia la cresta del versante del Fosso Casal del Marmo saranno previsti localmente dei blindoscavi al fine di evitare interazioni con la stabilità del fosso stesso.

- T2 dal manufatto "Casal del Marmo" al "Partitore Monte Mario": rappresenta il tratto realizzato prevalentemente in zone a bassa densità abitativa, fatta eccezione per l'ultima parte su Via Sebastiano Vinci. La condotta posata in opera sarà in acciaio DN2500; le modalità di posa in opera prevedono lo scavo a cielo aperto e successivo ritombamento. Nel primo tratto in cui non si hanno interferenze con edifici limitrofi, lo scavo avverrà con inclinazione del fronte e berme, qualora si superino le profondità di 4m; viceversa nel tratto a maggior densità abitativa, dove si rende necessario limitare le interferenze e i cedimenti con le strutture esistenti, si utilizzeranno dei blindoscavi per il sostegno del fronte di scavo. L'altezza di posa media della condotta lungo il tratto è di circa 5 m da piano campagna. Per mitigare gli effetti indotti dalla subsidenza prodotta dalle operazioni di scavo si prevede l'utilizzo di puntoni di contrasto che limitano gli spostamenti orizzontali delle pareti del blindoscavo ed un avanzamento longitudinale dello scavo per tratti di 20m.

Lungo il percorso è previsto l'attraversamento ortogonale di tre fossi incisi. A monte e a valle dei pendii attraversati, le condotte subiranno delle curvature altimetriche: in tali vertici la condotta sarà vincolata a dei baggioli di supporto, che saranno poi ricoperti a lavorazioni ultimate per ripristinare lo stato ante-operam;

- T3 dal Partitore Monte Mario al Pozzo Trionfale 3: rappresenta il tratto realizzato con tecnologia di posa delle tubazioni DN2500 in c.a.v. in microtunneling. All'interno della tubazione fodera sarà alloggiata una condotta in acciaio DN2000 in acciaio e il collegamento tra le due tubazioni avverrà per mezzo di anelli distanziatori posti a passi regolari. Si individuano 3 sottotratti:
 - Il primo di lunghezza pari a circa 185m, tra il partitore "Monte Mario" ed il pozzo "Trionfale 1" sarà realizzato spingendo la tubazione fodera da quest'ultimo verso il Partitore. Nel tratto, si prevede il sottoattraversamento della linea ferroviaria Roma - Viterbo;
 - Il secondo di lunghezza pari a circa 150m, dal pozzo "Trionfale 1" al pozzo "Trionfale 2" in cui si prevede di posare gli stessi diametri (Tubo fodera + tubazione interna in acciaio) la via Trionfale senza incorrere in interruzioni del flusso veicolare;
 - Il terzo di lunghezza pari a circa 260m, dal pozzo "Trionfale 2" al pozzo "Trionfale 3" analogo al tratto precedente.

Le sottotratte vengono realizzate tramite 3 pozzi di arrivo/spinta con profondità di circa 13 - 15 m, posizionati in modo da non costituire ostacolo per la circolazione. La profondità delle condotte è stata stabilita al fine di evitare interferenze con le opere di scarico del Nodo Trionfale esistente e con la partenza della condotta DN2020 verso Monte Mario; motivo per cui lo scorrimento della condotta nel tratto in esame è stato posto a circa 10-13 m dal piano di campagna.

- T4 dal Pozzo "Trionfale 3" al "Centro Idrico Pineta Sacchetti": rappresenta il tratto realizzato con scavo a cielo aperto e conseguente ritombamento della tubazione DN2000. All'interno del pozzo "Trionfale 3" la tubazione subisce una variazione altimetrica del profilo per consentire delle profondità di posa idonee per lo scavo a cielo aperto con blindoscavo e successivo ritombamento. Le

altezze medie di posa in opera della condotta sono di circa 6 m da piano campagna.

L'intervento nel tratto in progetto prevede di percorrere una porzione di Via Trionfale, senza occupare l'intera carreggiata, per poi immettersi su Via dell'Acquedotto Paolo fino all'ingresso del "Nuovo Centro Idrico Pineta Sacchetti" in progetto. Lungo il percorso in esame è prevista l'intercettazione dell'Acquedotto Paolo esistente, che, ad oggi, ha uso irriguo. Le interferenze con l'infrastruttura esistente verranno risolte avvalendosi di fuori servizio che consentano l'intersezione delle due condotte a quote differenti;

- T5 Tratta di collegamento con le condotte DN1000/ DN1400 verso Piazza Carpegna: rappresenta il tratto in uscita dal "Centro Idrico Pineta Sacchetti" e di collegamento verso il nodo di Carpegna. Per una prima parte la tratta sarà posata in opera con la tecnica del microtunneling, avvalendosi sempre dello schema con condotta fodera in cls c.a.v. DN1800, al cui interno sarà alloggiata una condotta in acciaio DN1400. La profondità media di posa della condotta è di circa 8 m dal piano di campagna. La soluzione adottata risulta necessaria in quanto è necessario attraversare via Pestalozzi e sottopassare due condotte DN1000 e DN1400 esistenti c.a.p. (tubazioni Bonna), uscenti dal Centro Idrico Trionfale, che in tale punto sono in cemento.
La seconda parte della tratta sarà invece realizzata con scavo a cielo aperto DN1400, fino ad arrivare nel "Manufatto Pestalozzi", fino a raggiungere una progressiva in cui le due condotte esistenti sono in acciaio, per poi realizzare la connessione ad esse. Durante questo secondo tratto la condotta dovrà risalire di quota per connettersi alle esistenti: si passerà da uno scavo di circa 8m di profondità a circa 5 m;
- T6 Tratta di collegamento con la condotta DN2020 verso Monte Mario: rappresenta il tratto di collegamento tra la condotta DN1600 in acciaio in uscita dal "Centro Idrico Pineta Sacchetti" e la connessione alla condotta esistente verso Monte Mario. La planimetria di progetto prevede lo scavo e la posa della tubazione a cielo aperto con blindoscavo e successivo ritombamento: costeggia la Galleria artificiale "Giovanni XXIII", posizionandosi a tergo delle paratie di pali esistenti per poi attraversare via Trionfale e collegarsi alla galleria esistente in cui è alloggiata la condotta DN2020 che adduce le acque

provenienti dal Nodo Trionfale fino a Monte Mario. Lo scavo sarà interamente a cielo aperto, anche per l'attraversamento della via Trionfale, che verrà realizzato parzializzando la carreggiata per fasi. La profondità media di posa è di circa 5m da piano campagna. Per mitigare gli effetti indotti dalla subsidenza prodotta dalle operazioni di scavo si prevede l'utilizzo di puntoni di contrasto che limitano gli spostamenti orizzontali delle pareti del blindoscavo ed un avanzamento longitudinale dello scavo per tratti di 20m.

- T7 Tratta di collegamento dal Partitore Monte Mario alla condotta DN700 verso Torrevecchia e Ponte Galeria: rappresenta la tratta di collegamento del DN800 in acciaio posato a cielo aperto su Via Cesare Castiglioni, mediante sostegno dello scavo con blindoscavo, per poi connettersi all'adduttrice esistente DN700 su Via di Torrevecchia.
- T8 Tratta di rialimentazione della rete di Trionfale: rappresenta il tratto in cui sarà posata all'interno dello scavo, ad una profondità inferiore rispetto alla nuova condotta DN2000, una tubazione DN300 di collegamento alla rete esistente del quadrante.

6.2 Descrizione dei manufatti

Si riporta nel seguente paragrafo una breve descrizione dei manufatti di nuova realizzazione presenti nella prima fase funzionale in esame.

- Opere di Connessione al C.I. di Ottavia: le nuove opere di progetto partono diramandosi a valle della galleria di derivazione esistente dal Peschiera Destro, che oggi costituisce l'ingresso del flusso idraulico al C.I. di Ottavia. Il tratto di collegamento tra la galleria in arrivo e l'ingresso al centro idrico, è costituita da un tronchetto di scatolare in cls armato di larghezza interna 3 m x 2.50 m.

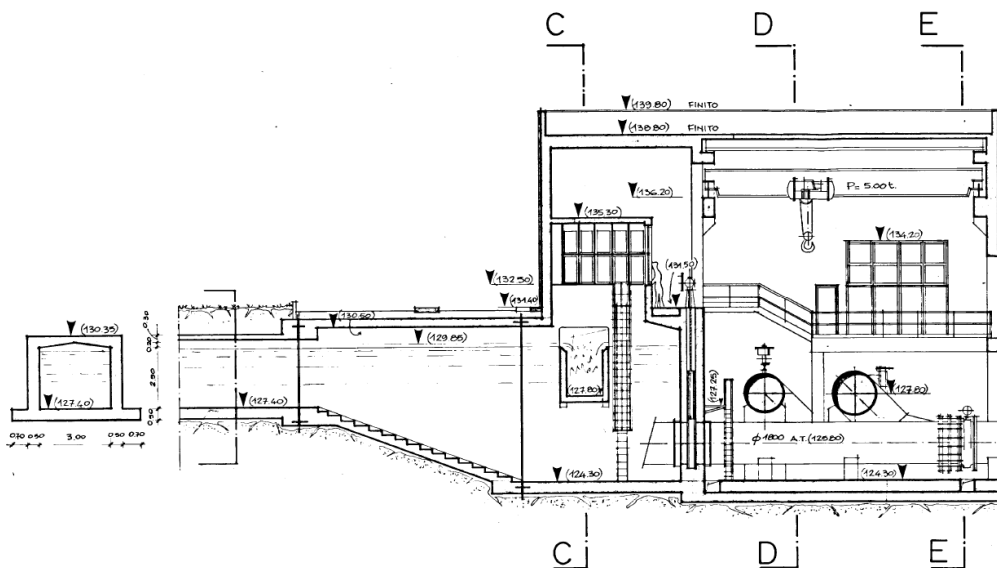


Figura 6.1 – Tavola storica del centro idrico di Ottavia e scatolare di arrivo esistente al centro

La connessione avverrà senza interruzione dell'esercizio idropotabile; infatti il punto di connessione, sul canale di ingresso alle vasche del centro idrico, è sezionabile sia a monte che a valle con delle paratoie meccanizzate. Il canale è inoltre completamente by-passabile. Le condotte in uscita dalle vasche possono essere infatti alimentate direttamente dal nodo terminale del Peschiera destro, così come il sollevamento presente a servizio del serbatoio sopraelevato di Ottavia.

Dal punto di vista strutturale quindi si ipotizza la demolizione di una porzione del canale e la ricostruzione di un tronchetto in cls armato che preveda una diramazione in destra idraulica che circonda il centro idrico. Nel primo tratto interno al centro idrico sarà quindi posato uno scatolare prefabbricato con liner interno. Le opere di nuova realizzazione saranno giuntate all'esistente con waterstop e sistemi di impermeabilizzazione che ne permetteranno la continuità idraulica. La posa in opera della condotta e del nuovo tronchetto mediamente è prevista mediamente a 4-5 m da piano campagna; tale profondità risulta comunque inferiore al piano di imposta delle opere esistenti potenzialmente interagenti.

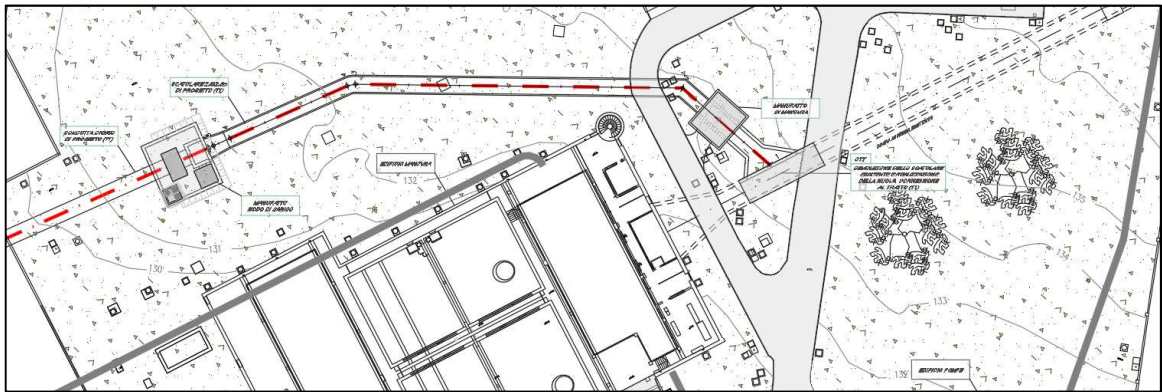


Figura 6.2 – Planimetria di progetto del tratto TC1 interno al centro idrico esistente di Ottavia

Lungo la condotta di nuova realizzazione, all'interno del centro idrico, sono stati posizionati il manufatto di manovra e il manufatto di carico. Il primo permette le operazioni di sezionamento dell'intera tratta in progetto mentre il secondo costituisce il punto di passaggio per l'infrastruttura da un funzionamento a pelo libero ad uno in pressione. Entrambi i manufatti sono a comportamento scatolare costituiti da pareti ed orizzontamenti in calcestruzzo armato. Per raggiungere la profondità di posa, viste le opere esistenti poste in prossimità, saranno realizzate paratie di micropali opportunamente puntonate.

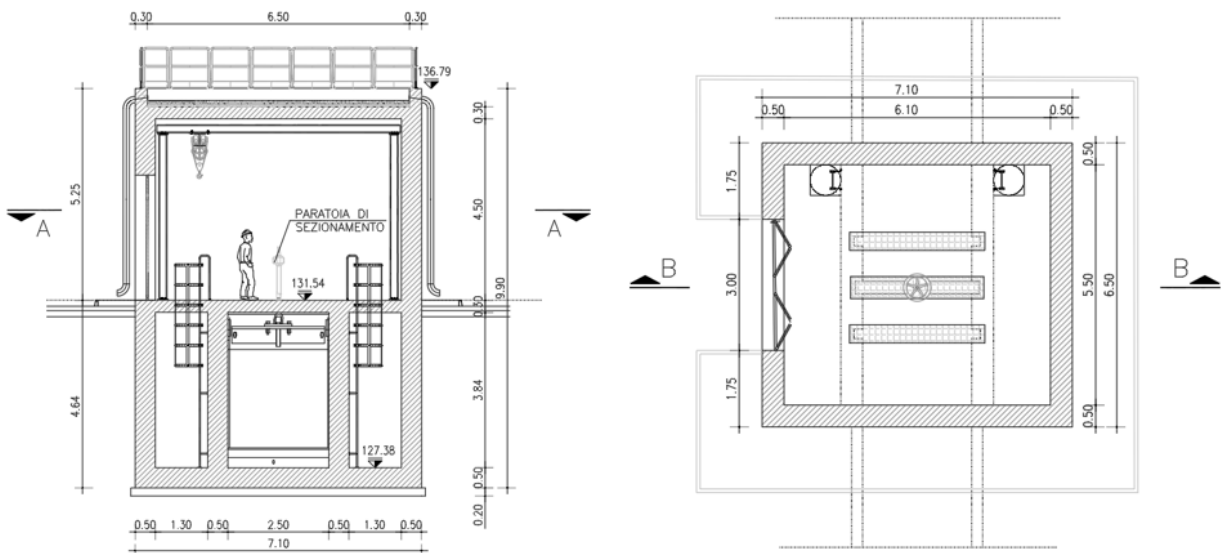


Figura 6.3 – Planimetria di progetto del tratto TC1 interno al centro idrico esistente di Ottavia (Manufatto di Manovra)

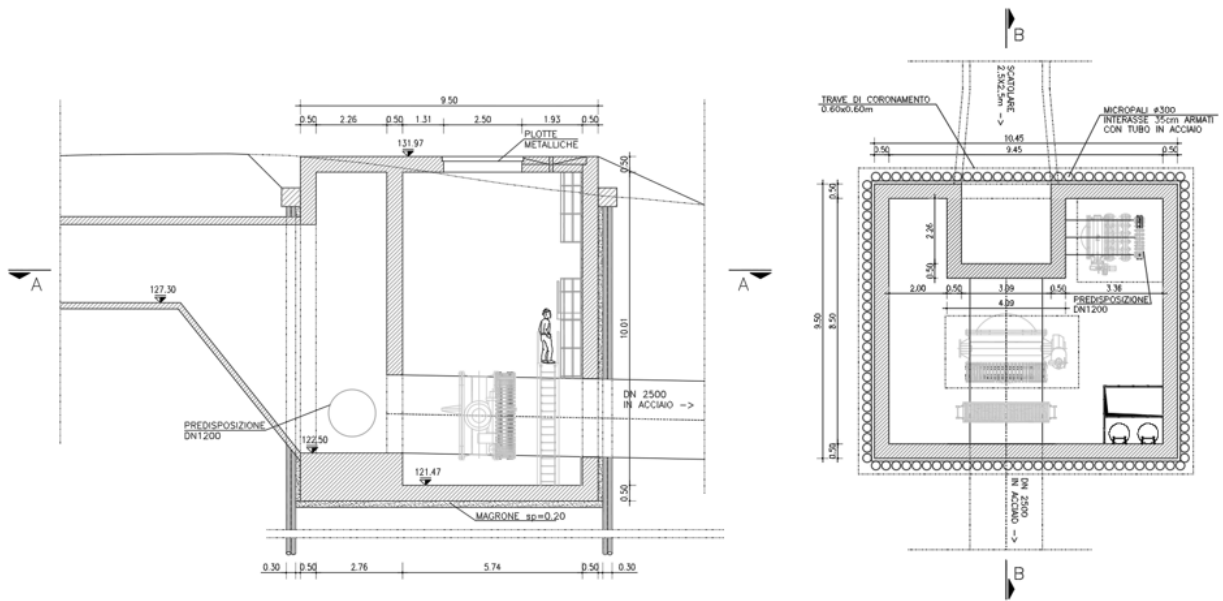
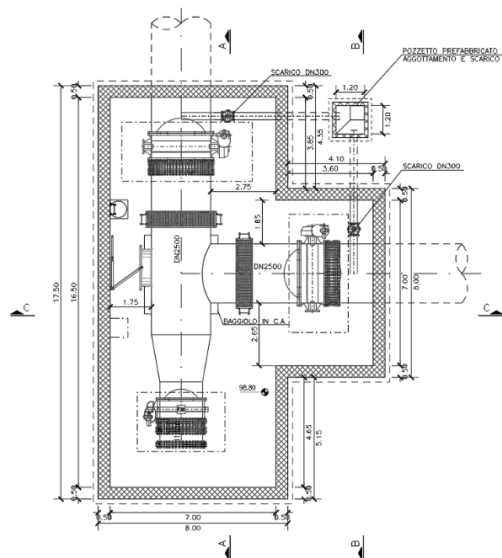


Figura 6.4 – Planimetria di progetto del tratto TC1 interno al centro idrico esistente di Ottavia (Manufatto di Carico)

- Manufatto Casal del Marmo:** il manufatto costituisce una predisposizione per future alimentazioni. In esso sono presenti i necessari organi di sezionamento per consentire la realizzazione di eventuali futuri allacci senza mettere fuori servizio la linea. Il manufatto è interrato, con una profondità di circa 8 m dal piano di campagna; la quota di fondo scavo sarà raggiunta prevedendo degli sbancamenti del terreno, avendo a disposizione ampi spazi di lavoro. La struttura è a pareti e il solaio nervato sarà realizzato in soletta piena; in pianta lo sviluppo è di circa 18 m x 12 m.



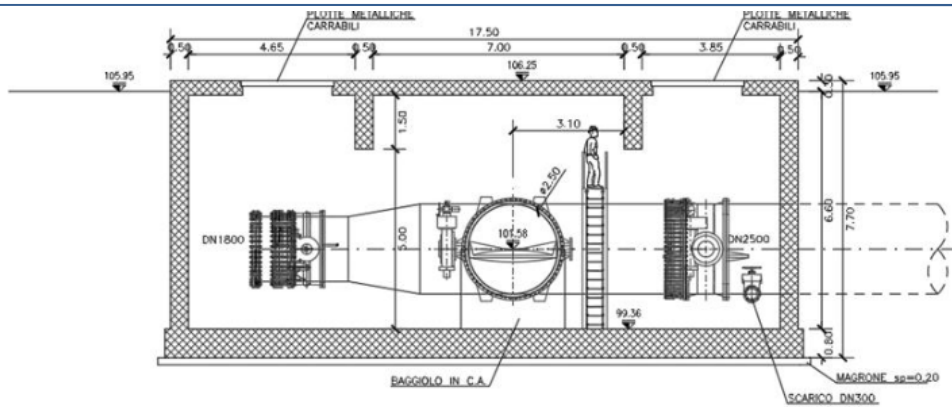
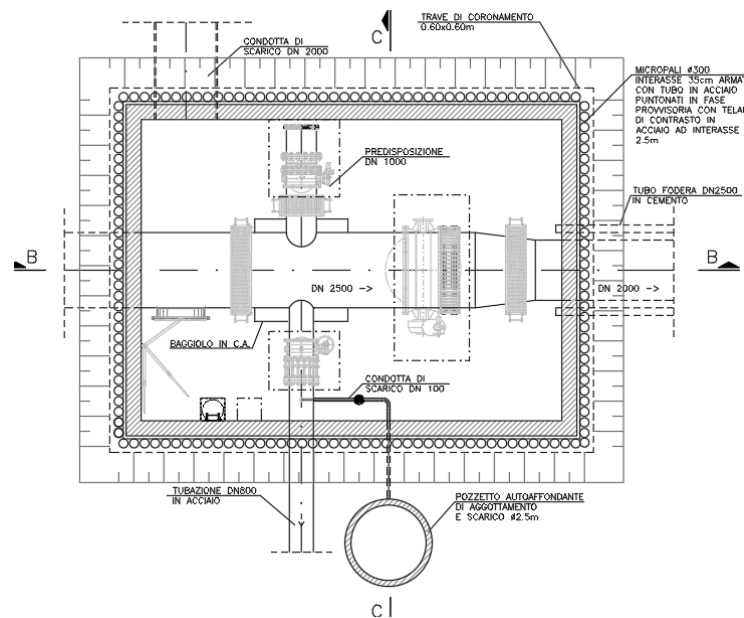


Figura 6.5 – Pianta e sezione del manufatto Casal del Marmo.

- Partitore Monte Mario:** l'opera è situata in prossimità della stazione Monte Mario, nei pressi della Ferrovia Roma Viterbo. Il manufatto presenta una forma scatolare, con pianta di circa 10 m x 14 m e profondità di circa 8 m. Durante le fasi di scavo le opere di sostegno saranno realizzate con micropali ed opportunamente puntonati con telai di contrasto; il pozzo si configura come pozzo di uscita della tratta in MT e pertanto è previsto il recupero della testa fresante a valle delle operazioni di posa in opera del tratto in MT compreso tra il partitore e PZ1.



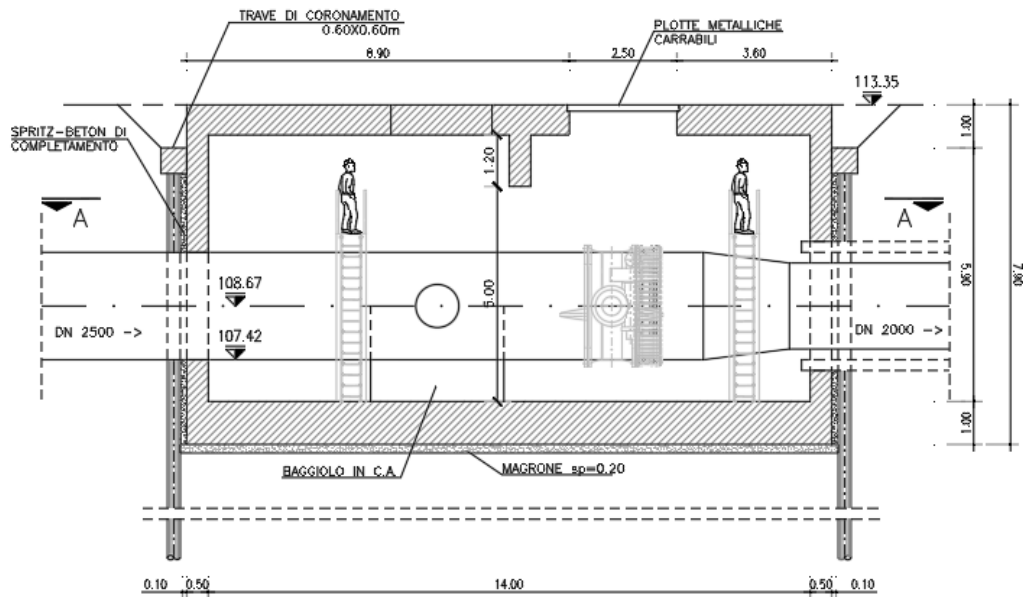


Figura 6.6 – Pianta e sezione del Partitore Monte Mario.

- Pozzi Trionfale (PZ1 – PZ3) di spinta/ arrivo del Microtunneling: i manufatti costituiscono i pozzi di spinta/arrivo necessari alla realizzazione della tratta in microtunneling. Sono realizzati interamente interrati, con profondità comprese tra i 13 e i 15 m circa. In essi verrà lasciato un punto di accesso alla condotta chiuso con passo d'uomo.
 - Pozzo Trionfale 1 – manufatto di spinta MT: il manufatto costituisce, in fase di realizzazione delle opere, il nodo di spinta delle condotte posate in Microtunneling, sia verso il *Partitore Monte Mario* che verso il *Pozzo Trionfale 2*. Il pozzo ha forma circolare di 11,5 m di diametro interno e presenta una profondità complessiva di 13,40 m. Al termine della posa delle condotte verrà realizzato un solaio di copertura del manufatto a 6m di altezza dal calpestio del pozzo, al di sopra del quale l'opera verrà interrata. Per l'accesso dal piano stradale rimarrà un pozzetto in ghisa di forma quadrata 2x2m, nel quale sarà installata una scala alla marinara che arriva fino al fondo dell'opera. La condotta all'interno del pozzo sarà passante e in pressione, attrezzata con passo d'uomo per effettuare l'ingresso per ispezione e manutenzione.

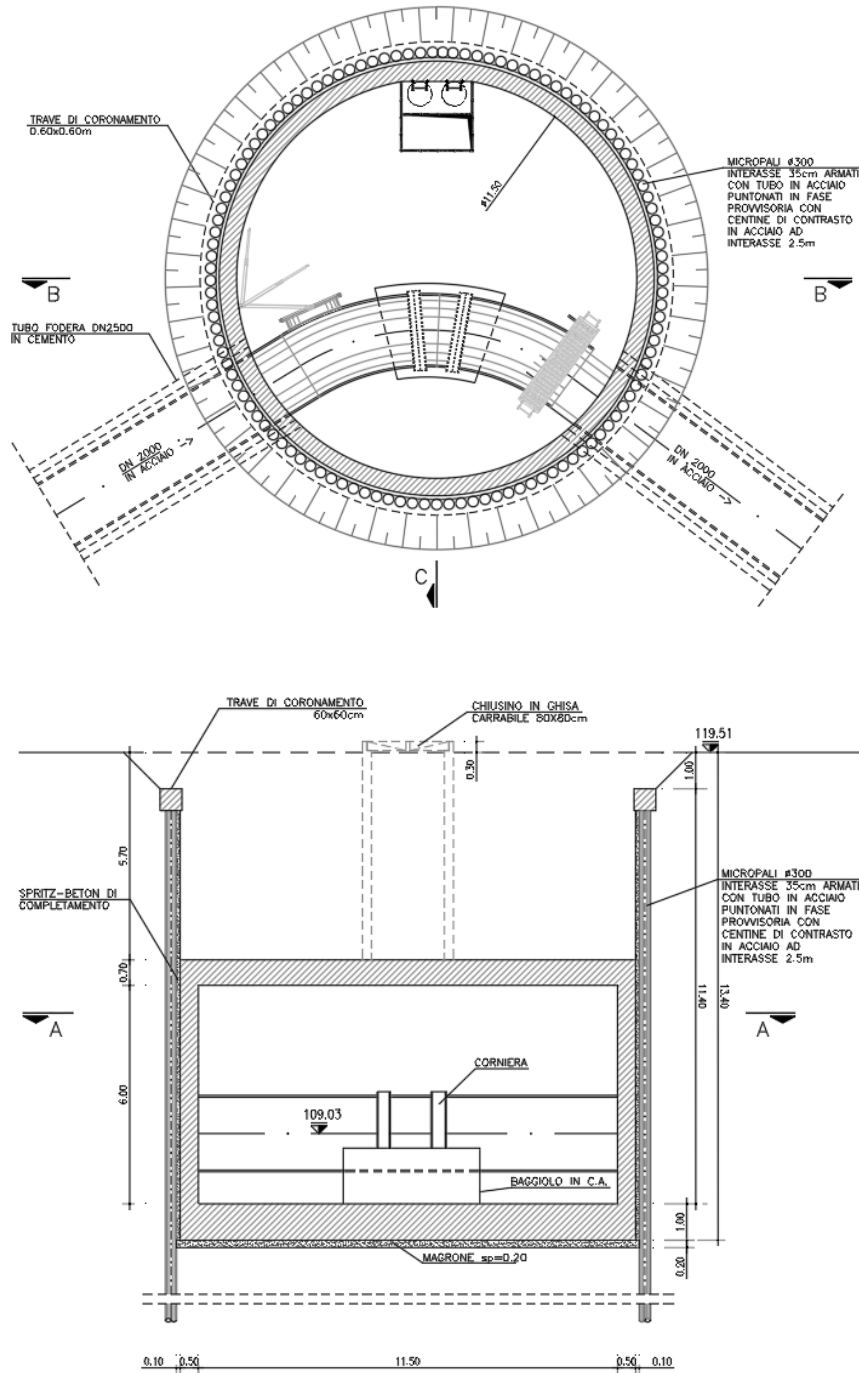


Figura 6.7 – Pianta e sezione del Pozzo Trionfale 1.

- Pozzo Trionfale 2 - manufatto di spinta/ arrivo MT: il manufatto costituisce il punto di arrivo della seconda tratta di microtunneling dal Pozzo Trionfale 1 e la partenza della tratta verso il Pozzo Trionfale 3. La

geometria presenta una forma poligonale allungata nel verso delle condotte, di dimensioni interne pari a circa 11,5 m x 6,0 m, con una profondità di circa 15 m. Anche in questo caso verrà realizzato un solaio di copertura a circa 6m dal piano di calpestio del manufatto, al di sopra del quale l'opera verrà interrata, lasciando per l'accesso un pozzetto di discesa quadrato 2 m x 2 m attrezzato con scala alla marinara. Analogamente al *Pozzo Trionfale 1*, l'opera viene dotata di passo d'uomo per l'accesso alla condotta, che anche in tale nodo è passante e in pressione.

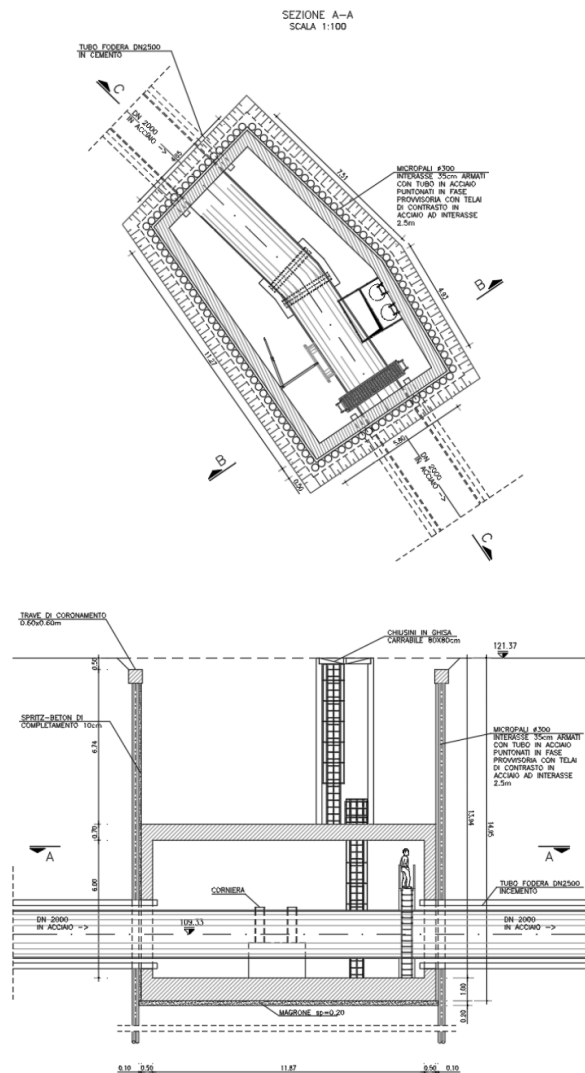
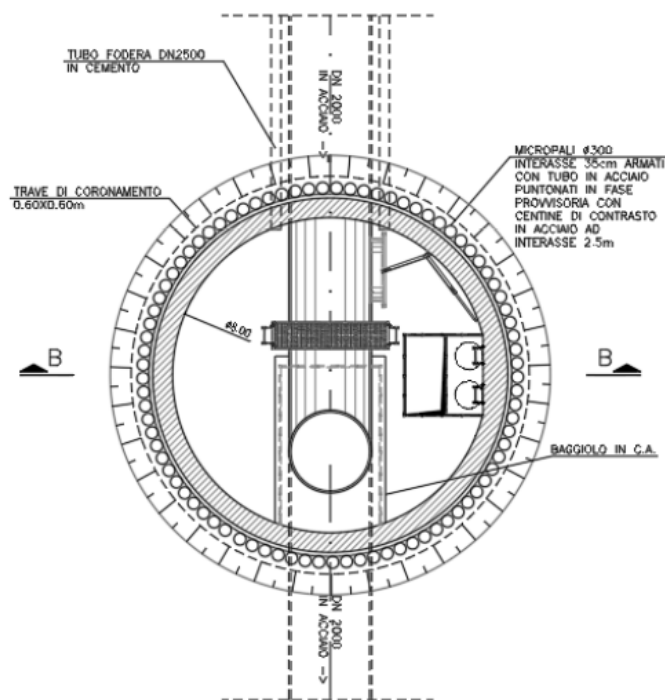


Figura 6.8 – Pianta e sezione del Pozzo Trionfale 2.

- Pozzo Trionfale 3 - manufatto di arrivo MT: il manufatto costituisce punto di arrivo della tratta di microtunneling dal Pozzo Trionfale 2 e la partenza della tratta a cielo aperto verso il C.I. Pineta Sacchetti. La forma è circolare, con diametro interno pari a 8m, con una profondità di circa 14 m. Nel manufatto la condotta in pressione risale di circa 6 m, per poter essere posata nella tratta successiva con scavo a cielo aperto, utilizzando dei blindoscavi per limitare i cedimenti in superficie. Alla quota di uscita della condotta è realizzato un orizzontamento intermedio, mentre la copertura dell'opera è realizzata poco sotto al piano di campagna. L'accesso un pozzetto di discesa quadrato 2 m x 2 m attrezzato con scala alla marinara, che conduce sia all'orizzontamento intermedio che sul fondo. Analogamente agli altri pozzi, l'opera viene dotata di passo d'uomo per l'accesso alla condotta.



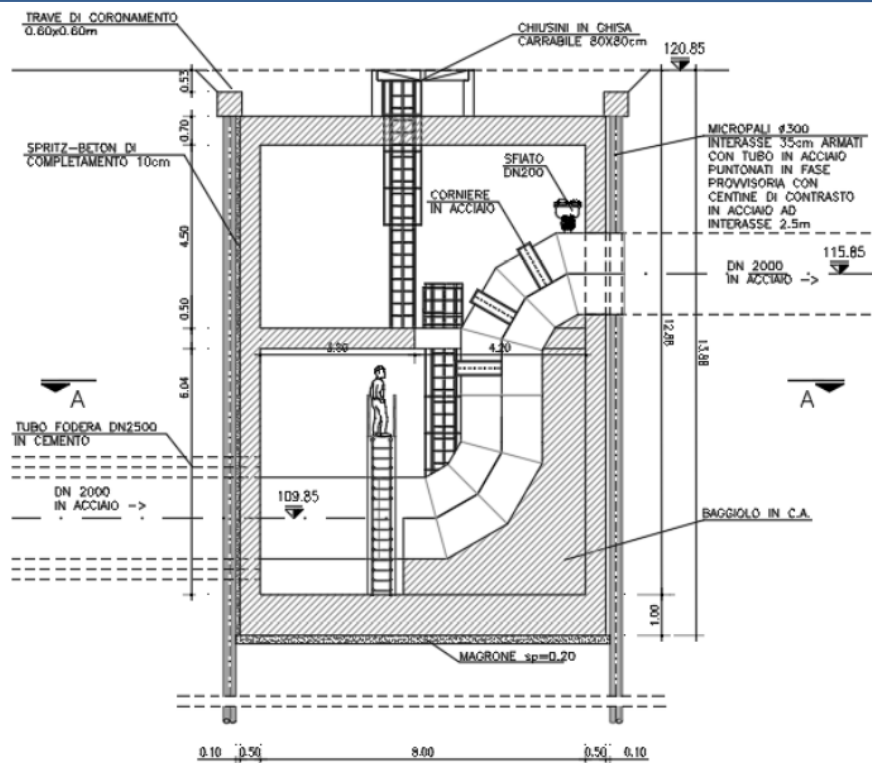


Figura 6.9 – Pianta e sezione del Pozzo Trionfale 3.

- Centro Idrico Pineta Sacchetti:** il nuovo centro idrico in progetto è composto da una serie di manufatti sia interrati sia fuori terra, che andranno a riprodurre le funzioni attualmente esercitate dal Nodo Trionfale esistente. L'ingresso delle condotte avverrà da Nord Est, da via dell'Acquedotto Paolo, con una condotta DN2000 realizzata in affiancamento alla linea esistente dell'acquedotto Paolo. Il DN2000 giunge in un partitore interrato, a cui sarà possibile accedere tramite un edificio fuori terra, all'interno del quale il DN2000 si divide in due condotte in acciaio di diametro analogo, dotate degli opportuni sezionamenti. In questo primo manufatto si inserirà anche il sistema di pompaggio per l'alimentazione della rete di Trionfale, partenza della tratta denominata T8. Le due linee DN2000 in uscita dal partitore entreranno in due manufatti seminterrati speculari, composti da una camera di manovra interrata e una vasca dotata di uno stramazzo frontale, di dimensioni in pianta di circa 20x18 m.



Figura 6.10 – Planimetria generale di progetto delle opere nei pressi del centro idrico Pineta Sacchetti.

Ciascun manufatto è interrato per circa 7,5 m, mentre per quanto riguarda l’ingombro fuori terra presenta un’altezza massima di circa 15 m. Tale quota viene raggiunta dalla parte del manufatto in cui sarà presente una vasca con superficie libera, mentre nella restante parte dell’edificio l’altezza fuori terra si ridurrà fino a circa 9 m.

Nell’area in esame, preventivamente alla costruzione delle opere in progetto, viste anche le preesistenze relative al vecchio potabilizzatore dismesso, si prevederanno degli interventi di bonifica e saggi preventivi al fine di garantire la corretta realizzazione dei manufatti ed evitare potenziali interferenze.

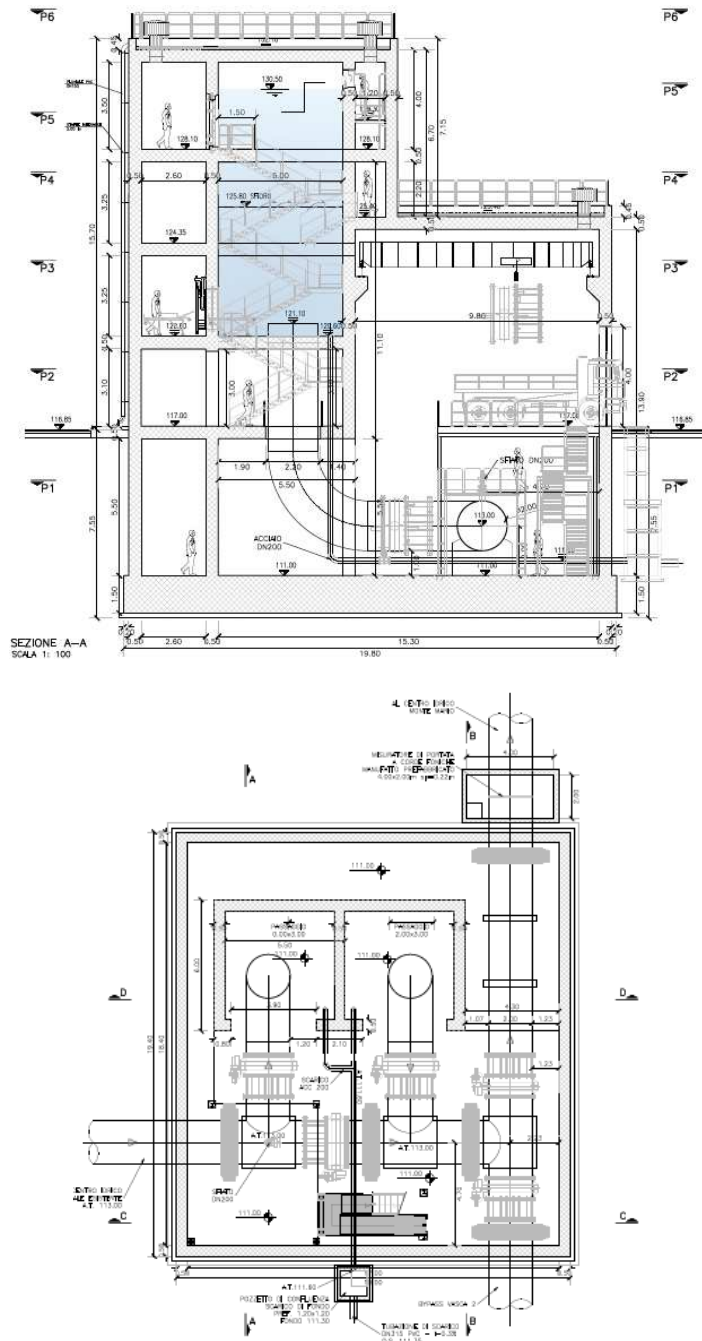


Figura 6.11 – Pianta e sezione del serbatoio del centro idrico Pineta Sacchetti

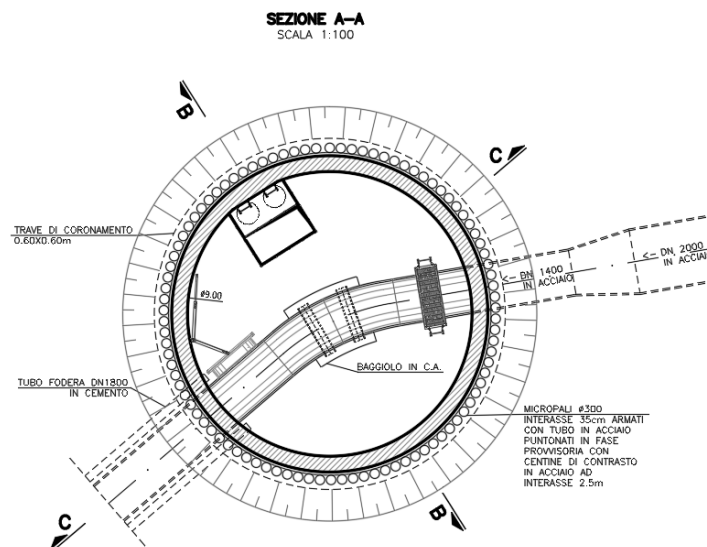
Nella camera di manovra sarà realizzato il sistema di by-pass della vasca, sempre con condotte DN2000 dotate di opportuni sezionamenti. Da ciascun manufatto escono infatti le condotte che alimentano le linee esistenti:

- o dal manufatto in sinistra idraulica si diramerà una tubazione in acciaio DN1600 che collega all’adduttrice esistente diretta verso Monte Mario,

- o dal manufatto in destra idraulica si diramerà una condotta DN1400 che connette verso le due condotte DN1000/DN1400 dirette verso Nebbia e Carpegna.

Le due camere di manovra dei due centri speculari sono collegate da una condotta DN2000. Ciascuno dei due centri è dotato di una vasca rettangolare di dimensioni 10x5 m, con quota di fondo posta a 120,70 m s.l.m., quota dello stramazzo pari a 125,80 m s.l.m. e quota di massimo invaso pari a 130,50 m s.l.m. La vasca sarà sostanzialmente pensile, dato che la quota del piazzale e degli ingressi è posta a quota 116,85 m s.l.m. Nel Piazzale sono inoltre presenti cabina di trasformazione BT/MT e gruppo elettrogeno a servizio del sollevamento di rete.

- Pozzo Pineta Sacchetti: Il pozzo costituisce il manufatto di spinta della prima tratta della tratta T5, presenta forma circolare con diametro interno pari a 9m e profondità di circa 10m.



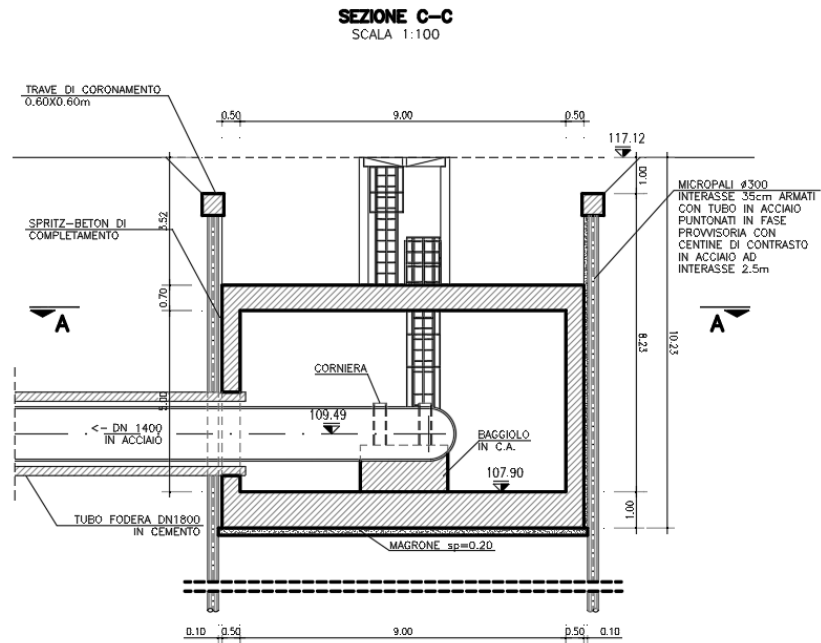
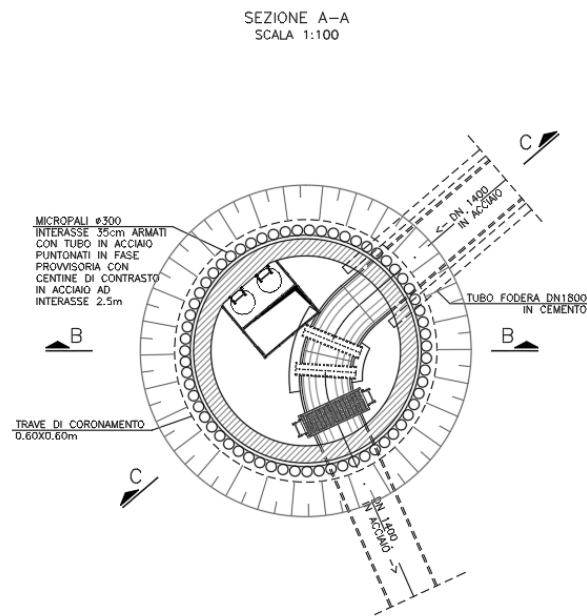


Figura 6.12 – Pianta e sezione del Pozzo Pineta Sacchetti

- Pozzo Pestalozzi: il pozzo costituisce il manufatto di arrivo della prima parte della tratta T5, presenta forma circolare con diametro interno pari a 5,5m e profondità di circa 10m.



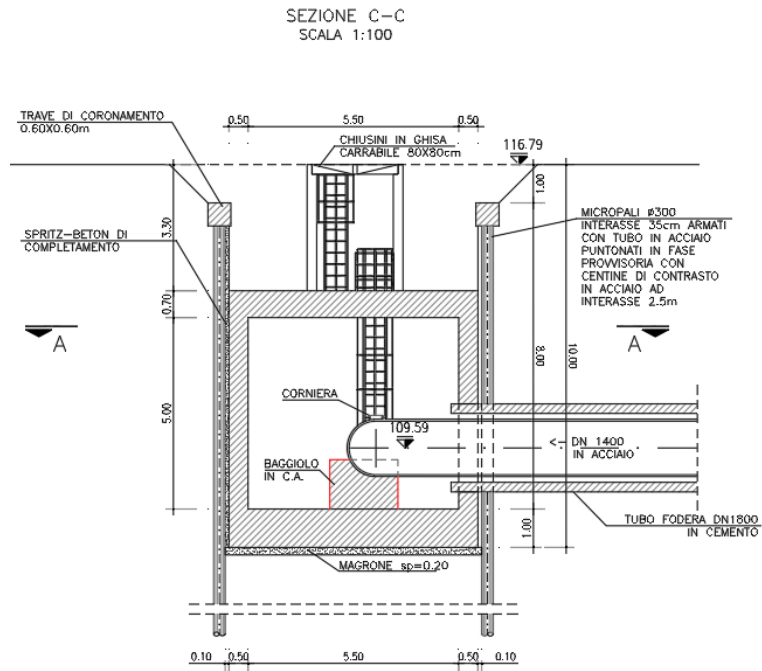
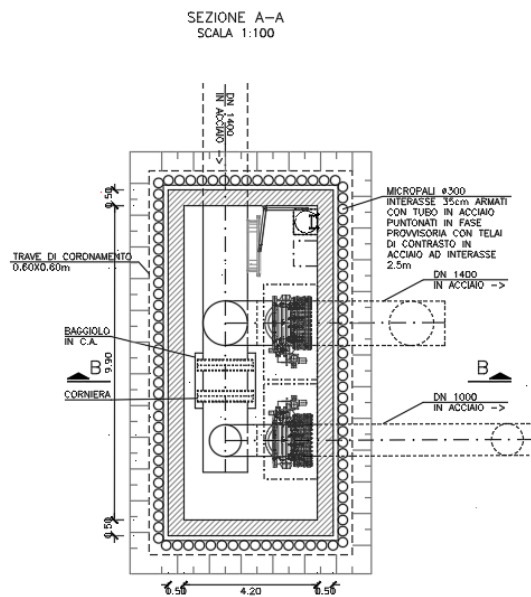


Figura 6.13 – Pianta e sezione del Pozzo Pineta Pestalozzi

- Manufatto Pestalozzi:** il manufatto presenta forma rettangolare circa 10 m x 5 m, è interamente interrato con profondità di circa 6 m. Al suo interno è presente la condotta DN1400 in arrivo dal C.I. Pineta Sacchetti e le condotte DN1000/ DN1400 per la connessione alle linee esistenti, con gli opportuni sezionamenti.



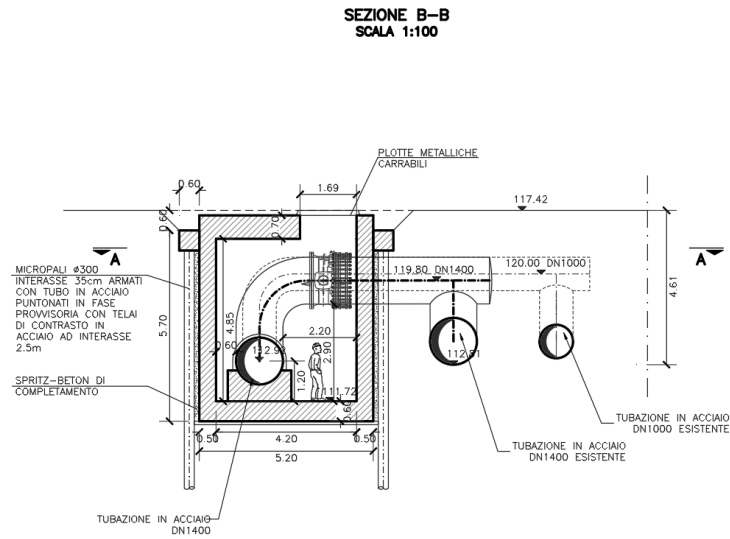


Figura 6.14 – Pianta e sezione del Manufatto Pestalozzi

- Manufatto di Connessione al DN2020 esistente verso Monte Mario: Il manufatto viene realizzato intorno alla condotta esistente DN2020 esistente, dopo aver isolato con un by-pass provvisorio la linea esistente. La connessione verrà effettuata con un pezzo speciali in acciaio connesso alla linea esistente con opportuni giunti intermateriale.

7 AZIONI DI PROGETTO

7.1 Azioni sulle costruzioni

Le azioni prese in esame per l'analisi e le verifiche delle opere in progetto verranno classificate secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

- Permanenti strutturali (G1);
- Permanenti non strutturali (G2);
- Variabili (Q);
- Sismiche (E);

Tutte le azioni faranno riferimento a quanto riportato al cap. 3 delle NTC2018, dove sono riportati i valori minimi caratteristici per ciascuna tipologia di carico variabile cui risulta sottoposta la costruzione durante la vita nominale.

Data l'interazione dei manufatti in progetto con il traffico locale, qualora non espressamente indicato, il valore minimo da considerarsi per il carico da traffico è di 20 kN/mq.

7.2 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono:

- Stati limite di ESERCIZIO
 - Stato Limite di Operatività (SLO);
 - Stato Limite di Danno (SLD);
- Stati limite ULTIMI
 - Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV);
 - Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Ad ogni stato limite corrisponde una probabilità di superamento P_{VR} .

7.2.1 Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale Z, da considerarsi tra loro indipendenti. Le componenti sono descritte dagli spettri di risposta elastici in accelerazione funzione del periodo di riferimento P_{VR} e l'accelerazione orizzontale massima attesa a_g .

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalla seguente espressione:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

con:

- S , è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: $S = S_S \cdot S_T$ essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;
- δ , è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali δ diversi dal 5%, mediante la relazione seguente: $\eta = 10 / \sqrt{(5 + \xi)} \geq 0.55$
- F_o , è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2.;
- T_B, T_C, T_D , sono i periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dalla categoria del suolo di fondazione.

I parametri sismici e il conseguente spettro di risposta elastico utilizzati sono riportati nel seguito:

- Categoria di terreno: B

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

- Classe d'uso: IV \rightarrow $C_u=2.0$
- Categoria topografica: T1

Stati limite


Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...



Vita Nominale

100



Interpolazione

Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^+ [s]
Operatività (SLO)	120	0.057	2.653	0.292
Danno (SLD)	201	0.066	2.705	0.308
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0.110	2.949	0.364
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.116	2.976	0.371
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	200			

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

 Cat. Sottosuolo	B			
 Cat. Topografica	T1			
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,41	1,39	1,35	1,34
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s ²]	 0.6			
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.014	0.032	0.034
kv	0.006	0.007	0.016	0.017
Amax [m/s ²]	0.670	0.771	1.295	1.370
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Figura 7-1 – Parametri sismici e relativo spettro SLV

7.3 Analisi allo SLU

Definite le opportune combinazioni delle azioni (azioni di calcolo, F_d), si valutano le azioni interne (sollecitazioni di calcolo, E_d) nei vari elementi strutturali. Per ogni elemento strutturale sono valutate le resistenze (resistenze di calcolo, R_d). La verifica della sicurezza agli stati limite ultimi si ritiene soddisfatta controllando che, per ogni elemento strutturale e per ciascuna delle combinazioni delle azioni prese in esame, risulti: $R_d \geq E_d$.

Le azioni di calcolo F_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule.

- Combinazione agli Stati Limite Ultimi SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione agli stati limite ultimi connessi alle azioni accidentali

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Essendo:

- G_1 carichi permanenti strutturali
- G_2 carichi permanenti non strutturali Q_{kj} carichi variabili
- Q carico variabile
- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali G_1
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2
- γ_Q coefficiente parziale dei carichi variabili Q
- Ψ_{0j} coefficiente di combinazione
- A_d Azione accidentale

7.4 Analisi allo SLE

Le azioni di calcolo F_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule.

- Combinazione caratteristica (rara)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione frequente

$$G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione quasi permanente

$$G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Essendo:

- G_1 carichi permanenti strutturali
- G_2 carichi permanenti non strutturali Q_{kj} carichi variabili
- Q carico variabile
- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali G_1
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2
- $\Psi_{0j}; \Psi_{1j}; \Psi_{2j}$ coefficienti di combinazione

8 Concezione strutturale delle opere definitive

Dal punto di vista strutturale i manufatti definitivi presenti lungo il tracciato sono in larga parte rappresentati da strutture scatolari interrato in cemento armato, nelle quali non sono previsti invasi. I tratti di condotta che collegano i manufatti sono rappresentati invece da condotte in acciaio e, nel tratto finale, da condotte esterne con funzionalità di fodere in calcestruzzo armato, al cui interno sono alloggiato delle tubazioni in acciaio.

Unica eccezione è rappresentata dal centro idrico Pineta Sacchetti, che presenta due vasche sopraelevate poste all'interno di una struttura seminterrata.

Per tutte le strutture si prevede un funzionamento strutturale scatolare a pareti in cemento armato.

Le opere di nuova realizzazione dell'intero progetto sono previste in classe d'uso IV e vita nominale $V_N = 100$ anni.

In ogni caso è previsto che sia nulla l'interazione tra le opere definitive e quelle provvisorie di sostegno: tale considerazione, a favore di sicurezza, si traduce nel dimensionamento delle opere per resistere come se fossero completamente immerse nel terreno, trascurando le caratteristiche inerziali e di rigidità dell'opere di sostegno stesse.

I dimensionamenti saranno effettuati considerando un comportamento strutturale non dissipativo, prevedendo che tutte le membrature e i collegamenti rimangano in campo elastico o sostanzialmente elastico. Si prevede una media capacità dissipativa delle strutture.

Per le condotte in acciaio, interrate ad una profondità media di 4-5m, si considerano trascurabili gli eventuali accorciamenti/allungamenti dovuti ai gradienti termici che, alle profondità di progetto, possono assumersi trascurabili. I dimensionamenti terranno conto di eventuali sollecitazioni e deformate elastiche dovute ad eventi sismici. Non si prevede l'utilizzo di giunti sismici lungo lo sviluppo delle condotte in progetto in quanto ricadono, per tutta la lunghezza del tracciato, all'interno di formazioni caratterizzate da proprietà fisco-meccaniche omogenee.

9 Opere di connessione alle infrastrutture esistenti

9.1 Connessione al Centro Idrico di Ottavia

La connessione al centro idrico di Ottavia, come riportato precedentemente, avverrà tramite connessione al canale in ingresso al centro idrico stesso. Dal punto di vista strutturale si ipotizza la demolizione di una porzione del canale e la ricostruzione di un tronchetto in cls armato che preveda una diramazione in destra idraulica che circonda il centro idrico. Nel primo tratto interno al centro idrico sarà quindi posato uno scatolare prefabbricato con liner interno e dimensioni nette 2.50 m x 2.50 m, mentre il tronchetto di raccordo in cui è prevista una diramazione ad "Y", sarà gettato in opera.

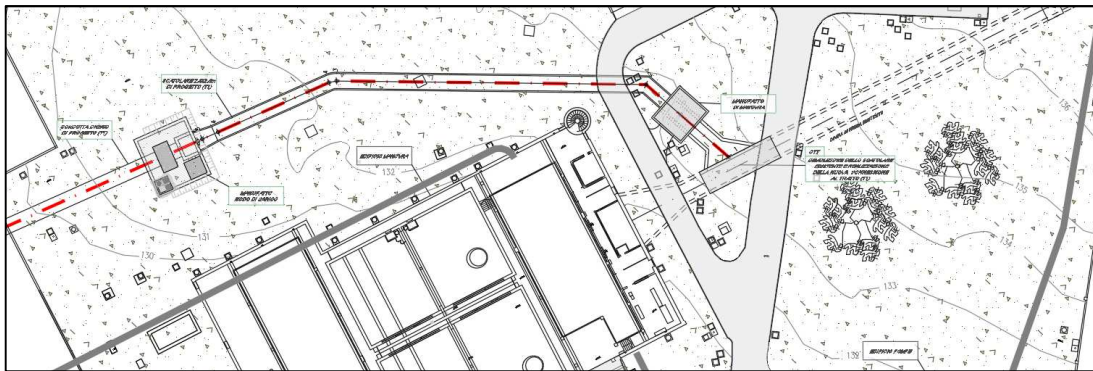


Figura 9.1 – Planimetria di progetto del tratto TC1 interno al centro idrico esistente di Ottavia

Le profondità di posa in opera dei nuovi manufatti sono tali per cui risulta comunque sempre superiore al piano di imposta delle opere esistenti potenzialmente interagenti; pertanto, possono scongiurarsi fenomeni di subsidenza indotta dagli scavi. Laddove possibile, per esempio in prossimità della connessione allo scatolare esistente, lo scavo sarà completamente aperto per consentire le lavorazioni; viceversa, laddove potesse nascere una possibile interferenza tra i fronti di scavo e le opere esistenti si procederà alla posa con sistemi di blindoscavi a sostegno del terreno circostante.

Le opere di nuova realizzazione saranno giuntate all'esistente con waterstop e sistemi di impermeabilizzazione che ne permetteranno la continuità idraulica.

9.2 Connessione al DN200 Bonna verso Monte Mario

La condotta esistente DN200 in tubi Bonna, che si dirama dal C.I. Trionfale fino ad arrivare al C.I. Monte Mario, è alloggiata all'interno di una galleria che si sviluppa, nella zona individuata per la connessione con le opere di progetto, al di sotto di Via Trionfale.

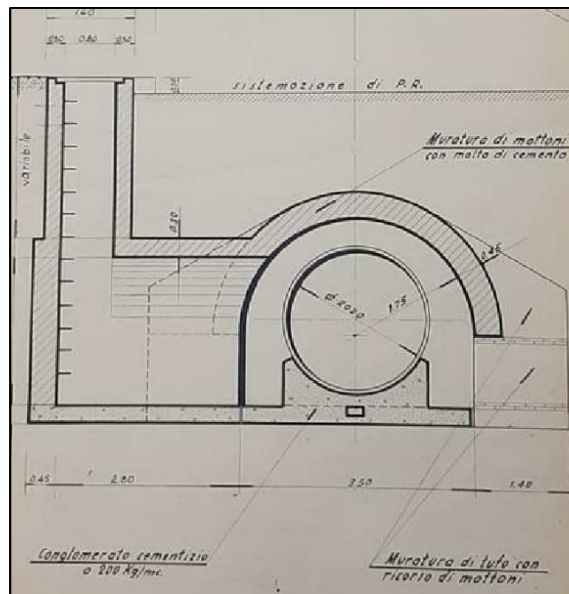


Figura 9.2 – sezione tipologica, da tavola storica, della galleria di alloggiamento della condotta DN200 in Tubi Bonna in corrispondenza del chiusino di ispezione in Via Trionfale.

Le operazioni di connessione si articoleranno secondo le seguenti fasi:

1. Realizzazione, ai lati della galleria esistente, di due paratie di micropali per il sostegno del fronte di scavo e per la mitigazione di eventuali effetti prodotti dalla subsidenza dovuta allo scavo
2. Demolizione per un tratto di circa 20m della calotta e dei piedritti della galleria esistente
3. Fuori servizio della condotta D200 in tubi Bonna
4. Realizzazione di un by-pass provvisorio previa installazione di due otturatori a monte e a valle della condotta DN200 in tubi Bonna da demolire.
5. Messa in servizio del By-Pass provvisorio
6. Completa demolizione del DN200 in tubi Bonna e dell'imposta della galleria di alloggiamento esistente.

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

7. Installazione di due giunti intermateriale CLS/Acciaio e realizzazione del collegamento a "T" del DN1600 in acciaio proveniente dal C.I. Pineta Sacchetti.
8. Realizzazione di un nuovo scatolare in c.a. di alloggiamento della condotta nel tratto demolito
9. Fuori servizio per rimozione By-Pass e degli otturatori
10. Messa in servizio del nuovo collegamento
11. Ritombamento dell'opera di connessione