

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**


PROGETTO DEFINITIVO		 INFRA.TO <i>infrastrutture per la mobilità</i>										INFRATRASPORTI S.r.l.										
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA																					
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. F. Azzarone Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12287J	DEPOSITO OFFICINA REBAUDENGO - IMPIANTI NON DI SISTEMA IMPIANTI MECCANICI RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO																				
ELABORATO										REV.		SCALA	DATA									
										Int.	Est.											
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi										MT	L2	T1	A1	D	IME	DRB	R	001	0	2	-	28/12/2022

AGGIORNAMENTI

Fg. 0 di 0

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	28/12/22	FAz	FAz	FAz	R. Cr
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	30/05/23	FAz	FAz	FAz	R. Cr
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>14.5</td> <td>13</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>IMEDRBR001</td> </tr> </table>						LOTTO 1	CARTELLA	14.5	13	MTL2T1A1D	IMEDRBR001	STAZIONE APPALTANTE DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro					
LOTTO 1	CARTELLA	14.5	13	MTL2T1A1D	IMEDRBR001												

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

INDICE

1.	PREMESSA	4
1.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
2.	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI	4
2.1	IMPIANTI CONSIDERATI	7
2.2	RETI E PRESE D'ARIA	7
2.3	CENTRALE COMPRESSORI	8
3.	STRUTTURA DELLA RELAZIONE	9
3.1	NORMATIVA	9
3.2	DESCRIZIONE	10
3.3	METODOLOGIE DI CALCOLO	10
3.4	DATI DI CALCOLO	10
4.	IMPIANTO ARIA COMPRESSA	10
4.1	NORMATIVA	10
4.1.1	NORME COGENTI	10
4.1.2	RIFERIMENTI METODOLOGICI	10
4.2	CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE DI RIFERIMENTO	11
4.3	RETI E PRESE D'ARIA	11
4.3.1	DESCRIZIONE	11
4.3.2	METODOLOGIE DI CALCOLO	12
4.3.2.1	Caratteristiche delle utenze finali	12
4.3.2.2	Portata gruppi di apparecchiature	12
4.3.2.3	Portata della rete di alimentazione	12
4.3.2.4	Dimensionamento della rete	12
4.3.2.5	Verifica delle perdite di carico	13
4.3.2.6	Determinazione delle perdite di carico	13
4.3.2.7	Determinazione della pressione di consegna	14



CITTA' DI TORINO

**Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale
1 Rebaudengo-Bologna**

Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI
Relazione tecnica e di calcolo

MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

4.3.3	DATI DI CALCOLO	15
4.3.3.1	Parametri di base	15
4.3.3.2	Domanda di aria compressa	15
4.3.3.3	Diametri di calcolo	16
4.1	CENTRALE COMPRESSORI	16
4.1.1	COMPRESSORI	16
4.1.2	SERBATOI DI ACCUMULO	16
5.	IMPIANTO ACQUE INDUSTRIALI	17
5.1	REINTEGRO E SCARICO IMPIANTO LAVAGGIO TRENI	22



1. PREMESSA

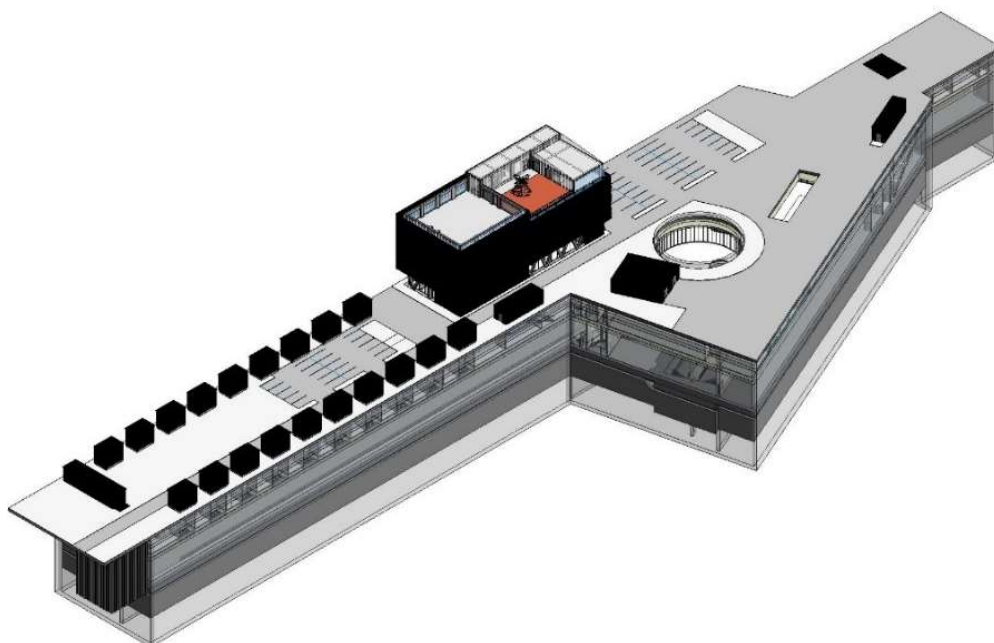
1.1 Scopo e campo di applicazione

Il presente documento ha come oggetto l'impianto di aria compressa e acqua industriale al servizio del deposito Rebaudengo.

L'obiettivo del sistema è quello di garantire all'interno dei locali di manutenzione la disponibilità di aria compressa, alla pressione di circa 8 bar, in vari punti di presa disposti a parete e in prossimità dei binari.

2. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI

Il deposito Rebaudengo è un organismo edilizio che si sviluppa su due livelli interrati, e tre livelli fuori terra.



In generale, in relazione alla destinazione d'uso, possono essere individuate le seguenti macro-aree funzionali:

- zona uffici;
- zona officine e deposito;
- zona locali tecnologici.

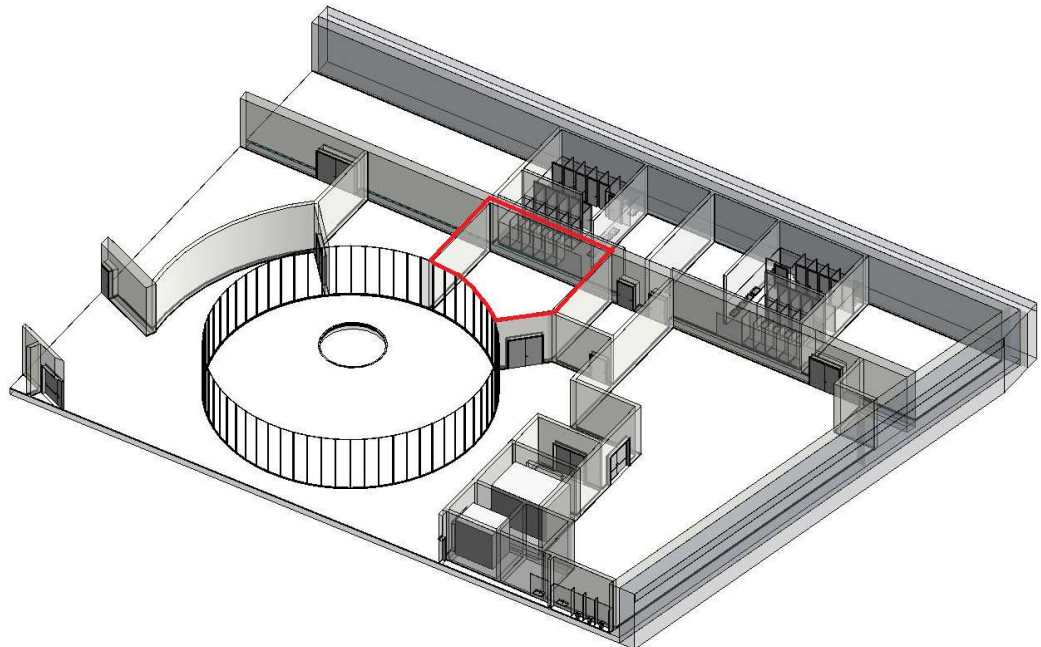
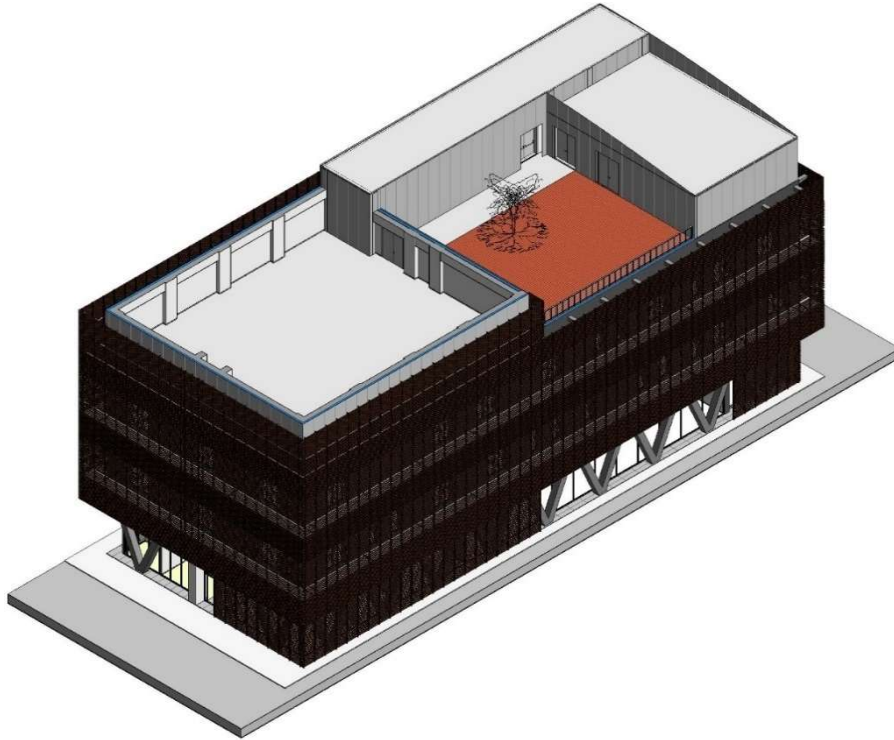


CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale
1 Rebaudengo-Bologna

Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI
Relazione tecnica e di calcolo

MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX





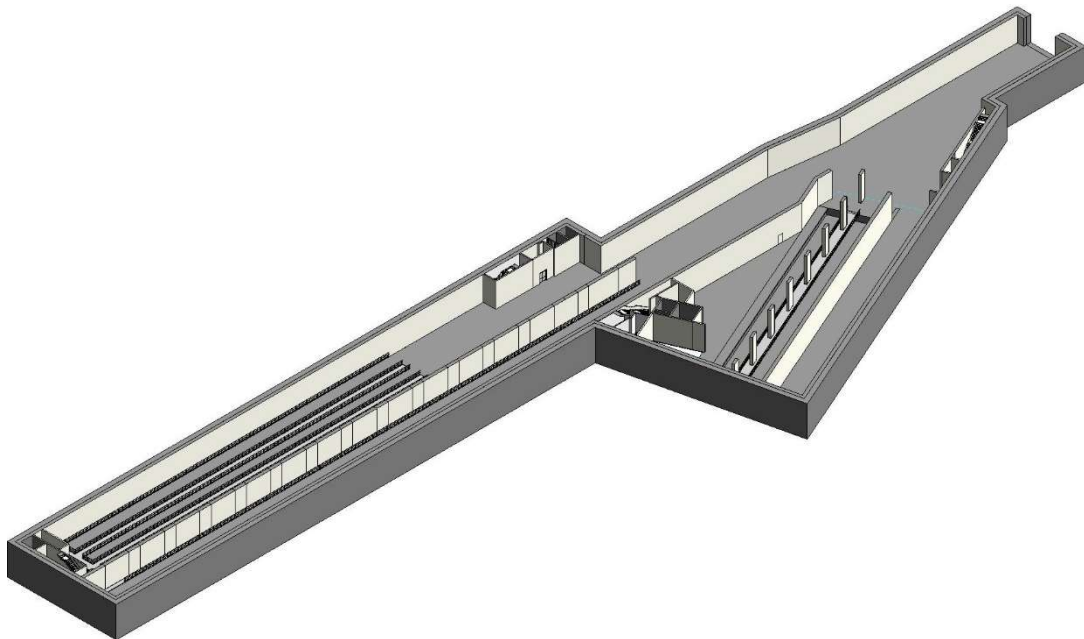
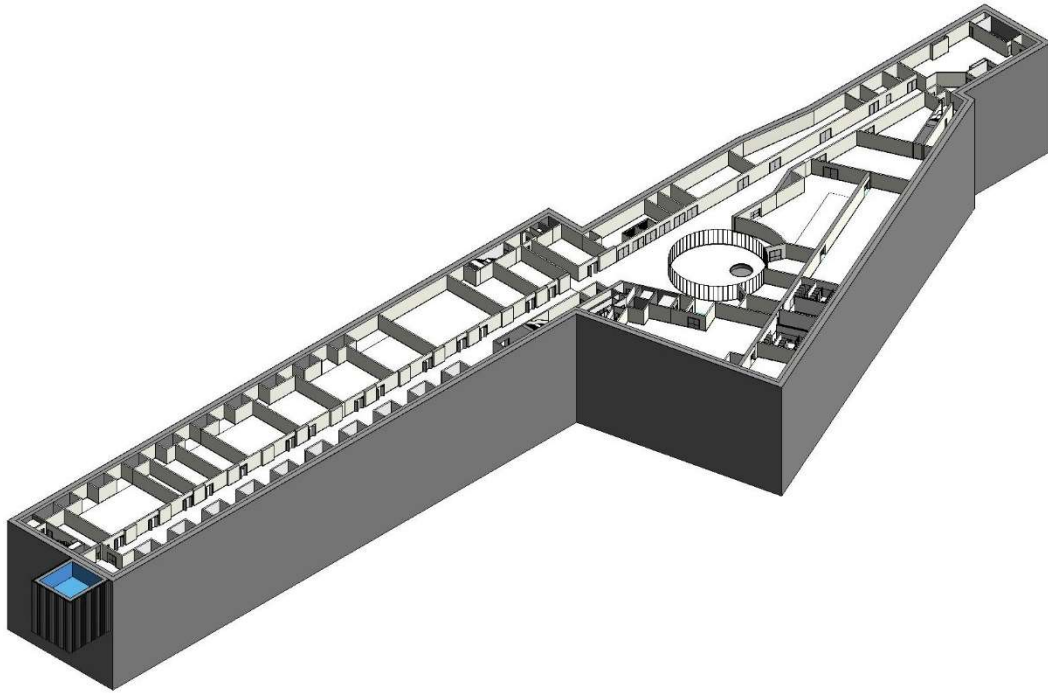
CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta:
Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale
1 Rebaudengo-Bologna

Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI
Relazione tecnica e di calcolo

MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

Le aree officine e depositi, così come le zone locali tecnologici, sono ubicate principalmente a livello primo e secondo interrato





2.1 Impianti considerati

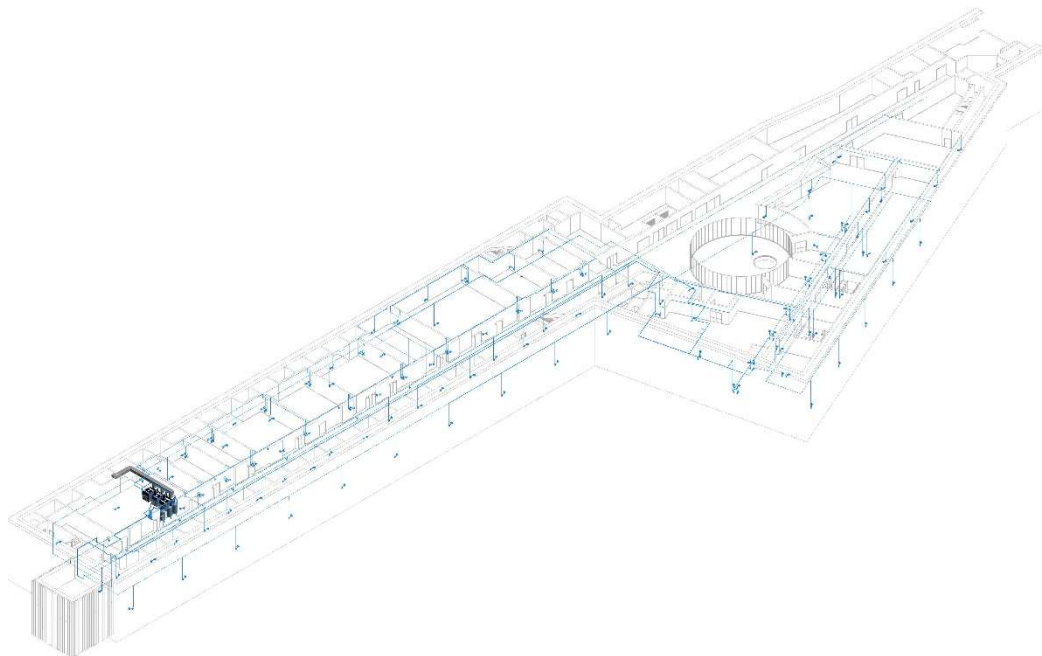
Gli impianti che verranno presi in esame sono i seguenti:

- impianto di distribuzione aria compressa;
- impianto di produzione aria compressa;
- impianto di alimentazione sistema di lavaggio materiale rotabile;

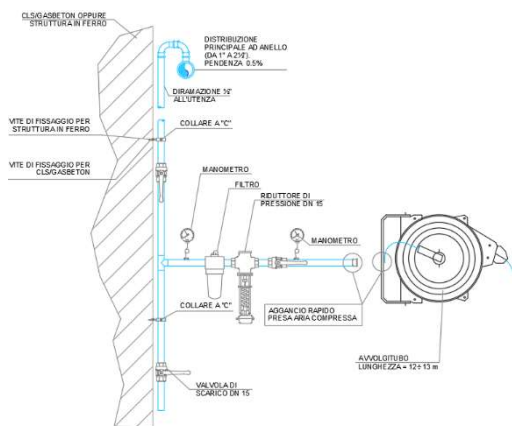
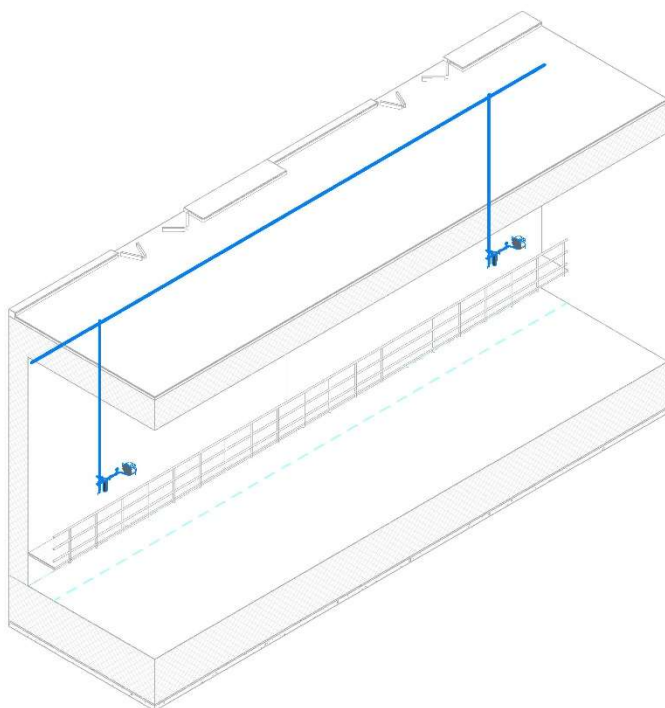
Nel prosieguo della relazione saranno analizzati singolarmente i diversi impianti.

2.2 Reti e prese d'aria

La distribuzione dell'aria avviene tramite tubazioni disposte prevalentemente a soffitto, che formano una rete plurimagliata, suddivisa in anelli chiusi concatenati. Esistono sostanzialmente due reti, una per il piano al livello -1, l'altra per il piano al livello -2, collegate tra loro in due punti, mediante tubazioni verticali in cavedio.



Le prese d'aria, "CAI", sono disposte a parete, a un'altezza di 1 metro dalla quota del pavimento, oppure sotto i binari. Ogni presa sarà equipaggiata con: manometri, valvole di intercettazione, valvola di scarico, filtro, riduttore di pressione, attacco rapido per flessibile.



Lungo il percorso dei collettori principali è prevista l'installazione di valvole di intercettazione, che consentono il sezionamento di porzioni di rete per esigenze manutentive o per aggiungere eventuali ulteriori stacchi.

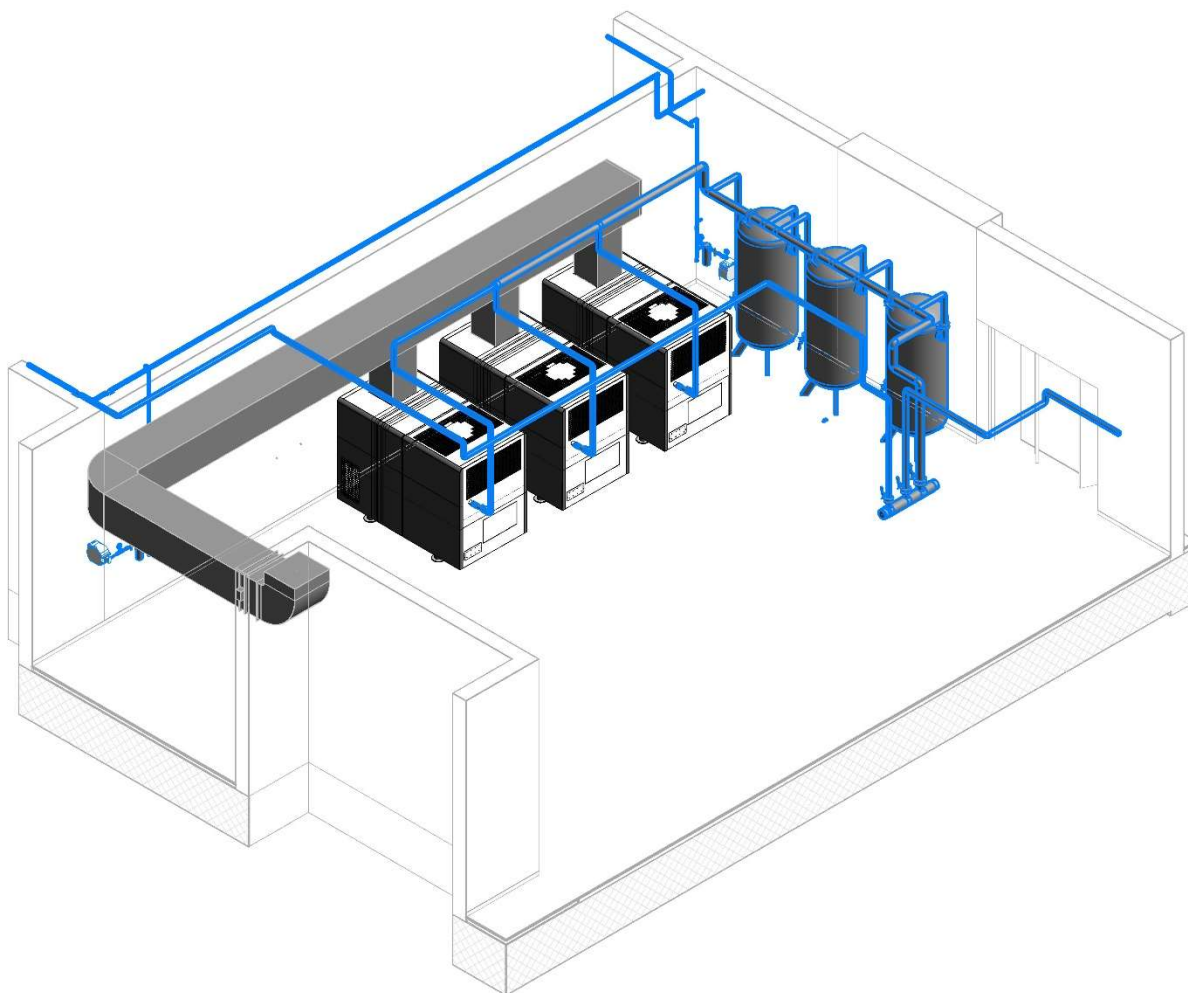
In vari punti strategici della rete saranno posizionati punti di drenaggio condensa, costituiti da barilotto multiattacco e scarico di fondo con valvola. Le tubazioni saranno montate in pendenza verso i punti di drenaggio.

2.3 Centrale compressori

Si sceglie di installare tre compressori d'aria uguali, ciascuno della portata di circa 1/3 del fabbisogno massimo richiesto. In tal modo, la domanda viene coperta da due soli compressori, mentre il terzo rimane di riserva.

I compressori sono del tipo "oil free", dotati di sistema di essiccamento incorporato nel case del compressore stesso.

Per stabilizzare la pressione al variare della domanda di aria, si prevede l'installazione di **serbatoi polmone**. Il volume viene suddiviso su due serbatoi, da 2.000 litri ciascuno, collegati in parallelo. Ne viene installato anche un terzo, in modo da consentire la manutenzione periodica di un serbatoio, senza limitare la capacità di accumulo.




3. STRUTTURA DELLA RELAZIONE

La presente relazione prende in considerazione singolarmente le diverse tipologie di impianti presenti; ciascuna di esse viene analizzata mediante una presentazione strutturata nelle parti seguenti:

- normativa applicabile;
- descrizione;
- metodologie di calcolo;
- dati di calcolo.

3.1 Normativa

Vengono indicati gli specifici riferimenti normativi utilizzati per il calcolo ed il progetto dei diversi sistemi.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

3.2 Descrizione

Vengono brevemente descritti gli impianti presi in considerazione, illustrando, dove necessario, le eventuali suddivisioni in sottotipologie.

3.3 Metodologie di calcolo

Sono gli algoritmi matematici impiegati, derivanti dalla buona tecnica o da codici di calcolo oggetto delle norme e leggi specifiche richiamate precedentemente.

Vengono in questo contesto individuati qualitativamente i dati di ingresso, i parametri limite, gli obiettivi.

3.4 Dati di calcolo

I risultati di calcolo sono illustrati mediante tabelle. I dati di ingresso dei calcoli sono chiaramente riportati nei singoli paragrafi della presente relazione.

4. IMPIANTO ARIA COMPRESSA

4.1 Normativa


4.1.1 Norme cogenti

Il progetto è stato effettuato in accordo con la legislazione vigente in materia, riportata nel seguito.

Legge n° 615/66	Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico
DPR 203/88	Norme relative alla qualità dell'aria relativa ad agenti inquinanti
D.M. 22/01/08 n°37	Norme per la sicurezza degli impianti
DPCM 01/03/91	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi
Legge n° 10/91	Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale
DLgs n° 26/16	Recepimento nuova Normativa PED
D.M. 329/04	Regolamento recante norme per la messa in servizio ed utilizzazione delle attrezzature in pressione

4.1.2 Riferimenti metodologici

Il progetto è stato sviluppato con riferimento alle norme di buona tecnica disponibili, secondo quanto esplicitato all'interno delle metodologie di calcolo illustrate. In particolare, sono state considerate le norme di seguito elencate.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

ISO 8573 – 1	Classi di qualità per l'aria compressa
---------------------	--

4.2 Condizioni termoigrometriche di riferimento

Le condizioni esterne considerate nei calcoli, derivanti da dati statistici di letteratura, risultano quelle indicate nella tabella seguente.

Località:		TORINO	
Altitudine:	[m]	239	
		INVERNO	ESTATE
Temperatura esterna b.s.:	[°C]	-8	31
Temperatura esterna b.u.:	[°C]	-9	22
Umidità relativa:	[%]	71	50

4.3 Reti e prese d'aria

4.3.1 Descrizione


La distribuzione dell'aria avviene tramite tubazioni disposte prevalentemente a soffitto, che formano una rete plurimagliata, suddivisa in anelli chiusi concatenati. Esistono sostanzialmente due reti, una per il piano al livello -1, l'altra per il piano al livello -2, collegate tra loro in due punti, mediante tubazioni verticali in cavedio.

Le prese d'aria, "CAI", sono disposte a parete, a un'altezza di 1 metro dalla quota del pavimento, oppure sotto i binari.

Le prese d'aria, "CAI", sono disposte a parete, a un'altezza di 1 metro dalla quota del pavimento, oppure sotto i binari. Ogni presa sarà equipaggiata con: manometri, valvole di intercettazione, valvola di scarico, filtro, riduttore di pressione, attacco rapido per flessibile.

Lungo il percorso dei collettori principali è prevista l'installazione di valvole di intercettazione, che consentono il sezionamento di porzioni di rete per esigenze manutentive o per aggiungere eventuali ulteriori stacchi.

In vari punti strategici della rete saranno posizionati punti di drenaggio condensa, costituiti da barilotto multiattacco e scarico di fondo con valvola. Le tubazioni saranno montate in pendenza verso i punti di drenaggio.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

4.3.2 Metodologie di calcolo

Il calcolo di una rete di trasporto gas deve essere effettuato in funzione della tipologia di utenze presenti e della configurazione topografica della rete stessa.

Per il calcolo delle reti occorre applicare la seguente procedura:

1. Determinazione della portata richiesta dalle singole apparecchiature in campo;
2. Determinazione della portata dei singoli gruppi di apparecchiature contemporaneamente in funzione;
3. Determinazione della portata della rete di alimentazione;
4. Dimensionamento della rete;
5. Verifica delle perdite di carico.

4.3.2.1 Caratteristiche delle utenze finali

La portata che una certa apparecchiatura è in grado di erogare dipende dalla pressione di alimentazione e dalla sua caratteristica geometrica di erogazione.

La portata Q così definita viene utilizzata per il dimensionamento del tratto di tubazione di adduzione che alimenta l'apparecchiatura stessa.

4.3.2.2 Portata gruppi di apparecchiature

La determinazione della portata sulla base della quale occorre dimensionare il tratto di rete destinato ad alimentare i gruppi di utenze viene effettuata ipotizzando il funzionamento contemporaneo di un certo numero di apparecchiature di uno stesso gruppo.

La portata così calcolata viene utilizzata per il dimensionamento delle tubazioni di adduzione che alimentano i gruppi di utenze.


4.3.2.3 Portata della rete di alimentazione

Nell'ipotesi di rappresentare la rete di alimentazione d'aria compressa come un grafo ad albero che, partendo dal punto di consegna dell'ente distributore o dalla stazione di pompaggio, alimenta ogni gruppo di utenze, la portata caratteristica di ciascun tratto di rete sarà calcolata sommando la portata di tutti i gruppi alimentati dal tratto in oggetto funzionanti contemporaneamente nella situazione più sfavorevole.

4.3.2.4 Dimensionamento della rete

Il dimensionamento delle tubazioni che costituiscono la rete viene effettuato direttamente in base alla velocità accettabile nei tubi. Normalmente tale velocità è compresa nel range **10÷15 m/s**, ma può venire ridotta, in ottica di contenimento delle perdite di carico, o per esigenze di bilanciamento dei rami. In particolare, per tubazioni di diametro inferiore a DN40, le velocità sono normalmente inferiori a 10 m/s.

Occorre poi anche verificare che la perdita di carico di un intero tratto non superi il 5% della pressione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

4.3.2.5 Verifica delle perdite di carico

La verifica delle perdite di carico di una rete è volta ad accertare la condizione che, in corrispondenza dell'apparecchiatura collocata nella posizione idraulicamente più sfavorevole della rete, la pressione disponibile all'erogatore sia sempre sufficiente al corretto funzionamento dell'apparecchiatura stessa.

A tale scopo occorre procedere ai seguenti passi:

1. Determinazione delle perdite di carico lungo la rete;
2. Determinazione della pressione minima necessaria in corrispondenza dell'apparecchiatura più sfavorita;
3. Determinazione della pressione minima di consegna necessaria.

4.3.2.6 Determinazione delle perdite di carico

Le perdite di carico lungo il j-esimo ramo della rete di alimentazione sono calcolabili utilizzando la seguente espressione semplificata:

$$H_{JT} = H_{JD} + H_{JC}$$

Avendo indicato:

H_{JT} = perdita di carico totale nel tratto j-esimo [m c.a.];

H_{JD} = perdite di carico distribuite dovute al moto dell'aria all'interno del tratto j-esimo [m c.a.];

H_{JC} = perdite di carico concentrate dovute alla presenza di discontinuità lungo il tratto j-esimo [m c.a.].

Le **perdite di carico distribuite** lungo il ramo j-esimo sono calcolabili mediante la seguente formula empirica:


$$H_{JD}^* = 1,6 \cdot 10^8 \cdot \frac{Q_j^{1,85}}{d_j^5 \cdot p_0} \cdot 10.000 \quad [\text{mm c.a.}]$$

dove:

Q_j = portata del gas nel ramo j-esimo [Nm³/s]

d_j = diametro interno della tubazione del ramo j-esimo [mm]

p_0 = pressione assoluta del gas nel tratto [bar]

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

La formula indicata nei paragrafi precedenti permette di calcolare le perdite distribuite relative ad una lunghezza unitaria di tubazione; al fine di ottenere la perdita di carico relativa a tutto il tratto j-esimo di lunghezza L , occorrerà quindi moltiplicare il valore unitario per la lunghezza del tratto:

$$H_{JD} = H_{JD}^* \cdot L_j \cdot 0,001 \quad [\text{m c.a.}]$$

Il calcolo delle **perdite di carico concentrate** tiene conto di tutte le singolarità presenti lungo il percorso dell'aria nel ramo j-esimo, dovute ad asperità accidentali cagionate dalla presenza, ad esempio, di curve, gomiti, valvole, restringimenti, ecc.

Un approccio analitico scrupoloso di tali fenomeni risulterebbe, oltre che oneroso nei calcoli, di modesta utilità, a causa del forte grado di indeterminazione legato alla mancata conoscenza della reale topografia della rete di alimentazione realizzata in cantiere.

Per tale ragione il calcolo delle perdite di carico concentrate viene effettuato calcolando una **lunghezza equivalente** degli accidenti, valutabile, con buona approssimazione, mediante la relazione:

$$L_{eq} = 0,0266 \cdot d + 0,1074 \quad [\text{m}]$$

Le perdite concentrate del ramo j-simo sono allora pari a:

$$H_{JC} = H_{JD}^* \cdot L_{eq_j} \cdot 1000 \quad [\text{m c.a.}]$$

Complessivamente, la **perdita di carico totale** caratteristica della rete può essere calcolata come la somma delle perdite lungo tutti gli n rami percorsi dal gas lungo il tragitto tra il punto di partenza e l'utenza più sfavorita:


$$H_{TOT} = \sum_{J=1}^n H_{JT} = \sum_{J=1}^n (H_{JD} + H_{JC}) \quad [\text{m c.a.}]$$

Nella valutazione di tale espressione è bene ricordare che, a causa della definizione dei fattori della sommatoria legati al carico idrostatico, la somma delle perdite di carico dovuta alla variazione di quota all'interno dei singoli rami può essere da subito valutata come la variazione di altezza tra il punto di fornitura e l'utenza più sfavorita.

4.3.2.7 Determinazione della pressione di consegna

Una volta determinati i valori di H_{TOT} e di p , la pressione minima necessaria al punto di consegna, p_C , dovrà essere tale da verificare l'espressione:

$$p_C \geq p + H_{TOT} \cdot 0,1 \quad [\text{bar}]$$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

4.3.3 Dati di calcolo

4.3.3.1 Parametri di base

Il calcolo viene effettuato sulla base dei seguenti dati:

- Portata singola presa d’utenza: 250 NI/min
- Pressione minima all’utenza: 7 bar
- Contemporaneità di utilizzo delle prese di una sezione di impianto: 25%

4.3.3.2 Domanda di aria compressa

La domanda di aria compressa viene determinata in base al numero di prese (“C.A.I.”) presenti in ogni sezione di impianto, applicando il fattore di contemporaneità scelto. La tabella che segue riassume i dati in oggetto.

<i>Area</i>	<i>Numero di C.A.I. (Portata 250 NI/min)</i>	<i>Massimo numero contemporaneo di C.A.I. in servizio</i>	<i>Massima portata totale [NI/min]</i>
<i>Locale apparati e Officine piano -1</i>	47	12	3.000
<i>Zona ricarica, UTA, Lavaggi, magazzini piano -1</i>	20	5	1.250
<i>Binari Q. +0,10</i>	12	3	750
<i>Piano -2, allineamenti A-C</i>	40	10	2.500
<i>Binari Q. – 0,40</i>	14	4	1.000
<i>Piano -2, zona SE</i>	33	9	2.250
<i>Totale edificio</i>	166	43	10.750

Fabbisogno totale:

10.750 NI/min \approx 645 Nm³/h \approx 705 m³/h FAD \approx 196 l/s FAD



4.3.3.3 Diametri di calcolo

La rete è stata calcolata in prima istanza adottando le scelte esposte nella tabella seguente.

Q [Nl/min]	Ø [DN]	v [m/s]
250	10	3,92
500	15	4,84
750	20	4,14
1.000	20	5,52
1.250	20	6,9
2.000	25	6,84
3.000	32	6,28
5.000	40	7,8
10.000	65	5,86

Il diametro minimo è poi stato portato a DN15 per compatibilità con il valvolame delle prese CAI.

I diametri delle dorsali delle maglie sono stati maggiorati per creare un polmone, in modo da non richiedere l'installazione di capacità di accumulo lungo la rete.

4.1 Centrale compressori

4.1.1 Compressori

Si sceglie di installare tre compressori d'aria uguali, ciascuno della portata di circa 1/3 del fabbisogno massimo, calcolato al punto precedente. In tal modo, la domanda viene coperta da due soli compressori, mentre il terzo rimane di riserva.


I compressori sono del tipo "oil free", dotati di sistema di essiccamento incorporato nel case del compressore stesso.

4.1.2 Serbatoi di accumulo

Per stabilizzare la pressione al variare della domanda di aria, si prevede l'installazione di **serbatoi polmone**.

Il volume di accumulo necessario viene calcolato con l'espressione seguente:

$$V = \frac{0,25 \cdot Q_c \cdot T_0}{f_{max} \cdot (p_U - p_L) \cdot T_1} \quad [l] \quad (1)$$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

Con:

Q_c	Portata massima, pari alla portata totale dei compressori maggiorata del 20% [l/s FAD]
T_0	temperatura dell'aria compressa in uscita dal compressore (assunta pari a +10 °C rispetto alla temperatura ambiente) [K]
T_1	massima temperatura di ingresso [K]
$p_U - p_L$	massima oscillazione di pressione (assunta pari a 0,5 bar)
f_{max}	massima frequenza del ciclo (assunta pari a 1 ciclo/30 secondi)

Nel nostro caso, risulta:

$$V = \frac{0,25 \cdot 196 \cdot 1,2 \cdot (273 + 20)}{1/30 \cdot 0,5 \cdot (273)} = 3.648 \text{ litri}$$

Arrotondando per eccesso, **la capacità totale richiesta è pari a 4.000 litri.**

Il volume viene suddiviso su due serbatoi, da 2.000 litri ciascuno, collegati in parallelo. Ne viene installato anche un terzo, in modo da consentire la manutenzione periodica di un serbatoio, senza limitare la capacità di accumulo.

5. IMPIANTO ACQUE INDUSTRIALI

Il sistema di lavaggio del materiale rotabile dovrà prevedere un impianto di trattamento delle acque usate che raccoglierà e tratterà gli scarichi del sistema di pulizia dei treni in modo che l'impianto possa provvedere, oltre alla depurazione, anche un parziale riciclo delle acque trattate. Queste ultime verranno così riutilizzate nelle fasi di prelavaggio e lavaggio. L'impianto di trattamento delle acque costituirà parte integrante del sistema di lavaggio del materiale rotabile.

In linea generale, l'impianto di lavaggio sarà alimentato mediante acqua derivata dalla linea di acqua di servizio del deposito, rete a sua volta alimentata dalla presa acquedotto allacciata alla rete SMAT.

Il sistema di raccolta e smaltimento del sistema di lavaggio prevede l'installazione di un sistema di sedimentazione e disoleazione in continuo oltre il quale sarà infine posizionata la stazione di sollevamento che convoglierà le portate al recettore finale posto in superficie o poco sotto, tramite sistema di pompaggio. Il recettore finale è la rete pubblica di raccolta acque nere e, per tale ragione, si ritiene necessario eseguire il trattamento sopra accennato atto a migliorare la qualità delle acque scaricate.



il sistema di raccolta e gestione delle acque dell’impianto di lavaggio quindi è composto da:

1. sedimentatore con disoleatore ;
2. stazione di sollevamento.

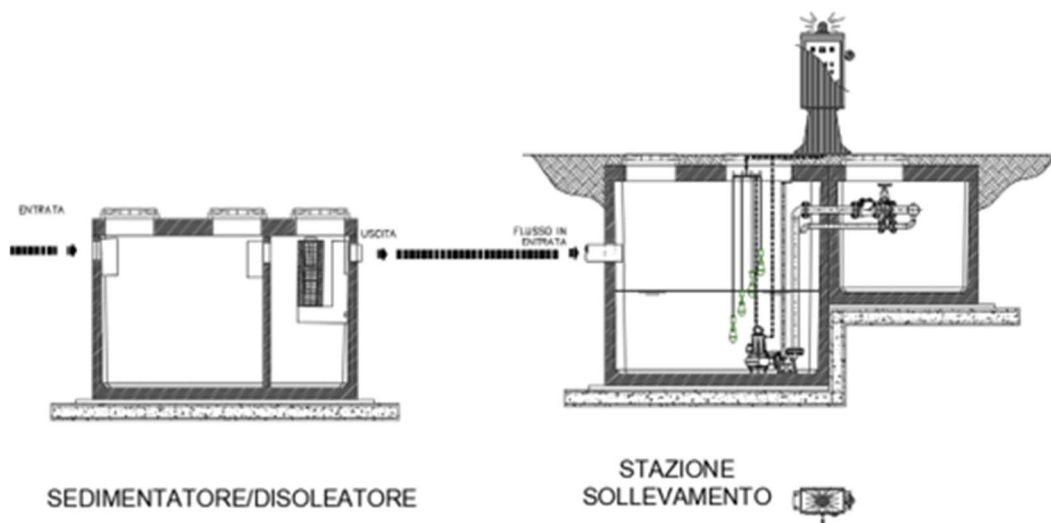


Figura 1. Schema sistema di raccolta

Un elemento molto importante proposto per la gestione delle acque di lavaggio è il sistema di sedimentazione e disoleazione da installare a monte della vasca di aggotamento. Questo sistema garantirà un trattamento preliminare delle acque di lavaggio, mitigando il rischio che il materiale solido ed eventuali inquinanti possano raggiungere la rete di drenaggio delle acque nere.

Si riporta nell’immagine seguente una sezione tipo del sistema proposto, mentre nella successiva tabella si fornisce un’indicazione dimensionale delle vasche presenti in commercio.

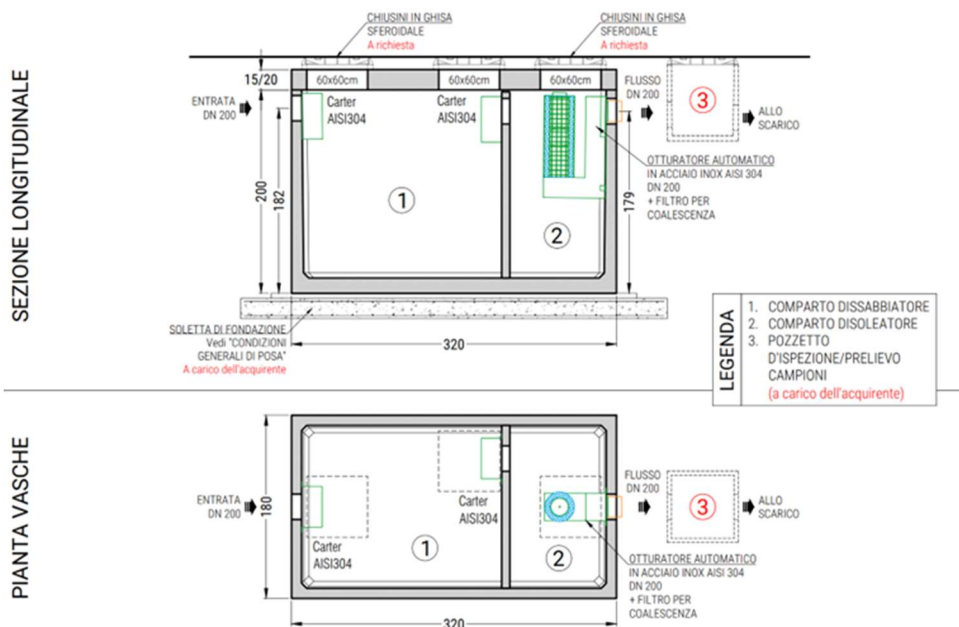



Figura 2. Sezione tipo del sistema di sedimentazione e disoleazione in continuo

Superficie (mq)	Volume Totale (mc)	Portata (lt/sec)	Diam. tubaz. (mm)	Vasca di Prima Piovra Dissabbiatore-Disoleatore					
				Dimensioni esterne (cm)			Peso (q)	Peso Lastra di Copertura (q)	
				A Larg.	B Lung.	H Alt.		h. 15 cm	h. 20 cm
100	1,0	1,5	125	125	130	100	18,0	6,1	8,1
200	1,3	3,0	125	125	130	130	22,0	6,1	8,1
300	1,7	4,5	125	125	130	150	24,0	6,1	8,1
600	2,5	9,0	160	125	180	150	29,0	8,4	11,2
800	3,5	12,0	160	175	180	150	36,0	11,7	15,6
1.200	4,5	18,0	200	180	180	200	56,0	12,1	16,1
1.300	6,0	19,5	200	180	220	200	69,0	14,8	19,7
1.500	7,5	22,5	200	180	270	200	78,0	18,1	24,1
1.800	9,0	27,0	200	180	320	200	87,0	21,5	28,6
2.000	11,0	30,0	200	246	220	250	94,0	20,2	26,9
3.000	13,0	45,0	200	246	270	250	105,0	24,7	33,0
3.500	16,0	52,5	250	246	320	250	116,0	29,3	39,1
4.000	19,0	60,0	250	246	370	250	127,0	33,9	45,2
4.500	21,0	67,5	315	246	420	250	139,0	38,5	51,3
5.000	24,0	75,0	315	246	470	250	150,0	43,1	57,4

Tabella 1. Caratteristiche dimensionali sistema di sedimentazione/disoleazione in continuo

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

A valle del sistema di disoleazione è necessario prevedere una vasca di aggotamento delle portate trattate. È da considerare che **le portate derivanti dalle attività di lavaggio risultano sempre molto contenute rispetto a quelle derivanti dall'attivazione del sistema antincendio**: quest'ultimo diventa dunque l'elemento dimensionante per la vasca di aggotamento in oggetto che ha una capacità di 96 mc.

La vasca sarà corredata di pompe di rilancio che indirizzeranno lo scarico verso la camera sifonata della rete fognaria cittadina mediante interposizione delle tubazioni di risalita corredate di valvole di non ritorno e sezionamento.

Le pompe avranno la caratteristica di resistenza corrispondente alla tipologia delle acque collezionate ed ai residui in esse contenute, pertanto avranno la caratteristica di trituratrice (per i punti bassi della vasca) e di rilancio con idonei sistemi di flussaggio della girante.

Il sistema è stato dimensionato secondo un grado di ridondanza idoneo ad assicurare l'operatività della stazione in caso di massimo carico ed indisponibilità parziale dell'impianto.

L'impianto risponderà anche al contesto emergenziale, ossia all'attivazione dell'impianto antincendio di stazione quando le acque risultanti in vasca dovranno essere poi smaltite dall'impianto di aggotamento. Il dimensionamento risponde, in prima istanza, al caso relativo al funzionamento normale, consentendo un numero di attivazioni consono alla tipologia di pompe (sarà in ogni caso operata una rotazione delle unità attivate per mezzo di un PLC dedicato), senza compromettere l'azione delle squadre di intervento in stazione in caso di incendio.

All'interno delle vasche di aggotamento è dunque presente un sistema di sollevamento delle portate drenate. Tale sistema sarà composto da un numero opportuno di elettropompe in grado di sollevare le portate raccolte fino al recettore finale individuato.

Sulla base dei dati relativi agli accumuli idrici derivati dalle precipitazioni e dall'attivazione del sistema antincendio si prevede l'utilizzo di:

1. **n° 2 pompe (P1 e P2) per il rilancio della portata di aggotamento con portata pari a 14 l/s (50 m³/h) cadauna;**



2. n° 1 pompa di rilancio (P3) con funzione trituratrice con portata pari a 5,5 l/s (20 m³/h) e capacità di eliminazione delle parti solide che potrebbero accumularsi nella parte più bassa della vasca.

Il deposito avrà un rilancio con prevalenza altimetrica proporzionale alla quota esterna di riferimento compreso tra i 15 e i 20 m. La prevalenza altimetrica è calcolata nel punto in cui è previsto l'allaccio delle tubazioni provenienti dalla vasca di aggotamento in camera sifonata.

Si riporta nell'immagine seguente una sezione tipo del sistema di sollevamento previsto.

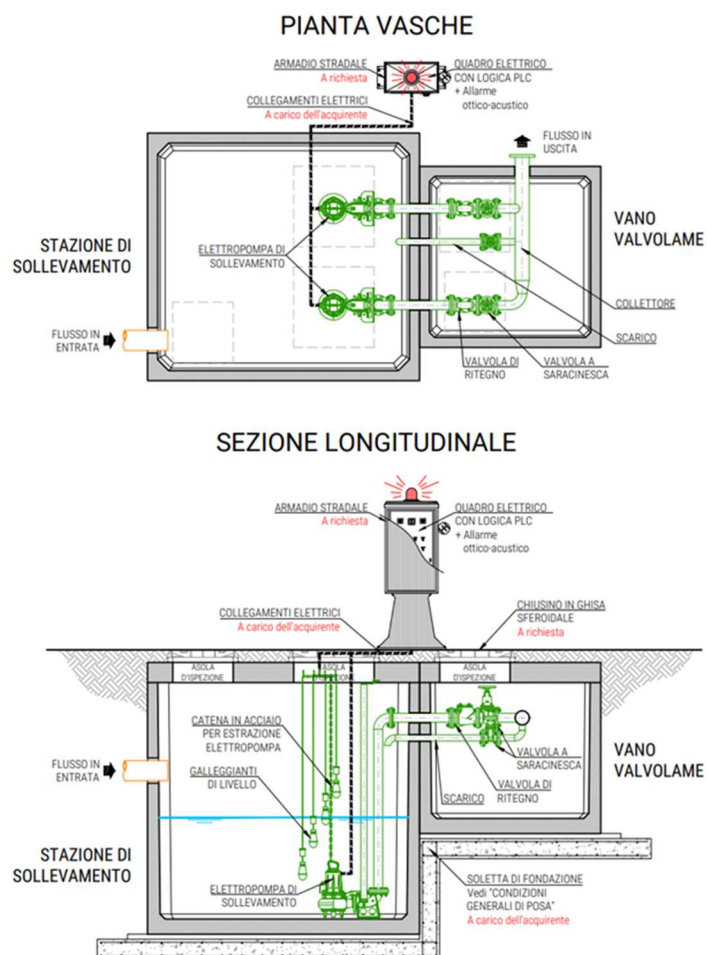



Figura 3. Sezione tipo stazione di sollevamento fognario

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto funzionale 1 Rebaudengo-Bologna
Deposito Rebaudengo – Impianti MECCANICI Relazione tecnica e di calcolo	MTL2T1A1DIMEDRBR001-0-1.DOCX

5.1 Reintegro e scarico impianto lavaggio treni

Il sistema di lavaggio funzionerà a quasi completo ricircolo, e necessiterà dunque esclusivamente di reintegro dell'acqua perduta nel ciclo, o scaricata. Nel progetto verranno predisposti un tubo di alimentazione e un tubo di scarico (sfociante nella vasca di raccolta scarichi tecnologici).

Sulla base delle necessità di impianti di lavaggio simili, si ritiene che sia sufficiente considerare una portata massima di **150 l/min**.

In base ai criteri stabiliti dalla norma UNI 9182, si dimensiona la tubazione di carico del diametro DN40.

Per lo scarico, si adotta una tubazione del diametro esterno 110 mm che, con una pendenza dell'1%, determina un coefficiente di riempimento pari a 0,46.