

**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 Generale: Politecnico - Rebaudengo**

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		<span style="float: right; font-weight: bold;">INFRATRASPORTI S.r.l.</span>												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	Ing. F. Azzarone Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 12287J	<b>INTERFACCIA OPERE CIVILI-SISTEMA ALIMENTAZIONE ELETTRICA – SISTEMA DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>												
		ELABORATO								REV.		SCALA	DATA	
		Int.	Est.									-	21/02/2023	
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A0	D	SIS	GEN	R	005	1	1	-	21/02/2023

AGGIORNAMENTI

Fig. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	PRIMA EMISSIONE	08/08/22	SINT Srl	F. Azzarone	F. Azzarone	R. Crova
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	21/02/23	SINT Srl	F. Azzarone	F. Azzarone	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">LOTTO 0</td> <td style="width: 15%;">CARTELLA</td> <td style="width: 10%;">9.5.1</td> <td style="width: 5%;">1</td> <td style="width: 20%;">MTL2T1A0D</td> <td style="width: 35%;">SIGNER005</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	9.5.1	1	MTL2T1A0D	SIGNER005	<p><b>STAZIONE APPALTANTE</b></p> <p>DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>
LOTTO 0	CARTELLA	9.5.1	1	MTL2T1A0D	SIGNER005		

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT	MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>SCOPO DELLO STUDIO</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>SIGLE ED ABBREVIAZIONI</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA RETE</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>DATI DELLA RETE</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>POZZI DI VENTILAZIONE</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>STAZIONI PASSEGGERI</b>	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>CARICO DI BASE</b>	<b>8</b>
<b>4.4</b>	<b>CARICHI DI TRAZIONE</b>	<b>9</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Schema a blocchi della rete	6
Figura 2.	Andamento temporale della potenza assorbita da un treno.	10
Figura 3.	Potenze assorbite dalla rete DC presso le SSE in condizioni di funzionamento normale.	11

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Carichi Pozzi di Ventilazione negli scenari A, B, C	7
Tabella 2.	Carichi Pozzi di Ventilazione nello scenario D	8
Tabella 3.	Carichi Stazioni Passeggeri negli scenari A, B, C	8
Tabella 4.	Carichi Stazioni Passeggeri nello scenario D	8

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

## 1. PREMESSA

### 1.1 Scopo dello Studio

Nell'ambito dell'affidamento dei servizi di ingegneria relativi alla Progettazione Definitiva della Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana, disciplinato dal Contratto tra la Città di Torino e la società Infratrasporti.TO s.r.l., ed avente per oggetto il sistema di alimentazione elettrica in media tensione a 22kV asservito alle cabine delle stazioni passeggeri e alle sottostazioni del sistema di trazione elettrica, è richiesto di aggiornare ed affinare l'analisi contenuta nella relazione di calcolo del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE): "MTO2PFLGSISCOMR004-00 rev. B - Alimentazione Elettrica Relazione Tecnica Preliminare sul Sistema di Alimentazione Elettrica", (nel seguito, per brevità, *Relazione del PFTE sul Sistema di Alimentazione*).

Le ragioni per le quali risulta necessario rivedere l'analisi svolta nel PFTE sul sistema totale sono le seguenti:

- definizione di un primo tratto funzionale tra Deposito Rebaudengo e Politecnico, con modifica dell'assetto di rete necessario per il servizio del tratto stesso;
- revisione dei valori di potenza dinamica associata ai treni previsti;
- aggiunta del Deposito Rebaudengo, non incluso nel PFTE.

Lo studio si prefigge i seguenti scopi:

- la verifica della portata delle linee in cavo nelle condizioni di massimo carico, con dimensionamento del sistema di Media Tensione;
- la verifica dei profili di tensione lungo le tratte, in condizioni normali ed in condizioni degradate;
- la validazione e la verifica del posizionamento delle SSE di stazione in relazione alla nuova tratta funzionale o l'individuazione della necessità di ulteriori SSE;
- la determinazione della necessità di punti aggiuntivi di alimentazione da rete pubblica e la potenza richiesta negli stessi, in modo da discuterne con gli enti distributori;
- la determinazione dei flussi di potenza reattiva ed in particolare degli scambi con la rete di distribuzione al fine di valutare eventuali eccessi di potenza reattiva dovuti alle capacità delle linee in cavo e sistemi di compensazione;
- verifica delle possibili ipotesi di alimentazione delle sub-tratte successive nel caso di mancata disponibilità di alimentazione da Porta Nuova ed in caso di mancanza totale con attivazione dei gruppi elettrogeni, in particolare nella gestione di una concomitante condizione di emergenza.

In questo documento vengono riportati i dati di ingresso necessari per questo studio, con particolare riferimento ai carichi associati a:

- pozzi di ventilazione nella tratta in esame;
- stazioni passeggeri nella tratta in esame;

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

- sistema di trazione elettrica per la movimentazione dei treni.

I dettagli dello studio possono essere trovati nel documento *MTL2T1A0DSISGENR006-0-0 "INTERFACCIA OPERE CIVILI-SISTEMA ALIMENTAZIONE ELETTRICA – SISTEMA DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA - RELAZIONE TECNICA GENERALE"*.

## 2. SIGLE ED ABBREVIAZIONI

Le sigle ed abbreviazioni utilizzate nella presente relazione sono di seguito elencate (in ordine alfabetico):

- ac / AC: Corrente alternata
- ARERA: Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
- bt: Bassa Tensione (230/400 Vac)
- dc / DC: Corrente continua
- kc: coefficiente di contemporaneità
- ku: coefficiente di utilizzazione
- IRETI: ente di distribuzione pubblica per l'area di Torino
- LTP: Limited Time running Power. Potenza ottenibile da un gruppo elettrogeno per un tempo limitato e senza possibilità di sovraccarico
- MT: Media Tensione (nel caso di specie 22 kV)
- PdC: Punto di Connessione
- PdV: Pozzo di Ventilazione
- PFTE: Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica
- PRP: Prime (Running) Power. Potenza ottenibile da un gruppo elettrogeno per un tempo illimitato (carico variabile con fattore di carico non superiore a 70 %) e con possibilità di sovraccarico per 1h ogni 12
- P: Potenza Attiva (kW)
- Q: Potenza Reattiva (kvar)
- S: Potenza apparente (kVA)

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

## 3. DESCRIZIONE DELLA RETE

La rete oggetto di analisi è rappresentata con lo schema a blocchi di Figura 1.

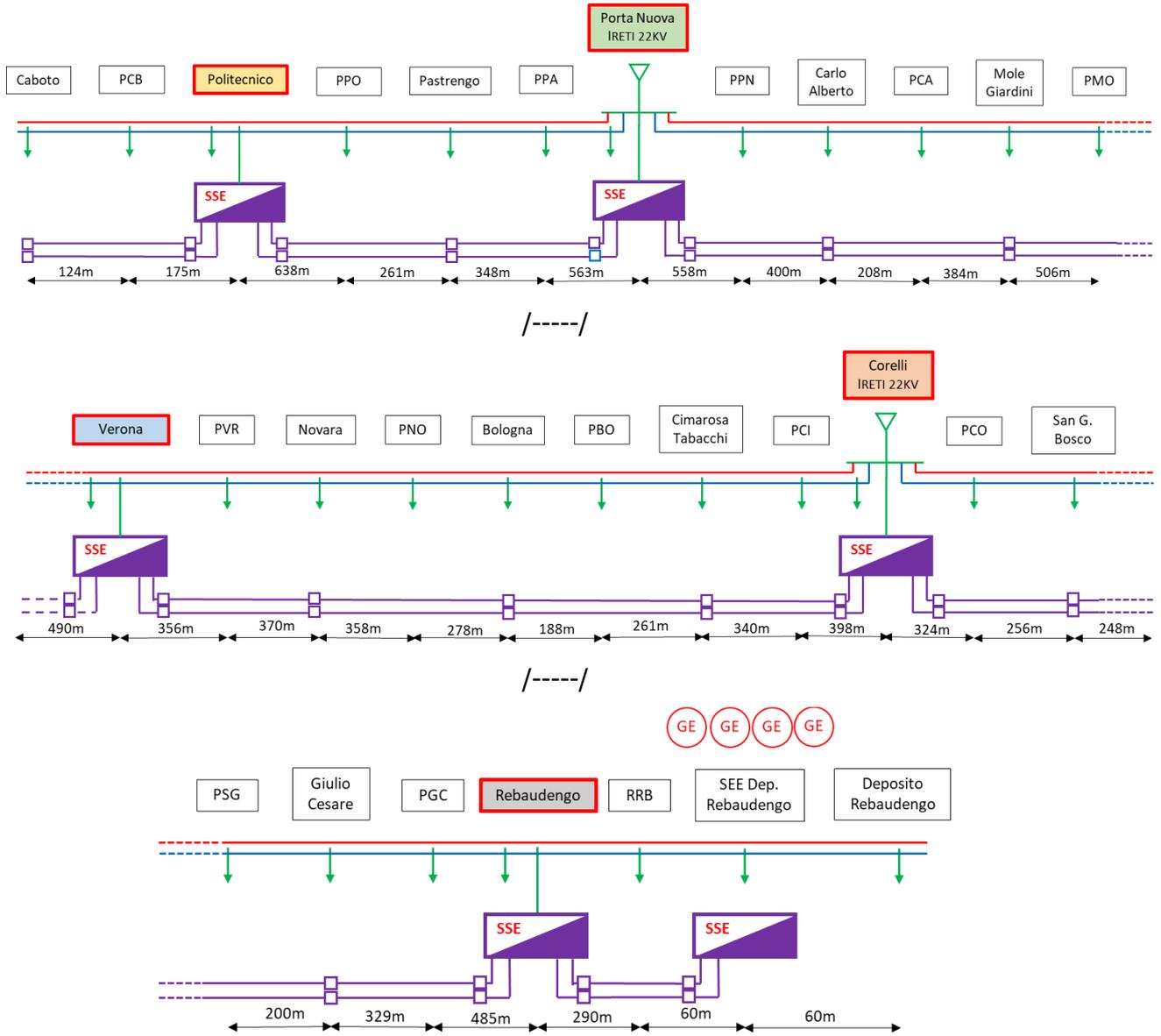


Figura 1. Schema a blocchi della rete

Presso Porta Nuova e Corelli sono presenti le connessioni alla rete a 22kVac di distribuzione pubblica di IRETI. La rete a 22kVac interna è invece costituita da due dorsali 1 e 2 (Rossa e Blu nello schema) sezionabile in ogni punto di derivazione, costituito da cabine MT/bt in corrispondenza alle stazioni e ai pozzi di ventilazione. I carichi MT in corrente alternata sono rappresentati con frecce verdi.

Presso Politecnico, Porta Nuova, Verona, Corelli e Rebaudengo sono indicate le SSE per la trazione. La rete in corrente continua che alimenta i treni è indicata dalle linee viola. Sono anche

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

indicati i sezionatori della rete in corrente continua: sostanzialmente, il sezionamento della rete dc è possibile in corrispondenza alle stazioni.

Nel Deposito Rebaudengo sono simbolicamente rappresentati 4 gruppi elettrogeni, la cui taglia è stata scelta preliminarmente a 1250kW - PRP.

## 4. DATI DELLA RETE

I dati di carico assunti per l'analisi sono di seguito riportati, per le tre categorie sopra elencate.

Nello studio saranno considerati i seguenti scenari di funzionamento, ai quali potranno essere associati valori diversi di carico come di seguito dettagliato:

- A. Configurazione Normale: tutti i componenti elettrici in servizio, tutti i treni in circolazione, tutti i carichi in servizio.
- B. Perdita di una SSE di trazione
- C. Perdita di una connessione alla rete di distribuzione pubblica in MT:
- D. Emergenza:

### 4.1 Pozzi di Ventilazione

Ciascuna cabina MT/BT dei pozzi di ventilazione, alimenterà, tramite i due quadri QMT-1 e QMT-2, due trasformatori con potenza nominale pari a 800 kVA e costituenti l'uno la "riserva calda" dell'altro. Il carico elettrico proprio a ciascun pozzo sarà così definito, con riferimento agli Scenari che sopra introdotti:

- Scenari A, B, C. Uno solo dei due ventilatori sarà costantemente in funzione al 100% della potenza nominale. Sono state prese in considerazione anche le alimentazioni delle pompe di aggotamento e delle altre utenze. Nello specifico:

**Tabella 1. Carichi Pozzi di Ventilazione negli scenari A, B, C**

Utenza	Pn	kc*ku	Peffettiva	cosφ
1 Ventilatore	250 kW	0.85	212.5	0.85
3 Pompe di aggotamento	18 kW	0.85	15.3	0.8
EI/FM più altre utenze	15 kW	0.85	12.75	0.9
<b>TOT</b>			<b>240.55</b>	<b>0.805</b>

- Scenario D = Emergenza. Due ventilatori saranno costantemente in funzione al 100% della potenza nominale. Sono state prese in considerazione anche le alimentazioni delle pompe di aggotamento e delle altre utenze. Nello specifico:

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

**Tabella 2. Carichi Pozzi di Ventilazione nello scenario D**

<b>Utenza</b>	<b>Pn</b>	<b>kc*ku</b>	<b>Peffettiva</b>	<b>cosφ</b>
2 Ventilatori	500 kW	0.85	425	0.85
3 Pompe di aggotamento	18 kW	0.85	15.3	0.8
EI/FM più altre utenze	15 kW	0.85	12.75	0.9
<b>TOT</b>			<b>453.05</b>	<b>0.803</b>

## 4.2 Stazioni passeggeri

Ciascuna cabina MT/BT delle stazioni, alimenterà, tramite i due quadri QMT-1 e QMT-2, due trasformatori con potenza nominale pari a 1250 kVA o 2000 kVA, di cui l'uno costituente "riserva calda" dell'altro. Il carico elettrico proprio a ciascuna stazione sarà così definito, in base alle valutazioni di progetto degli impianti elettrici e anche sulla base degli analoghi carichi del sistema Linea 1:

- Scenari A, B, C.

**Tabella 3. Carichi Stazioni Passeggeri negli scenari A, B, C**

<b>Taglia del trasformatore installato</b>	<b>kc*ku</b>	<b>P (kW)</b>	<b>cosφ</b>
1250 kVA	0.65	731.25	0.9
2000 kVA	0.75	1350	0.9

- Scenario D = Emergenza.

**Tabella 4. Carichi Stazioni Passeggeri nello scenario D**

<b>Taglia del trasformatore installato</b>	<b>kc*ku</b>	<b>P (kW)</b>	<b>cosφ</b>
1250 kVA	0.8	900	0.9
2000 kVA	0.85	1530	0.9

## 4.3 Carico di base

In virtù dei valori definiti in 4.1 e 4.2, si configurano le seguenti condizioni di carico base, a cui si sommeranno poi i carichi dinamici richiesti dal sistema di trazione e le perdite nella rete MT per effetto del carico totale. Di questi secondi addendi si terrà opportunamente conto poi nei calcoli svolti.



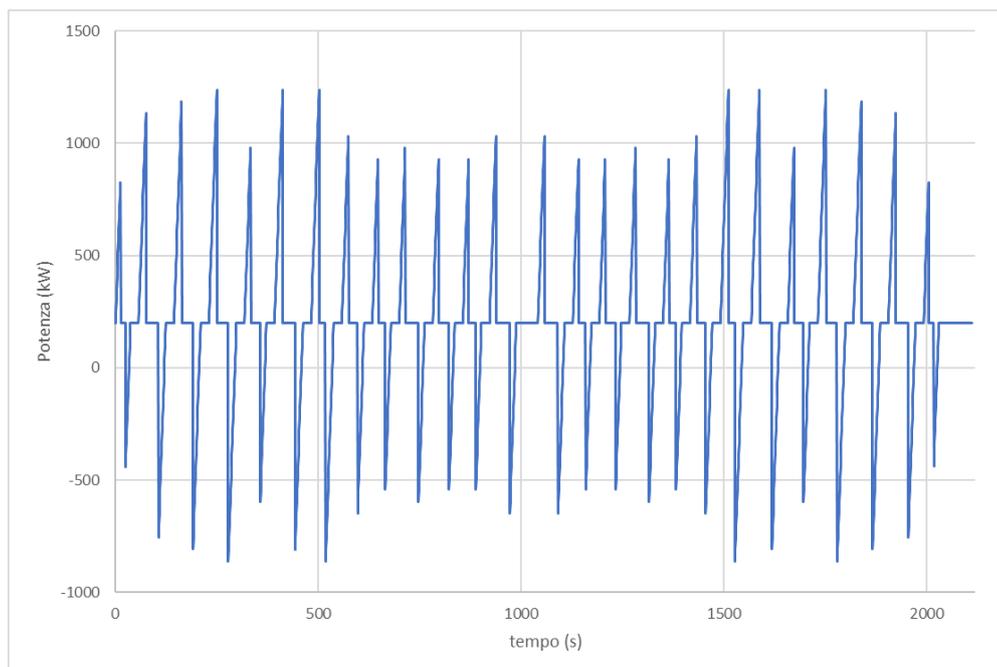
Condizione	Carico di base sotteso al punto di fornitura Porta Nuova	Carico di base sotteso al punto di fornitura Corelli
Normale o casi (N-1) sulle SSE	~ 11MW - $\cos\phi = 0.91$	~ 4MW - $\cos\phi = 0.90$
Indisponibilità di un punto di fornitura	~ 15MW - $\cos\phi = 0.91$ (Corelli indisponibile)	~ 15MW - $\cos\phi = 0.91$ (P.Nuova indisponibile)

### 4.4 Carichi di trazione

La definizione dei carichi di trazione ha necessitato uno studio specifico e complementare al presente, in modo da determinare l'andamento della potenza di un treno di riferimento che si muova tra il capolinea Politecnico, sostì ad ogni stazione intermedia, raggiunga Rebaudengo ed inverta la marcia per ritornare a Politecnico, sempre sostando alle stazioni intermedie.

Con le condizioni che sono meglio esplicitate nella relazione complementare, si determina un tempo totale di andata e ritorno di **2111s**.

Assumendo un peso del treno pari a **106.000kg** e dei tempi di sosta di **20s**, l'elaborazione sul tracciato reale e con profili di velocità di cui si trova dettaglio nella relazione complementare, si determina un andamento della potenza assorbita da ciascun treno come rappresentato in Figura 2.



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta funzionale 1: Politecnico – Rebaudengo</b>
<b>DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO DELLA RETE DI ALIMENTAZIONE PRIMARIA IN MT</b>	<b>MTL2T1A0DSISGENR005-1-1.DOCX</b>

**Figura 2. Andamento temporale della potenza assorbita da un treno.**

In questo andamento è incluso l’assorbimento dei servizi ausiliari di bordo, stimato in 200kW e la cui definizione puntuale sarà comunque a carico del proponente.

Nel presente studio si è poi assunto che i treni in circolazione sull’intera tratta siano **12** e che siano separati temporalmente di **180s** l’uno rispetto all’altro.

Questo determina quindi 12 curve di potenza assorbita come quella rappresentata in Figura 2, sfasate temporalmente di 180 s l’una rispetto all’altra. Combinando opportunamente le potenze assorbite dai treni, è stato possibile determinare la potenza totale richiesta a ciascuna SSE.

Per ciascuno dei treni si è determinata la posizione in ogni istante e la corrispondente SSE di competenza, in base ad una suddivisione a sub-tratte della linea di trazione. Si è quindi sommata, istante per istante e per ciascuna SSE, la potenza dinamica richiesta da treni in transito nella tratta di competenza. Un risultato di questa elaborazione a partire dai dati di 1 treno di riferimento ed estendendola a tutti i 12 treni assunti in circolazione, è a titolo illustrativo rappresentato in Figura 3 per una condizione di normale funzionamento per la rete e con le ipotesi poste su treni.

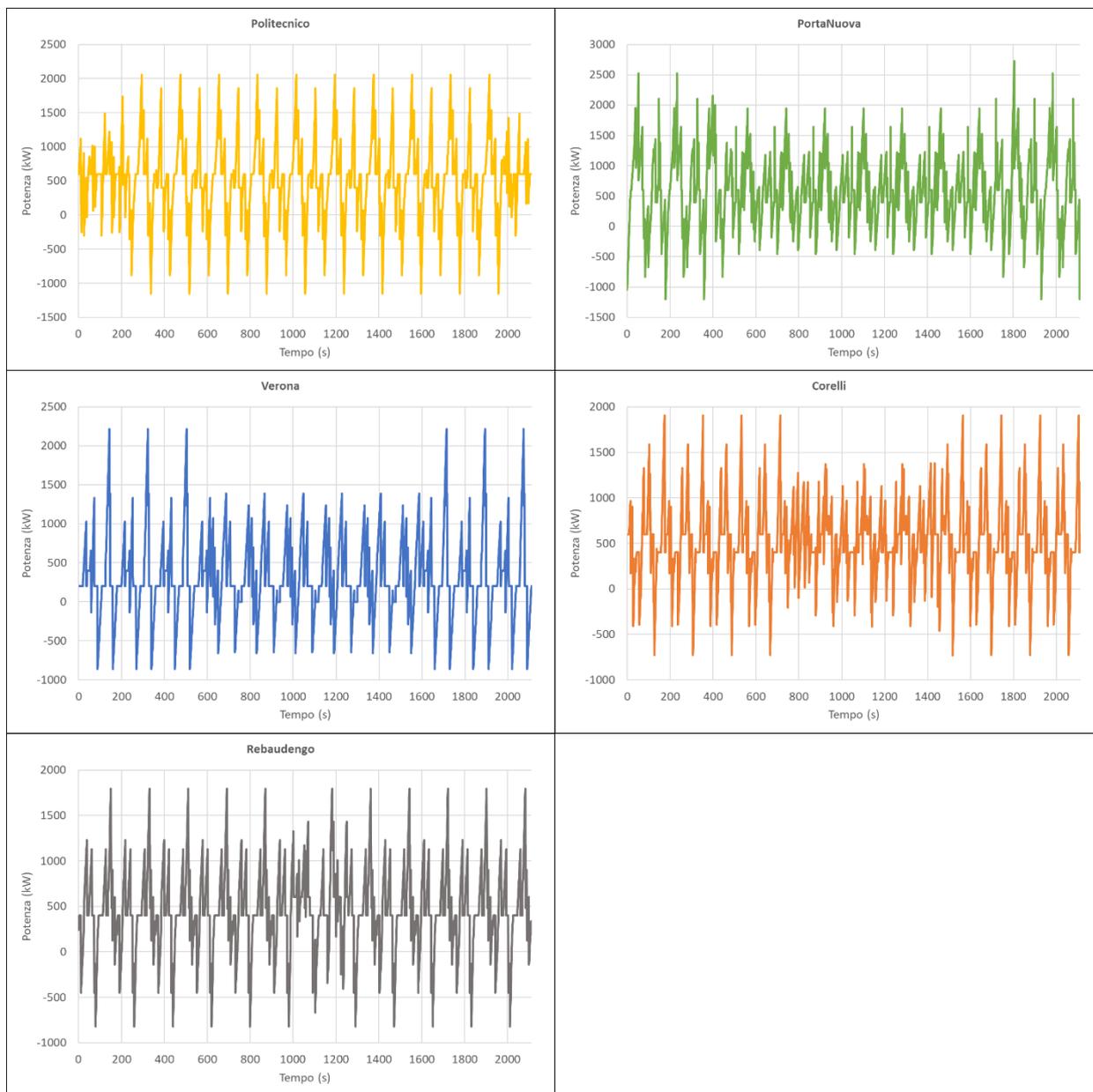


Figura 3. Potenze assorbite dalla rete DC presso le SSE in condizioni di funzionamento normale.