Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)



IMPIANTI ELETTRICI
LUCE E FORZA MOTRICE
Relazione tecnica

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	IEL	COM	R	001	00	A

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	A. Bovio	10/10/2023
		Verificato	L. Giorgini	10/10/2023
		Approvato	G. Guidi Buffarini	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

1.	**SCOPO DEL DOCUMENTO**	**7**
2.	**RIFERIMENTI**	**7**
2.1	**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**	**7**
2.1.1	NORMATIVA NAZIONALE E COMUNITARIA	7
2.1.2	NORME CEI E CEI EN	8
2.1.3	NORME UNI E UNI EN	8
2.1.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.1.5	DEFINIZIONI, ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	8
3.	**DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI ESISTENTI**	**9**
3.1	**SISTEMA MT**	**9**
3.2	**CAVI MT 15 KV**	**10**
3.3	**APPARECCHI ILLUMINANTI**	**10**
3.3.1	PLAFONIERE STAGNE DI LINEA	11
3.4	**PRESE F.M.**	**11**
3.4.1	BATTERIE DI PRESE	11
3.5	**CAVI DI ALIMENTAZIONE**	**11**
3.5.1	CAVI PER COLLEGAMENTI DI TERRA	11
3.5.2	CAVI PER DISTRIBUZIONE LUCE E F.M.	11
3.5.3	CAVI RESISTENTI AL FUOCO	12
3.6	**TUBO IN ACCIAIO ZINCATO**	**12**
3.7	**CASSETTE DI DERIVAZIONE**	**12**
4.	**DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI OGGETTO DEL PROGETTO**	**12**
4.1	**RETE MT IN CAVO 15 KV**	**13**
4.1.1	ANELLO CDS SSE BRIGNOLE – SSE GUGLIELMETTI	13
4.1.2	ANELLO CDS SSE GUGLIELMETTI – SSE MOLASSANA	14
4.1.3	INTERCONNESSIONE SSE GUGLIELMETTI - SSE MOLASSANA	14
4.2	**CABINE MT/BT DI STAZIONE (CDS)**	**14**
4.3	**IMPIANTI LFM DI STAZIONE**	**15**
4.3.1	DISTRIBUZIONE PRINCIPALE E SECONDARIA	15
4.3.2	QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA	16
4.3.3	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DELLE ZONE APERTE AL PUBBLICO (ATRIO, MARCIAPIEDI, ECC.)	16
4.3.4	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NORMALE DEI LOCALI TECNICI	17
4.3.5	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA DEI LOCALI TECNICI	17
4.3.6	IMPIANTO FM	17
4.3.6.1	Impianto prese	18
4.3.6.2	Impianto di alimentazione utenze fisse	18
4.3.7	IMPIANTO DI TERRA	18

4.4	**IMPIANTI LFM DI LINEA**	**19**
4.4.1	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA IN LINEA	19
4.4.2	IMPIANTO PRESE DI SERVIZIO IN LINEA	20
4.5	**IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE DELLE UTENZE IS E TLC**	**21**
4.6	**IMPIANTO FOTOVOLTAICO**	**22**
4.6.1	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	22
4.6.2	PRINCIPALI COMPONENTI ED INSTALLAZIONE	23
4.6.3	INTERVENTO PREVISTO IN PROGETTO	24
4.6.4	DIMENSIONE DELL'IMPIANTO	25
4.6.5	STIMA DELL'AUTOPRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA	25
4.6.6	SISTEMA DI TELECONTROLLO E DIAGNOSTICA	27
5.	**ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI**	**27**
6.	**DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI**	**28**
6.1	**QUADRO DI MEDIA TENSIONE QMT**	**29**
6.2	**TRASFORMATORI SERVIZI AUSILIARI MT/BT**	**29**
6.3	**TRASFORMATORI MT/BT IMPIANTO FOTOVOLTAICO**	**30**
6.4	**QUADRO GENERALE DI BASSA TENSIONE QGBT**	**30**
6.5	**SISTEMA DI UPS RIDONDATI**	**32**
7.	**CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI**	**33**
8.	**SISTEMA DI ALIMENTAZIONE**	**33**
9.	**SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI**	**33**
10.	**IMPIANTO DI TERRA**	**34**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Sistema di UPS ridondati e quadro essenziale QE	22
Figura 2.	Schema esemplificativo di impianto fotovoltaico	23
Figura 3.	Prestazione dell'impianto fotovoltaico Skymetro	26
Figura 4.	Progetto di un impianto di terra (CEI EN 50522, fig. 5)	35
Figura 5.	Dimensionamento preliminare dispersore intenzionale cabina MT/bt	36

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Consistenza dell'impianto fotovoltaico 25
Tabella 2. Elenco dei carichi per stazione-tipo in viadotto 27
Tabella 3. Scelta dei trasformatori in relazione alla produzione da impianto fotovoltaico 28

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo della presente relazione è di fornire una descrizione a livello preliminare degli impianti di alimentazione, illuminazione e forza motrice in media e bassa tensione (MT – bt) relativi alle stazioni ed alle tratte oggetto del progetto di prolungamento della metropolitana di Genova in Val Bisagno (Skymetro), evidenziandone le principali caratteristiche ed i limiti di fornitura.

2. RIFERIMENTI

Nel seguito è riportato un elenco – indicativo e non esaustivo – dei principali riferimenti assunti per lo sviluppo del progetto.

2.1 Normativa di riferimento

2.1.1 Normativa nazionale e comunitaria

- Legge 1/3/1968 n. 186 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici.
- D.Lgs. 18/5/2016 n. 80 Modifiche al decreto legislativo 6 novembre 2007, n. 194, di attuazione della direttiva 2014/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica (rifusione). (16G00097) (GU Serie Generale n.121 del 25-5-2016 - Suppl. Ordinario n. 16).
- D.Lgs. 19/5/2016 n. 86 Attuazione della direttiva 2014/35/UE concernente l'armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato del materiale elettrico destinato ad essere adoperato entro taluni limiti di tensione. (16G00096) (GU Serie Generale n.121 del 25-5-2016 - Suppl. Ordinario n. 16).
- D.M. 22/01/2008 n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- D.Lgs. 9/04/2008 n. 81 e s.m.i. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.M. 21/10/2015 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane.
- Regolamento (UE) 2019/1783 della commissione del 1° ottobre 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 548/2014 della Commissione recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i trasformatori di potenza piccoli, medi e grandi.
- Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.
- D.M. 13 luglio 2011 Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi.

2.1.2 Norme CEI e CEI EN

- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione.
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua (Parti 1-2-3-4-5-6-7-8).
- CEI EN 61439 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) (Parti 1-2-3-4-5-6).
- CEI EN 50122-1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico.
- CEI EN 50122-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 2: Provvedimenti contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua.
- CEI EN 50522 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI EN 60909-0 Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni.
- CEI-UNEL 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- Norme CEI e CEI EN applicabili agli impianti in oggetto.

2.1.3 Norme UNI e UNI EN

- UNI EN 12464-1 Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni.
- UNI EN 12464-2 Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno.
- UNI EN 1838 Illuminazione di emergenza.
- Norme UNI e UNI EN applicabili agli impianti in oggetto.

2.1.4 Documenti di riferimento

- MGE1 PR LV IEL COM K 002 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare distribuzione MT.
- MGE1 PR LV IEL COM K 001 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare cabine MT/bt.
- MGE1 PR LV IFV SMA T 001 00 – Fotovoltaico – Planimetria.

I documenti citati sono da considerarsi nell'indice di revisione più aggiornato.

2.1.5 Definizioni, acronimi e abbreviazioni

- BT (bt) Bassa Tensione
- CA Corrente Alternata
- CB Carica Batterie

- CC Corrente Continua
- CP Cabina Primaria (della Distribuzione pubblica)
- CdS Cabina di Stazione
- CEI Comitato Elettrotecnico Italiano
- EN Norma Europea
- ENEL e-distribuzione (Distributore pubblico)
- HVAC Impianti di Ventilazione e Condizionamento
- IM Impianti Meccanici
- IS Impianti di Segnalamento
- LFM Luce e Forza Motrice
- SSE Sottostazione Elettrica
- TLC Impianti di Telecomunicazioni
- UNI Ente Italiano di Normazione
- UPS Gruppo statico di continuità (con uscita in corrente alternata)

3. DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI ESISTENTI

Il presente paragrafo descrive sinteticamente gli impianti LFM della Metropolitana di Genova nella tratta Brin – Brignole, di cui il progetto Skymetro costituisce un'estensione allo scoperto in Val Bisagno.

3.1 Sistema MT

La distribuzione MT alle stazioni della tratta esistente Brin – Brignole è costituita da n° 2 sistemi radiali a doppia alimentazione agli estremi (*anelli aperti*), dove il primo anello ha come estremi le stazioni Brin – Principe e il secondo Principe – Brignole.

A ciascun estremo si trova il punto di consegna di energia a 15 kV dal Distributore pubblico (ENEL).

I punti di consegna sono ubicati presso:

- SSE Brin
- SSE Principe
- SSE Brignole
- Cabina 15/15 kV

Oltre alle SSE di conversione Brin, Principe e Brignole il sistema di alimentazione primaria di Metro Genova prevede anche una riserva in MT costituita dalla Cabina 15/15 kV, la cui funzione risulta essere quella di intervenire in favore delle SSE che, a causa di un qualsiasi guasto interno od esterno al sistema di trasporto, non possono ricevere l'alimentazione direttamente dall'arrivo della Distribuzione pubblica.

Tale configurazione del sistema di distribuzione permette ad ogni CdS/SSE di essere alimentata indifferentemente da una delle due fonti di alimentazione pubbliche. Al fine di garantire la completa ridondanza è necessario che le alimentazione pubbliche siano indipendenti (ovvero distinte e di provenienza da CP diverse) per evitare che la mancanza dell'una non comporti necessariamente la mancanza dell'altra.

Opportuni interblocchi sui singoli quadri ed interruttori MT di interconnessione impediscono il parallelo tra i due arrivi MT; ciò significa che esiste sempre un punto in cui ciascun sistema radiale a doppia alimentazione è interrotto (*anello aperto*).

Questo sistema di distribuzione garantisce, attraverso apposite configurazioni, l'alimentazione delle utenze in MT nei seguenti casi:

- Mancanza tensione di uno degli arrivi ENEL;
- Perdita totale di una CdS o SSE: in questo caso si intende che l'alimentazione è garantita dalle rimanenti;
- Guasti sui cavi di interconnessione MT;
- Blocco o guasto dell'interruttore di interconnessione dei quadri MT.

Si sottolinea che, per come è strutturato l'impianto di alimentazione elettrica della Metropolitana di Genova, il fuori servizio totale di SSE risulta comunque un evento di alquanto remota probabilità; infatti:

- Ogni SSE è alimentata da un arrivo ENEL indipendente, proveniente da diversa CP;
- In caso di necessità, la Cabina 15/15 kV ha il compito di riserva di alimentazione ENEL per ciascuna SSE.

Le consegne ENEL avvengono a 15 kV; il livello di isolamento delle apparecchiature MT è pari a 24 kV. Per quanto riguarda lo stato del neutro relativo all'allacciamento della SSE Brignole, la protezione direzionale di terra riesce a garantire selettività sia in caso di distribuzione a *neutro isolato*, sia a *neutro compensato*.

Per il sistema di alimentazione elettrica, dal punto di vista funzionale, si identificano le seguenti sezioni:

- Sezione di MT costituita da: punti di consegna ENEL, cavi di distribuzione MT e relativi accessori, quadri ed apparecchiature MT di SSE e CdS;
- Sezione di trazione (solo nelle SSE);
- Sezione di distribuzione delle utenze di stazione e galleria.

Ciascuna CdS è interconnessa, lato MT, con l'adiacente cabina attraverso una linea in cavo MT a 15 kV.

3.2 Cavi MT 15 kV

I cavi MT a 15 kV sono utilizzati per realizzare:

- collegamento fra i punti di consegna ENEL e i quadri MT di SSE Brin, SSE Principe, SSE Brignole;
- interconnessione MT;
- alimentazione dei trasformatori di potenza di SSE;
- alimentazione dei trasformatori dei sevizi ausiliari di SSE e CdS.

Per i collegamenti fra Cabina 15/15 kV e SSE è impiegato un cavo tripolare di sezione 240 mm², mentre per gli anelli relativi alle cabine di stazione è impiegato un cavo tripolare di sezione 95 mm².

3.3 Apparecchi illuminanti

Tutti gli apparecchi illuminanti sono equipaggiati con lampade fluorescenti.

Gli apparecchi illuminanti impiegati nella tratta De Ferrari – Brignole (ovvero quella di più recente realizzazione) sono equipaggiati con reattore elettronico a basse perdite.

3.3.1 Plafoniere stagne di linea

Le plafoniere stagne di linea sono a un tubo fluorescente da 1x58 W e da 1x8 W con emergenza.

Le principali caratteristiche sono:

- Corpo in resina poliestere rinforzata con fibra di vetro
- Contrassegno F o FF di protezione contro gli incendi
- Coppa con prismatura interna differenziata o tubo di protezione in policarbonato con schermatura regolabile
- Classe di isolamento II
- Grado di protezione IP65
- Reattore elettronico
- Emergenza con 20% di flusso luminoso, autonomia 1 h, inverter / carica batteria ad accumulatori NiCd 6 V, 4 Ah.

3.4 Prese F.M.

3.4.1 Batterie di prese

Lungo la linea sono installate batterie di prese composte da:

- N° 1 presa 2P+T, 16 A, 230 V, IP56 con interruttore di blocco e fusibili
- N° 1 presa 3P+T, 32 A, 400 V, IP56 con interruttore di blocco e fusibili
- N° 1 presa con trasformatore 230/24 V, 160 VA, IP54
- N° 1 presa da incasso protetta a bassissima tensione, IP54
- N° 1 centralino da esterno, IP55, 8 moduli
- N° 1 cassetta da esterno, IP56
- N° 2 basi modulari per montaggio in batteria delle prese, IP56
- N° 1 piastra di fondo
- N° 1 interruttore 32 A
- N° 1 trasformatore 800 VA, 230/48 V, 50 Hz
- Morsetti, raccordi e accessori di completamento

3.5 Cavi di alimentazione

I cavi sono del tipo non propagante l'incendio e a ridotta emissione di fumi, gas tossici e assenza totale di gas corrosivi.

3.5.1 Cavi per collegamenti di terra

Per i collegamenti di terra sono impiegati cavi del tipo N07G9-K.

3.5.2 Cavi per distribuzione luce e F.M.

Per la distribuzione luce e F.M. sono impiegati cavi del tipo FG7OM1.

3.5.3 Cavi resistenti al fuoco

Per la distribuzione luce e F.M. ove è richiesto il requisito di resistenza al fuoco sono impiegati cavi del tipo FTG10OM1.

3.6 Tubo in acciaio zincato

Per la posa in vista delle condutture elettriche (a parete, a soffitto, in controsoffitto) sia all'interno, sia all'esterno, è impiegato tubo laminato a freddo, ricavato da lamiera di acciaio zincato a caldo con metodo Sendzimir, elettrosaldato con riporto di zinco sulla saldatura.

I diametri utilizzati sono:

- 1/2"
- 3/4"
- 1"
- 1"1/2
- 2"

Le giunzioni sono state ottenute impiegando manicotti in acciaio zincato.

Il grado di protezione è IP54.

3.7 Cassette di derivazione

Le cassette impiegate per le derivazioni sono in materiale metallico (lega di alluminio primaria), dotate di coperchio fissato con viti e protette contro la corrosione.

Tutte le tubazioni protettive entrano dai fianchi o dal fondo delle cassette; all'interno è presente una morsettiera installata su profilato di tipo normalizzato.

Le cassette installate nei locali tecnici sono fissate a parete tramite tasselli a compressione; quelle posizionate in controsoffitto sono fissate tramite supporti alle passerelle.

Il grado di protezione è IP54.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI OGGETTO DEL PROGETTO

Il progetto relativo agli impianti LFM prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- Rete MT 15 kV in cavo (anelli di collegamento fra SSE per cabine MT/bt):
  - Anello SSE Brignole – SSE Guglielmetti
  - Anello SSE Guglielmetti – SSE Molassana
  - Interconnessione SSE Guglielmetti – SSE Molassana
- Cabine MT/bt ubicate nelle seguenti stazioni:
  - Romagnosi
  - Parenzo
  - Staglieno

- Guglielmetti
- San Gottardo
- Molassana

- Impianti di illuminazione degli atrii / banchine e aree esterne nelle seguenti stazioni:
  - Romagnosi
  - Parenzo
  - Staglieno
  - Guglielmetti
  - San Gottardo
  - Molassana
- Impianti di illuminazione e F.M. dei locali tecnici nelle seguenti stazioni:
  - Romagnosi
  - Parenzo
  - Staglieno
  - Guglielmetti
  - San Gottardo
  - Molassana
- Impianti di alimentazione delle utenze di segnalamento e telecomunicazioni
- Impianto fotovoltaico

Nei successivi paragrafi sono descritti a livello preliminare gli interventi precedentemente citati.

4.1 Rete MT in cavo 15 kV

Con riferimento all'elaborato MGE1 PR LV IEL COM K 002 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare distribuzione MT, ed in analogia all'architettura di alimentazione primaria impiegata in Metro Genova, per l'alimentazione delle CdS è prevista una distribuzione costituita da due *anelli aperti*:

- Anello CdS SSE Brignole – SSE Guglielmetti
- Anello CdS SSE Guglielmetti – SSE Molassana

È inoltre prevista una interconnessione fra la SSE Guglielmetti e la SSE Molassana.

I cavi MT saranno posati in opportuna canalizzazione lungo il viadotto previsto per la realizzazione dell'opera in progetto.

4.1.1 Anello CdS SSE Brignole – SSE Guglielmetti

Questo anello origina da un lato, da un nuovo scomparto da installare nell'esistente quadro MT della SSE di Brignole, chiudendosi su uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Guglielmetti.

L'anello collega in "entra-esci" le seguenti cabine di stazione:

- Romagnosi
- Parenzo
- Staglieno

Per la realizzazione dell'anello è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x95) mm².

4.1.2 Anello CdS SSE Guglielmetti – SSE Molassana

Questo anello origina da un lato, da uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Adriatico, chiudendosi su uno scomparto del quadro MT della nuova SSE di Molassana.

L'anello collega in "entra-esci" le seguenti cabine di stazione:

- Guglielmetti
- San Gottardo
- Molassana

Per la realizzazione dell'anello è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x95) mm².

4.1.3 Interconnessione SSE Guglielmetti - SSE Molassana

Per dotare le nuove SSE di Guglielmetti e Molassana di una seconda fonte di alimentazione, è prevista la realizzazione di un'interconnessione in cavo 15 kV.

Per la realizzazione di detta interconnessione, è previsto l'impiego di una terna di cavi unipolari di tipo RG26H1M16 12/20 kV con formazione / sezione 3x(1x240) mm².

4.2 Cabine MT/bt di stazione (CdS)

Per soddisfare le esigenze di alimentazione relative agli impianti di stazione, è prevista la realizzazione delle seguenti n° 6 cabine di trasformazione MT/bt:

- Romagnosi
- Parenzo
- Staglieno
- Guglielmetti
- San Gottardo
- Molassana

Con riferimento all'elaborato cod. MGE1 PR LV IEL COM K 001 00 – Luce e Forza Motrice – Schema unifilare cabine MT/bt, ciascuna CdS sarà costituita dalle seguenti principali apparecchiature elettromeccaniche:

- Quadro MT, di tipo LSC2AP(M/I) con isolamento misto;
- Trasformatori Servizi Ausiliari MT/bt con isolamento in resina epossidica aventi classe di isolamento 24 kV;
- Quadro generale di bassa tensione QGBT, conforme alla norma CEI EN 61439-1-2;
- Sistema di UPS ridondati (UPS1, UPS2) per alimentazione carichi essenziali;
- Quadro distribuzione utenze essenziali QE;
- Carica batterie QCB;
- Quadro distribuzione Servizi Ausiliari (230 Vca – 110 Vcc).

Le apparecchiature elettromeccaniche costituenti le CdS saranno ubicate nei locali tecnici appositamente ricavati alla quota strada di ciascuna stazione, ad esclusione della stazione di Parenzo, ove saranno ubicati al piano interrato.

Le principali caratteristiche delle apparecchiature saranno descritte nel successivo paragrafo 6.

4.3 Impianti LFM di stazione

Gli impianti LFM di stazione saranno costituiti dalle seguenti principali dotazioni:

- distribuzione principale e quadri di distribuzione secondaria;
- linee elettriche di distribuzione con relative canalizzazioni;
- impianto di illuminazione normale;
- impianto di illuminazione di sicurezza;
- impianto FM;
- impianto di terra;
- impianto solare fotovoltaico.

Nelle scelte progettuali sono stati considerati i seguenti fattori:

- acquisizione del quadro esigenziale e analisi delle possibili alternative progettuali, sia tipologiche che realizzative;
- soddisfazione delle richieste energetiche e massimizzazione dell'efficienza energetica;
- minimizzazione dell'impatto ambientale e ottimizzazione dei parametri di comfort luminoso;
- massimo livello di sicurezza sia in fase di realizzazione, sia di esercizio;
- contenimento dei costi, sia di realizzazione che di gestione, con garanzia della continuità di servizio;
- flessibilità impiantistica, aperta a future modifiche derivanti da nuovi scenari economici e possibili mutate esigenze.

4.3.1 Distribuzione principale e secondaria

Le linee di alimentazione della distribuzione principale a partire dal Quadro Generale di Bassa Tensione (QGBT) ubicato in cabina MT/bt fino ai quadri di distribuzione secondaria per l'alimentazione degli impianti luce e FM, sono realizzate con cavi unipolari e/o multipolari non propaganti l'incendio e a bassissima emissione di fumi e gas tossici, con isolamento in gomma tipo FG16(O)M16 conformi al Regolamento UE 305/11 (CPR) e alle relative norme CEI.

Per i collegamenti fra il quadro generale QGBT ed i quadri di distribuzione è previsto il transito delle linee di alimentazione in appositi canali a filo metallico e/o passerelle in acciaio zincato.

Su tutte le linee di distribuzione in corrispondenza degli attraversamenti di pareti REI, è prevista l'installazione di apposite barriere tagliafiamma per il ripristino della resistenza al fuoco degli elementi strutturali attraversati.

Le sorgenti di alimentazione previste sono di tre tipologie:

Sezione *normale* asservita dalla rete pubblica (mediante trasformazione MT/bt) che alimenta:

- 50% degli impianti di illuminazione;

- impianti FM;
- impianti HVAC;
- impianti di movimentazione (ascensori).

Sezione *essenziale* asservita da sistema di n° 2 UPS ridondati che alimenta:

- 50% degli impianti di illuminazione;
- gruppi pressurizzazione antincendio;
- impianti di segnalamento (IS);
- impianti di telecomunicazioni (TLC);
- impianti di videosorveglianza, controllo accessi, rilevazione incendi.

I servizi ausiliari di cabina saranno alimentati dal quadro QSA (sezione 230 Vca e 110 Vcc).

4.3.2 Quadri di distribuzione secondaria

Sono previsti quadri di distribuzione secondaria così denominati:

- QE: quadro essenziale;
- QSA: quadro Servizi Ausiliari (sezione 230 Vca e 110 Vcc).

I quadri di distribuzione secondaria saranno realizzati con montanti in profilati di acciaio e pannelli di chiusura in lamiera ribordata avente una resistenza agli urti adeguata al luogo di installazione; l'indice IK (norma CEI EN 50102) non dovrà essere inferiore ad IK07. Ogni quadro sarà chiuso su ogni lato con pannelli asportabili a mezzo di viti e presenta grado di protezione IP55 (forma 1).

In ogni caso, per evitare l'accesso agli organi di manovra di personale non qualificato, sarà prevista una porta frontale dotata di serratura a chiave e cristallo trasparente.

Anche se prevista la possibilità di ispezione dal retro del quadro, tutti i componenti elettrici saranno facilmente accessibili dal fronte mediante pannelli avvitati o incernierati.

Sul pannello anteriore saranno previste feritoie per consentire il passaggio degli organi di comando.

Tutte le apparecchiature saranno fissate su guide modulari o su pannelli fissati su specifiche traverse di sostegno.

Gli strumenti e lampade di segnalazione saranno montate sui pannelli frontali.

Sul pannello frontale, ogni apparecchiatura sarà contrassegnata da targhette indicatrici che ne identificano il servizio.

Tutte le parti metalliche del quadro saranno collegate a terra (in conformità a quanto prescritto dalla citata norma CEI EN 61439-1).

4.3.3 Impianto di illuminazione delle zone aperte al pubblico (atrio, marciapiedi, ecc.)

Per i requisiti illuminotecnici relativi alle zone in oggetto, si è fatto riferimento alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 12464-2 “Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno”.

Per le zone dei marciapiedi coperte, si prevede un impianto di illuminazione realizzato mediante apparecchi illuminanti LED atti a garantire un valore di illuminamento medio sul piano di calpestio di 50 lx, con uniformità U_0 (Emin/Emedio) non inferiore a 0,4, indice R_{GL} pari a 45, indice di resa del colore Ra > 40 e uniformità di illuminamento ai bordi Ud ≥ 1/5 (cfr. UNI EN 12464-2, Prospetto 5.12 "Ferrovie e tramvie", n. di riferimento 5.12.17 "Piattaforme coperte, piccolo numero di passeggeri, per esempio treni suburbani o regionali o servizi intercity").

Per la realizzazione degli impianti di illuminazione delle altre zone pubbliche coperte delle stazioni (atrio, servizi igienici, ecc.) si è fatto riferimento alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 12464-1 (09/2021) "Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni" (Table 61 – Transportation areas – Railway installations).

L'alimentazione degli impianti di illuminazione è derivata per il 50% da sezione *normale* (QGBT) e per il restante 50% da rete *essenziale* (quadro QE asservito da sistema di n. 2 UPS ridondati).

4.3.4 Impianto di illuminazione normale dei locali tecnici

Per il dimensionamento degli apparecchi illuminanti e del numero di questi da inserire all'interno dei vari ambienti si dovrà tenere conto dei seguenti livelli medi di illuminamento come raccomandato dalle norme UNI EN 12464-1:

- Locali tecnici (MT, bt, IS, TLC) 200 lux
- Aree esterne in prossimità fabbricato 20 lux

Gli apparecchi di illuminazione utilizzati saranno tutti cablati con smart drivers elettronici ed equipaggiati con moduli LED. Questo comporta un risparmio energetico rispetto ad un reattore di tipo induttivo di oltre 50 %.

Per i locali apparati, di diagnostica e controllo, gli apparecchi di illuminazione previsti avranno tutti ottica dark light, antiriflesso ed antiridescenza a bassissima luminanza.

4.3.5 Impianto di illuminazione di sicurezza dei locali tecnici

Gli apparecchi di illuminazione di sicurezza saranno impiegati per l'illuminazione delle uscite di sicurezza e delle vie di esodo; saranno dotati di batteria autonoma mantenuta in tampone da fonte centralizzata (UPS) mediante appositi circuiti opportunamente separati dai circuiti ordinari; avranno un'autonomia minima di 60 minuti.

Per la segnaletica di sicurezza saranno utilizzati apparecchi autoalimentati con moduli LED del tipo SA, equipaggiati con pittogrammi autoadesivi visibili fino a 27 m e rispondenti alla norma ISO 3864 in quanto aventi le seguenti caratteristiche:

- colori conformi alla norma;
- luminanza di tutta la superficie del colore di sicurezza superiore a 2 cd/m² in tutte le direzioni;
- rapporto fra la luminanza massima e minima sempre compreso fra 5 e 15.

4.3.6 Impianto FM

L'impianto di forza motrice è suddiviso in due sotto impianti:

- Impianto prese;
- Impianto di alimentazione utenze fisse.

4.3.6.1 Impianto prese

L'impianto prese è costituito da linee dorsali posate all'interno di un canale portacavi in acciaio zincato. Sul canale in acciaio zincato è prevista l'installazione di scatole di derivazione, per derivare il circuito di alimentazione delle prese dalle linee dorsali.

Un'opportuna tubazione in acciaio zincato consente la posa dei cavi di alimentazione dal canale fino al gruppo prese.

Sono previste le seguenti tipologie di gruppi prese:

- Gruppo prese a parete per installazione incassata, composto da n. 1 presa universale 2P+T 10/16A e n. 1 presa bipasso 2P+T 10/16A;
- Gruppo prese a parete per installazione incassata, composto da n. 1 presa universale 2P+T 10/16A con interruttore magnetotermico differenziale Id = 10 mA per i servizi igienici;
- Gruppo prese interbloccate per installazione a vista, costituito da n. 1 presa 2P+T 16A 220V e n. 1 presa 3P+T+N 16A 380V per i locali tecnici.

4.3.6.2 Impianto di alimentazione utenze fisse

L'impianto di alimentazione delle utenze fisse prevede l'alimentazione delle seguenti apparecchiature:

- punto di alimentazione apparecchiature impianti di condizionamento e ventilazione;
- punto di alimentazione boiler servizi igienici (eventuale);
- punto di alimentazione addolcitore servizi igienici (eventuale);
- punto di alimentazione radiatore servizi igienici (eventuale).

I punti di alimentazione sono costituiti da una scatola in PVC all'interno della quale sono installati i morsetti per attestazione del cavo elettrico.

4.3.7 Impianto di terra

Il progetto prevede, per ciascuna stazione, la realizzazione di un impianto di terra comune a quello della cabina MT/bt, costituito da un anello dispersore in treccia di rame nuda di sezione 1x95 mm², interrato perimetralmente ai locali tecnologici ed integrato con picchetti componibili in acciaio rivestito in rame di lunghezza pari a 3,00 m, installati ciascuno in pozzetto di cemento (500x500x100mm) di tipo ispezionabile per misure.

All'impianto di terra dei locali tecnologici sono collegati:

- tutte le strutture metalliche dei quadri elettrici con conduttori in rame della sezione di 16 mm²;
- tutte le parti metalliche di apparecchiature elettriche, normalmente in tensione, con conduttori in rame aventi una sezione pari alla sezione di fase per sezioni di fase fino a 16 mm² ed alla metà della sezione di fase al di sopra di 25 mm²;
- tutti i collegamenti equipotenziali previsti per le masse estranee (tubazioni, canalizzazioni, ecc.);
- i ferri di armatura delle strutture (in almeno due punti).

La bandella di messa a terra a cui fanno capo tutti i collegamenti equipotenziali avrà dimensioni indicative di 650mm x 100mm x 10mm e prevederà almeno n. 30 fori di diametro differente al fine di poter collegare tutte le utenze che necessitano di collegamento equipotenziale. I fori saranno ripartiti in: n. 10 Ø 6 mm, n. 10 Ø 10 mm e n. 10 Ø 13 mm.

4.4 Impianti LFM di linea

Nei seguenti paragrafi sono descritte le principali dotazioni relative agli impianti di illuminazione e F.M. in linea.

4.4.1 Impianto di illuminazione di emergenza in linea

L'impianto ha lo scopo di illuminare i camminamenti di superficie utilizzabili dai passeggeri in caso di forzata evacuazione dai treni, permettendo l'individuazione del percorso da seguire.

Il tipo di illuminazione adottata deve essere tale da non alterare la vista dei segnali.

Con riferimento alla norma UNI 8097 "Illuminazione delle metropolitane in sotterranea ed in superficie", l'impianto deve garantire i valori illuminotecnici minimi indicati nel prospetto 1 (cfr. tabella seguente):

- Illuminamento En 5 lx
- Uniformità U 1/10
- Resa dei colori Ra 20

prospetto 1 **Valori illuminotecnici minimi per zone di una metropolitana**

Zona da illuminare	Illuminamento E_n Lx	Uniformità U	Resa dei colori R_a
Stazioni in superficie:			
- banchine,	60	¼	65
- scale,	50	¼	65
- sale accesso,	50	¼	65
- biglietterie,	50	¼	65
- mezzanino,	60	¼	65
- corridoi e passaggi pedonali.	50	¼	65
Stazioni sotterranee:			
- banchine,	120	¼	65
- scale,	100	¼	65
- sale accesso,	100	¼	65
- biglietterie,	100	¼	65
- mezzanino,	120	¼	65
- corridoi e passaggi pedonali.	100	¼	65
Camminamenti in galleria	5	1/10	40
Camminamenti in superficie	5	1/10	20

Tabella 1.Norma UNI 8097 – Prospetto 1

Il valore indicato per l'illuminamento si intende misurato alla quota di 10 cm dal pavimento.

L'impianto è costituito da apparecchi illuminanti LED, ubicati con interdistanza pari a circa 15 m, alimentati dalla rete *essenziale* di ciascuna stazione e derivati mediante cassette di derivazione in acciaio inox.

Le principali caratteristiche degli apparecchi illuminanti sono:

- Potenza LED 1x4 W
- Potenza totale 6 W
- Flusso luminoso 580 lm
- Temperatura di colore 4000 K
- CRI >80
- Grado di protezione IP66
- Resistenza agli urti IK10
- Classe di isolamento II

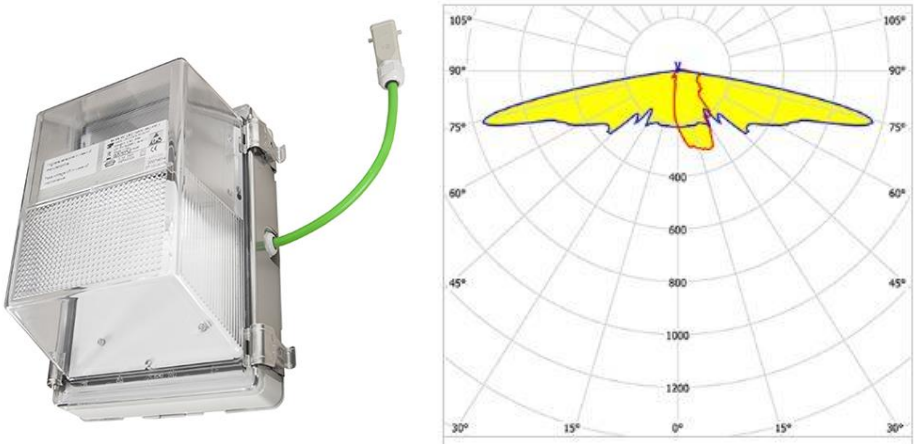


Figura 1. Apparecchio illuminante e curva fotometrica

Per le dorsali di alimentazione è previsto l'impiego di cavo resistente al fuoco, del tipo FTG18(O)M16 di formazione / sezione 2x6 mm².

L'accensione dell'impianto è prevista mediante pulsanti luminosi LED ad alta visibilità a luce blu, ubicati ogni 45 m circa (uno ogni tre apparecchi illuminanti), installati in custodie di acciaio inox.

4.4.2 Impianto prese di servizio in linea

L'impianto è costituito da quadretti prese installati lungo linea, ubicati in prossimità degli inverter di stringa dell'impianto fotovoltaico (uno ogni 45 m circa).

Ogni quadretto prese è composto da:

- N° 1 presa 2P+T, 16 A, 230 V, IP66 con interruttore di blocco
- N° 1 presa 3P+N+T, 16 A, 400 V, IP66 con interruttore di blocco
- N° 1 centralino da esterno, IP66, 8 moduli
- N° 1 cassetta da esterno, IP66
- N° 2 basi modulari per montaggio in batteria delle prese, IP66
- N° 1 interruttore magnetotermico differenziale 2P, 16 A, Id 30 mA
- N° 1 interruttore magnetotermico differenziale 4P, 16 A, Id 30 mA

- Morsetti, raccordi e accessori di completamento

I quadretti prese sono alimentati da dorsali in bassa tensione provenienti dai quadri QGBT (sezione *normale*) delle cabine MT/bt di stazione mediante cavo di tipo FG16(O)M16 di formazione / sezione 4x25 mm².

Per il conduttore PE sono impiegati stacchi di formazione / sezione 1x25 mm² dalla dorsale PE di linea comune a tutti gli impianti LFM (1x95 mm²).



Figura 2. Esempio di quadretto prese interbloccate

4.5 Impianti di alimentazione delle utenze IS e TLC

Per garantire l'alimentazione degli impianti IS e TLC con i prescritti valori di disponibilità, nelle stazioni di:

- Romagnosi
- Parenzo
- Staglieno
- Guglielmetti
- San Gottardo
- Molassana

è prevista l'installazione di adeguati sistemi di UPS ridondati.

Con riferimento alla seguente figura, ciascun sistema UPS è composto dai seguenti *rami* o *sottoassiemi* funzionali:

- Ramo c.a.:
  - Sezione raddrizzatore
  - Sezione inverter
  - Interruttore statico

- Ramo c.a. emergenza:
    - Interruttore statico
- Ramo by-pass manuale per manutenzione
- N. 1 batteria di accumulatori

Gli ingressi del ramo c.a. e del ramo c.a. emergenza di ciascun UPS sono alimentati dal quadro QGBT.

Le uscite degli UPS convergono sugli ingressi di uno switch statico (STS) in grado di trasferire sulla propria uscita "*a tempo zero*" una delle sue due linee in ingresso. L'uscita dello switch statico è collegata al quadro essenziale QE.

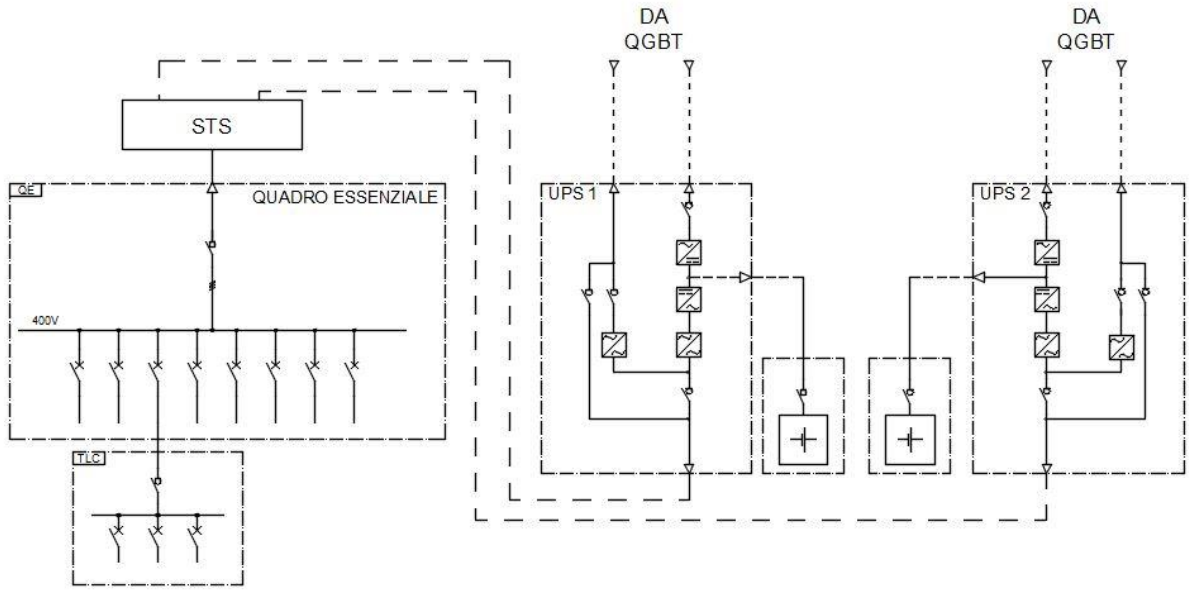


Figura 3. Sistema di UPS ridondati, switch statico e quadro essenziale QE

Il quadro essenziale QE distribuisce in uscita l'alimentazione agli impianti IS, TLC e agli altri impianti che necessitano della continuità assoluta.

4.6 Impianto fotovoltaico

4.6.1 Principio di funzionamento

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua; uno di questi elementi è il silicio, che compone la cella fotovoltaica. Più celle unite tra loro formano i pannelli fotovoltaici, studiati per convertire l'energia elettromagnetica (la quota parte dello spettro che comunemente chiamiamo "luce") in energia elettrica, sfruttando le caratteristiche chimiche e fisiche del materiale siliceo di cui sono composti.

I pannelli fotovoltaici sono utilizzati in quanto il loro impiego è estremamente flessibile e permettono di ottenere energia elettrica a basso costo di esercizio.

In condizioni standard di riferimento (irraggiamento pari a 1000 W/m² e temperatura pari a 25°C), è possibile prelevare ai suoi capi una tensione di 0,5 V; l'erogazione di corrente continua è pari a circa 3 A, per cui la potenza di picco generata è pari a 1,5 W.

Le celle fotovoltaiche forniscono valori di tensione e corrente limitati in rapporto ai valori richiesti dagli apparecchi utilizzatori: esse sono pertanto collegate elettricamente in serie a formare una struttura robusta e maneggevole detta modulo fotovoltaico. Più moduli fotovoltaici sono generalmente montati su una stessa struttura di sostegno, costituendo un pannello.

Gli impianti per la produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica presentano diversi vantaggi, tra i quali i più significativi sono:

- assenza di qualsiasi tipo di emissioni inquinanti;
- risparmio dei combustibili fossili;
- estrema affidabilità (vita utile superiore a 25 anni);
- costi di manutenzione ridotti al minimo;
- modularità del sistema (per aumentare la *taglia* è sufficiente aumentare il numero dei moduli e/o degli inverter).

4.6.2 Principali componenti ed installazione

Un impianto fotovoltaico standard connesso alla rete è costituito dai componenti evidenziati nello schema sottostante; le funzioni dei dispositivi mostrati sono le seguenti:

- i moduli fotovoltaici, elemento essenziale dell'impianto, captano la radiazione solare durante il giorno e la trasformano in energia elettrica in corrente continua;
- l'inverter trasforma l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata rendendola idonea alle esigenze delle comuni apparecchiature elettriche;
- i misuratori di energia, sono dispositivi che servono a controllare e contabilizzare la quantità di energia elettrica prodotta e scambiata con la rete.

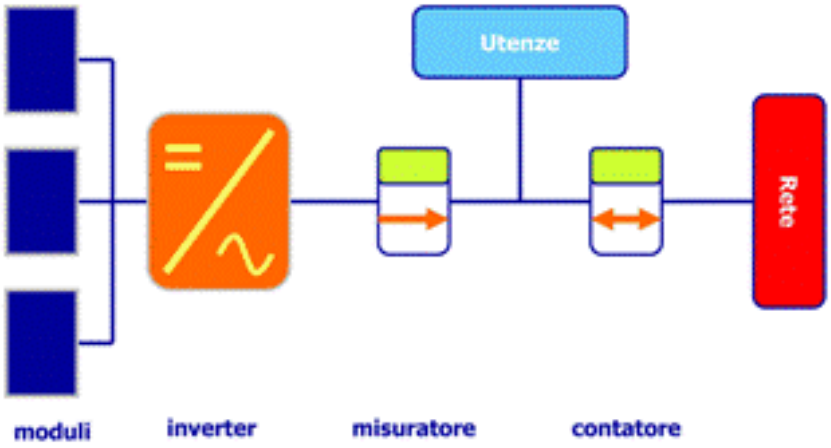


Figura 4. Schema esemplificativo di impianto fotovoltaico

Un impianto fotovoltaico dovrebbe essere installato con le superfici dei pannelli esposte a sud (angolo di azimut = 0°). Installazioni con esposizione verso sud-est o sud-ovest sono ammesse, prevedendo

che, una volta in esercizio, l'impianto abbia una leggera perdita di produttività rispetto alla soluzione con esposizione ottimale.

Per quanto riguarda l'inclinazione dei pannelli (tilt), l'inclinazione di 30° rispetto al piano è quella che in Italia permette di avere la massima produzione annua di energia. In questo caso, l'incidenza di una differente inclinazione (tilt 0°) sulla potenzialità produttiva dell'impianto consente di massimizzare la produzione in quanto permette di installare un numero superiore di pannelli che diversamente dovrebbero essere fra loro opportunamente distanziati al fine di evitare ombreggiamenti.

4.6.3 Intervento previsto in progetto

L'intera tratta relativa a Skymetro sarà coperta da pannelli fotovoltaici monocristallini di elevata efficienza, tramite i quali autoprodurre energia elettrica da fonte rinnovabile.

I pannelli fotovoltaici saranno installati:

- in linea, sfruttando le strutture di sostegno a portale della trazione elettrica, realizzando una copertura fra portali adiacenti;
- in stazione, sulla copertura della banchina e dei locali tecnici;
- sulla copertura del fabbricato SSE;
- sulle coperture degli stalli del parcheggio di Molassana.

I pannelli selezionati saranno del tipo in silicio monocristallino della potenza nominale a MPP di 400 Wp, con efficienza non inferiore a 21%; tali pannelli garantiscono ottimi rendimenti in qualsiasi condizione atmosferica, con garanzia di decadimento lineare della potenza nominale fino al 25° anno inferiore a 20%.

La costruzione di questo tipo di pannello lo rende adatto a condizioni meteorologiche estreme, come i sovraccarichi dovuti alla neve (5400 Pa) e all'azione del vento (4000 Pa).

Le sue principali caratteristiche saranno:

- dimensioni 1646 mm × 1140 mm × 35 mm (cornice inclusa);
- massa 20,5 kg;
- lato frontale vetro temprato spessore 3,2 mm con tecnologia antiriflesso
- lato posteriore pellicola composita;
- cornice lega di alluminio anodizzato argento;
- numero celle 360 (36x10);
- scatola di giunzione IP67, 2 diodi;
- collegamenti: 2 cavi unipolari, lunghezza 1 m, sezione 4 mm², connettori compatibili MC4
- classe di protezione II
- classe di reazione al fuoco 1

La potenza elettrica generata sarà gestita presso ciascuna stazione, prevedendo gli inverter di stazione nella cabina elettrica e quelli di linea distribuiti fra una stazione e l'altra (inverter *multistringa*); la potenza nominale degli inverter (orientativamente 33 kW) sarà definita in base al numero di pannelli che saranno collegati a ciascuna cabina; gli inverter sono collegati lato c.a. ad un quadro di parallelo, a sua volta collegato ad un trasformatore MT/bt dedicato all'impianto fotovoltaico.

Nell'elaborato cod. MGE1 PR IFV SMA T 001 00 Fotovoltaico – Planimetria, è rappresentato un *impianto – tipo* valido in linea di principio per tutte le stazioni della tratta.

4.6.4 Dimensione dell'impianto

Nella seguente tabella è indicata la consistenza dell'impianto.

Si potranno montare sulle strutture delle stazioni (copertura banchine e locali tecnici), della linea, della SSE e del parcheggio di Molassana circa 21.600 pannelli complessivi, per una potenza di picco installata pari a circa 8,6 MWp nelle condizioni STC.

Stazione	Inizio p.k.	Asse p.k.	Fine p.k.	N° pannelli banchina	kWp pannelli banchina	N° pannelli fabbricati	kWp pannelli fabbricati	Lunghezza tratta [km]	N° pannelli tratta	kWp pannelli tratta	kWp stazione produzione
Brignole			0,000								
Romagnosi	1,019	1,073	1,127	508	203,2	66	26,4	1,0187	3678	1471,2	2375,2
Parenzo	2,061	2,115	2,169	508	203,2			0,9334	3372	1348,8	1318,0
Staglieno	2,780	2,834	2,888	508	203,2	66	26,4	0,6104	2202	880,8	1628,8
Guglielmetti	4,215	4,269	4,323	508	203,2	96	38,4	1,3264	4794	1917,6	1855,6
San Gottardo	5,230	5,284	5,338	508	203,2	66	26,4	0,9064	3276	1310,4	1814,8
Molassana	6,626	6,680	6,734	508	203,2	96	38,4	1,2874	4650	1860,0	1764,4
Fine tronchini Molassana	6,920							0,1857	666	266,4	
SSE Molassana						96	38,4				
Parcheggio Molassana (*)						720	288				
(*) n. 180 stalli 2,5x5 m											
Totale				**3.048**	**1.219,2**	**1.206**	**482,4**		**22.638**	**9.055,2**	**10.756,8**

Tabella 2. Consistenza dell'impianto fotovoltaico

L'impianto sarà collegato alla rete nazionale pubblica mediante le connessioni in MT presenti presso le SSE di Guglielmetti e Molassana; l'energia prodotta è normalmente destinata all'autoconsumo sul posto nell'ambito di ciascuna stazione; l'energia prodotta potrà inoltre essere utilizzata:

- dalle altre stazioni collegate sullo stesso anello MT delle CdS
- dai gruppi di conversione ad uso trazione elettrica delle SSE

oppure ceduta in rete attraverso le connessioni in MT presenti presso le SSE.

4.6.5 Stima dell'autoproduzione di energia elettrica

La stima dell'energia autoprodotta dall'impianto fotovoltaico è stata eseguita con l'ausilio del simulatore di calcolo disponibile sul sito della Commissione Europea "PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM", disponibile all'indirizzo:

http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#api_5.2.

Inserendo le coordinate geografiche della posizione dell'impianto, le sue caratteristiche tecniche ed il suo orientamento, sulla scorta della banca dati raccolta sui dati di irraggiamento, viene generata la stima di produzione di energia elettrica annuale, come riportato nella figura seguente.



PVGIS-5 stima del rendimento energetico FV:

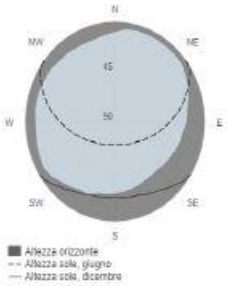
Valori inseriti:

Latitudine/Longitudine:	44.430,8.957
Orizzonte:	Calcolato
Database solare:	PVGIS-SARAH2
Tecnologia FV:	Silicio cristallino
FV installato:	10756.8 kWp
Perdite di sistema:	14 %

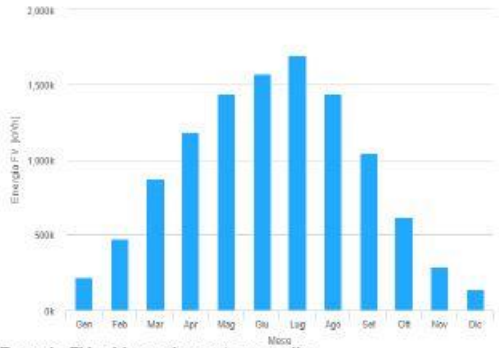
Output del calcolo

Angolo inclinazione:	0 °
Angolo orientamento:	0 °
Produzione annuale FV:	10980322.61 kWh
Irraggiamento annuale:	1355.86 kWh/m²
Variazione interannuale:	297079.15 kWh
Variazione di produzione a causa di:	
Angolo d'incidenza:	-3.2 %
Effetti spettrali:	0.71 %
Temperatura e irradianza bassa:	-10.2 %
Perdite totali:	-24.71 %
Costo energia FV [al kWh]:	0.099 al kWh

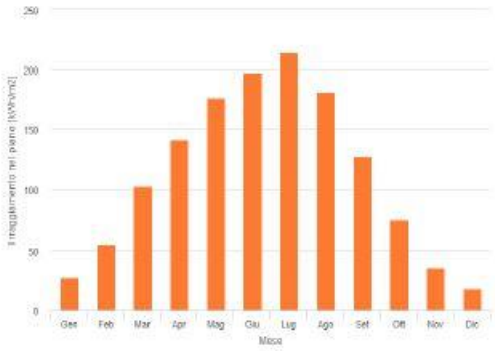
Grafico dell'orizzonte al luogo scelto:



Energia prodotta dal sistema FV fisso:



Irragiamento mensile sul piano fisso:



Energia FV ed irraggiamento mensile

Mese	E_m	H(i)_m	SD_m
Gennaio	223072.[illegible]7.8		19641.8
Febbraio	465899.[illegible]5.1		61959.9
Marzo	872859.[illegible]02.6		98257.6
Aprile	1182385.[illegible]42.0		110435.8
Maggio	1439992.[illegible]26.7		142953.4
Giugno	1573706.[illegible]87.6		76633.5
Luglio	1695715.[illegible]04.8		72259.0
Agosto	1438835.[illegible]81.6		82567.6
Settembre	1038028.[illegible]27.9		51549.4
Ottobre	617056.[illegible]4.8		72008.4
Novembre	290364.[illegible]6.0		33512.2
Dicembre	142407.[illegible]8.9		8808.3

E_m: Media mensile del rendimento energetico dal sistema definito [kWh].
H(i)_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistem scelto [kWh/m²].
SD_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh].

La Commissione europea gestisce questo sito per offrire al pubblico un più ampio accesso alle informazioni sulle sue iniziative e le politiche dell'Unione europea in generale. L'obiettivo è quello di fornire informazioni esatte e aggiornate. Qualsiasi errore portato alla nostra attenzione sarà prontamente corretto. La Commissione declina, tuttavia, qualsiasi responsabilità per quanto riguarda le informazioni offerte consultando questo sito.

È nostra cura ridurre al minimo le disfunzioni imputabili a problemi tecnici. Tuttavia, parte dei dati o delle informazioni contenuti nel sito possono essere stati creati o strutturati in file o formati non esenti da errori, e non possiamo garantire che il servizio non subisca interruzioni o non risenta in altro modo di tali problemi. La Commissione declina ogni responsabilità per gli eventuali problemi derivati dall'utilizzazione del presente sito o dei siti esterni ad esso collegati.

Per ulteriori informazioni, visitare https://ec.europa.eu/info/legal-notice_it

Joint Research Centre

PVGIS ©Unione Europea, 2001-2023.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Rapporto generato il 2023/10/09

Figura 5. Prestazione dell'impianto fotovoltaico Skymetro

In questo caso, l'energia autoprodotta è stimata in circa 11 GWh per anno; che corrisponde ad una riduzione di emissione di gas serra pari a circa 6.000 t di CO_2 per anno.

Considerazioni di maggior dettaglio saranno effettuate nelle successive fasi progettuali.

4.6.6 Sistema di telecontrollo e diagnostica

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema di monitoraggio che consentirà la sua gestione da remoto mediante una postazione remotizzabile ubicata al PCA di Brin.

I dati diagnostici resi disponibili dagli inverter multistringa di linea e stazione saranno raccolti in ciascuna stazione da un PLC dedicato mediante connessioni seriali RS485 (su rame) e/o fibra ottica; i PLC saranno connessi mediante switch al nodo di rete multiservizi e da questi veicolati al PCA.

Le informazioni diagnostiche saranno rese disponibili su postazione client in una schermata riassuntiva in grado di fornire rapporti di produzione e notifiche push dei principali allarmi. Si potrà procedere mediante schermate successive ed ottenere dati di maggior dettaglio, fino al singolo inverter di stringa.

Il sistema di telecontrollo e diagnostica sarà in grado di comunicare i dati necessari al distributore pubblico.

5. ANALISI DEI CARICHI ELETTRICI

La seguente Tabella riporta un'analisi dei principali carichi elettrici previsti per una stazione-tipo in viadotto, valutati in questa fase preliminare con coefficienti di utilizzazione Ku unitari.

TIPOLOGICO STAZIONE SU VIADOTTTO			
Piano	Descrizione	Tipologia impianto	Potenza elettrica (kW)
PT	Box agente + servizi igienici	VRF (1)	5,5
PT	Servizi igienici (box agente)	Scaldabagno	2
PT	Atrio	VRF (1)	60
PT	Centrale antincendio	Monosplit	2,5
PT	Eventuale centrale anticendio (pompe sprinkler)	Gruppo pressurizzazione antincedio	19
PT	Eventuale centrale anticendio (pompe idranti)	Gruppo pressurizzazione antincendio	19
PT	Locale MT/BT 1	VRF (2) + estrattori	17,5
PT	Locale MT/BT 2	VRF (2) + estrattori	17,5
P1	Locali tecnici (IS-TLC)	Under (+ 1 riserva)	35
P1	Atrio	VRF (1)	25
P1	Locale BT	Monosplit + estrattori	12
	Ascensori (4 in tutto - 5 kW ognuna)		20
	Illuminazione (normale + sicurezza)		5
	Alimentazione IS		10
	Alimentazione TLC		3,5
Totale			**253,5**

Tabella 3.Elenco dei carichi per stazione-tipo in viadotto

Per la scelta della potenza nominale dei trasformatori da installare in ciascuna CdS, si effettuano le seguenti ipotesi:

- fattore di potenza generale degli impianti cosØ pari a 0,9;
- funzionamento di una sola macchina (la seconda macchina ha funzione di riserva);

- scorta in termini di potenza pari a circa il 20%.

Sulla base delle precedenti considerazioni, si scelgono trasformatori di potenza nominale pari a 400 kVA.

Per l'impianto fotovoltaico, considerati i valori di produzione, risulta conveniente prevedere in ciascuna stazione un trasformatore dedicato, piuttosto che sovradimensionare i due trasformatori scelti in precedenza.

Nella seguente Tabella sono riepilogate le potenze nominali dei trasformatori dedicati all'impianto fotovoltaico, scelti sulla base delle considerazioni sopra esposte.

Stazione	kWp stazione produzione	cosfi	kVA stazione produzione	kVA trafo
Brignole				
Romagnosi	2375,2	0,95	2500	2500
Parenzo	1318,0	0,95	1387	1600
Staglieno	1628,8	0,95	1715	2000
Guglielmetti	1855,6	0,95	1953	2000
San Gottardo	1814,8	0,95	1910	2000
Molassana	1764,4	0,95	1857	2000
Fine tronchini Molassana				
SSE Molassana				
Parcheggio Molassana (*)				
(*) n. 180 stalli 2,5x5 m				
Totale	**10.756,8**			

Tabella 4.Scelta dei trasformatori dedicati all'impianto fotovoltaico in relazione alla potenza prodotta

6. DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI COMPONENTI

In ciascuna CdS si prevede l'installazione delle seguenti principali apparecchiature elettromeccaniche:

- Quadro di Media Tensione QMT;
- Trasformatori di distribuzione Servizi Ausiliari MT/bt;
- Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT;
- Sistema di n° 2 UPS ridondati;
- Quadro essenziale QE;
- Carica batterie QCB;
- Quadro distribuzione Servizi Ausiliari (230 Vca – 110 Vcc).

Nei successivi paragrafi è fornita una descrizione delle principali caratteristiche relative ai suddetti componenti.

6.1 Quadro di Media Tensione QMT

Il quadro QMT sarà realizzato conformemente alla norma CEI EN IEC 62271-200 (CEI 17-6).

Essendo in presenza di locale tecnico senza particolari condizioni ambientali ed operative, il quadro sarà del tipo LSC 2A P(M/I) con isolamento misto.

In relazione alle unità funzionali previste per le varie cabine, il quadro QMT verrà sviluppato generalmente con andamento sinistra/destra e sarà costituito dai seguenti scomparti normalizzati:

- N° 2 Scomparti unità arrivo/partenza linea radiale e/o ad anello con interruttore;
- N° 1 Scomparto unità misure con sezionatore e fusibili;
- N° 3 Scomparti unità protezione trasformatori di potenza con interruttore.

I compartimenti saranno dotati di tutti gli interblocchi necessari per prevenire errate manovre che potrebbero compromettere, oltre che l'efficienza e l'affidabilità delle apparecchiature, la sicurezza del personale addetto all'esercizio dell'impianto.

I principali dati elettrici del quadro QMT sono i seguenti:

Tensione di esercizio	(15 kV)
Tensione nominale	24 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Tensione di tenuta a 50 Hz Ud	50 kV
Tensione di tenuta a impulso 1,2/50 s Up	125 kV
Corrente nominale sbarre principali	630 A
Corrente nominale ammissibile di breve durata per 1”	16 kA
Corrente di cresta della corrente di breve durata	40 kA
Tenuta all’Arco Interno sui quattro lati	16 kA – 1 s
Grado di protezione involucro esterno	IP2XC
Grado di protezione separazioni interne	IP2X

Per ciascun quadro QMT sarà inoltre previsto un sistema di supervisione e gestione basato su UPC, alloggiata in uno scomparto BT del quadro; l’UPC permetterà la comunicazione con il sistema di supervisione esistente ubicato al PCA di Brin; in futuro sarà quindi possibile comandare e controllare da postazione remota gli enti (interruttori) di ciascun quadro MT.

6.2 Trasformatori Servizi Ausiliari MT/bt

La potenza installata in ciascuna cabina viene fornita da n° 2 trasformatori isolati in resina epossidica, rispondenti al Regolamento (UE) 2019/1783 e dedicati rispettivamente:

- Trafo TRA1: alimentazione ordinaria carichi (QGBT);
- Trafo TRA2: alimentazione di riserva carichi (QGBT).

Il TRA1 è normalmente operativo mentre il TRA2 è in riserva al primo nel caso di fuori servizio. Tale relazione funzionale è realizzata mediante opportuni interblocchi, presenti nel quadro generale di bassa tensione QGBT, necessari ad evitare il funzionamento in parallelo dei due trasformatori.

Le caratteristiche tecniche dei n° 2 trasformatori sono le seguenti:

- Potenza nominale TRA1, TRA2: 400 kVA
- Tensione primaria: (15 kV ±2x2,5%)
- Tensione secondaria (a vuoto): 400 V / 230V
- Frequenza: 50 Hz
- Gruppo vettoriale: Dyn11
- Tensione di c.c.: 6 %
- Classe Ambientale: E2
- Classe Climatica: C2 (minima)
- Classe di comportamento al fuoco: F1 (minima)

Ciascun trasformatore è corredato di un box di contenimento e protezione di dimensioni opportune, allo scopo di rispettare le distanze minime delle parti in tensione verso terra.

Il grado di protezione sarà IP31. Il box è corredato di blocco di sicurezza con i dispositivi del QMT da cui viene alimentato ed avrà installata una centralina termometrica doppia soglia (ANSI 26). Il box trasformatore dovrà inoltre essere dotato di serratura a chiave prigioniera, a porta aperta, per realizzare l'interblocco con il sezionatore a monte e di feritoie per la ventilazione.

I cavi di collegamento dei trasformatori TRA1 e TRA2 al quadro generale di bassa tensione (QGBT) sono isolati in EPR LS0H, tipo FG16M16 0,6/1 kV, e si estendono per una lunghezza di circa 15 m.

6.3 Trasformatori MT/bt impianto fotovoltaico

Per l'impianto fotovoltaico, i trasformatori saranno della stessa tipologia già indicata al par. 6.2 per i trasformatori Servizi Ausiliari, con le potenze nominali indicate nella precedente Tabella 3.

6.4 Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT

Il Quadro Generale di Bassa Tensione QGBT sarà costituito da un armadio modulare dotato di più scomparti affiancati.

La configurazione prevede n° 2 interruttori motorizzati, in esecuzione estraibile, a protezione dei montanti di macchina.

Lo schema di cabina prevede l'interblocco fra gli interruttori suddetti al fine di evitare il funzionamento in parallelo dei trasformatori. È previsto Il trascinamento elettrico MT/bt.

La struttura del quadro sarà realizzata con strutture in profilati di acciaio e pannelli di chiusura. La struttura sarà chiusa su ogni lato e posteriormente, ed il pannello posteriore dovrà poter essere rimosso unicamente tramite attrezzo al fine di poter ispezionare o rimuovere eventuali apparecchiature fuori uso. La carpenteria nel complesso dovrà essere opportunamente trattata, internamente ed esternamente, contro la corrosione mediante cicli di verniciatura esenti da ossidi di metalli pesanti, di colore RAL7030. Le portine anteriori saranno incernierate ed avranno una tenuta garantita da apposite guarnizioni di gomma con chiusura a serratura con chiave tipo Yale o ad impronta incassata, quadra o triangolare. Le portine saranno provviste di opportune asole, comprensive di idonee cornici coprifilo, al fine di consentire la fuoriuscita delle leve di comando degli interruttori di potenza installati all'interno del quadro.

Le principali caratteristiche elettriche del quadro in oggetto sono:

- Tensione nominale di alimentazione: 400/230 V trifase con neutro
- Tensione di alimentazione circuiti ausiliari 110 Vcc da QSA
- Tensione di isolamento: 690 V
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione di tenuta impulso: 8 kV
- Corrente nominale di c.to c.to ICW: almeno 70 kA
- Segregazione Forma 3
- Grado di protezione: IP 55
- Portelle: In lamiera incernierata
- Installazione A pavimento
- Entrata/uscita cavi: Dal basso

La carpenteria è dimensionata affinché la temperatura di esercizio assicuri una adeguata dissipazione per convezione ed irraggiamento del calore prodotto dalle perdite, in relazione alle condizioni ambientali di installazione, determinate dalle indicazioni di progetto.

Sulla parte bassa del quadro sarà presente una morsettiera DIN per l'attestazione dei cavi di alimentazione delle varie utenze, di sezione adeguata al cavo da morsettare di volta in volta. I quadri dovranno contenere le apparecchiature indicate sugli schemi di progetto che verranno realizzati nelle successive fasi progettuali.

A valle dei due interruttori generali del QGBT dovrà essere inserito un multimetro digitale in grado di eseguire le misure delle seguenti grandezze:

- Tensioni di alimentazione concatenate e di fase (V)
- Correnti assorbite da ogni fase (A)
- Fattore di potenza (cosØ)
- Frequenza (Hz)
- Potenza attiva (kW)
- Potenza reattiva (kVAR)
- Potenza apparente (kVA).

Le sbarre presenti nel quadro saranno in rame elettrolitico, di sezione rettangolare a spigoli arrotondati, fissate alla struttura a mezzo di appositi supporti isolanti (portabarre). Sia le sbarre che i supporti isolanti saranno disposti in modo tale da permettere modifiche e/o ampliamenti futuri nel quadro.

Tutti i conduttori presenti nel quadro dovranno essere identificati a mezzo di apposite targhette identificative installate alle estremità di ciascun cavo per la loro univoca identificazione, così come le morsettiere, del tipo componibile su guida unificata, a cui si attestano i singoli cavi, dovranno essere munite di numerazione corrispondente agli schemi elettrici di progetto e opportunamente separate con diaframmi isolanti tra le varie utenze.

Le sbarre principali dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari al doppio della taglia degli interruttori generali della rispettiva sezione, mentre le sbarre di distribuzione secondaria dovranno essere dimensionate termicamente per un'intensità pari a 1,5 volte quella degli interruttori generali della rispettiva sezione.

Tutte le sbarre, comunque, dovranno essere dimensionate per sopportare le sollecitazioni dinamiche per i valori delle correnti di corto circuito previste. Nel quadro dovrà essere installato il conduttore di protezione, in barra di rame, che dovrà essere dimensionata sulla base delle sollecitazioni dovute alle correnti di guasto (cfr. CEI EN 61439).

Nel quadro è prevista la sezione normale alimentata dai trasformatori MT/bt; gli ausiliari sono alimentati dalla sezione essenziale a 230 Vca oppure 110 Vcc.

6.5 Sistema di UPS ridondati

Sistema costituito da n° 2 UPS ridondati di tipo VFI a doppia conversione, rispondenti alle norme IEC/EN 62040-1, IEC/EN 62040-2, EN 62040-3.

Gli UPS avranno le seguenti principali caratteristiche:

- Potenza nominale: 60 kVA – 54 kW
- Ingresso:
  - Tensione nominale: 400 V trifase + N
  - Tolleranza di tensione: 240 V ÷ 480 V
  - Frequenza nominale: 50/60 Hz ± 10%
- Uscita:
  - Fattore di potenza: 0,9 (secondo IEC/EN 62040-3)
  - Tensione nominale: 400 V trifase + N (configurabile a 380 / 415 V)
  - Frequenza nominale: 50/60 Hz
- Rendimento in modalità VFI: fino al 95%
- Batteria:
  - Tecnologia: VLRA
  - Configurazione: esterna
  - Autonomia: 15’
- Caratteristiche ambientali:
  - Temp. ambiente esercizio: fino a +40°C
- Interruttore bypass di manutenzione interno
- Interruttore sezionatore di uscita
- Interruttore sezionatore rete ausiliaria
- Funzionalità di comunicazione:
  - Display grafico da 3,5” multilingue
  - Porta USB per download storico eventi
  - Porta Ethernet per interventi assistenza
  - Interfaccia a contatti puliti configurabili
  - MODBUS RTU RS485 o TCP
  - Gateway PROFIBUS / PROFINET
  - Interfaccia BACnet / IP

7. CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI

I luoghi oggetto del presente progetto ed inerenti agli impianti aperti al pubblico, sono classificati di tipo:

A MAGGIOR RISCHIO IN CASO DI INCENDIO

per l'elevata densità di affollamento o per l'elevato tempo di sfollamento in caso di incendio o per l'elevato danno ad animali e cose ai sensi della Norma CEI 64-8, par. 751.

8. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

All'interno delle cabine MT/bt, lato bassa tensione, il sistema elettrico principale è di tipo TN-S (400/230 V trifase con neutro, 50 Hz).

All'interno dei locali tecnologici di stazione, il sistema elettrico principale è di tipo TN-S (400/230 V trifase con neutro, 50 Hz).

Per tutte le nuove utenze che si sviluppano all'esterno dei suddetti fabbricati, si adotta il sistema TT; tale scelta è determinata dall'opportunità di non estendere l'area equipotenziale delle cabine MT/bt (coincidenti con quelle di ciascun fabbricato) alle utenze di piazzale; dette utenze possono infatti ricadere in zone di influenza di altri sistemi elettrici (tipicamente quello a 700 V c.c. relativo alla trazione elettrica); in tal caso, oltre alle prescrizioni contenute nella norma CEI 64-8, occorre applicare anche le prescrizioni contenute nella norma CEI EN 50122-1.

Gli impianti di illuminazione dei marciapiedi e delle aree esterne sono alimentati dalla sezione normale del QGBT mediante condutture e componenti in Classe II.

Gli impianti di illuminazione sono alimentati dalla sezione essenziale installato nel locale tecnologico di stazione mediante condutture e componenti in Classe II.

La tensione di alimentazione per tutte le generiche utenze di fabbricato e di piazzale è 400/230 V con neutro distribuito, frequenza 50 Hz, corrente presunta di cortocircuito che dovrà essere calcolata nelle successive fasi progettuali in funzione della potenza nominale scelta per i trasformatori delle CdS.

9. SISTEMA DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI ED INDIRETTI

La protezione contro i contatti diretti è garantita dall'isolamento delle parti attive, rimovibile solamente per distruzione dei materiali isolanti, e dall'uso di componenti dotati di idoneo grado di protezione IP, aventi involucri o barriere rimovibili solamente con l'uso di un attrezzo.

La protezione contro i contatti indiretti è attuata con le seguenti modalità:

- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, sistema TT: si impiegano dispositivi a corrente differenziale coordinati con la resistenza del dispersore, adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.1.4.2 (RE x Idn ≤ UL, dove RE è la

resistenza del dispersore in Ω, Idn è la corrente nominale differenziale in A e UL è la tensione di contatto limite convenzionale in V).

- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, sistema TN: si impiegano dispositivi di protezione coordinati con l'impedenza dell'anello di guasto in modo da ottenere l'interruzione automatica dell'alimentazione entro il tempo specificato (0,4 s), adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.1.3.3 (ZS x Ia ≤ U0, dove ZS è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente, Ia è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro un tempo definito in funzione della tensione nominale U0 per i circuiti terminali ed entro un tempo convenzionale non superiore a 5 s per gli altri circuiti, U0 è la tensione nominale verso terra in V).
- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, sistema IT: non si effettua il collegamento a terra delle parti attive (centro stella) al fine di evitare l'intervento dei dispositivi di protezione al primo guasto a terra, si installano opportuni dispositivi di controllo dell'isolamento, adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.1.5.
- Protezione mediante separazione elettrica: si impiegano sorgenti di alimentazione costituite da trasformatori costruiti secondo la specifica IS 365 ed. 2008 e realizzando l'isolamento principale dei circuiti separati da altri circuiti e da terra, adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.5 nel caso di alimentazione di un solo apparecchio utilizzatore e punto 413.6 nel caso di alimentazione di più apparecchi utilizzatori.
- Protezione mediante componenti elettrici di Classe II o con isolamento equivalente: si impiegano componenti elettrici dotati di isolamento doppio o rinforzato, involucri isolanti aventi grado di protezione minimo IPXXB e condutture elettriche costituite da:

  - cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico;
  - cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o canale isolante, rispondente alle rispettive Norme;
  - cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo per la tensione nominale del sistema elettrico servito, tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno (per memoria);

adottando le prescrizioni della norma CEI 64-8, punto 413.2.

10. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra di cabina MT/bt è progettato con riguardo alla tensione di contatto ammissibile UTp, seguendo il diagramma di flusso riportato nella figura 5 della norma CEI EN 50522 (cfr. Figura seguente).

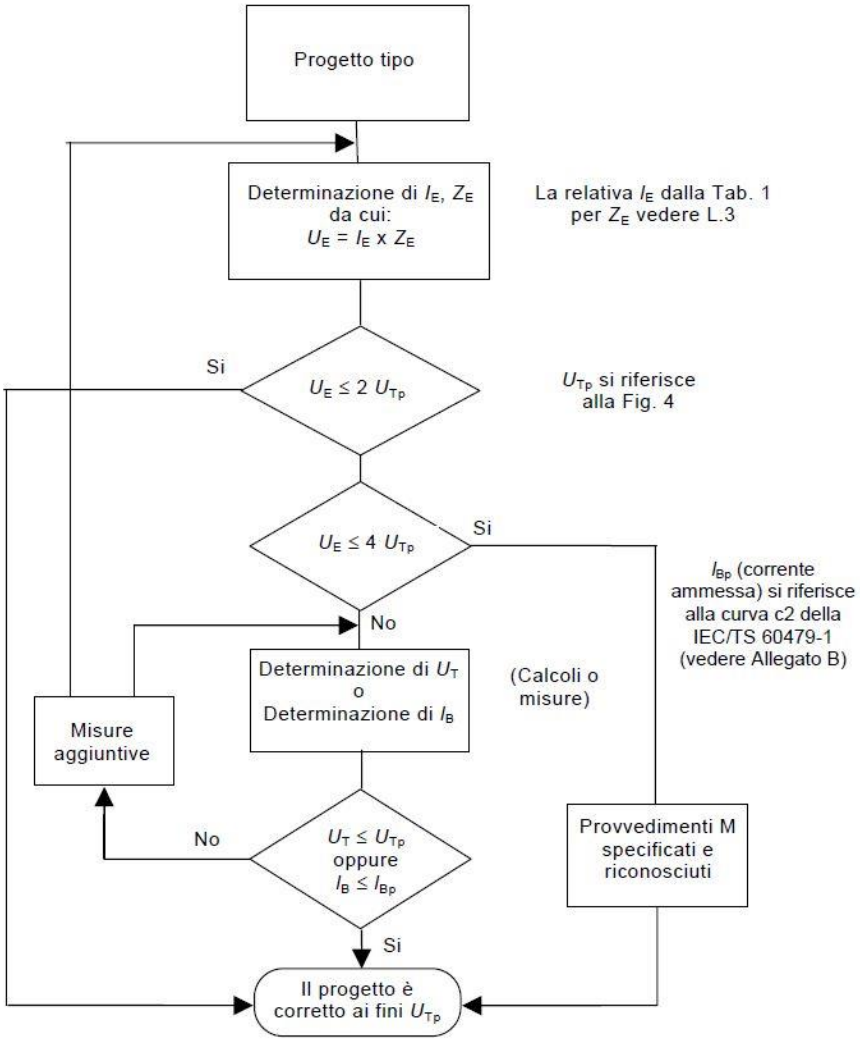


Figura 6. Progetto di un impianto di terra (CEI EN 50522, fig. 5)

L'impianto di terra di cabina MT/bt, coincidente con quello di ciascuna stazione, è costituito da un dispersore orizzontale ad anello, in corda di rame diametro 11 mm (95 mm²), e da picchetti dispersori componibili in acciaio ramato, diametro 30 mm e lunghezza 3 m.

Il dispersore orizzontale ad anello è previsto a quota campagna, interrato ad una profondità di 80 cm circa in corrispondenza del perimetro di ciascun fabbricato.

I picchetti dispersori, installati ai vertici del dispersore ad anello, saranno infissi a percussione e saranno dotati di collare per l'attacco del conduttore.

Al collettore di terra sono collegate tutte le strutture metalliche classificabili come masse e masse estranee.

I conduttori di protezione (PE) dei circuiti terminali sono distribuiti a partire dal collettore di terra.

Inoltre, saranno realizzati i collegamenti equipotenziali principali con le masse estranee (es. tubazioni idriche, gas, ecc.) eventualmente interferenti con la struttura.

Di seguito si riporta un calcolo di dimensionamento preliminare della resistenza di terra ottenuta, con riferimento alla cabina MT/bt di una generica stazione.

PROGETTO DEL DISPERSORE INTENZIONALE DI CABINA MT/BT

Anello di terra			2,44 Ohm
r	1,00	m	raggio = 1 m
A	36,70	m	A = 36,7 m
B	10,00	m	B = 10 m
d	11,00	mm	diametro corda Cu = 11 mm
b	0,80	m	profondità anello = 0,8 m
ρE	100,00	Ohm.m	sistività terreno = 100 Ohm.metro
p	50,00	m	semiperimetro = 50 m

0,409871726

Baffi aggiuntivi			-	Ohm
n.	L (m)	d	Rn	1/Rn
1		-	-	-
2		-	-	-
3		-	-	-
4		-	-	-

Dispersori verticali			7,27	Ohm
n.	elem.	d (mm)	Rn	1/Rn
1	1	25,00	29,08	0,03
2	1	25,00	29,08	0,03
3	1	25,00	29,08	0,03
4	1	25,00	29,08	0,03
5		-	-	-
6		-	-	-
7		-	-	-
8		-	-	-
9		-	-	-

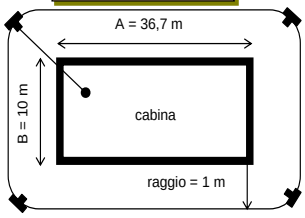
0,13757196

R_T 1,83 Ohm

Anello in corda o piatto di rame diametro equivalente 11 mm

dispersori verticali collegati all'anello: 4 semplici

RIPRISTINA VALORI



dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3
dispersore verticale m 3

RITORNA

Figura 7. Dimensionamento preliminare dispersore intenzionale cabina MT/bt