

Tronco

A52 - TANGENZIALE NORD DI MILANO

Oggetto

Potenziamento interconnessione A4-A52 ramo di svincolo tra A4 dir. Torino e A52 dir. Rho e svincolo Monza S.Alessandro - Opera connessa Olimpiadi 2026

CUP:

-

Fase progettuale

PROGETTO ESECUTIVO

LA CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

LA CONCESSIONARIA



MILANO SERRAVALLE
MILANO TANGENZIALI S.p.A
IL DIRETTORE TECNICO
dott. ing. Giuseppe Colombo

Il progettista



Descrizione elaborato

GEN - PARTE GENERALE

-
-
Relazione impianti elettrici
-

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| A | 16/12/2022 | EMISSIONE | M. Tomasin | M. Mariani | M. Mariani |
| B | 31/08/2023 | REVISIONE | M. Tomasin | M. Mariani | M. Mariani |
| C | 30/09/2023 | REVISIONE | M. Tomasin | M. Mariani | M. Mariani |
| D | - | - | - | - | - |
| E | - | - | - | - | - |

Codifica elaborato

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|------|---|-------|---|------|---|---|-------|----------|---|--------|--|-----|--|
| 5 | 0 | 2 | 3 | E | I | M | P | 0 | 0 | 1 | R | 0 | X | X | X | X | X | X | X | C | 1 | | | | |
| Codice | | | | Fase | | | Ambito | | | Progressivo | | Tipo | | Lotto | | Zona | | | Opera | | | Tratto | | Rev | |

Scala

-

INDICE

Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | DESCRIZIONE DELLE OPERE | 4 |
| 2.1 | DESCRIZIONE GENERALE | 4 |
| 2.2 | OPERE PRELIMINARI | 5 |
| 2.3 | VIE CAVI | 5 |
| 2.4 | PUNTI DI FORNITURA | 5 |
| 3 | NORMATIVE E DISPOSIZIONI APPLICABILI | 8 |
| 4 | CONDIZIONI OPERATIVE | 9 |
| 4.1 | CARATTERISTICHE AMBIENTALI | 9 |
| 4.2 | CARATTERISTICHE RETE ELETTRICA | 9 |
| 5 | PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA | 10 |
| 5.1 | ZONE DI CONFLITTO | 10 |
| 5.2 | CLASSIFICAZIONE STRADALE | 10 |
| 5.3 | PARAMETRI ILLUMINOTECNICI DI RIFERIMENTO | 10 |
| 6 | ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA | 11 |
| 6.1 | ILLUMINAZIONE ORDINARIA | 11 |
| 6.2 | ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA | 12 |
| 6.3 | ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA | 12 |
| 6.4 | PARAMETRI ILLUMINOTECNICI | 12 |
| 7 | PROGETTAZIONE ELETTRICA | 14 |
| 7.1 | SISTEMA DI ALIMENTAZIONE | 14 |
| 7.2 | CORRENTI DI CORTOCIRCUITO | 14 |
| 7.3 | CAVI DI COLLEGAMENTO | 15 |
| 7.4 | POTENZE D'IMPIANTO | 16 |
| 7.5 | RESISTENZA DI TERRA | 18 |
| 7.6 | MASSIMA CADUTA DI TENSIONE | 18 |
| 7.7 | CAVI E CONDUTTORI | 18 |
| 7.8 | CANALIZZAZIONI | 20 |
| 7.9 | PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI | 21 |
| 7.10 | PROTEZIONE CONTRO I CORTO-CIRCUITI | 21 |
| 7.11 | PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI | 21 |
| 7.12 | PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI | 22 |
| 7.13 | PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE | 22 |
| 8 | PROGETTAZIONE STRUTTURALE | 23 |
| 8.1 | SOSTEGNI | 23 |
| 8.2 | BASAMENTI | 23 |
| 9 | RISPETTO DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI | 26 |
| 9.1 | SORGENTI LUMINOSE | 26 |
| 9.2 | APPARECCHI ILLUMINANTI | 26 |
| 9.3 | SISTEMA DI REGOLAZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO | 28 |
| 9.4 | PRESTAZIONI ENERGETICHE | 28 |
| 9.5 | TRATTAMENTI SUPERFICIALI | 28 |

1 PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione degli impianti di illuminazione al servizio della nuova viabilità autostradale di interconnessione tra A4 e A52 in Provincia di Milano.

Le aree di intervento comprendono lo svincolo tra A4 direzione Torino e A52 direzione Rho, lo svincolo Monza S.Alessandro, lo svincolo SS36 direzione Lecco e la nuova viabilità di collegamento con Via T. Edison.

La realizzazione di tali opere è connessa e necessaria per il futuro svolgimento delle Olimpiadi Invernali previste nel 2026.

Gli impianti di illuminazione saranno progettati con l'obiettivo di incrementare la sicurezza stradale con un elevato risparmio energetico nel rispetto delle normative vigenti.

Si prevedono nuovi pali di illuminazione da installare ai margini della strada che dovranno esser protetti dallo svio dei veicoli tramite barriere evitando potenziali impatti e conseguenti danni all' infrastruttura tecnologica.

Per lo sviluppo della nuova viabilità saranno necessari anche la realizzazione di una nuova galleria per la corsia di immissione in A52, tratti in trincea e in rilevato, una rotonda di collegamento con la viabilità comunale esistente, un adeguamento dello svincolo tra la A52 e la SS36 dir. Lecco.



2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'Appaltatore dovrà realizzare quanto descritto negli elaborati di progetto, compreso tutto quanto necessario per dare gli impianti completi e funzionanti.

I lavori previsti possono essere sommariamente individuati in:

- demolizione e rimozione degli impianti di illuminazione e di segnalazione esistenti non più necessari o di interferenza con le nuove opere;
- fornitura in opera di tutti i materiali;
- esecuzione degli impianti d'illuminazione lungo le varie strade;
- esecuzione degli impianti d'illuminazione lungo i rami di svincolo;
- esecuzione degli impianti d'illuminazione in galleria;
- esecuzione degli impianti d'illuminazione nelle n.1 nuova rotatoria;
- esecuzione degli impianti elettrici per l'alimentazione degli impianti di sollevamento acque di prima pioggia;
- esecuzione degli impianti elettrici per l'alimentazione degli impianti di sollevamento acque nere.

NOTA GENERALE.

Nella lettura degli elaborati grafici e descrittivi costituenti i documenti di progetto, le eventuali indicazioni riferite a tipi e marche commerciali dei materiali, dovranno essere interpretate solo come dichiarazione di caratteristiche tecniche. Potranno essere ammessi altri tipi e marche purché equivalenti nelle funzionalità di sistema alle quali gli stessi saranno destinati.

2.1 DESCRIZIONE GENERALE

Il progetto prevede la realizzazione di n. 4 nuovi impianti di illuminazione stradale e n. 3 impianti di alimentazione di servizi.

L'illuminazione riguarda le seguenti zone:

- ramo 1 di immissione A52 e nuova galleria Metodo;
- ramo 2 di immissione A52 e asse principale A52;
- ramo 3 di collegamento con la viabilità comunale esistente;
- ampliamento della piattaforma stradale della carreggiata nord della A52 con riconfigurazione a 3 corsie di marcia;
- ramo di uscita su SS36 direzione Lecco.

Gli impianti di illuminazione saranno alimentati dai punti di fornitura di energia elettrica esistenti, ubicati come da elaborato planimetrico, mentre le forniture per l'alimentazione degli impianti di servizi sono di nuova realizzazione.

Gli impianti saranno realizzati con l'utilizzo di componenti in classe di isolamento II e ulteriormente protetti contro i contatti indiretti mediante dispositivi a corrente differenziale. Le linee saranno protette contro le sovracorrenti mediante protezioni magnetotermiche.

I centri luminosi stradali saranno costituiti da armature provviste di sorgenti luminose LED ad elevata efficienza montati su sostegni tubolari di acciaio zincato, opportunamente dimensionati e fissati. I proiettori della galleria e dei tratti in trincea saranno installati e fissati su canalina portacavi, mentre i *guard-led* saranno fissati al profilo inferiore delle barriere.

Le armature previste saranno equipaggiate con alimentatori DALI per essere gestite con il sistema di telecontrollo utilizzato dall' Ente Concessionario delle Autostrade.

2.2 OPERE PRELIMINARI

La realizzazione delle opere prevede anche lo smantellamento e la eventuale nuova ricollocazione di alcuni impianti di illuminazione e segnalazione attualmente in esercizio.

A tal proposito si evidenzia che l'impresa avrà l'onere di provvedere allo smantellamento di tutti i punti luce e di segnalazione esistenti come segnalato in planimetria.

Lo smantellamento sarà comprensivo delle seguenti attività:

- scollegamento delle linee elettriche attualmente in servizio e recupero dei conduttori;
- rimozione dei punti di illuminazione composti dai relativi corpi illuminanti, pali e sbracci;
- rimozione di punti segnalazione come colonnine SOS, semaforo di ALT per allagamento galleria, pannelli a messaggi variabile (PVM), pali attrezzati, shelter e sonde di luminosità;
- demolizione dei cavidotti dopo il recupero delle linee;
- demolizione dei plinti di fondazione e relative opere civili;
- trasporto di tutto il materiale recuperato presso magazzino indicato dalla DLL;
- allontanamento e trasporto di tutto il materiale di risulta delle demolizioni in discarica autorizzata.

Tutto il materiale recuperato dovrà essere etichettato, trasportato e riposto presso magazzino o punto di raccolta della Committente a meno di diversa indicazione da parte della DLL.

2.3 VIE CAVI

L'Appaltatore dovrà realizzare quanto descritto negli elaborati di progetto, compreso tutto quanto necessario al reintegro degli scavi ed al trasporto del materiale di risulta ad idonea discarica.

I lavori possono essere sommariamente individuati secondo due tipologie di esecuzione nel seguito indicate:

- cavidotti interrati;
- canalizzazioni in vista.

I cavidotti interrati saranno realizzati mediante posa nello stesso scavo di una coppia di tubi flessibili in PEAD DN450 aventi diametro esterno 160 mm.

I tubi saranno attestati a pozzetti di derivazione di dimensioni 600x600 mm, provvisti di chiusini in ghisa carrabili.

Le canalizzazioni in vista saranno costituite da canali portacavi metallici in acciaio zincato di dimensione trasversale 300x100 mm, complete di coperchio ed ancoraggi come da disegni particolari di progetto.

2.4 PUNTI DI FORNITURA

Nelle tabelle seguenti sono riportate le indicazioni relative ai punti di consegna di energia elettrica previsti a progetto con i relativi carichi.

| FORNITURA | TENSIONE | CARICO | | |
|--|----------|----------|---------------|----------------|
| | | CIRCUITI | POTENZA UNIT. | POTENZA TOTALE |
| QI.L QUADRO ILLUMINAZIONE "L" | 400 V | N-C1 | 3,06 kW | 12,4 kW |
| | | N-C2 | 3,08 kW | |
| | | N-C3 | 3,04 kW | |
| | | N-C4 | 3,15 kW | |

| FORNITURA | TENSIONE | CARICO | | |
|--|----------|----------|---------------|----------------|
| | | CIRCUITI | POTENZA UNIT. | POTENZA TOTALE |
| QI.M QUADRO ILLUMINAZIONE "M" | 400 V | N-C1 | 1,5 kW | 1,5 kW |

| FORNITURA | TENSIONE | CARICO | | |
|--|----------|----------|---------------|----------------|
| | | CIRCUITI | POTENZA UNIT. | POTENZA TOTALE |
| QI.MF QUADRO ILLUMINAZIONE "MF" | 400 V | N-C1 | SCORTA | 1,00 kW |
| | | N-C2 | 1,00 kW | |

| FORNITURA | TENSIONE | CARICO | | |
|---|----------|----------|---------------|----------------|
| | | CIRCUITI | POTENZA UNIT. | POTENZA TOTALE |
| QI.GM QUADRO ILLUMINAZIONE GALLERIA METODO | 400 V | N-C1 | 3,2 kW | 20,3 kW |
| | | P-C1 | 1,05 kW | |
| | | P-C2 | 1,05 kW | |
| | | P-C3 | 1,05 kW | |
| | | P-C4 | 1,05 kW | |
| | | R-C1 | 2,4 kW | |
| | | R-C2 | 2,3 kW | |
| | | R-C3 | 2,15 kW | |
| | | R-C4 | 2,15 kW | |
| | | R-C5 | 1,95 kW | |
| | | R-C6 | 1,95 kW | |

| FORNITURA | TENSIONE | CARICO | | |
|--|----------|--|---------------|----------------|
| | | CIRCUITI | POTENZA UNIT. | POTENZA TOTALE |
| QS.S1 QUADRO SERVIZI "S1" | 400 V | Impianto Vasca di 1^ Pioggia 3 | 5 kW | 35 kW |
| | | Pompa di sollevamento | 30 kW | |
| QS.S2 QUADRO SERVIZI "S2" | 400 V | Stazione sollevamento acque nere gentili | 50 kW | 50 kW |
| QS.S3 QUADRO SERVIZI "S3" | 400 V | Impianto Vasca di 1^ Pioggia 1 | 5 kW | 10 kW |
| | | Impianto Vasca di 1^ Pioggia 2 | 5 kW | |

I punti di fornitura per illuminazione sono esistenti mentre per l'alimentazione dei quadri servizi dovranno essere realizzati nuovi punti di fornitura.

3 NORMATIVE E DISPOSIZIONI APPLICABILI

Gli impianti in oggetto sono progettati e dovranno essere eseguiti secondo le norme EN, CEI e UNI di riferimento e le disposizioni legislative, di cui si richiamano le principali a titolo indicativo e non esaustivo:

| | |
|--------------------------------|--|
| Legge n. 186, 1 marzo 1968 | Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici |
| D.P.R. n. 495 del 16/12/1992 | Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada e ss.mm.ii. |
| D.P.R. n. 462, 22 ottobre 2001 | Regolamento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi |
| D.M. n. 37, 22 gennaio 2008 | Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici e s.m.i. |
| D.Lgs. n. 81, 9 aprile 2008 | Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e ss.mm.ii. |
| L.R. 5 ottobre 2015, n. 31 | Misure di efficientamento dei sistemi di illuminazione esterna con finalità di risparmio energetico e di riduzione dell'inquinamento luminoso |
| Norma UNI 10819 (2021) | Impianti di illuminazione esterna. Grandezze illuminotecniche e procedure di calcolo per la valutazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso |
| Norma UNI 11248 (2016) | Illuminazione stradale. Selezione delle categorie illuminotecniche |
| Norma UNI EN 13201-2 (2016) | Illuminazione stradale. Parte 2: Prescrizioni prestazionali |
| Norma UNI EN 13201-3 (2016) | Illuminazione stradale. Parte 3: Calcolo delle prestazioni |
| Norma UNI EN 13201-4 (2016) | Illuminazione stradale. Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche |
| Norma UNI EN 13201-5 (2016) | Illuminazione stradale. Parte 5: Indicatori delle prestazioni energetiche |
| Norma UNI EN 11095 (2021) | Illuminazione delle gallerie stradali |
| Norma CEI 11-17; V1: (2011) | Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo |
| Norma CEI 64-8, V8 (2021) | Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua |
| Norma CEI 17-113 | Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) |
| Tab. CEI-UNEL 35024/1 | Cavi elettrici. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria |
| Tab. CEI-UNEL 35026 | Cavi elettrici. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata |
| Raccomandazioni AIDI e CIE | |

4 CONDIZIONI OPERATIVE

4.1 CARATTERISTICHE AMBIENTALI

| | |
|---|---|
| Clima | continentale |
| Altitudine | < 1000 m. s.l.m. |
| Ambiente d'installazione | assimilabile industriale |
| Grado di inquinamento | 3 (ambiente industriale) |
| Temperatura minima all'esterno | -15°C |
| Temperatura minima interno cabine elettriche e shelter | - 5°C |
| Temperatura max. | + 40°C |
| Temperatura max. media nelle 24 ore | + 35°C |
| Temperatura media annuale | + 20°C |
| Temperatura minima per trasporto e immagazzinamento | - 25°C |
| Umidità relativa a + 40°C | 60% |
| Umidità relativa a + 25°C | 90% |
| Fenomeni di formazione di condensa | per variazioni di temperatura |
| Ambiente EMC (CEI EN 60439-1: 2000) | 1 (*) |
| Installazione quadri elettrici | all'interno di armadi stradali |
| Vani tecnologici | non presidiati |
| Accesso alle apparecchiature in vani tecnici | solo a personale addestrato |
| Densità media di fulminazione al suolo (EN IEC 62858) | 4 (per km ² /anno) |
| Sismicità | locali tecnologici, sostegni, canalizzazioni ed in generale tutte le strutture soggette a normative in campo sismico costruite nel rispetto delle leggi vigenti |
| (*) L'ambiente 1 si riferisce principalmente alla rete pubblica a bassa tensione quali ad esempio luoghi di installazione/impianti residenziali, commerciali e dell'industria leggera. Sorgenti ad alto disturbo, come per esempio saldatrici ad arco, non vengono prese in considerazione. | |

4.2 CARATTERISTICHE RETE ELETTRICA

| | |
|--|----------|
| Consegna Enel | 400 V |
| Variazione di tensione ammissibile | ± 10% |
| Frequenza | 50Hz |
| Categoria del sistema elettrico | BT: I |
| Corrente simmetrica di cto. cto. | 10kA (*) |
| Sistema di alimentazione | TT |
| Tensione nominale per circuiti di illuminazione | 230 V |
| Tensione nominale circuiti aux quadri elettrici | 230 V |
| Categoria di sovratensione per quadri elettrici | IV |
| (*) Valori che devono essere comunicati o confermati da ENEL | |

5 PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA

5.1 ZONE DI CONFLITTO

La normativa attuale non richiede la presenza di illuminazione continua per le intere tratte autostradali ma prescrive la presenza di illuminazione in prossimità delle cosiddette "zone di conflitto" così come definite al punto 3.24 della norma UNI 11248: *zone di studio nella quale flussi di traffico motorizzato si intersecano fra loro o si sovrappongono con zone frequentate da altri tipi di utenti.*

Per questo motivo i nuovi impianti di illuminazione si concentrano su quelle zone a servizio degli ingressi o uscite autostradali (svincoli) nel rispetto di quanto sancito dall'Appendice A della normativa UNI 11248:2016: "Per evitare il brusco passaggio da zone illuminate a non illuminate, si raccomanda di adottare soluzioni tecniche che creino un'illuminazione decrescente nella zona di transizione tra la zona buia e quella completamente illuminata. La lunghezza di questa zona non deve essere minore dello spazio percorso in 3 s alla velocità massima prevista di percorrenza dell'intersezione".

5.2 CLASSIFICAZIONE STRADALE

Riguardo allo studio sviluppato per il rispetto dei requisiti normativi che regolano l'illuminazione stradale, l'iter progettuale viene così sintetizzato:

1. definizione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi [norma UNI 11248, prospetto 1];
2. definizione della categoria illuminotecnica di progetto [norma UNI 11248, prospetto 2];
3. definizione della categoria illuminotecnica di esercizio.

La sintesi conclusiva individua le seguenti categorie illuminotecniche:

| <i>ZONE OGGETTO DI INTERVENTO</i> | <i>CATEGORIE ILLUMINOTECNICHE DI RIFERIMENTO</i> |
|--------------------------------------|--|
| RAMPE DI ACCELERAZIONE/DECELERAZIONE | C2 |
| CORSIE DI IMMISSIONE | M2 |
| CARREGGIATA 3 CORSIE | M3 |
| STRADA URBANA DI QUARTIERE | M3 |
| ROTATORIA | C2 |

e presenta le misure da porre in opera per assicurare al livello desiderato la sicurezza degli utenti della strada, ottimizzando i costi di installazione e di gestione energetica dell'impianto conformemente ai requisiti evidenziati nella fase di analisi.

5.3 PARAMETRI ILLUMINOTECNICI DI RIFERIMENTO

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale sono indicati dalla Norma UNI EN 13201-2:2016. Le prestazioni richieste per ciascuna categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio sono riassunte nelle seguenti tabelle.

Per le categorie illuminotecniche C basate sull'illuminamento del manto stradale:

| <i>CATEGORIA</i> | <i>ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE</i> | |
|------------------|----------------------------------|-----------------|
| | E_m minimo mantenuto | U_0 minimo |
| C2 | 20 lx | 0,4 |

Per le categorie illuminotecniche M basate sulla luminanza del manto stradale:

| CATEGORIA | LUMINANZA DEL MANTO STRADALE DELLA CARREGGIATA | | | ABBAGLIAMENTO DEBILITANTE | ILLUMINAZIONE DI CONTIGUITA' |
|-----------|--|-----------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| | L_m minima mantenuta | U_0 minima | U_1 minima | TI massima | R_{EI} minima |
| M2 | 1,5 cd/m ² | 0,4 | 0,7 | 10% | 0,35 |
| M3 | 1,0 cd/m ² | 0,6 | 0,6 | 15% | 0,30 |

Per le categorie illuminotecniche P basate sull'illuminamento del manto stradale:

| CATEGORIA | ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE | | REQUISITO AGGIUNTIVO SE NECESSARIO IL RICONOSCIMENTO FACCIALE | |
|-----------|---------------------------|------------------------|---|---------------------------|
| | E_m minimo mantenuto | E_{min} mantenuto | $E_{v,min}$ mantenuto | $E_{sc,min}$ mantenuto |
| P2 | 10 lx | 2 lx | 3 lx | 2 lx |

Inoltre, nel rispetto della norma UNI 10819, che prescrive i requisiti che gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione devono rispettare al fine di limitare la dispersione verso l'alto di flusso luminoso proveniente da sorgenti di luce artificiali, si prevede l'adozione di armature a schermo piano inclinate a 0° rispetto al piano orizzontale o comunque nel rispetto dei limiti di emissione prescritti.

6 ILLUMINAZIONE DELLA GALLERIA

L'illuminazione di una galleria nelle ore diurne ha lo scopo di garantire al traffico che l'attraversa le condizioni di sicurezza, intensità, velocità e comfort almeno pari a quelle che si hanno nei tratti di strada prima e dopo la galleria.

L'obiettivo è garantire al conducente la visibilità per un tratto adeguato davanti a sé ed è particolarmente importante illuminare la galleria nelle ore diurne perché il sistema visivo dell'uomo non è in grado di percepire ostacoli in due tratti di strada così diversamente illuminati, come il tratto all'aperto e il tratto in galleria.

Le gallerie e i sottopassi, quindi, devono essere provvisti di illuminazione diurna e notturna.

Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- *illuminazione ordinaria* costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo;
- *illuminazione di emergenza* costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica;
- *illuminazione di sicurezza* costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

6.1 ILLUMINAZIONE ORDINARIA

Nei tratti di imbocco delle gallerie sono previste delle zone di rinforzo (zone di entrata e di transizione) in cui la luminanza varia secondo la curva delle luminanze di adattamento ricavata in conformità a quanto previsto dalla norma UNI 11095.

L'illuminazione delle zone di entrata e di transizione della galleria sarà correlata con la luminanza esterna.

La sonda di luminanza esterna dovrà essere installata in posizione quanto più prossima alla distanza di arresto dalla sezione d'ingresso e precisamente nella posizione indicata sull'elaborato planimetrico. Attraverso l'ausilio dei regolatori di flusso si andranno a ridurre le luminanze di un livello, per poi passare a quello successivo fino allo spegnimento delle lampade relative a un circuito di rinforzo.

La variazione a gradini verrà effettuata tramite la gestione ad onde convogliate sugli alimentatori DALI di cui sono dotati gli apparecchi illuminanti previsti.

6.2 ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA

L'illuminazione di emergenza dovrà garantire nelle zone interne e nelle piazzole di sosta una luminanza non inferiore a 1 cd/mq.

I corpi illuminanti dell'illuminazione di emergenza avranno le stesse caratteristiche dei corpi illuminanti utilizzati per l'illuminazione ordinaria.

La galleria in oggetto possiede una lunghezza inferiore a 500 m ma si prevede ugualmente l'installazione di un gruppo elettrogeno per l'alimentazione dell'illuminazione di emergenza con una autonomia di almeno 24 ore.

Si prevede, inoltre, un'alimentazione elettrica in continuità assoluta con sistema UPS che sosterrà l'impianto per una durata di almeno 30 minuti. Ciò permetterà di evitare lo spegnimento immediato dell'impianto evitando che i guidatori frenino bruscamente per reazione spontanea innescando un tamponamento a catena.

6.3 ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

L'illuminazione di sicurezza dovrà consentire la messa in sicurezza degli utenti attraverso le vie di fuga, ovvero l'individuazione da parte degli utenti e degli addetti al soccorso delle dotazioni per la sicurezza antincendio e le stazioni di emergenza.

6.4 PARAMETRI ILLUMINOTECNICI

Secondo la Norma UNI 11095, che tratta dell'illuminazione delle gallerie stradali, la suddetta galleria viene considerata una "galleria lunga" e come tale l'illuminazione che le compete viene distinta in:

- illuminazione permanente, a luminanza media costante che si estende dalla sezione di ingresso a quella di uscita;
- illuminazione di rinforzo che integra quella permanente, garantendo l'adattamento dell'occhio.

La scelta della tipologia d'impianto influenza sia la luminanza in entrata che l'impiego energetico per conseguirla. Si è adottata una tipologia a **controflusso** che risulta ottimale per la maggior parte delle gallerie, soprattutto per i tunnel a senso unico come nel caso in oggetto.

La normativa italiana di riferimento per la progettazione illuminotecnica dei tunnel è la UNI 1095 facente riferimento a sua volta come metodologia alla guida CIE 88 *Guide for the lighting of road tunnels and underpasses*.

In accordo con la CIE 88 è possibile optare tra il metodo semplificato L20 e il *Perceived Contrast Method* basato sull'applicazione del diagramma di Adrian. Benché quest'ultimo consenta di ottenere valori di luminanza di ingresso più precisi, l'indisponibilità di immagini degli imbocchi, necessarie per l'applicazione del diagramma di Adrian, ha portato all'utilizzo del metodo semplificato sulla base del quale è stato definito un valore di luminanza di ingresso L_e pari a 70 cd/m², valore comunque suffragato dall'esperienza di altri casi caratterizzati da analoghe condizioni di progetto.

Nella UNI11095 il livello d'illuminazione della zona interna L_i è legato alla classificazione della strada su cui insiste la galleria e al senso di marcia.

La luminanza media mantenuta della zona interna L_i per gallerie a senso unico di marcia deve essere:

$$L_i \geq 1,5 \cdot L$$

con L pari a 1.5 cd/m², essendo la galleria in oggetto ad una corsia di immissione e quindi appartenente alla categoria M2.

Dal calcolo illuminotecnico risulta un valore di L_i pari a 3,14 cd/m², verificando la disequazione.

In tutte le zone della galleria, su ogni corsia e sulle pareti fino ad almeno 2 m di altezza, sia di giorno che di notte e per ogni stato di parzializzazione dell'impianto di illuminazione, l'uniformità generale U_0 e l'uniformità longitudinale U_l di luminanza dovranno risultare:

$$U_0 \geq 0,4$$

$$U_l \geq 0,6$$

come riscontrabile dal calcolo illuminotecnico.

7 PROGETTAZIONE ELETTRICA

Gli impianti sono da considerarsi come nuovi interventi.

I punti di fornitura di illuminazione sono esistenti mentre si dovranno realizzare nuovi punti di fornitura per l'alimentazione dei quadri servizi.

7.1 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Gli impianti di illuminazione saranno alimentati forniture in bassa tensione con le stesse caratteristiche:

| | | |
|---------------------------|------|-------|
| Denominazione | | QI.xx |
| Potenza contrattuale | [kW] | 6 |
| Tensione di alimentazione | [V] | 400 |
| Sistema di alimentazione | | TT |
| Frequenza | [Hz] | 50 |
| Polarità | | 3F+N |

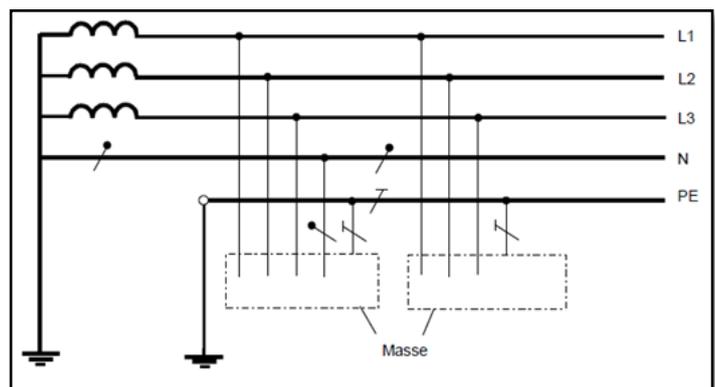
Gli impianti dei servizi saranno alimentati forniture in bassa tensione con le stesse caratteristiche:

| | | |
|---------------------------|------|-------|
| Denominazione | | QS.Sx |
| Potenza contrattuale | [kW] | 6 |
| Tensione di alimentazione | [V] | 400 |
| Sistema di alimentazione | | TT |
| Frequenza | [Hz] | 50 |
| Polarità | | 3F+N |

Riferimento normativo

Sistema di alimentazione TT: norma CEI 64-8, art. 312.2.2.2.

Il sistema ha solo un punto direttamente messo a terra e le masse dell'impianto sono collegate elettricamente ai dispersori separati da quelli del sistema di alimentazione.



7.2 CORRENTI DI CORTOCIRCUITO

I valori delle correnti di cortocircuito nel punto di origine dell'impianto, assunte per l'esecuzione dei calcoli di progetto, sono le seguenti:

| | | |
|--|-----|--------|
| Massima corrente di corto circuito trifase | [A] | 10 000 |
| Fattore di potenza della corrente | | 0,5 |

| | | |
|--|-----|--------|
| di cortocircuito trifase | | |
| Massima corrente di corto circuito fase-neutro | [A] | 10 000 |
| Fattore di potenza della corrente di cortocircuito fase-neutro | | 0,5 |

Riferimento normativo

Corrente di cortocircuito massima nel punto di consegna: per gli impianti alimentati in bassa tensione la norma CEI 0-21 indica i valori delle correnti cortocircuito massime al punto di consegna da impiegare per il dimensionamento dei dispositivi di protezione presenti nell'impianto dell'utente.

I valori forniti dalla Norma in funzione del tipo di distribuzione prevista (trifase e/o monofase) e della potenza contrattuale, sono indicati nel seguente prospetto:

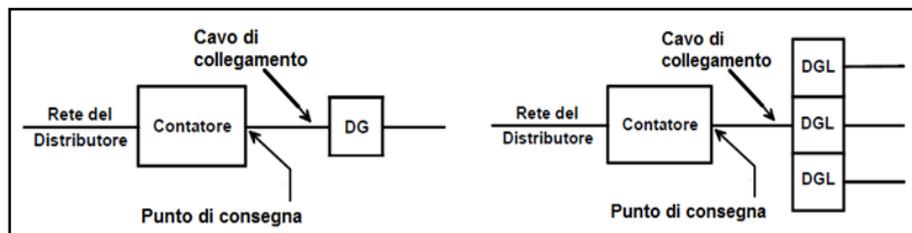
| Fornitura | Potenza contrattuale | Icc | Fattore di potenza della Icc |
|--|----------------------|-------|------------------------------|
| Trifase | fino a 33 kW | 10 kA | 0,5 |
| Trifase | superiore a 33 kW | 15 kA | 0,3 |
| Monofase (derivato da fornitura trifase) | --- | 6 kA | 0,7 |
| Monofase | --- | 6 kA | 0,7 |

Se il punto di origine dell'impianto in progetto non corrisponde al punto di consegna, ma è collocato a valle di linee di alimentazione, le reali correnti di cortocircuito possono essere valutate in funzione delle caratteristiche delle linee presenti e quindi dalle impedenze che si trovano in serie con quelle di riferimento assunte a monte del punto di consegna.

7.3 CAVI DI COLLEGAMENTO

Il collegamento tra il punto di consegna dell'energia del fornitore ed il primo dispositivo di protezione è di proprietà dell'utente e dovrà essere realizzato rispettando le prescrizioni normative indicate nella norma CEI 0-21.

A tale scopo dovrà essere impiegata una conduttura in doppio isolamento di lunghezza non superiore a 3 metri.



Riferimento normativo

Norma CEI 0-21: tratto di cavo di proprietà e pertinenza dell'utente che collega il contatore o il sistema di misura con il primo(i) dispositivo(i) di protezione contro le sovracorrenti dell'utente (DG – dispositivo generale o DGL – dispositivo generale di linea).

- Protezione del cavo di collegamento (estratto): salvo cavi di collegamento posati nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio, la protezione contro sovraccarico può essere svolta dai dispositivi posti a valle del medesimo cavo (DG–dispositivo generale ovvero DGL–dispositivo generale di linea, in numero non superiore a tre).

- La protezione contro il cortocircuito del cavo di collegamento può essere omessa se sono verificate contemporaneamente le condizioni di cui all'art. 473.2.2.1 della norma CEI 64-8; in particolare, il cavo di collegamento:
 - deve avere una lunghezza non superiore a 3 m;
 - deve essere installato in modo da ridurre al minimo il rischio di cortocircuito;
 - non deve essere posto in vicinanza di materiale combustibile né in impianti situati in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o con pericolo di esplosione.

7.4 POTENZE D'IMPIANTO

Dall'analisi dei carichi definiti nell'impianto in progetto risultano le seguenti potenze:

| Denominazione | | QI.GM |
|---|------|-------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 20,3 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 20,3 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 100 |

| Denominazione | | QI.L |
|---|------|------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 12,4 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 12,4 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 25 |

| Denominazione | | QI.M |
|---|------|------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 1,5 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 1,5 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 25 |

| Denominazione | | QI.MF |
|---|------|-------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 1,00 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 1,00 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 25 |

| Denominazione | | QS.S1 |
|---|------|-------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 35 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 35 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 50 |

| Denominazione | | QS.S2 |
|---|------|-------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 50 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 50 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 50 |

| Denominazione | | QS.S3 |
|---|------|-------|
| Potenza totale dei carichi installati nell'impianto | [kW] | 10 |
| Potenza contemporanea stimata erogata dall'impianto | [kW] | 10 |
| Fattore di contemporaneità risultante | | 1 |
| Potenza massima erogabile dall'impianto | [kW] | 40 |

7.5 RESISTENZA DI TERRA

La resistenza di terra dell'impianto impiegata per la verifica della protezione contro i contatti indiretti è la seguente:

| | | |
|--|--------------|----|
| Resistenza dell'impianto di terra a cui è collegato l'impianto elettrico in progetto | [Ω] | 10 |
|--|--------------|----|

7.6 MASSIMA CADUTA DI TENSIONE

I calcoli di progetto sono stati effettuati in modo da garantire in tutto l'impianto un valore massimo della caduta di tensione, calcolata a partire dal punto di origine dell'impianto sino a ciascuno dei carichi alimentati, pari a

| | | |
|--|-----|---|
| Caduta di tensione massima ammessa nell'impianto | [%] | 5 |
|--|-----|---|

Per tutte le caratteristiche tecniche relative ai quadri elettrici di progetto e ai cavi elettrici di nuova fornitura a servizio degli impianti, si rimanda all'Allegato B della presente relazione.

7.7 CAVI E CONDUTTORI

Tutte le linee saranno verificate in relazione ai sovraccarichi, ai corto circuiti minimi e alle sollecitazioni termiche secondo quanto richiesto dalla norma CEI 64-8 (art. 435.1 e sez. 533) e dalle tabelle CEI-UNEL 35024/1 e 35026 in relazione al tipo di posa.

In particolare, nella valutazione del coefficiente di declassamento, vengono assunte le seguenti valutazioni:

a) determinazione del coefficiente in relazione al numero totale delle linee transitanti secondo le varie modalità di posa (nel caso di pose diverse è stata presa in esame sempre la posa più restrittiva, a favore della sicurezza);

b) determinazione del coefficiente in relazione al numero totale dei circuiti risultanti.

Il dimensionamento delle linee viene elaborato assumendo all'origine dell'impianto un'apparecchiatura di protezione costituita da interruttore magnetotermico modulare in curva C, con caratteristiche seguenti:

$$3F+N, I_n \leq 40 A,$$

$$I_d \leq 1 A.$$

Essendo l'impianto in classe II d'isolamento (vedi par. 6.12), i cavi ammessi saranno provvisti di guaina e con tensione di isolamento almeno 0,6/1 kV, idonei per la posa permanente in cavidotto interrato.

Nello specifico le tipologie di cavi utilizzati sono:

- Cavo unipolare per energia con conduttore in rame, isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR)



- Cavo unipolare per energia con conduttore in alluminio, isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR).



Le gallerie stradali con lunghezza superiore a 500 m rientrano nel livello di rischio alto, i cavi ammessi saranno provvisti di guaina e con tensione di isolamento almeno 0,6/1 kV, idonei per i luoghi di impiego a livello di rischio alto. Nel caso in oggetto la galleria ha una lunghezza pari a 420 m circa, ma in via precauzionale si ritiene opportuno adottare le stesse specifiche richieste per le gallerie stradali con lunghezza superiore a 500 m. E pertanto i cavi ammessi in galleria sono:

- Cavo unipolare per energia con conduttore in rame, isolato in gomma elastomerica di qualità G18, sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondente al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Cavo con conduttori flessibili per posa fissa. (Circuiti di illuminazione ordinaria di rinforzo)



- Cavo flessibile per energia con conduttore in rame resistente al fuoco, isolato con gomma di qualità G18, sotto guaina termoplastica di qualità M16, esente da alogeni, non propagante l'incendio e a basso sviluppo di fumo. (Da utilizzare per le alimentazioni dei circuiti di illuminazione ordinaria/emergenza permanenti)



Le derivazioni alle lampade saranno realizzate direttamente all'interno dei portelli a base palo mediante connettori in linea IP68.

Per le derivazioni in pozzetto saranno utilizzati morsetti di sezione adeguata con involucro isolante a guscio, inseriti in tratti di guaina termorestringente con agglomerante per il raccordo e di nastro adesivo; il tutto in grado di ripristinare la condizione di isolamento rinforzato del cavo originale.

Le sezioni sono calcolate in relazione alla caduta di tensione e della potenza impegnata e dovranno essere scelte fra quelle unificate ed in particolare:

| | |
|---|----------------------|
| circuiti dorsali (tratto di cavi dalla morsettiera del quadro alla morsettiera del palo) | 6 mm ² |
| circuiti terminali (tratto di cavi dalla morsettiera del palo al punto luce) | 4 mm ² |
| circuiti di comando | 1,5 mm ² |
| conduttore di neutro | = conduttore di fase |

Le sezioni dei conduttori di protezione non dovranno essere inferiori ai valori dati nella tabella 54F della norma CEI 64-8 art. 543.1.2 di seguito riportata:

| <i>Sezione dei conduttori di fase dell'impianto S [mm²]</i> | <i>Sez. min corrispondente conduttore di protezione Sp [mm²]</i> |
|--|---|
| S<16 | Sp=S |
| 16<S<35 | 16 |
| S>35 | Sp=S/2 |

Tutti i valori suindicati si riferiscono alle sezioni dei conduttori di rame.

La norma CEI 64-8, art. 514.3.1 riconosce il bicolore giallo/verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali ed il colore blu chiaro per il conduttore di neutro.

La norma non richiede colori particolari per i conduttori di fase, in tale caso dovranno essere segnalati, con opportuni cartellini indicatori, tutti i conduttori sia alle estremità che nei punti di connessione.

Qualora si faccia uso dei colori dei conduttori di fase, per tali colorazioni, ci si dovrà attenere a quanto richiesto dalle tabelle CEI-UNEL 00722 che riconosce per i conduttori di fase il nero, il grigio e il marrone.

7.8 CANALIZZAZIONI

Le linee saranno posate in canali portacavi o cavidotti per energia rispondenti ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle:

| CANALI PORTACAVI | |
|-------------------------|--|
| conformità normativa | CEI EN 61537 |
| costruzione | sistema di canale chiuso con coperchio |
| materiale | lamiera zincata a caldo dopo la lavorazione |
| posa | staffaggio (elementi dello stesso materiale) |
| certificato di prodotto | IMQ |

| CAVIDOTTI per energia | |
|------------------------------|---|
| conformità normativa | CEI EN 61386-24 |
| costruzione | tubo corrugato esternamente e liscio internamente |
| materiale | PEAD |
| posa | interramento |
| certificato di prodotto | IMQ |

Ai sensi delle norme CEI le canalizzazioni dovranno contenere i conduttori di energia in modo da rispettare i coefficienti di stipamento previsti ed in particolare per le tubazioni interrate il diametro interno dei tubi protettivi sarà almeno pari a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi di energia.

Indipendentemente dal valore determinato i cavidotti avranno un diametro interno non inferiore a 160 mm.

7.9 PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI

I circuiti elettrici di distribuzione relativi all'impianto in oggetto saranno protetti contro le sovracorrenti dai dispositivi posti all'origine di ciascun circuito ed installati all'interno dei quadri elettrici. Detti dispositivi saranno costituiti da interruttori automatici magnetotermici e assicureranno sia la protezione contro i sovraccarichi (norma CEI 64-8, art. 473.1) che la protezione contro i cortocircuiti (norma CEI 64-8, art. 473.2).

In particolare si dovrà curare che siano soddisfatte congiuntamente le seguenti condizioni (norma CEI 64-8, art. 433.2.2):

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 I_z$$

dove:

I_b è il valore della corrente di impiego della conduttura;

I_n è il valore della corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_z è il valore della portata della conduttura;

I_f è il valore della corrente convenzionale del dispositivo di protezione.

7.10 PROTEZIONE CONTRO I CORTO-CIRCUITI

Nella scelta dei dispositivi di protezione si deve tenere conto della corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione; il loro potere di interruzione dovrà risultare almeno uguale.

In ogni caso deve essere rispettata la seguente condizione (norma CEI 64-8, art. 434.3):

$$I^2t < K^2S^2$$

dove:

I^2t è il valore in Ampere quadrato secondi, dell'integrale di Joule passante attraverso il dispositivo di protezione per il tempo (t) di durata del corto circuito;

K è il valore del coefficiente del cavo;

S è il valore, in mm², della sezione del cavo in esame.

7.11 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Per la protezione contro i contatti diretti (protezione totale) si applicano gli articoli 412.1 (protezione mediante isolamento delle parti attive) e 412.2 (protezione mediante involucri o barriere) della norma CEI 64-8.

Le parti attive devono essere ricoperte con un isolamento che possa essere rimosso solo mediante distruzione. Tale isolamento deve possedere caratteristiche tali da resistere alle influenze meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere soggetto nell'esercizio (art. 412.1).

L'isolamento dei componenti elettrici costruiti in fabbrica deve soddisfare quanto richiesto dalle relative normative.

Le parti attive devono essere poste entro involucri tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXB. Le superfici superiori orizzontali degli involucri che sono a portata di mano devono avere un grado di protezione non inferiore a IPXXD.

Le barriere e gli involucri devono essere saldamente fissati ed avere una sufficiente stabilità e durata nel tempo, in modo da conservare il richiesto grado di protezione, nelle condizioni di esercizio prevedibili (art. 412.2).

Se si rendesse necessario aprire un involucro o rimuovere una barriera per ragioni di esercizio occorre rispettare le seguenti condizioni:

- uso di chiave o attrezzo da parte di personale addestrato;
- sezionamento delle parti attive con interblocco meccanico e/o elettrico;
- interposizione di una barriera intermedia che impedisca il contatto con le parti attive.

Una protezione addizionale contro i contatti diretti sarà assicurata dagli interruttori differenziali, installati sui quadri elettrici.

7.12 PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRECTI

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante l'applicazione degli articoli 413.1 (interruzione automatica dell'alimentazione) e 413.2 (utilizzo di componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente) della norma CEI 64-8.

Nel caso specifico tutti gli apparecchi illuminanti saranno realizzati in classe di isolamento II e pertanto dovranno presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a 4 MΩ (norma CEI EN 60598-1).

Non è necessario collegare all'impianto di terra le strutture metalliche che sono situate in prossimità ma non fanno parte dell'impianto di illuminazione (norma CEI 64-8, art. 714.413.1.2.1)

7.13 PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

La protezione dei sostegni contro la fulminazione diretta non è necessaria.

Per la protezione contro le sovratensioni indotte di origine atmosferica gli apparecchi di illuminazione saranno equipaggiati con dispositivi limitatori fino a 10 kV.

8 PROGETTAZIONE STRUTTURALE

8.1 SOSTEGNI

I pali di sostegno sono conformi alla norma europea UNI EN 40 e riportanti il marchio CE, devono inoltre essere completi delle seguenti lavorazioni, eseguite e certificate dal costruttore:

- foro di ingresso cavi;
- attacco di messa a terra, nel caso di impianti in classe I;
- lavorazione testa palo;
- eventuale attacco per fissaggio sbraccio;
- asola per alloggiamento morsettiera;
- targa di identificazione.

L'altezza dei pali è tale da garantire un corretto illuminamento in relazione alla tipologia dell'area da illuminare, tenendo conto di ostruzioni e schermature (come ad esempio quelle dovute ad alberature o ostacoli lungo l'ambito illuminato) e scegliendo soluzioni il più possibile omogenee a quelle presenti negli ambiti limitrofi.

I pali dovranno essere preferibilmente dritti, conici, in acciaio tipo FE 360-B o FE 430 – S275JR (UNI EN 10025), zincati a caldo secondo le norme CEI 7-6 Fascicolo 239 e UNI EN 40 o UNI ISO 1461, ottenuti solamente con uno dei seguenti processi:

- da lamiera con saldatura longitudinale a sezione circolare;
- laminati a caldo e ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare;
- trafilati a caldo e ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare.

Il palo di sostegno dovrà essere protetto alla base dalla corrosione con l'applicazione di una fasciatura con guaina termo-restringente della lunghezza di almeno 400 mm, applicata nella mezzeria dell'incastro nella fondazione.

Gli sbracci, le mensole di qualsiasi foggia e dimensione, così come i collari a palo, le zanche a muro e qualsiasi altro materiale di corredo, sono realizzati in acciaio zincato a caldo in conformità alla norma UNI EN 40.

Tutta la bulloneria e la minuteria di corredo deve essere in acciaio inox.

L'asola per alloggiamento della morsettiera è dotata di idonea portella di chiusura in alluminio pressofuso, completa di linguette in ottone per serraggio su palo e viteria in acciaio inox.

8.2 BASAMENTI

L'ancoraggio dei pali viene realizzato attraverso la posa in idonei plinti di fondazione.

Nell'esecuzione dei plinti di fondazione per il sostegno dei pali si devono rispettare tutte le prescrizioni di legge e i dimensionamenti in accordo alle caratteristiche del terreno, dei sostegni da installare, del carico e sovraccarico e delle condizioni di vento ed atmosferiche.

Lo scavo dovrà essere realizzato con misure adeguate alle dimensioni del blocco di fondazione.

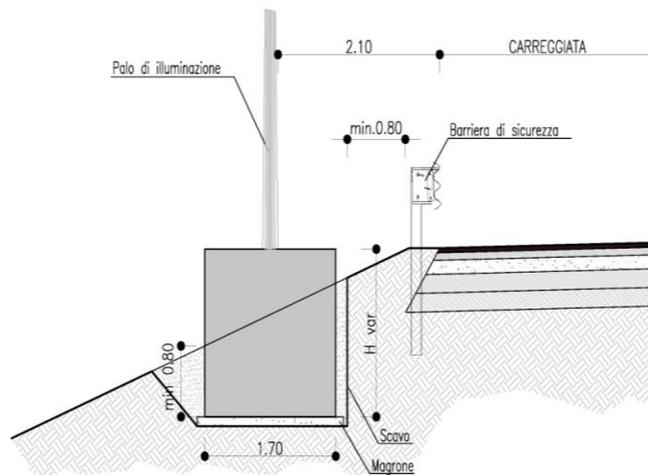
I plinti di fondazione da utilizzare per la stabilità dei pali del tipo ad infissione di altezza fuori terra fino a 12 m saranno realizzati mediante getto di calcestruzzo non armato (a meno di particolari prescrizioni definite in sede di analisi preliminare o richieste dalla Direzione Lavori), ottenendo dei blocchi monolitici entro i quali i pali saranno alloggiati e successivamente piombati e bloccati.

| CLASSI DI ESPOSIZIONE | CLASSE MINIMA DI RESISTENZA |
|--|--|
| X0 (calcestruzzo non armato per tutte le esposizioni eccetto ove vi siano cicli di gelo/disgelo e attacco chimico) | C 20/25 con calcestruzzo avente dosaggio minimo di 260 Kg/m ³ di cemento classe 325 |
| XF3, XF4 (superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo con o senza agenti disgelanti) | C 28/35 |
| XA1 (elementi a contatto con acque reflue) | C 28/35 |
| XA2 (elementi a contatto con terreni aggressivi) | C 32/40 |

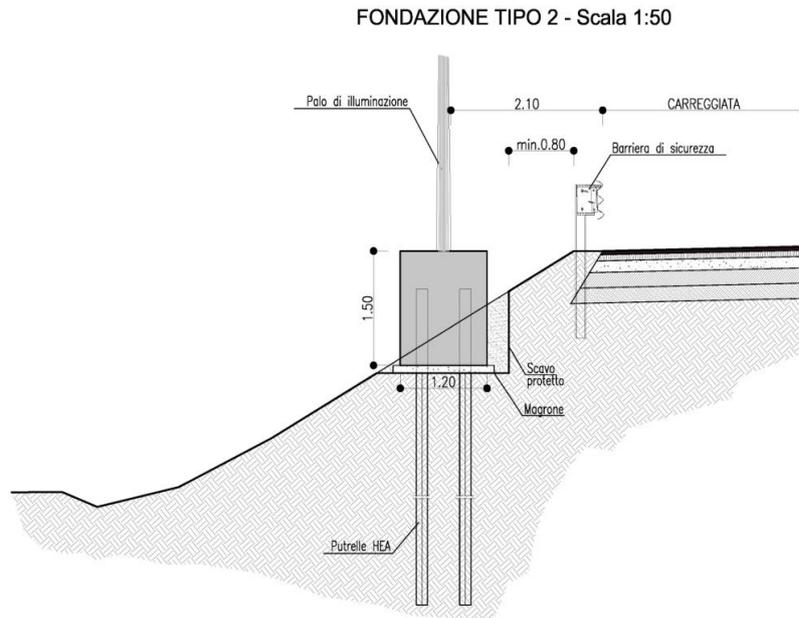
Sono state individuate due differenti tipologie di fondazioni in funzione della loro collocazione:

1. fondazione di tipo superficiale: su piano campagna o rilevato con pendenza 3 su 1 (fondazione diretta);

FONDAZIONE TIPO 1 - Scala 1:50



2. fondazione di tipo profonda: su rilevato con pendenza maggiore di 3 su 1 (fondazione su putrelle infisse).



9 RISPETTO DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI

Ai sensi del D.Lgs 50/2016, artt. 34 e 71, le Amministrazioni pubbliche, nell'acquisizione di sorgenti o apparecchi per illuminazione pubblica, per qualunque importo e per l'intero valore delle gare, sono tenute ad utilizzare almeno le specifiche tecniche definite nel decreto del 27 settembre 2017 "Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica".

9.1 SORGENTI LUMINOSE

Gli apparecchi individuati per la realizzazione del progetto rispettano i criteri di base per efficienza luminosa, indice di tasso di guasto e fattore di mantenimento presentando caratteristiche prestazionali superiori ai valori di seguito riportati:

| Efficienza luminosa del modulo LED completo di sistema ottico (il sistema ottico è parte integrante del modulo LED) [lm/W] | Efficienza luminosa del modulo LED senza sistema ottico (il sistema ottico non fa parte del modulo LED) [lm/W] |
|---|---|
| ≥ 95 | ≥ 110 |

Art. 4.1.3.6 - Tab. 6

| Fattore di mantenimento del flusso luminoso | Tasso di guasto (%) |
|---|---|
| L_{80} per 60.000 h di funzionamento | B_{10} per 60.000 h di funzionamento |

Art. 4.1.3.7 - Tab. 7

Analogamente sono rispettati i criteri di base relativi al rendimento degli alimentatori:

| Potenza nominale del modulo LED P [W] | Rendimento dell'alimentatore (%) |
|--|----------------------------------|
| $P \leq 10$ | 70 |
| $10 < P \leq 25$ | 75 |
| $25 < P \leq 50$ | 83 |
| $50 < P \leq 60$ | 86 |
| $60 < P \leq 100$ | 88 |
| $100 < P$ | 90 |

Art. 4.1.3.8 - Tab. 8

9.2 APPARECCHI ILLUMINANTI

Gli apparecchi per illuminazione stradale hanno almeno i seguenti requisiti:

| Proprietà dell'apparecchio di illuminazione | Valori minimi |
|---|---------------|
| IP vano ottico | IP 65 |
| IP vano cablaggi | IP55 |
| Categoria di intensità luminosa | $\geq G*2$ |
| Resistenza agli urti (vano ottico) | IK06 |
| Resistenza alle sovratensioni ¹¹ | 4kV |

(IP) = Grado di protezione degli agenti esterni

Art. 4.2.3.2 - Tab. 1

Per quanto riguarda il flusso luminoso emesso direttamente verso l'emisfero superiore, fermo restando il rispetto delle altre specifiche tecniche definite in ambito regionale, gli apparecchi di illuminazione sono scelti e saranno installati in modo da assicurare che il flusso luminoso eventualmente emesso al di sopra dell'orizzonte rispetti i limiti indicati nella tabella che segue.

| | LZ1 | LZ2 | LZ3 | LZ4 |
|--|-----|-----|-----|-----|
| Illuminazione stradale | U1 | U1 | U1 | U1 |
| Illuminazione di grandi aree, rotatorie, parcheggi | U1 | U2 | U2 | U3 |
| Illuminazione di aree pedonali, percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclo-pedonali e Illuminazione di aree verdi | U1 | U2 | U3 | U4 |
| Illuminazione di centro storico con apparecchi artistici | U2 | U3 | U4 | U5 |

Art. 4.2.3.9 - Tab. 13

dove:

LZ1: ZONE DI PROTEZIONE *Zone protette e zone di rispetto come definite e previste dalla normativa vigente. Sono ad esempio aree dove l'ambiente naturale potrebbe essere seriamente danneggiato da qualsiasi tipo di luce artificiale ovvero aree nei dintorni di osservatori astronomici nazionali in cui l'attività di ricerca potrebbe essere compromessa dalla luce artificiale notturna.*

LZ2: ZONE A BASSO CONTRIBUTO LUMINOSO *Aree rurali o comunque dove le attività umane si possono adattare a un livello luminoso dell'ambiente circostante basso.*

LZ3: ZONE MEDIAMENTE URBANIZZATE *Aree urbanizzate dove le attività umane sono adattate a un livello luminoso dell'ambiente circostante medio, con una bassa presenza di sorgenti luminose non funzionali o non pubbliche.*

LZ4: ZONE DENSAMENTE URBANIZZATE *Aree urbanizzate dove le attività umane sono adattate a un livello luminoso dell'ambiente generalmente alto, con una presenza di sorgenti luminose non funzionali o non pubbliche.*

La categoria di illuminazione zenitale (U) di ciascun apparecchio di illuminazione è definita sulla base del valore più alto tra quelli dei parametri UH e UL come nel seguito definiti:

| | U1 (lm) | U2 (lm) | U3 (lm) | U4 (lm) | U5 (lm) |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|
| UH | ≤ 40 | ≤ 120 | ≤ 200 | ≤ 300 | ≤ 500 |
| UL | ≤ 40 | ≤ 100 | ≤ 150 | ≤ 200 | ≤ 250 |

Art. 4.2.3.9 - Tab. 14

dove:

UL: zona comprendente gli angoli steradiani fra 90° e 100° verticali e 360° orizzontali (questa parte contribuisce a larga parte dell'inquinamento luminoso, in assenza di ostacoli e se osservata da grandi distanze);

UH: zona comprendente gli angoli steradiani fra 100° e 180° verticali e 360° orizzontali (questa parte contribuisce all'inquinamento luminoso sopra le città).

9.3 SISTEMA DI REGOLAZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

Se le condizioni di sicurezza dell'utente lo consentono, gli apparecchi di illuminazione sono dotati di un sistema di regolazione del flusso luminoso conforme a quanto di seguito indicato:

- a) essere posto all'interno dell'apparecchio di illuminazione,
- b) funzionare in modo autonomo, senza l'utilizzo di cavi aggiuntivi lungo l'impianto di alimentazione.

9.4 PRESTAZIONI ENERGETICHE

In termini di prestazione energetica gli apparecchi d'illuminazione di progetto hanno un indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe B fino all'anno 2025.

| INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA | |
|--|-------------------------|
| Classe energetica apparecchi illuminanti | IPEA |
| A+ | $IPEA > 1,10$ |
| A | $1,05 < IPEA \leq 1,10$ |
| B | $1,00 < IPEA \leq 1,05$ |
| C | $0,93 < IPEA \leq 1,00$ |
| D | $0,84 < IPEA \leq 0,93$ |
| E | $0,75 < IPEA \leq 0,84$ |
| F | $0,65 < IPEA \leq 0,75$ |
| G | $IPEA < 0,65$ |

Con riferimento alla tabella che segue, gli impianti di illuminazione pubblica di progetto hanno un indice IPEI* maggiore o uguale a quello della classe A.

| INTERVALLI DI CLASSIFICAZIONE ENERGETICA | |
|--|---------------------------------|
| Classe energetica impianto | IPEI |
| An+ | $IPEI < 0,85 - (0,10 \times n)$ |
| A++ | $0,55 \leq IPEI < 0,65$ |
| A+ | $0,65 \leq IPEI < 0,75$ |
| A | $0,75 \leq IPEI < 0,85$ |
| B | $0,85 \leq IPEI < 1,00$ |
| C | $1,00 \leq IPEI < 1,35$ |
| D | $1,35 \leq IPEI < 1,75$ |
| E | $1,75 \leq IPEI < 2,30$ |
| F | $2,30 \leq IPEI < 3,00$ |
| G | $IPEI \geq 3,00$ |

9.5 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Rispetto ai trattamenti superficiali, i componenti dell'impianto debbono avere le caratteristiche di seguito indicate.

I prodotti utilizzati per i trattamenti non devono contenere:

- le sostanze soggette a restrizione per gli usi specifici di cui all'art.67 del regolamento (CE) n. 1907/2006 presenti in Allegato XVII (restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi);
- in concentrazioni maggiori a 0,1% p/p, le sostanze incluse nell'elenco delle sostanze candidate di cui all'art. 59 del regolamento (CE) n.1907/2006 (ovvero le sostanze identificate come estremamente preoccupanti) e le sostanze di cui all'art. 57 del medesimo regolamento europeo (ovvero le sostanze incluse nell'allegato XIV "Elenco delle sostanze soggette ad autorizzazione") iscritte nell'elenco entro la data di pubblicazione del bando di gara.
- le sostanze o le miscele classificate o classificabili, ai sensi del regolamento (CE) n. 1272/2008 relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele, con le seguenti indicazioni di pericolo:
 - cancerogeni, mutageni o tossici per la riproduzione, categorie 1A, 1B e 2 (H340, H341, H350, H350i, H351, H360F, H360D, H361f, H361d, H360FD, H361fd, H360Fd, H360Df);
 - tossicità acuta, categorie 1 e 2 (H300, H304, H310, H330);
 - pericoloso per l'ambiente acquatico (H400, H410, H411).

La verniciatura deve:

- avere sufficiente aderenza,
- essere resistente a: nebbia salina, corrosione, luce (radiazioni UV), umidità.