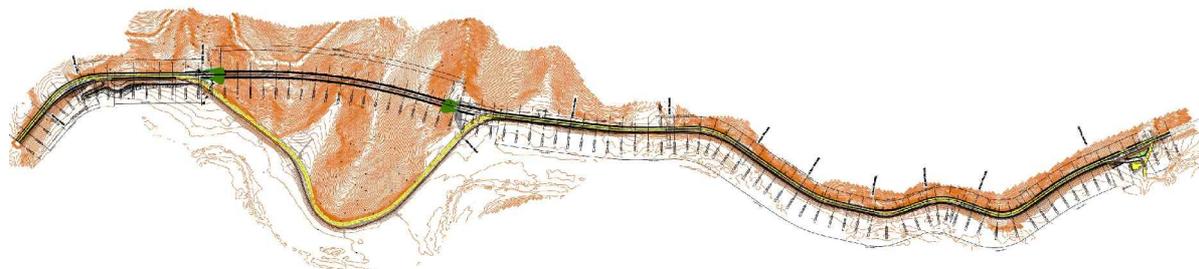


S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500
STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500



PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°A26211
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°10112
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro MICHELI

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

F101

CAPITOLO F0 - PARTE GENERALE

RELAZIONE TECNICA GENERALE SUGLI IMPIANTI

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

PG0374D2201

CODICE
ELAB.

T00IM00IMPRE01

A

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

FEBBRAIO
2023

ING. EMANUELE
ROSSI

ING. GIANCARLO
TANZI

ING. VALERIO
BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	2
1.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2.	DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	5
2.1.	CATEGORIE ILLUMINOTECNICHEE ANALISI DEI RISCHI - ILLUMINAZIONE ESTERNA.....	6
2.1.1.	IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO	7
2.1.2.	IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO.....	8
2.2.	CALCOLO ILLUMINOTECNICO	9
3.	SHELTER	9
3.1.	CARATTERISTICHE E DIMENSIONAMENTO CORPI ILLUMINANTI.....	10
3.2.	SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO ILLUMINAZIONE	11
4.	RETE DI DTRIBUZIONE PRIMARIA	12
5.	IMPIANTO ELETTRICO SCELTE PROGETTUALI	12
6.	CRITERI DI CALCOLO	14
7.	CRITERI DI CALCOLO NUOVA GALLERIA.....	14
7.1.	RIFERIMENTI NORMATIVI	15
8.	DATI DIMENSIONALI NUOVA GALLERIA	16
8.1.	Verifica calcolo della distanza di riferimento (presunzione di arresto).....	17
8.2.	Categorie Illuminotecniche.....	17
8.3.	Dati di progetto illuminotecnici.....	20
8.4.	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	22
9.	CARATTERISTICHE APPARECCHI ILLUMINANTI.....	23

1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente relazione tratta l'installazione degli impianti di illuminazione presso la strada statale S.S.685. Riferiti agli innesti lato Nord, lato Sud e la nuova galleria Km 0+400.

Figura 1. Inquadramento intervento.

1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Gli interventi descritti nel presente documento saranno eseguiti nel rispetto delle prescrizioni tecniche e funzionali di cui alle vigenti normative nazionali ed internazionali, di seguito elencate:

a. NORME NAZIONALI

- CEI 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 60439-1 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
- CEI EN 60439-1/A1 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
- CEI EN 60439-2 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- CEI EN 60439-2/Ec Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri elettrici per bassa tensione). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI-UNEL 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI-UNEL 35024/2 Cavi elettrici ad isolamento minerale 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 35024/1;Ec Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e 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 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI-UNEL 00722 Identificazione delle anime dei cavi.
- CEI-UNEL 35012 Contrassegni e classificazione dei cavi in relazione al fuoco.
- CEI-UNEL 35011;V1 Cavi per energia e segnalamento. Sigle di designazione.
- CEI-UNEL 35753 Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi. Tensione nominale U0/U: 450/750V.
- CEI-UNEL 35752 Cavi per energia isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di alogeni. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale U0/U: 450/750 V.
- CEI-UNEL 00721 Colori di guaina dei cavi elettrici.
- CEI 20-27 Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione.
- CEI 20-27;V1 Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione.
- CEI 64-8/ 1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 1: quadri BT Oggetto, scopo e principi fondamentali.
- CEI 64-8/2 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 2: Definizioni.

- CEI 64-8/3 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 3: Caratteristiche generali.
- CEI 64-8/4 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 4: Prescrizioni per la sicurezza.
- CEI 64-8/5 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici.
- CEI 64-8/6 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 6: Verifiche.
- CEI 64-8/7 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari.
- CEI R064-004 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Protezione contro le interferenze elettromagnetiche (EMI) negli impianti elettrici.
- CEI 11-17; V1 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- NORMA UNI/EN 29001 Sistemi qualità - Criteri per l'assicurazione (o garanzia) della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza.
- NORMA CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali"

b. LEGGI E REGOLAMENTI NAZIONALI

- DL n. 81 del 09/04/08 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Legge n. 186 del 01/03/68 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.
- D.Lgs 233/03 Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive.
- D.Lgs 93/00 Attuazione della direttiva 97/23/CE in materia di attrezzature a pressione.
- D.Lgs 25/02 Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro.
- D.P.R. 203/88 Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art.15 della legge 16 aprile 1987, numero 183
- DM n. 37 del 22/01/08 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.

2. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

Gli interventi previsti nel presente progetto prevedono la completa realizzazione del nuovo sistema di alimentazione a partire dagli shelter relativi agli innesti **NORD Km. 2+260** e **SUD km 0+280**. di intersezione con la S.S.685 e alla nuova cabina MT/BT a servizio della galleria al Km

Di seguito si riporta la struttura dello schema a blocchi tipico dei quadri elettrici, i previsti per i suddetti innesti, in ciascun shelter:

PUNTO DI ALLACCIO NORD

----- **Q ILL 01 - alim. Illuminazione**

PUNTO DI ALLACCIO SUD

----- **Q ILL 02 - alim. Illuminazione**

Per la consistenza e la tipologia delle illuminazioni si rimanda agli elaborati grafici specialistici.

L'impianto sarà telecontrollato tramite un sistema tipo SCADA. Su ogni corpo illuminante sarà presente un modulo radio così da permettere la comunicazione con il coordinatore di nodi posto nel Q.ILL 0.x nello shelter all'interno del rack dati dell'impianto. Ciascun impianto viene composto da un orologio crepuscolare, un PLC e dal coordinatore di nodi. L'intervento così composto permette un adeguato controllo del flusso luminoso erogato da ciascuna delle armature stradali.

Analogamente sarà realizzata una nuova cabina MT/BT a servizio della nuova galleria (posta al Km 0+400

PUNTO DI ALLACCIO Cabina MT/BT

----- **Q ILL 03 - alim. Illuminazione direz. NORD**

----- **Q TL1- – Sonda Illuminazione PDVI**

----- **Q ILL 04 - alim. Illuminazione direz. SUD**

----- **Q TL2- – Sonda Illuminazione PDVI**

Come riportato al capitolo 7

2.1. CATEGORIE ILLUMINOTECNICHEE ANALISI DEI RISCHI - ILLUMINAZIONE ESTERNA

L'individuazione delle categorie illuminotecniche è stata effettuata secondo quanto prescritto dalla normativa vigente in materia UNI:11248 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche". In particolare sono individuate dalla norma le seguenti tre categorie:

- Categoria illuminotecnica di ingresso, dipende esclusivamente dal tipo di strada presente nella zona di studio considerata;
- Categoria illuminotecnica di progetto che specifica i requisiti illuminotecnici da considerare per il dimensionamento dell'impianto e dipende dalla valutazione dei parametri di influenza costanti nel lungo periodo;
- Categoria illuminotecnica di esercizio che specifica sia le condizioni operative istantanee di funzionamento di un impianto sia le possibili condizioni operative previste dal progettista, in base alla variabilità nel tempo dei parametri di influenza.

2.1.1. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI PROGETTO

prospetto 1 **Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi**

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
Strade locali interzonali	50	M3	
	30	C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792¹⁰⁾.
 2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).
 3) Vedere punto 6.3.
 4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".

La strada oggetto di intervento per i due innesti, viene identificata come strada di tipo C2 e di conseguenza con una categoria di ingresso M2.

Le categorie illuminotecniche di progetto e di esercizio vengono calcolate attraverso un'analisi dei rischi, così come descritto nel cap. 8 della norma UNI 11248:2016. L'analisi dei rischi consiste nella valutazione dei parametri di influenza, di seguito esplicitati, al fine di individuare le categorie illuminotecniche che garantiscono la massima efficacia del contributo degli impianti di illuminazione alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne,

minimizzando, allo stesso tempo, i consumi energetici, i costi di installazione e di gestione, l'impatto ambientale e l'inquinamento luminoso.

I parametri di influenza si distinguono tra quelli costanti nel lungo periodo (prospetto 2), in base ai quali si determina la categoria di progetto, e quelli variabili nel tempo (prospetto 3), che determinano le categorie illuminotecniche di esercizio, derivate da quella di progetto.

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto	1
Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
Prospetto 2 – UNI 11248:2016	

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1
Prospetto 3 – UNI 11248:2016	

Si è ritenuto opportuno a seguito dell'analisi di mantenere la categoria illuminotecnica, considerando la tipologia di strada, e di traffico veicolare del tipo M2.

2.1.2. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA ILLUMINOTECNICA DI ESERCIZIO

Coerentemente con quanto detto nel paragrafo precedente, si è effettuata una valutazione dei parametri di influenza variabili nel tempo.

Non è stato possibile ottenere la riduzione di 1 categoria illuminotecnica rispetto a quelle di progetto, che, conseguentemente, rimarrà anche in questo caso M2.

Facendo riferimento alla norma UNI EN 13201-2:2016, i valori da rispettare per la **categoria illuminotecnica di ingresso M2** corrispondono ai seguenti parametri:

prospetto 1 **Categorie illuminotecniche M**

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			Asciutto
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_0 [minima]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{0n}^{b)}$ [minima]	$f_{T1}^{c)}$ [massima] %	$P_{E1}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

a) L'uniformità longitudinale (U_1) fornisce una misura della regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e zone buie sul manto stradale e, in quanto tale, è pertinente soltanto alle condizioni visive su tratti di strada lunghi e ininterrotti, e pertanto dovrebbe essere applicata soltanto in tali circostanze. I valori indicati nella colonna sono quelli minimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia possono essere modificati allorché si determinano, mediante analisi, circostanze specifiche relative alla configurazione o all'uso della strada oppure quando sono pertinenti specifici requisiti nazionali.

b) Questo è l'unico criterio in condizioni di strada bagnata. Esso può essere applicato in aggiunta ai criteri in condizioni di manto stradale asciutto in conformità agli specifici requisiti nazionali. I valori indicati nella colonna possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

c) I valori indicati nella colonna f_{T1} sono quelli massimi raccomandati per la specifica categoria illuminotecnica, tuttavia, possono essere modificati laddove siano pertinenti specifici requisiti nazionali.

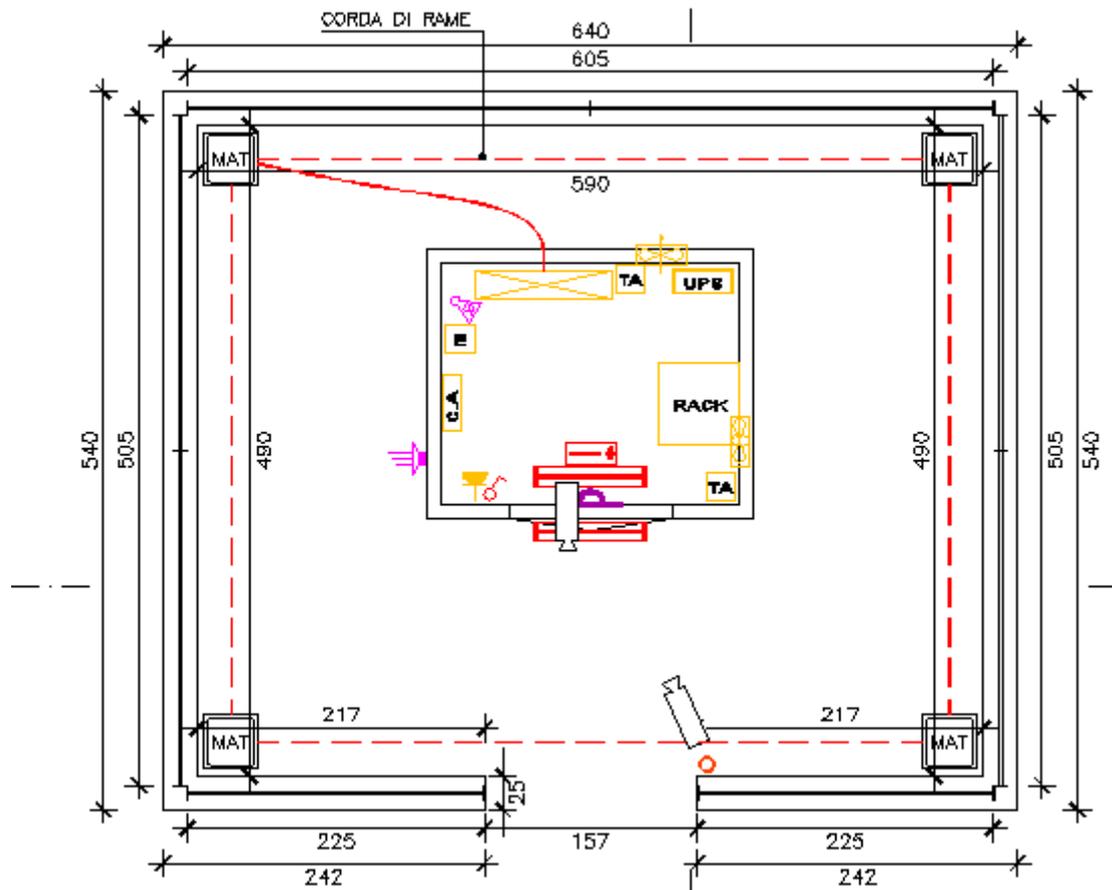
d) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti illuminotecnici propri adiacenti alla carreggiata. I valori indicati sono in via provvisoria e possono essere modificati quando sono specificati gli specifici requisiti nazionali o i requisiti dei singoli schemi. Tali valori possono essere maggiori o minori di quelli indicati, tuttavia si dovrebbe aver cura di garantire che venga fornito un illuminamento adeguato delle zone.

2.2. CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Si rimanda agli elaborati F107 ed F112

3. SHELTER

Lo shelter di ciascun innesto, viene disposto adiacentemente alla strada ad una distanza non inferiore a 2,50m dalla strada. All'interno vengono disposti il quadro elettrico per l'illuminazione ed il rack per la trasmissione dati all'interno del quale sono ubicati gli apparecchi relativi all'impianto TVCC.



3.1. CARATTERISTICHE E DIMENSIONAMENTO CORPI ILLUMINANTI

I corpi illuminanti a LED presentano notevoli vantaggi:

- agevolare il compito visivo notturno del guidatore dovuto a una temperatura di colore ottimale;
- risparmi manutentivi dovuto alla maggior durata delle lampade;
- materiali resistenti ed ecologici;
- maggiore efficienza luminosa.

Le lampade a LED, infatti, permettono di ottenere dei considerevoli vantaggi e benefici sia nel campo illuminotecnico che in quello economico e gestionale oltre alla riduzione dei consumi energetici e conseguente riduzione delle emissioni di CO₂.

Il progetto prevede la installazione di nuovi corpi illuminanti a LED conformemente alle indicazioni delle regole tecniche vigenti in materia, aventi un grado di protezione almeno IP66 – classe II, adatti ad ambienti aggressivi ovvero resistenti alla corrosione provocata dalla presenza di atmosfere acide, saline ed umide.

Le lampade al LED sono disposte in accordo con quanto risultato dai calcoli illuminotecnici allegati alla relazione presente. I corpi illuminanti sono installati su pali ad un Hf. pari a 10 metri su sbracci 1,5m.

Nel dettaglio saranno installati:

Innesto NORD

- 9 proiettori da 15000 lm
- 1 proiettore da 24000 lm

Innesto SUD

- 6 proiettori 15000 lm
- 4 proiettori da 24000 lm

3.2. SISTEMA DI REGOLAZIONE E CONTROLLO ILLUMINAZIONE

Gli apparecchi illuminati saranno comandati da un gruppo di controllo, all'interno di ciascun shelter, che ne regolerà l'intensità luminosa, e di conseguenza l'assorbimento elettrico, per adeguare la curva di luminanza in base ai diversi orari del giorno.

Gli obiettivi del sistema di regolazione e controllo sono molteplici:

- Riduzione dei consumi energetici;
- Miglioramento comfort visivo per in conducenti;
- Riduzione eventi incidentali dovuti a condizioni di scarsa o eccessiva illuminazione;
- Monitoraggio costante dello stato di salute dell'impianto.

Il sistema di regolazione e controllo sarà formato dai seguenti componenti:

- PLC che coordinerà la trasmissione dei dati ai moduli radio delle lampade circa l'eventuale riduzione del flusso luminoso a seconda dell'orario
- Centralina di controllo illuminazione
- Coordinatore di nodi che tramite un'antenna trasmette ai corpi illuminanti le informazioni
- Moduli radio: ogni corpo illuminante sarà equipaggiato con un modulo radio in grado di controllarne l'accensione tramite relé, il dimming, l'assorbimento e la temperatura interna.

Oltre a quanto soprascritto saranno connessi al telecontrollo:

1. contatti ausiliari per stati e guasti degli interruttori;
2. la diagnostica dell'UPS interna allo shelter;
3. doppio comando dei contattori dell'illuminazione (telecontrollo/crepuscolare) per evitare luci accese nel caso di guasto del telecontrollo;
4. telecomando del riarmo degli interruttori differenziali.

4. RETE DI DISTRIBUZIONE PRIMARIA

Le condutture primarie a partire dal quadro di illuminazione posto all'interno dello schelster, saranno realizzate in cavo unipolare in alluminio tipo ARG16R16 4x(1x16), non propagante l'incendio a bassa emissione di gas tossici posato all'interno di cavidotti interrati.

L'impianto sarà suddiviso in 2 linee per i circuiti denominati C1-C2 per ciascun innesto (innesto Nord e innesto Sud)

Le linee di alimentazione partenti da ciascun quadro elettrico giungono fino ai pozzetti posti alla base del palo di sostegno delle armature stradali, dai pozzetti partono gli stacchi ai corpi illuminanti (in classe II) con cavo FG16OM16 2x2,5 mm². Le giunzioni della fase e del neutro avverranno all'interno di due muffole di derivazione poste all'interno del pozzetto a ridosso dell'armatura stradale.

I cavidotti per le linee elettriche saranno composti da due tubi in PEAD a doppia parete Ø110 mm. E' previsto un rinfilanco ed allettamento in sabbia con riempimento in misto stabilizzato; 15-20 cm al di sopra delle tubazioni si poserà un nastro di segnalazione rosso monocolore recante la scritta CAVI ELETTRICI o quant'altro concordato con la D.L.

IMPIANTO DI TERRA

E' prevista la realizzazione di una dorsale in rame nudo di sezione 35 mm² interrata per tutta la lunghezza dell'impianto di illuminazione connesse alla terra del Q.ILL 1. A tale dorsale saranno connesse tutte le masse metalliche previste nell'impianto quali:

- o Masse pali (collegamento con conduttore unipolare giallo/verde di sez. 16 mm²).

Nel sistema di distribuzione TT previsto il punto dell'alimentazione è collegato direttamente a terra e le masse degli utilizzatori sono collegate all'impianto di terra indipendente dal primo.

Con riferimento all'impianto di terra dell'utente la norma CEI 64-8 prevede una condizione di sicurezza riferita alla tensione totale di terra, ossia il livello di sicurezza di tale tensione è quello riferito al par. 1.7.4 della norma CEI 64.-8 pari, nel caso specifico, a 50 V. Il tempo di permanenza convenzionale della condizione di guasto è limitato a 5 secondi.

5. IMPIANTO ELETTRICO SCELTE PROGETTUALI

a. sezione dei conduttori

La sezione dei conduttori è determinata in funzione:

- della loro massima temperatura di servizio;
- della caduta di tensione ammissibile;
- delle sollecitazioni elettromeccaniche alle quali i conduttori possono venire sottoposti;
- del valore massimo dell'impedenza che permetta di assicurare il funzionamento della protezione contro i cortocircuiti;
- della minima sezione commerciale disponibile;
- dalle caratteristiche di posa.

Per il criterio di dimensionamento del conduttore si rimanda al cap. "Criteri di Calcolo" della presente relazione.

b. tipi di conduttura e relativi modi di posa

I cavidotti, sono costituiti, per i singoli tratti, da tubazioni unite tra loro o strette da collari a flange, onde evitare discontinuità nella loro superficie interna. Nei principali cambi di direzione sono previsti appositi pozzetti (per l'esatto posizionamento si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati).

Le canalizzazioni interrato per il contenimento e la protezione delle linee sono realizzate esclusivamente con cavidotto flessibile a doppia parete (liscio all'interno, corrugato all'esterno), serie pesante, in polietilene ad alta densità, conforme alla Norma C 68 - 171, corredato di guida tirafilo e manicotto di congiunzione per l'ideale accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

6. CRITERI DI CALCOLO

DIMENSIONAMENTO DI CONDUTTORE

La sezione dei conduttori è determinata sulla base del criterio della massima caduta di tensione ammissibile, imposta dalle norme C.E.I. 64-8 nella sezione 714, per gli impianti di illuminazione esterna, ammette una caduta di tensione massima del 5% della tensione di alimentazione al punto di fornitura, **fissata nel caso del nostro progetto al 4%**.

Individua la corrente di impiego della conduttura, a $\cos\Phi$ fissato pari a 0,9 dalla seguente relazione:

$$\Delta V = k \cdot \rho \frac{l}{s} \cdot I \cdot \cos\varphi^1$$

È calcolata la sezione del conduttore. Dalla Tabella CEI-UNEL 35024-70 è scelta la sezione commerciale immediatamente superiore al valore calcolato. A resistenza e reattanza unitaria note (dalla stessa tabella) è verificato il rispetto della:

$$\Delta V = k \cdot (R\cos\varphi + \text{sen}\varphi) \cdot I$$

A verifica non soddisfacente, è scelta la sezione commerciale immediatamente più grande ed il processo di verifica iterativa è continuato finché non si conseguono i risultati voluti.

È chiaro che la scelta della sezione è anche subordinata alla energia specifica lasciata passare dalla protezione durante la fase di guasto.

Per l'impianto dimensionamento sono stati assunti, per le cadute di tensione, i seguenti valori percentuali:

$\Delta V\% = 3\%$ per linee di distribuzione;

$\Delta V\% = 1\%$ circuiti terminali derivazioni;

$\Delta V\% = 4\%$ circuito totale.

7. CRITERI DI CALCOLO NUOVA GALLERIA

L'obiettivo del dimensionamento degli impianti di illuminazione della nuova galleria è quello di assicurare a chi attraversa, sia di giorno che di notte, un senso di sicurezza e di comfort uguale a quello che l'utente può avere all'aperto.

Lo scopo si ottiene quando l'impianto di illuminazione trasmette al conducente adeguate informazioni visive sullo stato del tracciato che si appresta a percorrere, sul movimento di altri veicoli e sulla presenza di eventuali ostacoli.

In questa ottica, l'impianto di illuminazione deve necessariamente fornire le seguenti prestazioni:

- deve illuminare il piano stradale con un adeguato livello di luminanza e di uniformità;
- la luce deve avere un angolo di incidenza rispetto al piano di visuale tale da fornire elevata visibilità del tracciato;

- deve illuminare adeguatamente il piedritto della galleria in modo da fornire all'utente un più ampio angolo di visibilità;
- non deve abbagliare;
- deve essere congegnato in modo da evitare l'effetto flicker (fenomeno ben noto al guidatore allorché i centri luminosi appaiono e scompaiono dal suo campo visivo con una frequenza tale da generare notevole fastidio).

7.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi che sono stati considerati nello sviluppo del progetto esecutivo degli impianti di cui trattasi; ad essi pertanto si è prestata particolare attenzione nel presente lavoro.

NORME CEI

- Norma CEI 64-8 - "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 Volt in corrente alternata e 1.500 Volt in corrente continua";
- Norma CEI 64-20 - "Impianti elettrici nelle gallerie stradali".

NORME UNI, UNI-CIG

Tutta la normativa UNI, di interesse per le opere in progetto ed in particolare:

- UNI 11095 - "Illuminazione delle Gallerie";
- UNI 11248 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche";
- UNI EN 13201-2:2004 "Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali";
- UNI EN 13201-3:2004 "Illuminazione stradale - Parte 3: Calcolo delle prestazioni".

ALTRO

- D.M. 14 Settembre 2005 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti -- "Norme di illuminazione delle gallerie stradali";
- D.Lgs. n. 264 del 05/10/2006 "Attuazione della Direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea";

- Circolare ANAS n. 179431/09 "Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali" – Seconda edizione 2009.

8. DATI DIMENSIONALI NUOVA GALLERIA

Costituiscono oggetto del presente paragrafo i dati di progetto derivanti dai vincoli al contorno non aventi carattere illuminotecnico. Essi si possono così elencare:

- Lunghezza del tunnel

NUOVA GALLERIA
SINGOLA CANNA
DOPPIO SENSO DI MARCIA
LUNGHEZZA 496 m

- Velocità di progetto illuminotecnico: è il valore di velocità che in fase di progettazione viene associato ad un determinato elemento del tracciato in base a considerazioni geometriche, cinematiche e dinamiche. Nel caso specifico tale velocità vale 80 km/h (70km/h+10km/h);
- Distanza di arresto (da): è il tratto di strada necessario per portare un veicolo che viaggia alla velocità di progetto al completo arresto in condizioni di sicurezza. Include sia la distanza coperta nel tempo di reazione, sia lo spazio di frenata. Il suo valore è funzione della prontezza a reagire del conducente e dell'aderenza dei pneumatici sul manto stradale. L'aderenza è rappresentata dal coefficiente d'attrito convenzionale e risulta fortemente influenzata dalle condizioni di asciutto e bagnato del manto stradale e dalla pendenza longitudinale del tratto stradale. Poiché nel caso che si sta trattando, i valori più elevati di luminanza di velo, si riscontrano con manto stradale asciutto, la distanza di riferimento viene determinata mediante il prospetto A.1 riportato nell'appendice A della Norma UNI 11095.

8.1. Verifica calcolo della distanza di riferimento (presunzione di arresto)

In base all'appendice A viene calcolata la distanza d'arresto per una strada in assenza di elevate luminanze di velo, e quindi per una strada con superficie stradale asciutta, avente una pendenza ipotizzata longitudinale di 0%.

Viene utilizzato il grafico B1 (altre strade – superficie stradale asciutta) in base al quale la distanza di riferimento viene stimata:

$$d_a = 81 \text{ m}$$

prospetto A.1 **Autostrade ed altre strade - Superficie stradale asciutta - Distanze di riferimento [m]**

Pendenza % \ Velocità km/h	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26
40	39	38	38	38	38	38	37	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	36	35	35	35
50	50	50	49	49	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47	46	46	46	46	46	45	45	45
60	62	62	61	61	60	60	60	59	59	58	58	58	57	57	57	57	56	56	56	56	56	55
70		72	72	71	71	70	70	69	69	69	68	68	68	67	67	66	66	66	66	65	65	
80		87	86	86	85	84	84	83	82	82	81	81	80	80	79	79	78	78	77	77		
90			101	100	99	98	97	97	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89			
100			118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	106	105	104	103			
110				133	132	130	129	128	127	125	124	123	122	121	120	119	118	117				
120				154	152	150	149	147	146	144	143	141	140	139	137	136	135	134				
130					175	173	171	169	167	165	163	161	160	158	156	155	153					
140					198	195	193	190	188	186	183	181	179	177	175	173	172					

Nota Valori intermedi possono essere ottenuti per interpolazione lineare con arrotondamento al metro.

8.2. Categorie Illuminotecniche

La selezione delle categorie illuminotecniche è stata effettuata in base alla normativa vigente in materia. Nella selezione della categoria illuminotecnica di ingresso in base alla UNI 11248 ci si è basati sulla fisionomia della strada a base del progetto. La galleria in oggetto è a singola canna a doppia corsia a doppio senso di marcia pertanto in base al DM 11/05/2001 può essere identificata come strada di categoria C2.

prospetto 1

Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h ⁻¹]	Categoria illuminotecnica di ingresso
A ₁	Autostrade extraurbane	Da 130 a 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A ₂	Strade di servizio alle autostrade extraurbane	Da 70 a 90	M2
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M2
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	Da 70 a 90	M3
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade extraurbane secondarie	50	M3
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	Da 70 a 90	M2
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M2
		50	
E	Strade urbane di quartiere	50	M3
F ³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	Da 70 a 90	M2
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	C4/P2
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C3/P1
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C4/P2
	Strade locali urbane: aree pedonali, centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C4/P2
Strade locali interzonali	50	M3	
	30	C4/P2	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	Non dichiarato	P2
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 N° 6792¹⁷⁰⁾.
 2) Per le strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile con questa (prospetto 6).
 3) Vedere punto 6.3.
 4) Secondo la legge 1 agosto 2003 N° 214 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 27 giugno 2003 N° 151, recante modifiche e integrazioni al codice della strada".

La categoria di riferimento individuata è quindi M2 (Strade extraurbane secondarie - Tipi C1 e C2). Tenuto conto dei parametri di influenza più significativi, che possono essere individuati tra quelli indicati nel prospetto 2 e prospetto 3 della norma UNI 11248, elencati di seguito:

prospetto 2 **Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di ingresso in relazione ai più comuni parametri di influenza costanti nel lungo periodo**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Complessità del campo visivo normale	1
Assenza o bassa densità di zone di conflitto ^{1) 2)}	1
Segnaletica cospicua ³⁾ nelle zone conflittuali	1
Segnaletica stradale attiva	1
Assenza di pericolo di aggressione	1
1) In modo non esaustivo sono zone di conflitto gli svincoli, le intersezioni a raso, gli attraversamenti pedonali, i flussi di traffico di tipologie diverse. 2) È compito del progettista definire il limite di bassa densità. 3) Riferimenti in CIE 137 ^[5] .	

prospetto 3 **Indicazione sulle variazioni della categoria illuminotecnica di progetto in relazione ai più comuni parametri di influenza variabili nel tempo in modo periodico o casuale**

Parametro di influenza	Riduzione massima della categoria illuminotecnica
Flusso orario di traffico <50% rispetto alla portata di servizio	1
Flusso orario di traffico <25% rispetto alla portata di servizio	2
Riduzione della complessità nella tipologia di traffico	1

Fig. Prospetto 1 e 2 norma UNI 11248

Con apparecchi che emettono luce con Indice di resa del colore maggiore o uguale a 70, previa verifica, nell'analisi dei rischi delle condizioni di visione, il progettista non prevede di apportare la riduzione massima di una categoria Illuminotecnica. In conclusione la categoria illuminotecnica stradale adottata è M2.

Di seguito tabella con i valori minimi da rispettare (prospetto 1 della norma UNI 13201- 2:2016):

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto			Bagnato	Asciutto	
	\bar{L} [minima mantenuta] cd × m ²	U_0 [minima]	$U_1^{a)}$ [minima]	$U_{ow}^{b)}$ [minima]	$f_{Tl}^{c)}$ [massima] %	$R_{El}^{d)}$ [minima]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Fig. Prospetto 1 norma UNI 13201 – Categorie illuminotecniche M

Secondo la UNI 13201, quindi, alla categoria illuminotecnica M3 corrispondono i seguenti parametri:

- luminanza media mantenuta 1,0 cd/mq
- uniformità generale U_0 minimo 0,40
- uniformità longitudinale U_1 minimo 0,60

La norma UNI 11095 per le gallerie prescrive livelli di uniformità differenti rispetto ai requisiti propri della categoria illuminotecnica che saranno presi in considerazione in luogo di quelli prescritti dalla categoria illuminotecnica in esame. Questi sono:

- uniformità generale U_0 e uniformità trasversale U_t minimo 0,50 sulla carreggiata o sulle corsie a senso unico di marcia
- uniformità generale U_0 e uniformità trasversale U_t minimo 0,40 su tutte le altre corsie e sulle corsie a senso di marcia inverso
- uniformità longitudinale U_1 minimo 0,70 sulla carreggiata
- uniformità longitudinale U_1 minimo 0,60 sulle pareti.

8.3. Dati di progetto illuminotecnici

La Norma UNI 11095 suddivide la sezione longitudinale della galleria in cinque zone caratterizzate da differenti requisiti di luminanza in funzione del progressivo adattamento dell'occhio umano allo stato d'illuminazione della galleria.

Tali zone sono denominate:

- tratto di accesso
- tratto di soglia o adattamento
- tratto di transizione
- tratto interno
- tratto di uscita

Zona d'accesso: è costituita dal tratto di strada immediatamente precedente l'ingresso della galleria. Nella zona d'accesso, un automobilista deve essere in grado di vedere all'interno del tunnel stesso un eventuale ostacolo posto ad una distanza non inferiore a quella di arresto.

Zona di entrata o di soglia: è costituita dalla parte iniziale del tunnel. L'illuminazione della zona di soglia dipende dalla luminanza della zona d'accesso ed è determinata considerando la percezione visiva di un automobilista che è ancora fuori del tunnel. La lunghezza di tale zona è funzione della massima velocità prevista e non deve risultare inferiore alla distanza d'arresto. Diversi fattori influenzano la visibilità della strada entro il tunnel per un automobilista in fase di avvicinamento; tra essi l'illuminazione insufficiente nel tratto di soglia che impedisce l'individuazione di ostacoli e l'abbagliamento velante della luce esterna che riduce il contrasto degli eventuali oggetti sulla superficie stradale.

Zona di transizione: rappresenta la parte di tunnel in cui i livelli di luminanza devono essere gradualmente ridotti per raccordarsi ai livelli della zona interna, in modo da consentire l'adattamento dell'occhio ai minori valori di luminanza. La lunghezza del tratto di transizione dipende dalla massima velocità ammissibile e dalla differenza fra il livello di luminanza al termine della zona di soglia ed il livello di luminanza della zona interna.

Zona interna: l'illuminazione è generalmente mantenuta ad un valore costante per tutta la lunghezza.

Zona di uscita: è influenzata dalla luminanza esterna. In tale tratto la visibilità non è di solito critica perché gli eventuali ostacoli vengono individuati chiaramente come corpi scuri su fondo chiaro. Tuttavia in condizioni di traffico notevole ed in presenza di veicoli di grandi dimensioni la capacità visiva può risultare sensibilmente ridotta.

Definizione delle luminanze

Luminanza (L_e) e lunghezza della zona di entrata: il valore minimo di luminanza media della zona di entrata (L_e) da garantire sulla pavimentazione stradale viene calcolata a partire dalla formula proposta dalla Norma UNI 11095 di seguito riportata:

$$L_e = c \cdot L_v$$

dove:

- L_v è la luminanza debilitante;
- c è un fattore dipendente dal tipo di impianto .

Per la determinazione dei valori di Luminanza da garantire, la Norma UNI 11095 richiede pertanto di valutare preliminarmente la luminanza debilitante (L_v). Tale valore di luminanza è visto come somma di quattro

$$L_v = L_{seq}$$

dove:

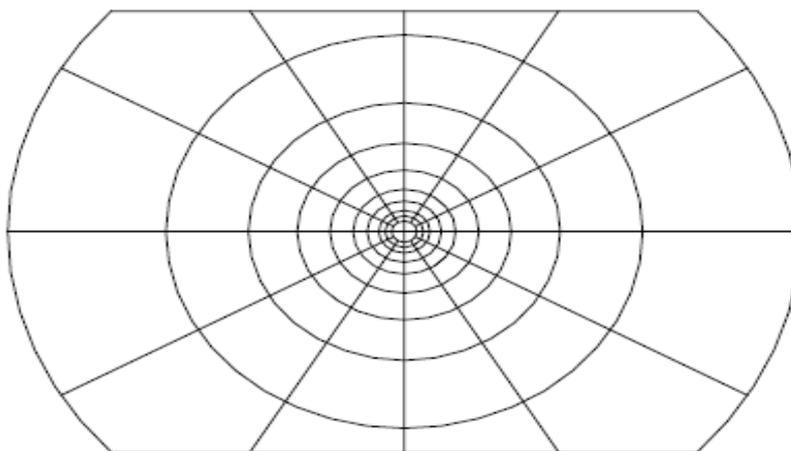


Diagramma polare per la valutazione di L_{seq} .

termini:

$$+ L_{atm} + L_{par} + L_{cru}$$

- L_{seq} è la luminanza di velo equivalente
- L_{atm} è la luminanza atmosferica
- L_{par} è la luminanza del parabrezza
- L_{cru} è la luminanza del cruscotto

Per il calcolo di L_{seq} si ricorre normalmente al metodo indicato nell'Appendice E della Norma UNI 11095 che prevede l'utilizzo del diagramma polare (o di Adrian) sovrapposto ad una fotografia del fornice di ingresso fatta da una distanza maggiore della distanza di arresto.

8.4. Impianto di Illuminazione

La scelta progettuale che ha portato ad individuare i corpi illuminanti a LED è:

- facilitazione compito visivo notturno del guidatore dovuto a una temperatura di colore ottimale;
- risparmi manutentivi dovuto alla maggior durata delle lampade;
- materiali resistenti ed ecologici;
- maggiore efficienza luminosa;
- possibilità di telecontrollo e telegestione dell'intero impianto.

Le lampade a LED, infatti, permettono di ottenere dei considerevoli vantaggi e benefici sia nel campo illuminotecnico che in quello economico e gestionale oltre alla riduzione dei consumi energetici e conseguente riduzione delle emissioni di CO₂.

L'impianto di illuminazione del tunnel risulta costituito da:

- Illuminazione permanente (o di base) a servizio dell'intero sviluppo dei tunnel.
- Illuminazione di rinforzo in ingresso a servizio del tratto di entrata e del tratto di transizione dei tunnel.

9. CARATTERISTICHE APPARECCHI ILLUMINANTI

L'illuminazione ordinaria permanente, di rinforzo e di emergenza sono ottenute mediante l'installazione di corpi illuminanti a LED. Gli apparecchi (ottiche e sorgenti luminose) saranno del tipo a LED con corpo in alluminio pressofuso in classe II, equipaggiati con un numero di LED idoneo per prestazioni alle caratteristiche geometriche del tratto di tunnel in cui saranno installati. Gli apparecchi a LED scelti ed utilizzati per i calcoli illuminotecnici sono costituiti da vari moduli a seconda che siano per illuminazione permanente o di rinforzo, tuttavia la scelta di questi dispositivi non è vincolata per cui sarà l'impresa che eseguirà i lavori a scegliere gli apparecchi illuminanti a patto che abbiano parametri di potenza, flusso luminoso, diagramma della luminanza uguali o superiori rispetto a ai parametri propri di quelli utilizzati in simulazione.

Conformemente alle indicazioni delle regole tecniche vigenti in materia, il progetto prevede l'utilizzo di corpi illuminanti aventi un grado di protezione almeno IP66, adatti ad ambienti aggressivi ovvero resistenti alla corrosione provocata dalla presenza di atmosfere acide, saline ed umide. Gli apparecchi saranno dotati di sistemi di fissaggio alla canalina destinata alla posa delle armature e realizzata in acciaio inox almeno AISI 304L, sarà installata parallelamente alla precedente una canalina porta cavi conforme alla normativa DN4102-12 ad integrità funzionale AISI 304L per la collocazione dei cavi destinati ai circuiti di emergenza del tipo FTG18 (O) M16.

Le caratteristiche dei corpi illuminanti saranno del tipo:

Altre caratteristiche degli apparecchi a LED si possono così riassumere:

- grado di protezione: IP66;
- resa cromatica: >75;
- temperatura di colore: 4000 K;
- efficienza di sistema fino a 144 lm/W;
- predisposizione per montaggio su canalina portacavi;
- temperatura di funzionamento da -20°C a +35°C;
- alimentazione da 220÷240Vac a 50Hz;
- classe di isolamento II;
- conforme a EN60598-1; EN 60598-2-3.