

**ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXI LOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PERIZIA DI VARIANTE

CONTRAENTE GENERALE: 	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i> <i>Ing. Federico Montanari</i>	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i> <i>Ing. Salvatore Lieto</i>
--	---	--

<i>PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese</i>	
<i>Mandataria:</i>	<i>Mandanti:</i>
	  

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I'ATI Ing. Antonio Grimaldi GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale	  
---	--

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Iginio Farotti</i>		
--	--	--

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord IMPIANTI TECNOLOGICI Relazione tecnico/descrittiva delle varianti introdotte	SCALA: -
	DATA: Giugno 2020

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
	L 0 7 0 3	2 1 2	E	2 3	I M 0 0 0 0	R E L	0 2	C

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	Aprile 2020	Emissione per perizia di variante	PROGIN M. De Iorio	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Maggio 2020	Emissione per perizia di variante	PROGIN M. De Iorio	S. Lieto	A. Grimaldi
C	Giugno 2020	Riscontro istruttoria QMU	PROGIN M. De Iorio	S. Lieto	A. Grimaldi

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. OGGETTO	3
1.2. RIEPILOGO DELLE PROPOSTE DI VARIANTE	3
1.2.1. Illuminazione a LED di svincoli e gallerie	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
3. ILLUMINAZIONE DEGLI SVINCOLI	6
3.1. OBIETTIVI DELLA VARIANTE	6
3.2. STIMA DEI RISPARMI ENERGETICI.....	6
3.3. REQUISITI ILLUMINOTECNICI DELL'IMPIANTO.....	7
3.4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE STRADALE	8
4. ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE	9
4.1. OBIETTIVI DELLA VARIANTE	9
4.2. STIMA DEI RISPARMI ENERGETICI.....	9
4.1. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE.....	11
4.1.1. Illuminazione permanente.....	11
4.1.2. Illuminazione di rinforzo	12
4.2. REGOLAZIONE	12
4.3. SENSORE DI LUMINANZA DEBILITANTE	14

1. INTRODUZIONE

1.1. OGGETTO

La presente relazione illustra la variante al progetto esecutivo dei lavori di realizzazione degli impianti elettromeccanici a servizio della "Pedemontana delle Marche", inserita nell'ambito del Maxilotto 2 dell'Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna, con riferimento al secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord.

Il tratto stradale presenta le seguenti infrastrutture:

- svincolo di Matelica Nord;
- galleria Croce di Calle, di lunghezza 1.514 m;
- svincolo di Matelica Ovest;
- galleria Mistranello, di lunghezza 285 m;
- svincolo di Matelica Sud - Castelraimondo Nord;

1.2. RIEPILOGO DELLE PROPOSTE DI VARIANTE

Questa proposta intende suggerire una modifica al progetto esecutivo:

- 1) la sostituzione degli apparecchi di illuminazione che montano lampade a scarica ai vapori di sodio ad alta pressione (SAP), utilizzate per l'illuminazione degli svincoli e delle gallerie, con apparecchi a LED che garantiscano la stessa prestazione illuminotecnica;

1.2.1. Illuminazione a LED di svincoli e gallerie

La tecnologia di illuminazione che usa sorgenti LED è diventata, rispetto all'epoca della redazione del progetto dell'opera, lo stato dell'arte comunemente adottato; appare, dunque, del tutto fuori luogo realizzare oggi un'opera che utilizzi una tecnologia ormai sempre più abbandonata, quella delle lampade SAP, che, oltre a non far beneficiare dei vantaggi offerti dai LED, rischia di rendere rapidamente l'impianto obsoleto, costringendo l'amministrazione a spendere di più per rimuovere i vecchi apparecchi e installare i nuovi.

Inoltre, a causa del sempre minor utilizzo delle lampade SAP, sarà sempre più difficile reperire sul mercato le lampade di ricambio ed a costi sempre più alti.

Per le ragioni su esposte, si è ritenuto necessario proporre questa variante che, come illustrato più avanti garantisce immediati benefici diretti ed indiretti.

Tra i benefici diretti si annoverano certamente i risparmi gestionali, conseguiti grazie alla minore spesa per energia elettrica ed al minor costo di manutenzione, dovuta ad una drastica riduzione del ricambio delle lampade.

Tra i benefici indiretti, si annoverano i ridotti impatti ambientali generati dal minor consumo di energia, che si traduce in minor rilascio equivalente di anidride carbonica in atmosfera e dall'eliminazione di rifiuti speciali, costituiti dalle lampade SAP esaurite.

Si aggiunga, infine, che la qualità della luce emessa dai LED è migliore di quella emessa dalle lampade SAP in termini di resa dei colori, aumentando il confort di guida.

La presente proposta prevede, pertanto:

- la sostituzione di tutti i corpi illuminanti previsti in progetto con lampade al sodio

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale:

Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 23	WBS IM0000	Id.doc. REL	N.prog 02	Rev. C	Pag.diPag 4 di 14
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	--------------	-----------	----------------------

ad alta pressione, con equivalenti, in termini di prestazioni illuminotecniche, apparecchi a LED;

- l'eliminazione dei regolatori di flusso per il controllo del flusso luminoso emesso dalle lampade SAP previsti nelle cabine;
- la dotazione di ciascun apparecchio a LED di una scheda di controllo che consenta di regolare il flusso luminoso emesso da ciascun apparecchio, collegate alla centralina di comando mediante la tecnologia ad onde convogliate;
- l'installazione nei quadri elettrici per l'illuminazione di centraline di comando che dialoghino punto punto con gli apparecchi collegati in base alla loro funzione (illuminazione di svincolo, illuminazione permanente, illuminazione di rinforzo di ciascun imbocco);
- l'installazione di sonde di luminanza presso ciascun imbocco che consentano di modificare il flusso emesso dai proiettori che costituiscono l'illuminazione di rinforzo, in base alla luminanza esterna.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Come riferimento per la progettazione, vengono considerate le seguenti norme e raccomandazioni specifiche per il dimensionamento degli impianti previsti:

- Circolare Ministero LL.PP. del 6 dicembre 1999, n° 7938 "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi";
- D.M. LL.PP. del 5 giugno 2001 "Sicurezza nelle gallerie stradali";
- Direttiva 2004/54/CE del Parlamento e del Consiglio del 29 aprile 2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea";
- D.M. 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali";
- D.M. del 19 aprile 2006 " Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D. Lgs. 5 ottobre 2006, n. 264 "Attuazione della Direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea";
- Legge n.10 del 24/07/2002 della Regione Marche "Misure urgenti in materia di risparmio energetico e contenimento dell'inquinamento luminoso", oltre alle modifiche introdotte dalla L.R. del 20/01/2004 n.1;
- Legge n.20 del 28/02/2005 della Regione Umbria "Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico";
- Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente, emesse dalla Direzione Centrale Progettazione dell'ANAS S.p.A. nell'ottobre 2009;
- la Norma UNI 11095 "Illuminazione delle gallerie stradali";
- la Norma UNI 11248 "Illuminazione stradale, selezione delle categorie illuminotecniche";
- Norma UNI EN 13201-2 "Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali";
- Norme CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua";
- Norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali";
- Norme CEI EN 60529 "Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)";
- Standard IEEE 802.3 "Definition of the physical layer and data link layer's media access control (MAC) of wired Ethernet".

3. ILLUMINAZIONE DEGLI SVINCOLI

3.1. OBIETTIVI DELLA VARIANTE

Il passaggio dalla tecnologia delle lampade a scarica ai vapori di sodio ad alta pressione a quella LED permette:

- notevoli risparmi energetici, quindi minore spesa per energia elettrica;
- una resa luminosa migliore, grazie all'elevata resa dei colori (indice di resa cromatica dei LED CRI ≥ 70 , contro quello delle lampade SAP CRI = 30);
- minori costi di manutenzione grazie alla maggiore vita utile: 50.000 ore per i LED installati all'aperto, quindi soggetti alle intemperie (circa 12 anni), contro 16.000 ore per le lampade SAP (meno di 4 anni); di conseguenza, non occorre più provvedere al cambio lampade;
- essendo gli apparecchi a LED privi di sostanze tossiche o dannose per l'ambiente o per la salute non costituiscono un rifiuto speciale, al contrario di quanto avviene per le lampade SAP;
- grazie al minore consumo energetico dei LED, diminuisce di conseguenza anche l'emissione equivalente di anidride carbonica in atmosfera;
- riduzione dell'inquinamento luminoso, grazie alla mancata dispersione di flusso luminoso verso l'alto da parte dei LED.

3.2. STIMA DEI RISPARMI ENERGETICI

Il risparmio energetico conseguito con l'installazione di apparecchi a LED negli svincoli, al posto delle armature con lampada SAP può essere agevolmente quantificato; nella seguente tabella sono riepilogati la quantità di apparecchi previsti in progetto, confrontando la potenza delle lampade SAP con gli equivalenti (in termini di prestazioni) apparecchi a LED.

Svincolo	N° apparecchi	Potenza nominale apparecchio SAP [W]	Potenza assorbita totale SAP (compresi ausiliari) [kW]	Potenza apparecchio LED [W]	Potenza totale LED [kW]
Matelica Ovest	61	250	17,5	83	5,1
Castelraimondo Nord	72	250	20,7	83	6,0
Matelica Sud	85	250	24,4	83	7,1
TOTALE			62,6		18,2

Come si può notare, la potenza assorbita scende drasticamente da 62,6 kW a 18,2 kW, con una riduzione di circa il **71%**.

Considerato che gli impianti di illuminazione esterna funzionano 4.380 ore all'anno, il risparmio energetico ammonta a oltre **194.000 kWh/anno**; se il costo medio dell'energia

è di 0,20 €/kWh, questo risparmio di energia, si traduce in un risparmio in bolletta di quasi **39.000,00 €/anno**.

3.3. REQUISITI ILLUMINOTECNICI DELL'IMPIANTO

In base alla norma, è stata definita una categoria illuminotecnica di riferimento relativa alle diverse strade di accesso agli svincoli, da cui ottenere la categoria relativa alle rampe degli svincoli.

Considerando sia la strada principale, sia le strade secondarie, la categoria di riferimento sarà M2, essendo l'asse principale non illuminato.

È possibile ridurre la categoria illuminotecnica al ridursi del traffico.

- con traffico inferiore al 50%, è possibile modificare la categoria illuminotecnica da quella di progetto C2 a quella di esercizio C3;
- con traffico inferiore al 25%, è possibile modificare la categoria illuminotecnica da quella di progetto C2 a quella di esercizio C4.

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale sono indicati dalla Norma UNI EN 13201-2; essi sono espressi in termini di livello ed uniformità di luminanza/illuminamento del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata, limitazione dell'abbagliamento, uniformità.

Le prescrizioni ivi formulate sono quelle minime per manti asciutti; tuttavia, se l'impianto soddisfa tali condizioni, la sicurezza della circolazione risulta ragionevolmente soddisfacente anche in condizioni di pioggia.

Le prestazioni richieste per ciascuna categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio sono riassunte nella seguente tabella:

Area di calcolo	Categoria illuminotecnica	Illuminamento	Uniformità generale
rampa di accesso	C2	20 lux	0,4

La categoria equivalente in luminanza per il calcolo di riferimento è riportata nella seguente tabella.

Area di calcolo	Categoria illuminotecnica	Luminanza	Uniformità longitudinale	Uniformità generale	Abbagliamento
Rampa di accesso	M2	1,5 cd/m ²	0,7	0,4	10 %

L'impianto di illuminazione soddisferà, inoltre, le esigenze di guida visiva, in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa; affinché tali esigenze siano soddisfatte, si eviterà ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali sarà necessario richiamare l'attenzione degli automobilisti.

Infine, nel calcolo si è adottato un fattore di manutenzione pari a 0,9, per tener conto del decadimento del flusso emesso dalle lampade e della sporcizia sull'armatura, che ne riduce le prestazioni.

Nel nostro caso, avendo una pavimentazione in asfalto, si considererà un manto stradale di classe C2, caratterizzato da un coefficiente medio di luminanza Q_0 pari a 0,07.

Il progetto, per ridurre il flusso disperso, prevede l'adozione di apparecchi di illuminazione con emissione massima a 90° non superiore a 0 cd/klm, in accordo con le prescrizioni della Legge Regionali prima richiamate.

3.4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE STRADALE

L'impianto di illuminazione degli svincoli sarà del tipo unilaterale con corpi illuminanti a LED con potenza pari a 83W, delle caratteristiche indicate negli elaborati grafici e nelle relazioni di calcolo, disposti ad un'interdistanza di circa 34 m, su pali in lamiera di acciaio zincato di altezza 9 m f.t., con sbraccio di lunghezza 1,5 m.

Tutti gli apparecchi di illuminazione, dotati di driver DALI con ingresso di alimentazione 230V, saranno completi di un modulo di telecontrollo che dovrà permettere:

- la lettura e modifica dello stato ON / OFF della sorgente luminosa: nello stato ON la piastra dei LED (o altra sorgente luminosa) è accesa, nello stato OFF è spenta ed il dispositivo non emette alcuna luce;
- la lettura e modifica del livello di luminosità della sorgente luminosa, variandola da un livello minimo pari a 0 ad un livello massimo pari a 100;
- la lettura della presenza di un'avaria grave che può causare la mancata accensione della sorgente luminosa;
- la lettura della temperatura presente sulla piastra della sorgente luminosa;
- la lettura del fattore di potenza e della corrente assorbita dall'intero punto luce;
- la lettura della potenza attiva, reattiva, apparente assorbita dall'intero punto luce.

Inoltre dovrà segnalare i seguenti guasti:

- modulo non raggiungibile dall'unità di controllo;
- alimentatore guasto; tale guasto non dovrà, comunque, inficiare la raggiungibilità del modulo, che dovrà rimanere in comunicazione con l'unità di controllo;
- temperatura fuori soglia, presente nel caso in cui la temperatura interna al punto luce superi una soglia di alert definita;
- corrente fuori soglia, presente nel caso in cui la corrente che circola sul circuito elettrico della sorgente luminosa supera una soglia di alert definita.

Inoltre, ogni modulo potrà emettere "beacon" Bluetooth per la segnalazione dinamica di informazioni date dalla centrale a dispositivi quali automobili, smartphone, ecc.

4. ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE

4.1. OBIETTIVI DELLA VARIANTE

Come già affermato nel precedente capitolo a proposito dell'illuminazione degli svincoli, il passaggio dalla tecnologia delle lampade a scarica ai vapori di sodio ad alta pressione a quella LED anche per l'illuminazione delle gallerie permette:

- notevoli risparmi energetici, quindi minore spesa per energia elettrica;
- una resa luminosa migliore, grazie all'elevata resa dei colori (indice di resa cromatica dei LED CRI ≥ 70 , contro quello delle lampade SAP CRI = 30);
- minori costi di manutenzione grazie alla maggiore vita utile: 100.000 ore per i LED installati in galleria (circa 12 anni per l'illuminazione permanente, molto maggiore per quella di rinforzo), contro 16.000 ore per le lampade SAP (meno di 4 anni); di conseguenza, non occorre più provvedere al cambio lampade;
- essendo gli apparecchi a LED privi di sostanze tossiche o dannose per l'ambiente o per la salute non costituiscono un rifiuto speciale, al contrario di quanto avviene per le lampade SAP;
- grazie al minore consumo energetico dei LED, diminuisce di conseguenza anche l'emissione equivalente di anidride carbonica in atmosfera;
- riduzione dell'inquinamento luminoso, grazie alla mancata dispersione di flusso luminoso verso l'alto da parte dei LED.

4.2. STIMA DEI RISPARMI ENERGETICI

Il risparmio energetico conseguito con l'installazione di proiettori a LED nelle gallerie, al posto dei proiettori con lampada SAP può essere agevolmente quantificato; nelle seguenti tabelle, suddivise per galleria e per sorgente luminosa, sono riepilogati la quantità di apparecchi previsti in progetto e quelli proposti in variante.

Galleria Croce di Calle	N° apparecchi	Potenza nominale apparecchio SAP [W]	Potenza assorbita totale SAP (compresi ausiliari) [kW]
Illuminazione permanente	156	100	17,9
Illuminazione di rinforzo	8	100	0,9
Illuminazione di rinforzo	26	150	4,5
Illuminazione di rinforzo	17	250	4,9
Illuminazione di rinforzo	40	400	18,4
TOTALE			46,6

2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE

Secondo stralcio funzionale:

Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord

Opera L0703	Tratto 212	Settore E	CEE 23	WBS IM0000	Id.doc. REL	N.prog 02	Rev. C	Pag.diPag 10 di 14
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	--------------	-----------	-----------------------

Galleria Mistrianello	N° apparecchi	Potenza nominale apparecchio SAP [W]	Potenza assorbita totale SAP (compresi ausiliari) [kW]
Illuminazione permanente	27	100	3,1
Illuminazione di rinforzo	6	100	0,7
Illuminazione di rinforzo	26	150	4,5
Illuminazione di rinforzo	16	250	4,6
Illuminazione di rinforzo	42	400	19,3
TOTALE			32,2

Galleria Croce di Calle	N° apparecchi	Potenza nominale apparecchio LED [W]	Potenza assorbita totale LED [kW]
Illuminazione permanente	156	68	10,6
Illuminazione di rinforzo	9	105	0,9
Illuminazione di rinforzo	13	129	0,9
Illuminazione di rinforzo	8	152	1,7
Illuminazione di rinforzo	7	305	1,7
Illuminazione di rinforzo	10	357	1,2
Illuminazione di rinforzo	40	458	2,1
TOTALE			19,1

Galleria Mistrianello	N° apparecchi	Potenza nominale apparecchio LED [W]	Potenza assorbita totale LED [kW]
Illuminazione permanente	27	68	1,8
Illuminazione di rinforzo	4	121	0,5
Illuminazione di rinforzo	20	129	0,5
Illuminazione di rinforzo	8	204	2,6
Illuminazione di rinforzo	16	357	1,6
Illuminazione di rinforzo	42	458	5,7
TOTALE			12,7

Come si può notare, la potenza installata complessiva scende drasticamente da 78,8 kW a 31,8 kW, con una riduzione di circa il **60%**.

Per il calcolo del risparmio energetico, occorre distinguere tra l'illuminazione permanente, che è sempre accesa, quindi funzionante 8760 ore all'anno, e quella di rinforzo, funzionante solo nelle ore diurne e ad un regime dipendente dall'insolazione. Per fissare i conti, è ragionevole ipotizzare che i consumi dell'illuminazione di rinforzo equivalgano ad un funzionamento al 100% della potenza installata per 1000 ore all'anno.

Pertanto risultano i consumi riassunti nella seguente tabella.

	Ore di funzionamento [h]	Potenza assorbita totale SAP (compresi ausiliari) [kW]	Energia consumata SAP (compresi ausiliari) [kWh]	Potenza assorbita totale LED [kW]	Energia consumata LED [kWh]
Croce di Calle Illuminazione permanente	8740	17,9	156.446	10,6	92.644
Croce di Calle Illuminazione di rinforzo	1000	28,7	28.700	8,5	8.500
Mistrignano Illuminazione permanente	8740	3,1	27.094	1,8	15.732
Mistrignano Illuminazione di rinforzo	1000	29,1	29.100	10,9	10.900
TOTALI			241.340,0		127.776,0

Il risparmio energetico conseguito risulta dunque pari a **113.564 kWh/anno**.

La valorizzazione economica del risparmio ottenuto è molto complessa perché l'illuminazione permanente consuma sempre la stessa energia in qualunque fascia oraria sia articolata la tariffa dell'energia elettrica, mentre l'illuminazione di rinforzo, operando nelle ore diurne, rientra nei giorni feriali nelle fasce orarie di maggior costo.

Ipotizzando un costo medio ponderato dell'energia di 0,30 €/kWh, questo risparmio di energia, si traduce in un risparmio in bolletta di oltre **34.000,00 €/anno**.

4.1. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

4.1.1. Illuminazione permanente

L'illuminazione permanente è realizzata mediante due file di proiettori LED, in classe II ad ottica simmetrica, installati sotto la passerella portacavi mediante staffa con

aggancio rapido a clip ad altezza di 6.00 m dal piano stradale.

Questi apparecchi, della potenza di 68 W, flusso luminoso emesso di 8'600 lm e temperatura di colore 4.000 K, sono disposti a interdistanza di 20 m.

4.1.2. Illuminazione di rinforzo

L'illuminazione di rinforzo intende assicurare in ore diurne un buon comfort visivo all'utente in ingresso nella galleria; essa richiede una zona all'imbocco con elevati valori di luminanza, decrescenti in funzione delle caratteristiche stradali e della velocità di progetto, per garantire l'adattamento dell'occhio dai massimi valori d'illuminamento esterno a quelli interni della galleria.

Il concetto di illuminazione di rinforzo in controflusso si basa sull'impiego di apparecchi illuminanti ad ottica asimmetrica; nel caso specifico, saranno utilizzati proiettori a LED in classe II con temperatura di colore 4.000°K, aventi le seguenti caratteristiche:

- potenza 105 W, flusso luminoso 12.900 lm;
- potenza 121 W, flusso luminoso 14.800 lm;
- potenza 129 W, flusso luminoso 15.800 lm;
- potenza 152 W, flusso luminoso 17.900 lm;
- potenza 204 W, flusso luminoso 23.900 lm;
- potenza 305 W, flusso luminoso 37.500 lm;
- potenza 357 W, flusso luminoso 43.800 lm;
- potenza 458 W, flusso luminoso 53.700 lm.

Il posizionamento degli apparecchi è previsto in modo analogo a quelli dell'illuminazione di base, ma con interdistanze a passo variabile, in funzione del livello di luminanza da mantenere in base alla distanza dall'imbocco.

4.2. REGOLAZIONE

Per la regolazione dell'illuminazione permanente e di rinforzo, si adotta un sistema di telegestione punto punto ad onde convogliate tra quadro di comando e singolo proiettore, secondo le prescrizioni della EN 50065-1. Il sistema esegue il comando di dimmerazione entro i 30 secondi, rispondente al controllo della dimmerazione in tempo reale all'entrata delle gallerie basata sulla luminanza debilitante misurata.

Nel quadro elettrico sarà installato un modulo di gestione avente le seguenti caratteristiche:

- contenitore modulare inseribile su guida DIN;
- tensione di alimentazione 230 V - 50 Hz;
- riconoscimento impianto ACCESO / SPENTO da ingresso in tensione o da ingressi digitali;
- comunicazione da e verso i proiettori in tempo reale;
- uscita digitale programmabile 5 Vcc 50 mA legata all'orologio astronomico interno;
- orologio astronomico integrato, con programmazione dei parametri in locale e da remoto;
- memorizzazione dei seguenti dati dei proiettori.

Nel quadro elettrico saranno installate dei gruppi bobine filtro per isolare la rete telecomandata verso monte (lato alimentazione).

In ogni proiettore di galleria sarà installato un modulo per telegestione e dimmerazione a onde convogliate avente le seguenti caratteristiche:

- classe di isolamento II;
- gradi di protezione IP65;
- range temperatura di funzionamento: da -20 a +65 °C;
- tensione di alimentazione 230 V - 50 Hz;
- comunicazione tramite onde convogliate direttamente sui cavi di alimentazione con modulazione tipo ASK e portante a 125 kHz (classe 116);
- Baud-rate di comunicazione tipico 1000 Baud;
- uscita optoisolata (transistor open collector) con comando duty cycle a frequenza 200 Hz per il comando della dimmerazione da 0% a 100% del corpo illuminante, con step di 1% oppure con comando 1-10 V, oppure con comando DALI;
- isolamento tra alimentazione e comando: minimo 6 mm in aria e 5000 Vcc;
- comando ON/OFF lampada;
- funzione Midnight (abilitabile dal software di programmazione), calcolo della mezzanotte presunta in base alle ore di accensione delle notti precedenti e su questo dato applicazione degli orari e delle percentuali di dimmerazione, e possibile programmare fino a 10 fasce orarie e a 10 diversi livelli di dimmerazione differenti nell'arco della notte;
- creazione scenografie gestibili in automatico dal modulo e modificabili dal software del centro di controllo;
- esecuzione, su richiesta del modulo di gestione, che le registra nella propria memoria, delle seguenti grandezze elettriche:
 - stato della lampada (accesa/spenta),
 - tensione di rete,
 - corrente assorbita,
 - fattore di potenza,
 - potenza attiva, reattiva e apparente,
 - potenza teorica risparmiata,
 - tempo totale di lampada alimentata,
 - tempo totale di lampada effettivamente accesa;
- generazione di misure e allarmi per valori fuori soglia minima/massima (direttamente dal software del centro di controllo, dopo la ricezione delle misure eseguite e con possibilità di impostare i range di comparazione) dei seguenti parametri:
 - lampada spenta,
 - lampada non comunicante,
 - valore fuori soglia del tempo di lavoro della lampada,
 - valore fuori soglia della tensione di alimentazione,
 - valore fuori soglia della corrente assorbita,
 - avaria condensatore.

4.3. SENSORE DI LUMINANZA DEBILITANTE

Per adattare l'illuminazione di rinforzo all'intensità di illuminazione naturale presente istantaneamente a ciascun imbocco delle gallerie, sarà installato un apposito sensore che effettuerà tutte le misurazioni necessarie per la determinazione della L_d secondo la formula:

$$\text{Luminanza debilitante } L_d = L_{seq} + L_{atm} + L_{par}.$$

In particolare, per la misura della L_{seq} - luminanza equivalente di velo - (diffusione della luce dovuta dalla somma della luminanza alla quale l'occhio del guidatore è soggetto a seguito della diffusione nel bulbo oculare delle luminanze perturbatrici di fonti luminose esterne) il sensore copre il campo di misura limitato entro un cono circolare con asse orientato verso il centro del fornice e semiapertura pari a $28,4^\circ$, tagliato orizzontalmente sopra e sotto a 20° per simulare l'effetto di schermatura di un parabrezza, ricorrendo al diagramma polare di Adrian costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori, angolarmente uguali e pari a 30° , ma di altezza tale che l'area di ciascun settore produca la stessa luminanza di velo equivalente qualora soggetto ad una luminanza costante.

Provvede, inoltre, a determinare la luminanza dell'atmosfera L_{atm} (luminanza perturbatrice della visione dovuta alla diffusione della luce negli strati dell'atmosfera compresa nella distanza di arresto) entro il cono di apertura pari a 2° ed a calcolare la luminanza del parabrezza L_{par} (luminanza perturbatrice della visione dovuta alla luce intercettata dal parabrezza di un veicolo) secondo la formula $L_{par} = 0,4 \times L_{seq}$.