

S.S.121 "Catanesa"

Intervento S.S.121 - Tratto Palermo (A19) - rotatoria Bolognetta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UP62

PROGETTAZIONE: **ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Luigi Mupo

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:



IMPIANTI TECNOLOGICI

Impianti di illuminazione

Relazione Tecnica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPUP0062 D 21

NOME FILE

UP62_T00IM03IMPRES01_B

CODICE ELAB.

T00IM03IMPRES01

REVISIONE

SCALA:

B

--

D

C

B

A

REV.

REVISIONE A SEGUITO RIESAME ANAS

EMISSIONE

DESCRIZIONE

NOV. 2023

FEB. 2023

DATA

F. LA IUPPA

F. LA IUPPA

REDATTO

M. CUCCARD

M. CUCCARD

VERIFICATO

G. PIAZZA

G. PIAZZA

APPROVATO

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneese" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 1.1 | GENERALITÀ | 3 |
| 1.2 | GLOSSARIO..... | 3 |
| 2 | LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 | DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI | 7 |
| 3.1 | GENERALITÀ | 7 |
| 4 | PROGETTO ILLUMINOTECNICO GALLERIE E SOTTOPASSO STRADALE | 7 |
| 4.1 | GENERALITÀ | 7 |
| 4.1.1 | <i>Riferimenti normativi</i> | 8 |
| 4.1.2 | <i>Requisiti illuminotecnici</i> | 10 |
| 4.1.3 | <i>Prescrizioni illuminotecniche</i> | 10 |
| 4.2 | DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI LUMINANZA NELLE ZONE DI RINFORZO | 11 |
| 4.2.1 | DETERMINAZIONE DEL VALORE DI LUMINANZA DEBILITANTE DI PROGETTO (LE75) 11 | |
| 4.2.2 | <i>Illuminazione di rinforzo</i> | 15 |
| 4.2.3 | <i>Illuminazione nel tratto interno</i> | 15 |
| 4.2.4 | <i>Illuminazione notturna zona interna</i> | 16 |
| 4.2.5 | <i>Luminanza delle pareti</i> | 16 |
| 4.2.6 | <i>Uniformità di luminanza</i> | 16 |
| 4.2.7 | <i>Limitazione dell'abbagliamento</i> | 17 |
| 4.2.8 | <i>Fattore di manutenzione</i> | 17 |
| 4.2.9 | <i>Illuminazione di emergenza</i> | 17 |
| 4.2.10 | <i>Risparmio energetico</i> | 17 |
| 4.2.11 | <i>Scelte progettuali</i> | 18 |
| 4.2.12 | <i>Caratteristiche specifiche</i> | 20 |
| 4.2.13 | <i>Funzionamento impianto</i> | 21 |
| 5 | PROGETTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI ALL'APERTO | 22 |
| 5.1 | DESCRIZIONE | 22 |
| 5.2 | GENERALITÀ | 23 |
| 5.3 | ILLUMINAZIONE IN ITINERE E DELLE INTERSEZIONI LINEARI A RASO ED A ROTATORIA..... | 24 |
| 5.3.1 | <i>Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso</i> | 24 |
| 5.3.2 | <i>Identificazione della categoria illuminotecnica di progetto</i> | 25 |
| 5.3.3 | <i>Identificazione della categoria illuminotecnica di esercizio</i> | 27 |
| 5.4 | SIMULAZIONE ILLUMINOTECNICA | 27 |
| 5.5 | SINTESI APPARECCHI ILLUMINAZIONE ESTERNA..... | 28 |
| 6 | SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE | 28 |
| 6.1 | GENERALITÀ | 28 |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.2 | SOSTEGNI | 28 |
| 6.2.1 | <i>Tipologia</i> | 28 |
| 6.2.2 | <i>Basamenti</i> | 29 |
| 6.2.3 | <i>Posa dei pali</i> | 29 |
| 6.3 | APPARECCHI ILLUMINANTI | 30 |
| 6.3.1 | <i>Tipologia apparecchi</i> | 30 |
| 6.3.2 | <i>Montaggio</i> | 30 |
| 6.3.3 | <i>Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto di impianti all'aperto e in galleria</i> 30 | |
| 6.4 | CAVIDOTTI | 32 |
| 6.4.1 | <i>Tipo di posa</i> | 32 |
| 6.4.2 | <i>Pozzetti</i> | 33 |
| 6.4.3 | <i>Giunzioni</i> | 33 |
| 6.4.4 | <i>Identificazione dei circuiti e delle fasi:</i> | 33 |
| 6.4.5 | <i>Derivazioni verso le armature stradali</i> | 34 |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo dell' "Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta".

1.1 Generalità

Questo documento costituisce la relazione tecnica relativa alla progettazione definitiva degli impianti di illuminazione all'esterno, dei sottopassi e delle gallerie previsti in progetto.

Nella progettazione definitiva degli impianti d'illuminazione sono state adottate le soluzioni e individuate le tecnologie che soddisfano maggiormente i seguenti obiettivi:

- la sicurezza degli utenti stradali e degli operatori;
- facilità realizzativa;
- bassi costi per gli interventi di manutenzione;
- bassi costi di esercizio;
- risparmio energetico;
- controllo in remoto del sistema;
- rispetto degli standard aziendali.

In sede progettuale è stato fatto riferimento a determinate tipologie di apparecchi con definite prestazioni operative, funzionali e di resa, non essendo possibile progettare, ad equivalenza di prestazioni, su tutto lo spettro delle apparecchiature disponibili in commercio.

Pertanto, in relazione alle apparecchiature che si debbono ritenere specialistiche, i requisiti elencati negli elaborati progettuali possono essere sostituiti con requisiti tali da garantire caratteristiche funzionali e prestazioni operative e/o energetiche equivalenti o superiori a quelle riportate in questo contesto o nelle tavole progettuali, nel rispetto delle normative vigenti.

I riferimenti dei materiali di tipo commerciale, se presenti, sono da intendersi, in tutti gli elaborati progettuali, solo ed esclusivamente come dichiarazione esemplificativa di caratteristiche tecniche.

1.2 Glossario

Di seguito si riporta il significato di acronimi e/o di altri nomi tecnici utilizzati in questo documento.

| Acronimo | Descrizione |
|----------|--|
| CEI | Comitato Elettrotecnico Italiano |
| CIE | International Commission on Illumination |
| LED | Light Emitting Diode |
| UNI | Ente Nazionale Italiano di Unificazione |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

2 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguito vengono elencati i principali riferimenti legislativi e normativi applicabili alla progettazione definitiva degli impianti di illuminazione.

Le principali norme applicabili sono:

- UNI 11095 Luce e illuminazione - Illuminazione delle gallerie stradali;
- UNI EN 40-5:2003 Pali per illuminazione pubblica - Requisiti per pali per illuminazione pubblica di acciaio
- UNI EN 40-3-3:2013 Pali per illuminazione pubblica - Progettazione e verifica - Verifica mediante calcolo
- UNI EN 40-2:2004 Pali per illuminazione pubblica - Parte 2: Requisiti generali e dimensioni
- UNI 11248:2016 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201 – 2:2016 – Illuminazione stradale – Parte 2 – Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201 – 3:2106 – Illuminazione stradale – Parte 3 – Calcolo delle prestazioni;
- UNI EN 13201 – 4:2106 – Illuminazione stradale – Parte 4 – Metodi delle misurazioni delle prestazioni fotometriche;
- UNI EN 13201 – 5:2106 – Illuminazione stradale – Parte 5 – Indicatori delle prestazioni energetiche;
- UNI 11431 – Luce ed illuminazione – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso;
- EC 1 2016 UNI 11630:2016 – Luce ed illuminazione – Criteri per la stesura del progetto illuminotecnico;
- CEN/TR 13201 -1- 2014 – Road lighting –Part 1 – Guidelines on selection of lighting classes;
- UNI 10819 Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.
- CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- UNI EN 12464-1:2011 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interno
- UNI EN 12464-2:2014 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno
- CIE 126:1997 Guidelines for minimizing sky glow
- CIE 136:2000 Guide to the Lighting of Urban Areas
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto.
- 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 del CT3 - Documentazione e Segni Grafici. Tutti i fascicoli in vigore.
- CEI 8-6 Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione.
- CEI 11-17:2011 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a corrente alternata.
- CEI 11-26 Calcolo degli effetti delle correnti di corto circuito.
- CEI 11-28 Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a bassa tensione.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small> |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- CEI 11-48 (CEI EN 50110-1) Esercizio degli impianti elettrici.
- CEI 11-49 (CEI EN 50110-2) Esercizio degli impianti elettrici (allegati nazionali).
- CEI del CT16 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni: tutti i fascicoli in vigore.
- CEI 16-2 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori.
- CEI 16-4 Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura ed identificazione – Individuazione dei conduttori tramite colori o codici alfanumerici.
- CEI 16-7 Elementi per identificare i morsetti e la terminazione dei cavi.
- CEI 17-13/2 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 2: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre.
- CEI 17-13/3 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD).
- CEI 17-13/4 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri B.T.). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate per cantiere (ASC).
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri B.T.) non di serie (ANS).
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al cortocircuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS).
- CEI 17-70 Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione.
- CEI 17-71 Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione". Prescrizioni generali.
- CEI 20-13, 20-14, 20-19, 20-20, 20-22 II, 20-35, 20-36, 20-37, 20-45, 20-65, relativamente ai vari tipi di cavi elettrici.
- CEI 20-21 Calcolo delle portate dei cavi elettrici. Parte 1: in regime permanente (fattore di carico 100%).
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione.
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi a 0,6/1 kV.
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare
- CEI 64-7 Impianti di illuminazione situati all'esterno con alimentazione serie
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale o terziario.
- CEI 64-14 Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori.
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (Codice IP).
- Norme del CT 70 – involucri di protezione: tutti i fascicoli.
- CEI 81-2 "Guida per la verifica delle misure di protezione contro i fulmini".
- CEI 81-10/1 Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali.
- CEI 81-10/2 Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio.
- CEI 81-10/3 Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI 81-10/4 Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesese" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- CEI EN 60598-1:2009 Apparecchi di illuminazione - Parte 1: Prescrizioni generali e prove
- CEI EN 60598-2-3:2003 Apparecchi di illuminazione - Parte 2-3: Prescrizioni particolari - Apparecchi per illuminazione stradale
- CEI UNI 70029:1998 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza
- CEI UNI 70030:1998 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- Tabelle CEI-UNEL 00721 Colori del rivestimento esterno dei cavi interrati.
- Tabelle CEI-UNEL 00722 Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali U_0/U non superiori a 0,6/1 kV.

Le principali disposizioni legislative applicabili sono:

- Direttiva Presidenza Consiglio Ministri 3/3/99 "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici";
- DM 21 Marzo 1988, n°449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche esterne";
- DM 19 aprile 2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".
- DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- DPR 495/92 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- Legge n° 186 del 01.03.1968 Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici costruiti "a regola d'arte".
- Legge n° 791 del 18.01.1977 Attuazione della Direttiva n° 73/23/CEE (abrogata dalla Direttiva n° 2006/95/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro alcuni limiti di tensione.
- Decreto Ministeriale n. 37 del 22 gennaio 2008 "Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici"
- D.lgs 30 aprile 1992, n. 285 e s.m.i. - Nuovo codice della strada
- D.lgs. n°81/2008 e s.m.i. "Testo Unico sulla Sicurezza".
- D.Lgs. 16 giugno 2017, n. 106 (Regolamento Prodotti da Costruzione, CPR), "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE".

D.G.R. n. 48/31 del 29/11/07 della Regione Sardegna "Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico".

Le direttive applicabili sono:

- 2006/95/CE Direttiva Bassa Tensione.
- 2004/108/CE Direttiva compatibilità elettromagnetica

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | |  |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

3 DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

3.1 Generalità

Questo capitolo inquadra l'intervento di progettazione definitiva relativo agli impianti di illuminazione all'aperto, dei sottopassi pedonali del sottopasso stradale e delle gallerie, nell'ambito del progetto denominato "SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta". I dettagli, le metodologie di progettazione e di calcolo sono riportati nei capitoli successivi di questo documento e negli allegati richiamati.

4 PROGETTO ILLUMINOTECNICO GALLERIE E SOTTOPASSO STRADALE

4.1 Generalità

L'opera in oggetto prevede la realizzazione e/o il rifacimento delle seguenti gallerie/sottopassi riassunti nella tabella in calce:

| Sigla | Descrizione | progressive AP | | Lunghezza ai fini illuminotecnici |
|-----------------|--|----------------|-----------|-----------------------------------|
| | | da | a | |
| unità | | | | m |
| GA01SX A19 | Galleria artificiale SVINCOLO A19 sinistra | SX 1+210 | SX 1+280 | 70 |
| GA01DX A19 | Galleria artificiale SVINCOLO A19 destra | DX 1+207 | DX 1+277 | 70 |
| GN01SX | Galleria naturale PIZZO CANNITA sinistra | SX 1+967,5 | SX 3+025 | 1057,5 |
| GN01DX | Galleria naturale PIZZO CANNITA destra | DX 1+960 | DX 3+030 | 1070 |
| GA02SX | Galleria artificiale BASSANO sinistra | SX 4+400 | SX 4+630 | 210 |
| GA02DX | Galleria artificiale BASSANO destra | DX 4+400 | SX 4+630 | 210 |
| GA03SX | Galleria artificiale INCORBINA sinistra | SX 5+795 | SX 5+935 | 125 |
| GA03DX | Galleria artificiale INCORBINA destra | DX 5+795 | DX 5+935 | 140 |
| GN02SX | Galleria naturale DON COLA sinistra | SX 9+295 | SX 9+735 | 445 |
| GN02DX | Galleria naturale DON COLA destra | DX 9+290 | DX 3+715 | 425 |
| GA04SX | Galleria artificiale SAVONA SX sinistra | SX 9+865 | SX 9+955 | 80 |
| GA04DX | Galleria artificiale SAVONA DX destra | DX 9+860 | DX 9+930 | 45 |
| GA05SX | Galleria artificiale AMARI sinistra | SX 12+292 | SX 12+465 | 160 |
| GA05DX | Galleria artificiale AMARI destra | DX 12+292 | DX 12+465 | 160 |
| GN03 imb. Est. | Galleria naturale BOLOGNETTA singola canna doppio senso tipo C | SX 14+025 | SX 14+630 | 605 |
| GN03 imb. ovest | Galleria naturale BOLOGNETTA singola canna doppio senso tipo C | DX 14+025 | DX 14+630 | |
| AS_E07 | Sottopasso strada locale | 0+657 | | 16 |
| AS_E71 | Sottopasso strada locale | 7+110 | | 26 |
| ST_E75 | Sottopasso strada locale | 7+590 | | 27 |
| ST_E77 | Sottopasso tipo extraurbana F2 | 7+790 | | 23 |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANI |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

| | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|--|----|
| ST-SV_03 | Sottopasso strada locale | | | 8 |
| AS_E83 | Sottopasso strada locale | 8+380 | | 28 |
| ST07_AS-E12 | Sottopasso A19 strada locale | | | 38 |
| ST08_SV02 | Sottopasso svincolo A19 | | | 48 |

Dal punto di vista della classificazione stradale tutte le gallerie sull'asse principale sono di tipo B ad esclusione della galleria GN03 che risulta a singola canna e di tipo C. I sottopassi sono classificati di tipo F.

4.1.1 Riferimenti normativi

I riferimenti normativi applicabili sono di seguito elencati:

- Norma UNI 11095– "Illuminazione delle gallerie stradali"
- UNI EN 13201-2/2016 – "Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali"
- D.M. 14/09/2005 – "Norme di illuminazione delle gallerie stradali"
- Direttiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29/04/2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea
- 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. 17/2006 con allegate Linee Guida ed. Novembre 2006 revisionate in data Ottobre 2009.

UNI 11248/2016 "Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche"

Il D.M. 14/09/2005 – "Norme di illuminazione delle gallerie stradali" stabilisce che le gallerie devono essere illuminate secondo i dettami della norma UNI 11095 la quale mette a disposizione dei diagrammi decisionali per stabilire se la "galleria/sottopasso" deve essere illuminata, e in tale caso, se con impianto normale o ridotto.

In base alle caratteristiche delle "gallerie" sopraesposte, dal prospetto I della suddetta norma, si deducono i diagrammi da considerare. Da tali diagrammi e dai dati in ingresso al processo decisionale si rileva quanto segue:

| Sigla | Class.zione strada | Velocità riferimento esterna | Diagramma decisionale | pendenza zona accesso | distanza di riferimento tabella UNI | Lungh. ai fini ill.ne | uscita visibile | Impianto ill.zione richiesto |
|---------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|
| unità | | km/h | | % | tabella B.1 | M | | |
| GA01SX A19 | B | 110 | II | -1,35 | 127 | 70 | NO | Impianto normale |
| GA01DX A19 | B | 110 | II | 1,35 | 123 | 70 | NO | Impianto normale |
| GN01SX | B | 110 | II | 0,5 | 124 | 1057,5 | NO | Impianto normale |
| GN01DX | B | 110 | II | 1,05 | 123 | 1070 | NO | Impianto normale |

SS 121 "Catanesa"
Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta



UP62

Relazione illuminotecnica

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|-----|-----|-------|-----|-----|----|-------------------|
| GA02SX | B | 110 | II | -0,84 | 125 | 210 | SI | Impianto normale |
| GA02DX | B | 110 | II | 0,84 | 124 | 210 | SI | Impianto normale |
| GA03SX | B | 110 | II | 0,76 | 124 | 125 | SI | Impianto ridotto* |
| GA03DX | B | 110 | II | -4,77 | 130 | 140 | NO | Impianto normale |
| GN02SX | B | 110 | II | -2,15 | 127 | 445 | NO | Impianto normale |
| GN02DX | B | 110 | II | 1,17 | 123 | 425 | NO | Impianto normale |
| GA04SX | B | 110 | II | -0,83 | 125 | 80 | NO | Impianto normale |
| GA04DX | B | 110 | II | 0,84 | 124 | 45 | NO | Impianto normale |
| GA05SX | B | 110 | II | -6 | 132 | 160 | SI | Impianto ridotto* |
| GA05DX | B | 110 | II | 4,76 | 120 | 160 | NO | Impianto normale |
| GN03 imb. Est. | C | 90 | III | -2,24 | 97 | 605 | NO | Impianto normale |
| GN03 imb. ovest | C | 90 | III | 0,75 | 94 | | NO | Impianto normale |
| AS_E07 | F | 40 | III | | | 16 | SI | Impianto assente |
| AS_E71 | F | 40 | III | | | 26 | SI | Impianto assente |
| ST_E75 | F | 40 | III | | | 27 | SI | Impianto assente |
| ST_E77 | F | 50 | III | | | 23 | SI | Impianto assente |
| ST-SV_03 | F | 40 | III | | | 8 | SI | Impianto assente |
| AS_E83 | F | 40 | III | | | 28 | SI | Impianto assente |
| ST07_AS-E12 | F | 40 | III | -2 | 37 | 38 | NO | Impianto ridotto |
| ST08_SV02 | F | 40 | I | -2 | 37 | 48 | NO | Impianto ridotto |

*) a favore della sicurezza verrà considerato impianto normale.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneſe" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

4.1.2 Requisiti illuminotecnici

La presente relazione precisa i criteri ed i riferimenti normativi che sono alla base del dimensionamento degli impianti di illuminazione e le procedure di calcolo utilizzate per giungere a definire le caratteristiche dei vari elementi costituenti l'impianto stesso delle gallerie in progetto.

Il progetto è stato redatto in modo da rispettare le prescrizioni illuminotecniche espresse nella norma UNI 11095.

Ai criteri di realizzazione degli impianti di illuminazione in galleria che di seguito si andranno a definire e che hanno per obiettivo il raggiungimento di un livello prestazionale complessivo dell'impianto, congruente con la sicurezza della circolazione veicolare in galleria, dovranno fare riferimento tutte le attività, le forniture e quanto altro a carico dell'impresa esecutrice dei lavori in modo da raggiungere a pieno gli obiettivi previsti.

Gli obiettivi ed i riferimenti progettuali sono:

- il livello di luminanza da realizzare sul manto stradale del tunnel e della parte bassa delle pareti laterali lungo lo sviluppo del tunnel stesso al fine di garantire le condizioni di sicurezza e del comfort visivo;
- il contenimento dei costi di primo impianto e di esercizio che condizionano le scelte tecniche;
- la uniformità della distribuzione di luminanza sul piano stradale compatibilmente con la variazione continua imposta nelle zone di soglia e di transizione;
- il controllo di fastidiosi effetti di abbagliamento.

La simulazione illuminotecnica è stata effettuata con software Litecalc v.7.00.002 della OxyTech Srl e riportata nell'elaborato "Calcoli illuminotecnici".

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nella relazione di calcolo.

4.1.3 Prescrizioni illuminotecniche

La Norma UNI 11095 divide la sezione longitudinale del tunnel in zone di riferimento, caratterizzate da differenti requisiti di luminanza che devono essere forniti dall'impianto di illuminazione:

- zona di accesso: tratto di strada all'aperto immediatamente precedente la sezione di ingresso in galleria, di lunghezza pari alla distanza di riferimento (presunzione di arresto);
- zona di entrata: tratto interno dalla sezione di ingresso in galleria, di lunghezza almeno pari alla distanza di riferimento, lungo il quale l'illuminazione deve garantire un valore di luminanza media tale da consentire al conducente di un veicolo in avvicinamento di individuare dalla distanza di riferimento l'ostacolo di riferimento;

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- zona di transizione: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di entrata, lungo il quale i valori di luminanza media della carreggiata in sezioni trasversali della galleria vengono ridotti gradualmente per consentire all'occhio del conducente di un veicolo di adattarsi ai livelli di luminanza più bassi della zona interna;
- zona interna: è il tratto interno della galleria successivo alla zona di transizione, lungo il quale devono essere forniti valori di luminanza media tali da consentire il percorso della galleria in sicurezza e garantire la percezione dell'ostacolo di riferimento;
- zona di uscita: è la zona terminale della galleria; in questo tratto la visibilità del conducente è influenzata dalla luce esterna. Solitamente la visibilità non è critica in quanto gli eventuali ostacoli sono individuati come corpi scuri su fondo chiaro.

L'impianto di illuminazione deve quindi essere realizzato per garantire:

- ⇒ una illuminazione di **rinforzo** nel tratto iniziale di galleria, la cui estensione, andamento e livello di luminanza sulla strada, sono dipendenti dalla luminanza esterna e dalla velocità di progetto;
- ⇒ una illuminazione **permanente** distribuita per tutta la lunghezza della galleria, accesa sia nelle ore diurne che notturne al fine di garantire i livelli di luminanza minima imposti dalle norme di riferimento.
- ⇒ facoltativamente una illuminazione di rinforzo nella zona di uscita. Qui non implementata.

4.2 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI LUMINANZA NELLE ZONE DI RINFORZO

Rinviando all'elaborato dei calcoli illuminotecnici per i dettagli in merito alla stima dei valori di luminanza di entrata ed alla definizione delle curve di luminanza per ogni imbocchi, si riporta nel seguito la descrizione sommaria del metodo utilizzato per la loro determinazione.

4.2.1 DETERMINAZIONE DEL VALORE DI LUMINANZA DEBILITANTE DI PROGETTO (LE75)

La luminanza di entrata rappresenta il massimo livello di luce artificiale all'imbocco della galleria, utile per poter individuare dalla distanza di riferimento (distanza di arresto) un eventuale oggetto che casualmente si trovasse sulla carreggiata. Normativamente l'oggetto di riferimento è rappresentato da un cubo di 20 cm di lato e facce di colore scuro (fattore di riflessione 0,2), posto in un punto qualsiasi della carreggiata.

La percezione dell'ostacolo di riferimento risulta garantita se la luminanza media trasversale nella sezione di entrata, risulta maggiore o uguale al valore Le75 definito dalla formula della stessa norma:

$$Le75 = c Lv75$$

dove:

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanese" | |  ANAS <small>GRUPPO FS ITALIANE</small> |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

• $L_{v75} = L_{seq75} + L_{atm75} + L_{par75} + L_{cru75}$ è la luminanza debilitante percepita alla distanza di riferimento dall'imbocco con:

- L_{seq75} è la luminanza equivalente di velo
- L_{atm75} è la luminanza atmosferica

$$L_{atm75} = 1,3 \frac{d_a \times E_{h75}}{\pi \times V_{m75}}$$

- L_{par75} è la luminanza del parabrezza
- L_{cru75} è la luminanza del cruscotto

• il pedice 75 indica che sono esclusi, ai fini progettuali i valori di punta più elevati che, complessivamente, non durano più di 75 h/anno.

• c è un fattore che dipende dal tipo d'impianto (vedi prospetto 1 della UNI 11095 riportato sotto)

prospetto 1 Valori del fattore c in funzione del tipo di impianto

| Tipo di impianto | Fattore c |
|------------------|-------------|
| Controflusso | 0,23 |
| Simmetrico | 0,25 |
| Proflusso | 0,32 |

Per il calcolo di L_{seq} si è fatto riferimento al metodo, sempre illustrato in Appendice della Norma UNI11095, basato sul diagramma di Adrian.

Il metodo consiste nel sovrapporre alla fotografia o ricostruzione dell'imbocco un diagramma in scala (diagramma di Adrian con scala definita dalla norma UNI 11095.), a cerchi concentrici, opportunamente distanziati e suddivisi da linee radiali, a formare un reticolo di settori.

A ciascun settore viene attribuito un valore di luminanza, conformemente al tipo di superficie racchiusa dal settore stesso, utilizzando il relativo valore di luminanza ambientale misurato in campo.

La luminanza equivalente di velo si calcola con la seguente espressione (formula H.1 della UNI 11095) dove $L_{i,j75}$ è convenzionalmente il valore massimo che si presenta per almeno 75h nell'arco dell'anno della luminanza della superficie emittente dell' i -esimo anello e del j -esimo settore del diagramma polare, in chilocandele al metro quadro.

La luminanza atmosferica L_{atm75} è calcolata a partire dalla formula (5) della Norma UNI11095 (formula di Padmos ed Alferdinck) di seguito riportata:

dove:

- E_{h75} è l'illuminamento orizzontale di progetto che nel caso di cui trattasi (latitudine 45°) risulta pari a 56.000lx (vedi prospetto E.3 della Norma UNI 11095 riporta nel seguito);
- d_a è la distanza di riferimento, in (m), variabile da imbocco a imbocco

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small> |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- V_{m75} è la distanza di visibilità meteorologica di progetto che nel caso di cui trattasi risulta pari a 10 km (vedi prospetto I.2 della Norma UNI 11095).

La luminanza del parabrezza L_{par75} e del cruscotto L_{cru75} sono stimate a partire dalla luminanza equivalente di velo come indicato dalla formula della Norma UNI 11095, di seguito riportata:

$$L_{par75} + L_{cru75} = 0,4 L_{seq75}$$

Di seguito alcuni prospetti utilizzati nel calcolo.

Valori di luminanza da considerare nella stima di L_{seq75}

| Direzione di marcia | Luminanza [$\text{kcd}\cdot\text{m}^{-2}$] | | | | | |
|---------------------|--|--------|-------|---------|------------------|-------|
| | Cielo | Strada | Rocce | Edifici | Neve | Prati |
| Verso Nord | 8 | 3 | 3 | 8 | 15 | 2 |
| Est-Ovest | 12 | 4 | 2 | 6 | 10 (V) 15 (H) | 2 |
| Verso Sud | 16 | 5 | 1 | 4 | 5 (V) 15 (H) | 2 |

(V) Paesaggio montagnoso con superfici prevalentemente ripide, rivolte verso il conducente.

(H) Paesaggio pianeggiante, più o meno orizzontale.

Illuminamenti orizzontali convenzionali E_{h75}

| Latitudine locale | Illuminamento orizzontale [Klx] |
|-------------------|------------------------------------|
| 36°N | 64 |
| 36°N | 64 |
| 40°N | 60 |
| 42°N | 58 |
| 44°N | 57 |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanese" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

| | |
|------|----|
| 46°N | 55 |
|------|----|

Distanza di visibilità meteorologica V_{m75}

| Tipo di galleria | Distanza di visibilità meteorologica [Km] |
|---|--|
| Galleria e sottopassi urbani | 8 |
| Gallerie extraurbane al livello del mare | 9 |
| Gallerie extraurbane a quota ≤ 500 m | 10 |
| Gallerie extraurbane a quota > 500 m | 15 |

Nella seguente tabella vengono riassunti i risultati ottenuti nei calcoli:

| Sigla | distanza di riferimento tabella UNI | Lunghezza ai fini illuminazione | luminanza di progetto Le | Metodo di calcolo curva di luminanza |
|-----------------|--|------------------------------------|-------------------------------|--|
| unità | tabella B.1 | m | cd/mq | |
| GA01SX A19 | 127 | 70 | 106,7 | B |
| GA01DX A19 | 123 | 70 | 134,7 | B |
| GN01SX | 124 | 1057,5 | 78,5 | B |
| GN01DX | 123 | 1070 | 116,2 | B |
| GA02SX | 125 | 210 | 97,6 | B |
| GA02DX | 124 | 210 | 133,6 | B |
| GA03SX | 124 | 125 | 99,5 | B |
| GA03DX | 130 | 140 | 128,6 | B |
| GN02SX | 127 | 445 | 83,3 | B |
| GN02DX | 123 | 425 | 112,2 | B |
| GA04SX | 125 | 80 | 95,7 | B |
| GA04DX | 124 | 45 | 135,1 | B |
| GA05SX | 132 | 160 | 96,4 | B |
| GA05DX | 120 | 160 | 129,7 | B |
| GN03 imb. Est. | 97 | 605 | 79,2 | B |
| GN03 imb. ovest | 94 | 605 | 79 | B |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

| | | | | |
|-------------|----|----|------|---|
| ST07_AS-E12 | 37 | 38 | 28,6 | A |
| ST08_SV02 | 37 | 48 | 27,5 | A |

si precisa che nei sottopassi ST07_AS-E12 e ST08_SV02 a favore della sicurezza si considerato ai fini del dimensionamento l'imbocco nord, e valido per entrambe le corsie di marcia.

La scelta del metodo di calcolo tipo B, a parità di condizioni di sicurezza permette un notevole risparmio energetico.

4.2.2 Illuminazione di rinforzo

L'illuminazione di rinforzo è suddivisa in 2 zone:

- la zona di entrata nel primo tratto della galleria dopo l'imbocco, per una lunghezza pari alla distanza di progetto;
- la zona di transizione a continuazione della zona di entrata fino a raggiungere il livello di luminanza dell'illuminazione permanente o la fine della galleria.

nel metodo A nella zona di entrata si ha un andamento costante della luminanza di progetto sino ad una distanza pari a $d_{p,max}/2$, per poi diminuire linearmente sino a 0,407 del valore iniziale alla distanza $d_{p,max}$.

Nel metodo B abbiamo una prima parte caratterizzata da valori di luminanza variabile e dipendente dalla valutazione della luminanza in avvicinamento sino alla distanza d_{min} , e una seconda parte costante e pari alla valutazione della luminanza in corrispondenza di d_{min} , dove d_{min} è la distanza massima dall'imbocco in cui un primo punto dello stesso coincide con l'apertura di 18° del diagramma polare di Adrian

Nella zona di transizione il valore di luminanza è calcolato tramite la formula (D.4) per la lunghezza calcolabile con la (D.6):

4.2.3 Illuminazione nel tratto interno

La luminanza media mantenuta della zona interna L_j deve essere:

- per gallerie a senso unico di marcia: $L_j \geq 1,5 \cdot L$
- per gallerie a doppio senso di marcia: $L_j \geq 2,0 \cdot L$

dove L è il valore minimo della luminanza media mantenuta indicato nella UNI EN 13201-2/2016 (Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali) per la classe relativa al tipo di strada di accesso alla galleria, definita dalla UNI 11248/2016 (Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche).

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANI |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

Come risulta dalla classificazione fatta nei paragrafi successivi relativi alle strade all'esterno, risulta che la luminanza media mantenuta della zona interna L_i dovrà essere ad un livello non inferiore a 1,125 cd/m². Tuttavia gli impianti in oggetto verranno dimensionati per avere un livello di luminanza pari a 1,5 affinché le gallerie abbiano un livello congruo anche con l'uso temporaneo a doppio senso di marcia.

4.2.4 Illuminazione notturna zona interna

Sempre nel rispetto della normativa per le gallerie, durante le ore notturne di traffico ridotto, la luminanza della zona interna può scendere a 1 cd/m². Questo comporta che, al fine di mantenere comunque i valori di uniformità nei limiti normativi previsti, l'impianto di illuminazione permanente dovrà essere gestito da un sistema di regolazione in grado di ridurre la corrente di pilotaggio dei LED.

4.2.5 Luminanza delle pareti

La luminanza media mantenuta delle pareti, per un'altezza almeno pari a 2 m sopra la carreggiata, non deve essere minore del 60% della luminanza media mantenuta della carreggiata in tutte le zone della galleria, sia nell'illuminazione diurna sia in quella notturna.

4.2.6 Uniformità di luminanza

in tutte le zone della galleria, su ogni corsia della carreggiata e sulle pareti fino ad almeno 2 m di altezza, sia di giorno sia di notte e per ogni stato di parzializzazione dell'impianto di illuminazione, l'uniformità generale (U_0), l'uniformità longitudinale (U_l) e l'uniformità trasversale (U_t) di luminanza devono essere:

$U_0 \geq 0,50$ sulla carreggiata o sulle corsie a senso unico di marcia;

$U_t \geq 0,50$ sulla carreggiata o sulle corsie a senso unico di marcia;

$U_0 \geq 0,40$ su tutte le altre superfici;

$U_t \geq 0,40$ su tutte le altre superfici;

$U_l \geq 0,70$ sulla carreggiata;

$U_l \geq 0,60$ su tutte le altre superfici.

Dove:

- U_0 è l'uniformità di luminanza generale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media [UNI EN 13201-2]
- U_l è l'uniformità di luminanza longitudinale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e massima [UNI EN 13201-2], rilevata lungo la mezzera di una corsia di marcia per la carreggiata

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small> |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- U_t è l'uniformità di luminanza trasversale, ovvero il rapporto tra luminanza minima e media trasversale nella stessa sezione della superficie di calcolo [UNI 11095]

4.2.7 Limitazione dell'abbagliamento

L'incremento di soglia TI, ovvero la misura della perdita di visibilità causata dall'abbagliamento debilitante degli apparecchi di un impianto di illuminazione stradale, non deve superare il 10% nelle zone a luminanza costante e il 20% nelle zone a luminanza variabile.

4.2.8 Fattore di manutenzione

Nelle valutazioni illuminotecniche è stato assunto un fattore di manutenzione $K_m=0,8$.

Come descritto nel rapporto tecnico CIE 154:2003 il fattore di manutenzione deriva dal prodotto dei seguenti tre fattori:

- **KLMF**: fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dalla lampada durante il normale utilizzo. Nel caso di cui trattasi si assume $KLMF = 0,9$ ovvero si ipotizza di cambiare sorgente quando essa perde il 10% del flusso iniziale
- **KLSF**: fattore che considera il numero di lampade fuori servizio dopo un determinato periodo di funzionamento. Nel caso di cui trattasi si assume $KLSF=1$ ovvero si ipotizza che le lampade fuori servizio vengano prontamente sostituite "su guasto".
- **KMF**: fattore che considera la riduzione del flusso luminoso emesso dall'apparecchio considerate specifiche condizioni ambientali e determinati intervalli fra due successivi interventi di manutenzione. Nel caso di cui trattasi si assume $KMF = 0,89$ in quanto gli apparecchi illuminanti utilizzati hanno grado $IP>66$, si ipotizza un intervento con pulizia dei vetri/ottiche ogni 2 anni e si considera "medio" il livello di inquinamento

Pertanto il coefficiente K_m , sempre secondo la CIE 154:2003 e nelle ipotesi sopra esposte, vale:

$$K_m = KLMF * KLSF * KMF = 0,9 * 1 * 0,89 \approx 0,8$$

4.2.9 Illuminazione di emergenza

Le gallerie illuminate con lunghezza maggiore di 500m saranno dotate di illuminazione di emergenza.

L'illuminazione di sicurezza nei By-pass e cunicoli di emergenza sarà predisposta e calcolata secondo UNI EN 1838. I circuiti di alimentazione saranno derivati dalla sezione di alimentazione di sicurezza.

4.2.10 Risparmio energetico

L'impiego di sorgenti LED per l'illuminazione delle gallerie, grazie alla loro elevata efficienza luminosa, costituisce un valido presupposto al contenimento dei consumi energetici.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

La vicinanza della curva delle luminanze effettive alla curva delle luminanze prescritte $L(x)$, consente infine di evitare luminanze superflue rispetto al minimo necessario, senza peraltro scendere sotto i valori minimi consentiti dalle curve delle luminanze prescritte.

Un'attenzione particolare dovrà poi essere prestata alla regolazione del sensore di luminanza esterno e nella conseguente taratura delle apparecchiature di regolazione dell'impianto, particolarmente nelle ore diurne di luminosità esterna ridotta e nelle ore serali.

L'impianto di illuminazione permanente pur essendo sempre attivo, a notte inoltrata, con traffico ridotto, il livello dell'illuminazione permanente viene diminuito (ad un valore comunque non inferiore a 1 cd/m^2 come prescritto dalla Norma UNI 11095), onde consentire risparmi di energia elettrica. A questo scopo per l'impianto di illuminazione è previsto un sistema di regolazione, capace di abbassare il livello di luce in galleria senza alterare i valori di uniformità di luminanza dell'impianto calcolata a pieno regime.

Ciò significa che il livello di luminanza ad impianto nuovo è del 20% superiore alla luminanza minima richiesta. Con la possibilità di regolazione del flusso luminoso offerto dalle sorgenti LED, si può quindi realizzare un ulteriore risparmio energetico nei primi tempi di messa in servizio dell'impianto grazie anche all'installazione di sonde di luminanze interne.

La scelta del metodo di calcolo B, rispetto al metodo A, riferito alla curva di luminanza di progetto consente un ulteriore e significativo risparmio energetico valutabile intorno al 20%.

4.2.11 Scelte progettuali

Ove tecnicamente possibile sono stati privilegiati impianti di rinforzo a controflusso.

La luminanza della zona di transizione è stata ottenuta mantenendola il più vicino possibile ai valori minimi richiesti, evitando il dimensionamento a gradini.

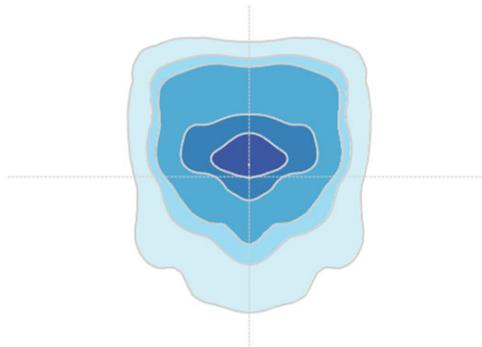
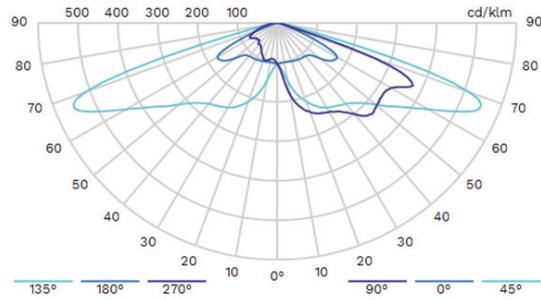
Si sono utilizzati altresì apparecchi di illuminazione con un'ampia varietà di potenze e flusso al fine di ottimizzare le luminanze ed il risparmio energetico, con apparecchi da 22,9W a 624W e flussi da 4,4klm a 99klm.

Si riportano infine di seguito le fotometrie utilizzate:

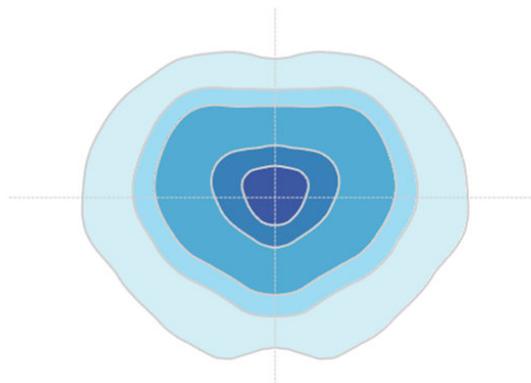
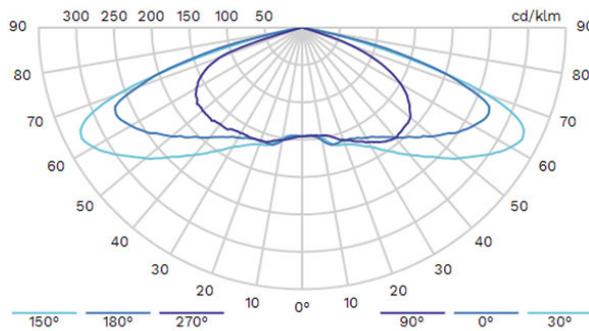
APPARECCHIO TIPO RINFORZO OTTICA 5353

UP62

Relazione illuminotecnica



APPARECCHIO TIPO PERMANENTE OTTICA 5304.



| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

4.2.12 Caratteristiche specifiche

- L'impianto di illuminazione sarà realizzato con proiettori specifici con corpo in pressofusione/estruso corpo in lega di alluminio pressofuso:
- ottica simmetrica/controflusso;
- schermo in vetro piano temperato spessore $\geq 5\text{mm}$;
- temperatura di colore 4.000K;
- resa cromatica ≥ 70 ;
- grado di protezione IP66;
- classe II;
- protezione alle sovratensioni DM/CM $\geq 10/8\text{kV}$;
- resistenza agli urti: IK08;
- tensione di alimentazione 230/240 V - 50/60 Hz;
- fattore di potenza ≥ 0.95 ;
- temperatura di esercizio: $-30^{\circ}\text{C} \div +45^{\circ}\text{C}$
- vita nominale dei LED (L90) a $T_a=25^{\circ}\text{C}$: > 100.000 ore;
- staffe a sgancio rapido in acciaio inox, regolabile ed inclinabile, adatte per il montaggio sotto canalina ovvero staffa regolabile ed inclinabile da parete;
- driver elettronico dimmerabile (DALI e 1-10V) installato nel corpo apparecchio o in eventuale box ottico separato IP66 – IK08;
- durata driver elettronico: 100.000 ore con Temperatura case $\leq 70^{\circ}\text{C}$

I corpi illuminanti saranno ancorati alla passerella asolata mediante staffe sagomate e relativi accessori tutto in acciaio inox. I circuiti di illuminazione di rinforzo saranno realizzati con cavo di tipo FG16M16 - 0,6/1 kV, unipolare, flessibile, non propaganti l'incendio, isolati in gomma HEPR ad alto modulo di qualità G16 sotto guaina termoplastica speciale di qualità M16, rispondente alle norme CEI e conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), mentre per i circuiti di illuminazione permanente saranno utilizzati cavi di tipo resistente al fuoco FTG10(O)M1-0.6/1 kV. Per quanto riguarda la derivazione elettrica, per l'alimentazione dei proiettori utilizzati per i circuiti di rinforzo e permanenti, questa verrà realizzata mediante cassette in lega di alluminio avente classe II di isolamento, collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Le cassette di derivazione dei proiettori che costituiscono l'emergenza sono del tipo resistente al fuoco collegata ad una presa CEE 2x16A tramite un cavo multipolare, resistente al fuoco, a doppio isolamento. Il proiettore sarà corredato da una spina CEE 2x16A che andrà inserita nella presa di cui sopra garantendo oltre al collegamento elettrico anche un facile e veloce scollegamento del proiettore in caso di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Per quanto riguarda il numero dei circuiti elettrici di alimentazione si rimanda all'elaborato "Schemi elettrici"

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

Le caratteristiche dei corpi illuminanti, delle canalizzazioni, delle linee elettriche, il dimensionamento di tutti i componenti facenti parte dell'impianto, il numero e la consistenza di tutte le apparecchiature e dei materiali sono descritti negli allegati elaborati grafici e di calcolo.

4.2.13 Funzionamento impianto

Al fine di garantire la sicurezza del traffico ed il risparmio energetico, l'illuminazione della galleria deve poter variare proporzionalmente alla luminanza debilitante misurata dalla distanza di riferimento. A tal fine sarà installato, a distanza di progetto dall'imbocco, un luminanzometro in grado di "vedere" l'illuminamento naturale (luminanza debilitante - cd/mq) all'ingresso. La sonda sarà installata ad un'altezza di circa 5 metri in modo da non essere influenzata dal traffico pesante e sarà puntata sulla mezzera della sezione d'entrata a 1,5 metri dal piano della carreggiata.

Sarà possibile quindi, durante le ore diurne, regolare l'intensità dell'illuminazione di rinforzo per adattarla alle condizioni esterne. A tal fine saranno installate all'interno di ciascun proiettore di rinforzo, idonee schede di interfaccia che comunicheranno con la centralina posta in cabina. In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde radio tra regolatore e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 kHz). Con questa opzione è possibile controllare il singolo punto luce, realizzare scenari personalizzati di illuminazione, verificare il consumo energetico dell'impianto e segnalare eventuali guasti. Il sistema previsto si integra con altri sistemi di controllo presenti o futuri.

La tecnologia LED permette di ottimizzare i livelli di dimmerazione fino al 15-20% del loro flusso iniziale mantenendo sempre le condizioni percettive necessarie e garantendo una sensibile riduzione dei consumi.

Il sistema di controllo dell'illuminazione, conformante alle indicazioni della normativa UNI 11095, dovrà garantire le seguenti principali regolazioni automatiche:

- circuiti di illuminazione permanente:
 - in orario diurno, funzionamento al 100%
 - in orario notturno, riduzione su uno o più regimi in modo da garantire comunque una $L_i \geq 1 \text{ cd/m}^2$ – come previsto dal punto 6.1 norma UNI 11095

- circuiti di illuminazione di rinforzo:
 - in orario diurno, regolazione (range di regolazione di circa 10%÷100%) in rapporto al segnale proveniente dalla sonda di luminanza esterna (indicativo del valore di luminanza debilitante L_v o di velo L_{seq}) collocata alla distanza di riferimento rispetto al relativo all'imbocco, tramite l'implementazione di uno specifico algoritmo implementato nel PLC del sistema di controllo del tunnel. Con tale algoritmo il sistema regolerà il flusso emesso da ogni apparecchio in modo da adeguare la lunghezza del rinforzo ed il livello di entrata al livello di luminosità esterna, nel rispetto delle prescrizioni della normativa vigente.
 - in regime notturno, spegnimento apparecchi di rinforzo

5 PROGETTO ILLUMINOTECNICO DEGLI IMPIANTI ALL'APERTO

5.1 Descrizione

La necessità dell'impianto di illuminazione stradale in corrispondenza degli svincoli è indicata dal D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali", il quale, al punto 6 dell'allegato, prescrive che "l'illuminazione delle intersezioni stradali deve essere sempre prevista nei seguenti casi:

- Nodi di Tipo 1: intersezioni a livelli sfalsati con eventuali manovre di scambio (svincolo)
- Nodi di Tipo 2: Intersezioni a livelli sfalsati con manovre di scambio o incroci a raso

Mentre per i Nodi di Tipo 3 (intersezioni a raso) l'illuminazione deve essere realizzata nei casi in cui si accerti la ricorrenza di particolari condizioni ambientali locali, invalidanti ai fini della corretta percezione degli ostacoli, come la presenza di nebbia o foschia.

La tipologia dei nodi è definita nella figura dell'allegato qui di seguito riportata:

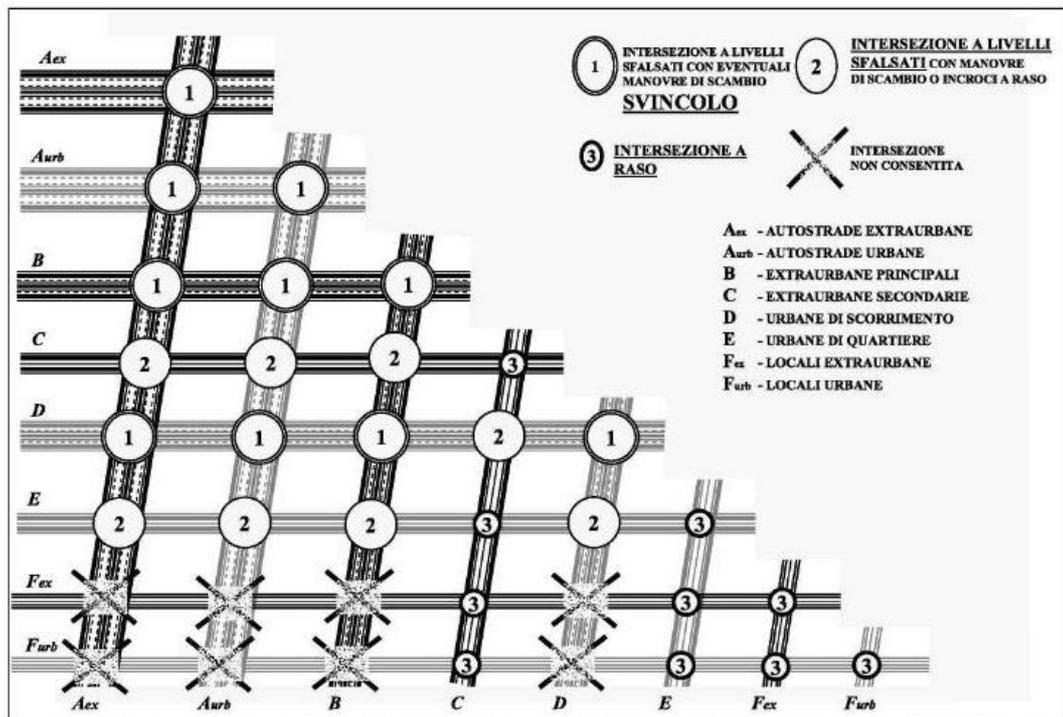


Figura 3 - Organizzazione delle reti stradali e definizione delle intersezioni ammesse (come livelli minimi).

La modalità di illuminare gli svincoli stradali deriva dall'applicazione della norma tecnica UNI 11248:2016 "Illuminazione stradale: Selezione delle categorie illuminotecniche", preposta alla definizione delle caratteristiche prestazionali degli impianti di illuminazione stradale, insieme al resto del quadro normativo (UNI EN 13201-2-3-4).

La norma, che si basa sui contenuti scientifici del rapporto tecnico CIE 115:2010 e sui principi di valutazione dei requisiti illuminotecnici presenti nel rapporto tecnico CEN/TR 13201-1 fornisce le

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanese" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

linee guida per determinare le condizioni di illuminazione di una data zona della strada in relazione alla categoria illuminotecnica individuata dalla norma stessa.

Lo scopo è quello di contribuire, per quanto di competenza dell'impianto di illuminazione, alla sicurezza degli utenti della strada, alla sicurezza pubblica e al buon smaltimento del traffico.

Con questi riferimenti, vengono forniti gli elementi per selezionare le zone di studio, individuare le categorie illuminotecniche e le caratteristiche per definire le procedure di calcolo e di verifica, nonché, in particolare, per fornire i criteri decisionali sull'opportunità di illuminare una strada.

L'applicazione della norma consente la configurazione di un impianto che garantisca la massima efficacia di contributo alla sicurezza degli utenti della strada in condizioni notturne e soprattutto permetta il conseguimento del risparmio energetico e la riduzione dell'impatto ambientale.

Partendo dalla progressiva di progetto zero i tratti interessati dall'illuminazione sono i seguenti:

- Rotatoria SV01;
- Svincolo SV02 autostrada A19;
- Svincolo SV03A Mimisilmeri Nord;
- Svincolo SV03B Mimisilmeri Sud;
- Svincolo SV04 Bolognetta;
- Rotatoria Est di Svincolo SV04 Bolognetta;
- Rotatoria Est di Svincolo SV04 Bolognetta;
- Rotatoria di SV05 Bolognetta Sud;

In riferimento all'osservazione del controllore del Ministero in cui viene paventata la possibilità che nello svincolo Misilmeri Nord in direzione Palermo, in corrispondenza della pseudo corsia ad ago, in caso di elevati flussi di traffico, specie quello pesante, che il conducente sia indotto ad uscire a destra abbandonando la corsia di marcia, si è ritenuto opportuno rinforzare l'illuminazione della corsia di diversione e in più illuminare le due corsie di marcia in corrispondenza di tutto lo svincolo con una categoria illuminotecnica di un gradino superiore a quella di progetto, quindi da M4 ad M3.

La progettazione ha inoltre recepito le indicazioni contenute nella nota ANAS CDG-0155210-P del 26/11/2014 "Standardizzazione degli impianti tecnologici, contenimento e monitoraggio dei relativi consumi energetici".

5.2 Generalità

Ai fini illuminotecnici le intersezioni stradali possono essere divise in:

- Intersezioni lineari a raso;
- Intersezioni a livelli sfalsati;
- Intersezioni a rotatoria.

Inoltre, sempre dal punto di vista illuminotecnico, una intersezione stradale può essere considerata un insieme di zone di conflitto, identificabili come:

- Zone di intersezione o attraversamento;
- Zone di diversione o uscita;
- Zone di immissione.

I risultati dei calcoli illuminotecnici sono riportati nell'elaborato "Calcoli illuminotecnici".

| | | |
|---|---------------------------|--|
| SS 121 "Cataneese" Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | |  anas GRUPPO FS ITALIANE |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

5.3 Illuminazione in itinere e delle intersezioni lineari a raso ed a rotatoria

5.3.1 Identificazione delle categorie illuminotecniche di ingresso

5.3.1.1 Generalità

Questo capitolo dettaglia le scelte progettuali seguite nella redazione del presente progetto illuminotecnico.

Il prospetto 1 della norma UNI 11248:2016 di seguito riportato, esplicita la classificazione delle strade secondo la normativa vigente ed associa, a ciascuna di queste, una categoria illuminotecnica di ingresso all'analisi dei rischi. Per quanto concerne il presente progetto abbiamo tre tipologie di strade, autostrade extraurbane, strade extraurbane principali e strade extraurbane secondarie C1, per cui le categorie di ingresso saranno **M1** per la prima e **M2** per la seconda.

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 |
|----------------------|---|--|---------------------------------------|
| A₁ | Autostrade extraurbane | Da 130 a 150 | M1 |
| | Autostrade urbane | 130 | |
| A₂ | 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) | 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 | 70 | M2 |
| | | 50 | |
| E | Strade urbane di quartiere | 50 | M3 |
| F | Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) | 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 altri utenti) | 5 | C4/P2 |
| | Strade locali interzonali | 50 | M3 |
| 30 | | C4/P2 | |
| Fbis | Itinerari ciclo-pedonali | Non dichiarato | P2 |
| | Strade a destinazione particolare | 30 | |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

Nella seguente tabella vengono riportate le categorie ritenute comparabili in quando si trattano zone di studio adiacenti e/o appartenenti alla stessa strada .

| Categoria illuminotecnica comparabile | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|
| Condizione | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| $Se Q_0 \leq 0,05 sr^{-1}$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| $Se 0,05 sr^{-1} \leq Q_0 \leq 0,08 sr^{-1}$ | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C5 |
| $Se Q_0 \geq 0,08 sr^{-1}$ | C2 | C3 | C4 | C5 | C5 | C5 |
| | | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Nota Per il valore di Q_0 vedere punto 13 e l'appendice B. | | | | | | |

Prospetto 6 – UNI 11248:2016

| Classe | Ripartizione del coefficiente ridotto di luminanza | Coefficiente medio di luminanza | Fattore di specularità | Gamma del fattore di specularità |
|--------|--|---------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| C1 | Vedere prospetto C.2 | 0,10 | 0,24 | $S_t \leq 0,4$ |
| C2 | Vedere prospetto C.3 | 0,07 | 0,97 | $S_t > 0,4$ |

Prospetto B.1 – UNI 11248:2016

5.3.2 Identificazione della categoria illuminotecnica di progetto

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.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANI |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

| 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

In aggiunta a questi, l'utilizzo di apparecchi che emettono luce con indice generale di resa dei colori $R_a \geq 60$ e rapporto scotopico-fotopico $S/P \geq 1,10$, consente, nell'analisi dei rischi, un valore massimo di riduzione pari a 1, ma solo se dichiarato dal costruttore degli apparecchi.

| 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

Nell'analisi dei rischi del presente progetto si è assunto per semplicità una valutazione omogenea per tutte le strade oggetto di studio, valutando i parametri di influenza nel modo che segue:

| Parametro di influenza | Valore di riduzione assegnato |
|--|-------------------------------|
| Complessità del campo visivo normale | 0,8 |
| Assenza o bassa densità di zone di conflitto | 0,2 |
| Segnaletica cospicua nelle zone conflittuali | 0,2 |
| Segnaletica stradale attiva | 0 |
| Assenza di pericolo di aggressione | 1 |

Da questa valutazione, sommando i vari contributi, si ottiene un valore di riduzione pari a 2,2 e quindi, la riduzione di 2 della categoria illuminotecnica da quella di ingresso a quella di progetto.

Riassumendo, si ottengono le seguenti categorie di progetto:

Per lo svincolo autostradale SV02:

- **M3** per le corsie/rampe rettilinee di ingresso e/o uscita
- **C3** per le rampe curvilinee e le rotonde;

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANI |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

Per gli altri svincoli:

- **M4** per le corsie/rampe rettilinee di ingresso e/o uscita
- **C4** per le rampe curvilinee e le rotatorie;

5.3.3 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, giungendo alla seguente conclusione:

| Parametro di influenza | Valore di riduzione assegnato |
|---|-------------------------------|
| Flusso orario di traffico < 50% rispetto alla portata di servizio | 0,5 |
| Flusso orario di traffico < 25% rispetto alla portata di servizio | 0,2 |
| Riduzione della complessità nella tipologia di traffico | 0 |

Per quanto sopra esposto, si conferma la categoria di progetto come categoria di esercizio, senza ulteriori riduzioni.

5.3.3.1 Calcolo illuminotecnico

Per garantire tali valori di luminanza o illuminamento medio e di uniformità generale, sono stati utilizzati apparecchi a Led di potenza e flusso luminoso differenti e ottiche diverse, montati su pali con sbraccio di 2,0 m, ad una altezza pari a 10m dalla sede stradale, con una interdistanza fissa di 35 m nei tratti rettilinei (M3-M4) e variabile nelle rampe in base al raggio di curvatura e larghezza di banchine e allargamenti in curva. Per le caratteristiche degli apparecchi illuminanti si rimanda agli elaborati progettuali dei particolari illuminazione.

5.4 Simulazione illuminotecnica

La simulazione illuminotecnica è stata effettuata con software DIALUX 4.13 e riportata nell'elaborato "Calcoli illuminotecnici".

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanese" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

5.5 Sintesi apparecchi illuminazione esterna

In calce una tabella di sintesi con il numero di apparecchi di illuminazioni scaturiti dalle valutazioni di cui sopra:

| SINTESI APPARECCHI SU PALO INTERSEZIONI | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|
| | Potenza [W] | Flusso (klm) | SV01 | SV02 | SV03A | SV03B | SV04 | SV05 | Totale app. |
| App.ill. 40W ottica WS | 40 | 6,08 | | | 18 | 20 | 37 | | 75 |
| App.ill. 50W ottica WS-NR-WR | 50 | 8,5-8,15-8,09 | 8 | 124 | 5 | | 13 | 8 | 158 |
| App.ill. 176W ottica WR | 176 | 25,97 | | | 6 | | | | 6 |
| | | | | | | | | | 0 |
| Totale app. ill. svicolo | | | 8 | 124 | 29 | 20 | 50 | 8 | 239 |
| Totale potenza app. ill. (W) | | | 400 | 6200 | 2026 | 800 | 2130 | 400 | 11956 |

6 SOLUZIONI TECNICHE E NORME ESECUTIVE

6.1 Generalità

Questo capitolo, a completamento degli elaborati grafici riportati, descrive:

- le soluzioni tecniche adottate;
- la tipologia dei materiali utilizzati;
- le lavorazioni da eseguire;
- le norme esecutive per la realizzazione e/o la messa in opera dei materiali.

6.2 Sostegni

6.2.1 Tipologia

I pali utilizzati per il sostegno dei corpi illuminanti sono di altezza totale pari a 10,80 m ($h_{ft} = 10,00$ m).

I pali sono completi delle seguenti lavorazioni eseguite e certificate dal costruttore:

- asola per l'ingresso dei conduttori di alimentazione posta a circa 300 mm dal piano di interrimento.
- asola portamorsettiera (morsettiera in Classe II) completa di portello in alluminio.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneese" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

I pali sono inseriti nel foro del basamento opportunamente predisposto. Lo spazio tra foro del basamento e palo è riempito, fino a circa 4 cm. dal piano del basamento, con sabbia grossa debitamente bagnata e compressa fino a non lasciare nessun interstizio. La rimanente parte è riempita con malta antiritiro. La posa del palo è completata con collarino in cls con gli spigoli opportunamente smussati per favorire il rapido allontanamento delle acque.

6.2.2 Basamenti

L'ancoraggio dei pali è realizzato attraverso la posa in opera di idonei basamenti di fondazione.

I basamenti di fondazione della dimensione di 120x120x120 cm sono in cls.

Tutti i basamenti sono posti al di fuori della sede stradale.

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su terreno naturale, è a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dalla direzione lavori; per le zone in rilevato, la profilatura della scarpata deve essere concordata con la direzione lavori.

I basamenti sono completi di apposito foro per la collocazione del palo e il raccordo al pozzetto di derivazione.

6.2.3 Posa dei pali

Le quote di infillaggio del palo all'interno del basamento, dei fori porta morsettiere e quant'altro indicato nelle schede tecniche del costruttore devono essere tassativamente rispettate.

Se non diversamente specificato negli elaborati grafici, il palo è orientato in modo tale che l'asse di simmetria longitudinale del corpo illuminante che sostiene sia perpendicolare all'asse della corsia ad esso adiacente.

Sulla sezione trasversale i pali di illuminazione sono posti ad una distanza minima di 2,3m dal bordo della carreggiata in modo da ridurre i rischi di abbattimento in caso di svio dei veicoli. Tale distanza elimina anche eventuali interferenze con i guardrail posti a protezione del margine stradale e permette l'accesso al pozzetto di derivazione elettrica posto alla base del palo; l'esatta distanza dalla barriera di protezione deve essere determinata in funzione del livello di larghezza operativa (W) espressa in metri.

Particolare attenzione deve essere posta nel posizionamento del palo sulla sezione trasversale, infatti, corpi illuminanti mal posizionati potrebbero portare a condizioni di illuminazione diverse da quelle calcolate nel progetto illuminotecnico.

Per l'esatto posizionamento planimetrico si faccia riferimento alla apposita tavola grafica allegata.

Le quota di installazione dei corpi illuminanti delle rampe di svincolo, delle intersezioni e delle rotoarie e dei relativi bracci di accesso è pari a 10 m dal piano stradale.

E' cura della direzione lavori verificare che eventuali alberature di qualsiasi tipo non vanifichino l'illuminamento occorrente.

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

6.3 Apparecchi illuminanti

6.3.1 Tipologia apparecchi

La scelta di utilizzare apparecchi a LED è in linea con l'attuale stato dell'arte che prevede sorgenti luminose ad elevata efficienza nell'ottica di contenere il consumo energetico.

Nella progettazione illuminotecnica si è cercato, per quanto possibile, di:

- non illuminare aree non destinate alla circolazione stradale,
- non superare di molto i limiti minimi imposti dalla norma UNI.

L'impianto è comandato da un quadro elettrico per il quale è previsto:

- un interruttore generale magnetotermico con differenziale a riarmo automatico;
- un sistema di regolazione ad onde radio;
- varie linee di alimentazione (dorsali), protette da interruttore magnetotermico, dalla quale si dipartono le linee di "alimentazione della singola armatura stradale" dispiegate in campo e protette singolarmente da un fusibile posto alla base del palo.
- le linee di alimentazione (dorsali) sono sezionate da un contattore, con possibilità di bypass manuale, comandato dal sensore crepuscolare ad infrarosso.
- due linee di riserva per l'illuminazione stradale protette da magnetotermico
- una linea "ausiliari" alla quale è collegata l'alimentazione del sensore crepuscolare ad infrarosso, i dispositivi ad onde radio ed eventuali futuri dispositivi di misura e/o controllo protetta da magnetotermico.

Tutti i corpi illuminanti sono dotati di dispositivo per la regolazione del flusso ad onde radio.

E' possibile ottenere analoghi risultati illuminotecnici con modelli di armature LED effettuando una nuova verifica illuminotecnica ed eventualmente, in caso di potenze differenti, un nuovo calcolo dell'impianto elettrico.

6.3.2 Montaggio

Tutti i corpi illuminanti sono montati con asse fotometrico principale perpendicolare al piano stradale (tilt = 0°).

Il montaggio del corpo illuminante ed il cablaggio elettrico deve essere seguito in conformità con quanto riportato nella documentazione del costruttore.

6.3.3 Regolazione del flusso luminoso e gestione da remoto di impianti all'aperto e in galleria

Il sistema di regolazione previsto per gli impianti di illuminazione stradale è del tipo ad onde radio con telecomando.

Il sistema di regolazione è basato sui seguenti componenti principali:

- Interruttore e sensore crepuscolare ad infrarosso per l'accensione dell'impianto.
- Modulo di gestione ad onde radio: modulo per il sistema di controllo dei punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde radio tra quadro e singoli moduli palo;

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANE |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

- Contattori per interrompere l'alimentazione dei circuiti di illuminazione nel periodo diurno (in tal modo si elimina qualsiasi assorbimento da parte dei circuiti di illuminazione).

Il sistema di telegestione è basato sui seguenti componenti:

- Modulo per acquisizione misure quadro e gestione comunicazione remota: questo modulo raccoglie le informazioni memorizzate ed effettua le misure dei parametri elettrici della linea di alimentazione, recepisce dei segnali digitali (tensione, corrente, fattore di potenza, frequenza, potenza, energia oltre allo stato degli interruttori e dei contattori) e trasmette tutte queste informazioni al centro di controllo tramite modem GSM/GPRS.

Il sistema è corredato di apposito SW per il setup e per la regolazione dell'impianto. Le funzionalità messe a disposizione del SW sono:

- Trasferimento di scenografie verso i ricevitori installati su ogni corpo illuminante nel momento in cui avviene il cambio ora solare/ora legale
- Polling continuo delle misure per verificare lo stato lampada (acceso/spento) e lo stato del ricevitore (comunica/non comunica)
- Scenografie per la configurazione e la gestione degli scenari di illuminazione ad orario o ad evento (intervento del crepuscolare)
- Polling raccolta min. consumo per la raccolta delle informazioni relative al livello percentuale di dimmerazione di ogni corpo illuminante
- Polling raccolta misure dei moduli in campo
- Cambio ora solare/ora legale per le impostazioni delle date di cambio ora solare/legale.
- Gestione allarmi per la configurazione delle chiamate da effettuare in caso di allarme
- Lettura/Scrittura da file delle configurazioni
- Comunicazione diretta con i ricevitori per lettura/scrittura configurazione, inizializzazione, livello di dimming
- Test di comunicazione con corpo illuminante

Il sistema di regolazione descritto permette di:

- a) regolare il flusso luminoso degli apparecchi tra 0% e 100%.
- b) regolare il flusso luminoso dell'impianto in funzione delle condizioni ambientali esterne (crepuscolare) e delle condizioni di uso;
- c) compensare l'invecchiamento degli apparecchi e la riduzione prestazionale dovuta alla sporcizia tra una operazione di manutenzione e l'altra;
- d) comandare in modo autonomo e indipendente, attraverso un unico indirizzo, ogni corpo illuminante: con tale sistema non si possono presentare condizioni di avaria degli impianti con un solo regolatore, le condizioni di malfunzionamento locale sono registrate e gestite dal SW di controllo.

Le gallerie sono previste per essere dotata di apposito impianto di telecontrollo automatizzato e centralizzato, preposto al controllo del regolare funzionamento degli impianti, nonché alla loro gestione locale, raccogliendo le segnalazioni di stato, le misure provenienti dal campo ed

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Catanesa" | |  GRUPPO FS ITALIANI |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

impartendo gli appropriati telecomandi; inoltre, segnalerà le eventuali anomalie, registrandole su un apposito diario, e potrà fornire ausilio nelle operazioni di manutenzione.

In tal modo verrà soddisfatta l'esigenza di garantire la massima sicurezza per l'utente ed avere la possibilità, in tempo reale, di conoscere i parametri relativi agli impianti della galleria.

Il sistema di gestione automatica degli impianti si propone di controllare nello specifico le seguenti componenti impiantistiche:

- Illuminazione:
 - Stazione di rilevamento della luminanza esterna
 - Regolatore per rinforzi agli imbocchi di galleria
 - Funzionamento circuiti illuminazione permanente
 - Segnali di stato ed allarmi protezioni del quadro elettrico per la distribuzione dell'energia elettrica alle utenze di galleria

L'impianto di telesorveglianza controllerà il regolare funzionamento degli impianti raccogliendo le segnalazioni di stato dei circuiti, le misure provenienti dal campo ed impartendo gli appropriati telecomandi; inoltre, segnalerà le eventuali anomalie, registrandole su un apposito diario, e potrà fornire ausilio nelle operazioni di manutenzione.

In tal senso il sistema dovrà espletare automaticamente le seguenti principali funzioni gestionali:

- Acquisizioni dei dati di analisi precedentemente elencati inerenti il funzionamento delle varie apparecchiature, sorvegliando gli andamenti delle grandezze controllate e trasmettendo un allarme quando tali grandezze superano valori predeterminati.
- Trasmissione dei dati correnti e dei dati memorizzati ad un centro di controllo locale (mediante un PC connesso localmente) o remoto, e ricevere dagli stessi particolari categorie di comandi.

Le apparecchiature dovranno essere installate complete di hardware e software per il loro perfetto funzionamento e dovranno includere la possibilità di avere almeno due password rispettivamente una per la visualizzazione e una per il comando delle apparecchiature tramite Computer.

I materiali ed i pacchetti software previsti rispondono alle principali norme europee e mondiali e sono tutti di tipo industriale. Con particolare riferimento alla Norma IEC 1131, riguardante la standardizzazione dei Controllori Logici Programmabili (PLC).

La comunicazione avviene tramite protocolli standard industriale in conformità alla norma CEI EN 60870-5 "Protocolli di trasmissione".

6.4 Cavidotti

6.4.1 Tipo di posa

In considerazione di criteri di sicurezza, requisiti estetici, requisiti funzionali, la distribuzione è realizzata completamente in cavidotto interrato dedicato ed in conformità con le norme CEI 11-17.

I cavidotti, sono costituiti con i singoli tratti uniti tra loro o stretti 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).

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneese" | |  |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

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'idoneo accoppiamento, avente diametro nominale 110 mm.

All'interno dei pozzetti, l'imbocco delle canalizzazioni è debitamente stuccato con malta cementizia.

La profondità di posa minima dei cavidotti dal piano di calpestio è di norma:

- pari a cm 60 in sede non stradale
- maggiore di cm 100, estradosso tubo, in sede stradale.

E' cura della direzione lavori verificare che i cavidotti siano posizionati ad adeguata distanza da eventuali apparati radicali degli alberi.

6.4.2 Pozzetti

Nei nodi di derivazione, nelle giunzioni e nei cambi di direzione, sono installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo.

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti prefabbricati hanno il fondo completamente aperto; sono posati su letto di ghiaia costipata dello spessore minimo di cm 10.

Il controtelaio ed i lati dei pozzetti sono protetti e fissati attraverso uno strato di calcestruzzo dosato a q.li 2,5 di cemento per metro cubo e fissati saldamente.

- pozzetto rompitratta: 50 x 50 x 60 cm.

Il cavidotto non potrà mai entrare nel pozzetto dal fondo dello stesso, ma solo lateralmente e ben stuccato con malta cementizia.

6.4.3 Giunzioni

Le giunzioni delle linee dorsali, quando necessarie, sono realizzate esclusivamente in pozzetto e sono costruite in maniera perfetta per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori. La giunzione è realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno 3-4 passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro in PVC. A completamento la giunzione è ricoperta con resina epossidica. A lavoro finito la giunzione deve risultare meccanicamente salda, non deve essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione, con i cavi ben distanziati tra di loro e mai affiancati.

In ogni caso le giunte devono essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

6.4.4 Identificazione dei circuiti e delle fasi:

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, contestualmente alla posa delle linee, è previsto che ogni conduttore venga opportunamente etichettato con l'indicazione del circuito e

| | | |
|---|---------------------------|---|
| SS 121 "Cataneſe" | |  anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small> |
| Itinerario Palermo – Agrigento – S.S. 121 Tratto A19 – Bolognetta | | |
| UP62 | Relazione illuminotecnica | |

della fase di appartenenza per mezzo di fascette in nylon. L'indicazione è prevista all'interno dei pozzetti di giunzione, sulle derivazioni del palo e sul quadro elettrico in prossimità dell'interruttore corrispondente.

6.4.5 Derivazioni verso le armature stradali

La derivazione dalla linea dorsale verso le armature stradali è realizzata nella morsettiera posta all'interno della cassetta di derivazione montata sul palo.

Sono previste cassette di derivazione in vetroresina, con grado di protezione IP 44 secondo CEI EN 60529 e IK 10 secondo CEI EN 50102, idonee per la realizzazione di impianti in classe II, dotate di morsettiera quadripolare con tensione di isolamento 450 V - corrente 80 A max, portafusibile per fusibile a cartuccia mm 10x38.

I fusibili da utilizzare sono 1 A per armature con potenza sino a 170W e fusibili da 2 A per armature con potenze superiori.