

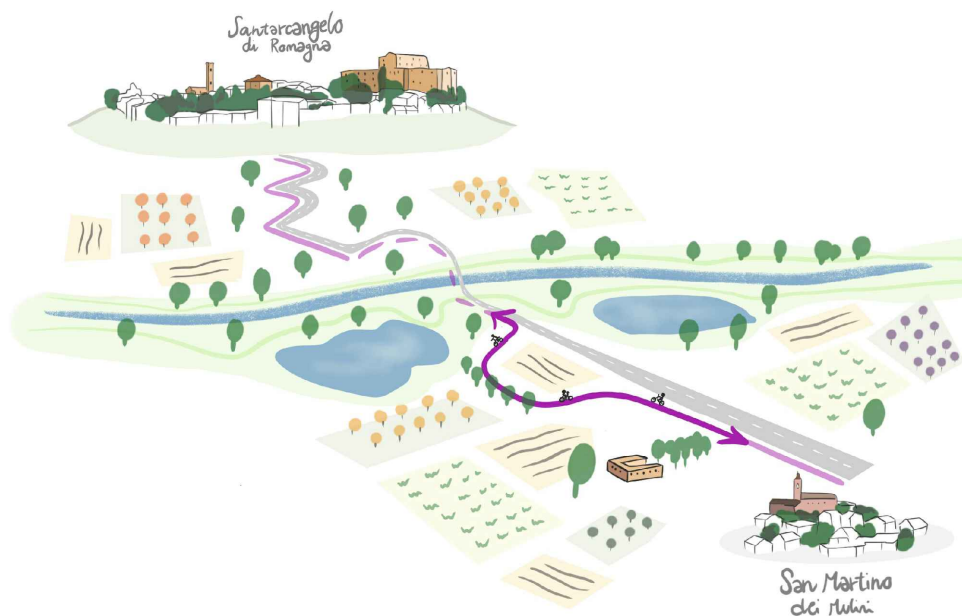


CITTÀ DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA

SETTORE TERRITORIO

QUALIFICAZIONE CITTÀ PUBBLICA E OPERE STRATEGICHE

PIAZZA GANGANELLI, 1 – 47822 SANTARCANGELO - TEL. 0541 356111 - EMAIL: URP@COMUNE.SANTARCANGELO.RN.IT



OGGETTO:

**RIQUALIFICAZIONE DI VIA TRASVERSALE MARECCHIA (S.P. 49), IN LOCALITÀ SAN MARTINO DEI MULINI, MEDIANTE REALIZZAZIONE DI UN NUOVO PERCORSO CICLOPEDONALE
CUP C41B21000030004**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ
TECNICO-ECONOMICA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO ESECUTIVO

DIRIGENTE DEL SETTORE DEL TERRITORIO:
ING. NATASCIA CASADEI

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
GEOM. GILBERTO BUGLI

ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA DI
ILLUMINAZIONE PUBBLICA**

ALLEGATO

TAVOLA

DATA

SCALA

GEN 4-1-C

FEBBRAIO
2022

**FAHRE
ASSOCIATI**

PROGETTISTI:

ARCH. IRENE ESPOSITO
ARCH. ENRICO GUAITOLI PANINI

COLLABORATORI:

PAES. GIULIA MAZZALI
DOTT. ARCH. MICHELA GESSANI
DOTT. ARCH. ELEONORA VACCARI

CONSULENTI:

ING. ALEX SAMARITANI

PERCORSO E NOME FILE:
REVISIONE 03

Sommario

1.	QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
1.1.	Norme generali.....	3
1.2.	Norme impianti di pubblica Illuminazione	3
1.3.	Norme CEI.....	4
1.4.	Norme UNI.....	4
2.	PRINCIPI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA	5
2.1.	Premessa	5
2.2.	Illuminazione di ambiti stradali	5
2.3.	Definizione della categoria di ingresso.....	5
2.4.	Definizione delle categorie	7
2.5.	Definizione della categoria di Progetto	8
2.6.	Zone studio	11
2.7.	Definizione della categoria illuminotecnica d'esercizio	11
2.8.	Illuminazione di altri ambiti esterni Pubblici.	11
2.9.	Tabelle UNI EN 13201-2.....	12
3.	PROGETTO ILLUMINOTECNICO	13
3.1.	Individuazione dell'area d'intervento	13
3.2.	Definizione della categoria di Ingresso.....	14
3.3.	Valutazione del Rischio.....	14
3.4.	Definizione delle categorie di Progetto.....	15
3.5.	Definizione delle categorie di Esercizio.....	16
4.	PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	16
4.1.	Caratteristiche delle sorgenti di illuminazione.....	16
4.2.	Caratteristiche degli apparecchi di illuminazione	17
4.3.	Verifica classe IPEA apparecchi	17
4.4.	Caratteristiche degli impianti di illuminazione.....	20
4.5.	Valori dello SLEEC di riferimento.....	23
5.	CALCOLO CLASSE IPEI IMPIANTI	24
6.	RISULTATI DELLE ANALISI EFFETTUATE	25
7.	PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO	26
7.1.	Impianto elettrico.....	26
7.2.	Linee di alimentazione.....	26

7.3.	Isolamento a terra	26
7.4.	Sovraccarico.....	27
7.5.	Cortocircuito.....	27
7.6.	Contatti indiretti	28
7.6.1.	Generalità Protezione Classe II.....	28
7.6.2.	Protezione con componenti di classe II.....	28
7.6.3.	Caratteristiche degli apparecchi di classe II	28
7.7.	Contatti diretti	31
7.8.	Selettività.....	31
7.9.	Protezione contro i fulmini.....	31
7.10.	Protezione dalle sovratensioni	32
8.	ALLEGATI.....	32

1. QUADRO LEGISLATIVO DI RIFERIMENTO

1.1. Norme generali

- L. n.109 del 14/2/1994 "Legge quadro in materia di lavori pubblici" e successive modificazioni ed integrazioni;
- D.P.R. n.554 del 21/12/1999 "Regolamento d'attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici" e successive modificazioni ed integrazioni;
- D.P.R. 34 - 02/00 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni
- D.Lgs. n.285, 30 aprile 1992, "Nuovo codice della strada" e successive modifiche e integrazioni;
- D.P.R. n.495, 16 dicembre 1992, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- D.Lgs. n.626, 19/9/1994, "Attuazione delle Direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE, riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.";
- D.Lgs. n.242, del 19/3/1996, "Modifiche ed integrazioni al D. Leg. 19/09/94, n. 626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.";
- D.Lgs. n.494 del 14/8/1996, "Attuazione della Direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili" e successive modificazioni ed integrazioni (D.Lgs. n.528 del 19/9/1999);
- D.P.R. n.547/55 "Norme per la prevenzione degli infortuni";
- D.P.R. n.164, 7 gennaio 1956 "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni.".
- Legge 10/91 Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale
- Legge 46/90 Norme per la sicurezza degli impianti
- • D.P.R. 412 - 09/93 Regolamento recante norme in attuazione dell'art. 4 della legge 10/1991
- • D.P.R. 447 - 12/91 Regolamento di attuazione della legge 46/1990, in materia di sicurezza impianti
- Legge 64/74 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Legge 1086/71 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato
- Legge n. 1684, 25 novembre 1962 "Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche." ed allegati elenchi delle località sismiche di prima e seconda categoria aggiornati con decreti ministeriali.
- D.M. 09/01/96 Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16/01/96 Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- D.M. 16/01/96 Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- D.P.R. n.503/96 "Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche";
- D.M. LL.PP. del 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni";
- Circ.M.LL.PP. n. 27291 del 20/03/86 "Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni";
- L.R. del 25/11/02 n.31 Regione EMILIA ROMAGNA: Disciplina generale dell'edilizia.
- Norma UNI CEI 70030 "Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa";
- UNI EN ISO 6708 30/04/97 Elementi di tubazione. Definizione e selezione dei DN (diametro nominale).

1.2. Norme impianti di pubblica illuminazione

- L.R. n.19 "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" e relativa direttiva d'applicazione;
- D.G.R. 1732 del 12-11-2015 - "TERZA direttiva per l'applicazione dell'articolo 2 della LR 19/2003 recante "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico"
- Circolare della Prefettura di Bologna prot. n. 269/15.5/Gab sull'inquinamento luminoso D.M. 37/08 "Norme per la sicurezza degli impianti";
- Disegno di legge n. 751 "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso";
- Circolare della Prefettura di Bologna prot. n. 269/15.5/Gab sull'inquinamento luminoso.

- L.186/68 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione e impianti elettrici ed elettronici”;
- D. M. n. 28 del Min. LL. PP., 21 marzo 1988, “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne.” e successivi aggiornamenti (Norma CEI 11-4) (Regolamento attuativo della Legge n. 339, 28/06/86, “Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell’esercizio di linee elettriche aeree esterne”).

1.3. Norme CEI

- 64-7 “Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari”: per l’individuazione dei minimi requisiti per le caratteristiche elettriche e meccaniche degli impianti in progetto;
- 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e a 1500V in c.c.”: per l’individuazione di tutte le necessarie prescrizioni richieste allo scopo di garantire l’incolumità delle persone, degli animali e dei beni dai pericoli dell’energia elettrica;
- 11-1 “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali.” (1987 Ottava edizione).
- 11-4 “Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne”;
- 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo”;
-

1.4. Norme UNI

- 10439 “Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato”.
- 10819 “Limitazione del flusso luminoso verso l’alto”.
- UNI 11248: Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche
- EN 13201-2 “ Road Lighting: performance ”.
- EN 13201-3 “ Road Lighting: calculation ”.
- EN 13201-4 “ Road Lighting: lighting classes ”.

2. PRINCIPI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA

2.1. Premessa

Un impianto di illuminazione deve assicurare un buon livello illuminotecnico che è dipendente dalla tipologia della strada o area da illuminare e allo stesso tempo deve contenere al minimo i costi di gestione conseguenti alla realizzazione del nuovo impianto.

La qualità di un progetto di illuminazione pubblica viene determinata dall'individuazione del giusto punto di equilibrio di queste due esigenze contrapposte.

I livelli minimi e massimi necessari ad illuminare la strada vengono scelti da quelli di luminanza o illuminamento riportate nelle tabelle dalla norma UNI 11248 e delle norme UNI EN13201-2-3-4, in base alla classificazione delle strade fatta dagli enti proprietari come stabilito dal codice della strada e dalla nuova direttiva per l'applicazione dell'art. 2 della Legge Regionale dell'Emilia Romagna del 29 Settembre 2003 recante:

“Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e risparmio energetico”.

2.2. Illuminazione di ambiti stradali

In base al D.M. 6792 del 05/11/2001, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, per strada si intende l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali.

L'identificazione dei parametri progettuali avviene attraverso 3 fasi successive e che determinano la definizione della categoria illuminotecnica della o delle strade. Le tre fasi si suddividono in:

- definizione della **categoria illuminotecnica** della strada **di Ingresso** per l'analisi dei rischi;
- definizione della **categoria illuminotecnica** della strada **di Progetto**;
- definizione della **categoria illuminotecnica** della strada **di Esercizio**.

2.3. Definizione della categoria di ingresso

La definizione della categoria illuminotecnica di ingresso, per l'elaborazione dell'analisi dei rischi si determina considerando esclusivamente la classificazione della strada. La classificazione della strada deve essere fornita dal committente o dal proprietario/gestore della strada. In mancanza di adeguati strumenti urbanistici (come ad esempio il PUT), il progettista illuminotecnico propone una classificazione che il

Comune, il committente o il proprietario / gestore, fa sua con l'approvazione del presente progetto. Per procedere alla definizione della categoria illuminotecnica di ingresso si procederà a: Suddividere la strada in zone di studio con condizioni omogenee;

Per ogni zona si identifica il tipo di strada (la classe stradale) in assenza di PUT si utilizza quanto prescritto nel D.M. 6792 del 05-11-2001;

In relazione al tipo di strada, con l'ausilio della Tabella 1 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732, la categoria illuminotecnica. Si suppone che la categoria così individuata sia in possesso dei livelli base, dei parametri di influenza di cui alla Tabella 1 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Tabella 1 – Categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria, in relazione al tipo di strada, come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Tipo di strada	Descrizione del tipo di strada	Limite di Velocità (km h)	Categoria illuminotecnica di riferimento
A1	Autostrade extraurbane	130 - 150	M1
	Autostrade urbane	130	
A2	Strade di servizio alla autostrade extraurbane	70 - 90	M2
	Strade di servizio alla autostrade urbane	50	
B	Strade extraurbane principali	110	M3
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	M4
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2) ¹⁾	70 - 90	M3
	Strade extraurbane secondarie	50	M4
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	M3
D	Strade urbane di scorrimento ²⁾	70	M3
		50	
E	Strade urbane di interquartiere	50	M3
	Strade urbane di quartiere	50	
F³⁾	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2) ¹⁾	70 - 90	M3
	Strade locali extraurbane	50	M4
		30	P3
	Strade locali urbane	50	M4
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	C4
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	C5 / P3 ³⁾
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5	C5 / P3 ³⁾
	Strade locali interzonali	50	
		30	
Fbis	Itinerari ciclo-pedonali ⁴⁾	non dichiarato	P3
	Strade a destinazione particolare ¹⁾	30	

1) Secondo il DM 5-11-201, n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti e successive integrazioni e modifiche.

2) Per strade di servizio delle strade urbane di scorrimento, definita la categoria illuminotecnica per la strada principale, si applica la categoria illuminotecnica con prestazione di luminanza immediatamente inferiore o la categoria comparabile a questa (Vedasi tabella 16 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732).

3) Nel caso di indicazione multipla la categoria illuminotecnica deve essere scelta attraverso l'analisi dei rischi. Se in prossimità di incroci in zone

rurali o in strade locali extraurbane sono previsti apparecchi di illuminazione, singoli o in numero molto limitato con funzione di segnalazione visiva, limitatamente per questa zona non è richiesta alcuna prescrizione per i livelli di illuminazione (categoria illuminotecnica P7) e si richiede la categoria illuminotecnica G3 per la limitazione dell'abbagliamento, valutata nelle condizioni di installazione degli apparecchi di illuminazione.

- 4) Secondo la Legge 1 Agosto 2003 numero 214" conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 27 Giugno 2003, n. 151, recante modifiche caso di indicazione multipla, la categoria dovrà essere scelta attraverso l'analisi dei rischi.

2.4. Definizione delle categorie

Le categorie **M** definiscono i parametri minimi necessari per soddisfare prevalentemente le esigenze del traffico motorizzato, in cui il parametro di riferimento è la Luminanza (cd/mq).

E' possibile identificare tali classi con le classi ME indicate nella Norma EN 13201-2 attraverso la Tabella 2 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Tabella 2 – Codifica delle categorie illuminotecniche M con quelle ME identificate dalla EN 13201-2.	
Categoria Illuminotecnica come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.	Classi Illuminotecniche da norma EN 13201-2
M1	ME1
M2	ME2
M3	ME3b
M4	ME4a
M5	ME5
M6	ME6

Le categorie **C** si usano per determinare i parametri da rispettare nei "Punti di conflitto" ossia nelle aree in cui flussi di traffico motorizzato si intersecano e le convenzioni di luminanza non sono applicabili. Un esempio di queste aree sono gli incroci, le rotatorie, i sottopassi, le strade commerciali, le corsie di incolonnamento e di decelerazione, ecc.

Per le categorie **C** il parametro di riferimento è l'illuminamento orizzontale (Lux).

E' possibile identificare tali classi con le classi CE indicate nella Norma EN 13201-2 attraverso la Tabella 3 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Tabella 3 – Codifica delle categorie illuminotecniche C con quelle CE identificate dalla EN 13201-2.	
Categoria Illuminotecnica come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.	Classi Illuminotecniche da norma EN 13201-2
C0	CE0
C1	CE1
C2	CE2

C3	CE3
C4	CE4
C5	CE5

Le categorie **P** definiscono il valore minimo di sicurezza da rispettare in aree principalmente pedonali utilizzate nei parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili. In questo caso, è necessario verificare i valori di illuminamento e soprattutto il rispetto del valore minimo puntuale.

E' possibile identificare tali classi con le classi S indicate nella Norma EN 13201-2 attraverso la Tabella 4 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732

Tabella 4 – Codifica delle categorie illuminotecniche P con quelle S identificate dalla EN 13201-2.	
Categoria Illuminotecnica come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.	Classi Illuminotecniche da norma EN 13201-2
P1	S1
P2	S2
P3	S3
P4	S4
P5	S5
P6	S6

2.5. Definizione della categoria di Progetto

La definizione della categoria di progetto avviene modificando la categoria di ingresso in base al tipo di strada ed ai parametri di influenza considerati della valutazione del rischio. Partendo dal presupposto che la categoria d'ingresso possieda i requisiti minimi di sicurezza riportati nella tabella 3 della D.G.R. 12-11- 2015 n. 1732

Tabella 5 – Livello base dei parametri di influenza considerati nella definizione della categoria di ingresso per l’analisi dei rischi di cui alla tabella 1, come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.								
Tipo di strada								
Parametri di influenza	A1	A2	B	C	D	E	F	F bis
Flusso di traffico	elevato							
Complessità campo visivo	elevata	normale				-	normale	-
Zone di conflitto	- non cospicue							-

Dispositivi rallentatori	-	assenti	-
Rischio aggressione	-	normale	-
Pendenza media	-		≤ 5%
Livello luminoso dell'ambiente	-		Ambiente urbano
Pedoni	-		non ammessi

In caso di differenze, si applicherà la relativa riduzione o aumento della categoria illuminotecnica così come definito in tabella 6.

Tabella 6 – Possibile variazione di categoria illuminotecnica in relazione al reale livello dei parametri di influenza, come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.		
Parametro di influenza	Reale livello	Variazione di categoria
Flusso del traffico	< 50% della portata di servizio	-1
	< 25% della portata di servizio	-2
Complessità campo visivo	elevata	+1
Zone di conflitto	cospicue	+1
Zone di conflitto	Assenti	-1
Dispositivi rallentatori	Presenti	-1
Rischio aggressione	elevato	+1
Pendenza media	Elevata (>5%)	+1
Livello luminoso dell'ambiente	Elevato	-1
Pedoni	Ammessi	+1

Nella tabella 7 sono riportati ulteriori parametri di valutazione da utilizzare in casi particolari

Tabella 7 – Esempio di ulteriori parametri di influenza da valutare caso per caso, come da D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.		
Parametro di influenza	Nota	Possibile variazione di categoria
Svincoli e/o intersezioni a raso	< 50% della portata di servizio	+1

Abbagliamento	Ti <8%, indice di intensità luminosa G6 e indice di abbagliamento D6	-1
Segnaletica	Cospicua nelle zone di conflitto	-1
Possibilità di attraversamenti pedonali	Si veda par. 3.1 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.	Da valutare
Uso di sorgenti a luce bianca o moduli LED	Rapporto S/P elevato e campo di adattamento visivo mesopico	Da valutare

Nel caso si utilizzassero sorgenti di luce bianca o a led, con alto rapporto S/P (rapporto fra flusso luminoso scotopico emesso [S] e flusso luminoso fotopico emesso [P], così come specificato nella precedente tabella si potranno adottare valori di luminanza inferiori nei calcoli ma non tali da consentire uno sconto di categoria. Per i valori adottabili in caso di rapporto S/P elevato, si farà riferimento alla tabelle 8 e 9 del D.G.R. 12-11- 2015 n. 1732.

2.6. Zone studio

Di norma, la strada è costituita da più zone di studio e per ognuna si selezionerà una categoria illuminotecnica di progetto ed una o più categorie di esercizio.

2.7. Definizione della categoria illuminotecnica d'esercizio

La definizione di una o più categorie di esercizio si determina in base alla valutazione dei requisiti prestazionali che l'impianto dovrà garantire in relazione al variare nel tempo dei parametri d'influenza (es. il variare dei flussi del traffico durante la giornata o durante l'anno). Questi parametri determinano categorie d'esercizio maggiori o minori della categoria di progetto.

La classe illuminotecnica di progetto coincide con quella di esercizio quando i parametri di influenza non cambiano rispetto alle condizioni progettuali

2.8. Illuminazione di altri ambiti esterni Pubblici.

In altri ambiti, quali rotatorie, piste ciclabili, parcheggi, ecc. (escluse le gallerie), utilizzando la tabella 8 si può effettuare una comparazione delle categorie illuminotecniche tra aree contigue ed adiacenti, tenendo conto che non è consigliabile differenze di categoria illuminotecnica > di 2.

Tabella 8 – Comparazione di categorie illuminotecniche per zone attigue/adiacenti, come da Tabella 16 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.									
Livelli di prestazione visiva e di progetto									
Categoria		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
Categoria	C0	C1	C2	C3	C4	C5			
Categoria				P1	P2	P3	P4	P5	P6
Categoria	EV2	EV3	EV4	EV5	EV5	EV5			

2.9. Tabelle UNI EN 13201-2

Le tabelle sottostanti, come da UNI EN 13201-2, riportano i parametri di riferimento per le principali categorie illuminotecniche, stradali e non.

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AMBITO STRADALE				
Da utilizzare unitamente alla tabella 2				
Classe	Luminanza media mantenuta	Uniformità minima (%)		Valore Max indice abbagliamento debilitante Ti (%)
		U ₀	U ₁	
ME 1	2,0	40	70	10
ME 2	1,5	40	70	10
ME 3	1,0	40	70	10
ME 3b	1,0	40	60	15
ME 3c	1,0	40	50	15
ME 4a	0,75	40	60	15
ME 4b	0,75	40	50	15
ME 5	0,5	35	40	15
ME 6	0,3	35	40	15

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN ZONE DI CONFLITTO (es. rotonde, sottopassi, le strade commerciali, ecc.)		
Da utilizzare unitamente alla tabella 3		
Classe	Illuminamento medio orizzontale (lux)	Uniformità U ₀
CE 0	50	0.4
CE 1	30	0.4
CE 2	20	0.4
CE 3	15	0.4
CE 4	10	0.4
CE 5	7.5	0.4

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI (es. parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili, ecc.)		
Da utilizzare unitamente alla tabella 4		
Classe	Illuminamento medio orizzontale (lux)	Illuminamento minimo orizzontale (lux)
S 1	15	5
S 2	10	3
S 3	7.5	1.5

S 4	5	1
S 5	3	0.6
S 6	2	0.6
S 7	Non Determinato	

3. PROGETTO ILLUMINOTECNICO

3.1. Individuazione dell'area d'intervento

L'area di intervento del presente progetto prevede la realizzazione di nuova pista ciclabile di collegamento in zona Santarcangelo di Romagna (RN), secondo la mappa allegata.



La zona di intervento è riservata esclusivamente al traffico ciclabile e la strada principale carrabile si trova ad alcuni metri di distanza.

Per tale motivazione l'illuminazione sarà riservata esclusivamente alla zona ciclabile.

3.2. Definizione della categoria di Ingresso

In assenza di PUT con la indicazione delle categorie illuminotecniche delle strade del Comune in questione si classificano le strade così come di seguito riportato e l'amministrazione Comunale le fa sue con l'approvazione del presente progetto.

1. In base alla Tabella 1, la nuova strada viene individuata come di tipo Fbis – itinerari ciclo-pedonali con categoria illuminotecnica P3.

3.3. Valutazione del Rischio

Pista ciclabile

Si propone l'analisi del rischio per l'unica tipologia di strada, Percorso ciclo – pedonale tipo P3.

Valori di riferimento Come da tabella 6 e 7 - D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.			ANALISI DEL RISCHIO	
Parametro di influenza	Reale livello	Variazione categoria	Valutazione di progetto	Variazione categoria
Flusso del traffico	< 50% della portata di servizio	-1	normale	0
	< 25% della portata di servizio	-2	normale	0
Complessità campo visivo	elevata	1	no	0
Zone di conflitto	cospicue	1	no	0
Zone di conflitto	Assenti	-1	no	0
Dispositivi rallentatori	Presenti	-1	no	0
Rischio aggressione	elevato	1	no	0
Pendenza media	Elevata (>5%)	1	no	0
Livello luminoso dell'ambiente	Elevato	-1	no	0
Pedoni	Ammessi	1	si	1
Svincoli e/o intersezioni a raso	presenti	1	Non valutato	0
Abbagliamento	Ti <8%, indice di intensità luminosa G6 e indice di abbagliamento D6	-1	no	0
Segnaletica	Cospicua nelle zone di	-1	no	0
Possibilità di passaggi pedonali	Si veda par. 3.1 della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.	Da valutare	Non valutato	0
Uso di sorgenti a luce bianca o moduli LED	Rapporto S/P elevato e campo adattamento visivo mesopico	Da valutare	Non valutato	0
Variazione di Categoria in funzione del Rischio			1	

3.4. Definizione delle categorie di Progetto

Effettuata l'analisi dei rischi come da tabelle 6 e 7 le classi illuminotecniche risultanti sono:

Per la pista ciclabile si attua:

Classe illuminotecnica d'ingresso	Variazione della classe illuminotecnica	Classe illuminotecnica di progetto	Codifica come da tabella 2
P3	+1	P2	S2

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI (es. parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili , ecc.) COME DA TABELLA UNI EN 13201-2		
Classe	Illuminamento Medio Orizzontale (lux)	Illuminamento Minimo orizzontale (lux)
S 2	10	2

Per la pista ciclabile si attua:

Classe illuminotecnica d'ingresso	Variazione della classe illuminotecnica	Classe illuminotecnica di progetto	Codifica come da tabella 2
P3	+1	P2	S2

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI (es. parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili , ecc.) COME DA TABELLA UNI EN 13201-2		
Classe	Illuminamento Medio Orizzontale (lux)	Illuminamento Minimo orizzontale (lux)
S 2	10	2

3.5. Definizione delle categorie di Esercizio

Partendo dal presupposto che la zona in cui insiste la nuova pista ciclabile è di tipo residenziale ma anche a forte carattere turistico e che nelle ore notturne il traffico si riduce fortemente. Applicando i parametri di riduzione della categoria illuminotecnica in funzione della variazione del traffico così come riportato in Tab. 6, si possono definire delle classi di esercizio di seguito riportate:

Nuova Pista ciclabile di collegamento

Classe illuminotecnica di progetto	Classe esercizio bassa stagione		Classe esercizio alta stagione	
	Traffico veicolare < 25%	Traffico veicolare < 50%	Traffico veicolare < 25%	Traffico veicolare < 25%
	dalle 22 alle 24	dalle 24 alle 8	dalle 24 alle 8	/
	-1	-1	-1	/
S2	S3	S4	S3	/

VALORI ILLUMINOTECNICI PER LA PROGETTAZIONE IN AREE CON PRESENZA DI PEDONI (es. parcheggi a raso, marciapiedi o piste ciclabili, ecc.) COME DA TABELLA UNI EN 13201-2		
Classe	Illuminamento Medio Orizzontale (lux)	Illuminamento Minimo orizzontale (lux)
S 2	10	2
S 3	7	1.5
S 4	5	1

4. PRESTAZIONI E CARATTERISTICHE IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

4.1. Caratteristiche delle sorgenti di illuminazione

Gli Apparecchi di illuminazione sono dotati di sorgenti luminose a moduli Led con Temperatura di Colore Correlata (CCT) certificata a 4000 °K.

Questa condizione fa sì che non sia necessario eseguire la verifica che fattore Circadiano della luce emessa sia $a_{cv} \leq 0,60$, così come da Allegato C della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.

Le sorgenti luminose saranno realizzate con lampade modello Q-DROME STU-S 4.40, in ALLUMINIO, aventi le seguenti caratteristiche:

- Potenza massima nominale 21,5W
- Colore luce 4000K
- Testa di palo 33-60mm
- Vetro temprato da 4mm

Si allega scheda tecnica alla presente relazione

Nel calcolo con DIALUX è stato utilizzato un fattore di Manutenzione standard pari a 0,80

4.2. Caratteristiche degli apparecchi di illuminazione

- 1) Gli apparecchi di illuminazione, nella loro posizione di funzionamento, per $\gamma \geq 90^\circ$ hanno un'intensità luminosa (verso l'alto) inferiore a 0,49 cd/klm;
- 2) Gli apparecchi di illuminazione possiedono un indice IPEA (indice parametrizzato di efficienza dell'apparecchio), così come definito dell'allegato D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732;
- 3) Gli apparecchi di illuminazione appartengono al Gruppo RG0/RG1.

4.3. Verifica classe IPEA apparecchi

La verifica di idoneità del parametro IPEA degli apparecchi previsti a progetto si ha quando questo determina una classe IPEA $\geq$ a "C" così come da seguente tabella.

CLASSI ED INTERVALLI IPEA come da tab. 1 all. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732		
Classe IPEA	IPEA	
A++	$1,15 < \text{IPEA}$	Ok !
A+	$1,10 < \text{IPEA} \leq 1,15$	Ok !
A	$1,05 < \text{IPEA} \leq 1,10$	Ok !
B	$1,00 < \text{IPEA} \leq 1,05$	Ok !
C	$0,93 < \text{IPEA} \leq 1,00$	Ok !
D	$1,10 < \text{IPEA} \leq 1,15$	NO !
E	$1,10 < \text{IPEA} \leq 1,15$	NO !
F	$1,10 < \text{IPEA} \leq 1,15$	NO !
G	$1,10 < \text{IPEA} \leq 1,15$	NO !

L'indice IPEA è il rapporto fra l'efficienza globale dell'apparecchio rispetto l'efficienza globale di riferimento relativa alla migliore tecnologia attualmente utilizzata sul mercato e si calcola con la formula:

$$\text{IPEA} = \eta_a / \eta_r$$

Dove:

η_a = efficienza globale dell'apparecchio

η_r = efficienza globale di riferimento

L'efficienza globale dell'apparecchio si calcola con:

$$\eta_a = \frac{\Phi_{app} \times Dff}{P_{reale}} = \frac{\Phi_{sorg} \times Lor \times Dff}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \frac{\Phi_{sorg} \times Dlor}{P_{sorg} / \eta_{alim}} = \eta_{sorg} \times \eta_{alim} \times Dlor \quad [\text{lm/W}]$$

Dove:

- Φ_{app} (lm) flusso apparecchio luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza.
- D_{ff} Frazione di flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso) cioè al di sotto dell'angolo di 90°.
- P_{reale} (W) potenza reale assorbita dall'apparecchio di illuminazione, intesa come somma delle potenze assorbite dalla sorgente e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione. Tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza.
- η_{alim} Rendimento dell'alimentatore, inteso come rapporto tra la potenza nominale delle sorgenti e la potenza in entrata del circuito lampada/alimentatore con possibili carichi ausiliari.
- Φ_{sorg} (lm) flusso nominale luminoso emesso dalla sorgente nuda presente all'interno dell'apparecchio.
- P_{sorg} (W) potenza nominale dell'apparecchio.
- L_{or} Efficienza luminosa dell'apparecchio calcolata come rapporto tra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio e il flusso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso in condizioni standard.
- η_{sorg} (lm/W) efficienza nominale della sorgente luminosa.
- D_{Lor} Rapporto tra il flusso emesso dall'apparecchio e rivolto verso l'emisfero inferiore e il flusso luminoso originariamente emesso dalle lampade nude presenti in esso ed operanti con lo stesso impianto

I valori dell'efficienza globale di riferimento η_r si ricavano dalle seguenti tabelle.

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione stradale e di grandi aree, come da Tab. 2 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE STRADALE E DI GRANDI AREE	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	60
	$55 < P \leq 75$	65
	$75 < P \leq 105$	75
	$105 < P \leq 155$	81
	$155 < P \leq 255$	93
	$255 < P \leq 405$	99

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di percorsi ciclopeditoni, come da Tab. 3 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI PERCORSI CICLOPEDONALI	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	50
	$55 < P \leq 75$	56
	$75 < P \leq 105$	58
	$105 < P \leq 155$	63
	$155 < P \leq 255$	67
	$255 < P \leq 405$	67

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di aree verdi e parchi, come da Tab. 4 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI AREE VERDI E PARCHI	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	49
	$55 < P \leq 75$	55
	$75 < P \leq 105$	57
	$105 < P \leq 155$	62
	$155 < P \leq 255$	66
	$255 < P \leq 405$	66

Efficienza globale di riferimento η_r per l'illuminazione di centri storici con apparecchi artistici, come da Tab. 5 All. D della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI CENTRI STORICI CON APP. ARTISTICI (*)	
	Potenza nominale della sorgente [W]	Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W]
	$P \leq 55$	51
	$55 < P \leq 75$	57
	$75 < P \leq 105$	58
	$105 < P \leq 155$	63
	$155 < P \leq 255$	68
	$255 < P \leq 405$	68

(*) Per apparecchio artistico si intende un apparecchio con spiccata valenza estetica diurna e di design specifico per l'ambito di illuminazione considerato. Questo tipo di apparecchi è usato in numero limitato in installazioni di particolare pregio architettonico ed urbanistico ed esempio nei centri storici.

Gli Apparecchi di illuminazione previsti per la realizzazione dell'opera di che trattasi sono:

Calcolo IPEA per sorgenti LED

	Tipo di apparecchio	Apparecchio a LED	
	Marca e modello	Q-Drome STU-S 4.40	
	Ambito principale di utilizzo	percorsi ciclopeditoni	
	Tipo sorgente	LED	
Φ_{sorg}	flusso Modulo LED	2730	lm
Preale	potenza reale apparecchio LED	21,5	W
	Dff	1	

η_R	efficienza globale di riferimento (da Allegato D)	50	lm/W
----------	---	----	------

η_{app}	efficienza globale apparecchio ($\Phi_{sorg} \cdot P_{sorg} \cdot D_{ff}$)	174	lm/W
--------------	--	-----	------

IPEA (η_{app}/η_R)	3,48	A++
--	-------------	------------

4.4. Caratteristiche degli impianti di illuminazione

- 1) Gli impianti di illuminazione, così come progettati hanno un indice di prestazione energetica IPEI $\geq$ alla **“classe B”**, così come previsto nell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.
- 2) Gli impianti di illuminazione sono dotati di un sistema di gestione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi illuminanti tale da permettere la riduzione della potenza impiegata dall'impianto di almeno il 30%. Gli orari e le modalità di riduzione della potenza saranno fornite dall'Amministrazione Comunale con apposito atto. In assenza di questo, si utilizzeranno gli orari e le modalità di riduzione della potenza proposti all'interno di questa relazione che l'Amministrazione Comunale fa suoi con l'approvazione del presente progetto.
- 3) Gli impianti di illuminazione sono dotati di orologio astronomico per la gestione delle accensioni degli spegnimenti e delle riduzioni della potenza, così come prescritto dalla Delibera dell'AEEG del 25 settembre 2008 ARG/elt 135/08. In questo modo si avrà un ritardo massimo dell'accensione degli impianti pari a 20 min. e un anticipo massimo dello spegnimento pari a 20 min.
- 4) Gli impianti di illuminazione soddisfano i parametri illuminotecnici indicati nell'allegato F D.G.R. 12-11-2015 n. 1732, così come evidenziato precedentemente all'interno di questa relazione e come dimostrato nelle relazioni di calcolo allegate alla presente. Come è possibile verificare dai risultati di calcolo, i valori ottenuti hanno una tolleranza $<$ al 20% rispetto ai livelli minimi previsti nel citato allegato.
- 5) Gli apparecchi illuminanti sono posizionati in modo tale da rispettare un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti $\geq$ a 3,7 (salvo una tolleranza di $\pm 10\%$ data dalla geometria della strada dalla presenza di ostacoli o incroci, attraversamenti e passi carrai).
- 6) L'impianto così concepito e accompagnato da un'analisi dei consumi e dei risparmi energetici di esercizio e dal TCO (Total Cost of Ownership trad. costo totale di possesso).

Metodo per la verifica classe IPEI impianti

L'IPEI è l'indice parametrizzato di efficienza dell'impianto ed è parametrizzato in base allo SLEEC (Street light Energy Efficiency Criteria) che indica il rapporto tra la potenza impiegata per unità di superficie ed il valore illuminotecnico raggiunto.

Gli intervalli IPEI a cui fare riferimento per definire la classe di appartenenza sono riportati nella seguente tabella.

CLASSI ED INTERVALLI IPEI		
come da tab. 1 all. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732		
Classe IPEA	IPEA	
A++	IPEI $< 0,75$	Ok !
A+	$0,75 \leq \text{IPEA} < 0,82$	Ok !
A	$0,82 \leq \text{IPEA} < 0,91$	Ok !
B	$0,91 \leq \text{IPEA} < 1,09$	Ok !
C	$1,09 \leq \text{IPEA} < 1,35$	NO !
D	$1,35 \leq \text{IPEA} < 1,79$	NO !
E	$1,79 \leq \text{IPEA} < 2,63$	NO !

F	$2,63 \leq IPEA < 3,10$	NO !
G	$3,10 \leq IPEA$	NO !

In particolare l'indice IPEI è il rapporto tra SLEEC (S) dell'impianto [espresso in luminanza (SL) o illuminamento (SE) a secondo del tipo di strada da considerare] ed il relativo SLEEC di riferimento (SL_r o SE_r), moltiplicato per un fattore correttivo K_{inst} che consente di premiare soluzioni progettuali con maggiore interdistanza fra i punti luce.

L'IPEI si ricava dalle formule:

$$IPEI = \frac{SL}{SL_r} \times K_{inst} = \frac{SL}{SL_r} = \left(0,524 + \frac{L_m}{L_{m,rif} \times 2,1} \right) \text{ (in illuminamento) per ambiti stradali}$$

e/o

$$IPEI = \frac{SE}{SE_r} \times K_{inst} = \frac{SE}{SE_r} = \left(0,524 + \frac{E_m}{E_{m,rif} \times 2,1} \right) \text{ (in illuminamento) per altri ambiti}$$

Dove:

- SL SELEEC in luminanza. Impiegato in ambito stradale quando è richiesto il calcolo in luminanza. È determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito riportata.
- SE SELEEC per l'illuminamento. Impiegato per tratti misti quando la normativa richiede un calcolo in illuminamento. È determinato in base ai calcoli illuminotecnici, secondo la formula di seguito riportata.
- SL_r SELEEC di riferimento per luminanza. Si veda Tab. 2 dell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.
- SE_r SELEEC di riferimento per illuminamento. Si veda Tab. 3 e 4 dell'allegato E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732.
- K_{inst} Coefficiente di installazione. Coefficiente che premia gli apparecchi che, a parità di caratteristiche, garantiscono un'interdistanza più elevata.
- L_m (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80 ed un manto stradale C2.
- E_m (Lux) Illuminamento medio mantenuto, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80
- L_{m,rif} (cd/mq) Luminanza media mantenuta di riferimento, per la classe illuminotecnica di progetto adottata (da UNI EN 13201-2).
- E_{m,rif} (Lux) Illuminamento medio mantenuto di riferimento, per la classe illuminotecnica di progetto adottata (da UNI EN 13201-2).

Il calcolo dell'IPEI viene quindi eseguito come di seguito specificato:

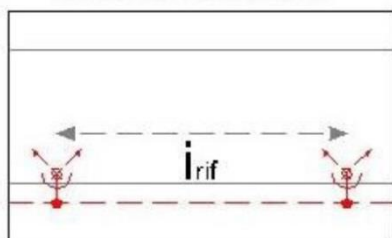
$$SL = \frac{P_{app}}{L_m \times i_{rif} \times l_{media}} = \left[\frac{W}{Cd/m^2 \times m^2} \right] \quad \text{SLEEC in luminanza (SL)}$$

e/o

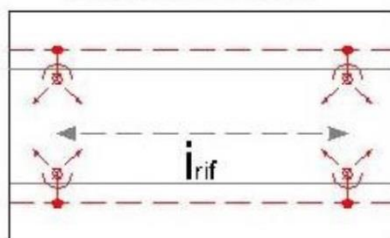
$$SE = \frac{P_{app}}{E_m \times i_{rif} \times l_{media}} = \left[\frac{W}{Lux \times m^2} \right] \quad \text{SLEEC in Illuminamento (SE)}$$

- P_{app}** (W) Potenza reale assorbita dall'apparecchio, intesa come somma delle potenze assorbite dalla sorgente e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio. Tale potenza può venire espressa come $P_{sorgente}/\eta_b$ in cui $P_{sorgente}$ è la potenza nominale della sorgente e η_b è il rendimento dell'alimentatore.
- L_m** (cd/mq) Luminanza media mantenuta, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80 ed un manto stradale C2.
- E_m** (Lux) Illuminamento medio mantenuto, risultante dal calcolo illuminotecnico effettuato, adottando un fattore di manutenzione pari a 0,80.
- l_{media}** Larghezza media della carreggiata o della zona illuminata.
- i_{rif}** (m) Interdistanza di riferimento in un impianto di pubblica illuminazione fra un punto luce e l'altro, computata secondo gli schemi di seguito riportati.

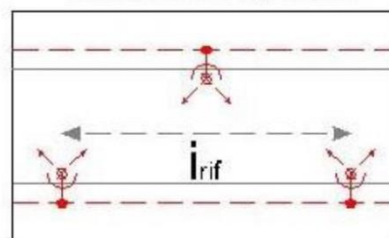
Installazione unilaterale



Installazione bilaterale



Installazione a quinconce



Nel caso in cui, per il calcolo illuminotecnico, non sia possibile riferirsi ad una tipologia d'installazione con file omogenee di apparecchi di illuminazione, è possibile calcolare il valore SE con la formula:

$$SE = \frac{P_{app}}{E_m \times S_{media}}$$

dove:

S_{media} L'area media illuminata da ciascun apparecchio di illuminazione. Nel caso di più apparecchi insistenti sulla stessa area, occorre dividere quest'area per il numero di apparecchi presenti al fine di ottenere l'area media illuminata teorica.

4.5. Valori dello SLEEC di riferimento

In luminanza SL_r

Valori di SLEEC di riferimento (SL_r) per l'illuminazione stradale, come da Tab. 2 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE STRADALE E DI GRANDI AREE	
	Categoria illuminotecnica	$SL_r = \frac{W}{Cd/m^2 \times m^2}$
	M1	0,49
	M2	0,51
	M3	0,55
	M4	0,58
	M5	0,60
	M6	0,65

In illuminamento SE_r

Valori di SLEEC di riferimento (SE_r) per l'illuminazione di intersezioni e centri storici, come da Tab. 3 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI INTERSEZIONI E CENTRI STORICI	
	Categoria illuminotecnica	$SE_r = \frac{W}{Lux \times m^2}$
	C0	0,033
	C1	0,035
	C2	0,037
	C3	0,039
	C4	0,042
	C5	0,044

Valori di SLEEC di riferimento (SE_r) per l'illuminazione di marciapiedi, percorsi ciclopeditionali, parcheggi, come da Tab. 3 All. E della D.G.R. 12-11-2015 n. 1732	ILLUMINAZIONE DI MARCIAPIEDI, PERCORSI CICLOPEDONALI, PARCHEGGI	
	Categoria illuminotecnica	$SE_r = \frac{W}{Lux \times m^2}$
	P1	0,07
	P2	0,08
	P3	0,09
	P4	0,11
	P5	0,14
	P6	0,17
	P7	0,21

5. CALCOLO CLASSE IPEI IMPIANTI

Calcolo per larghezza 2,5m:

	Ambito principale da illuminare		
	Tipo strada (PUT)	<i>F_{bis}</i>	
	Descrizione tipo strada	<i>itinerari cicolo-pedonali</i>	
	specificata	<i>marciapiedi, percorsi ciclopeditonali e parcheggi</i>	
	Categoria illuminotecnica	<i>P2</i>	
$E_{m,rif}$	Illuminamento di riferimento	10	lux
l	Larghezza carreggiata	2,5	m

	Tipo di apparecchio	<i>LED</i>	
	Marca e modello	<i>Q-Drome STU-S 4,40</i>	
	Tipo sorgente	<i>LED</i>	
Φ_{sorg}	flusso Modulo LED	2.730	lm
P_{app}	potenza reale apparecchio LED	21,5	W

i	<i>interdistanza</i>	20	m
	<i>altezza sorgenti</i>	5	m
E_m	<i>Illuminamento medio mantenuto</i>	13,07	lux
	<i>U_o</i>		

SE	SLEEC in illuminamento $[P_{app}/(E_m \cdot i \cdot l)]$	0,03	W/[(lux)*mq]
K_{inst}	Costante d'installazione $(0,524 + [E_m/(E_{m,rif} \cdot 2,1)])$	1,15	

SE_R	SLEEC di riferimento	0,08	lm/W
--------	----------------------	------	------

IPEI	$(SE/SE_R \cdot K_{inst})$	0,47	A++

6. RISULTATI DELLE ANALISI EFFETTUATE

L'impianto sarà dotato di Lampade tipo *Q-Drome STU-S 4.40*, installate su palo ad una altezza di 5m dal piano stradale.

La pista ciclabile in oggetto ha una larghezza di 2,5m.

Viene quindi eseguita una analisi illuminotecnica

E' previsto inoltre il passaggio di pedoni sulla stessa, per tale motivazione è stato tenuto conto nell'analisi del rischio.

L'analisi ha mostrato soddisfatte le verifiche con una distanza tra i vari pali di 20m.

I flussi luminosi medi non superano di 1,5 volte il valore limite indicato da normativa.

Il rapporto di interdistanza tra i pali vale:

$$I = \frac{\text{Distanza tra i pali}}{\text{Altezza dei pali}} = \frac{20m}{5m} = 4 > 3,7 \text{ (limite di normativa)}$$

I parametri IPEA e IPEI di impianto sono rispettati come indicato da calcoli sopra effettuati

7. PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO

7.1. Impianto elettrico

Gli impianti in progetto risultano in categoria 1 (tensione di esercizio fino a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua), con sistema di alimentazione TT (alimentazione dalla rete di distribuzione in B.T. dell'ente distributore) e aventi tensione di esercizio 230 1F+N+T / 400V 3F+N+T e frequenza 50 Hz.

Gli impianti realizzati saranno del tipo in derivazione, pertanto i centri luminosi saranno derivati dalla linea di alimentazione e risulteranno in "parallelo" tra loro. La derivazione dell'alimentazione sarà effettuata mediante giunzioni realizzate in pozzetto.

Nonostante la fornitura sarà in monofase, per esplicita richiesta saranno comunque divise tre diverse linee di alimentazione.

Tutti i componenti dell'impianto dovranno essere conformi alle relative norme CEI, UNI e alle tabelle CEI-UNEL (ove queste esistano). In particolare i componenti elettrici degli impianti dovranno rispettare quanto indicato all'art. 133 della norma **CEI 64-8**.

L'impianto Sarà Realizzato in classe II

7.2. Linee di alimentazione

La distribuzione dell'energia sarà realizzata mediante linee in cavo interrato posate all'interno di appositi cavidotti dislocati secondo le indicazioni delle tavole planimetriche di progetto.

Essendo prevista l'alimentazione dell'impianto mediante fornitura trifase in B.T., i centri luminosi saranno derivati in modo da suddividere equamente il carico tra le fasi e garantire un minimo di illuminazione in caso di guasto su una parte dell'impianto. Detti circuiti saranno indipendenti ed avranno il conduttore di neutro in comune.

I cavi delle linee di alimentazione sono stati dimensionati per rispondere alle normative vigenti: la caduta di tensione in linea è stata verificata per il rispetto del 4% (art. 525 norma **CEI 64-8**) tenendo conto di un eventuale 15% di maggiorazione dei carichi dovuto ad eventuali ampliamenti. In ogni caso la sezione minima dei conduttori di fase e di neutro e dei cavi non risultano inferiori a quanto indicato all'art. 524 della norma **CEI 64-8**.

Il calcolo della caduta di tensione delle linee adottate viene fornito in allegato alla relazione.

7.3. Isolamento a terra

All'atto della verifica iniziale l'impianto dovrà presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore ai valori indicati nella Tabella 61A della norma **CEI 64-8** con apparecchi di illuminazione disinseriti, mentre con apparecchi di illuminazione inseriti ogni circuito dovrà rispettare la seguente relazione:

$$RI \geq 2U_0 / (L+N) (M_n)$$

dove:

- U_0 è la tensione nominale verso terra in kV dell'impianto (si assume il valore 1 per tensione nominale inferiore a 1 kV);
- L è la lunghezza della linea di alimentazione in km (si assume il valore 1 per lunghezza inferiori a 1 km);
- N è il numero di apparecchi di illuminazione presenti nel sistema elettrico.

La misura va effettuata tra il complesso dei conduttori metallicamente connessi e la terra, con una tensione di prova (500Vcc) applicata per circa 60 s.

7.4. Sovraccarico

Come stabilito dalla norma **CEI 64-8 v2**, gli impianti IP sono caratterizzati da un carico costante e quindi la verifica delle protezioni di sovraccarico non sono richieste.

7.5. Cortocircuito

A protezione dell'impianto elettrico dai corto circuiti vanno previsti degli idonei dispositivi dimensionati come stabilito dagli art. 432.1; 433.2; 434.3; 435; 533 della norma **CEI 64-8**.

Tuttavia l'articolo 533.3 stabilisce che se il dispositivo termico dell'interruttore di linea ha una portata inferiore a quella del cavo più sottile utilizzato nell'impianto, l'impianto si considera autoprotetto senza alcuna ulteriore verifica.

In generale l'intervento della protezione dovrà avvenire in un tempo sufficientemente breve da non permettere che l'energia passante nel conduttore ne causi surriscaldamenti pericolosi. Per garantire questo va rispettata la seguente relazione:

$$I^2 t \geq K^2 S^2$$

dove:

- I è la corrente di cortocircuito presunta;
- t è il tempo di intervento dell'interruttore;

- K è un coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del conduttore;
- S è la sezione del conduttore.

7.6. Contatti indiretti

7.6.1. Generalità Protezione Classe II

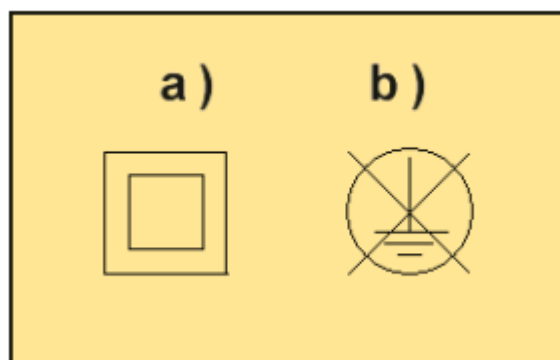
Sono questi dei metodi di protezione che, a differenza dei sistemi di protezione attiva trattati fino ad ora (protezione repressiva), non determinano l'interruzione automatica del circuito, con un vantaggio evidente per quanto riguarda la continuità di esercizio. Si tratta quindi di sistemi di protezione passivi che tendono ad impedire che possano verificarsi condizioni di pericolo (protezione preventiva).

7.6.2. Protezione con componenti di classe II

Un sistema di protezione passivo molto semplice consiste nell'utilizzare materiali elettrici (apparecchi, quadri, condutture, cassette di derivazione ecc..) con isolamento supplementare con l'intento di evitare che il cedimento dell'isolamento principale possa creare tensioni pericolose sull'involucro. L'insieme dell'isolamento principale e supplementare è denominato doppio isolamento oppure, se l'isolamento è unico ma equivalente al doppio isolamento, isolamento rinforzato.

7.6.3. Caratteristiche degli apparecchi di classe II

A seconda del tipo e dell'ambiente di utilizzo le Norme prescrivono le prove da eseguire e i requisiti che gli apparecchi di classe II devono possedere. Le prove tendono a stabilire le qualità elettriche e meccaniche dell'isolamento. Le caratteristiche costruttive devono garantire che la manutenzione a cura dell'utente non indebolisca l'isolamento (ad esempio che nel rimontare l'apparecchio non sia possibile dimenticare un elemento importante per garantire l'isolamento). L'involucro dell'apparecchio può essere costruito indifferentemente sia di materiale isolante che metallico ed in questo secondo caso è vietato dalle Norme il collegamento a terra (in alcuni casi, come vedremo, può essere richiesto un morsetto di equipotenzialità). Il collegamento a terra, che a prima vista potrebbe sembrare una sicurezza in più, può infatti risultare controproducente, in quanto il conduttore di protezione rischia di portare sull'involucro dell'apparecchio tensioni pericolose che si possono stabilire sull'impianto di terra inefficiente. Che questo possa accadere è assai più probabile che non il cedimento del doppio isolamento o dell'isolamento rinforzato da cui la prescrizione normativa di non collegare a terra la carcassa metallica dell'apparecchio.



Simbolo grafico di un componente o apparecchio dotato di isolamento doppio o rinforzato - Classe II. b) divieto di collegamento delle parti metalliche ad un conduttore di protezione

In alcuni casi, come ad esempio per gli interruttori elettronici a contatto con le persone, in sostituzione del doppio isolamento può essere interposta un'impedenza di protezione che deve però garantire una protezione equivalente al doppio isolamento. Apparecchi di uso comune per i quali è richiesto l'isolamento doppio o rinforzato sono, ad esempio, quelli portatili; essendo normalmente sostenuti durante l'uso, devono essere di classe II in quanto si ritiene che siano più sicuri dei corrispondenti apparecchi di classe I. Negli apparecchi portatili il rischio è elevato in quanto l'operatore, a causa dell'elevata pressione del contatto con l'apparecchio, possiede una resistenza del corpo ridotta; inoltre i guasti d'isolamento sono più frequenti a causa delle numerose sollecitazioni a cui l'apparecchio portatile è soggetto durante l'uso.

Le condutture possono essere considerate di classe II (con tensioni nominali non superiori a 690 V) se utilizzano:

cavi con guaina isolante di tensione superiore di un gradino rispetto a quella del sistema elettrico (isolamento rinforzato);

cavi unipolari senza guaina installati in tubo protettivo o in canale isolante rispondente alle Norme di prodotto;

cavi con guaina metallica aventi isolamento idoneo alla tensione nominale del sistema elettrico tra la parte attiva e la guaina metallica e tra questa e l'esterno.

Gli apparecchi di classe seconda non devono essere collegati a terra (il collegamento a terra delle masse potrebbe essere utile nel caso di un guasto tra gli avvolgimenti del trasformatore, ma potrebbe introdurre tensioni pericolose dovute a guasti su altri apparecchi alimentati dalla rete di distribuzione)

ma, nel caso dei canali metallici contenenti cavi di classe seconda, tale collegamento è accettato dalle Norme in quanto nel canale potrebbero essere posati , anche in tempi successivi, cavi non di classe seconda. Sintetizzando: se il canale contiene cavi di classe seconda e cavi normali deve essere collegato a terra, se contiene solo cavi di classe seconda può essere collegato a terra, se contiene solo cavi normali deve essere collegato a terra. In definitiva, per garantire all’impianto nel suo complesso un isolamento di classe II, è necessario rispettare le seguenti condizioni :

- gli involucri isolanti devono presentare una struttura atta a sopportare le sollecitazioni meccaniche, elettriche, e termiche che possono verificarsi in caso di guasto ;
- nella fase di installazione si deve evitare di danneggiare gli isolamenti ;
- gli involucri non devono essere dotati di viti di qualsiasi tipo (neppure isolanti per evitare che possano essere sostituite da altre di tipo metallico che potrebbero comprometterne l’isolamento) ;
- i contenitori con portello devono poter essere aperti sono con attrezzo o chiave. Se i coperchi fossero rimovibili senza chiave o attrezzo le parti conduttrici accessibili devono essere protette da una barriera, rimovibile solo con l’uso di attrezzi, avente grado di protezione non inferiore a IPXXB ;
- le parti intermedie dei componenti elettrici devono avere grado di protezione non inferiore a IPXXB ;
- non devono essere impiegate vernici o lacche per ottenere un isolamento supplementare ;
- l’involucro non deve essere attraversato da parti conduttrici che potrebbero propagare potenziali pericolosi ;
- l’involucro non deve impedire il regolare funzionamento dell’apparecchio elettrico ;
- le parti conduttrici contenute all’interno dell’involucro non devono essere collegate ad un conduttore di protezione.

E’ possibile far attraversare l’involucro da conduttori di protezione di altri componenti elettrici il cui circuito di alimentazione passi anch’esso attraverso l’involucro. All’interno dell’involucro tali conduttori e i loro morsetti devono essere isolati come se fossero parti attive e i morsetti devono essere contrassegnati in modo adeguato ;

le parti conduttrici e le parti intermedie non devono essere collegate ad un conduttore di protezione a meno che ciò non sia espressamente previsto nelle prescrizioni di costruzione del relativo componente elettrico.

7.7. Contatti diretti

I componenti avranno caratteristiche costruttive che non permettano il contatto diretto, da parte degli utenti, con le parti conduttrici in tensione (minimo IP2X).

In ogni caso, tutti gli impianti dovranno essere disposti in modo che le persone non possano venire a contatto con le parti in tensione se non previo smontaggio o distruzione degli elementi di protezione.

Eventuali parti attive accessibili da sportelli, anche se installati a altezza $\leq 2,5$ m dal suolo e apribili solamente mediante attrezzo, dovranno avere grado di protezione non inferiore a IPXXB, o dovranno essere protette da un ulteriore schermo con uguale grado di protezione, a meno che non siano installate in locali accessibili solo a persone autorizzate.

Nella fattispecie si raccomanda di porre particolare attenzione agli sportelli che danno accesso alle morsettiere di derivazione ubicati alla base dei pali e alle apparecchiature ubicate all'interno dell'armadio stradale.

Le lampade degli apparecchi di illuminazione non dovranno essere accessibili senza la rimozione di involucri o barriere, (rimovibili solo mediante attrezzo), salvo che l'apparecchio non sia installato ad una altezza superiore a 2,8 m.

Le misure di protezione mediante ostacoli e di stanziamento non sono ammesse.

7.8. Selettività

Per garantire la maggior continuità di servizio possibile, la scelta degli interruttori automatici sarà mirata ad ottenere la selettività di intervento.

Ciò significa che le tarature avranno valore a scalare da monte a valle. In questo modo un eventuale guasto in qualsiasi punto dell'impianto non comprometterà il funzionamento della sola porzione interessata dal guasto stesso.

7.9. Protezione contro i fulmini

Nel caso specifico, come indicato nell' art. 714.35 della norma **CEI 64-8**, la protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria.

7.10. Protezione dalle sovratensioni

La protezione dalle sovratensioni transitorie di origine atmosferica o generata da manovre di dispositivi elettrici sarà effettuata mediante l'utilizzo di dispositivi con idoneo valore di tensione nominale di tenuta all'impulso.

La protezione di base è correlata alla bontà dell'isolamento dei componenti elettrici ed al loro livello di tenuta all'impulso. I componenti elettrici dovranno essere scelti in modo che la loro tenuta all'impulso non sia inferiore alla tensione specificata nella tabella sottostante.

Tensione nominale dell'impianto	Tensione nominale di tenuta all'impulso richiesta per i componenti elettrici (kV)			
	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
230/400 V	6	4	2,5	1,5

Gli impianti saranno dotati di limitatori di sovratensione (SPD) installati secondo gli schemi elettrici progettuali e comunque verificando che la tensione residua ai morsetti dell'SPD (Uprot) non sia superiore al livello di tensione indicato nella tabella sopra riportata, per la categoria di tenuta all'impulso prevista nel punto di installazione.

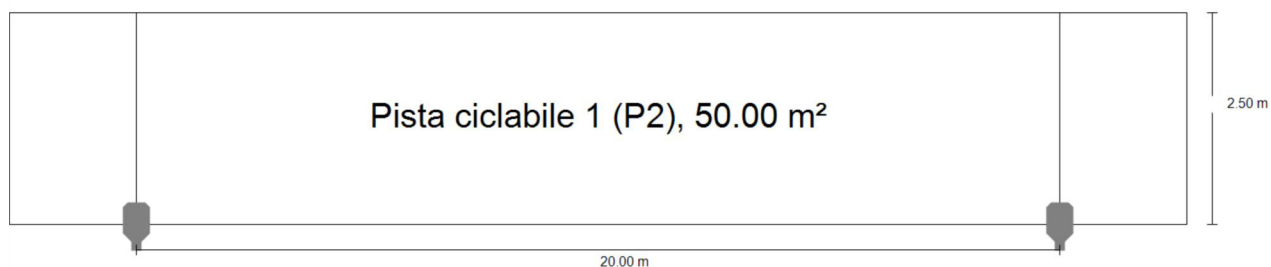
8. ALLEGATI

- Calcoli Illuminotecnici
- Scheda tecnica dei corpi illuminanti
- Relazione di calcolo dei plinti

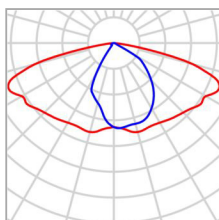
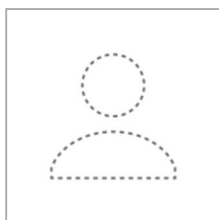
CALCOLI ILLUMINOTECNICI

Pista ciclabile

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)



Pista ciclabile

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Produttore	Non ancora Membro DIALux
Articolo No.	Q-DROME 2Z8 STU-S 4.40-1M
Nome articolo	Q-DROME 2Z8 STU-S 4.40-1M
Dotazione	1x L-QDR-2Z8-4000-400-1M-70-25

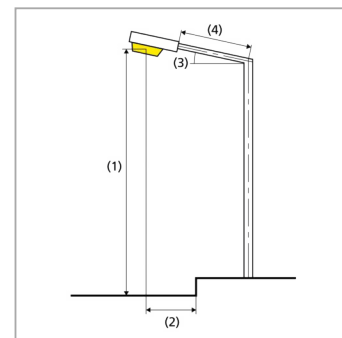
P	21.5 W
$\Phi_{\text{Lampadina}}$	2730 lm
Φ_{Lampada}	2730 lm
η	100.00 %

Pista ciclabile

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Q-DROME 2Z8 STU-S 4.40-1M (su un lato sotto)

Distanza pali	20.000 m
(1) Altezza fuochi	5.000 m
(2) Distanza fuochi	0.000 m
(3) Inclinazione braccio	0.0°
(4) Lunghezza braccio	0.300 m
Ore di esercizio annuali	4000 h: 100.0 %, 21.5 W
Consumo	1075.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Max. intensità luminose Per tutte le direzioni che, per le lampade installate e utilizzabili, formano l'angolo indicato con le verticali inferiori.	≥ 70°: 492 cd/klm ≥ 80°: 141 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Classe intensità luminose I valori intensità luminosa in [cd/klm] per calcolare la classe intensità luminosa si riferiscono, conformemente alla EN 13201:2015, al flusso luminoso lampade.	G*2
Classe indici di abbagliamento	D.4



Risultati per i campi di valutazione

	Unità	Calcolato	Nominale	OK
Pista ciclabile 1 (P2)	E_m	13.07 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	E_{min}	6.19 lx	≥ 2.00 lx	✓

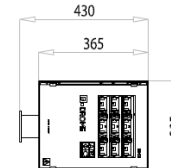
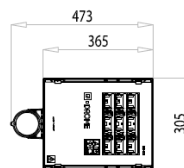
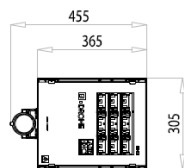
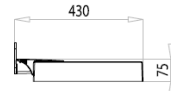
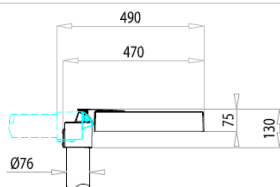
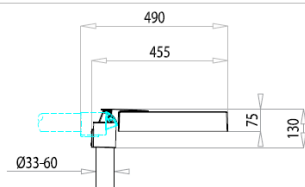
Per l'installazione è stato previsto un fattore di manutenzione di 0.67.

Pista ciclabile

Riepilogo (in direzione EN 13201:2015)

Risultati per gli indicatori dell'efficienza energetica

	Unità	Calcolato	Consumo
Pista ciclabile	D _p	0.033 W/lx*m ²	-
Q-DROME 2Z8 STU-S 4.40-1M (su un lato sotto)	D _e	1.7 kWh/m ² anno,	86.0 kWh/anno



Q-DROME

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Applicazioni	Illuminazione stradale e urbana.
Gruppo ottico	STU-S: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e ciclopedonale (emissione stretta). STU-M: Ottica asimmetrica per illuminazione stradale, urbana e ciclopedonale (emissione media). STU-W: Ottica asimmetrica per illuminazione di strade larghe urbane e extraurbane. S03: Ottica asimmetrica per illuminazione di strade larghe urbane e extraurbane. Temperatura di colore: 4000K (3000K in opzione) CRI ≥ 70 LOR= 100%, DLOR= 100%, ULOR= 0% Classe di sicurezza fotobiologica: EXEMPT GROUP Efficienza sorgente LED: 174 lm/W @ 400mA, Tj=85°C, 4000K
Classe di isolamento	II, I
Grado di protezione	IP66 IK08 totale
Moduli LED	Gruppo ottico rimovibile.
Inclinazione	TP: Testa palo: 0°, +5°, +10°, +15°, +20° Braccio: +5°, 0°, -5°, -10°, -15°, -20° AM: Attacco a parete opzionale: 0°
Dimensioni	Vedere disegno.
Peso	max 5.2 kg
Superficie esposta	Laterale: 0.03m ² – Pianta: 0.11m ²
Montaggio	TP: Braccio o testa palo Ø33mm ÷ Ø60mm (Ø76mm in opzione). AM: Attacco a parete (in opzione).
Cablaggio	Rimovibile
Temp. di esercizio	-40°C / +50°C
Temp. di stoccaggio	-40°C / +80°C
Norme di riferimento	EN 60598-1, EN 60598-2-3, EN 62471, EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3

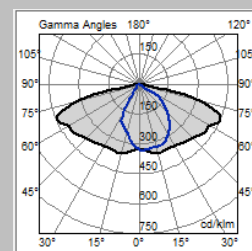


CARATTERISTICHE ELETTRICHE

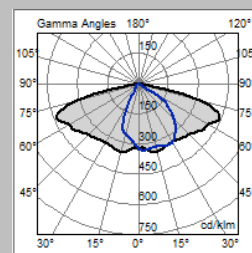
Alimentazione	220÷240V 50/60Hz
Fattore di potenza	>0.95 (a pieno carico F, DA, DAC)
Connessione rete	Per cavi sezione max. 4mm ²
Protez. sovratensioni	Fino a 10kV Con SPD (in opzione) 10kV / 10kV CM/DM
SPD (in opzione)	10kV-10kA, type II, completo di LED di segnalazione e termofusibile per disconnessione del carico a fine vita.
Sistema di controllo (opzioni)	F: Fisso non dimmerabile. DA: Dimmerazione automatica (mezzanotte virtuale) con profilo di default. DAC: Profilo DA custom. FLC: Flusso luminoso costante. WL: Telecontrollo punto/punto ad onde radio. DALI: Interfaccia di dimmerazione digitale DALI. NEMA: Presa 7 pin (ANSI C136.41). ZHAGA: Presa 4 pin (ZHAGA Book 18).
Vita gruppo ottico (Tq=25°C, 500mA)	>100.000hr L90B10 >100.000hr L90, TM21

MATERIALI

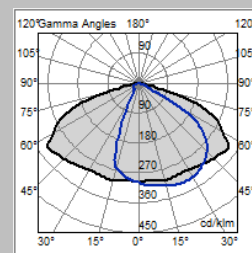
Attacco	TP: Alluminio pressofuso UNI EN1706. Verniciato a polveri. AM: Acciaio zincato. Verniciato a polveri.
Corpo	Alluminio pressofuso UNI EN1706. Verniciato a polveri.
Ganci di chiusura	Molle in acciaio inox.
Gruppo ottico	Alluminio 99.85% con finitura superficiale realizzata con deposizione sotto vuoto 99.95%. (Alluminio classe A+ DIN EN 16268)
Schermo	Vetro piano temperato sp. 5mm elevata trasparenza.
Pressacavo	Plastico M20x1.5 - IP68
Guarnizione	Poliuretana
Colore	Grafite - Cod. 01



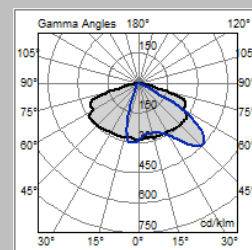
Optica STU-S



Optica STU-M



Optica STU-W



Optica S03

Tutti i dati fotometrici pubblicati sono stati rilevati in conformità alle norme UNI EN 13032-1 e IES LM 79-08



APPARECCHIO	OTTICA	CORRENTE LED (mA)	FLUSSO APPARECCHIO* (Tq=25°C, 4000K, lm)	POTENZA APPARECCHIO* (Tq=25°C, Vin=230Vac, F/DA/DAC, W)	EFFICIENZA APPARECCHIO (Tq=25°C, lm/W)	FLUSSO NOMINALE LED* (Tj=85°C, 4000K, lm)	POTENZA NOMINALE LED* (Tj=85°C, W)
Q-DROME 2Z8 4.40-1M	STU-M	400	2730	21.5	126	3175	18
Q-DROME 2Z8 4.40-2M	STU-S		5460	40.5	134	6351	36
Q-DROME 2Z8 4.40-3M	STU-W		8150	59.5	136	9526	54
Q-DROME 2Z8 4.50-1M	STU-M	500	3250	27	120	3896	23
Q-DROME 2Z8 4.50-2M	STU-S		6550	51.5	127	7792	46
Q-DROME 2Z8 4.50-3M	STU-W		9720	75.5	128	11688	68
Q-DROME 2Z8 4.40-1M	S03	400	2670	21.5	124	3175	18
Q-DROME 2Z8 4.40-2M			5350	40.5	132	6351	36
Q-DROME 2Z8 4.40-3M			7980	59.5	134	9526	54
Q-DROME 2Z8 4.50-1M	S03	500	3180	27	117	3896	23
Q-DROME 2Z8 4.50-2M			6420	51.5	124	7792	46
Q-DROME 2Z8 4.50-3M			9530	75.5	126	11688	68

*FLUSSO APPARECCHIO / POTENZA APPARECCHIO: Dati nominali rilevati in laboratorio.

*FLUSSO NOMINALE LED / POTENZA NOMINALE LED: Dati nominali estrapolati da datasheet costruttore LED.

I valori indicati in questa scheda tecnica sono da considerarsi valori nominali. Tolleranza su flusso: +/-7%. Tolleranza su potenza: +/-5%.

Tolleranza su potenza in versioni ZHAGA o con alimentatore D4i/SR: +/-10%.

Al fine di favorire un costante aggiornamento dei propri prodotti, AEC si riserva il diritto di apportare modifiche senza preavviso.

APPARECCHIO	OTTICA	CORRENTE LED (mA)	FLUSSO APPARECCHIO* (Tq=25°C, 3000K, lm)	POTENZA APPARECCHIO* (Tq=25°C, Vin=230Vac, F/DA/DAC, W)	EFFICIENZA APPARECCHIO (Tq=25°C, lm/W)	FLUSSO NOMINALE LED* (Tj=85°C, 3000K, lm)	POTENZA NOMINALE LED* (Tj=85°C, W)
Q-DROME 2Z8 3.40-1M	STU-M	400	2670	21.5	124	3112	18
Q-DROME 2Z8 3.40-2M	STU-S		5350	40.5	132	6224	36
Q-DROME 2Z8 3.40-3M	STU-W		7980	59.5	134	9336	54
Q-DROME 2Z8 3.50-1M	STU-M	500	3180	27	117	3818	23
Q-DROME 2Z8 3.50-2M	STU-S		6420	51.5	124	7636	46
Q-DROME 2Z8 3.50-3M	STU-W		9530	75.5	126	11455	68
Q-DROME 2Z8 3.40-1M	S03	400	2620	21.5	121	3112	18
Q-DROME 2Z8 3.40-2M			5240	40.5	129	6224	36
Q-DROME 2Z8 3.40-3M			7820	59.5	131	9336	54
Q-DROME 2Z8 3.50-1M	S03	500	3120	27	115	3818	23
Q-DROME 2Z8 3.50-2M			6290	51.5	122	7636	46
Q-DROME 2Z8 3.50-3M			9340	75.5	123	11455	68

*FLUSSO APPARECCHIO / POTENZA APPARECCHIO: Dati nominali rilevati in laboratorio.

*FLUSSO NOMINALE LED / POTENZA NOMINALE LED: Dati nominali estrapolati da datasheet costruttore LED.

I valori indicati in questa scheda tecnica sono da considerarsi valori nominali. Tolleranza su flusso: +/-7%. Tolleranza su potenza: +/-5%.

Tolleranza su potenza in versioni ZHAGA o con alimentatore D4i/SR: +/-10%.

Al fine di favorire un costante aggiornamento dei propri prodotti, AEC si riserva il diritto di apportare modifiche senza preavviso.

RELAZIONE DI CALCOLO

1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

La presente relazione tratta il dimensionamento dei plinti per installazione di pali di pubblica illuminazione in comune di Santarcangelo di Romagna (RN).

L'illuminazione è prevista dedicata su pista ciclabile, con altezze di 4,5m e distanza tra i vari pali di 20m. Le sollecitazioni di calcolo sul plinto di fondazione dipendono prevalentemente dal peso del palo, dal carico di neve e dall'azione del vento.

Si vedano negli allegati i relativi calcoli degli sforzi indicati.

Il presente intervento ricade all'interno della DGR 2272/2016, punto A.4.2 "Strutture di sostegno per dispositivi di telecomunicazione, illuminazione, torri faro, segnaletica stradale (quali pali, tralicci), pale eoliche, isolate e non ancorate agli edifici, aventi altezza massima $\leq 15\text{m}$ ",

Codice Intervento L1

Per gli interventi contrassegnati dal codice (L1) è necessario predisporre:

- la dichiarazione sintetica descrittiva dell'intervento, firmata dal progettista, contenente l'asseverazione che l'opera è priva di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici, in quanto l'intervento ricade in una delle ipotesi indicate negli elenchi A e B specificamente individuate;
- l'elaborato grafico: sufficiente ad individuare l'intervento (natura, dimensioni e localizzazione).

2. PROCEDIMENTO DI CALCOLO E VERIFICHE

Come prescritto dalle vigenti norme NTC 2018, per le verifiche di stabilità - EQU - e delle azioni sul terreno - GEO - della fondazione viene eseguita utilizzando lo "APPROCCIO 1" nella combinazione A2-M2-R2.

La verifica del carico limite ultimo viene condotta con il metodo/formula di Brinch- – Hansen utilizzando i valori relativi alle caratteristiche del terreno comunicate dalla ditta committente. Non vengono utilizzati codici di calcolo e, per alcune procedure di calcolo di carattere ripetitivo, oltre che alla classica calcolatrice scientifica, è stato utilizzato un foglio elettronico per calcolo automatico "Microsoft Excel"; la correttezza e l'affidabilità dei risultati di detti calcoli automatici sono stati più volte verificati dallo scrivente nel corso della sua vita professionale.

Coefficienti relativi allo "APPROCCIO 1" nella combinazione A2-M2-R2

COEFFICIENTI γ_A		EQU	GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	0,9	1,0
	Sfavorevoli	1,1	1,0
Carichi variabili	Favorevoli	0,0	0,0
	Sfavorevoli	1,5	1,3

COEFFICIENTI γ_M		M2	
Tang. angolo attrito	$\tan \varphi'k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
Coesione efficace	$c'k$	$\gamma_{c'}$	1,25
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1,00

COEFFICIENTI γ_R		R2	
Capacità portante		γ_R	1,80
Scorrimento		γ_R	1,10

3. TIPOLOGIA DEI PALI

Come rappresentato negli elaborati grafici di progetto, si hanno le seguenti tipologie di pali installati con le seguenti caratteristiche :

PALO Hft 4,50 m

Altezza palo / punto luce $H = 4,50$ m

Diametro di base $D = 115$ mm

Diametro di sommità $d = 60$ mm

Spessore $s = 3$ mm

4. MATERIALI E TERRENO DI FONDAZIONE

CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO

La fondazione è realizzata con calcestruzzo avente le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione R'_{ck} non inferiore a **300 daN/cm²**

Ovvero Classe di resistenza **C25/30**

Massimo rapporto acqua/cemento **0,60**

Dosaggio minimo cemento **300 kg/mc**

Classe di esposizione ambientale **XC2**

(Bagnato raramente asciutto: superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo; fondazioni in terreno non aggressivo)

Classe di consistenza **S4**

Diametro Max Aggregato $d_g \leq$ **32 mm**

Non si esclude la possibilità di utilizzare conglomerato di qualità superiore.

ACCIAIO PER ARMATURE DEL CEMENTO ARMATO

barre in acciaio ad aderenza migliorata **B450C**

Tensione di rottura $f_t \geq$ **540 N/mm²**

Tensione di snervamento $f_y \geq$ **450 N/mm²**

TERRENO

Per quanto al terreno di fondazione si considerano caratteristiche definibili "medie" in conseguenza del fatto che dette fondazioni non interessano strati profondi di terreno ma presentano caratteristiche di "fondazioni superficiali", si adottano pertanto le seguenti caratteristiche geotecniche:

- peso specifico terreno medio $\gamma =$ **1.800 daN/m³**
- Angolo di attrito del terreno $\phi =$ **28°**
- Coesione, per motivi di sicurezza si considera $c' =$ **0,00 daN/cm²**
- Acqua di falda a quota inferiore della base di imposta della fondazione

5. CARICHI DI PROGETTO

CARICHI PERMANENTI:

Peso proprio delle strutture portanti in acciaio.

Peso proprio degli apparecchi illuminanti ed accessori elettrici.

Peso proprio di segnaletica e accessori.

SOVRACCARICHI VERTICALI

Vedi allegato

SOVRACCARICHI DOVUTI AL VENTO

Vedi allegato

6. VERIFICHE DI CALCOLO

VERIFICHE DEL PLINTO ALTO ($\alpha > 45^\circ$). (tens. e deform. positive se di compressione)

- Verifica carico limite verticale in condizione drenata (Brinch-Hansen) (comb. 1 SLU A2+M2+R2)

Dimensioni adottate (cm): $B=85.00$; $L=85.00$; $D=85.00$; $\text{ecc}B=9.40$; $\text{ecc}L=0.38$; $B'=66.19$; $L'=84.25$;
Carichi (N, N·cm): $N=15950.00$; $MB=6000.00$; $ML=150000.00$; $HB=0.00$; $HL=75.00$

Parametri geotecnici adottati: angolo di attrito= 17.91192° ; coesione eff.= 0.00000 N/mm^2 ; peso spec. terreno= 18639.00 N/m^3

Parametri intermedi: Sovraccarico sul piano di posa $q=0.01584 \text{ N/mm}^2$; $V=15950.00 \text{ N}$; $H=0.00 \text{ N}$;
angolo forza orizz. direz. L $\alpha L=0.00000^\circ$; $mB=1.56$; $mL=1.44$; $m=1.44$; $k=1.00$;

Fattori :

$N_c=13.03$; $N_q=5.21$; $N_g=4.02$;

$s_c=1.30$; $d_c=1.38$; $i_c=1.00$; $g_c=1.00$; $b_c=1.00$;

$s_q=1.15$; $d_q=1.31$; $i_q=1.00$; $g_q=1.00$; $b_q=1.00$;

$s_g=1.15$; $d_g=1.00$; $i_g=1.00$; $g_g=1.00$; $b_g=1.00$;

Pressione limite: $q_{lim}=0.15269 \text{ N/mm}^2$ (152685.81 N/m^2); Carico Limite:

$Q_{lim}=q_{lim} \cdot B' \cdot L'=85144.55 \text{ N}$

Verifica del carico limite: $Q_{lim}/gR=85144.55/1.8000=47302.53 > N=15950.00 \text{ N} \Rightarrow \text{VERIFICA POSITIVA}$

- Verifiche per la sezione ortogonale all'asse x (Azioni al filo del pilastro):

Azione del tirante (comb. 1 SLU A1+M1+R1): $T = -342.90 \text{ N}$

Armatura inserita: $A_f=2.36 \text{ cm}^2$; $A_f'=1.57 \text{ cm}^2$

(equivalente a: 1Ø10 dritti inf. + 2Ø10 staffoni)

$s_f = | -1.46 | \text{ (N/mm}^2\text{)} < f_{yd}$

- Verifiche per la sezione ortogonale all'asse y (Azioni al filo del pilastro):

Azione del tirante (comb. 1 SLU A1+M1+R1): $T = -786.18 \text{ N}$

Armatura inserita: $A_f=2.36 \text{ cm}^2$; $A_f'=1.57 \text{ cm}^2$

(equivalente a: 1Ø10 dritti inf. + 2Ø10 staffoni)

$s_f = | -3.34 | \text{ (N/mm}^2\text{)} < f_{yd}$

- Verifiche a punzonamento S.L.U..

$d=750 \text{ mm}$. Altezza utile media della base del plinto $d=(d_x+d_y)/2$;

$u=1666 \text{ mm}$. Perimetro di verifica critico, che massimizza il rapporto $v_{Ed}/v_{Rd,c}$;

$a=274.9868 \text{ mm}$. Distanza del perimetro critico u dal pilastro ($a/d=0.3666$);

$v_{Ed}=b \cdot V_{Ed \text{ rid}}/(d \cdot u)$. Tensione di punzonamento sollecitante nel perimetro critico u ;

$b=[1+k(M_{ed} \cdot u)/(V_{ed} \cdot W)]=11.3193$: coefficiente di amplificazione per eccentricità di carico nel perimetro u ;

$W_1=543636$, $k_1=0.6000$: distribuzione del taglio e coefficiente k lungo la direzione c_1 ;

$v_{Rd \text{ max}}=0.4 \cdot 0.5 \cdot f_{cd}=2.6460$. Tensione resistente di progetto di punzonamento massimo;

Verifica nel perimetro in adiacenza al pilastro $u_0=1200 \text{ mm}$ (comb. 1 SLU A1+M1+R1)

$V_{Ed}=1500.0 \text{ N}$; $V_{Ed \text{ rid}}=V_{Ed}-D_{V_{Ed}}=1313.1 \text{ N}$. Azioni verticali data e ridotta;

$v_{Ed}=b \cdot V_{Ed \text{ rid}}/(u_0 \cdot d)=0.0165 < v_{Rd \text{ max}} \Rightarrow \text{VERIFICA POSITIVA}$

Verifica nel perimetro critico $u=1666$ mm (comb. 1 SLU A1+M1+R1)

$V_{Ed}=1500.0$ N; $V_{Ed\ rid}= V_{Ed}-D V_{Ed}=267.2$ N. Azioni verticali data e ridotta;

$M_x=0.0$, $M_y=-1500000.0$ Nmm. Momenti flettenti provenienti dal pilastro (nel sistema di riferimento del pilastro);

$v_{Rd,c}=1.778962$ N/mm². Tensione resistente nel plinto privo di armatura a punzonamento nel perimetro u ;

$v_{Ed}=b \cdot V_{Ed\ rid} / (d \cdot u_1) = 0.0024 < v_{Rd,c}$ VERIFICA POSITIVA -> Non è necessaria armatura a punzonamento

- Verifiche al ribaltamento S.L.U.:

Coeff. di sicur. lungo x (comb. 1 SLU A1+M1+R1): $K_r = M_{stab} / (M + T \cdot H_{pli}) = 677875.00 / 6000.00 = 112.98 > 1.00 \Rightarrow$ VERIFICA POSITIVA

Coeff. di sicur. lungo y (comb. 1 SLU A1+M1+R1): $K_r = M_{stab} / (M + T \cdot H_{pli}) = 677875.00 / 150000.00 = 4.52 > 1.00 \Rightarrow$ VERIFICA POSITIVA

- Verifica allo scorrimento S.L.U. (comb. 1 SLU A2+M2+R2; $N_{tot}=15950.00$ N, $A_{eff}=5576.45$ cm², $H=75.00$ N):

Coeff. di sicurezza: $K_s = (V \cdot \tan(d) + c_a \cdot A_{eff}) / H = 5805.33 / 75.00 = 77.40 > 1.10 \Rightarrow$ VERIFICA POSITIVA

Vista l'armatura minima calcolata e tenendo conto delle distanze minime e numero di Staffoni minimi, l'armatura progettata è:

Staffoni direzione X : 2Ø10

Staffoni direzione Y : 2Ø10

Ferri dritti inferiori direzione X : 1Ø10

Ferri dritti inferiori direzione Y : 1Ø10

VERIFICHE TUTTE POSITIVE

7. CONCLUSIONE

I plinti di fondazione sono stati calcolati secondo le sollecitazioni dovute a neve e vento, oltre i carichi statici.

Non è richiesto un calcolo sismico in quanto ricadenti al punto A.4.2 della DGR 2272/2016, “Strutture di sostegno per dispositivi di telecomunicazione, illuminazione, torri faro, segnaletica stradale (quali pali, tralicci), pale eoliche, isolate e non ancorate agli edifici, aventi altezza massima $\leq 15\text{m}$ ”.

I calcoli vengono eseguiti su base volontaria a titolo cautelativo.

AZIONE DELLA NEVE PAR. 3.4 NTC18

1.DEFINIZIONE DEI DATI

Il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota $a_s \leq 1500$ m s.l.m., non dovrà essere assunto minore di quello indicato in tabella, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per altitudini $a_s \geq 1500$ m s.l.m. si dovrà fare riferimento a valori statistici locali utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500m

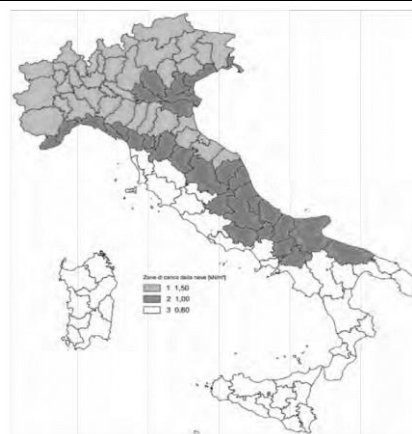
1.1 a_s (altitudine sul livello del mare):

50 [m]

1.2 zona:

Zona III

<u>Zona I - Alpina</u> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona I - Mediterranea</u> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona II</u> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<u>Zona III</u> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$



Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si fa riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione o per le fasi transitorie relative ad interventi sulle costruzioni esistenti, il periodo di ritorno dell'azione si riduce come di seguito specificato:

- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà $TR \geq 5$ anni;
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi e un anno, si assumerà $TR \geq 10$ anni.

2 CALCOLO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

q_{sk} valore caratteristico della neve al suolo 0,60 [kN/m²]

3 CALCOLO DEI COEFFICIENTI

3.1 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione deve essere utilizzato per modificare il valore del carico della neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Normalmente si adotta $C_e=1$. Si riportano in tabella i coefficienti consigliati per le diverse classi di topografia.

Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1,1

3.1.1 Classe di topografia:

Normale

Il coefficiente di esposizione vale:

C_E	1,00
-------	------

3.2 Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Il coefficiente topografico vale:

C_t	1,00
-------	------

3.2 Coefficiente di forma

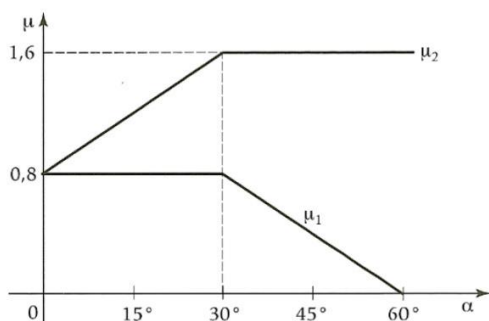
3.2.1 Inclinazione della falda α (1)

0 [deg]

3.2.2 Inclinazione della falda α (2)

0 [deg]

3.2.3 Legge di variazione del coefficiente di forma:



$\mu_1 (\alpha_1)$	0,80
$\mu_1 (\alpha_2)$	0,80
$\mu_2 (\alpha)$	0,80

	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60$
$\mu_1 (\alpha)$	0,80	$0,8(60-\alpha)/30$	0,00
$\mu_2 (\alpha)$	$0,8+0,8 \alpha/30$	1,60	0,00

AZIONE DEL VENTO PAR. 3.3 NTC18

DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

2) Emilia Romagna



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

Distanza dalla costa

T_R (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

50	[m]
8	[km]
100	[anni]
II	

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Altezza del colmo della copertura, rispetto al suolo e inclinazione della falda sopravvento

E' consigliabile calcolare la pressione del vento per ogni facciata del fabbricato modificando i parametri per ogni caso. Nel caso di studio su prospetto di timpano, la valutazione della pressione del vento si conduce come se la copertura fosse piana e la parete alta fino alla linea di colmo. Nel caso di coperture a padiglione, la valutazione delle pressioni si esegue su ogni facciata del fabbricato utilizzando di volta in volta l'angolo della falda investito dal vento. Nel caso di coperture curve, si deve inserire l'angolo della retta tangente al bordo della copertura, in sostanza l'angolo di attacco della copertura. (per cupole a tutto sesto l'angolo è di 90°, per cupole a sesto ribassato è minore di 90°). Nel caso di studio su prospetto piano l'analisi si conduce come su prospetto di timpano. Si osserva che oltre alle pressioni andrebbe considerata anche la forza tangenziale esercitata dal vento sul fabbricato. Generalmente essa si trascura, è necessaria modellarla solo per grandi coperture piane ad esempio: coperture di grandi capannoni industriali. Il foglio di calcolo è utilizzabile per fabbricati a base rettangolare.

La copertura è curva:

H di colmo

Direzione del vento →

H di gronda

*Vale sia per le falde che per le cupole (a base rettangolare)

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
2	25	750	0,45	1,000

$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$

$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 25,00 m/s

$v_r = v_b \cdot c_r$

c_r coefficiente di ritorno 1,04

v_r (velocità di riferimento) 25,98 m/s

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento q_r 421,88 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]

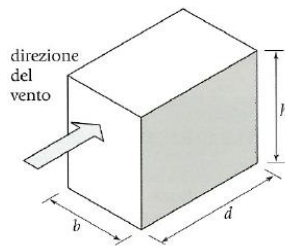
Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Si riportano i grafici di individuazione del coefficiente c_d per edifici con varie tipologie strutturali.
Di norma si assume:

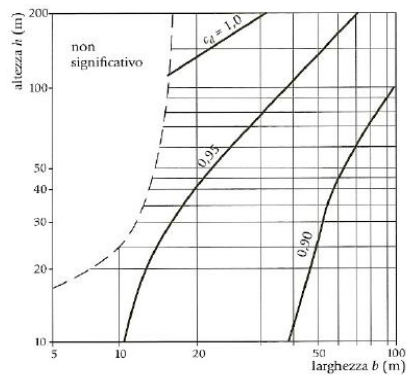
$$c_d = 1$$

con risultati più prudenti rispetto a valutazioni specifiche.
Per es. per un edificio a due piani e larghezza ~ 10 m si ha:

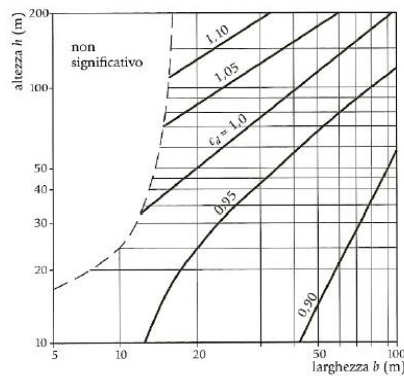
$$c_d = 0,95 \div 0,96$$



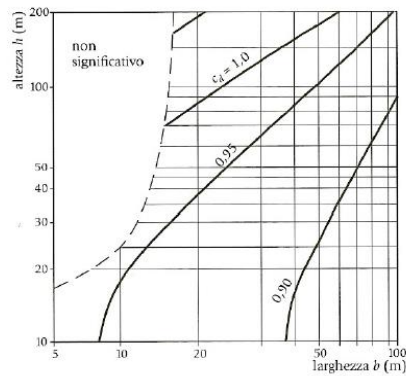
A) Edifici in C.A. o muratura



B) Edifici a struttura d'acciaio



C) Edifici a struttura acciaio/calcestruzzo



Coefficiente Topografico (Orografico)

Il coefficiente topografico si assume di norma uguale ad 1, sia per zone pianeggianti, ondulate, collinose e montane. Nel caso di costruzioni che sorgono presso la sommità di colline o pendii isolati si procede nel modo seguente:

1	2	3
Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina	Costruzioni ubicate sul livello superiore	Costruzioni ubicate su di un pendio
$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \left(1 - 0,1 \cdot \frac{x}{H}\right) \geq 1$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \frac{h}{H}$
Coefficiente β		
per: $\frac{z}{H} \leq 0,75$	$0,75 \leq \frac{z}{H} \leq 2$	$\frac{z}{H} \geq 2$
$\beta = 0,5$	$\beta = 0,8 - 0,4 \cdot \frac{z}{H}$	$\beta = 0$
Coefficiente γ		
per: $\frac{H}{D} \leq 0,10$	$0,10 < \frac{H}{D} \leq 0,30$	$\frac{H}{D} > 0,3$
$\gamma = 0$	$\gamma = 5 \left(\frac{H}{D} - 0,10\right)$	$\gamma = 1$

Caso selezionato:

Condizione non isolata

Il coefficiente topografico vale:

c_t

1,00

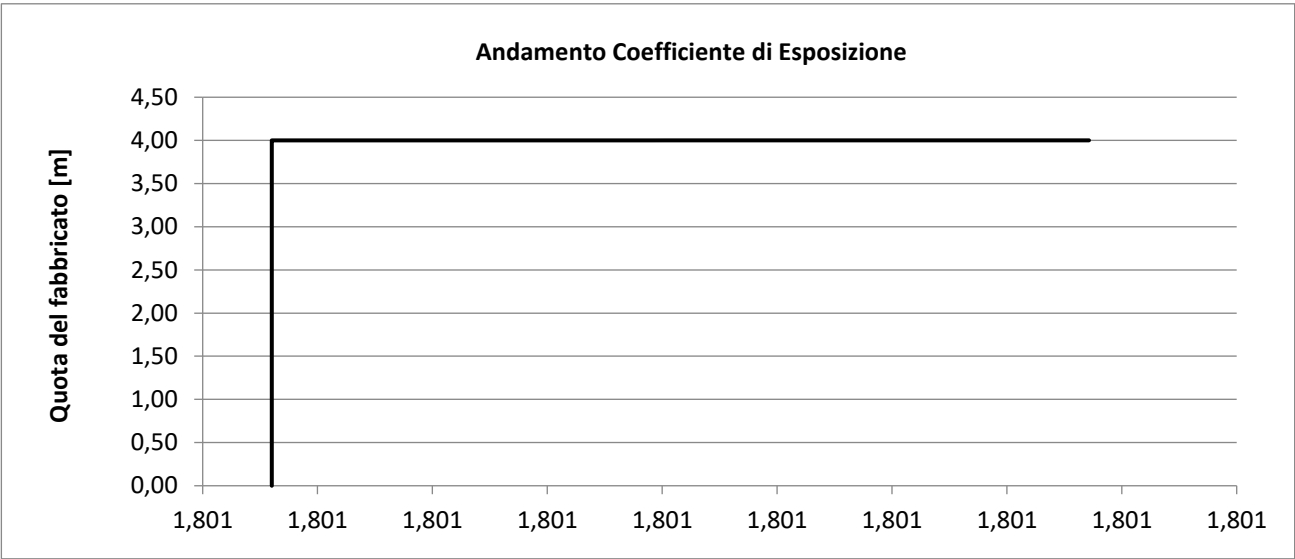
Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di $z=200\text{m}$ valgono le seguenti espressioni

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$
$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

k_r	z_0 [m]	$z_{\min}$ [m]
0,19	0,05	4,00

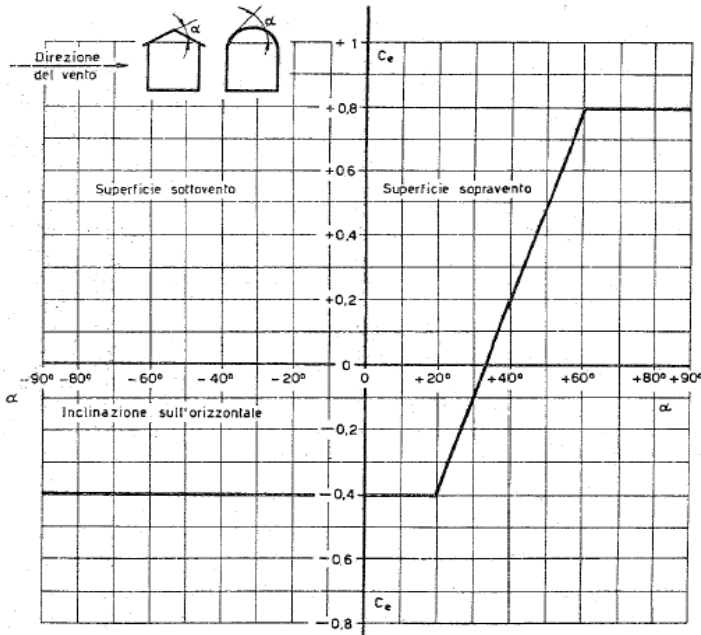
Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1,80	$z < 4,00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1,80	$z = 4,00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1,80	$z = 4,00$



Coefficiente di forma

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.



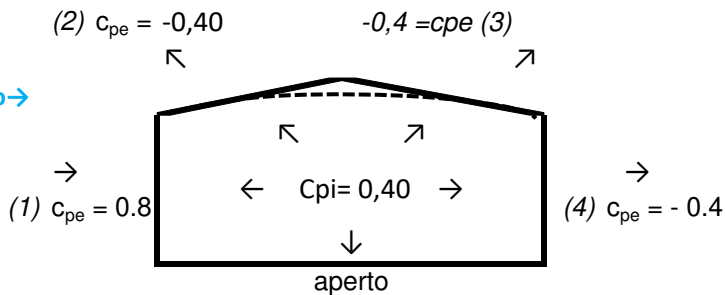
Costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale

Configurazione più svantaggiosa

Configurazione A

(1) parete sopravvento	c_p
	0,40
(2) copertura sopravvento	c_p
	-0,80
(3) copertura sottovento	c_p
	-0,80
(4) parete sottovento	c_p
	-0,80

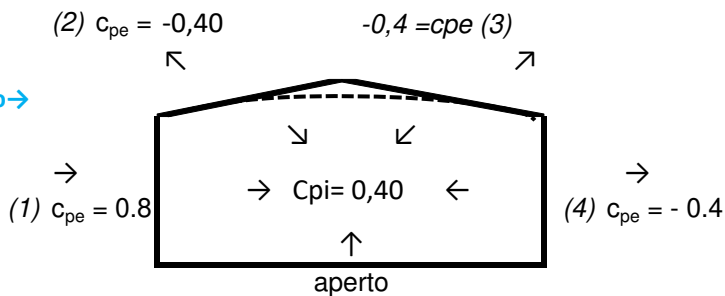
Direzione del vento →



Configurazione A

(1) parete sopravvento	c_p
	1,20
(2) copertura sopravvento	c_p
	0,00
(3) copertura sottovento	c_p
	0,00
(4) parete sottovento	c_p
	0,00

Direzione del vento →



Configurazione B

PRESSIONI DEL VENTO

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

p (pressione del vento) = $q_r \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$

c_d (coefficiente dinamico)

c_t (coefficiente topografico)

c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c_d	c_t	c_e	c_p	P [kN/m ²]
(1) par. sopravent.	0,422	1,00	1,00	1,801	0,40	0,30
(2) cop. sopravent.	0,422	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,61
(3) cop. Sottovent.	0,422	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,61
(4) par. sottovent.	0,422	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,61

(2) copertura sopravvento

-0,61 kN/mq

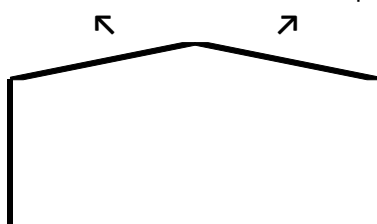
(3) copertura sottovento

-0,61 kN/mq

Direzione del vento →

(1) parete sopravvento

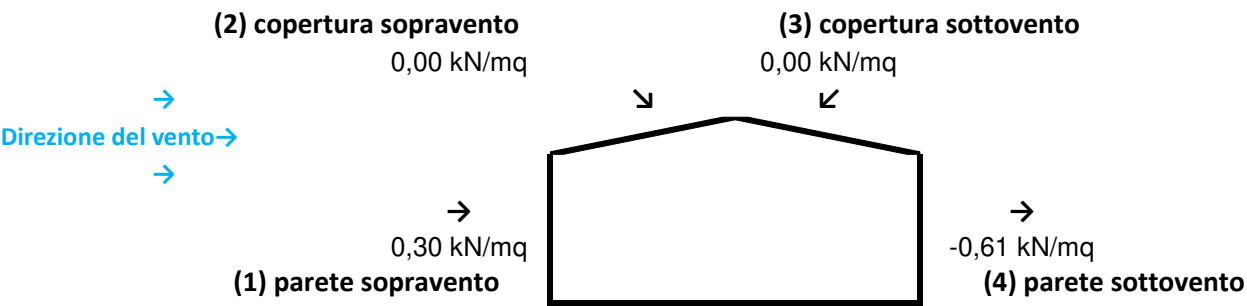
0,30 kN/mq



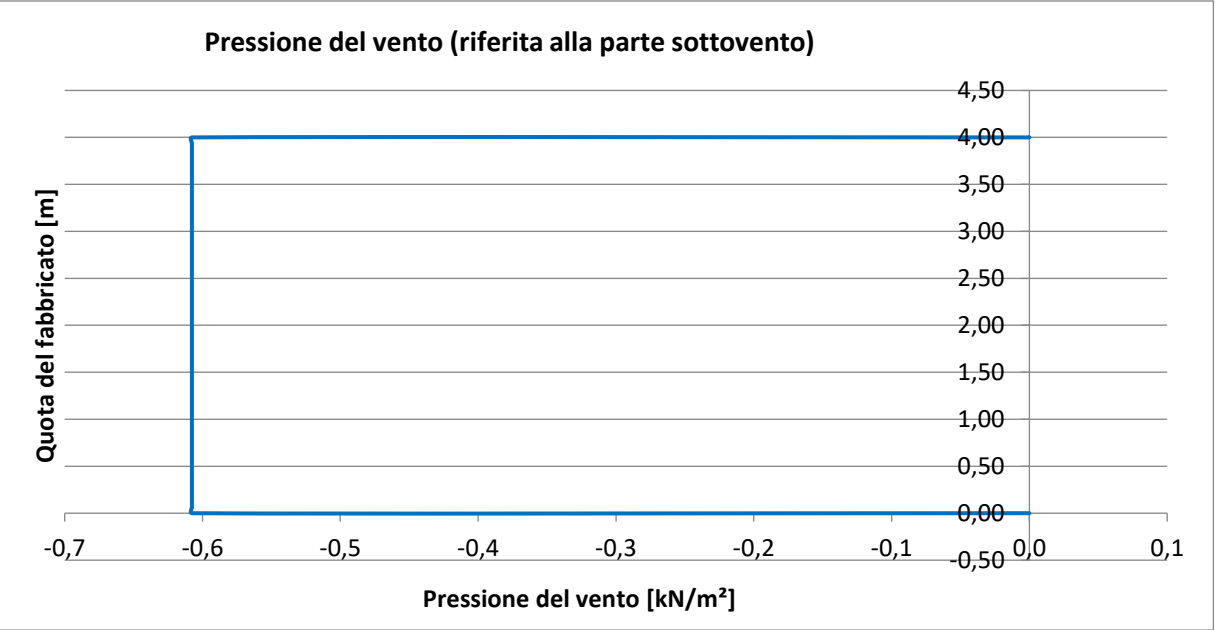
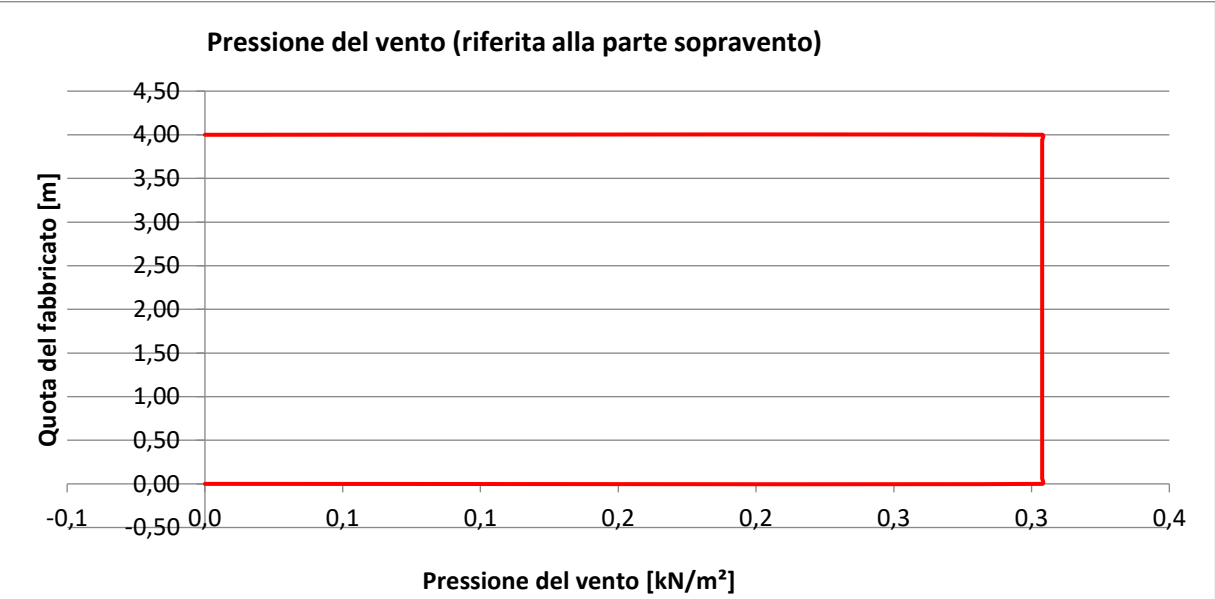
(4) parete sottovento

-0,61 kN/mq

Valori medi della pressione per ogni elemento (da utilizzare per caricare il modello FEM)



Andamento delle pressioni più svataggiose



PRESSIONI DEL VENTO IN DIREZIONE TANGENZIALE [§3.3.5]

Tipo di superficie:

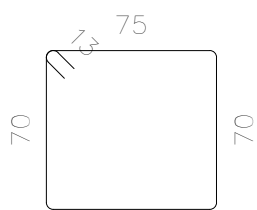
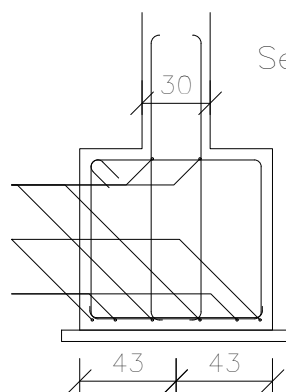
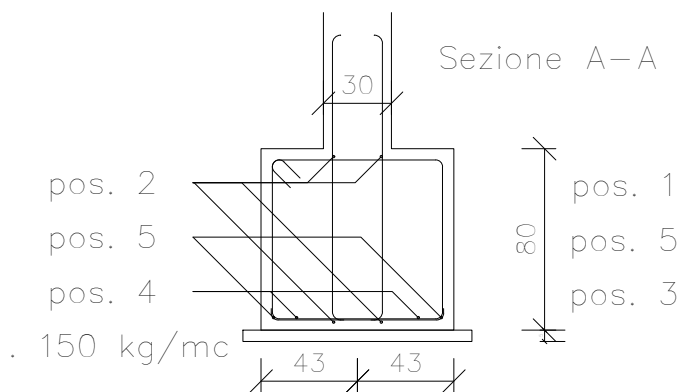
Scabra

Pressione tangenziale del vento q_{tan} 15,19 [N/m²]

*Si applica solitamente alle superfici piane di grande estensione

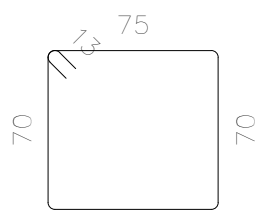
Sezione A-A

Sezione B-B



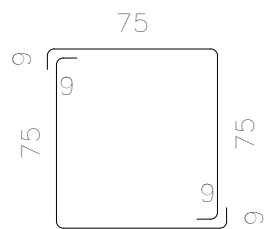
2Ø10 pos. 1 L=316

1Ø10 pos. 3 L=86

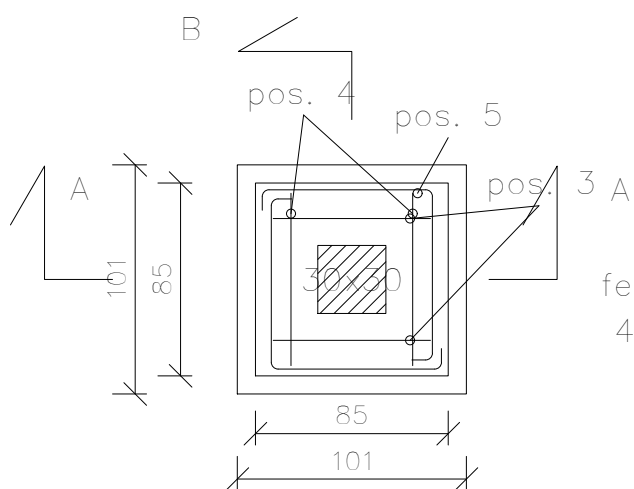
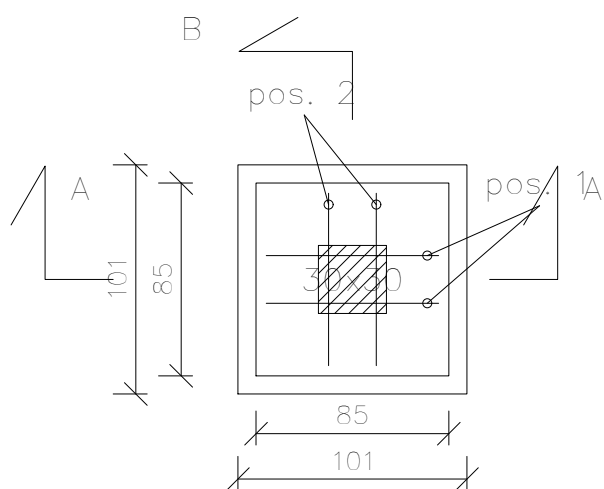


2Ø10 pos. 2 L=316

1Ø10 pos. 4 L=86

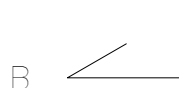
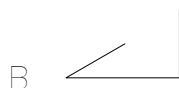


2Ø10 pos. 5 L=168



125
5 5

ferri di ripresa
4Ø12 L=135



100 cm

PLINTO

ACCIAIO: B450C

CLS: $R_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$

www.ingegneriasoft.com