



COMUNE DI BRINDISI



Realizzazione di un impianto Agrovoltaico della potenza in DC di 14,989 MW e AC di 12,48 MW, denominato “DEPALMA”, in località Casignano nel comune di Brindisi e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell’energia elettrica Nazionale (RTN), nell’ambito del procedimento P.U.A. ai sensi dell’art. 27 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

ELABORATO: Relazione inquinamento luminoso NOME DOCUMENTO: DEP_22_Relazione inquinamento luminoso	Relazione sull’inquinamento luminoso	DATA: Agosto 2021
		POTENZA DC 14,989 MW POTENZA AC 12,480 MW
		SCALA :

TIMBRO E FIRMA 	TECNICO: Ing. Alessandro Massaro	SVILUPPATORE  enne. pi. studio s.r.l. 70132 Bari - Lungomare IX Maggio, 38 Tel. + 39.080.5346068 e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it
---	-------------------------------------	---

02					
01					
00		Prima emissione	Ing. Alessandro Massaro	Ing. Alessandro Massaro	DEPALMA SRL
N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO



DEPALMA SRL

PEC: depalma.srl@pec.it T: +39 02 45440820

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	2
2.1 QUADRO CONOSCITIVO SULL'INQUINAMENTO LUMINOSO	4
2.1.1 GRANDEZZE FISICHE	4
2.1.2 GLI EFFETTI DELLA LUCE ARTIFICIALE SU INSETTI E ANFIBI	5
2.1.3 ANALISI DEL CONTESTO: BRILLANZA SUPERFICIALE DEL CIELO	5
3. SOLUZIONE PROGETTUALE ILLUMINOTECNICA	7
4. ASPETTI TECNICI DA CONSIDERARE PER LA SCELTA DEI CORPI LUMINOSI	10
5. CONCLUSIONI	13
6. RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA	13





1. PREMESSA

La seguente *Relazione sull'inquinamento luminoso* è relativa al progetto di un impianto agrovoltaico, della potenza nominale in DC di 14,989 MW e potenza in AC di 12,48 MW denominato "DEPALMA" in località Casignano nel Comune Brindisi e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) necessarie per la cessione dell'energia prodotta.

La cessione dell'energia prodotta dall'impianto agrovoltaico alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN) avverrà attraverso il collegamento dello stesso alla Stazione Elettrica Terna esistente denominata "Brindisi Pignicelle". Tale collegamento prevedrà la realizzazione di un cavidotto interrato in MT che dall'impianto agrovoltaico arriverà su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Utente 30/150kV collegata alla Stazione Elettrica esistente "Brindisi Pignicelle" mediante una nuova Stazione di Smistamento 150 kV. La nuova Stazione Elettrica di Trasformazione Utente 30/150 kV e la nuova Stazione di Smistamento 150 kV saranno ubicate in terreno limitrofo alla Stazione Elettrica "Brindisi Pignicelle" nella disponibilità del proponente.

Si riporta di seguito la geolocalizzazione del sito "DEPALMA" e del relativo elettrodotto di connessione in AT (fonte: stralcio ortofoto 2016, sito Sit Puglia).



LEGENDA	
	Cavidotto MT da realizzare
	Area Impianto FV in progetto
	Stazione di elevazione in progetto
	Stazione di smistamento in progetto

In questo documento sono contenuti tutti gli aspetti inerenti gli impatti di inquinamento luminoso e le soluzioni inerenti la limitazione di tali impatti.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Si riporta di seguito l'inquadramento normativo generale della Regione Puglia attinente all'inquinamento

luminoso, ai fenomeni di abbagliamento, alla tutela dei siti sugli osservatori astronomici, e al miglioramento della qualità della vita:

- Legge Regionale 23 Novembre 2005, n. 15: Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico;
- Regolamento Regionale 22 agosto 2006, n.13: Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico;

Nello specifico la L. R. del 23/11/2015 dichiara nell' articolo 5 che:

"Art. 5

(Requisiti tecnici e modalità d'impiego degli impianti di illuminazione)

1. In tutto il territorio regionale tutti i nuovi impianti di illuminazione esterna pubblica e privata devono essere corredati di certificazione di conformità alla presente legge, come specificato all'articolo 4, comma 1, lettera e), e devono possedere contemporaneamente i seguenti requisiti minimi:

a) essere costituiti da apparecchi illuminanti aventi un'intensità massima di 0 candele (cd) per 1000 lumen (lm) di flusso luminoso totale emesso a 90 gradi e oltre;

b) essere equipaggiati con lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza luminosa, quali al sodio ad alta o bassa pressione, in luogo di quelle con efficienza luminosa inferiore. E' consentito l'impiego di lampade con indice di resa cromatica superiore a 65 (Ra>65), ed efficienza comunque non inferiore ai 90 lm/w, solo nell'illuminazione di monumenti, edifici, aree di aggregazione e centri storici in zone di comprovato valore culturale e/o sociale a uso esclusivamente pedonale;

c) avere luminanza media mantenuta delle superfici da illuminare e illuminamenti non superiori ai livelli minimi previsti dalle normative tecniche di sicurezza ovvero dai presenti criteri, nel rispetto dei seguenti elementi guida:

1) classificazione delle strade in base a quanto disposto dal decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 5 novembre 2001 (Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade), che in particolare dispone che le strade residenziali devono essere classificate di tipo F, di rete locale, a esclusione di quelle urbane di quartiere, tipo E, di penetrazione verso la rete locale;

2) impiego, a parità di luminanza, di apparecchi che conseguano impegni ridotti di potenza elettrica, condizioni ottimali di interesse dei punti luce e ridotti costi manutentivi. In particolare, i nuovi impianti di illuminazione stradali tradizionali, fatta salva la prescrizione dell'impiego di lampade con la minore potenza installata in relazione al tipo di strada e alla sua categoria illuminotecnica, devono garantire un rapporto fra interdistanza e altezza delle sorgenti luminose non inferiore al valore di 3,7. Sono consentite soluzioni alternative solo in presenza di ostacoli quali alberi o in quanto funzionali alla certificata e documentata migliore efficienza generale dell'impianto. Soluzioni con apparecchi lungo entrambi i lati della strada (bilaterali frontali) sono accettabili, se necessarie, solamente per strade classificate con indice illuminotecnico 5 e 6;

3) mantenimento, su tutte le superfici illuminate, fatte salve diverse disposizioni tecniche, di valori medi di luminanza, non superiori a 1 cd/mq.;

d) essere provvisti di appositi dispositivi in grado di ridurre in base al flusso di traffico, entro l'orario stabilito con atti delle amministrazioni comunali e comunque non oltre la mezzanotte, l'emissione di luci degli impianti in misura non inferiore al 30 per cento rispetto al pieno regime di operatività: la riduzione non va applicata qualora le condizioni d'uso della superficie illuminata siano tali da comprometterne la sicurezza.

2. Le disposizioni di cui al comma 1, lettere c) e d), possono essere derogate con atto motivato dalle Amministrazioni locali qualora vi siano esigenze di riduzione dei fenomeni criminosi in zone particolari delle città.

3. I requisiti di cui al comma 1 non si applicano per le sorgenti interne e internalizzate, per quelle in impianti con emissione complessiva al di sopra del piano dell'orizzonte non superiore ai 2250 lm, costituiti da

sorgenti di luce con flusso totale emesso in ogni direzione non superiore a 1500 lm cadauna, per quelle di installazione temporanea che vengano spente entro le ore venti nel periodo di ora solare ed entro le ventidue nel periodo di ora legale.

4. E' fatto divieto di utilizzare in modo permanente fasci di luce roteanti o fissi a scopo pubblicitario.

5. L'illuminazione degli edifici deve avvenire dall'alto verso il basso, come specificato al comma 1, lettera a), e gli stessi devono essere dotati di spegnimento o riduzione della potenza di almeno il 30 per cento entro le ore ventiquattro. Solo per edifici di interesse storico, architettonico o monumentale i fasci di luce possono essere orientati dal basso verso l'alto. In tal caso devono essere utilizzate basse potenze al fine di non superare una luminanza di 1 cd/mq. e un illuminamento di 10 lux. Inoltre i fasci di luce devono ricadere comunque all'interno della sagoma dell'edificio. Se la sagoma è fortemente irregolare, il flusso luminoso che fuoriesce non deve superare il 10 per cento del flusso nominale che fuoriesce dall'impianto di illuminazione.

6. L'illuminazione delle insegne non dotate di illuminazione propria deve essere realizzata dall'alto verso il basso, rispettando i criteri definiti al comma 1. Le insegne dotate d'illuminazione propria non possono superare un flusso totale emesso di 4500 lm per ogni esercizio. In ogni caso tutti i tipi di insegne luminose non preposte alla sicurezza e ai servizi di pubblica utilità devono essere spente entro le ore ventiquattro oppure, nel caso di attività che si svolgono dopo tali orari, alla chiusura dell'esercizio.

7. Nelle zone di particolare protezione di cui all'articolo 6 valgono, oltre quanto stabilito nei precedenti commi, le seguenti norme più restrittive:

a) entro tre anni dalla data di entrata in vigore della presente legge tutti gli apparecchi illuminanti altamente inquinanti già esistenti, tipo globi luminosi, fari, torri fari, ottiche aperte, insegne luminose, devono essere schermati o comunque dotati di idonei dispositivi in grado di contenere e dirigere a terra il flusso luminoso. L'intensità luminosa non deve comunque eccedere le 15 cd per 1000 lm a 90 gradi e oltre;

b) tutti gli apparecchi non rispondenti alle norme della presente legge, già esistenti alla data di entrata in vigore della stessa, vanno comunque adattati o sostituiti entro e non oltre cinque anni dalla data di entrata in vigore della presente legge."

Per quanto riguarda le linee guida UNI si riporta il seguente riferimento:

- UNI 10819 (Impianti di illuminazione esterna, requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso).

2.1 QUADRO CONOSCITIVO SULL' INQUINAMENTO LUMINOSO

L'inquinamento luminoso è un'alterazione dei livelli di intensità della radiazione elettromagnetica presenti nell'ambiente nello spettro della luce visibile. Tale alterazione può provocare impatti ambientali come: difficoltà o perdita di orientamento negli animali (in particolare uccelli migratori, ed altri animali notturni tipici del sito), alterazione del fotoperiodo in alcune piante, alterazione dei ritmi circadiani nelle piante, animali e anche nell'uomo. Agli impatti di tipo ambientali si aggiunge l'impatto "socio/culturale" legato alla riduzione di visibilità del cielo stellato all'aumentare dell'inquinamento luminoso, perché la luce artificiale più intensa di quella naturale interferisce con la luce prodotta dai corpi celesti della volta celeste sopra l'orizzonte. Le problematiche connesse con l'inquinamento luminoso sono dunque relative alla salvaguardia della natura e dell'osservazione astronomica professionale e amatoriale del cielo, ma anche riguardano il risparmio energetico.

2.1.1 GRANDEZZE FISICHE

Si riportano di seguito le grandezze di interesse attinenti alla illuminazione:

Flusso luminoso: è la quantità di energia luminosa emessa nello spazio da una sorgente per unità di tempo; il flusso è identificato dal simbolo F e la sua unità di misura è il lumen (lm).

Intensità luminosa: è la quantità di luce (I) emessa da una sorgente puntiforme che si propaga in una determinata direzione. Tale intensità viene definita come il quoziente del flusso F emesso in una certa direzione come il quoziente del flusso F emesso in una certa direzione in un cono di angolo solido unitario w da cui $I = dF/dw$, e la sua unità di misura è la candela (cd).

Temperatura di colore: è la mescolanza in giusta misura di diversi colori, viene misurata in gradi Kelvin ed è fondamentale per la scelta e l'installazione degli apparecchi illuminanti.

Illuminamento: è il numero con cui si procede con la progettazione illuminotecnica; con questo numero è possibile valutare la quantità di luce che emessa da una sorgente è presente su una superficie, in pratica è quello che ci permette di vedere più o meno bene in ambiente notturno, ed è pari al rapporto tra il flusso luminoso incidente ortogonalmente su una superficie e l'area della superficie che riceve il flusso; l'unità di misura è il lux (lx) in pratica lumen su metro quadro.

Luminanza: è l'intensità luminosa emessa dall'unità di superficie; matematicamente è $L = I/S$ dove I è l'intensità luminosa, S è l'area della superficie della fonte perpendicolare alla direzione determinata; l'unità di misura della luminanza è cd/m^2 o cd/cm^2 .

Resa cromatica: La resa dei colori o resa cromatica è una valutazione qualitativa sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati dalle nostre sorgenti: l'indice Ra che si trova nei cataloghi delle lampade più è elevato e più la resa cromatica è elevata.

Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa è pari al rapporto fra il flusso luminoso (Lumen, lm) emesso da una sorgente luminosa e la potenza elettrica assorbita (watt, W).

2.1.2 GLI EFFETTI DELLA LUCE ARTIFICIALE SU INSETTI E ANFIBI

Gli insetti vengono attirati verso la fonte luminosa proprio come se fosse una trappola e spesso, soprattutto se la lampadina non ha un vetro di protezione, vengono uccisi dal calore. Ma, anche quando non avviene il contatto diretto con il corpo caldo, possono subire danni più o meno irreversibili. La luce inoltre, oltre ad arrecare disturbo alla visione, all'alimentazione e all'ovideposizione, disturba e alle volte inibisce la migrazione dei lepidotteri come le falene. Per quanto concerne gli impatti della luce sugli anfibi, si osserva che essa potrebbe potenzialmente influire sulla riproduzione, sulla cattura del cibo e in generale su tutti i comportamenti attuati per sopravvivere come la caccia o la fuga dai predatori ("Ecological Consequences of Artificial Night Lighting" intervento di Bryant W. Buchanan Observed and potential effects of artificial light on the behavior, ecology, and evolution of nocturnal frogs).

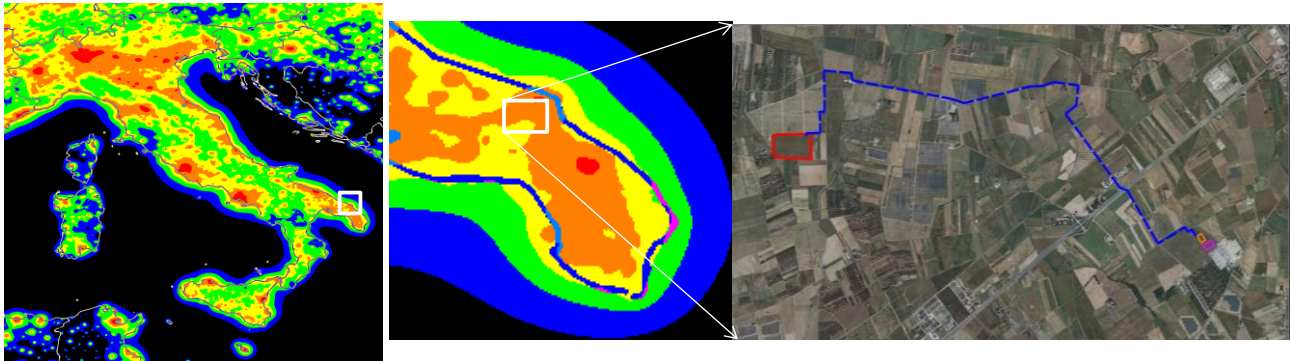
2.1.3 ANALISI DEL CONTESTO: BRILLANZA SUPERFICIALE DEL CIELO

Riportiamo di seguito alcune grandezze relative all'inquinamento luminoso:

Grandezza	Descrizione
Brillanza artificiale a livello del mare	Inquinamento luminoso in atmosfera, aree più inquinate e più inquinanti
Brillanza totale con altitudine	Luminosità del cielo
Magnitudine limite	Visibilità delle stelle
Perdita di magnitudine	Degrado della visibilità delle stelle

2.1.3.1 BRILLANZA ARTIFICIALE DEL CIELO NOTTURNO A LIVELLO DEL MARE

Le mappe della brillantezza artificiale del cielo notturno a livello del mare sono utili per confrontare i livelli di inquinamento luminoso in atmosfera prodotti dalle varie sorgenti o presenti nelle varie aree e intendono mostrare i livelli di inquinamento nell'atmosfera più che la visibilità delle stelle o la luminosità effettiva del cielo in un sito. Le figure seguenti riportano lo stato della brillantezza superficiale del cielo notturno in Italia, specificando l'area di indagine identificata attorno al sito "DEPALMA". Di seguito si riporta la mappa della brillantezza artificiale del cielo notturno a livello del mare [1]:

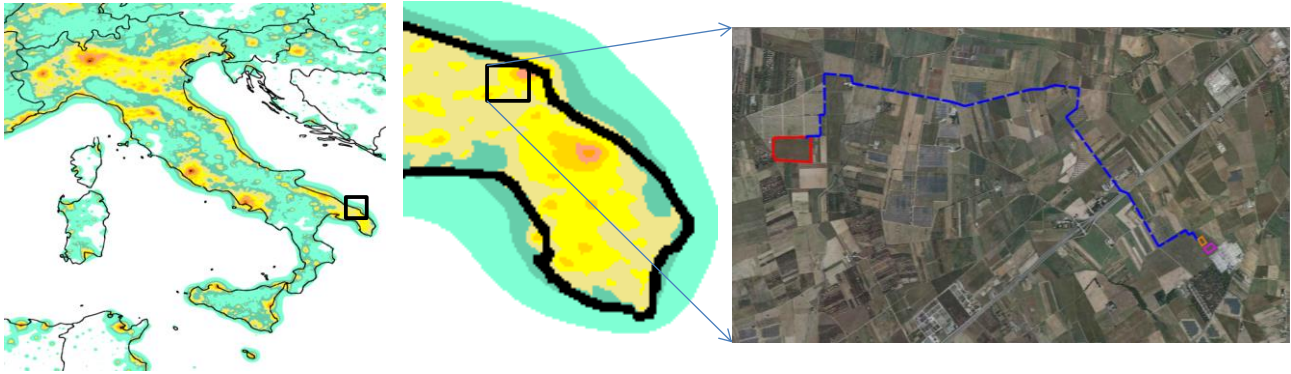


Il limite effettivo della brillantezza sta tra l'arancio e il rosso, dove la brillantezza artificiale è circa sei volte la brillantezza naturale di riferimento. Si riportano di seguito la tabella con i valori della scala della mappa sopra riportata, dove il sito di interesse è caratterizzato dal colore arancione:

Brillanza artificiale	Colore mappa
<11%	Black
11-33%	Blue
33-100%	Green
1-3	Yellow
3-9 (caso di studio)	Orange
>9	Red

2.1.3.2 BRILLANZA TOTALE DEL CIELO NOTTURNO

La mappa della brillantezza totale del cielo notturno fornisce un'indicazione della qualità del cielo notturno in un territorio. Riportiamo di seguito tale mappa [2].



i riportano di seguito la tabella con i valori della scala della mappa sopra riportata, dove il sito di interesse è caratterizzato dal colore giallo/arancio:

Brillanza totale	Colore Mappa	Luminosità allo zenith
>21,5		cielo estremamente buio
21-21,5		cielo mediamente buio
20,5-21		cielo poco luminoso
20-20,5		cielo luminoso
19,5-20 (caso di studio)		Cielo molto luminoso
19-19,5 (caso di studio)		Cielo fortemente luminoso
18,5-19		
18-18,5		
17,5-18		
<17,5		

Il cielo nell'intorno dell'area di intervento risulta pertanto molto luminoso.

3. SOLUZIONE PROGETTUALE ILLUMINOTECNICA

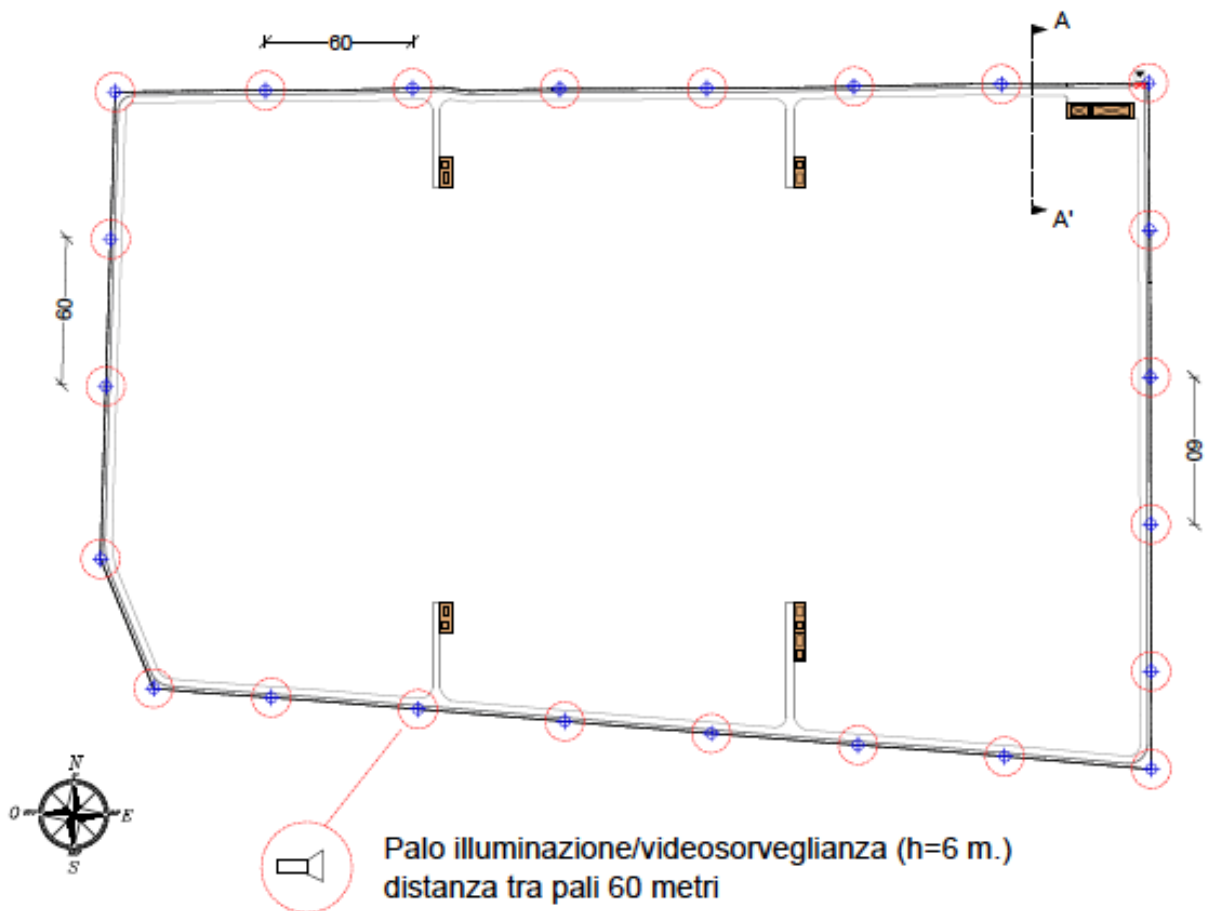
Alla luce di quanto detto in premessa e di quanto previsto dalle leggi e norme in materia di illuminazione e riduzione dell'inquinamento luminoso, il progetto si prefigge di perseguire le seguenti finalità:

- Ridurre l'inquinamento luminoso ed i consumi energetici da esso derivanti;
- Integrare gli impianti con l'ambiente circostante diurno e notturno;
- Realizzare impianti ad alta efficienza favorendo il risparmio energetico;
- Uniformare le tipologie di installazione.

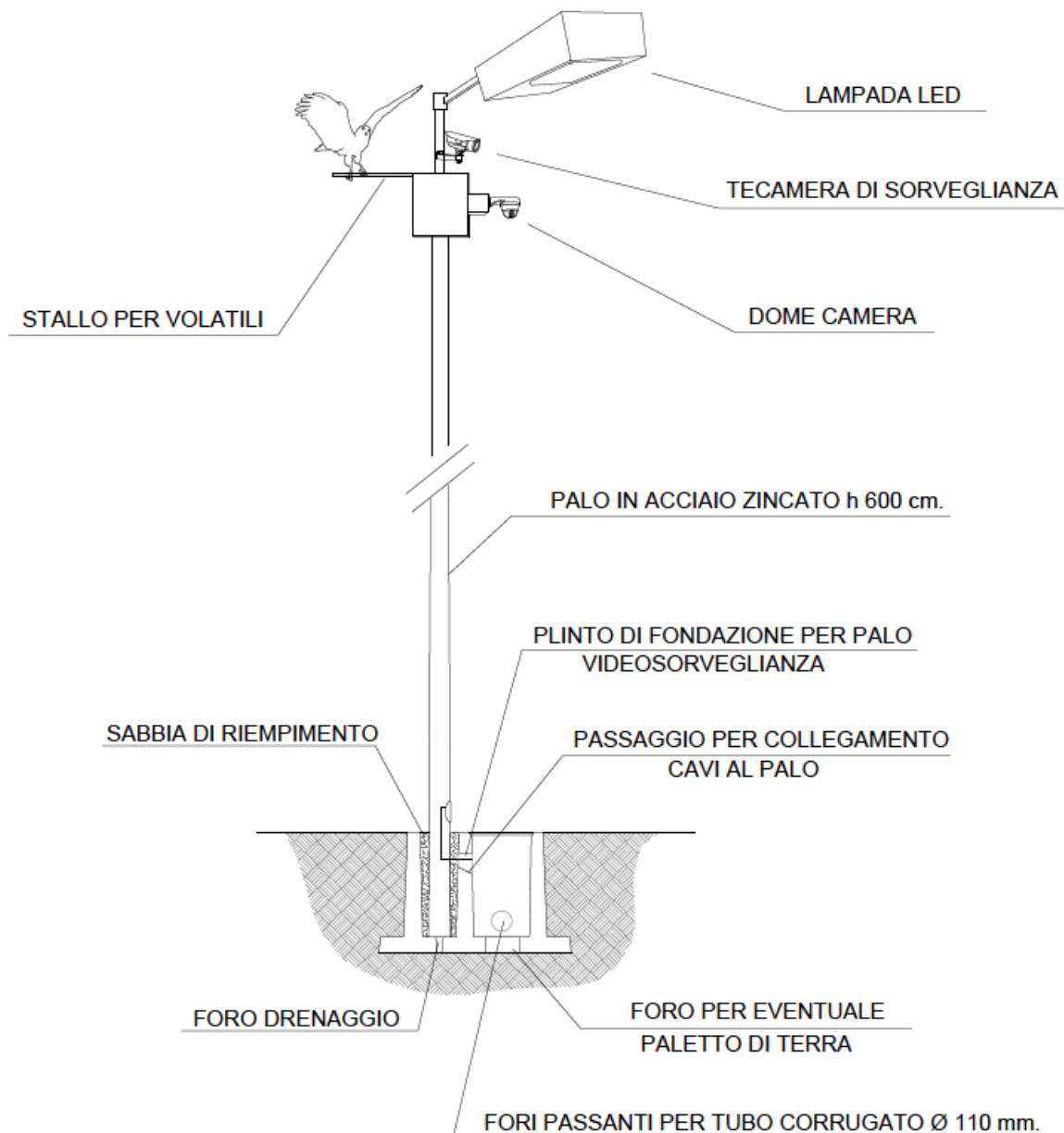
Inoltre,

- I corpi illuminanti saranno in grado di non avere emissioni del flusso luminoso verso l'alto;
- Le lampade saranno in grado di fornire una elevata efficienza luminosa ed una emissione che non disturba gli osservatori astronomici ed in generale la visibilità delle stelle;
- Verranno utilizzati dei quadri elettrici per la parzializzazione del flusso luminoso, con riduzione almeno del 30% dei livelli di illuminazione entro le ore 24.

L'illuminazione dell'area di impianto sarà realizzata lungo tutta la recinzione prevedendo un palo per l'illuminazione e videosorveglianza ogni 60 mt secondo il layout mostrato nella figura seguente.



Di seguito viene riportato il particolare del palo di illuminazione e videosorveglianza attinente all'area dell'impianto:



Le lampade di installazione saranno al **LED**. Inoltre, si sceglie di utilizzare corpi illuminanti con **tecnologia a LED**. I principali componenti di tali corpi luminosi sono:

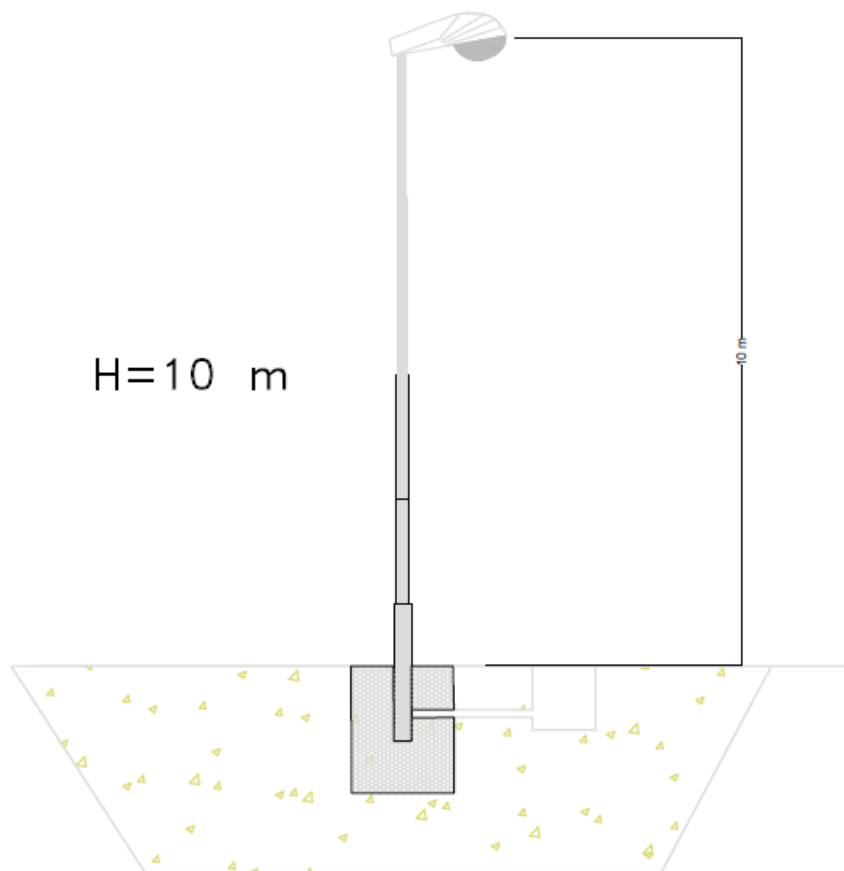
- ✓ chip montato su un supporto riflettore;
- ✓ un catodo (-) ed un anodo (+);
- ✓ un cavo di connessione fra l'anodo ed il catodo;
- ✓ una lente epossidica per proteggere il diodo e indirizzare il raggio di luce.

Le lampade a LED illuminano grazie a diodi ad emissione di luce, ossia di diodi a giunzione p-n (a semiconduttore drogato). I LED possono essere formati da GaAs (arseniuro di gallio), GaP (fosfuro di gallio), GaAsP (fosfuro arseniuro di gallio), SiC (carburo di silicio) e GaInN (nitruro di gallio e indio). La ricerca tecnologica ha permesso il raggiungimento di 161 lm / W per LED ad alta potenza. L'utilizzo dei LED genera un risparmio dell'energia utilizzata a fini di illuminare l'ambiente servito (riduzione dei consumi pari a circa

il 60% rispetto alla tecnologia tradizionale come lampade di tipo alogene).

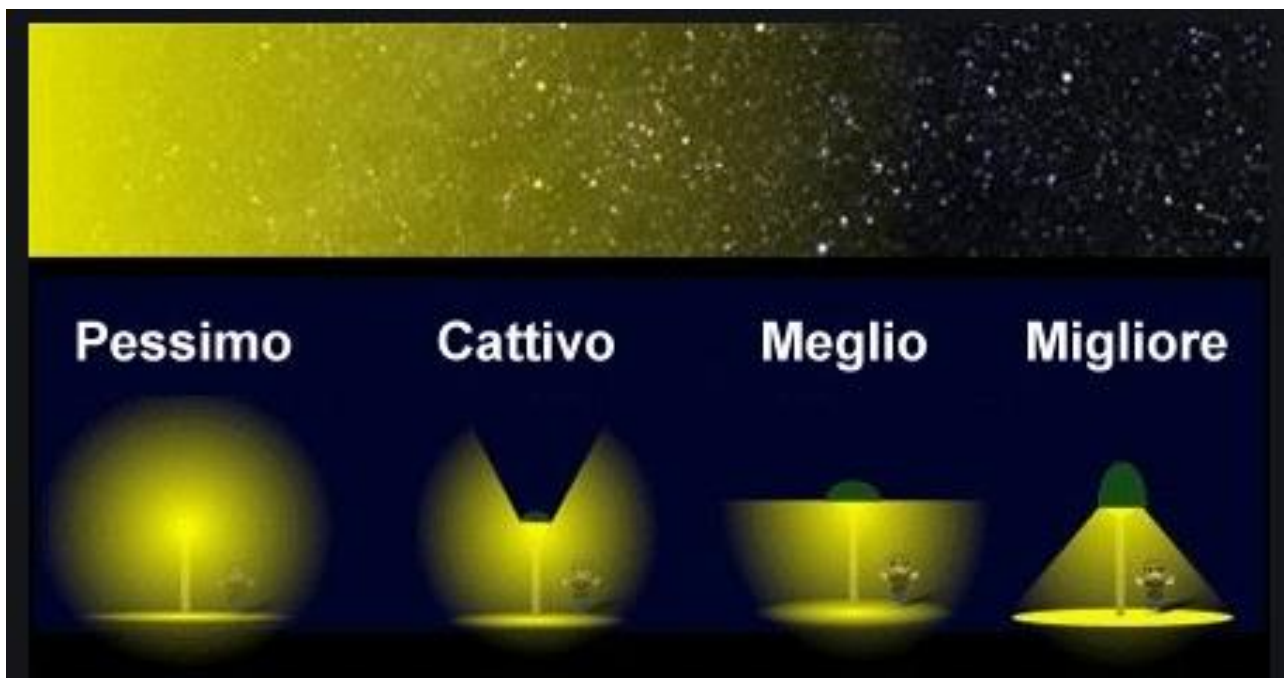
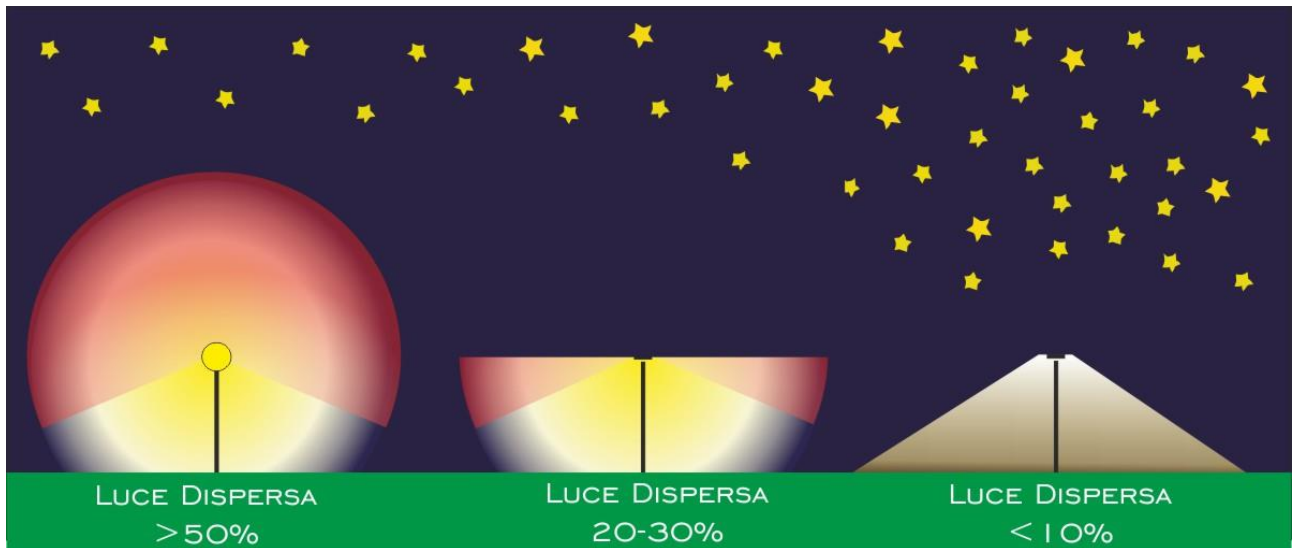
L'illuminazione della Stazione di Elevazione sarà realizzata mediante l'installazione di nr. 4 paline di illuminazione, anche l'illuminazione della Stazione di Smistamento sarà realizzata mediante l'installazione di nr. 4 paline di illuminazione. Di seguito si riportano i particolari costruttivi delle paline di illuminazione previste dal progetto:

PALINA DI ILLUMINAZIONE

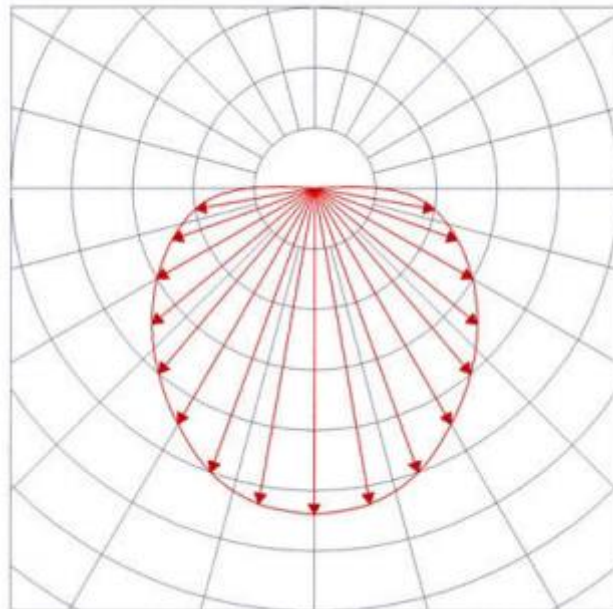


4. ASPETTI TECNICI DA CONSIDERARE PER LA SCELTA DEI CORPI LUMINOSI

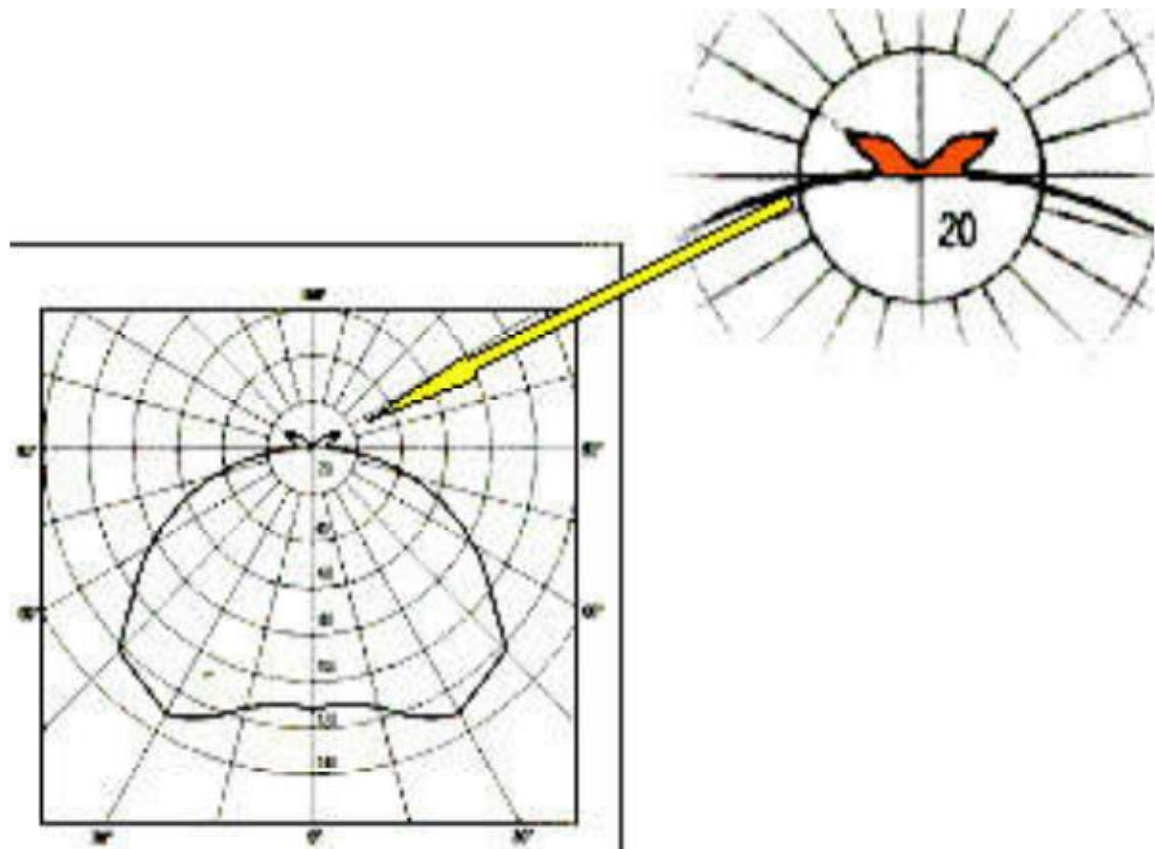
In fase di installazione si considererà l'orientamento ottimale delle lampade in modo da limitare il più possibile l'inquinamento luminoso. Si riporta di seguito un esempio di inquinamento luminoso in funzione del fascio luminoso e dell'orientamento della lampada [3],[4]:



La scelta dunque di portalampade potrà limitare la direzionalità del fascio luminoso verso l'alto, limitando l'inquinamento luminoso (riduzione degli effetti del bagliore). In tale contesto di particolare importanza nella scelta delle lampade sarà la curva fotometrica di tutto il sistema ottico (lampada con relativo portalampada). Riportiamo di seguito un esempio torico di curva fotometrica:

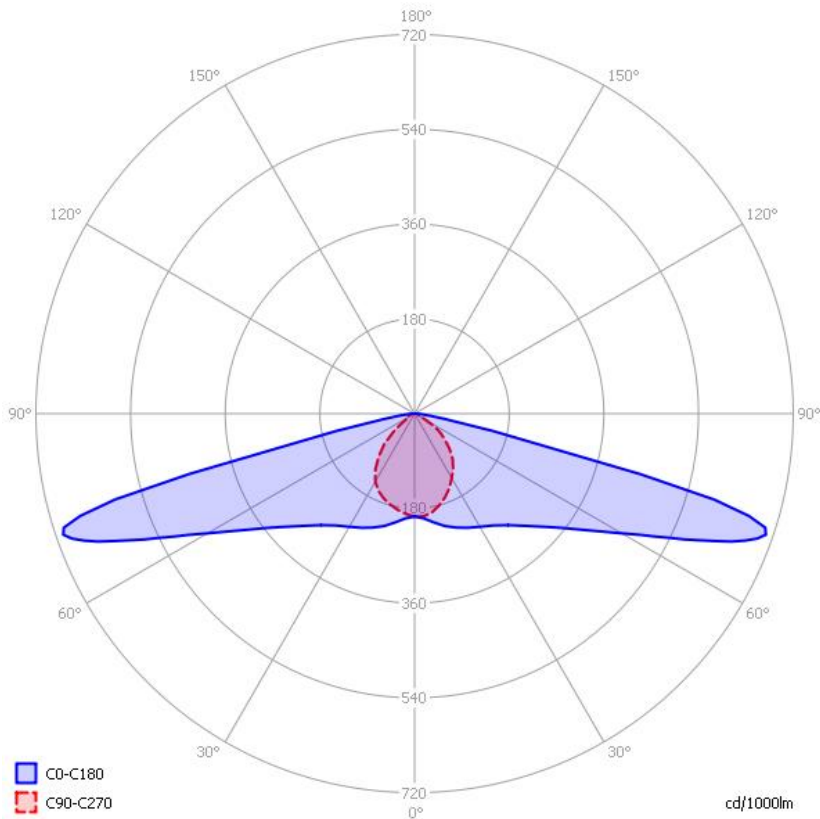


Nel caso di corpo inquinante la curva fotometrica avrà la seguente configurazione [5]:



Dove i lobi secondari generano appunto l'inquinamento luminoso. La scelta opportuna sarà dunque finalizzata all'abbattimento di tali lobi secondari.

Riportiamo di seguito un esempio della lampada a LED della Philips, dove si evince che tali lobi secondari sono inesistenti



La scelta del modello delle lampade è rinviata al progetto esecutivo.

5. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto in questa relazione, è lecito considerare trascurabile l'impatto legato al presente intervento per quanto riguarda l'inquinamento luminoso. Tutti gli apparecchi luminosi utilizzati saranno conformi a quanto previsto della Legge Regionale n.15 del 23/11/2005 e dal relativo Regolamento n.13 del 22/08/2006. L'installazione e la scelta dei corpi luminosi sarà ponderata in modo da non inquinare/non abbagliare l'ecosistema circostante, e a garantire la visibilità del cielo dalle zone limitrofe.

SI SOTTOLINEA CHE PER L'AREA IMPIANTO AGROVOLTAICO L'ILLUMINAZIONE E' PREVISTA SOLO IN CASO DI EMERGENZA. LA SICUREZZA DELL' AREA DI INTERESSE DOVRA' ESSERE GARANTITA DA TELECAMERE DI VIDEOSORVEGLIANZA A VISIBILITA' NOTTURNA.

6. RIFERIMENTI E BIBLIOGRAFIA

- [1] P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge, Baugh K., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 318, 641-657 (2000)".
- [2] P. Cinzano, F. Falchi, C.D. Elvidge, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 323, 34-46 (2001).
- [3] <https://illuminazione-giardino.it/>
- [4] <https://www.inquinamento-italia.com>
- [5] Tesi di Laurea in Ingegneria Industriale dell'Ing. Cristina Mistrorigo Innovazioni tecniche per la riduzione

dell'inquinamento luminoso negli impianti di illuminazione esterna.