

# LIASON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE  
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)

CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO

APPROFONDIMENTI PROGETTUALI PER OSSERVAZIONI MATTM - REGIONE PIEMONTE / MIBACT  
Riscontro Osservazione n. 75 (rif. prot. n. CTVA/3020 del 26/09/17)

ENVIRONNEMENT – AMBIENTE  
ITALIE – ITALIA

REVISION ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT – REVISIONE STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

Rapport technique sur les mesures de mitigation de l'impact lumineux sur la faune pour le chantier de la Maddalena – Nota tecnica sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Maddalena

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/11/2017	Première diffusion / Prima emissione	LOMBARDI	S. GARAVOGLIA V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE
A	15/12/2017	Révision suite aux commentaires TELT / Revisione a seguito commenti TELT	LOMBARDI	S. GARAVOGLIA V. GRISOGLIO	A. MORDASINI C. OGNIBENE

CODE DOC	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>O</b>	<b>M</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>A</b>
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ECHELLE / SCALA
-

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3C</b>	//	//	<b>01</b>	<b>01</b>	<b>96</b>	<b>10</b>	<b>05</b>
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

  
**Neosia**  
 Maire Technimont Group  
 Dott. Ing. Carlo Ognibene  
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 8366 T



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"  
 13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)  
 Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
 RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
 Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)

## SOMMAIRE / INDICE

1. PREMESSA .....	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3. APPROFONDIMENTI SVOLTI .....	6
4. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	8
5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	9
6. INTRODUZIONE AGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA .....	11
6.1 Grandezze fotometriche .....	11
7. CRITERI DI PROGETTAZIONE.....	13
7.1 Distribuzione delle luminanze.....	13
7.2 Illuminamento e sua uniformità .....	13
7.3 Abbagliamento .....	13
7.4 Luce intrusiva (o invasiva).....	14
7.5 Direzione della luce .....	15
7.6 Resa cromatica e aspetto del colore.....	15
7.7 Sfarfallio ed effetti stroboscopici .....	16
7.8 Fattore di manutenzione.....	16
8. REQUISITI DI ILLUMINAZIONE DEL LUOGO DI LAVORO IN ESTERNO.....	17
9. REQUISITI ILLUMINAZIONE STRADALE .....	19
10. CONCLUSIONI.....	21

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figura 1</b> – Individuazione dei valori e delle aree soggette ad illuminazione notturna all'interno dell'area di cantiere di La Maddalena .....	10
<b>Figura 2</b> - Spettro cromatico corrispondente alle varie temperature di colore .....	16

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<b>Tabella 1</b> : Limiti per la luce intrusiva .....	15
<b>Tabella 2</b> : Resa cromatica delle lampade.....	15
<b>Tabella 3</b> : Requisiti di illuminazione richiesti dalla normativa per luoghi di lavoro in esterno .....	17
<b>Tabella 4</b> : Scheda n. 1 : parametri caratteristici di base .....	19
<b>Tabella 5</b> : Categorie illuminotecniche M .....	19

## RESUME / RIASSUNTO

Ce rapport a été rédigé pour répondre à la demande d'approfondissement n. 75, dont à la note du Ministère de l'Environnement CTVA Registro Ufficiale U.0003020 del 26.09.2017.

Ce rapport se pose l'objectif de décrire les sources d'éclairage et leur caractéristiques techniques fonctionnelles nécessaires aux exigences du chantier de La Maddalena et les mesures de mitigation mises en œuvre pour réduire le dérangement aux groupes différents faunistiques sensibles.

L'elaborato è stato redatto in risposta alla richiesta di approfondimento n. 75, di cui alla nota del Ministero Ambiente CTVA Registro Ufficiale U.0003020 del 26.09.2017.

Il presente rapporto si pone l'obiettivo di descrivere le fonti di illuminazione e le relative caratteristiche tecniche funzionali necessarie alle esigenze del cantiere di La Maddalena e le misure di mitigazione messe in atto per ridurre il disturbo ai vari gruppi faunistici sensibili.

## **1. Premessa**

Nell'ambito delle richieste di cui alla nota del Ministero Ambiente CTVA Registro Ufficiale U.0003020 del 26.09.2017, il presente elaborato, in risposta alla richiesta di approfondimento n.75 di seguito riportata e in analogia con le considerazioni avanzate sul tema per la futura area industriale di Salbertrand (PRV\_C3C\_LOM\_6822), riporta indicazioni specifiche circa l'illuminazione di cantiere prevista nell'area de La Maddalena.

### **N. 75**

Dovranno essere descritte tutte le fonti di illuminazione e le relative caratteristiche di intensità di illuminazione necessarie alle esigenze del cantiere di Salbertrand e di La Maddalena e le misure di mitigazione messe in atto per ridurre il disturbo ai vari gruppi faunistici sensibili.

## 2. Documenti di riferimento

Gli elaborati di riferimento per il presente elaborato sono:

- PRV\_TS3\_C3C\_7106: Quadro di riferimento Ambientale - Tomo 1 - Analisi dello stato attuale delle aree oggetto di variante;
- PRV\_TS3\_C3C\_7107: Quadro di riferimento ambientale - Tomo 2 - Analisi degli impatti delle aree oggetto di variante;
- PRV\_TS3\_C3C\_7108: Quadro di riferimento ambientale - Tomo 3 - Mitigazione impatti delle aree oggetto di variante;
- PRV\_LOM\_C3C\_6822: Nota tecnica sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Salbertrand.

### 3. Approfondimenti svolti

Nell'area de La Maddalena il Progetto di Variante prevede un'espansione dell'attuale cantiere localizzato in Maddalena ovest e l'installazione di una nuova area, Maddalena est, localizzata in sinistra idrografica del Clarea. La presenza nell'intorno del sito de La Maddalena di cenosi forestali pressoché continue, alternate ad aree terrazzate in progressiva naturalizzazione, ha portato all'attuale approfondimento, finalizzato a valutare soluzioni illuminotecniche di cantiere compatibili con la presenza nell'intorno di ambienti naturali.

Si evidenzia che il presente approfondimento si riferisce esclusivamente all'illuminazione quale sistema di protezione fisica del cantiere (installazioni di security) ad uso esclusivo delle forze dell'ordine.

Sulla base della letteratura scientifica disponibile, per quanto riguarda l'impiego di corpi illuminanti compatibili con le diverse specie faunistiche, è stato valutato il possibile impiego di lampade al sodio a bassa pressione o lampade LED tipo ambra, in alternativa a lampade più comunemente usate per illuminazione di tipo stradale, di tipo sodio alta pressione, mercurio o lampade LED a luce fredda superiore ai 4000K.

Fatte delle attente analisi, l'area da illuminare è un cantiere che presenta dei cicli di lavorazione continui, o comunque di durata abitualmente superiore a quella diurna, con conseguente esigenza di illuminazione artificiale indispensabile.

A tutti gli effetti l'area in oggetto è un posto di lavoro e in quanto tale deve disporre, nella misura del possibile, di sufficiente luce naturale ed essere dotata di dispositivi che consentano un'adeguata illuminazione artificiale per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori.

Al fine quindi di evitare incidenti e criticità come:

- carenza di illuminazione naturale,
- abbagliamento,
- affaticamento visivo,
- urti,
- cadute,
- difficoltà nell'esodo,

è bene inoltre tutelare la sicurezza del luogo di lavoro, e in generale dell'ambiente che lo circonda, facendo ulteriori considerazioni:

- scelta dell'apparecchio di illuminazione,
- colore della luce,
- resa di colore della luce,
- altezza di montaggio dell'apparecchio di illuminazione,
- riduzione dell'emissioni luminosa in direzioni in cui non è necessaria né desiderabile
- gestione della luce realizzata attraverso interruttori crepuscolari dotati di fotocellula con regolazione della sensibilità luminosa ed interruttori orari programmabili che permettono l'attivazione e lo spegnimento automatico, secondo fasce orarie definite, del circuito di illuminazione del cantiere.

In base agli aspetti elencati, al fine di soddisfare la limitazione dell'abbagliamento debilitante e il controllo della luce molesta che possono causare influenze negative sia alle persone, sia alle specie animali presenti nell'intorno della prevista area industriale, è necessario quindi illuminare ai fini della sicurezza le aree interessate secondo le norme vigenti in materia. Queste riportano i valori necessari per tutelare, secondo i criteri espressi in precedenza, il lavoratore e l'ambiente.

Rapport technique sur les mesures de mitigation de l'impact lumineux sur la faune pour le chantier de la Maddalena / Nota tecnica  
sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Maddalena

All'interno delle aree di cantiere sono state individuate sostanzialmente quattro tipologie di zone, per le quali il compito visivo deve assumere detti requisiti.

Di seguito si espongono le casistiche:

- zone con traffico di veicoli che si spostano lentamente (viabilità del cantiere);
- punti di carico e scarico materiali;
- area di parcheggio;
- strade extraurbane secondaria (viabilità di accesso al cantiere a partire dall'uscita dell'A32).

Alla luce di quanto esposto è stato scelto un corpo illuminante adeguato a tale situazione, di cui si esplicitano le caratteristiche tecniche al capitolo 8 e 9 della presente.

È quindi necessario specificare che le lampade proposte in precedenza (LED ambra e lampade al sodio a bassa pressione) sono molto cautelative per la tutela della fauna circostante, ma presentano alcune lacune come:

- bassa quantità di luce emessa dalla sorgente luminosa (flusso luminoso della lampada) quindi numero elevato di lampade,
- nitidezza della visione limitata,
- quantità di flusso luminoso di una superficie (es. strada) molto piccola,
- reperibilità dei prodotti esposti, in fase di manutenzione è molto difficoltosa soprattutto per le lampade a sodio bassa pressione in quanto le case produttrici di apparecchi illuminanti ne stanno abbandonando la produzione.

A loro vantaggio però hanno una resa cromatica molto bassa, qualificata attraverso il calore emesso che viene chiamato tonalità della luce e si misura in Gradi Kelvin (K); è su tale aspetto che il progetto ha previsto delle soluzioni alternative, in quanto questo valore è cautelativo nel confronto della fauna circostante.

A tal proposito, al fine di ridurre il più possibile l'inquinamento luminoso, nel rispetto delle esigenze legate alle attività di cantiere che qui si svolgeranno, si prevede l'impiego di una lampada di tipo a LED, con una resa cromatica che si avvicini il più possibile a quella proposta LED ambra.

In genere le lampade a LED usate per illuminare aree esterne presentano una resa cromatica superiore ai 4000K, indicando in questo modo una luce fredda con tonalità bianca tendente al blu, al salire di tale temperatura.

La lampada prevista, reperibile sul mercato, declassando il flusso dell'apparecchio di circa il 14%, consente di ottenere valori prossimi a quelli indicati, con una resa cromatica di circa 2700K. In questo modo si ottiene una luce calda, con tonalità gialla più adatta alla situazione in oggetto, nel rispetto dei requisiti necessari dettati dalle norme vigenti.

I vantaggi nell'adoptare la tecnologia LED per l'illuminazione generale sono legati sia alla riduzione delle emissioni prodotte nella generazione di energia elettrica, che alla eliminazione del pericolo di inquinamento da mercurio, contenuto nelle lampade a scarica.

Inoltre le sorgenti a LED hanno una vita media dell'ordine di 20.000-50.000 ore; questo comporta una notevole riduzione dei costi di manutenzione, oltre a una resa migliore nei confronti di una situazione lavorativa.

## 4. Normative di riferimento

Il documento è stato elaborato con riferimento alle normative ed alle leggi attualmente vigenti in campo illuminotecnico, fra le quali si citano a titolo esemplificativo e non esaustivo:

### Igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Decreto Legislativo 3 agosto 2009, n.106 “Disposizioni integrative e correttive del decreto 9 aprile 2008, n. 81 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”.

### Impianti elettrici

- CEI 64–8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”
- UNI 11248 “Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche”
- UNI EN 12464-2 “Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno”
- UNI EN 13201-2 “Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali”
- UNI EN 13201-3 “Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni”
- UNI EN 13201-4 “Illuminazione stradale – Parte 4: Metodi di misurazione delle prestazioni fotometriche”
- UNI 10819 “Illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso”.

Vengono altresì riportati i riferimenti normativi relativi alla conservazione della fauna e flora:

- Direttiva 92/43/CEE 21 maggio 1992 - Direttiva del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche;
- Direttiva 30 novembre 2009 n. 2009/147/CE - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la conservazione degli uccelli selvatici;
- Testo coordinato del DPR 8 settembre 1997 n. 357, con il Decreto del Ministro dell' Ambiente 20 Gennaio 1999 e il D.P.R. 12 Marzo 2003, n. 120 e relativi allegati;
- DPR 1 dicembre 2000 n. 425 - Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 97/49/CE che modifica l'allegato I della direttiva 79/409/CEE, concernente la protezione degli uccelli selvatici. G.U. n. 17 del 22 gennaio 2001;
- DPR 12 marzo 2003 n. 120 - Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche;
- L.R. 29 giugno 2009, n. 19 – Testo unico sulla tutela delle aree naturali e della biodiversità.

## 5. Descrizione dell'impianto di illuminazione

L'approfondimento progettuale descrive le caratteristiche dell'impianto di illuminazione dell'area industriale di La Maddalena, in modo da garantire i confort visivi in ogni situazione atmosferica.

In particolare l'area è composta da quattro zone:

- traffico di veicoli che si spostano lentamente (viabilità del cantiere);
- punti di carico e scarico materiali;
- area di parcheggio;
- strada extraurbana secondaria

In generale nell'area di cantiere le attività principali saranno:

- officina, uffici, spogliatoio, zona lavaggio macchine e pesa automezzi;
- centrale di betonaggio e relativa area di stoccaggio degli aggregati;
- area di stoccaggio dei materiali necessari alla costruzione;
- area di stoccaggio dello smarino;
- area stoccaggio conci;
- impianto acqua industriale;
- parcheggi.

Considerando l'estensione delle aree e la permanenza di lunga durata, l'impianto di illuminazione sarà del tipo fisso con l'avvertenza di installare i vari componenti in posizioni di facile accesso per la manutenzione, ma protette contro gli urti accidentali.

Il grado di protezione dovrà essere almeno IP44 e si dovrà verificare che il posizionamento degli apparecchi di illuminazione non sia causa di abbagliamento; inoltre è consigliato l'impiego di apparecchi di classe II.

In relazione a quanto descritto, i requisiti tecnici dei corpi illuminanti e di illuminazione necessari per soddisfare quanto previsto dalle vigenti norme sono riportati in seguito alla seguente ai capitoli 8 e 9.

Si riporta nel seguito uno stralcio planimetrico che evidenzia i valori e le zone illuminate per quanto sopra descritto:



## 6. Introduzione agli impianti di illuminazione esterna

Considerate le esigenze del cantiere, le attività di durata superiore a quella diurna e cicli di lavorazione continui, è necessario fornire un'illuminazione artificiale che garantisca un livello di illuminamento adeguato qualitativamente e quantitativamente alle lavorazioni da eseguire, rispettando le norme di sicurezza relative all'esecuzione di impianti elettrici nei cantieri.

Di seguito si illustrano le principali grandezze illuminotecniche che incidono sulla qualità dell'illuminazione di un ambiente di lavoro.

### 6.1 Grandezze fotometriche

L'ambiente luminoso può essere caratterizzato, dal punto di vista tecnico, dalle seguenti grandezze:

- **flusso luminoso  $\Phi$**  : è la potenza luminosa emessa da una sorgente; si misura in lumen (lm). Il flusso luminoso rappresenta la quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo;
- **efficienza luminosa**: è il rapporto esistente tra il flusso luminoso emesso da una fonte luminosa (Lumen) diviso la potenza elettrica assorbita, espressa in watt. Esprime quindi il rendimento di una lampada o di un apparecchio illuminante; l'unità di misura è il Lumen/Watt;
- **intensità luminosa  $I$** : esprime il flusso luminoso di una sorgente in una specifica direzione, per unità di angolo solido ( $\Phi/\Omega$ ), ed è espressa in candele (= lumen/steradiante). Lo steradiante è l'unità di misura per l'angolo solido, il corrispondente tridimensionale del radiante. In pratica l'intensità luminosa non è altro che la densità di flusso luminoso in una direzione.

A seconda della natura degli ambienti da illuminare, l'apparecchio illuminante può avere una emissione della luce **diretta, indiretta e diffusa**.

L'emissione diretta si ha quando l'apparecchio emette tutto il suo flusso direttamente verso la superficie da illuminare.

L'emissione indiretta si ha quando il flusso luminoso viene indirizzato verso il soffitto, e da questo riflesso verso la superficie da illuminare.

Le emissioni semi-diretta, diretta-indiretta e semi indiretta si hanno quando sono presenti (con diversa rilevanza) sia la componente diretta che quella indiretta.

Nell'emissione diffusa, il flusso si distribuisce in modo pressoché uniforme in tutte le direzioni.

- **illuminamento  $E$** : con riferimento ad una superficie illuminata, esprime il flusso luminoso che raggiunge l'unità di tale superficie. Si esprime in lux (= lumen/mq). Un lux corrisponde quindi ad un flusso di un lumen distribuito su una superficie di un metro quadro;
- **luminanza  $L$** : esprime l'intensità luminosa prodotta o riflessa da una superficie in rapporto all'area di tale superficie così com'è vista dall'osservatore; si esprime in candele/m<sup>2</sup>. La luminanza delle superfici contenute nel campo visivo è direttamente collegata sia ai fenomeni di abbagliamento che alla possibilità di percepire distintamente gli oggetti osservati;
- **temperatura di colore** (colore della luce): è espressa in gradi Kelvin (K); indica il colore apparente della luce emessa. La temperatura di colore della radiazione emessa da una lampada corrisponde al valore della temperatura (espressa in gradi Kelvin) alla quale si deve portare il corpo nero perché emetta una radiazione di colore uguale;

Rapport technique sur les mesures de mitigation de l'impact lumineux sur la faune pour le chantier de la Maddalena / Nota tecnica  
sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Maddalena

---

- **indice generale di resa cromatica (Ra):** indica la capacità di una sorgente luminosa di restituire fedelmente il colore dell'oggetto o della superficie illuminata. È un numero variabile da 0 a 100.

## 7. Criteri di progettazione

Per una buona illuminazione è essenziale che, oltre all'illuminamento richiesto, siano soddisfatte altre necessità di ordine sia qualitativo che quantitativo. I requisiti di illuminazione passano attraverso il soddisfacimento di tre necessità umane basilari:

- comfort visivo - quando i lavoratori hanno una sensazione di benessere, la quale, in modo indiretto, contribuisce anche a creare un elevato livello di produttività,
- prestazione visiva - quando i lavoratori sono in grado di eseguire i loro compiti visivi, anche in circostanze difficili e su lunghi periodi,
- sicurezza.

I principali parametri che determinano un ambiente luminoso sono:

- la distribuzione delle luminanze,
- l'illuminamento,
- l'abbagliamento,
- la luce intrusiva,
- la direzione della luce,
- la resa cromatica e l'aspetto del colore della luce,
- lo sfarfallio e gli effetti stroboscopici,
- il fattore di manutenzione,
- il risparmio energetico.

Questi aspetti, essendo centrali nella progettazione di un luogo di lavoro esterno ben illuminato, sono quelli che verranno approfonditi in seguito.

### 7.1 Distribuzione delle luminanze

La distribuzione della luminanza nel campo visivo determina il livello di adattamento degli occhi, e questo influenza pesantemente la visibilità del compito da eseguire. Gli effetti negativi causati da scelte errate legate alla luminanza possono portare ad abbagliamento (nel caso di luminanze troppo elevate), ad affaticamenti oculari (nel caso di contrasti di luminanza troppo alti) e ad un ambiente di lavoro poco piacevole e poco stimolante (nel caso si ottengano luminanze e contrasti troppo bassi).

### 7.2 Illuminamento e sua uniformità

La norma UNI EN 12464-2 riporta i valori di illuminamento medio mantenuto  $E_m$ , cioè il minimo valore di illuminamento medio consentito in una zona dove deve essere svolto un determinato compito visivo. I valori di illuminamento medio mantenuto forniti sono funzionali a garantire un efficace livello di comfort visivo e di prestazioni visive, oltre alle necessarie esigenze di sicurezza.

### 7.3 Abbagliamento

L'abbagliamento è la sensazione visiva prodotta da superfici che determinano elevati gradienti di luminanza all'interno del campo visivo e può essere percepito come abbagliamento molesto o debilitante. L'abbagliamento può essere molesto se produce una sensazione di disturbo o disagio senza compromettere o impedire la visione; è invece di tipo debilitante se compromette o al limite impedisce la visione.

L'abbagliamento di tipo debilitante, più pericoloso del primo, si valuta mediante la luminanza velante ( $L_v$ ) che esprime la misura in cui gli apparecchi illuminanti presenti nel campo visivo del lavoratore provocano la formazione di un velo di luminanza, che annebbia i contorni e riduce il contrasto fra oggetti e sfondo.

L'abbagliamento prodotto invece dalla riflessione delle superfici è conosciuto come abbagliamento riflesso (o riflessione velante). È importante limitare l'abbagliamento per evitare errori, affaticamento ed incidenti.

### **Abbagliamento diretto**

L'abbagliamento diretto, provocato direttamente dalle sorgenti luminose, per un impianto di illuminazione per esterno può essere valutato attraverso il metodo dell'indice di abbagliamento GR, definito dal CIE (Commission International de l'Eclairage) attraverso la seguente formula:

$$GR = 27 + 24 \cdot \log_{10} \left( \frac{L_{vl}}{L_{ve}} \right)$$

dove

- $L_{vl}$  è la luminanza velante totale ( $\text{cd/m}^2$ ) dell'impianto di illuminazione costruita come la somma delle luminanze velanti prodotta da ciascun apparecchio illuminante;
- $L_{ve}$  è la luminanza velante equivalente dell'ambiente ( $\text{cd/m}^2$ ).

Il valore di GR dell'impianto d'illuminazione non deve essere maggiore del valore riportato nelle tabelle dato dalle norme UNI EN 12464-2.

### **Abbagliamento riflesso**

Riflessioni ad elevata luminosità nella zona del compito visivo, possono portare al dannoso risultato di alterare la visibilità del compito. L'abbagliamento riflesso può essere evitato o ridotto dalle seguenti misure:

- una appropriata predisposizione degli apparecchi di illuminazione e dei luoghi di lavoro,
- una finitura superficiale (es. superfici opache),
- una limitazione della luminanza prodotta dagli apparecchi di illuminazione,
- una aumentata area luminosa coperta dall'apparecchio di illuminazione.

## **7.4 Luce intrusiva (o invasiva)**

Per luce intrusiva si intende il flusso luminoso generato dagli impianti di illuminazione esterna in generale (stradale, urbana, luoghi di lavoro e di intrattenimento all'aperto, parchi nazionali, etc.) che disturba chi vi risiede. Al fine di salvaguardare e rafforzare l'ambiente notturno è necessario controllare la luce intrusiva provocata dagli ambienti di lavoro esterni (fenomeno noto anche come inquinamento luminoso), la quale può provocare problemi fisiologici a persone e non solo.

Vengono riportati di seguito i limiti di luce intrusiva per gli impianti di illuminazione esterna, allo scopo di ridurre al minimo i problemi per le persone:

Tipo di zona	Luce sulle proprietà		Intensità dell'apparecchio illuminante		Luce verso l'alto	Luminanza	
	E <sub>v</sub> [lx]		I [cd]		ULR [%]	L <sub>b</sub> [cd/m <sup>2</sup> ]	L <sub>s</sub> [cd/m <sup>2</sup> ]
	Prima del coprifuoco	Dopo il coprifuoco	Prima del coprifuoco	Dopo il coprifuoco		Facciata dell'edificio	Segnali
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

*Tabella 1 : Limiti per la luce intrusiva*

**E1 = zone oscure, quali parchi nazionali o siti protetti**

E2 = zone a bassa luminosità, come aree rurali di tipo residenziale o industriale

E3 = zone a media luminosità, come sobborghi residenziali o industriali

E4 = zone ad alta luminosità, come il centro delle città e le aree commerciali

E<sub>v</sub> = massimo valore dell'illuminamento verticale sulle proprietà

I = intensità della luce di ogni sorgente nella direzione potenzialmente invasiva

ULR = parte del flusso luminoso emessa dagli apparecchi illuminanti che è emessa sopra l'orizzontale, quando gli apparecchi sono nella loro posizione di installazione

L<sub>b</sub> = massima luminanza sulla facciata degli edifici

L<sub>s</sub> = massima luminanza sulla segnaletica

**7.5 Direzione della luce**

L'illuminazione direzionale ha lo scopo di migliorare la visibilità dei dettagli e migliorare il riconoscimento delle persone.

L'illuminazione diffusa ha lo scopo di migliorare il riconoscimento tridimensionale degli oggetti, creando un'ombreggiatura nella quale si passa dalle zone scure a quelle chiare, senza traumi visivi e le forme sono rivelate in modo chiaro e piacevole.

Senza un equilibrio tra illuminazione direzionale e diffusa potrebbero crearsi inconvenienti quali un ambiente senza ombre dove tutto appare monotono (eccesso di luce diffusa), oppure un ambiente con ombre troppo pronunciate, con conseguenti zone completamente scure (eccesso di luce direzionale).

**7.6 Resa cromatica e aspetto del colore**

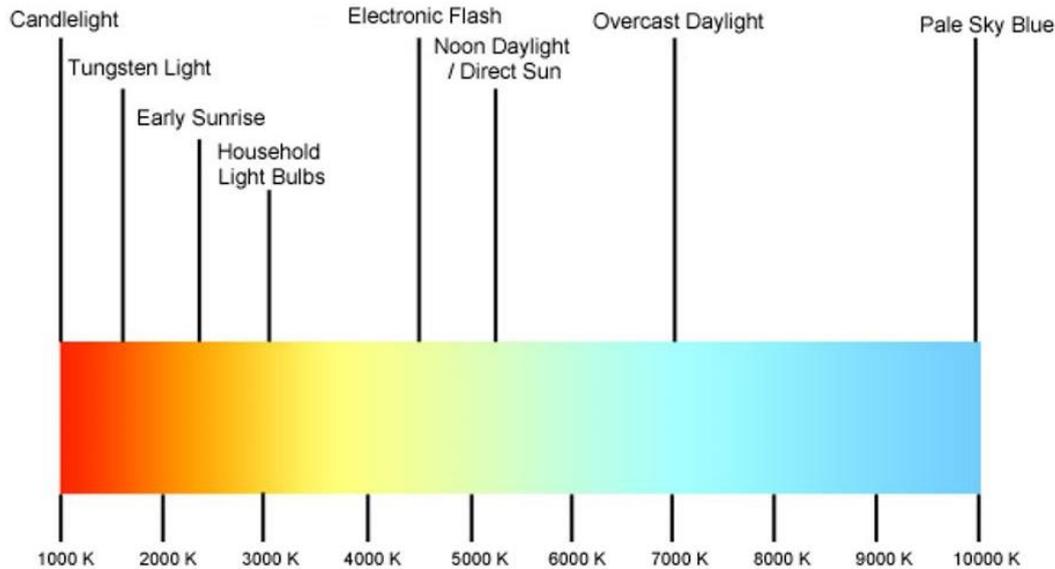
La qualità del colore di una lampada è caratterizzata da due fattori:

- l'apparenza del colore della lampada,
- la capacità di resa del colore della lampada, che influenza l'apparenza cromatica degli oggetti e delle persone illuminate dalla lampada.

Si riportano nella seguente tabella i valori tratti dalla norma:

Apparenza del colore	Temperatura correlata
Calda	T <sub>CP</sub> < 3300 K
Intermedia	3300 K ≤ T <sub>CP</sub> ≤ 5300 K
Fredda	T <sub>CP</sub> > 5300 K

*Tabella 2 : Resa cromatica delle lampade*



*Figura 2 - Spettro cromatico corrispondente alle varie temperature di colore*

## 7.7 Sfarfallio ed effetti stroboscopici

Effetti assolutamente indesiderati sono lo sfarfallamento (flicker), responsabile di distrazioni e a lungo andare, anche di disturbi più gravi come le cefalee, e l'effetto stroboscopico provocato dal flusso luminoso che pulsa a frequenza doppia di quella della rete (100 Hz). Normalmente questa frequenza non viene percepita, ma nel momento in cui ci sono macchinari che ruotano velocemente, si può creare una pericolosissima illusione ottica, tale per cui l'attrezzo sembra addirittura fermo, determinando così una situazione di estremo pericolo.

## 7.8 Fattore di manutenzione

Il fattore di manutenzione serve per valutare nel progetto il calo di illuminamento dovuto a sporcizia, usura e guasti delle lampade che si verificano nel corso del tempo, e dipende da come vengono “mantenute” le lampade, gli alimentatori, gli apparecchi di illuminazione, l'ambiente circostante, e da come viene elaborato il programma di manutenzione.

Il progettista deve infatti determinare:

- fattore di manutenzione ed elencare tutte le ipotesi richieste per la valutazione di questo valore,
- specificare gli apparecchi di illuminazione adatti per l'ambiente,
- preparare un programma completo di manutenzione indicando la frequenza con cui si devono sostituire le lampade, gli intervalli di pulizia degli apparecchi di illuminazione e del locale, ed il metodo di pulizia più adeguato.

## 8. Requisiti di illuminazione del luogo di lavoro in esterno

Si riportano i requisiti di illuminazione richiesti dalla norma per compiti e attività dei luoghi di lavoro in esterno:

Area, attività o lavorazioni	$\bar{E}_m$ (lx)	$U_o$	$GR_L$	$R_a$
Zone di con traffico di veicoli che si spostano lentamente (max. 10km/h)	10	0,40	50	20
Aree di costruzione, posa di tubazioni, attività di trasporto, stoccaggio ecc.	20	0,25	55	20
Aree di parcheggio	10	0,25	50	20

*Tabella 3 : Requisiti di illuminazione richiesti dalla normativa per luoghi di lavoro in esterno*

dove:

- $\bar{E}_m$ : è il valore minimo dell'illuminamento (espresso il lux) della superficie di riferimento, misurabile tramite un luxmetro,
- $U_o$ : esprime il valore minimo dell'uniformità dell'illuminamento, rapporto tra l'illuminamento minimo e quello medio nell'area di lavoro,
- $GRL$ : è il valore limite dell'indice di abbagliamento calcolato mediante la formula indicata al punto 4.4.1 della norma UNI 12464-2,
- $R_a$ : è il minimo valore di resa del colore, funzione delle lampade utilizzate.

In relazione alle esigenze del cantiere si riportano le specifiche tecniche dei corpi illuminanti per soddisfare i requisiti richiesti.

Specifiche tecniche corpo illuminante per la viabilità del cantiere:

- corpo in pressofusione di alluminio
- vano alimentatore accessibile senza l'uso di attrezzi
- driver ed elementi elettrici fissati su piastra removibile per rapido accesso
- Grado di protezione IP66
- Kit per montaggio su palo
- Fattore di potenza  $\cos\phi > 0,95$ ;
- esecuzione in Classe II;
- Lampada Led 85W con flusso luminoso 10890 lumen (declassato del 14%)
- Indice resa cromatica minimo 70 CRI; 80 CRI (3000K)
- Ottica asimmetrica per l'illuminazione di strade tipo 210
- Vita utile delle sorgenti oltre 75000 ore

Specifiche tecniche corpo illuminante per punti di scarico e carico del cantiere:

- corpo in pressofusione di alluminio
- vano alimentatore accessibile senza l'uso di attrezzi
- driver ed elementi elettrici fissati su piastra removibile per rapido accesso
- Grado di protezione IP66
- Kit per montaggio su palo
- Fattore di potenza  $\cos\phi > 0,95$ ;

**Rapport technique sur les mesures de mitigation de l'impact lumineux sur la faune pour le chantier de la Maddalena / Nota tecnica  
sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Maddalena**

---

- esecuzione in Classe II;
- Lampada Led 85W con flusso luminoso 10890 lumen (declassato del 14%)
- Indice resa cromatica minimo 70 CRI; 80 CRI (3000K)
- Ottica asimmetrica per l'illuminazione di strade tipo 4ME
- Vita utile delle sorgenti oltre 75000 ore

## 9. Requisiti illuminazione stradale

Gli aspetti illuminotecnici assunti nella progettazione sono stati dedotti dalle attuali normative UNI EN 11248. In particolare, per l'identificazione della classe d'illuminamento si è fatto riferimento a quanto prescritto dalla norma citata, mentre per la definizione dei parametri illuminotecnici da conseguire con l'impianto a progetto si è applicata la norma EN 13201 – Parte 2.

Relativamente alla classificazione illuminotecnica sono stati assunti – in base ad ipotesi di buona tecnica – i parametri caratteristici di base riportati nella scheda n° 1 riportata nel seguito; essi saranno comunque oggetto di approvazione a cura degli Enti proprietari/gestori:

Parametro della norma EN 11248	Viabilità ordinaria
Velocità tipica utente principale [km/h]:	50
Utente principale	traffico motorizzato
Condizione atmosferica prevalente	Asciutto
Svincoli [n/km]	SI/≤3
Intersezioni / densità [n/km]	Si / ≤ 3
Flusso giornaliero dei veicoli [n/d]	> 7000
Difficoltà della guida	Superiore al normale
Dispositivi geometrici rallentatori del traffico	No
Zona di conflitto	Si

*Tabella 4 : Scheda n. 1 : parametri caratteristici di base*

In funzione dei parametri di cui sopra e seguendo quanto prescritto dalla norma UNI EN 11248, si deduce che il sito in oggetto è classificabile come appartenente all'insieme C. Sempre in funzione dei parametri dettati dalla norma succitata si definisce la strada in oggetto del tipo a scorrimento veloce.

Infine si deduce la categoria illuminotecnica di ingresso, che dovrà essere di categoria M3.

Tipo strada		Ambiente	Livello luminanza	Fattore di uniformità		Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
			Luminanza carreggiata media (cd/m <sup>2</sup> ) L	Uniformità complessiva U <sub>o</sub>	Uniformità longitudinale U <sub>l</sub>	Asciutto	Asciutto
Categoria M3	Zone laterali non illuminate	Scuro	≥ 1	≥ 0,4	≥ 0,6	fTI % 15	REI % 0,30

*Tabella 5 : Categorie illuminotecniche M*

In relazione alle esigenze del cantiere si riportano le specifiche tecniche dei corpi illuminanti per soddisfare i requisiti richiesti.

Specifiche tecniche corpo illuminante per la strada extraurbana di accesso al cantiere :

- corpo in pressofusione di alluminio
- vano alimentatore accessibile senza l'uso di attrezzi
- driver ed elementi elettrici fissati su piastra removibile per rapido accesso

**Rapport technique sur les mesures de mitigation de l'impact lumineux sur la faune pour le chantier de la Maddalena / Nota tecnica  
sulle misure di mitigazione dell'impatto luminoso sulla fauna per il cantiere di Maddalena**

---

- Grado di protezione IP66
- Kit per montaggio su palo
- Fattore di potenza  $\cos\phi > 0,95$ ;
- esecuzione in Classe II;
- Lampada Led 94W con flusso luminoso 11715 lumen (declassato del 14%)
- Indice resa cromatica minimo 70 CRI; 80 CRI (3000K)
- Ottica asimmetrica per l'illuminazione di strade tipo 3ME
- Vita utile delle sorgenti oltre 75000 ore

## 10. Conclusioni

Il presente elaborato ha finalità di individuare soluzioni a minor impatto luminoso a tutela della fauna presente, per quanto riguarda i cantieri de La Maddalena e in analogia con quanto previsto per l'area industriale di Salbertrand dal progetto illuminotecnico (PRV\_C3C\_LOM\_6822).

In particolare quale principale soluzione mitigativa è stato scelto un corpo illuminante che coniugasse le esigenze di logistica e sicurezza del cantiere, con la necessità di ridurre il più possibile l'inquinamento luminoso nelle aree adiacenti; in particolare trattasi di lampada di tipo a LED, con una resa cromatica che si avvicini il più possibile a quella LED ambra, ritenuta ampiamente compatibile soprattutto nei confronti della chiroterofauna.