



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



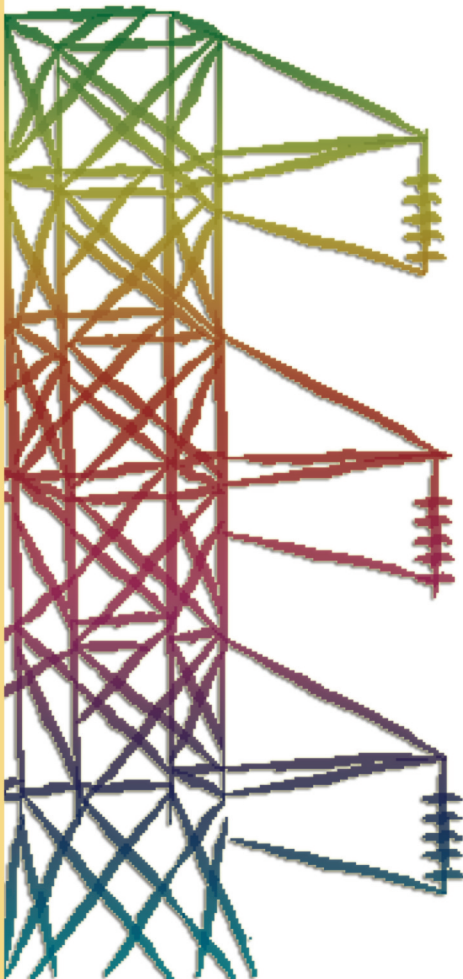
Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Eco Light Design

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

Maurizio Rossi





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Eco Light Design
Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone
AleniaAermacchi

Maurizio Rossi



ECO LIGHT DESIGN

LINEE GUIDA IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE NUOVO CAPANNONE ALENIA-AERMACCHI

Maurizio Rossi (Dipartimento di Industrial Design delle Arti della Comunicazione e della moda – InDACO – del Politecnico di Milano)

Giugno 2008

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Promozione delle tecnologie elettriche innovative negli usi finali

Responsabile Tema: Ennio Ferrero, ENEA

Sommario

Le linee guida presentano una proposta per la realizzazione dell'impianto. Sono trattati in particolare:

- Illuminazione uffici e aree di lavorazioni meccaniche (con layout di massima e tipologia apparecchi)
- Valutazioni sulla luce naturale
- Sistema di gestione
- Caratteristiche spettrali e cromatiche delle sorgenti utilizzate
- Illuminazione di emergenza
- Note sul fattore di manutenzione e sull'uniformità

Accordo di Programma MSE-ENEA

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

**Accordo di Collaborazione tra ENEA ed Politecnico di Milano, Dipartimento INDACO
per una attività di ricerca dal titolo: “Eco Light Design“**

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone ALENIA-AERMACCHI

Indice

<i>Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone ALENIA-AERMACCHI</i>	<i>3</i>
<i>Progetto uffici</i>	<i>5</i>
<i>Illuminazione delle aree di lavorazione meccanica</i>	<i>5</i>
<i>Valutazioni sulla luce naturale</i>	<i>6</i>
<i>Sistema di gestione</i>	<i>7</i>
<i>Layout di massima dell'impianto e tipologie di apparecchi utilizzati</i>	<i>10</i>
<i>Caratteristiche spettrali e cromatiche delle sorgenti utilizzate</i>	<i>12</i>
<i>Illuminazione di emergenza (DLS 626/94)</i>	<i>13</i>
<i>Manutenzione pacco batterie</i>	<i>13</i>
<i>Fattore di manutenzione</i>	<i>13</i>
<i>In merito all'uniformità</i>	<i>15</i>
<i>Allegato. Tabella Requisiti</i>	<i>16</i>

Progetto uffici

Requisiti di progetto:

Illuminazione generale con sensore di presenza (livello basso in assenza del personale e immediatamente rialzato in presenza di operatori in ufficio, con una certa isteresi nella commutazione tra i due livelli) e controllo della temperatura di colore (da 2700K a 5000K) della luce emessa.

Illuminazione localizzata sulle scrivanie e sui banchi di controllo, con analoghe possibilità di regolazione individuale dei parametri di illuminazione.

Ricorso ad apparecchi di miglior design rispetto a quelli utilizzate per le aree di lavorazione meccanica (esempio sistema “ARCO”).

Oppure apparecchi ad incasso con ottica dark light ad alveoli a doppia parabolicità, longitudinale e trasversale 4x14W (Disano 852 Superconfort T5). Questa soluzione, sebbene più economica della precedente, presuppone l’installazione di un controsoffitto.



Figura 1 A sinistra il sistema ARCO e a destra l’apparecchio Disano 852 superconfort 4x14W a incasso

Illuminazione delle aree di lavorazione meccanica

Requisiti di progetto:

Realizzazione di una illuminazione generale mediante apparecchi con grado di protezione IP 40, con lampade fluorescenti lineari, dotate di alimentatore elettronico dimmerabile.

Valutazione della possibilità di applicazione di moduli fluorescenti portanti (canaline) che consentono di far passare in apposite sedi, cavi di alimentazione e servizi (esempio Sistema Disano Elesystem a 10 conduttori cod. 132800-00 per le T5 e 132801-00 per le T8).

Il corpo del canale è costruito in acciaio laminato zincato e verniciato a forno, con resina epossidica bianca, stabilizzata agli UV, con funzione anti-ingiallimento.

Nelle zone contrassegnate con le lettere A,B,C,D sono stati utilizzati i canali elettrificati sopra menzionati.

La disposizione dei centri dovrà essere fatta tenuto conto del layout delle attrezzature di produzione, come indicato dalla planimetria, e dalle indicazioni fornite dalla committenza circa il tipo di attività svolta in ciascuna zona; in particolare i livelli di illuminamento indicati nella tabella 1 dovranno essere rispettati con riferimento alla posizione e orientamento del compito visivo.

In corrispondenza dei banchi di lavoro e di controllo a bordo macchina, dovrà essere realizzato un impianto di illuminazione localizzato con apparecchi dimmerabili e rivelatori di presenza che modulino il flusso emesso in modo tale che in assenza di personale al lavoro, l’emissione luminosa sia ridotta. In questa applicazione potrebbero essere utilmente impiegati apparecchi di illuminazione con sorgenti LED (esempio Fosnova Liset IP sessantacinque), che grazie alle loro ridotte dimensioni, consentono di realizzare strutture molto compatte e maneggevoli, orientabili nello spazio a seconda delle esigenze degli operatori.

Tabella 1 Requisiti illuminotecnici per le diverse zone del capannone.
(Vedi tabella allegata)

L'altezza di installazione degli apparecchi che realizzano l'illuminazione generale, soprattutto nelle zone dedicate alle lavorazioni meccaniche, dovrà essere la maggiore possibile, nell'intorno di 4,50-4,80 m, in corrispondenza dei punti indicati dal cerchio rosso nella figura 2.

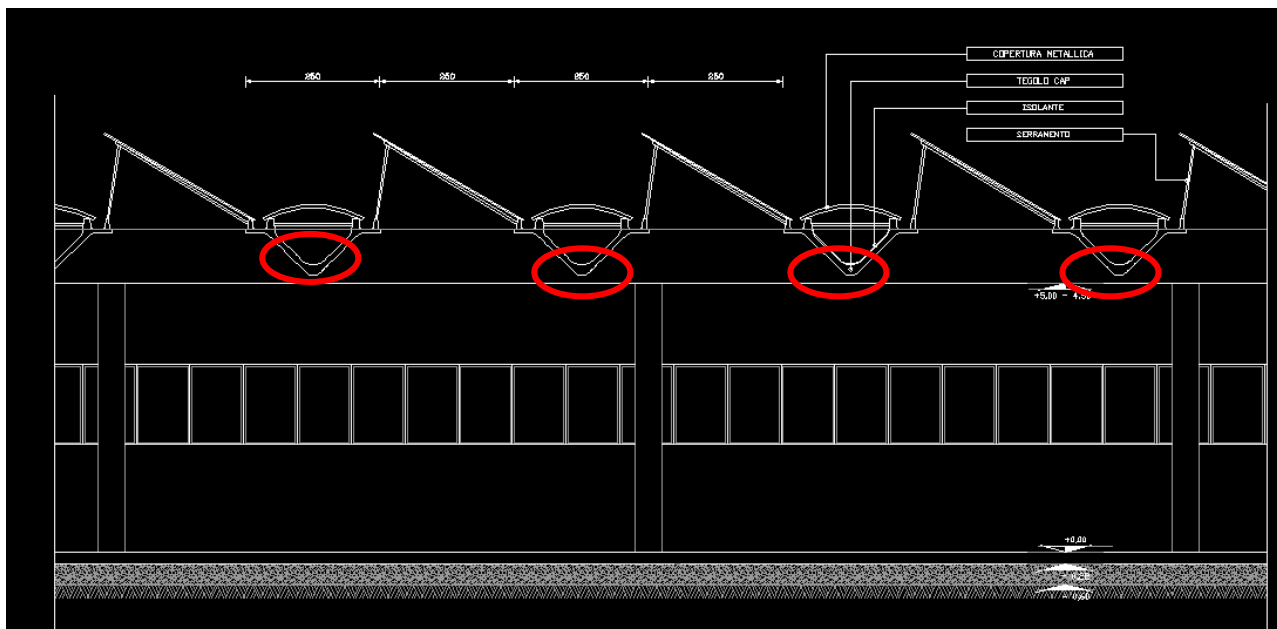


Figura 2 Sezione edificio AERMACCHI dove si può notare le posizioni in corrispondenza delle quali posizionare le file di centri luminosi.

Particolare attenzione, circa il livello di protezione alle polveri (IP 65) e alla resistenza dei materiali impiegati per la costruzione delle componenti ottiche (lente di chiusura PC), dovrà essere posta nella scelta degli apparecchi installati nel locale della sabbiatrice (in particolare dovrà essere assicurata la resistenza della protezione trasparente di chiusura rispetto ai graffi, ottenuta ad esempio con trattamento anti-scratch).

Valutazioni sulla luce naturale

La luce naturale entra attraverso i lucernai a soffitto e tramite la finestratura posta sui lati lunghi del capannone, e sarà valutata solo in termini quantitativi senza alcun riferimento alla sua cromaticità. La valutazione verrà fatta con sensori posti all'interno dell'ambiente e rivolti verso il basso; il segnale ottenuto servirà a modulare il flusso emesso dagli apparecchi in modo da ottenere un valore costante di illuminamento.

Occorre inoltre valutare la possibilità di introdurre, nel progetto esecutivo, alette frangisole (manuali o automatiche) in corrispondenza delle finestratura laterale e dei lucernai del tetto, al fine di evitare la formazione di pericolose ombre o macchie luminose sui compiti visivi.

Sistema di gestione

Nella stesura delle presenti linee guida, sono stati considerati due sistemi per il controllo del flusso luminoso emesso:

- DALI
- ANALOGICO 0-10V

Qualunque sia la scelta progettuale esecutiva, l'impianto dovrà gestire i seguenti tipi di sensori/controlli:

- rivelatori di presenza da installare negli uffici (o in tutti quei locali in cui sia possibile definire in maniera precisa la posizione di lavoro del personale);
- sensori luce naturale per tenere conto del contributo della daylight, proveniente dai lucernai e dalle finestrate laterali;
- dimmer a parete (touch screen, pulsantiera, pulsante) per il controllo del flusso emesso dagli apparecchi; negli uffici, potrà essere previsto un sistema per controllare la temperatura di colore della luce emessa dagli apparecchi attraverso una opportuna miscela di lampade aventi differenti temperature di colore (ad. esempio 2700K e 5000K).

Il sensore di luce costante, misura la luce all'interno di un ambiente e mantiene costante il livello di illuminamento, variando la luce artificiale in funzione del contributo di luce naturale.

Tale elemento deve essere installato a soffitto all'interno dell'ambiente da controllare, in posizione strategica rispetto alle sorgenti di illuminazione naturale (es. finestre, lucernai).

Nel progetto si è fatto ricorso a un dispositivo multi sensore (Disano cod. 986573), che incorpora in unico elemento, tre differenti funzionalità:

- a) sensore a luce costante;
- b) sensore di presenza ;
- c) ricevitore telecomando infrarossi.

La programmazione del sensore avviene tramite telecomando (Disano cod. 98533), oppure tastiera (Disano cod. 986544) che consente di memorizzare 4 differenti programmi di luce; risulta inoltre possibile inibire una o più delle funzioni del sensore (funzionalità particolarmente utile per alcune postazioni di lavoro a bordo macchina, dove si è vincolati al rispetto di precisi valori di illuminamento verticale e orizzontale).

Nelle zone di lavorazione meccanica contrassegnate con le lettere A,B,C,D l'intera superficie del locale è stata suddivisa in due parti longitudinalmente e sono stati installate una tripletta di sensori per lato, al fine rilevare in maniera sufficientemente precisa la distribuzione dei valori di illuminamento sul piano di lavoro, dal momento che si suppone che il diverso orientamento delle superfici vetrate possa fornire contributi differenti ai valori di illuminamento sui compiti visivi. Sempre nelle stesse zone, dove il numero di apparecchi installati sullo stesso canale DALI supera le 64 unità, si raccomanda (al fine di contenere i costi dell'impianto) l'inserimento di un convertitore da DALI a 0-10V (Cod. Disano 986578), e l'impiego di alimentatori dimmerabili analogici, attraverso un segnale 0-10V, in corrispondenza di quei gruppi di apparecchi che non è necessario controllare singolarmente, ma in gruppo.

Per il funzionamento di ciascun canale DALI, è necessario prevedere un alimentatore (cod. Disano 986574) da inserire nel quadro elettrico su guida DIN per impianti elettrici.

I sensori sono montati sulla canalina (o a soffitto, a seconda dei casi) e inquadrano una superficie parallela al piano di montaggio; al fine quindi di rilevare gli illuminamenti verticali, occorre porre in relazione (attraverso misura puntuale con luxmetro dopo l'installazione dell'impianto), il valore misurato sul piano orizzontale con quello desiderato sul piano verticale (la tabella 1, fornisce per ciascuna zona del capannone, un valore di illuminamento su un piano orizzontale o verticale).

Nelle zone di lavorazione meccanica contrassegnate dalle lettere A,B,C,D, sono state previste delle pulsantiere e telecomandi per il controllo del funzionamento degli apparecchi (rispettivamente Disano cod. 98544 e Disano cod 986533), che consentono di realizzare le seguenti funzioni:

- a) aumento-diminuzione del flusso emesso dalle sorgenti;

- b) accensione spegnimento lampade collegate a formare un gruppo;
- c) selezione di uno dei 4 programmi preimpostati.

Una delle 4 programmazioni potrà essere sfruttata per la creazione dell'illuminazione notturna, dove il flusso degli apparecchi può essere fortemente abbattuto (soprattutto nelle zone aperte); mentre negli uffici il risparmio di energia avverrà attraverso l'utilizzo dei sensori di presenza.

Negli uffici, i dispositivi di controllo sono stati assegnati secondo il seguente criterio:

- a) uffici dove si suppone ci sia una presenza costante di personale con compiti di lavoro a videoterminale: in questo caso il touch panel (codice Disano 986581) può sostituire la tastiera, soprattutto se si pensa di creare un ambiente in cui l'utente possa modificare la temperatura di colore della luce emessa dalle sorgenti;
- b) uffici asserviti al lavoro di officina, destinati al controllo di qualità, con personale non sempre presente o per il quale non si possa definire con precisione una posizione di lavoro: in questo caso, può essere sufficiente un sistema di regolazione più semplice, e manuale che consenta l'accensione e lo spegnimento degli apparecchi e il loro dimming (DIM CUP Disano codice 986538) basato sul sistema 0-10V. Per un impiego in congiunzione con alimentatori DALI, è necessario aggiungere a ciascun blocco di apparecchi comandati da DIM CUP, un convertitore, detto mini input (Cod Disano 986575) che permetta di interagire con i sistemi DALI attraverso pulsanti normalmente aperti, temporizzatori. Ciascun modulo convertitore consente il controllo di 4 ingressi (pulsanti).

I pulsanti DIM MCUP possono essere utilmente impiegati anche per realizzare l'illuminazione localizzata con lampade fluorescenti lineari (vedi oltre zona L9) dotate di alimentatore elettronico analogico: in questo caso gli addetti al montaggio possono controllare in maniera semplice il livello desiderato di illuminazione attraverso la rotazione di una semplice manopola.

Le figure 3,4,5,6 mostrano la disposizione dei sensori (multi-funzione), dei dispositivi di controllo (tastiera-telecomandi) e dei pulsanti nelle varie zone del capannone.

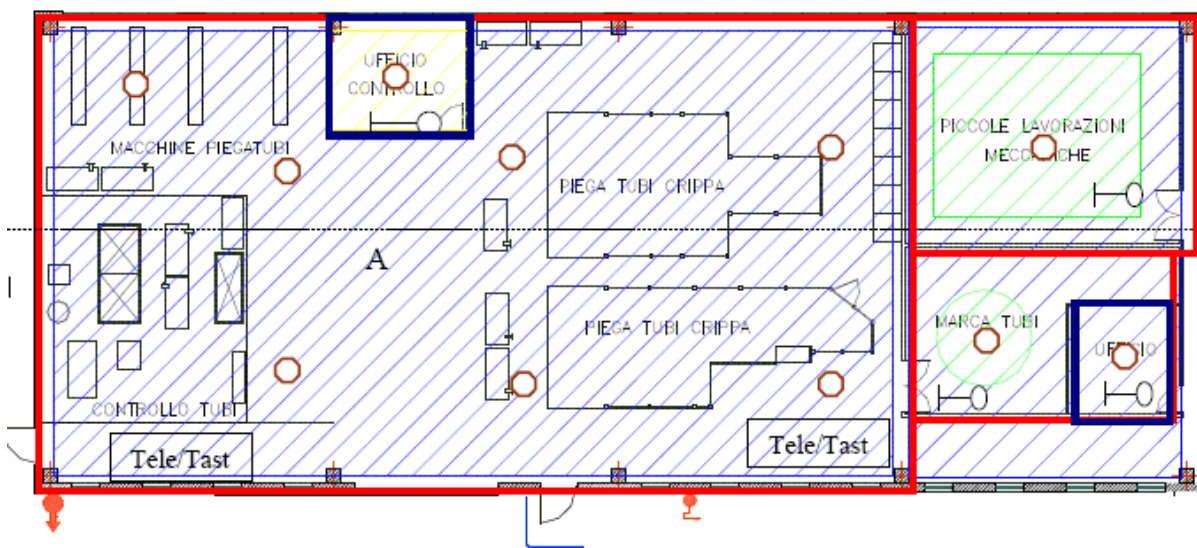


Figura 3 Disposizione sensori, dispositivi di controllo (telecomando-Tastiera), pulsanti-parte 1

Accordo di Programma MSE-ENEA
Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

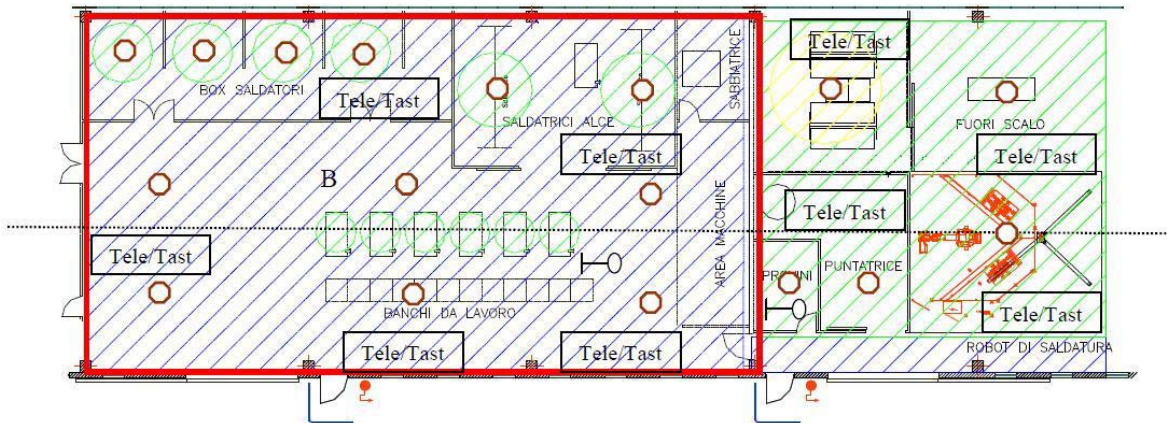


Figura 4 Disposizione sensori, dispositivi di controllo (telecomando-Tastiera), pulsanti-parte 2

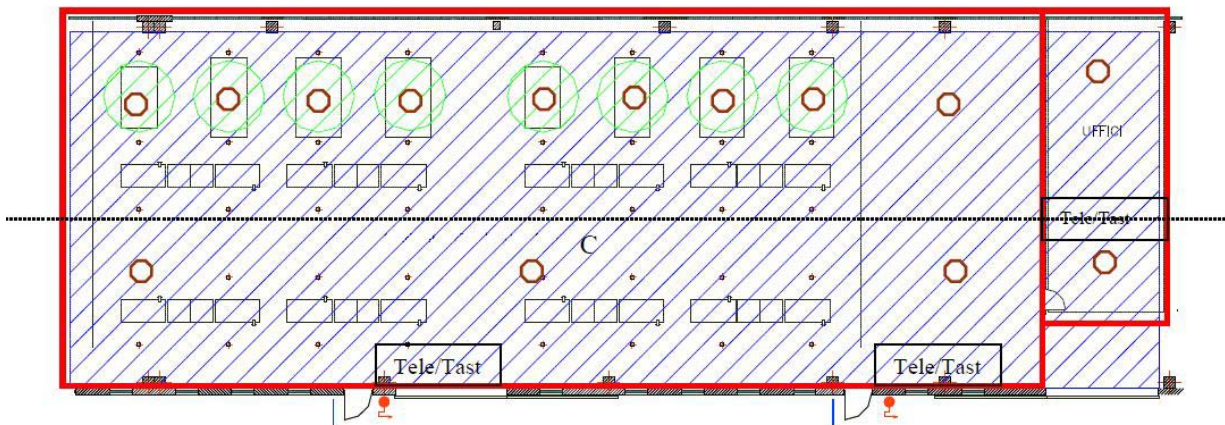


Figura 5 Disposizione sensori, dispositivi di controllo (telecomando-Tastiera), pulsanti-parte 3

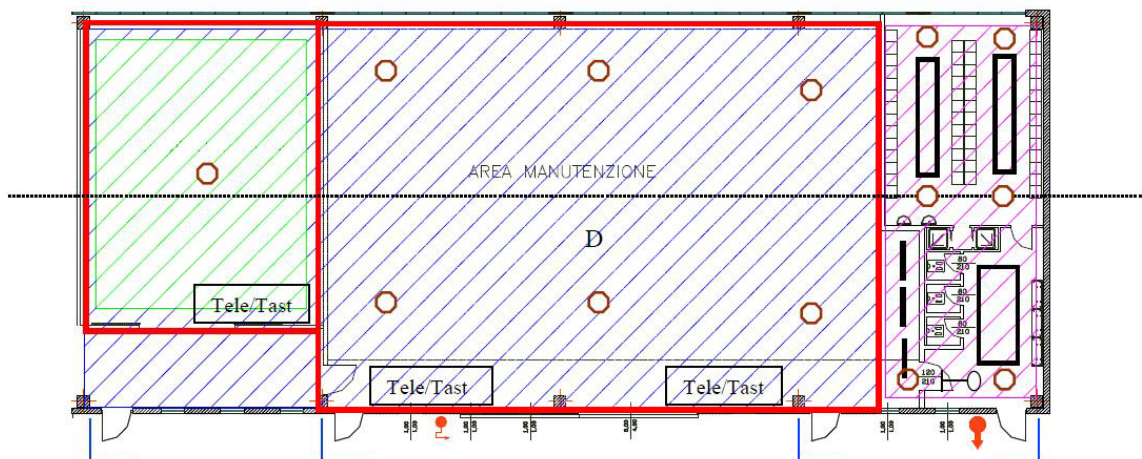


Figura 6 Disposizione sensori, dispositivi di controllo (telecomando-Tastiera), pulsanti-parte 4

legenda

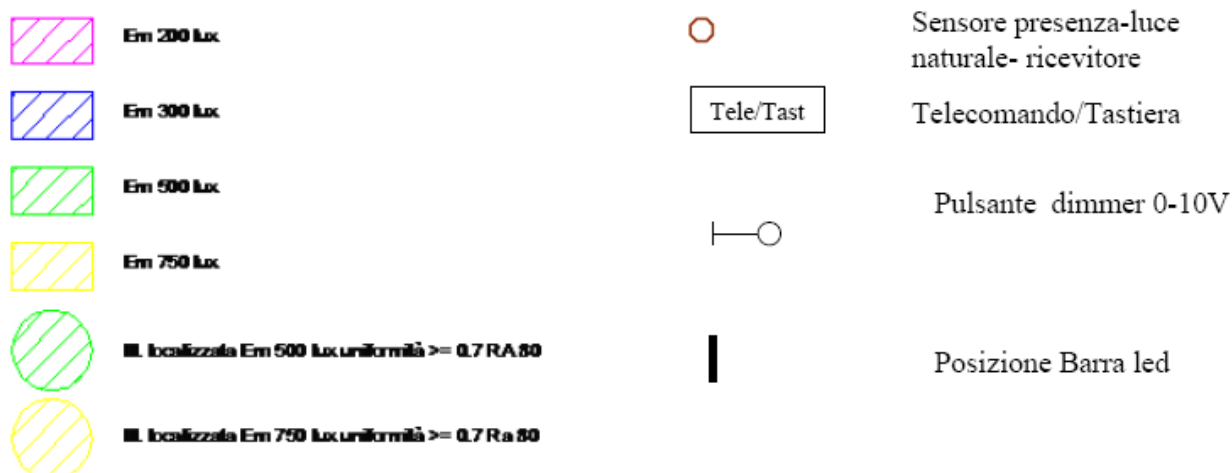


Figura 7 Legenda dei simboli utilizzati nelle figure 3,4,5,6

Layout di massima dell'impianto e tipologie di apparecchi utilizzati

La tabella 2, illustra il tipo e la disposizione degli apparecchi, all'interno dei vari ambienti del capannone.

Le figure 11,12,13,14 mettono in corrispondenza di ciascuna zona nella planimetria, con lo schema impiantistico proposto.

Tabella 2 Tipo di apparecchi installati, Potenza impiegata e schema di installazione di massima

ID	Tipo	Numero Apparecchi	Numero file	Tipo	Potenza	Tipo	Nota	Potenza
	Attività			Installazione	Lampada W	apparecchio		installata W
L1	Area manutenzione	12	10	Canalina h 4.70	2x35W	Disano 6315 Elesystem T5		9528
L2	Area lavorazione meccanica	8	2	Canalina h 4.70	2x49 W 2x80 W	Disano 6315 Elesystem T5		2307.2
L3	Ufficio	8	1	Sospensione 3m	2x80W	Arco T5		1408
L4	Area lavorazione meccanica	9 10	4 4	Canalina h 4.70	2x35W 2x80W	Disano 6315 Elesystem	illuminazione differenziale del locale: in alto 2x80W e in basso 2x35W	8739.2
L5								
L6	Sabbiatrice	3	1	Su canalina h. 4.60 m	2x58W	Disano 921 Hydro T8	Valore medio di illuminamento 350 lux, uniformità 0.77	333.0
L7	Saldatrici Alce	3	2	Canalina 4.70	3x58W	Disano 992 Eterna	illuminazione a 500 lux sull'intera area. Uniformità 0.60	1216.8
L8	Box saldatori	2	5	Canalina h 4.70	2x58W	Disano 992 Eterna T8	illuminazione a 500 lux nell'intero box. Uniformità 0.60 lux	1065.0
L9	illuminazione localizzata su banchi	5	1	Installazione su traliccio a 3 m di altezza	2x58W	Disano 992 eterna T8	Realizzano illuminazione localizzata sui banchi di lavoro. Si utilizzano apparecchi con alimentatore dimmerabile analogico 0-10V e pulsante per il controllo del livello desiderato	532.5

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

L9	Zona lavoro su banchi e saldatrici	7	3	Canalina h 4.70	2x35W	Disano 6315 Elesystem T5	Illuminazione delle zone di passaggio a 300 lx	2620.2
		6	2	Canalina h 4.70				
L10	Ufficio (zona marcatubi)	2	2	Incasso a 3m	4x14W	Disano 852 superconfort	Livello richiesto 300 lux, ma per ottenere elevata uniformità ed elevato controllo abbagliamento, si è ottenuto un illuminamento medio di 500 lux.	260
L11	Piccole lavorazioni meccaniche	3	2	Canalina h 4.70	3x58W	Disano 992 Eterna	Illuminazione a 500 lx	1216.8
L12	Lavorazione Tubi	7	1	Canalina h 4.70	2x35W	Disano 6315 Elesystem	Illuminazione generale a 300 lx	4525.8
		10	5	Canalina h 4.70	2x35W	Disano 6315 Elesystem		
L13	Ufficio controllo	2	3	Incasso a 3m	4x14W	Disano 852 Superconfort	Realizzano illuminazione generale a 750 lux, nella zona centrale	390
L14	Marca Tubi	3	1	Canalina h 4.70	3x58W	Disano 992 Eterna	Illuminazione a sospensione realizza anche quella localizzata a 500 lux, nella zona centrale. Garantiti i 300 lux nelle rimanti parti del locale	1014.0
		1	1	Canalina h 4.70	3x58W	Disano 992 Eterna		
		1	1	Canalina h 4.70	3x58W	Disano 992 Eterna		

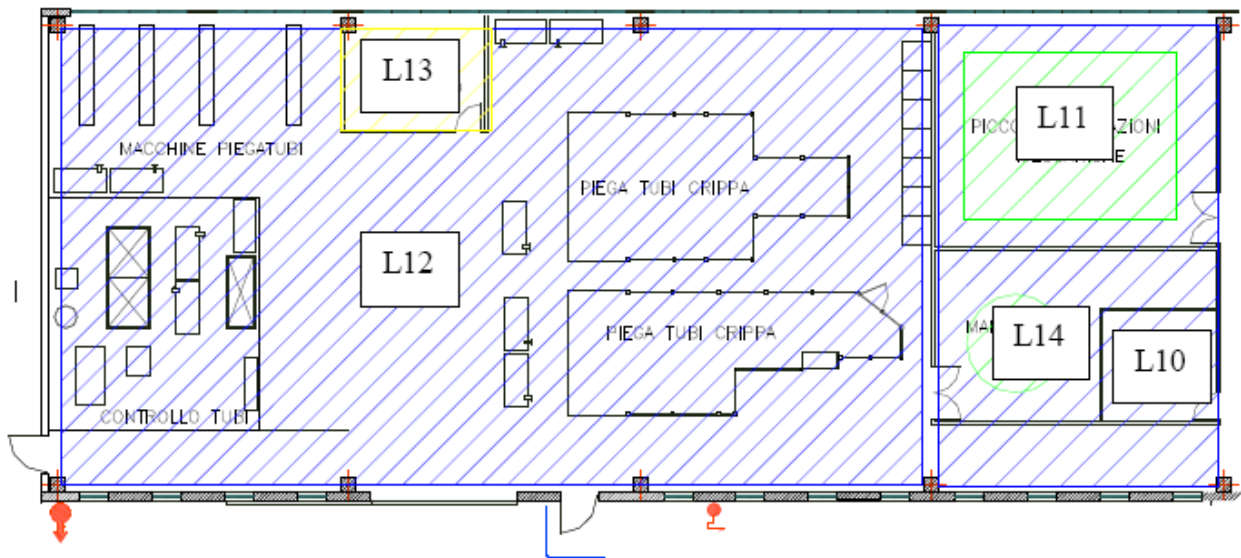


Figura 8 Identificazione delle diverse zone del capannone- Parte 1



Figura 9 Identificazione delle diverse zone del capannone- Parte 2

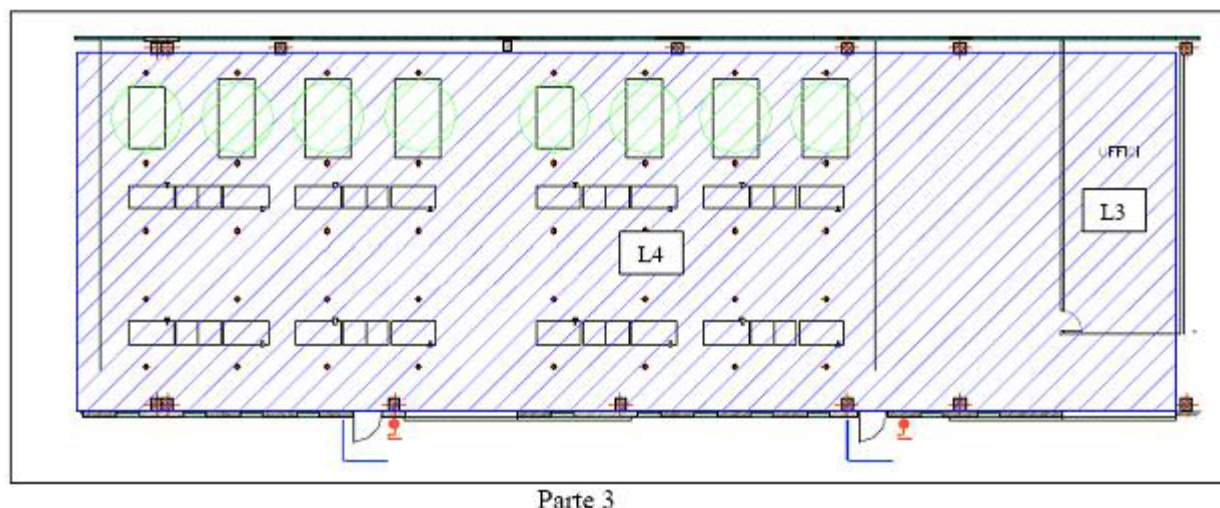


Figura 10 Identificazione delle diverse zone del capannone- Parte 3

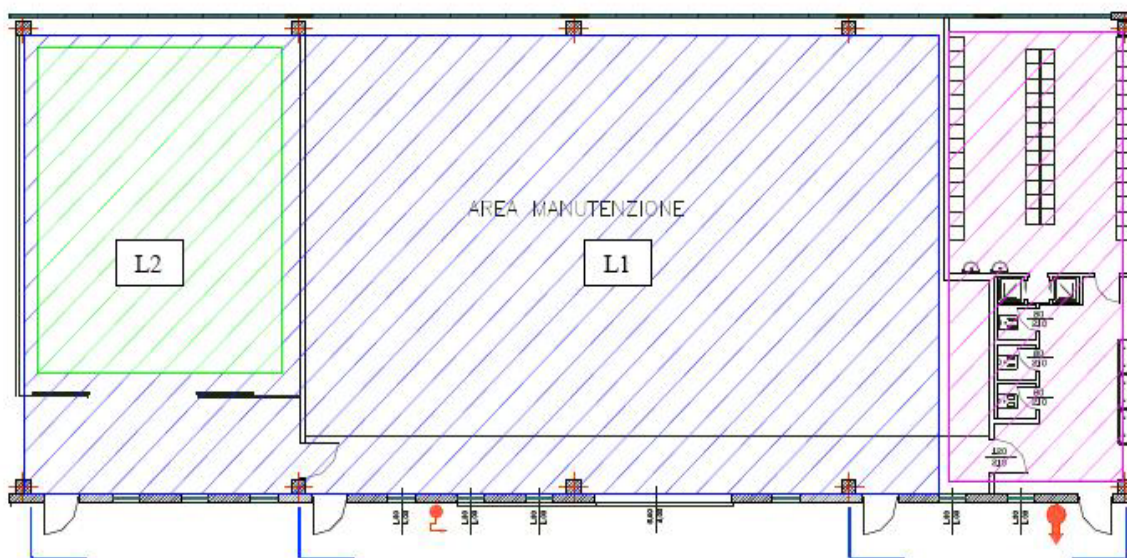


Figura 11 Identificazione delle diverse zone del capannone- Parte 4

Caratteristiche spettrali e cromatiche delle sorgenti utilizzate

a) Zone lavorazioni meccaniche

Le lampade utilizzate per la progettazione della zona officina, dovranno avere una temperatura di colore di 4000K e un indice di resa cromatica pari ad almeno 80. L'impianto fa uso di lampade T5 HE e T8, a seconda dei particolari requisiti richiesti all'apparecchio.

Si può valutare la possibilità di utilizzo, in questa specifica applicazione, di sorgenti fluorescenti a lunga durata come le lampade MASTER TL-D (X)treme Polar di Philips (vedi data sheet allegato).

b) Zona uffici

Negli uffici, le sorgenti potranno essere delle lampade T5, con buona resa cromatica ($R_a=80..89$) e temperatura di colore variabile, come descritto in precedenza.

Per l'illuminazione localizzata sui piani di lavoro, dovranno essere previste delle task-light, che potranno utilizzare delle sorgenti di diversa natura, come ad esempio LED, lampade ad incandescenza, fluorescenti compatte.

c) Bagni

Per i bagni si propone l'utilizzo di sorgenti LED (Fosnova Liset a 6500K), per le loro caratteristiche di lunga durata e compattezza, tenuto anche conto della limitatezza della zona da illuminare.

Illuminazione di emergenza (DLS 626/94)

Per quanto riguarda l'illuminazione di emergenza, nel presente progetto si è considerata la sola illuminazione di sicurezza.

L'illuminazione delle vie e delle uscite di emergenza deve garantire un sicuro sfollamento dall'edificio attraverso vie di fuga opportunamente illuminate e segnalate, individuabili con certezza; deve essere assicurata inoltre la pronta identificazione degli allarmi e delle attrezzature antincendio .

L'illuminamento non deve risultare inferiore a 2 lux ad 1 m dal piano del calpestio, in qualsiasi punto della via di fuga e di 5 lux in corrispondenza delle scale e delle porte; esso deve entrare in funzione entro 5 sec. dalla mancanza dell'illuminazione ordinaria fornendo il 50 % dell'illuminamento richiesto e raggiungere il valore previsto entro 1 minuto (par 4.2.6 UNI EN 1838:2000).

Il rapporto tra illuminamento massimo e minimo, lungo la linea centrale della via di fuga, deve essere non maggiore di 40:1.

La durata minima dell'illuminazione di sicurezza nelle vie di esodo deve essere di almeno 1h (paragrafo 4.2.5 UNI EN 1838:2000).

Al fine di identificare correttamente i colori nell'ambiente, l'indice di resa cromatica delle sorgenti deve risultare almeno 40 (par. 4.2.4 UNI EN 1838:2000).

L'abbagliamento debilitante deve essere contenuto limitando l'intensità luminosa degli apparecchi di illuminazione che entrano nel campo visivo, secondo quanto previsto dal prospetto 1 della norma (limitazione dell'abbagliamento debilitante) della norma UNI EN 1838:2000.

I segnali di sicurezza devono essere adeguatamente illuminati per essere ben visibili e conformi alla regola dell'arte (si veda a tale proposito quanto prescritto dalla norma UNI EN 1838:2000).

Tutti gli apparecchi indicati, sono equipaggiabili con inverter e pacco batterie per il funzionamento in emergenza; ovviamente non tutti gli apparecchi installati dovranno prevedere questa opzione, ma solo un numero sufficiente a raggiungere i requisiti di illuminamento sopra indicati. Al fine di svolgere al meglio questa attività occorre tuttavia conoscere l'esatta ubicazione delle uscite di sicurezza e il percorso delle vie di fuga.

Manutenzione pacco batterie

Al fine di garantire le performance e la durata del sistema, si deve provvedere alla sostituzione delle batterie ogni 4 anni o dopo 500 cicli di carica e scarica

Fattore di manutenzione

Il fattore di manutenzione assunto per la progettazione di massima dell'impianto risulta pari a 0.8. Per un calcolo più accurato di tale valore, ci si può rifare alle seguenti tabelle, se risultano noti i fattori di imbrattamento del locale, di manutenzione dell'apparecchio e del locale, di decadimento del flusso luminoso in funzione della natura della sorgente e del ciclo di manutenzione adottato.

Accordo di Programma MSE-ENEA
Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

Classificazione imbrattamento del locale	
Simbolo	Significato
P	Locale molto pulito (Pure)
C	Locale pulito (Clean)
N	Locale con sporco normale (Normal)
D	Locale molto sporco (Dirty)

LMF Fattore di manutenzione dell'apparecchio (Luminaire Maintenance Factor)												
Intervallo pulizia (anni)	1				2				3			
Imbrattamento del locale	P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	D
A apparecchi chiusi senza riflettore	0.96	0.93	0.89	0.83	0.93	0.89	0.84	0.78	0.91	0.85	0.79	0.73
B riflettori aperti in alto	0.96	0.90	0.86	0.83	0.89	0.84	0.80	0.75	0.84	0.79	0.74	0.68
C Riflettori chiusi in alto	0.94	0.89	0.81	0.72	0.88	0.80	0.69	0.59	0.84	0.74	0.61	0.52
D riflettori chiusi	0.94	0.88	0.82	0.77	0.89	0.83	0.77	0.71	0.85	0.79	0.73	0.65
E apparecchi protetti dalla polvere	0.98	0.94	0.90	0.86	0.95	0.91	0.86	0.81	0.94	0.90	0.84	0.79
F Apparecchi a luce indiretta	0.91	0.86	0.81	0.74	0.86	0.77	0.66	0.57	0.80	0.70	0.55	0.45

RSMF Fattore di manutenzione del locale (Room Surface Maintenance Factor)												
Intervallo pulizia (anni)	1				2				3			
Imbrattamento del locale	P	C	N	D	P	C	N	D	P	C	N	D
A luce diretta	0.99	0.98	0.96	0.95	0.97	0.96	0.95	0.94	0.97	0.96	0.95	0.94
A luce diretta/indiretta	0.96	0.92	0.88	0.85	0.93	0.89	0.85	0.81	0.90	0.86	0.82	0.78
A luce diretta	0.94	0.88	0.82	0.77	0.91	0.84	0.77	0.70	0.84	0.78	0.72	0.64

LLMF Fattore di manutenzione del flusso luminoso della lampada (Lamp Lumen Maintenance Factor)										
Durata dell'esercizio (h)	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
Lampade Alogene/Alogene a bassissima tensione	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lampade ad alogenuri metallici	0.86	0.82	0.75	0.69	0.66	-	-	-	-	-
Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94
Lampade fluorescenti compatte	0.92	0.88	0.85	0.83	0.83	-	-	-	-	-
Lampade fluorescenti	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88

LSF fattore di durata della lampada Lamp Survival Factor: per la sostituzione immediata di una lampada il fattore di durata diventa LSF=1.

Il calcolo del fattore di manutenzione (MF), si ottiene dalla seguente relazione:

$$MF = LMF \cdot RSMF \cdot LLMF \cdot LSF$$

Nel caso in cui non si disponga di dati sicuri per il calcolo del fattore di manutenzione, si consiglia di adottare i valori di riferimento desunti dalla tabella 3.

Tabella 3 Determinazione del fattore di manutenzione con metodo semplificato

Fattore manutenzione di riferimento	Fattore di riferimento da nuovo	Descrizione
--	--	--------------------

<i>Fattore manutenzione di riferimento</i>	<i>Fattore di riferimento da nuovo</i>	<i>Descrizione</i>
0.80	1.25	Locale pulito, uso ridotto
0.67	1.50	Locale pulito, ciclo di manutenzione ogni 3 anni
0.57	1.75	Interno ed esterno, imbrattamento normale, ciclo di manutenzione ogni 3 anni
0.50	2.0	Interno ed esterno, forte imbrattamento, ciclo di manutenzione ogni 3 anni

Per maggiori dettagli sulla determinazione del fattore di manutenzione, si può dare riferimento alla pubblicazione CIE 97 del 1992 (“Maintenance of indoor Electric Lighting System”).

In merito all’uniformità

Nell’illuminazione industriale, l’illuminazione uniforme è maggiormente utilizzata rispetto altri tipi di applicazioni.

Mentre una illuminazione non uniforme può aggiungere interesse e fascino e stimolo in certe applicazioni con forti connotazioni estetiche ed espressive, l’illuminazione uniforme nelle applicazioni industriali può offrire una migliore qualità di illuminazione soprattutto in quei casi in cui il compito visivo risulta essere tridimensionale (montaggio di un componente in un meccanismo), piuttosto che bidimensionale (es. foglio di carta su di una scrivania).

Una illuminazione uniforme consente inoltre di riposizionare macchine e attrezzature, senza modificare il layout dell’impianto.

Allo stesso tempo, esistono situazioni dove un illuminamento non uniforme può essere appropriato; ad esempio mantenere un illuminamento uniforme tra zone contigue che presentano significativi differenze nei requisiti di visibilità e di conseguenza illuminazione, comporta un notevole spreco di energia. In valori di uniformità indicati dalle norme vanno quindi *interpretati*.

In questi casi è consigliabile creare una illuminazione non uniforme tra aree differenti; altra buona regola di progetto è quella di limitare le zone ad elevata uniformità alle aree in cui questa è effettivamente utile (esempio al centro del locale ed escludere dal computo le zone periferiche, gli angoli in cui difficilmente l’operatore andrà a lavorare o sarà collocata una attrezzatura di produzione).

Infine, se il layout impiantistico è definito e tende a rimanere statico a causa di ingombri molto elevati, è piuttosto inutile estendere valori elevati di uniformità al di fuori dei compiti visivi richiesti; le zone che circondano le attrezzature possono quindi essere considerate come semplici zone di transito e quindi soggette a vincoli meno stringenti.

Occorre inoltre considerare che la capacità di percepire i dettagli dipende dal contrasto tra l’oggetto da esaminare e il suo background; per questo motivo la vista risulta maggiormente riposata quando gli oggetti interni al campo visivo non presentano eccessivi gradienti di luminanza, che come sappiamo dipende anche dalla natura della superficie, elemento non controllabile completamente dal progettista dell’impianto.

Occorre quindi distribuire con oculatazza il peso della componente di illuminazione generale e quella localizzata per il raggiungimento di elevati valori di illuminamento, al fine di evitare di creare gradienti troppo elevati di luminanza all’interno del campo visivo degli utenti (è il caso di apparecchi disposti in fila continua vicini alle pareti del locale, al fine di ottenere valori elevati di illuminamento e con notevole uniformità sull’intero locale, che provocano macchie molto intense e fastidiose sulle pareti stesse).

Allegato. Tabella Requisiti

Reparto	Tipo di interno, lavorazione, compito o attività ¹	N° rif. ¹	Em ² [lx]	UGRL ³	Ra ⁴	Ec ⁵ [lx]	piano di riferimento		vincoli installazione (altezza...)	pareti		esigenze di illuminazione localizzata	illuminazione notturna
							inclinazione	altezza		tipologia	altezza		
Macchine piegatubi	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm	2.13.4	300	22	60	200	orizz.	1,2	5~				si
Controllo tubi	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm	2.13.4	300	22	60	200	orizz.	1	5~				
Piega tubi Crippa	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm	2.13.4	300	22	60	200	orizz.	1,1	5~	rete	1.5~		si
Piccole lavorazioni meccaniche	Lavorazioni / Assemblaggio da banco fine	2.13.11	500	22	80	300	orizz.	0.9-1	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~		
Marca tubi	Lavorazione di macchina / assemblaggio fine	2.13.11	500	22	80	300	orizz.	0.9-1	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~	si	
Box saldatori	Saldature di precisione / Lavorazione di macchina fine: tolleranza <0.1 mm	2.13.5	500	19	60	300	orizz.	0,9	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~	si	
Saldatrici Alci	Saldature fini	2.13.3	300	25	60	200	orizz./vert.	1,5	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~	si	
Banchi da lavoro	Lavorazione di macchina / da banco fine: tolleranza <0.1 mm	2.13.5	500	19	60	300	orizz.	1	5~			si	si
Area macchine	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm	2.13.4	300	22	60	200	orizz.	0,9	5~				

Accordo di Programma MSE-ENEA

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

Reparto	Tipo di interno, lavorazione, compito o attività ¹	N° rif. ¹	Em ² [lx]	UGRL ³	Ra ⁴	Ec ⁵ [lx]	piano di riferimento		vincoli installazione (altezza...)	pareti		esigenze di illuminazione localizzata	illuminazione notturna
							inclinazione	altezza		tipologia	altezza		
Sabbiatrice	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm *presenza dell'operatore per tempi molto brevi	2.13.4	200*	22	60	200	orizz.	1	5~				
Area lavorazione meccanica 1	Assemblaggio fine *lavorazioni critiche	2.13.11	750*	22	80	500	orizz./vert.	1.5-1.7	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~	si	
Area lavorazione meccanica 1	Assemblaggio fine	2.13.12	500	22	80	300	orizz.	1	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.7~		
Area lavorazione meccanica 2	Assemblaggio fine	2.13.11	500	22	80	300	orizz./vert.	1-1.5	4.5~	c.a.p.solo lato est	5.2~	si	si
Puntatrice e provini	Lavorazione di macchina fine: tolleranza <0.1 mm	2.13.5	500	19	60	300	orizz.	1	5~	pareti mobili	5.7~		
Robot di saldatura	Lavorazione di macchina fine: tolleranza <0.1 mm	2.13.5	500	19	60	300	orizz./vert.	1,2	5~	rete	1.8~		
Area lavorazione meccanica 3	Assemblaggio fine	2.13.11	500	22	80	300	orizz./vert.	1-1.5	5~	c.a.p. e pareti mobili	5.2~		
Area manutenzione	Lavorazione di macchina grossolana e media: tolleranza >=0.1 mm	2.13.4	300	22	60	200	orizz.	0,9	4.5~	c.a.p. e pareti mobili	5.2~		si
Ufficio controllo	Controllo pezzi su piano di riscontro / Tracciatura, ispezione	2.13.6	750	19	60	500	orizz.	0,9	3~	c.a.p. e pareti mobili	3~		
Ufficio (zona marcatubi)	Archiviazione, copiatura, lavoro con videoterminale, ecc.	3.1	300	19	80	200	orizz.	0,8	3~	c.a.p. e pareti mobili	3~		

Accordo di Programma MSE-ENEA

Linee guida impianto di illuminazione nuovo capannone AleniaAermacchi

Reparto	Tipo di interno, lavorazione, compito o attività ¹	N° rif. ¹	Em ² [lx]	UGRL ³	Ra ⁴	Ec ⁵ [lx]	piano di riferimento		vincoli installazione (altezza...)	pareti		esigenze di illuminazione localizzata	illuminazione notturna
							inclinazione	altezza		tipologia	altezza		
Ufficio (zona area lavorazione meccanica)	Lavoro con videoterminale, archiviazione, copiatura, ecc.	3.1	300	19	80	200	orizz.	0,8	3~	c.a.p. e pareti mobili	3~		
Corridoio / aree di passaggio	Zona di transito / Corridoi con presenza di personale	1.5.2	150	22	60	150	orizz.	0	5-4.5~	c.a.p. solo lato ovest	5.7-5.2~		
Servizi	Zona di transito / Guardaroba, gabinetti, bagni, toilette	1.2.4	200	25	80	200	orizz.	0	4.5~	muratura e c.a.p.	5.2~		

1. secondo Norma UNI EN 12464-1
 2. Em Illuminamento medio mantenuto sul piano di riferimento
 3. limiti di UGR ((Unified Glare Rating) abbagliamento molesto prodotto direttamente dagli apparecchi di illuminazione
 4. Indice minimo di resa dei colori (Ra)
 5. Ec Illuminamento medio delle zone immediatamente circostanti
- c.a.p. = cemento armato prefabbricato
 - colorazione pareti grigio chiaro simile al RAL 7035
 - colorazione pavimento grigio cemento simile al RAL 7037
 - illuminazione notturna da prevedere lungo il corridoio