

ENEA

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



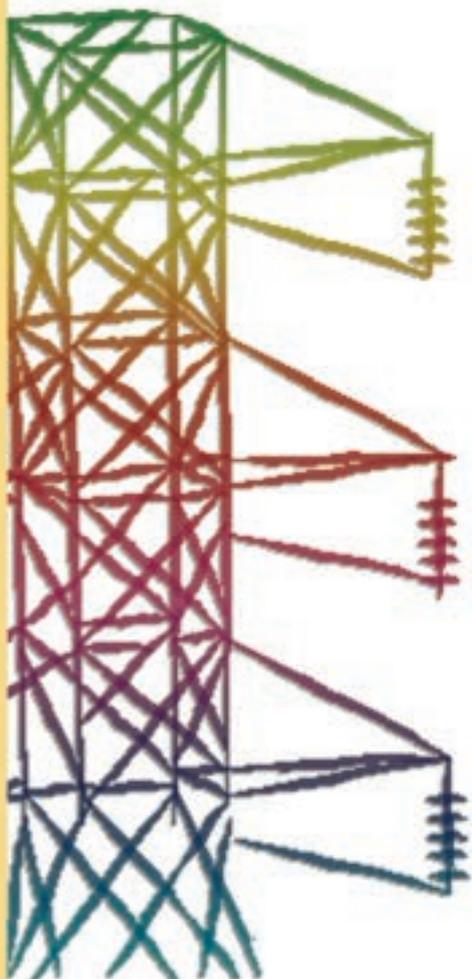
Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

**AleniaAermacchi
Nuovo capannone**

**Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione
Parte generale**

S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Longoni



Report RSE/2009/44



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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

AleniaAermacchi
Nuovo capannone

Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione
Parte generale

S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Longoni

ALENIA-AERMACCHI
NUOVO CAPANNONE
LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
PARTE GENERALE

S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Longoni (ENEA)

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

Nella relazione viene analizzato il caso studio, identificato da ENEA in un capannone industriale di AleniaAermacchi (industria aeronautica), che rappresenta una situazione complessa con caratteristiche di dinamicità legata alla presenza di luce naturale ed esigenze di utilizzo variabili nel tempo.

Sono identificate diverse zone funzionalmente simili, raggruppabili in macrozone: uffici, aree di produzione, aree di passaggio (corridoio, ingresso), servizi (una suddivisione più fine è fatta in base alle diverse attività lavorative che si svolgono).

Sono individuati i requisiti di comfort luminoso e di efficienza energetica, considerando anche i riferimenti normativi relativi, in particolare: la EN12464-1:2004 "Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni" e la UNI EN 15193 del marzo 2008, con titolo "Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting. Le necessità e le aspettative sono quindi espresse in termini di "Classe di qualità", in base alle quali sono state inquadrare le possibili opzioni limite per l'impianto per avere una luce "di qualità".

Una analisi energetica preliminare dell'impianto proposto nel documento "Linee Guida" del Dip. In.D.A.C.O. verifica la collocazione rispetto agli standard detti sopra.

ENEA - TER ENESIST
S. Fumagalli, G. Leonardi, V. Longoni

AleniaAermacchi
Nuovo capannone.
Linee guida per la progettazione
dell'impianto di illuminazione.

Parte generale

Indice

SOMMARIO	3
INTRODUZIONE	6
LE NORME DI RIFERIMENTO IN TERMINI DI REQUISITI	6
<i>LA NORMA EN12464-1</i>	<i>6</i>
<i>LA NORMA UNI EN 15193</i>	<i>6</i>
<u>IL CASO DEL NUOVO CAPANNONE ALENIAAERMACCHI. L'EDIFICIO E I REQUISITI ILLUMINOTECNICI</u>	<u>9</u>
L'EDIFICIO	9
LA SUDDIVISIONE DELL'EDIFICIO IN ZONE E I REQUISITI ILLUMINOTECNICI	10
<u>L'ILLUMINAZIONE DEL NUOVO CAPANNONE ALENIAAERMACCHI. LE POSSIBILITÀ E I MOTIVI DELLA SCELTA</u>	<u>13</u>
NOTA BENE	15
<u>ANALISI ENERGETICA PRELIMINARE</u>	<u>16</u>
<u>ALLEGATO. TABELLA REQUISITI</u>	<u>17</u>

Introduzione

Le norme di riferimento in termini di requisiti

La norma EN12464-1

Oggi il riferimento base per l'illuminazione di interni è la norma UNI EN12464-1:2004 "Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni", la quale specifica i requisiti illuminotecnici per i posti di lavoro in interni, che corrispondono alle esigenze di comfort visivo e di prestazione visiva¹. Sono considerati tutti i compiti visivi abituali, inclusi quelli che comportano l'utilizzo di attrezzature munite di videoterminali.

La norma dice che gli impianti devono tener conto del consumo di energia e quindi suggerisce di privilegiare installazioni efficienti, ma non pone vincoli in questo senso.

La norma UNI EN 15193

La UNI EN 15193 del marzo 2008, con titolo "Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting", vuole essere il riferimento per gli aspetti legati all'illuminazione della direttiva 2002/91/EC sulla Energy Performance of Buildings². Viene introdotto l'indicatore LENI (Lighting Energy Numerical indicator), da utilizzare, insieme a quelli relativi a riscaldamento, climatizzazione, ventilazione e riscaldamento dell'acqua, per calcolare il fabbisogno energetico di un edificio. Infatti tale indicatore quantifica il consumo energetico reale in kilowattora per metro quadrato e anno.

La norma dichiara che le nuove installazioni devono essere conformi alla EN12464-1 e dà valori indicativi per la "qualità" dei sistemi di illuminazione in diversi tipi di applicazioni³. La "qualità" si esprime graficamente in "stelle" (da 1 a 3) e viene valutata in base a diversi elementi, legati non solo alla potenza installata ma anche ai controlli e al contributo di luce naturale.

I diversi elementi e il loro valori limite sono indicati sotto:

- Fattore illuminamento costante Fc: 0.9 con controllo (1 senza controllo)
- Fattore di utilizzo daylight Fd: 0.9 con controllo automatico (1 con controllo manuale)
- Fattore di uso impianto durante l'occupazione Fo (1, costante in ambito industriale)
- Consumo per l'illuminazione di emergenza: 1 kWh/(m² anno)
- Consumo per i controlli: 5 kWh/(m² anno)
- LENI (Lighting Energy Numerical Indicator), cioè il valore di consumo tipico per unità di superficie all'anno: vedi tabella
- potenza installata PN: vedi tabella
- ore di riferimento tipiche, splittate secondo la disponibilità di luce naturale e non: vedi tabella

¹ qui si parla di illuminamento, uniformità, abbagliamento ecc.

² in Italia "Decreto Legislativo No. 192 del 19 agosto 2005

³ qui l'area di interesse è l'ambiente industriale

Classe di qualità	Potenza installata W/m ²	Tempo di utilizzo (h/anno)		LENI			
		di giorno	di notte	Valore limite senza controllo Fc		Valore limite con controllo Fc	
				Controllo Fd Manu	Controllo Fd Auto	Controllo Fd Manu	Controllo Fd Auto
				kWh/(m ² anno)		kWh/(m ² anno)	
*	10	2500	1500	43.7	41.2	39.7	37.5
**	20			83.7	78.7	75.7	71.2
***	30			123.7	116.2	111.7	105

Le classi di qualità sono definite così:

Classe	Descrizione
*	basic fulfilment of requirements
**	good fulfilment of requirements
***	comprehensive fulfilment of requirements

L'appartenenza alle diverse classi di qualità infine comporta il rispetto di parametri aggiuntivi, in particolare:

	*	**	***
Maintained illuminance on horizontal visual tasks (EM horizontal)	++	++	++
Appropriate control of discomfort glare (UGR)	++	++	++
Avoidance of flicker and stroboscopic effects	+	+	+
Appropriate control of veiling reflections and reflected glare		+	+
Improved colour rendering		++	++
Avoidance of harsh shadows or too diffuse light in order to provide good modelling		+	+
Proper luminance distribution in the room (Evertical)		+	+
Special attention of visual communication in lighting faces (E cylindrical)			+
Special attention to health issues			+
dove: ++ has to comply with required values from Tables 5.3 in EN 12464-1:2002. + has to conform to verbally described requirements from EN 12464-1. Health issues may even require much higher illuminances and therefore higher W/m ² .			

Per una nuova installazione bisogna stabilire molto bene quali sono le necessità e le aspettative, in termini di "Classe di qualità".

La potenza massima per unità di superficie installabile e il LENI massimo - quindi i consumi massimi annuali ammissibili per unità di superficie - infatti dipendono fortemente

da questa scelta. Per classi alte i limiti sono più elevati e questo è ragionevole se si pensa che l'illuminazione di una installazione di classe *** soddisfa requisiti molto più stringenti.

Bisogna anche decidere quali saranno le modalità di controllo dell'illuminazione, e cioè se utilizzare sensori di presenza, dimming in funzione della luce naturale, regolazione a luce costante (per bilanciare il decadimento luminoso nel tempo) ecc. All'interno di una classe di qualità infatti le modalità di controllo influiscono sul consumo ammissibile per la classe.

Una volta identificate le necessità e quindi inquadrare le possibili opzioni limite per avere una luce "di qualità", sarà necessario concentrarsi sulle tecnologie migliori per soddisfare queste necessità. Vogliamo far notare che, oltre che sull'impianto di luce "artificiale" e sui suoi controlli intelligenti, si può cercare di agire sulla struttura o involucro stesso dell'edificio. Ad esempio un dispositivo efficace per l'afflusso di luce naturale in aree dell'edificio lontane dalle comuni "finestre" può aggiungere significativi risparmi energetici.

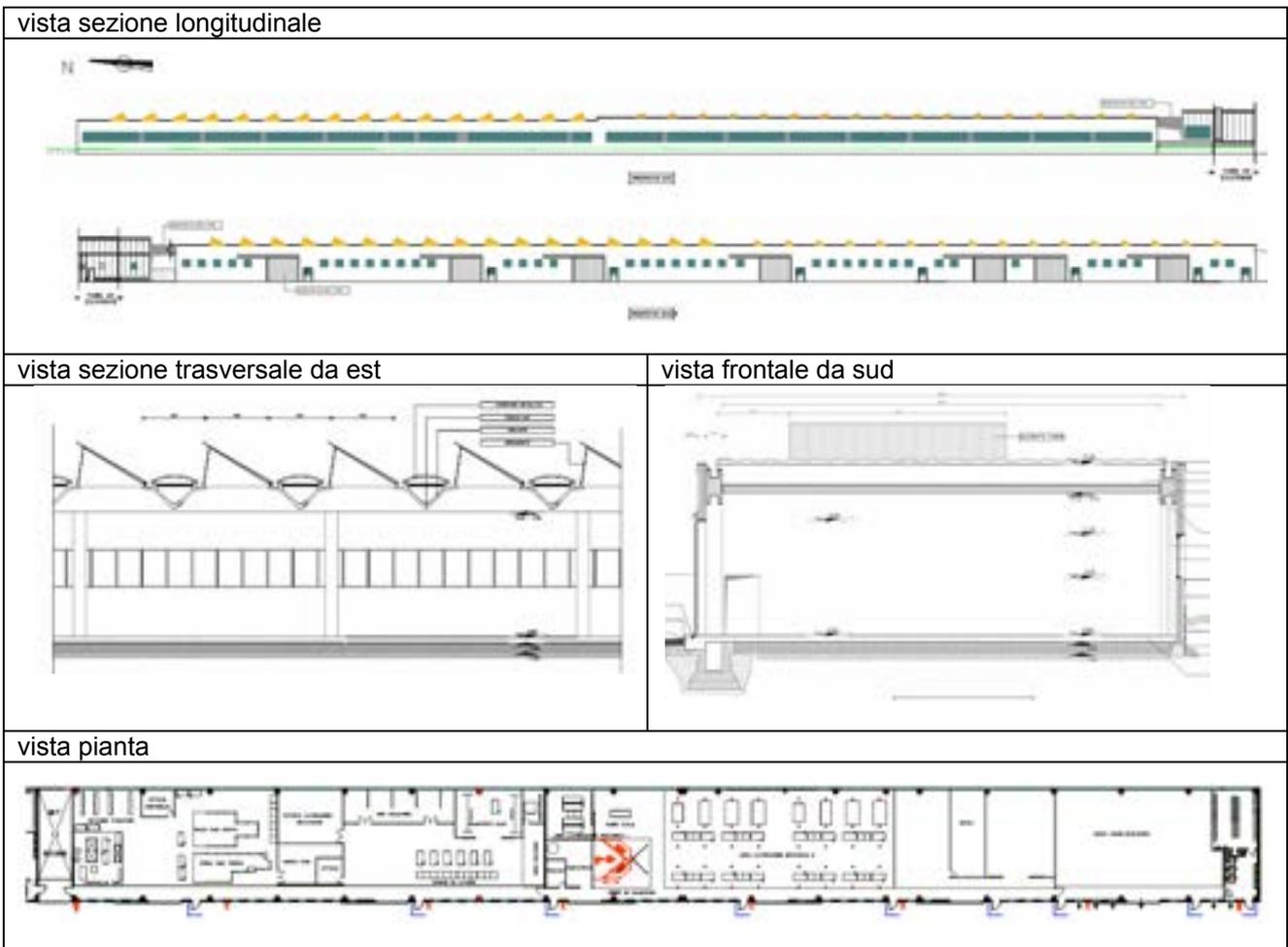
Il caso del nuovo capannone AleniaAermacchi. L'edificio e i requisiti illuminotecnici

L'edificio

Il nuovo edificio di AleniaAermacchi⁴ è un capannone industriale che sarà adibito a diverse funzioni lavorative, principalmente produzione e - in proporzione molto minore - uffici.

Dati principali:

- ubicazione: Venegono Inferiore (VA) latitudine 45.44°N longitudine 8.54°E altitudine 320 m
- dimensioni approx. 177 x 17 x 5 m
- altezza max approx. 5 – 6 m nella zona verso nord, 4.5 – 5.5 m nella zona verso sud
- shed con lucernai sul tetto, a 2.5 m dal lato ovest, lunghi 7.5 m
- accessi (porte, portoni...) dal lato ovest
- finestre sul lato ovest. finestra continua sul lato est dotate di schermatura⁵
- colori principali: pavimento grigio cemento, pareti grigio chiaro, soffitto bianco



⁴ attualmente (estate 2008) in fase di costruzione

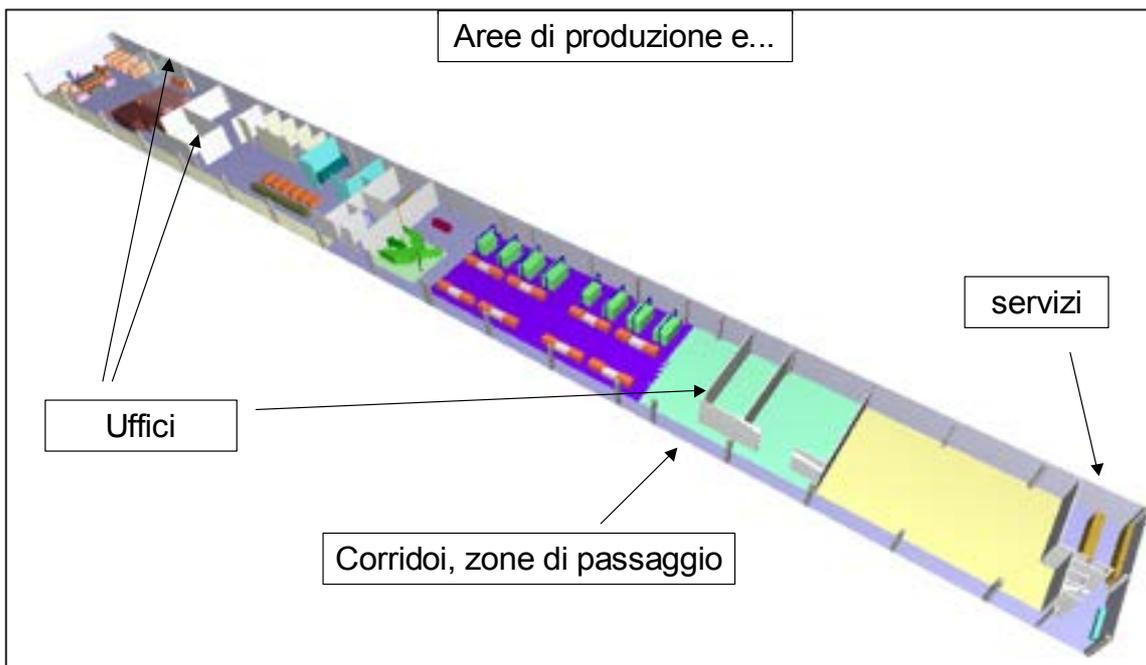
⁵ non sono noti al momento i dispositivi di schermatura scelti (vetri scuri, veneziane...)

La suddivisione dell'edificio in zone e i requisiti illuminotecnici

Sono stati identificate diverse zone funzionalmente simili. Le zone sono separate tra loro da pareti vere e proprie o da suddivisioni 'logiche' (ad esempio il corridoio).

La prima suddivisione in macrozone comprende:

- uffici
- aree di produzione
- aree di passaggio (corridoio, ingresso)
- servizi



Una suddivisione più fine è fatta in base alle diverse attività lavorative che si svolgono.

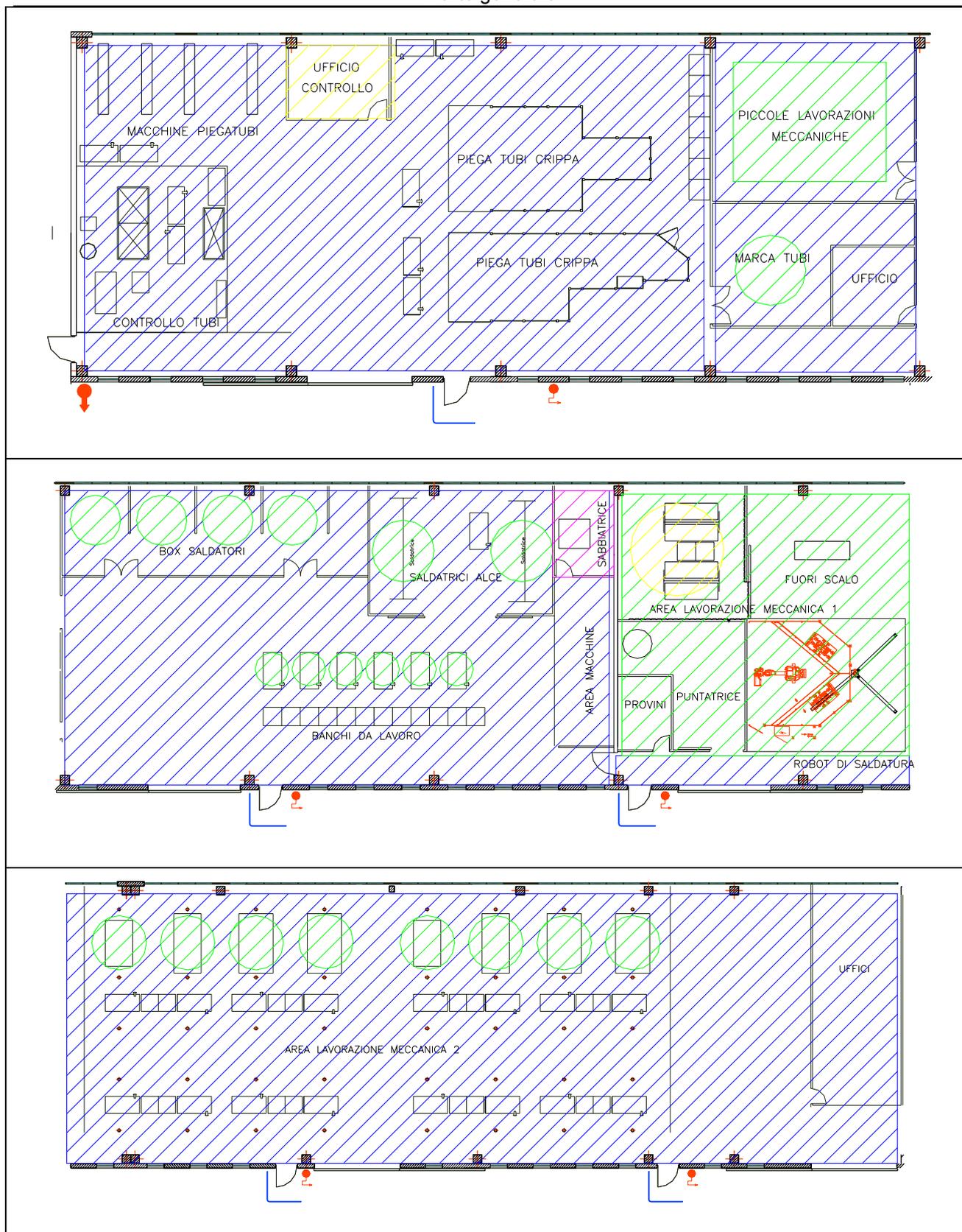
Ogni zona è composta di un ambiente, dove le esigenze di illuminazione sono generiche, e delle aree dove si svolge il compito visivo vero e proprio e in cui tale esigenze possono essere molto elevate.

Le zone possono in linea di principio essere riconfigurate, per cui la posizione delle aree del compito visivo a sua volta non è necessariamente fissa nel tempo⁶.

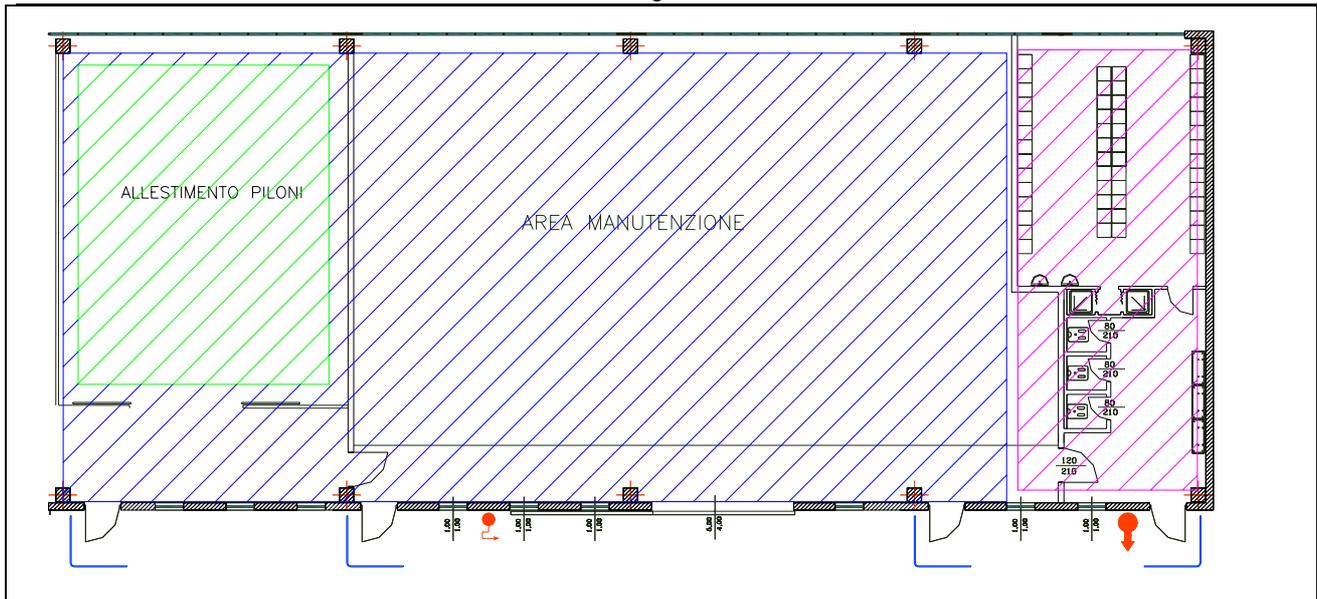
Le figure seguenti e la tabella A1 allegata evidenziano le varie zone e i requisiti illuminotecnici più elevati nelle aree del compito visivo.

⁶ Possibili spostamenti di macchinari, banchi di lavoro o altro. La frequenza di questi spostamenti non è nota

Accordo di Programma MSE-ENEA:
AleniaAermacchi. Nuovo capannone. Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione.
Parte generale



Accordo di Programma MSE-ENEA:
AleniaAermacchi. Nuovo capannone. Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione.
Parte generale



-  Em 200 lux Ra 60
-  Em 300 lux Ra 60
-  Em 500 lux RA 80
-  Em 750 lux Ra 80
-  III. localizzata Em 500 lux uniformità ≥ 0.7 RA 80
-  III. localizzata Em 750 lux uniformità ≥ 0.7 Ra 80

legenda

L'utilizzo dell'edificio è il seguente:

- orario lavorativo giorni feriali (tipico 08:00 - 17:00)
- orario notturno per vigilanza (giorni feriali e festivi)

L'illuminazione del nuovo capannone AleniaAermacchi. Le possibilità e i motivi della scelta

La "progettazione" del sistema di illuminazione nel suo insieme deve tenere conto di:

- esigenze degli utilizzatori
- efficienza energetica
- integrazione della luce artificiale con quella naturale
- integrazione dell'impianto con l'architettura dell'edificio
- economia dell'impianto

Un sistema di illuminazione è un insieme 'organico' di diversi elementi, ciascuno con caratteristiche diverse, di cui i principali sono:

- lampada⁷
- apparecchio⁸
- ausiliari⁹
- dispositivi per la regolazione e il controllo del flusso luminoso¹⁰

Riguardo all'impatto sull'ambiente, gli aspetti principali, durante tutto il ciclo di vita di un sistema di illuminazione, sono:

- consumo di energia e relative emissioni
- consumo di materiali e risorse naturali
- produzione di rifiuti
- rilascio di sostanze pericolose

L'impatto più importante avviene durante la fase di utilizzo (fino al 90%) . Il resto avviene durante la produzione e lo smaltimento¹¹.

L'aumento dell'efficienza energetica e la riduzione dei consumi si ottengono con sorgenti luminose, apparecchi, alimentatori, e sistemi di regolazione e controllo, che a loro volta devono 1) essere di tecnologia "efficace ed efficiente" (cioè che produce i risultati richiesti minimizzando i consumi e le perdite) e 2) essere tra loro interfacciati in modo "efficace ed efficiente".

Per l'illuminazione di ambienti industriali una soluzione tipica in termini di sorgenti è rappresentata dalle lampade ad alogenuri metallici¹² (questo tipo di installazione è

⁷ sorgente che produce radiazione, usualmente nel campo del visibile

⁸ apparato che distribuisce, filtra o trasforma la luce emessa da una o più lampade, comprese tutte le parti necessarie ad alloggiare e proteggere le lampade e, se necessario, circuiti ausiliari per collegare le lampade all'alimentazione elettrica

⁹ (ballast, alimentatore): dispositivo collegato tra la rete e una o più lampade a scarica, che serve principalmente ad alimentare la e le lampade con la corrente richiesta. In senso più lato nel ballast si comprendono anche mezzi per trasformare la tensione di alimentazione, correggere fattori di potenza e, eventualmente in combinazione con accenditori, provvedere alle condizioni necessarie per accendere le lampade

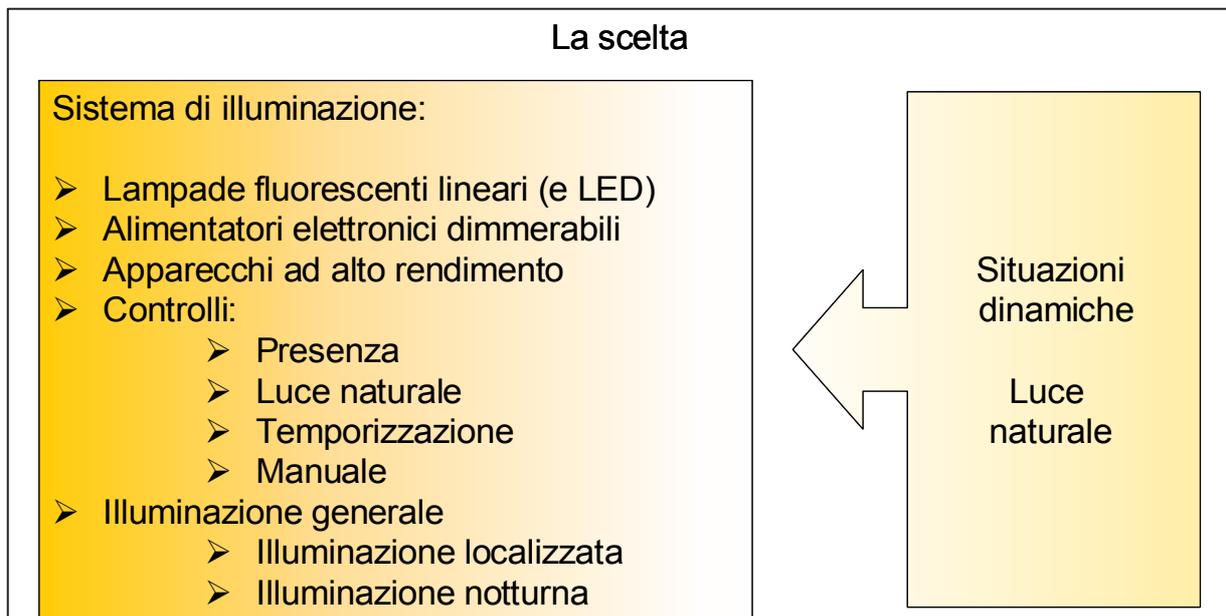
¹⁰ in base a vari criteri (presenza degli utilizzatori, disponibilità di luce naturale, temporizzazione...), controllo remoto e diagnostica ecc.

¹¹ è comunque molto importante il corretto smaltimento. I componenti per l'illuminazione sono considerati RAAE

presente anche in altri edifici del sito AleniaAermacchi). Sono lampade disponibili anche con alte potenze, il che permette di avere buoni risultati anche in locali molto alti, in cui gli apparecchi devono essere installati a grande distanza dal piano di lavoro. I principali svantaggi sono costituiti dalla sensibilità, anche in termini di colore, di tali lampade alle variazioni di tensione, alla riaccensione non immediata e alla difficoltà di regolare il flusso luminoso in modo veloce¹³.

Il nuovo capannone presenta delle situazioni molto dinamiche, per la presenza disomogenea delle persone e il contributo di luce naturale da finestre e lucernai.

E' stato quindi scelto un impianto basato su lampade fluorescenti lineari, per massimizzare il possibile risparmio energetico attraverso dispositivi di controllo. In alcune zone di limitata estensione (servizi) sono proposte soluzioni con apparecchi a LED.



Le lampade fluorescenti sono un prodotto maturo, con vasta scelta in termini di resa cromatica, temperatura di colore¹⁴, possibilità di alimentazione... Hanno potenze massime più basse, quindi il loro campo di applicazione è limitato¹⁵. Esiste sul mercato un'ampia disponibilità di apparecchi e dispositivi di alimentazione. L'efficienza luminosa e la durata sono buone. Il pregio principale di queste sorgenti è la facilità di controllo, ottenuta tramite diverse soluzioni del mercato. E' quindi possibile inserire nell'impianto controlli per modulare la luce in termini di quantità e colore, in funzione dell'apporto di luce naturale, della presenza o meno delle persone, di temporizzazioni... senza dimenticare i controlli manuali per lasciare all'utente libertà di scelta.

Data la tipologia di utilizzo, l'impianto è stato pensato per una illuminazione generale e, nelle aree del compito visivo, la possibilità di installare illuminazione localizzata per soddisfare i requisiti richiesti.

Il controllo del flusso luminoso è pensato per ridurre il flusso in termini quantitativi.

¹² chiamati anche ioduri metallici

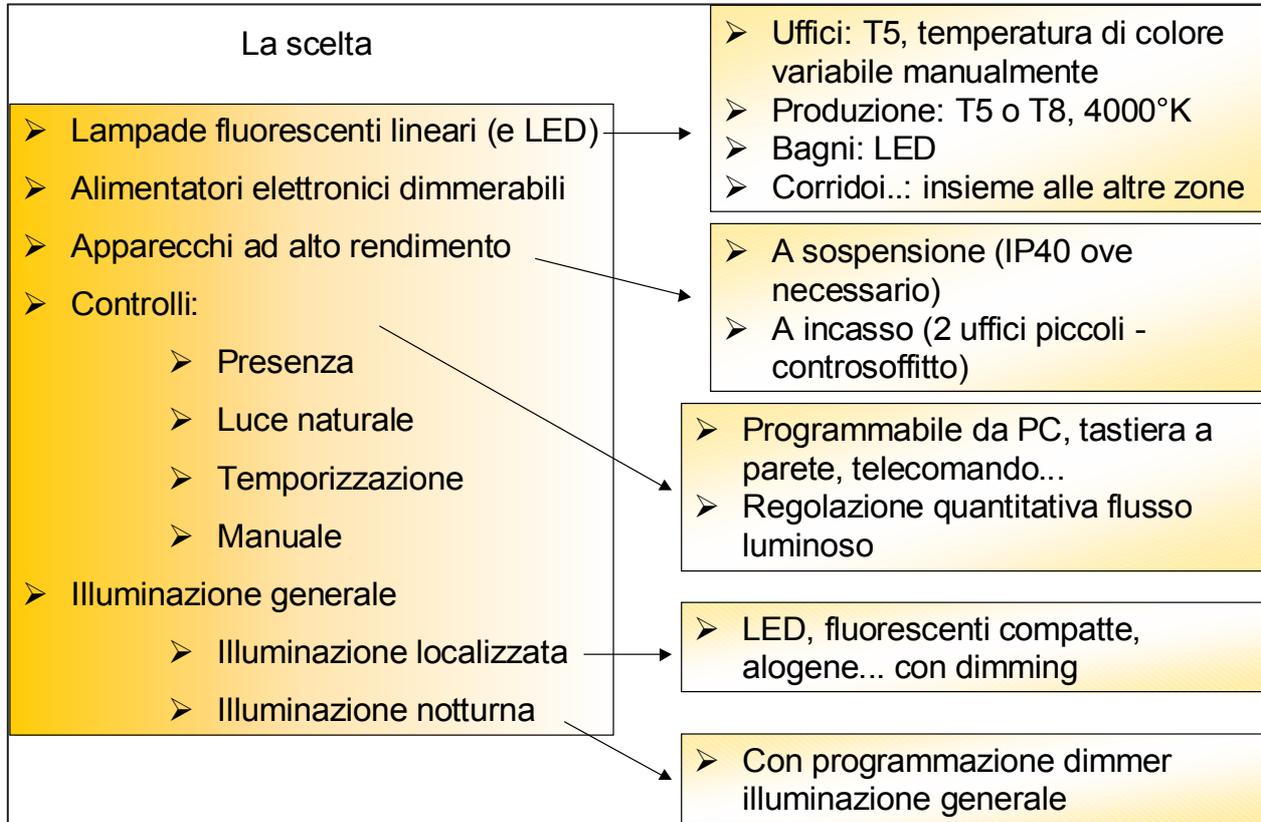
¹³ è facile il dimming per flusso costante, mirato cioè a contrastare il naturale decadimento del flusso luminoso nel tempo, è molto più problematico il dimming ad esempio in funzione delle variazioni della luce naturale

¹⁴ in luce bianca esistono varie tonalità

¹⁵ in installazioni di altezza superiore a 6 m sono sconsigliate

In alcune aree (uffici) è possibile anche modificare (in modo manuale) la temperatura di colore, in base alle esigenze dell'utilizzatore.

L'illuminazione localizzata si può ottenere con apparecchi con lampade fluorescenti, LED e relativi controlli.



Nota bene

La proposta di impianto del documento "Linee guida" a cura del Dip. In.D.A.Co. - Politecnico di Milano presenta un quadro coerente di componenti per l'impianto. Questo significa che, in mancanza di una definizione 'universale' dei prodotti e del reciproco interfacciamento, si è fatto specifico riferimento a produzione italiana di buona qualità.

Questa opzione è da considerarsi del tutto esemplificativa e non intende in alcun modo essere limitativa delle scelte possibili per la realizzazione dell'impianto. Qualunque altra soluzione almeno equivalente è valida.

Analisi energetica preliminare

Rifacendosi alle definizioni della UNI EN 15193, l'edificio ha requisiti riconducibili alla classe di qualità "****".

Nella tabella seguente sono riportate le potenze installate¹⁶, le superfici e la potenza installata per unità di superficie per le varie zone dell'edificio.

ID	Em ² [lx]	UGRL ³	Ec ⁵ [lx]	piano di riferimento		esigenze di illuminazione localizzata	Pot. installata [W]	Sup. totale [m ²]	potenza installata per unità di superficie [W/m ²]
				inclinazione	altezza				

Corridoi / aree passaggio	150	22	150	orizz.	0	inclusi nelle altre zone			
---------------------------	-----	----	-----	--------	---	--------------------------	--	--	--

Servizi	200	25	200	orizz.	0				
---------	-----	----	-----	--------	---	--	--	--	--

L1	300	22	200	orizz.	0.9		3200	392	8.2
L2	500	22	300	orizz./ vert.	1-1.5		2307.2	129	17.9
L3	300	19	200	orizz.	0.8		1408	67	21.0
L4	500	22	300	orizz./ vert.	1-1.5	si	8739.2	725	12.1
L5	750	22	500	orizz./ vert.	1.5-1.7	si	6971.2	224	31.1
L6	200	22	200	orizz.	1		222	16	13.9
L7	300	25	200	orizz./ vert.	1.5	si	1216.8	71	17.1
L8	500	19	300	orizz.	0.9	si	1065	78	13.7
L9	500	19	300	orizz.	1	si	3152.7	327	9.6
L10	300	19	200	orizz.	0.8		260	15	17.3
L11	500	22	300	orizz.	0.9-1		1216.8	72	16.9
L12	300	22	200	orizz.	1.2		4525.8	487	9.3
L13	750	19	500	orizz.	0.9		390	18	21.7
L14	500	22	300	orizz.	0.9-1	si	1014	44	23.0

Totale							35688.7	2665	13.39
--------	--	--	--	--	--	--	---------	------	-------

Si vede che la potenza installata è inferiore a quanto permesso per edifici di classe "****" (20 W/m²).

Il LENI risulta di 53.6 kWh/(m² anno) e anche questo è inferiore al massimo ammissibile, in presenza di tutti i controlli automatici (pari a 71.2 kWh/(m² anno)).

La stima del risparmio energetico legato alla presenza dei controlli non è al momento disponibile.

¹⁶ secondo il documento "Linee Guida" a cura del Dip. In.D.A.Co. - Politecnico di Milano

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:
AleniaAermacchi. Nuovo capannone. Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione.
Parte generale

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:
AleniaAermacchi. Nuovo capannone. Linee guida per la progettazione dell'impianto di illuminazione.
Parte generale

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