



*illuminazione*

**Illuminazione  
moderna degli  
edifici industriali**



■ **Direzione del progetto:**

Christian Vogt (Svizzera tedesca)

Prof. J.-L. Scartezzini (Svizzera romanda)

■ **Gruppo di progettazione e di consulenza:**

Prof. J.-L. Scartezzini, Università di Ginevra

Dott. Blaser  
Ufficio federale di metrologia, Berna

M. Güntensberger  
Ispettorato federale del lavoro, Zurigo

Dott. Bertschinger  
Bernische Kraftwerke AG, Berna

M. Etz  
Bernische Kraftwerke AG, Berna

■ **Autori:**

Carl-Heinz Herbst, Dipl. Ing. Lichttechnik, Feldmeilen

Mario Rechsteiner, Amstein + Walthert AG, Zurigo

Christian Vogt, Amstein + Walthert AG, Zurigo

■ **Associazioni sostenitrici:**

ASE Associazione svizzera degli elettrotecnici

SIA Società svizzera degli ingegneri e degli architetti

SLG Associazione svizzera d'illuminazione

ATS Associazione tecnici svizzeri

ISBN 3-905251-15-9

Edizione originale: ISBN 3-905233-49-5

Copyright ©

Ufficio federale dei problemi congiunturali,  
3003 Berna, aprile 1994.

La riproduzione parziale è autorizzata purché sia citata la fonte.  
Il presente manuale può essere ordinato presso l'Ufficio centrale federale  
degli stampati e del materiale (UCFSM), 3000 Berna  
(n. di ordin. 724.329.3 i)

Form. 724.329.3 i 5.96 500 U30236



## Prefazione

Il programma di promozione «Edilizia ed Energia», della durata totale di 6 anni (1990-1995), è composto dai tre programmi d'impulso seguenti:

- PI EDIL – Manutenzione e rinnovamento delle costruzioni
- RAVEL – Uso razionale dell'elettricità
- PACER – Energie rinnovabili.

Questi tre programmi d'impulso sono realizzati in stretta collaborazione con l'economia privata, le scuole e la Confederazione. Il loro scopo è quello di promuovere una crescita economica qualitativa. In tale ottica essi devono sfociare in un minor sfruttamento delle materie prime e dell'energia, con un maggiore ricorso al capitale costituito dalle capacità umane.

Il fulcro delle attività di RAVEL è costituito dal miglioramento della competenza professionale nell'impiego razionale dell'energia elettrica. Oltre agli aspetti della produzione e della sicurezza, che finora erano in primo piano, deve essere dato ampio risalto all'aspetto costituito dal rendimento. Sulla base di una matrice del consumo, RAVEL ha definito in modo esteso i temi da trattare. Oltre alle applicazioni dell'energia elettrica negli edifici vengono presi in considerazione anche i processi nell'industria, nel commercio e nel settore delle prestazioni di servizio. I gruppi mirati sono adeguatamente svariati: comprendono i professionisti di ogni livello, nonché i responsabili delle decisioni che si devono esprimere in merito a decorsi ed investimenti essenziali per quanto concerne il consumo dell'energia elettrica.

### ■ Corsi, manifestazioni, pubblicazioni, videocassette, ecc.

Gli obiettivi di RAVEL saranno perseguiti mediante progetti di ricerca volti all'ampliamento delle conoscenze di base e – a partire dallo stesso principio – mediante la formazione, il perfezionamento e l'informazione. La divulgazione delle conoscenze è orientata verso l'impiego nella prassi quotidiana e si basa essenzialmente su manuali, corsi e manifestazioni. Si prevede di organizzare ogni anno un congresso RAVEL durante il quale, di volta in volta, si informerà, discutendone in modo esauriente, in merito ai nuovi risultati, sviluppi e tendenze della nuova ed affascinante disciplina costituita dall'impiego razionale dell'elettricità. Il bollettino «IMPULSO», pubblicato due o tre volte all'anno, fornirà dettagli concernenti queste attività ed informerà gli interessati in merito all'offerta di perfezionamento ampia ed orientata a seconda dei singoli gruppi d'interesse. Tale bollettino può essere ordinato in abbonamento (gratuito) presso l'Ufficio federale dei problemi congiunturali, 3003 Berna. Ogni partecipante ad un corso o ad una manifestazione organizzati nell'ambito del programma riceve una documentazione. Essa consiste essenzialmente della pubblicazione specializzata elaborata a questo scopo. Tutte queste pubblicazioni possono pure essere ordinate presso l'Ufficio centrale federale degli stampati e del materiale (UCFSM), 3000 Berna.

### ■ Competenze

Per poter fronteggiare questo programma ambizioso di formazione è stato scelto un concetto di organizzazione e di elaborazione che, oltre alla collaborazione competente di specialisti, garantisce anche il rispetto dei punti d'interazione nel settore dell'impiego dell'energia elettrica, nonché dell'assistenza necessaria da parte di associazioni e scuole del ramo



interessato. Una commissione composta dai rappresentanti delle associazioni, delle scuole e dei settori professionali interessati stabilisce i contenuti del programma ed assicura la coordinazione con le altre attività che perseguono l'uso razionale dell'elettricità. Le associazioni professionali si assumono anche l'incarico di organizzare i corsi di perfezionamento professionale e le campagne d'informazione. Della preparazione di queste attività è responsabile la direzione del progetto composta dai signori Dott. Roland Walthert, Werner Böhi, Dott. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Rudolf Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dott. Daniel Spreng, Felix Walter, Dott. Charles Weinmann, nonché Eric Mosimann, UFCO. Nell'ambito delle proprie competenze l'elaborazione è eseguita da gruppi di progettazione che devono risolvere singoli problemi (progetti di ricerca e di trasformazione) per quanto concerne il contenuto, l'impiego del tempo ed i costi.

## ■ Documentazione

All'illuminazione nel settore industriale viene, come in passato, dedicata un'attenzione insufficiente. Qualora si pensi che la maggior parte delle misure di razionalizzazione si basano sul fatto che circa 80-90% della comunicazione delle informazioni avviene per mezzo della vista, è incomprendibile la trascuratezza in cui si trova spesso la situazione nel settore dell'illuminazione. In tal modo ciò non sfocia soltanto in una diminuzione della produttività, bensì spesso anche in un consumo inutile d'energia, in un aumento del rischio d'infortuni ed in un malcontento accresciuto delle maestranze.

La presente documentazione presenta perciò, sulla base di esempi, possibilità di ottimizzare l'illuminazione degli edifici industriali con il dispendio minimo d'energia. In quest'ambito viene parimenti trattato lo stato della tecnica, nonché l'ergonomia visiva. Poiché esistono molteplici possibilità, vengono eseguiti molti abbozzi di progettazione con l'intento di chiarire in qual modo i singoli fattori possano essere integrati nella progettazione globale.

In questo modo la presente pubblicazione intende fornire ai responsabili delle decisioni interessati un aiuto nel loro lavoro quotidiano. A questo scopo al termine della documentazione è riportata una lista di controllo che deve servire quale strumento per una valutazione rapida dell'impianto d'illuminazione.

La presente documentazione costituisce un elemento di una collana di 4 fascicoli che trattano le basi, nonché le caratteristiche specifiche dell'illuminazione, rispettivamente della quantità d'illuminamento dei locali nel settore dell'industria, degli uffici e della vendita. Dopo una procedura di consultazione e la prova d'impiego nel corso di una manifestazione pilota, tutti i quattro fascicoli sono stati rielaborati con cura. Gli autori erano tuttavia liberi di valutare, tenendone conto secondo il proprio libero apprezzamento, i diversi pareri in merito a singoli problemi. Essi si assumono anche la responsabilità dei testi. Le lacune che venissero alla luce durante l'applicazione pratica potrebbero essere eliminate in occasione di un'eventuale rielaborazione. L'Ufficio federale dei problemi congiunturali o il direttore del corso Ch. Vogt saranno lieti di ricevere suggestioni a tale proposito.

In questa sede desideriamo ringraziare tutte le persone che hanno contribuito alla realizzazione della presente pubblicazione.

Prof. dott. B. Hotz-Hart  
Vicedirettore dell'Ufficio federale  
dei problemi congiunturali



# Indice

<b>1. Introduzione</b>	<b>7</b>
2. Esempi	11
2.1 Risanamento dell'illuminazione di un capannone	11
2.2 Risanamento dell'illuminazione di un magazzino	13
2.3 Utilizzazione dell'energia solare	16
2.4 Incremento della produttività mediante l'illuminazione	17
<b>3. Gestione dell'energia e redditività</b>	<b>21</b>
3.1 Aspetti dell'illuminazione nel quadro del risparmio energetico	21
3.2 Influsso sulle prestazioni lavorative	22
3.3 Analisi globale del progetto	24
3.4 Concetto dell'illuminazione	30
3.5 Tipo d'illuminazione	31
3.6 Compiti visivi specifici	32
3.7 Comando e regolazione	33
3.8 Influsso del colore	34
3.9 Esempio di un impianto	35
<b>4. Illuminazione d'emergenza e di sicurezza</b>	<b>39</b>
<b>5. Luce naturale</b>	<b>43</b>
5.1 Teoria e pratica	43
5.2 Effetti dei lucernari	44
5.3 Isolamento termico	47
<b>6. Manutenzione</b>	<b>51</b>
6.1 Pulitura	51
6.2 Diminuzione del flusso luminoso	52
6.3 Considerazioni concernenti la redditività	52
6.4 Accessibilità e sostituzione delle sorgenti luminose	53
<b>7. Sorgenti luminose</b>	<b>57</b>
7.1 In generale	57
7.2 Risparmi ottenuti con una scelta adeguata delle sorgenti luminose	59
<b>8. Corpi illuminanti</b>	<b>65</b>
8.1 Tipi di corpi illuminanti	65
8.2 Risparmi ottenuti grazie al rendimento elevato dei corpi illuminati	65
8.3 Disposizione dei corpi illuminanti	66
8.4 Climatizzazione	66



<b>9. Apparecchi ausiliari</b>	<b>69</b>
9.1 In generale	69
9.2 Alimentatori per lampade fluorescenti	69
<b>10. Lista di controllo</b>	<b>73</b>
<b>11. Bibliografia</b>	<b>75</b>
<b>12. Indice analitico</b>	<b>77</b>
<b>Pubblicazioni del programma d'impulso RAVEL</b>	<b>81</b>



# 1. Introduzione

## ■ Premesse

Negli ultimi anni i progettisti dedicavano il loro interesse soprattutto all'illuminazione degli uffici, rispettivamente dei posti di lavoro allo schermo. In tale settore sono stati elaborati nuovi sistemi d'illuminazione, in primo luogo grazie allo studio ed all'osservazione dei fabbisogni individuali e, secondariamente, all'ottimizzazione dell'illuminazione stessa. In questo stesso lasso di tempo nel settore industriale l'illuminazione è stata invece trattata come una cenerentola.

In certi settori dell'industria che si occupano della trasformazione, il consumo d'energia per i processi industriali è piuttosto esiguo. Se le spese per il riscaldamento sono inoltre modeste, può talvolta capitare che il dispendio d'energia per l'illuminazione figuri al primo posto del consumo d'energia elettrica. Solo per semplici considerazioni economiche vale quindi spesso la pena di prestare una maggiore attenzione alla progettazione dell'illuminazione e di prendere in considerazione un eventuale risanamento d'impianti che hanno un'età superiore ai dieci anni.

Razionalizzare – un processo vitale e continuo per l'economia – significa oggi anche utilizzare un numero sempre maggiore di schermi e di altri mezzi di visualizzazione elettronica. Se si considera il fatto che dall'80 al 90% dell'informazione nel settore industriale è di natura visiva (visualizzazioni concernenti gli stati d'esercizio, decorsi di produzione visualizzati, ecc.), è comprensibile che un numero viepiù crescente di misure di razionalizzazione si basano su questo presupposto. Anche sul posto di lavoro convenzionale nel settore dell'industria, la percezione visiva, e quindi anche l'illuminazione, acquisiscono un'importanza sempre maggiore per la produttività di una ditta. È quindi incomprensibile il fatto che, come in passato, nella maggior parte degli edifici industriali non venga ancora attribuita un'importanza maggiore all'illuminazione.

Le conseguenze di condizioni d'illuminazione insufficienti sono costituite da un consumo d'energia inutile, da un aumento dei rischi d'infortunio e da un malcontento crescente delle maestranze.

Non esistono tuttavia soluzioni di portata generale per i problemi d'illuminazione rispettivi. Il caso singolo deve essere analizzato sulla base dell'impiego visivo previsto, di criteri architettonici, della situazione esistente e di analisi esaurienti concernenti la redditività, allo scopo di poter così trovare, di volta in volta, la soluzione più favorevole.

## ■ A chi è destinato il presente manuale?

Il presente manuale è concepito per gli esperti. Sulla base di esempi devono essere indicate le possibilità di strutturare l'illuminazione degli edifici industriali in modo moderno, per poter ottenere l'illuminazione ottimale ed adeguata all'oggetto con il minimo consumo possibile d'energia.

Esso deve permettere al lettore di giudicare oggettivamente gli impianti d'illuminazione industriali per quanto concerne lo stato della tecnica, il consumo d'energia e l'ergonomia visiva. Il lettore sarà quindi in grado di elaborare proposte di miglioramento degli impianti, di realizzarle in pratica, rispettivamente di fare i passi adeguati necessari.



## ■ Struttura del manuale

Il presente manuale è strutturato in tre parti principali.

Nella prima parte **«Esempi»** vengono elencati diversi esempi – per la maggior parte già realizzati – e le loro caratteristiche specifiche.

Nella seconda parte verrà illustrato il **«retroscena teorico»** delle caratteristiche più diverse dell'illuminazione industriale. Verranno inoltre trattati brevemente temi complementari, quali l'illuminazione di sicurezza e la manutenzione.

Nell'ultima parte sono contenuti gli **«elementi ausiliari del lavoro»** che devono costituire un ausilio efficace della progettazione e della valutazione. Nella parte conclusiva è aggiunta una **bibliografia** (i riferimenti corrispondenti sono di volta in volta inseriti tra parentesi quadre, ad esempio [4]), nonché un **indice analitico** per la consultazione rapida.

Si è tentato volutamente di strutturare il manuale in modo da facilitare lo studio al lettore autodidatta. È questo il motivo per cui al margine laterale delle pagine si trovano eventuali riferimenti, nonché didascalie di figure e di tabelle. Le particolarità e le parti importanti del testo vengono evidenziate da un riquadro.

**Le auguriamo ore di studio divertenti e proficue durante la lettura del presente manuale.**



## 2. Esempi

<b>2.1 Risanamento dell'illuminazione di un capannone</b>	<b>11</b>
■ <b>Commento</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Risanamento dell'illuminazione di un magazzino</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Utilizzazione dell'energia solare</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Incremento della produttività mediante l'illuminazione</b>	<b>17</b>





## 2. Esempi

### 2.1 Risanamento dell'illuminazione di un capannone

L'esempio seguente, concernente il risanamento dell'illuminazione di un capannone industriale, deve dimostrare tra l'altro che per la valutazione di un impianto d'illuminazione non è importante soltanto il consumo d'energia elettrica.

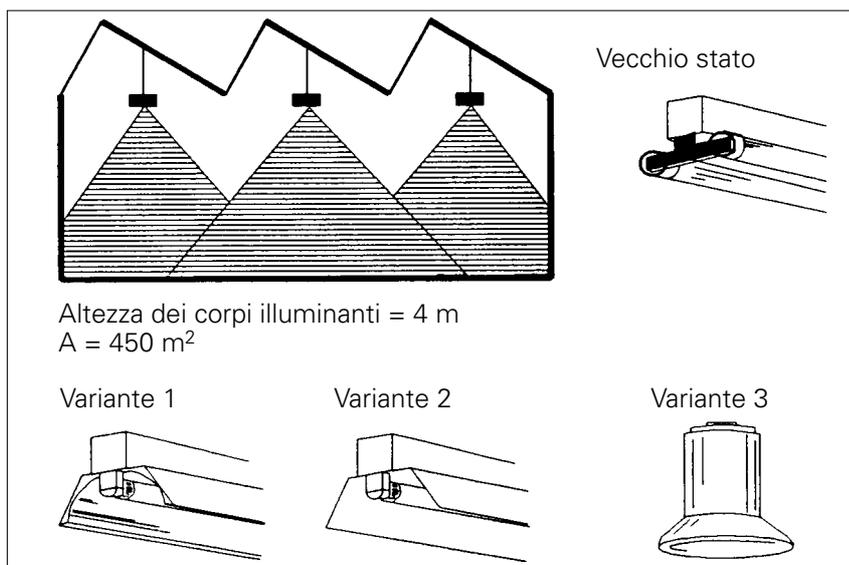


Figura 2.1:  
risanamento dell'illuminazione  
di un capannone industriale

	Vecchio stato	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Tipo di corpi illuminanti	Corpo illuminante a sbarra con 2 tubi senza riflettore	Corpo illuminante a sbarra da 1 tubo con riflettore a specchio	Corpo illuminante a sbarra da 1 tubo con riflettore bianco	Corpo illuminante puntiforme Lampada a scarica elettr. ad alta press.
Rendimento dei corpi illuminanti	97%	85%	77%	82%
Tipo di sorgenti luminose	Standard T 65 W	Tre bande T 58 W	Tre bande T 58 W	De Luxe HSE 250 W
Indice di resa del colore Ra	60-69	80-89	80-89	60
Flusso luminoso	4600 lm	5200 lm	5200 lm	22 000 lm
Alimentatore	Alim. conv. (KVG) P <sub>v</sub> = 10 W	Alim. a bassa perdita (VVG) P <sub>v</sub> = 6 W	Alim. a bassa perdita (VVG) P <sub>v</sub> = 6 W	Apparecchio ausil. P <sub>v</sub> = 25 W
E <sub>orizzontale</sub>	300 lx	320 lx	300 lx	380 lx
E <sub>verticale</sub>	230 lx	100 lx	130 lx	65 lx
Potenza specifica installata	4,3 W/m <sup>2</sup> /100 lx	1,9 W/m <sup>2</sup> /100 lx	2,3 W/m <sup>2</sup> /100 lx	1,8 W/m <sup>2</sup> /100 lx
Potenza totale	5,8 kW	2,9 kW	3,1 kW	3,3 kW

Tabella 1



## ■ Commento

Considerata sotto l'aspetto energetico la terza variante sembra essere la migliore, poiché essa presenta la potenza specifica installata minore. La densità luminosa verticale è tuttavia debole (ca 65 lux). Di regola la densità luminosa verticale dovrebbe variare dal 30% al 70% della densità luminosa nominale. Questa variante presenta inoltre un indice di resa del colore peggiore di tutti gli altri. A ciò si aggiunge il fatto che nel caso di grandi distanze tra i corpi illuminanti si manifestano contrasti molto accentuati (nel caso di un colore giallo della luce) con sorgenti luminose puntiformi. Di conseguenza la variante 3 è meno adeguata nel caso in cui il capannone venga utilizzato quale locale di lavoro.

Considerata sotto l'aspetto energetico la variante 2 è un po' peggiore della variante 1, tuttavia la densità luminosa verticale è del 30% più elevata, ciò che crea un'atmosfera di lavoro più gradevole (e presenta un vantaggio nel caso di mobili alti, come ad es. nel caso di quadri elettrici ad armadio) ed incrementa quindi in modo sicuro anche il benessere dei lavoratori.



Figura 2.2:  
esempio variante 2

Cfr. 3.3: Analisi globale del progetto

In questo caso occorre quindi dare la preferenza alla variante 2, ciò che corrisponde anche al risultato ottenuto con l'analisi globale del progetto.



## 2.2 Risanamento dell'illuminazione di un magazzino

Con l'esempio seguente s'intende indicare, sulla base tra l'altro di uno studio effettuato nei magazzini dell'UCFSM di Berna, quali misure possano permettere d'istallare un impianto d'illuminazione moderno per questo tipo di locali e quale potrebbe essere l'entità dei risparmi energetici ottenuti in questo modo [8].



Figura 2.3:  
vecchio impianto  
(fonte: [8])



Figura 2.4:  
nuovo impianto  
(fonte: [8])

I magazzini esistenti sono prevalentemente situati all'interno e ricevono soltanto una percentuale di luce diurna insignificante.



L'impianto d'illuminazione è suddiviso in zone che possono essere inserite e disinserite separatamente. Poiché non tutte le zone vengono inserite contemporaneamente, per il calcolo è necessario un fattore di correzione, qui di seguito chiamato fattore d'esercizio globale fb. Nel presente caso esso è stato misurato ed interpolato [8]. Sulla base delle ore di funzionamento, del fattore d'esercizio globale e del numero di giorni è stato possibile determinare la seguente durata annua d'inserimento dell'illuminazione:

ore di funzionamento	13 h/giorno	250 giorni/anno
fattore d'esercizio globale	fb = 0,95	
durata d'inserimento	$13 \times 250 \times 0,95 =$	3088 h/anno

Con una nuova ripartizione dei settori d'illuminazione è stato possibile in una prima fase diminuire la durata d'inserimento totale e riuscire già ad ottenere, di conseguenza, un risparmio d'energia.

Durata d'inserimento con la nuova ripartizione dei settori d'illuminazione: 2470 h/anno

Sono state in seguito esaminate diverse possibilità di risanamento sotto l'aspetto della loro idoneità per il tipo di locale esistente:

- regolazione dipendente dalla luce naturale
- inserimento o regolazione a dipendenza dalla presenza di persone
- utilizzazione di alimentatori a bassa perdita o elettronici
- nuova disposizione dei corpi illuminanti
- altre sorgenti luminose.

Nel presente caso non è razionale un comando dipendente dalla luce naturale a causa della percentuale molto debole di quest'ultima. Ciò nonostante i vetri opalescenti utilizzati per le piccole finestre del magazzino sono stati sostituiti da vetri trasparenti, poiché in questo modo è stato possibile aumentare la percentuale di luce naturale. Questa sostituzione ha avuto un effetto positivo sul personale occupato nel magazzino [8].

I corpi illuminanti esistenti erano desueti e sono stati sostituiti mediante un tipo di corpi illuminanti con un limite d'abbagliamento più elevato. Sono inoltre stati proposti apparecchi di alimentazione elettronici (EVG).

Un sistema di comando pilotato da rivelatori di movimento non è stato considerato come razionale a causa degli spostamenti troppo frequenti del personale. Come già rammentato l'illuminazione è stata suddivisa in nuovi settori. I settori nei quali si trovano i magazzini sono stati equipaggiati con tre file di corpi illuminanti, mentre i settori senza scaffalature sono stati muniti di due file di corpi illuminanti.

Le vecchie lampade fluorescenti ( $\varnothing$  38 mm, 40 W, 2500 lm) sono stati sostituiti da lampade a tre bande ( $\varnothing$  26 mm, 58 W, 5400 lm). Già in questo modo è stato possibile ridurre la potenza installata di circa un terzo, poiché questo tipo di lampade presenta un'efficienza luminosa più elevata di circa il 30%.

*KVG = alimentatore convenzionale*

È stato quindi possibile ridurre il numero dei corpi illuminanti da 2300 corpi di 54 W (tubo di 40 W + 14 W di dissipazione KVG) a 1600 corpi illuminanti di 58 W (tubo di 52 W + 6 W di dissipazione EVG).



Per i locali adibiti a magazzino (dal pianterreno fino al 4° piano) dell'UCFSM si sono in questo modo ottenute le caratteristiche seguenti dell'energia e dei costi:

	<b>Vecchio impianto</b>	<b>Nuovo impianto</b>
Consumo d'energia		
Potenza installata [kW]	124,2	93
Consumo annuo di corrente elet. [kWh]	383405	229710
<b>Costi di produzione</b>		
Costi dei corpi illuminanti [Fr.]	0	235'200
Costi d'installazione [Fr.]	0	94'400
<b>Totale</b>	<b>0</b>	<b>329'600</b>
<b>Costi annui d'esercizio</b>		
Costi di manutenzione [Fr.]	6'900	6'080
Costi di sostituzione delle lampade [Fr.]	17'183	4'874
Costi medi dell'energia [Fr.]	51'729	31'735
<b>Totale</b>	<b>75'812</b>	<b>42'689</b>
<b>Costi annui dell'illuminazione</b>		
Costi d'esercizio [Fr.]	75'812	42'689
Costi del capitale [Fr.]	0	32'685
<b>Totale</b>	<b>75'812</b>	<b>75'374</b>
<b>Valore effettivo dei costi d'illuminazione</b>		
Costi di produzione [Fr.]	0	329'600
Costi d'esercizio [Fr.]	1'137'180	640'335
<b>Totale</b>	<b>1'137'180</b>	<b>969'935</b>
<b>Durata dell'ammortamento (anni)</b>		<b>10</b>

Tabella 2 [8]:

*il valore effettivo corrisponde al capitale proprio che si dovrebbe possedere per poter acquistare l'impianto senza capitale di terzi e poterlo utilizzare per 15 anni*

I calcoli si basano sui dati seguenti:

Prezzo base della corrente elettrica	Fr./kW/anno	36.00
Prezzo del lavoro - tariffa alta	Fr./kWh	0.11
Prezzo del lavoro - tariffa bassa	Fr./kWh	0.06
Durata d'utilizzazione degli impianti	anni	15
Capitale proprio	%	100
Servizio finanziario	%	6.5
Aumento del prezzo della corrente elettrica	%	1.5
Coefficiente del valore medio		1.109

In questo modo è risultato che utilizzando nuove lampade, alimentatori elettronici, nuovi corpi illuminanti, nonché una nuova ripartizione dei settori d'illuminazione, in questo caso si sono potuti risparmiare oltre 166000 kWh, con una durata dell'ammortamento di circa 10 anni. Ciò è avvenuto migliorando contemporaneamente il comfort visivo con l'assenza di sfarfallio, una miglior resa del colore ed una limitazione dell'abbagliamento.



## 2.3 Utilizzazione dell'energia solare

La luce può essere costituita da luce naturale e, di conseguenza, anche da irradiazione solare, rispettivamente da calore. L'esempio seguente dimostra in qual modo è possibile risparmiare energia termica mediante l'utilizzazione passiva dell'energia solare [13].

### Situazione:

il magazzino per l'acciaio di una ditta di Winterthur consiste di un capannone industriale non riscaldato (130 x 25 x 10 m). Il tetto è del tipo a due falde ed è costituito da eternit ondulato. La metà della superficie del pavimento è costituita da una soletta di calcestruzzo sotto la quale si trova il magazzino con i componenti utilizzati più raramente. A causa della stratificazione termica naturale dell'aria, in questa cantina la temperatura è minore di quella esistente nel capannone sovrastante. Ciò crea due problemi ulteriori:

- sulla superficie degli elementi freddi d'acciaio si formava acqua di condensazione e, di conseguenza, ruggine.
- Poiché il capannone era più caldo della cantina, gli operai erano di regola vestiti troppo leggermente per interventi sporadici nel magazzino inferiore. È questo il motivo per cui spesso prendevano freddo.

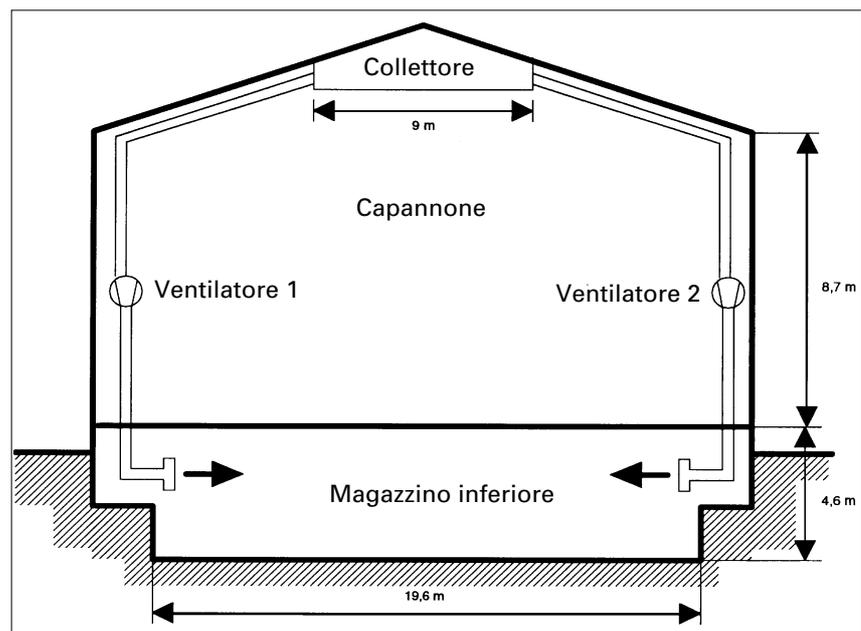


Figura 2.5:  
utilizzazione dell'energia solare  
in un capannone

### Soluzione:

l'aria riscaldata dall'irradiazione solare sotto il tetto viene aspirata in una specie di collettore mediante l'istallazione di una circolazione d'aria ed in seguito soffiata nel magazzino inferiore. In questo modo è possibile aumentare il livello della temperatura nella cantina in modo tale che durante la stagione calda non si manifesti più condensazione, rispettivamente corrosione.

Per ulteriori informazioni cfr. [13]

### Risultato:

in confronto ad un riscaldamento a gasolio (che sarebbe stato necessario costruire), l'impianto realizzato è più redditizio e nello stesso tempo più ecologico. Il prezzo del kWh è di 2 centesimi inferiore a quello di un riscaldamento a gasolio corrispondente. In questo modo verranno inoltre consumati annualmente 6000 litri di gasolio in meno.



## 2.4 Incremento della produttività mediante l'illuminazione

Una prova di funzionamento effettuata sull'arco di parecchi mesi con un impianto d'illuminazione rinnovato ha dato come risultato un aumento notevole della produttività nel reparto di pianura di una fabbrica di filo per cucire.

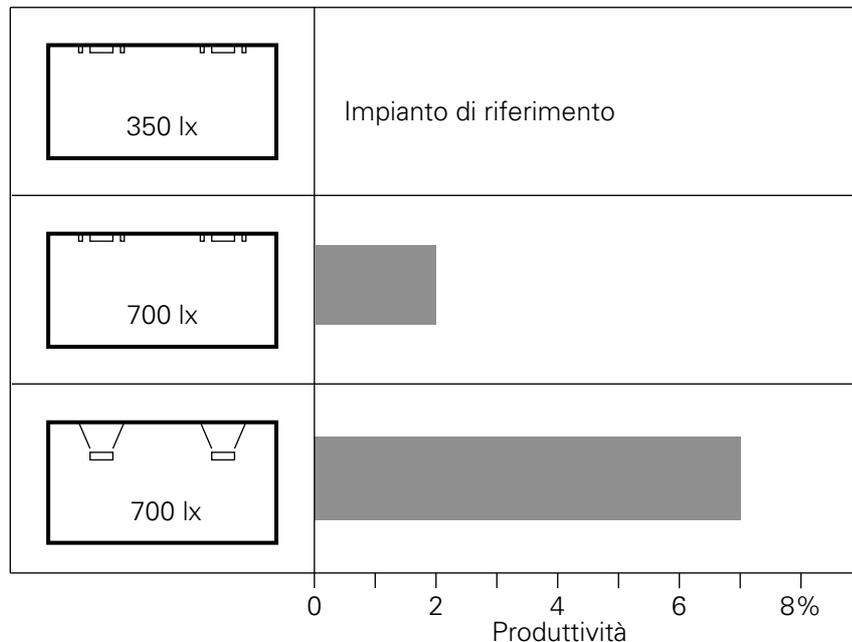


Figura 2.6: aumento della produttività grazie ad un'illuminazione migliore

L'illuminazione originale consisteva di lampade fluorescenti senza paralume e senza griglia che generavano una densità luminosa media di circa 350 lux. In una prima variante la densità luminosa è stata raddoppiata utilizzando lo stesso tipo di corpi illuminanti. In una seconda variante l'aumento della densità luminosa è stato realizzato mediante un'illuminazione indiretta, ciò che aveva quale conseguenza un aumento della qualità dell'illuminazione (abbagliamento minore, contrasti di luminanza moderati, ripartizione armoniosa della luminanza).

La produttività è stata valutata sulla base della quantità di filo prodotto quotidianamente dalle squadre di operai. La figura 2.6 ne illustra il risultato.

Aumentando soltanto la densità luminosa rispetto all'impianto di riferimento, la produttività aumentava soltanto del 2%. Ciò significa che la probabilità che si trattasse di un aumento casuale era maggiore del 10%. Nel caso della variante 2, al contrario, la produttività aumentava in modo significativo, cioè del 7%.



Figura 2.7:  
impianto d'illuminazione  
variante 2

Spesso è sufficiente un aumento della produttività inferiore all'1% per compensare i costi annuali dovuti al miglioramento dell'impianto d'illuminazione. Di conseguenza i miglioramenti della qualità dell'illuminazione sono in pratica sempre redditizi, anche se ciò comporta una spesa supplementare.



## 3. Gestione dell'energia e redditività

<b>3.1</b>	<b>Aspetti dell'illuminazione nel quadro del risparmio energetico</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Influsso sulle prestazioni lavorative</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Analisi globale del progetto</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Concetto d'illuminazione</b>	<b>30</b>
■	<b>Rendimento delle superfici illuminate</b>	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Tipo d'illuminazione</b>	<b>31</b>
■	<b>Illuminazione generale</b>	<b>31</b>
■	<b>Illuminazione generale orientata verso il posto di lavoro</b>	<b>31</b>
■	<b>Illuminazione del posto di lavoro</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Compiti visivi specifici</b>	<b>32</b>
<b>3.7</b>	<b>Comando e regolazione</b>	<b>33</b>
■	<b>Rivelatori di presenza</b>	<b>33</b>
■	<b>Comando dipendente dalla luce naturale</b>	<b>33</b>
<b>3.8</b>	<b>Influsso del colore</b>	<b>34</b>
<b>3.9</b>	<b>Esempio di un impianto</b>	<b>35</b>
■	<b>Un laminatoio a freddo</b>	<b>35</b>
■	<b>Dati</b>	<b>35</b>
■	<b>Valutazione</b>	<b>37</b>





## 3. Gestione dell'energia e redditività

### 3.1 Aspetti dell'illuminazione nel quadro del risparmio energetico

Se si vuole ridurre il fabbisogno d'energia per l'illuminazione occorre tener conto delle due condizioni seguenti:

- ottimizzazione non significa ottenere un massimo di densità luminosa con un minimo di consumo d'energia. L'obiettivo da raggiungere deve essere piuttosto un massimo di produttività, nonché la sicurezza ed il benessere degli utenti con il minimo dispendio energetico possibile.
- La valutazione d'impianti d'illuminazione esistenti non deve limitarsi solo al puro e semplice apprezzamento della densità luminosa poiché le misure di risparmio energetico possono avere un influsso molto negativo sulla qualità dell'illuminazione anche se la densità luminosa rimane la stessa. Questo fatto compromette ulteriormente il benessere e l'efficienza e può causare disagio, disturbi fisici, nonché un calo della produttività.

Le misure di risparmio nel settore dell'illuminazione devono quindi essere ponderate accuratamente, tenendo conto delle interazioni con i criteri di qualità visiva.



### 3.2 Influsso sulle prescrizioni lavorative

Già agli inizi degli anni '50 e '60 erano stati eseguiti studi di vasta portata [15, 18] concernenti il rapporto tra la luce e la produttività. Si era costatato che attraverso l'occhio la luce non esercita un influsso solo sulla vista, bensì anche sull'attivazione, sulla motivazione, nonché sulla concentrazione e, di conseguenza, sull'efficienza generale.

Il processo visivo stesso viene comandato da parecchi muscoli dell'occhio. Nel caso di una sollecitazione eccessiva tali muscoli si affaticano come ogni altro muscolo del corpo. Una sollecitazione eccessiva dei muscoli degli occhi non rimane tuttavia circoscritta agli stessi, ma si estende anche ai muscoli vicini. È questo il motivo per cui l'affaticamento degli occhi non viene percepito solo negli occhi stessi, bensì sotto forma di un senso di fatica generale del corpo. Se non si tiene in sufficiente considerazione tale affaticamento degli occhi, ossia non ci si preoccupa del rilassamento necessario, si manifestano mali di testa, nervosismo ed altri disturbi. Di conseguenza l'affaticamento degli occhi ed i suoi effetti collaterali rendono il lavoratore sempre più lento. La sua efficienza diminuisce in quantità ed in qualità, mentre aumentano le assenze dal posto di lavoro e gli infortuni.

Le cause principali dei disturbi visivi sono costituite da una lucentezza fastidiosa del materiale impiegato durante il lavoro oppure nelle vicinanze dello stesso, da una densità luminosa troppo esigua, da contrasti di luminanza eccessivi e da una ripartizione artificiosa ed innaturale nel campo visivo.

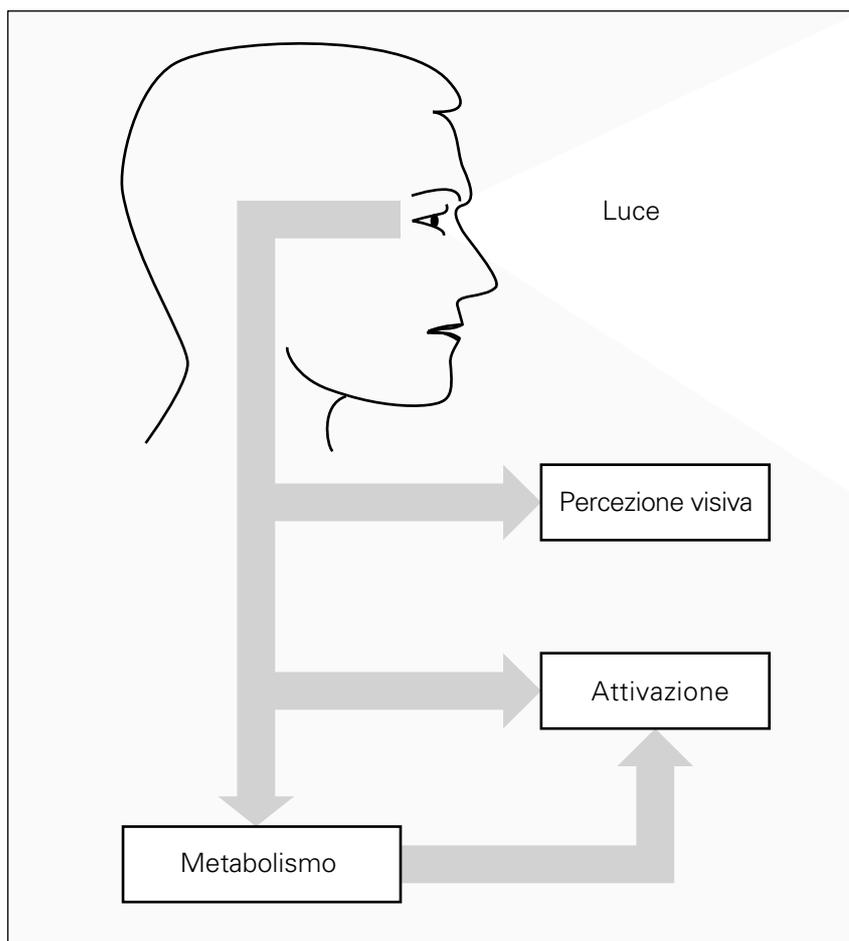


Figura 3.1:  
la luce non permette solo la percezione visiva, ma aumenta anche le prestazioni lavorative

Una buona illuminazione aumenta tuttavia le prestazioni anche nel caso di un lavoro poco dipendente o affatto dipendente dalle facoltà visive.

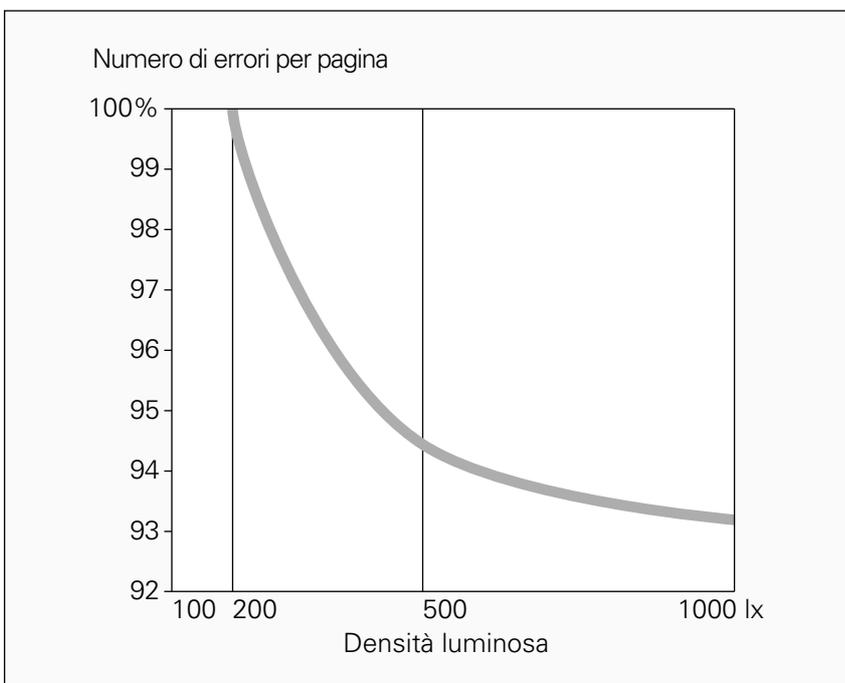


È stato così possibile dimostrare ad esempio [18] che nel caso di un lavoro alla macchina per scrivere gli errori di battuta diminuiscono con l'aumento del livello di densità luminosa (cfr. figura 3.2), anche se il testo non deve essere copiato da un documento, bensì ascoltato su un dittafono e tale testo, di conseguenza, viene scritto più o meno alla cieca. Su 100 pagine (con 2500 battute per pagina) è stato così possibile registrare in media 72 errori in meno con una densità luminosa di 650 lux che non con una densità di 200 lux. Densità luminose più elevate hanno inoltre permesso di rilevare una rapidità di battuta più uniforme.

Questa asserzione è tuttavia direttamente in contrasto con l'opinione secondo cui è possibile conseguire risparmi energetici utilizzando densità luminose esigue, almeno nel caso in cui non è richiesto un grande impegno da parte delle capacità visive, come ad esempio durante la lettura.

Il fatto che delle densità luminose più elevate possano causare un maggior rendimento lavorativo non deve stupire se si pensa che da millenni l'organismo umano si è abituato al livello di densità luminosa che esiste all'aperto (da 10000 a 100000 lux).

*Cfr. anche:  
2.4 Incremento della produttività  
mediante l'illuminazione*



*Figura 3.2:  
con l'aumento della densità luminosa  
diminuisce il numero di errori di battuta*

Un aumento della densità luminosa può tuttavia anche essere causa di risultati negativi dovuti ad influssi perturbatori come ad esempio l'abbagliamento.

Nel caso di un'eventuale modificazione oppure di una nuova progettazione occorre sempre tener conto della ripartizione delle luminanze in tutto il campo visivo.

Una ricerca datata già di parecchi anni [24] ha dimostrato che un aumento del rendimento dell'ordine dell'1% è in generale sufficiente per compensare i costi annui supplementari dovuti al miglioramento di un impianto d'illuminazione. In questo contesto sarebbe interessante sapere se oggi gli stessi valori della ricerca summenzionata potrebbero ancora servire quale base. È infatti probabile che oggi questi rapporti siano ancora più favorevoli, a causa dei progressi tecnologici odierni sul piano energetico e se si tiene conto delle ripercussioni sulla frequenza degli infortuni.



### 3.3 Analisi globale del progetto

Per la progettazione e l'esercizio dell'impianto d'illuminazione dovranno senza dubbio essere fatti investimenti più elevati qualora si voglia tener conto delle conoscenze menzionate in precedenza. Ciò verrà tuttavia fatto soltanto se l'operazione in se stessa si rivelerà redditizia.

Come abbiamo già più volte spiegato, l'influsso della luce sull'essere umano e le relazioni esistenti tra luce, percezione visiva e comportamento sono di natura complessa. È quindi del tutto insufficiente paragonare e valutare diverse varianti d'illuminazione solo sulla base della densità luminosa ottenibile, della potenza installata e dei costi, come purtroppo oggi si usa fare.

La maggior parte delle esigenze poste ad un'illuminazione soddisfacente nel suo complesso è descrivibile soltanto qualitativamente; non è perciò possibile inserirle nella progettazione sotto forma di cifre. Allo scopo di poter valutare e paragonare l'una con l'altra, nel modo più oggettivo possibile, le diverse varianti, è opportuno eseguire un'analisi globale del progetto.

Tale analisi permette di decidere quale delle diverse varianti d'illuminazione fornisce in fin dei conti le prestazioni migliori.

A questo scopo occorre dapprima definire i criteri determinanti per la valutazione dell'impianto d'illuminazione. È opportuno ordinare tali criteri in modo gerarchico, ossia adottare criteri di base, che vengono in seguito suddivisi in criteri parziali e che permetteranno di valutare, nel modo più oggettivo possibile, le diverse varianti del progetto d'illuminazione.

In tal caso occorrerà considerare i tre presupposti seguenti:

- occorre innanzi tutto tener conto di tutti i criteri essenziali.
- Non devono essere utilizzati criteri concernenti i costi.
- I diversi criteri devono essere indipendenti l'uno dall'altro.

Qui di seguito dovrà essere presentato lo svolgimento di principio di una tale analisi, sulla base della valutazione delle tre varianti secondo l'esempio 2.1.

*Cfr. 2.1  
Risanamento dell'illuminazione  
di un capannone*



L'analisi globale del progetto allestita per le tre varianti testé citate potrebbe essere la seguente:

Criterio di valutazione	Sistema d'illuminazione							
			Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	PON	%	GA	VU	GA	VU	GA	VU
<b>Vista</b>								
Abbagliamento diretto	4	11	4	44	3	33	5	55
Riflessioni, brillantezza	5	14	2	28	3	42	1,5	21
Intensità dell'ombra	3	9	3	27	4	36	4	36
Colore della luce, resa del colore	2	6	3	18	3	18	2	12
<b>Comfort</b>								
Ripartizione delle luminanze nel locale	2	6	3	18	4	24	1	6
Disturbo in caso di guasto di una lampada	3	9	4	32	4	36	2	18
Inserimento e riaccensione	2	6	4	24	4	24	2,5	15
<b>Estetica</b>								
Aspetto dei corpi illuminanti	1	3	3	9	2	6	4	12
<b>Esercizio</b>								
Efficienza luminosa	4	11	4	44	4	44	3,5	38,5
Durata di vita	3	8	4	32	4	32	4	32
Facilità di manutenzione	3	9	2	18	2	18	2,5	22,5
Numero di lampade	3	8	4	32	4	32	5	40
<b>Totale</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	<b>326</b>		<b>345</b>		<b>308</b>	

PON: ponderazione

GA: grado di adempimento

VU: valore d'uso

$$VU = PON [\%] \times GA$$

Tabella 3

Nella prima colonna della tabella precedente, molto semplificata, viene presentata la suddivisione secondo criteri specifici. Essa contiene i criteri di base (in grassetto), con cui è possibile definire l'esigenza «buona illuminazione al posto di lavoro». Questi concetti di base sono ulteriormente suddivisi allo scopo di poterne eseguire una migliore valutazione. Per l'utilizzazione pratica tale suddivisione sarebbe tuttavia ancora troppo approssimativa ed incompleta. Essa è stata volutamente semplificata per motivi didattici.

Poiché i diversi criteri non hanno tutti la stessa importanza per la qualità dell'impianto d'illuminazione, prima della valutazione occorre ponderare le singole caratteristiche.



Nel caso più semplice ciò può aver luogo secondo la scala di valutazione seguente, ad esempio:

<b>Importanza del criterio</b>	<b>Ponderazione</b>
non importante	1
poco importante	2
importante	3
molto importante	4
estremamente importante	5

Tabella 4:  
scala di valutazione

La somma di tutti i fattori di ponderazione deve essere uguale al 100% ed in seguito i singoli fattori di ponderazione devono essere normalizzati in modo adeguato (dal totale dei fattori di ponderazione e sulla base del 100% risulta la colonna della percentuale, ad esempio  $100 : 35 \times 4 = 11$ ).

In seguito si esamina in quale misura le diverse varianti del progetto adempiranno i differenti criteri. Per potere effettuare tale valutazione si definisce dapprima una scala di gradi di adempimento. A questo scopo si è affermata la scala seguente che comprende 6 gradi:

<b>Condizione</b>	<b>Grado di adempimento</b>
non adempiuta	0
adempiuta in modo lacunoso	1
adempiuta in modo insufficiente	2
adempiuta in modo sufficiente	3
ben adempiuta	4
adempiuta perfettamente	5

Tabella 5:  
grado di adempimento

Con l'aiuto di questa scala viene infine allestita una tabella di valutazione per ogni criterio, ciò che permette di determinare, per ogni singola variante, il grado di adempimento concernente i diversi criteri.

L'esposizione seguente indica in modo semplificato ed esemplare una tale tabella di valutazione per l'esempio trattato.



Tabella di valutazione per la determinazione del grado di adempimento

Criterio	Grado di adempimento					
	0	1	2	3	4	5
<b>Vista</b> Abbagliamento diretto	Inaccettabile	Luminanza dei corpi illuminanti al di sopra dei $60^\circ > 5 \text{ cd/cm}^2$	Fastidioso. Luminanza dei corpi illuminanti al di sopra dei $60^\circ > 2 \text{ cd/cm}^2$	Limitazione dell'abbagliamento secondo la classe di qualità 3	Limitazione dell'abbagliamento secondo la classe di qualità 2	Limitazione dell'abbagliamento secondo la classe di qualità 1
Riflessioni, brillantezza	I riflessi e le brillanze sono insopportabili. La percezione visiva è impossibile in qualsiasi direzione	I riflessi e le brillanze sono intensi. Essi possono essere in parte evitati mediante la modificazione dell'angolo della visuale	I riflessi e le brillanze sono intensi, ma limitati localmente. È possibile evitarli mediante la modificazione dell'angolo della visuale	Riflessi e brillanze a strisce che possono essere fastidiosi durante il lavoro	Riflessi e brillanze di vasta superficie con brillantezza propria minima, ma che disturbano debolmente la percezione visiva	Nessun ostacolo causato da riflessi e brillanze
Ombra	Ombre innaturali e molto marcate. Nelle zone d'ombra i dettagli non sono riconoscibili	Ombre molto marcate. Nelle zone d'ombra i dettagli sono difficilmente riconoscibili. Le forme sono fortemente contraddistinte	Ombre abbastanza marcate. Nelle zone d'ombra i piccoli dettagli sono difficilmente riconoscibili			Rapporto equilibrato tra luce diretta e luce diffusa. Le strutture e le forme sembrano naturali
Colore della luce, resa del colore	Non sono adatte le caratteristiche del colore della luce e della resa del colore	Il colore della luce non è adatto, l'indice di resa del colore $< 40$	Il colore della luce è adatto solo in modo limitato, l'indice di resa del colore $< 70$	Il colore della luce è in generale adeguato, l'indice di resa del colore $< 90$		Colore della luce adeguato, variabile, indice di resa del colore $\geq 90$
<b>Comfort</b> Ripartizione delle luminanze nel locale	Contrasti inaccettabili di luminanza nel campo visivo $E_z/E_h < 0,15$	Grandi contrasti di luminanza nel campo visivo $E_z/E_h < 0,2$	Grandi contrasti di luminanza nel campo visivo $E_z/E_h < 0,25$	Contrasti di luminanza accentuati, soprattutto in visione orizzontale $E_z/E_h < 0,35$		Contrasti di luminanza equilibrati. Effetto naturale sullo spazio $E_z/E_h > 0,45$
Disturbo in caso di guasto di una lampada	Inaccettabile	Molto forte	Forte	Esiguo	Molto esiguo	Nessuno
Inserimento e riaccensione		Tempo d'inserimento molto elevato. È necessario un tempo di raffreddamento molto lungo		Tempo d'inserimento medio. È necessario un tempo di raffreddamento medio		Tempo periodo di raffreddamento. Riaccensione immediata
<b>Estetica</b> Aspetto (perturbante) dei corpi illuminanti	I lampadari dominano lo spazio		I corpi illuminanti accentuano lo spazio	I corpi illuminanti hanno un influsso sullo spazio		Nessun influsso fastidioso sullo spazio
<b>Esercizio</b> Efficienza luminosa	$< 10 \text{ lm/W}$	$< 20 \text{ lm/W}$	$< 40 \text{ lm/W}$	$< 70 \text{ lm/W}$	$< 90 \text{ lm/W}$	$\geq 90 \text{ lm/W}$
Durata di vita	$< 1000 \text{ h}$	$\geq 1000 \text{ h}$	$\geq 2000 \text{ h}$	$\geq 4000 \text{ h}$	$\geq 8000 \text{ h}$	$\geq 16000 \text{ h}$
Facilità di manutenzione		Accessibilità difficile. È necessaria un'impalcatura oppure una costruzione speciale. Le lampade sono poco maneggevoli	Accessibilità problematica. Sono necessarie scale alte	Scala piccola. La sostituzione delle lampade è possibile solo mediante un utensile adeguato	Sgabello. Non è necessario un utensile	La sostituzione delle lampade è possibile senza scala e senza utensili
Numero di lampade per $10 \text{ m}^2$ di superficie illuminata	$> 16$	$\leq 16$	$\leq 8$	$\leq 4$	$\leq 2$	$< 1$

Tabella 6



Al momento d'iniziare la valutazione vengono dapprima stabiliti i criteri che devono assolutamente essere rispettati e per i quali il grado di adempimento deve essere almeno di 3. In seguito si possono innanzi tutto escludere le varianti d'illuminazione che non rispettano uno di questi criteri, permettendo così di risparmiare un lavoro inutile. Sulla base della tabella dei valori viene poi determinato il grado di adempimento GA di ogni variante.

Nella tabella seguente sono elencate le considerazioni che permettono di fare una valutazione delle singole varianti degli esempi, con riferimento ai diversi criteri di valutazione.

Tabella 7

Criterio di valutazione	Sistema d'illuminazione		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
<b>Vista</b> Abbagliamento diretto	Perpendicolarmente all'asse della lampada fluorescente, il corpo illuminante è ben schermato. GA = 5 Nell'asse longitudinale della lampada fluorescente, la limitazione dell'abbagliamento corrisponde alla classe di qualità 3. Valutazione media: GA = 4	Il corpo illuminante munito di un riflettore bianco corrisponde in ambedue le direzioni approssimativamente alla classe di qualità 3. GA = 3	Poiché il corpo illuminante diffonde la luce in modo piuttosto intenso, la limitazione dell'abbagliamento corrisponde approssimativamente alla classe di qualità 1. GA = 5
Riflessioni, brillantezza	Grazie al riflettore la luminanza nella zona di diffusione della luce è piuttosto elevata. GA = 2	Con un riflettore bianco la luminanza e, di conseguenza, l'intensità dei riflessi sul piano di lavoro sono minori che non con un riflettore. GA = 3	Le lampade ad alta pressione hanno una luminanza molto elevata e, di conseguenza, anche il riflettore. Le riflessioni sono perciò molto intense, ma limitate localmente. GA = 1,5
Ombra	Perpendicolarmente all'asse della lampada fluorescente la luce è fortemente focalizzata, mentre non lo è in direzione longitudinale. Globalmente l'ombra prodotta è moderata. GA = 3	La ripartizione della luce ha luogo su tutti gli assi e le ombre sono relativamente attenuate. GA = 4	Il riflettore garantisce una ripartizione intensa della luce in tutte le direzioni. Ne risultano perciò ombre accentuate. GA = 2
Colore della luce, resa del colore	È possibile un colore della luce adeguato. L'indice di resa del colore è dell'ordine di 85. GA = 3	Come variante 1	Il colore della luce è fortemente giallastro. Indice di resa del colore dell'ordine di 60. GA = 2
<b>Comfort</b> Ripartizione delle luminanze nel locale	Densità luminosa cilindrica (= densità luminosa verticale media) $E_z = 0,31 \cdot E_h$ , GA = 3	Densità luminosa cilindrica (= densità luminosa verticale media) $E_z = 0,43 \cdot E_h$ , GA = 4	Densità luminosa cilindrica (= densità luminosa verticale media) $E_z = 0,17 \cdot E_h$ , GA = 1
Disturbo in caso di guasto di una lampada	A causa del grande numero di lampade, il mancato funzionamento di una delle stesse non sarà neppure percettibile. GA = 4	Come variante 1	A causa dell'elevata concentrazione del flusso luminoso per ogni lampada, la distanza tra i corpi illuminanti è piuttosto elevata. È questo il motivo per cui il mancato funzionamento di una lampada è chiaramente visibile. GA = 2
Inserimento e riaccensione	Le lampade fluorescenti si accendono entro pochi secondi. Il flusso luminoso iniziale è simile al valore finale. GA = 4	Come variante 1	La lampada si accende entro pochi secondi ed il flusso luminoso iniziale è minore di 1%. Il tempo di accensione è di circa 5 minuti. Dopo il suo disinserimento la lampada può essere riaccesa solo dopo circa 1 minuto. GA = 2,5
<b>Estetica</b> Aspetto dei corpi illuminanti	A causa dell'intensa ripartizione della luce lungo l'asse longitudinale, i corpi illuminanti non esercitano un influsso troppo grande sullo spazio anche quando sono accesi. GA = 3	I corpi illuminanti sono ben visibili da ogni direzione ed accentuano l'effetto spaziale. GA = 2 (a seconda della struttura architettonica ciò può anche essere desiderabile. In tal caso il GA sarebbe più elevato)	I corpi illuminanti sono relativamente compatti e ben schermati da ogni lato. Essi esercitano quindi un influsso minimo sull'effetto spaziale. GA = 4
<b>Esercizio</b> Efficienza luminosa (compreso alimentatore)	Circa 84 lm/W GA = 4	Come variante 1	Circa 80 lm/W GA = 3,5
Durata di vita	Per 3 h d'illuminazione per ogni inserimento circa 12000 h. GA = 4	Come variante 1	Come variante 1
Facilità di manutenzione	Quando manca un binario per lo scorrimento dei corpi illuminanti, l'accessibilità diventa problematica. GA = 2	Come variante 1	Come variante 1, ma la sostituzione delle lampade è tuttavia più semplice a causa della compattezza del corpo illuminante e grazie allo zoccolo a vite. GA = 2,5
Numero di lampade per 10 m <sup>2</sup> di superficie illuminata	1,45 GA = 2	Come variante 1	0,05 GA = 1



Per ogni criterio d'apprezzamento il valore d'uso è costituito dal prodotto della ponderazione e del grado di adempimento. Nell'esempio i diversi valori d'uso calcolati figurano nelle colonne VU. Si tratta di cifre astratte. Il valore d'uso globale di una variante è costituito dalla somma di tutti i valori parziali. Tale somma non ha alcun significato diretto, ma diventa importante al momento del confronto con altre varianti dello stesso oggetto.

Nell'esempio trattato risulta che la variante 2 è la più favorevole, benché sia situata solo a 3° posto per quanto concerne la potenza allacciata specifica.

Spesso non è possibile allestire criteri di apprezzamento chiari ed oggettivi, ma solo tabelle di valori (come anche nell'esempio presente). In questo modo la valutazione è spesso una questione di apprezzamento. Ciò richiede tuttavia conoscenze tecniche specifiche e conoscenza delle correlazioni. È questo il motivo per cui in tali casi è meglio che l'analisi globale venga elaborata in un gruppo di lavoro composto da tutte le persone interessate al progetto; solo in questo modo è possibile essere sufficientemente oggettivi. Contemporaneamente è anche raccomandabile d'intraprendere la ponderazione dei criteri e l'allestimento di tabelle di valori senza conoscere le eventuali offerte, allo scopo di ottenere la classifica più neutrale possibile.

Nel caso in cui al momento della ponderazione e della valutazione insorgano divergenze d'opinione che non possono essere appianate nel corso delle discussioni, sarà necessario procedere ad un'analisi della sensitività. In questo caso occorrerà variare le ponderazioni e le valutazioni in discussione in modo da potere esaminare il loro influsso sul valore d'uso totale.

L'analisi globale può parimenti essere effettuata per altri settori [25].



### 3.4 Concetto dell'illuminazione

La scelta del tipo d'illuminazione esercita un influsso considerevole sul consumo d'energia, soprattutto negli edifici industriali. Contemporaneamente è anche grande il rischio di portare un pregiudizio alla qualità dell'illuminazione.

Il rendimento dell'illuminazione è costituito dal prodotto del rendimento dei corpi illuminanti e del rendimento delle superfici illuminate.

Esistono due possibilità per realizzare risparmi energetici:

- mediante il miglioramento del rendimento dell'illuminazione
- mediante l'adattamento dell'illuminazione all'impiego previsto ed ai fabbisogni dell'essere umano.

#### ■ Rendimento delle superfici illuminate

Il rendimento delle superfici illuminate indica quale percentuale del flusso luminoso proveniente dai corpi illuminanti raggiunge il piano utile (che di regola è il piano di lavoro orizzontale situato a 85 cm di altezza dal suolo). In tal caso la grandezza di riferimento è costituita dalla densità luminosa media su questo piano.

Il rendimento delle superfici illuminate è indirettamente proporzionale al flusso luminoso necessario e, di conseguenza, al consumo d'energia.

Il rendimento delle superfici illuminate è tanto più elevato e, di conseguenza, il consumo d'energia tanto minore, nel caso di:

- un locale di superficie maggiore
- un locale più basso
- gradi di riflessione più elevati delle superfici dei locali
- se la ripartizione della luce dei corpi illuminanti presenta una diffusione ancora più diretta.

Poiché nella maggior parte dei casi la grandezza del locale è già stabilita, le misure di risparmio si limitano alla scelta dei corpi illuminanti ed alla finitura delle superfici del locale. La prima applicazione coerente è costituita da corpi illuminanti fortemente irradianti verso il basso. È bensì vero che in questo modo diminuisce la potenza installata per la densità luminosa desiderata, ma il soffitto e le pareti rimangono scuri a causa del fatto che l'illuminazione verticale è troppo bassa, ciò che va chiaramente a scapito della qualità dell'illuminazione. Nella maggior parte dei casi questo metodo non è perciò adeguato.

Il sistema più efficace per aumentare il rendimento delle superfici illuminate, diminuendo contemporaneamente il consumo d'energia, consiste quindi nell'utilizzare per le superfici del locale i colori più chiari possibili e ad alta dispersione della luce.

Un'ulteriore possibilità è rappresentata dall'adattamento ottimale dell'illuminazione all'impiego previsto ed al fabbisogno. A seconda del tipo d'illuminazione è quindi possibile ottenere una migliore qualità della stessa, nonostante un consumo d'energia parsimonioso. Per quanto concerne un risanamento dell'impianto si può rammentare quanto segue:

gli impianti d'illuminazione costruiti secondo le norme e razionali possono oggi essere realizzati di regola con due terzi della potenza installata che era necessaria da 10 a 15 anni fa.

Oltre ai fattori costituiti da un aumento della potenza e dalla sicurezza sul posto di lavoro, ciò costituisce già di per sé un motivo per verificare se sia o meno il caso di procedere al risanamento degli impianti esistenti.

*Cfr. anche 2.1:  
Risanamento dell'illuminazione  
di un capannone*



### 3.5 Tipo d'illuminazione

Per principio si fa una distinzione tra i tre tipi d'illuminazione seguenti:

- illuminazione generale
- illuminazione generale orientata verso i posti di lavoro
- illuminazione del posto di lavoro.

#### ■ Illuminazione generale

Per tutti i locali nei quali si lavora occorre generalmente prevedere un'illuminazione generale, ossia un'illuminazione uniforme del locale, indipendente dal suo arredamento e dall'ubicazione dei posti di lavoro.

L'illuminazione generale di per se stessa permette di ottenere la stessa qualità d'illuminazione in ogni punto del locale di lavoro, nonché la possibilità di utilizzare liberamente lo spazio per i processi di lavoro dati e può inoltre creare condizioni favorevoli per l'istallazione e la manutenzione. Essa viene dimensionata per un livello d'illuminazione uniforme in tutto il locale. In questo locale la densità luminosa minima deve perciò corrispondere alle esigenze massime.

La redditività di regola non è ottimale, poiché nello stesso locale non esistono dappertutto le stesse esigenze per quanto concerne l'illuminazione.

#### ■ Illuminazione generale orientata verso il posto di lavoro

Anche nel caso dell'illuminazione orientata sul posto di lavoro viene illuminato tutto il locale. La disposizione dei corpi illuminanti dipende tuttavia dall'ubicazione dei posti di lavoro, cosicché il peso maggiore viene conferito all'illuminazione nella zona in cui si lavora.

Nel caso di un'illuminazione generale orientata sul posto di lavoro la potenza installata può essere diminuita, permettendo di conseguenza un risparmio d'energia, poiché nelle zone di transito è normalmente sufficiente un livello d'illuminazione minore. Lo svantaggio dell'illuminazione orientata sul posto di lavoro è costituito da una diminuzione della flessibilità nel caso di una modificazione dell'utilizzazione della superficie. Tale svantaggio può essere attenuato utilizzando un tipo di corpi illuminanti mobili, come ad esempio sistemi di corpi illuminanti installati su un binario oppure corpi illuminanti appesi con cavo di alimentazione flessibile.

*Cfr. anche 8.1:  
Tipi di corpi illuminanti*

#### ■ Illuminazione del posto di lavoro

L'illuminazione specifica dei singoli posti di lavoro, a complemento dell'illuminazione generale, è opportuna quando l'impiego previsto richiede una guida particolare della luce oppure quando persone di età avanzata o con una facoltà visiva diminuita necessitano di densità luminose più elevate.



### 3.6 Compiti visivi specifici

Come già rammentato, per numerose attività del settore industriale l'illuminazione generale non è sufficiente per le esigenze visive e neppure, un'eventuale illuminazione generale orientata sul posto di lavoro. In tali casi devono essere installati corpi illuminanti speciali sul posto di lavoro, che presentano caratteristiche specifiche per quanto concerne il colore della luce, la resa del colore e la direzione della luce.

La bibliografia [2], [5], [19], [20], [23] offre a questo proposito una molteplicità di soluzioni per i più diversi posti di lavoro.

Sulla base dell'esempio seguente s'intende spiegare cosa significa un compito visivo specifico, rispettivamente come lo stesso può essere facilitato grazie ad un impianto d'illuminazione adeguato.

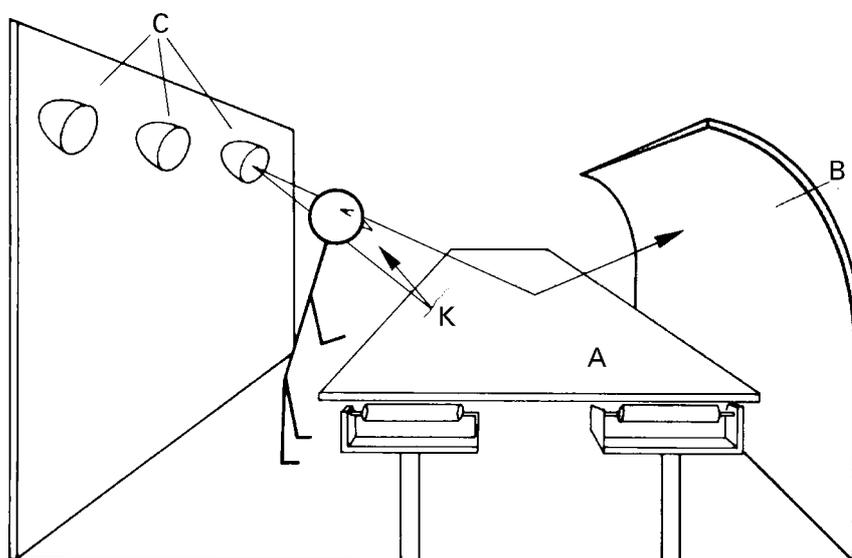


Figura 3.3:  
illuminazione specifica per il controllo  
della qualità di lamiere levigate  
(fonte: [5])

Per essere in grado di riconoscere eventuali errori durante il controllo di qualità è necessario disporre di contrasti elevati sufficienti. Così dicasi anche per il controllo di lastre di lamiera levigate. Nel caso di una sistemazione come nella figura 3.3, la lamiera (A) appare scura a chi la osserva, giacché la controparete scura (B) si riflette negli occhi rispecchiandosi sulla lamiera. Il graffio (K) riflette invece negli occhi la luce che proviene dai corpi illuminanti (C) ed appare così più visibile all'occhio.

Le esigenze richieste per sistemare un posto di lavoro sono altrettanto varie quanto le attività che vi si possono esercitare. Onde ottenere un impiego dell'energia efficace al massimo, si raccomanda tuttavia di utilizzare fonti e corpi illuminanti efficienti. Qualora si volesse inoltre dare la precedenza al buon senso, ad esempio se si tratta di minimizzare le ore di funzionamento, il risultato sarà di regola un impianto razionale.



### 3.7 Comando e regolazione

Come sempre la misura economica più efficiente consiste nel disinserimento della luce nel caso in cui non sia necessaria, allo scopo di diminuire il consumo d'energia degli impianti d'illuminazione. Ciò è spesso possibile senza un dispendio supplementare, se il collaboratore è adeguatamente motivato e viene reso attento a tale fatto. L'esperienza dimostra che è possibile ottenere risultati notevoli ad esempio mediante **campagne d'informazione interne, circolari o comunicazioni settimanali concernenti il consumo energetico**.

In tal caso è di grande aiuto il fatto che l'impianto d'illuminazione possa essere commutabile in parecchie zone (ad es. zona delle finestre - zone di passaggio).

*Vedasi anche:  
2.2 Risanamento dell'illuminazione di un magazzino*

#### ■ Rivelatori di presenza

Per quanto concerne il risparmio energetico, un'ulteriore misura efficace è costituita dal comando automatico dell'illuminazione a dipendenza dal numero delle persone (presenza). Questo tipo di comando è adeguato tuttavia solo laddove esistono grandi superfici poco frequentate come ad esempio i locali per l'immagazzinamento. È così stato possibile diminuire di circa 70% il consumo di corrente per l'illuminazione di un grande deposito di merci, grazie all'istallazione di rivelatori di presenza. Un risultato simile è stato ottenuto anche in un grande mobilificio.

Il fabbisogno d'impianti accessori può tuttavia essere considerevole, cosicché tali risparmi d'energia sono redditizi soltanto nel caso d'impianti con un consumo d'energia elevato.

#### ■ Comando dipendente della luce naturale

Per quanto concerne il risparmio energetico è ancora più efficace il comando complementare dell'illuminazione a dipendenza dalla luce naturale. L'ulteriore fabbisogno d'impianti può tuttavia anche in questo caso essere rilevante, cosicché tale istallazione si rivela redditizia soltanto nel caso d'impianti di grandi dimensioni.

*Nel manuale di base ci si è addentrati ancora più profondamente in questo tema*

L'adeguamento alla luce naturale può aver luogo per principio in tre modi:

- mediante inserimento/disinserimento
- mediante inserimento per gradi (ad es. 100% - 60% - 30% di luce)
- mediante regolazione continua.

L'inserimento per gradi della percentuale di luce artificiale non viene generalmente accettata di buon grado dagli utenti.

L'adeguamento continuo costituisce certamente la soluzione più confortevole e spesso non viene neppure percepito dagli utenti. Nel caso di questo tipo di regolazione della luce il risparmio d'energia è inoltre sostanzialmente maggiore.



### 3.8 Influsso del colore

Se durante la progettazione di edifici industriali occorre ovviamente tenere in considerazione la ventilazione, l'illuminazione e gli impianti sanitari, ciò non è tuttavia il caso per quanto concerne il colore. Il suo impiego adeguato costituisce tuttavia uno dei presupposti di una resa ottimizzata e costante sul posto di lavoro.

I seguenti fattori determinanti essenziali contraddistinguono l'utilizzazione del colore nel settore industriale:

- l'identificazione dei punti pericolosi mediante il colore contribuisce ad evitare infortuni.
- L'utilizzazione dei colori per la sistemazione e la suddivisione dei posti e dei locali di lavoro, nonché degli utensili permette un orientamento più rapido, diminuendo così le possibilità d'errore.
- Una colorazione chiara delle superfici dei locali può contribuire alla diminuzione del dispendio energetico dovuto all'illuminazione artificiale, aumentando contemporaneamente l'impressione gradevole fornita dal locale. Allo stesso modo viene favorita la penetrazione della luce naturale ed aumentato il suo effetto, ciò che esercita a sua volta un influsso sul bilancio energetico dell'edificio.

Le esitazioni che possono sussistere per quanto concerne la resistenza minore delle vernici colorate, a causa del loro rapido insudiciamento e dei costi di pulitura che ne conseguono, vengono oggi ampiamente attenuate dallo sviluppo tecnico nel settore dell'industria dei colori.

La configurazione cromatica dei capannoni industriali non costituisce più al giorno d'oggi un esperimento dagli esiti incerti. A questo proposito non si dispone più soltanto di teorie concernenti l'utilizzazione del colore adeguato nel posto adatto, bensì anche un bagaglio sufficiente d'esperienza [10], [11], [14] sulla loro applicazione e soprattutto sul loro influsso sullo svolgimento del lavoro.

Durante un'inchiesta eseguita in 350 aziende, il 99% degli imprenditori interrogati ha ad esempio accennato ad una diminuzione della stanchezza quando si utilizza il colore in modo mirato. Nella ditta Tulsa-Boiler and Machinery Company è stata osservata una diminuzione degli infortuni di circa il 20% e nella New York Transit System del 40%. Un altro studio costata d'altra parte una diminuzione degli infortuni variabile dal 10 fino al 30% in 6 aziende inglesi. Benché nel caso di tali studi molti punti di vista devono essere considerati sotto un aspetto critico, è senz'altro possibile stabilire, con una certa sicurezza, che esiste una tendenza all'aumento delle prestazioni ed alla diminuzione della percentuale degli infortuni nel caso di un'utilizzazione ottimizzata del colore.



### 3.9 Esempio di un impianto

L'impianto industriale descritto qui di seguito è interessante in modo particolare a causa del fatto che sono stati studiati gli effetti sul benessere degli esseri umani che lavorano in questo capannone [28].



Figura 3.4:  
capannone con nuovo impianto d'illuminazione  
(fonte: [28])

#### ■ Un laminatoio a freddo

Il capannone di produzione del laminatoio a freddo è stato munito di lampade a vapori di sodio ad alta pressione. Rispetto alle sorgenti luminose precedenti, esse hanno permesso di realizzare risparmi d'energia considerevoli. In questa occasione ci si è tuttavia posti il problema a sapere se la bassa resa del colore (che può causare un'alterazione dei colori stessi) non possa esercitare influenze negative sul benessere delle persone che si trovano in quel posto di lavoro. Per risolvere questo problema è stata effettuata un'inchiesta dettagliata tra le persone interessate e contemporaneamente sono state eseguite sul posto di lavoro misurazioni fisiche importanti sotto l'aspetto dell'illuminazione, tenendo parimenti conto delle valutazioni di specialisti nel settore dell'ergonomia e della psicologia.

#### ■ Dati

Il laminatoio a freddo era inizialmente munito dei corpi illuminanti, rispettivamente delle lampade seguenti:

71	lampade a vapori di mercurio ad alta pressione (HPL)	1000 W
28	lampade al sodio a bassa pressione (SO-I)	200 W

Il capannone è lungo 250 m, largo 32,5 m ed è munito di colonne distanti 15 m l'una dall'altra. Le sorgenti luminose sono installate ad un'altezza di 16 m.



La densità luminosa media per l'illuminazione generale di questo capannone era di 110 lux. Sei posti di lavoro continuamente occupati, quali punti di smistamento, punti di controllo, ecc. sono inoltre muniti di un'illuminazione singola per ogni posto di lavoro.

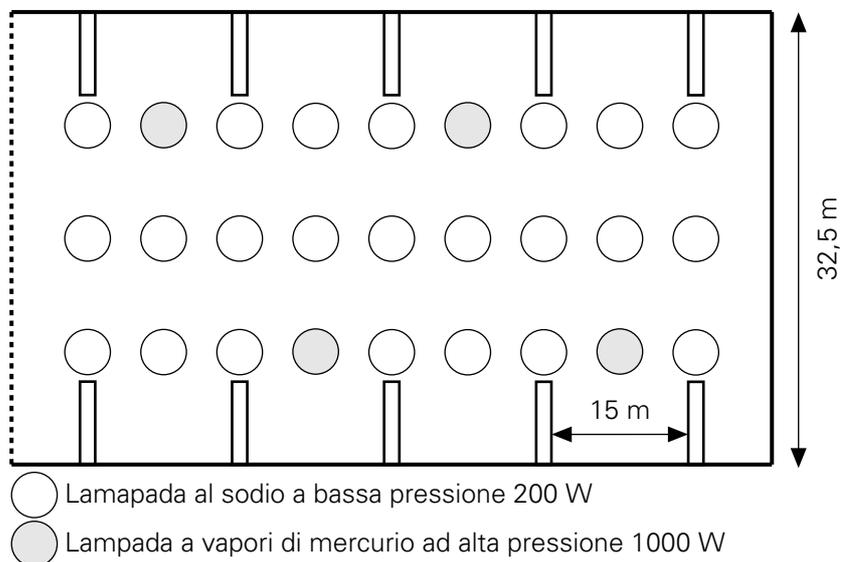


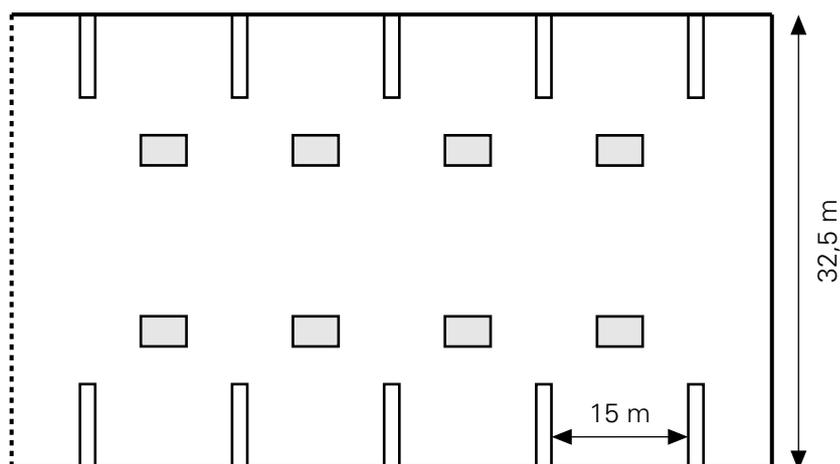
Figura 3.5a:  
capannone con vecchio impianto  
d'illuminazione

La lampada a vapori di sodio ad alta pressione utilizzata nel nuovo impianto presenta un'efficienza luminosa notevolmente più elevata delle lampade di potenza similare.

Tipo di lampada	Efficienza luminosa [lm/W]
Lampada a vapori di mercurio ad alta pressione 1000 W	60
Lampada alogena a vapori metallici 1000 W	90
Lampada al sodio ad alta pressione 1000 W	130

Sono emersi i seguenti dati globali:

	Vecchio impianto	Nuovo impianto
Lampada, compreso alimentatore	71 x 1040 W 32 x 1080 W	28 x 240 W
Potenza totale	81 kW	35 kW
Consumo d'energia (funzionamento 24 h/giorno)	691656 kWh	296424 kWh
Superficie illuminata	8250 m <sup>2</sup>	8250 m <sup>2</sup>
Densità luminosa nominale	110 lux	220 lux
<b>Consumo percentuale d'energia</b>	<b>100%</b>	<b>43%</b>



Sezione del capannone con lampade al sodio ad alta pressione 1000 W

Figura 3.5b:  
capannone con nuovo impianto  
d'illuminazione

## ■ Valutazione

Rispetto al vecchio impianto, quello nuovo è stato definito come più favorevole. Contemporaneamente la resa del colore è stata definita da accettabile ad ottimale. Nei posti di lavoro senza illuminazione accessoria la luce è stata considerata ancora come insufficiente.

Sulla base dei risultati si può ritenere che un'illuminazione generale con lampade a vapori di sodio ad alta pressione costituisce un buon compromesso per quanto concerne le condizioni ergonomiche, psicologiche ed economiche, alla condizione che non venga trascurato il singolo posto di lavoro.





## 4. Illuminazione d'emergenza e di sicurezza

L'illuminazione d'emergenza ed il suo settore particolare costituito dall'illuminazione di sicurezza non sono certamente tipi d'illuminazione tali da offrire un grande potenziale di risparmio e per la loro progettazione occorre in primo luogo tener conto del loro scopo particolare.

A questo punto occorre quindi solo richiamare l'attenzione sul fatto che in certi casi gli alimentatori elettronici possono offrire vantaggi sia dal lato energetico, sia da quello tecnico concernente l'installazione, essendo adatti anche al funzionamento a tensione continua.

Chiunque s'interessi più da vicino di questo tema confronti la bibliografia [21].

### ■ Entrate dei capannoni

Poiché l'illuminazione di sicurezza deve anche servire a minimizzare i pericoli d'infortunio, ci sia lecito rammentare a questo proposito un esempio che è purtroppo molto spesso causa d'infortuni, talvolta perfino mortali: l'entrata dei capannoni.

Un'indagine eseguita a cura dell'Istituto tedesco per la protezione contro gli infortuni e la ricerca in tale settore [22] dimostra che è possibile ridurre notevolmente tale rischio mediante un'illuminazione adeguata delle entrate. Il pericolo principale risiede nei livelli d'illuminazione molto differenti tra l'interno e l'esterno, poiché i conducenti entrano di regola in un «buco nero», senza potersi rendere conto in anticipo e completamente delle condizioni della zona d'accesso (esattamente come avviene all'entrata delle gallerie). Durante la progettazione si tiene purtroppo conto solo raramente di questo fatto.

Ciò costituisce un esempio del fatto che anche un dispendio di elettricità leggermente più elevato può eventualmente costituire un risparmio economico elevato.





## 5. Luce naturale

<b>5.1 Teoria e pratica</b>	<b>43</b>
■ <b>Capannoni senza finestre</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Effetti dei lucernari</b>	<b>44</b>
■ <b>Lucernari a shed</b>	<b>44</b>
<b>5.3 Isolamento termico</b>	<b>47</b>





## 5. Luce naturale

### 5.1 Teoria e pratica

La teoria e la pratica si discostano l'una dall'altra. Ciò anche per quanto concerne l'utilizzazione della luce naturale negli edifici industriali.

Già nel 1963 un'indagine eseguita in Gran Bretagna aveva stabilito che i fattori di luce diurna menzionati nelle norme possono bensì avere un fondamento teorico, mentre dalle misurazioni pratiche sono scaturiti valori che sono soltanto circa la metà o un terzo.

Ciò risulta prevalentemente a causa del fatto che i calcoli erano basati sui capannoni vuoti, mentre le attrezzature tecniche, le macchine ed il materiale immagazzinato sono in seguito stati causa di cambiamenti notevoli.

Per questo motivo allo stadio di progettazione nel caso di calcoli della luce naturale si dovrebbe tener conto del fatto che i valori possono variare notevolmente da eventuali arredamenti interni.

#### ■ Capannoni senza finestre

Il problema a sapere se l'utilizzazione della luce naturale sia o meno redditizia negli stabili industriali, oppure se non sia meglio costruire capannoni senza finestre, è già stato approfondito in alcuni studi [9]. Se per quanto concerne il bilancio termico è facile fare previsioni, ciò sarà invece più difficile per quanto concerne l'influsso psicologico della luce naturale e della sua penetrazione attraverso le finestre. A questo proposito i risultati dei diversi studi sono molto contrastanti. Non esiste quasi alcun argomento (sia a favore, sia contrario agli edifici senza finestre) che non sia già stato confutato.

A questo proposito occorre notare che in Svizzera tale problema è limitato da parte dell'autorità concedente stessa, in quanto di regola viene prescritta una percentuale minima di superficie delle finestre. Sarebbe opportuno che il committente, insieme con un consulente esperto nel settore della luce naturale, decidesse di volta in volta quale sia la percentuale ragionevole per un oggetto determinato, rispettivamente quanto sia elevato il risparmio energetico nel caso dell'illuminazione artificiale, quanto sia grande la perdita qualora si tratti di una superficie ridotta delle finestre o dei lucernari, oppure quanto sia elevato l'influsso sulle persone occupate nell'azienda.

Qui di seguito vengono descritti brevemente diversi fattori determinanti specifici del settore industriale.

*Questo tema è stato trattato ancora più esaurientemente nel manuale di base*



## 5.2 Effetti dei lucernari

L'ubicazione dell'apertura destinata alla luce naturale esercita un influsso essenziale sull'illuminazione dei locali. Nella figura seguente ognuna delle aperture di diversa grandezza destinate alla luce genera nel punto A la stessa densità luminosa.

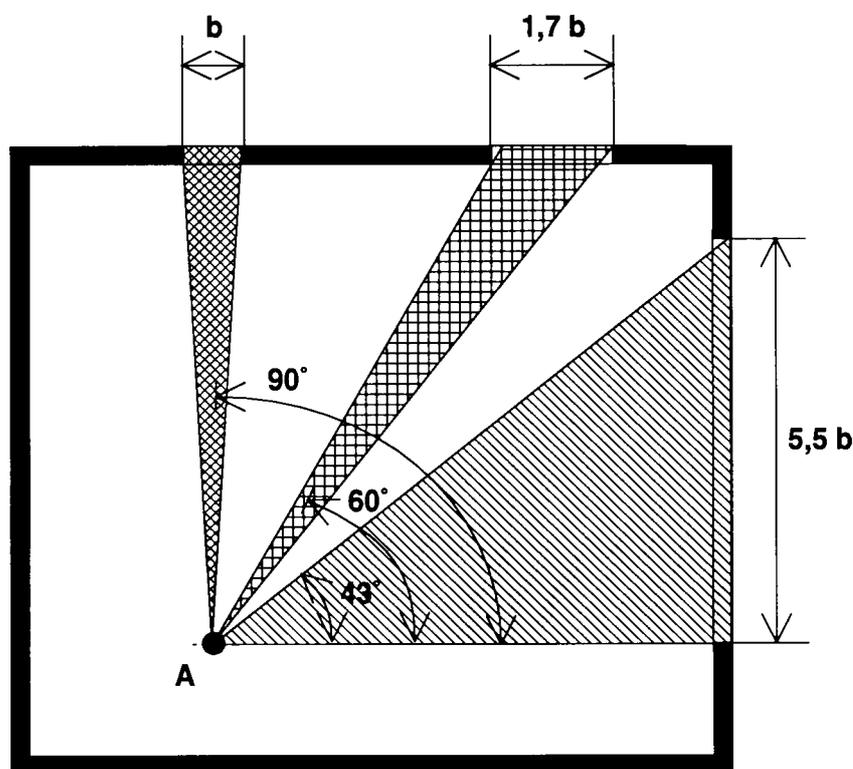


Figura 5.1:  
influsso della grandezza dell'apertura  
destinata alla luce naturale

Di conseguenza è possibile tener presente la caratteristica seguente:

Gli edifici poco elevati con forte utilizzazione della luce naturale devono essere muniti di lucernari.

I lucernari non soddisfano tuttavia l'esigenza psicologica di contatto verso l'esterno. Occorre quindi prevedere un numero sufficiente di finestre tali da permettere un contatto diretto con l'esterno, altrimenti potrebbero insorgere problemi psicologici [9] (l'autorità concedente richiede inoltre per lo più una certa percentuale di finestre con vista verso l'esterno).

### ■ Lucernari a shed

L'altezza del locale e l'inclinazione delle superfici vetrate esercitano un influsso notevole nel caso dei lucernari a shed. Ciò può essere spiegato mediante i grafici seguenti [5]:

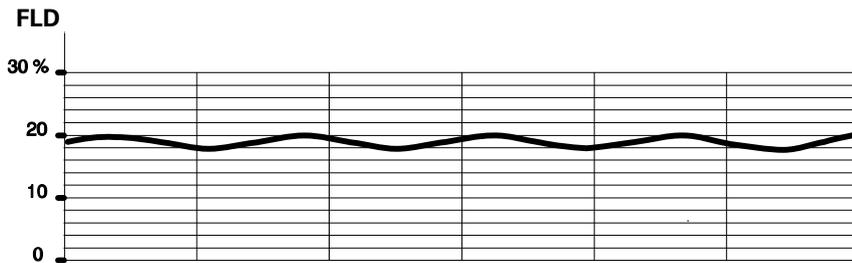
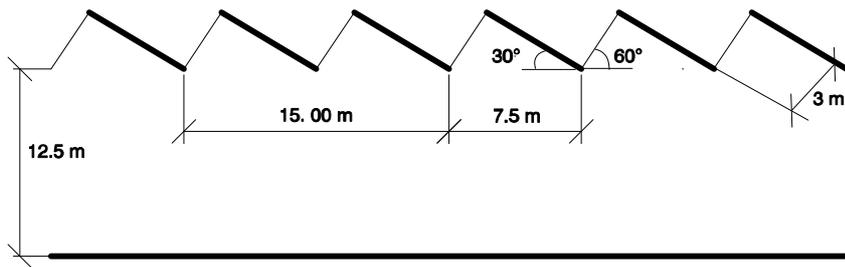


Figura 5.2: esempio 1

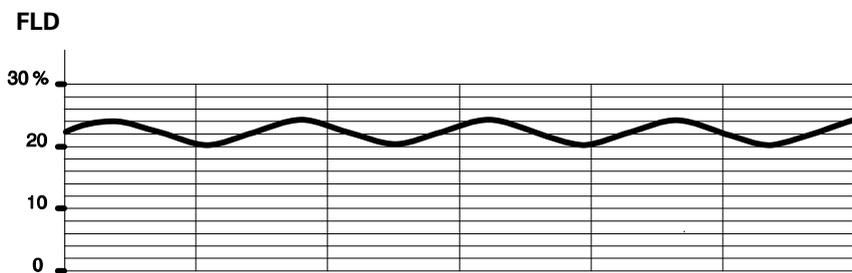
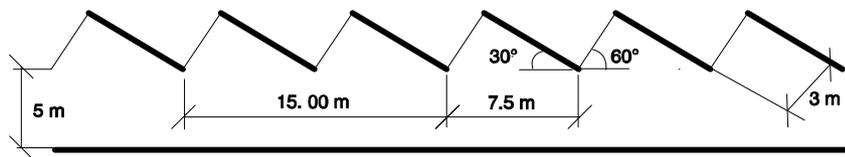


Figura 5.3: esempio 2

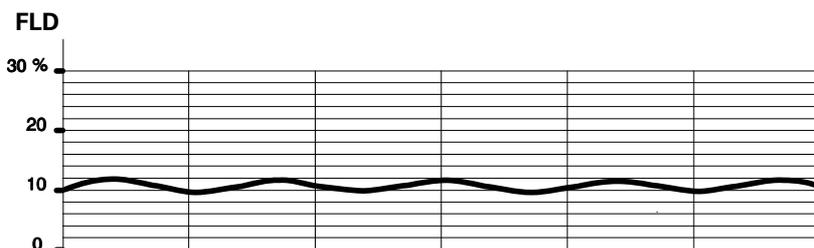
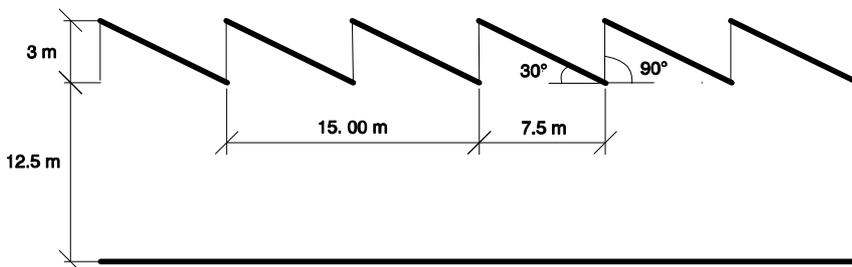


Figura 5.4: esempio 3

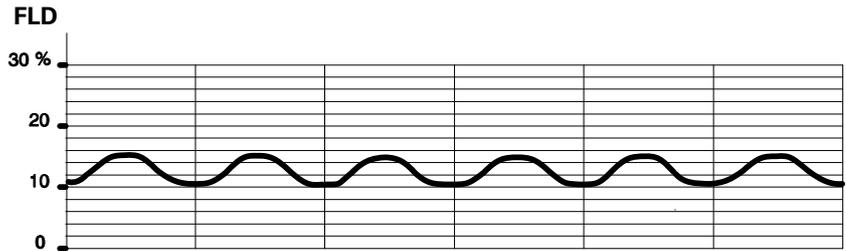
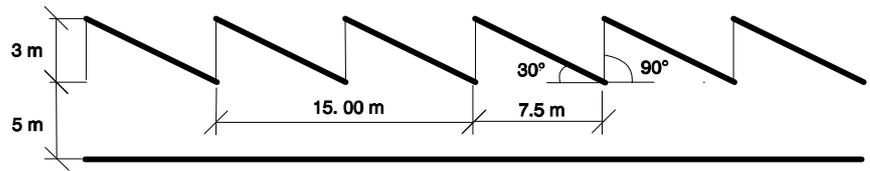


Figura 5.5: esempio 4

L'andamento del fattore di luce diurna (FLD o, recentemente, D) per capannoni molto lunghi con lucernari a shed (nell'esempio presente senza vetri) cambia notevolmente per le due altezze date dei capannoni (12,5 m e 5 m) e le due inclinazioni diverse degli shed rispetto all'orizzonte (60° e 90°).

	Esempio			
	1	2	3	4
Inclinazione dello shed	60°	60°	90°	90°
Altezza dei capannoni	12,5 m	5 m	12,5 m	5 m
Valore medio D	20%	23%	11%	13%
Dmin / Dmax	19/20%	21/24%	10/12%	10/15%

Tabella 8

Mediante un'esecuzione a volta dello shed, rispettivamente di una superficie opposta riflettente il fattore di luce diurna poteva ancora essere aumentato e soprattutto poteva essere migliorata l'uniformità (ad es. per la figura 5.5: esempio 4).

Benché nel caso di superfici orizzontali il flusso luminoso in entrata può essere considerato relativamente come il massimo possibile, esse vengono utilizzate raramente nei lucernari giacché la sporcizia è maggiore che non nel caso delle superfici inclinate. Inoltre è possibile che la presenza del sole risulti sgradevole a causa dell'abbagliamento e del calore irradiato.

Questo tema è stato trattato in modo più approfondito nel manuale di base

Nel caso dei tetti a shed, prevalentemente volti verso nord, l'influsso dell'irradiazione solare, rispettivamente dell'abbagliamento e del calore che ne risultano, è minimo. Ciò significa di nuovo che durante le ore di lavoro diurne la penetrazione della luce naturale avviene esclusivamente per diffusione, ciò che crea ulteriori vantaggi dal punto di vista dell'illuminotecnica poiché vengono evitate le ombre portate ed una densità luminosa verticale elevata.



## 5.3 Isolamento termico

La luce naturale costituisce fondamentalmente una forma di energia. Di conseguenza ogni penetrazione di luce naturale costituisce anche un irradiazione d'energia che può essere desiderato (inverno: calore supplementare) oppure indesiderato (estate: surriscaldamento causato dall'irradiazione solare).

*Cfr. anche:*

*2.3 Utilizzazione dell'energia solare*

Per questo motivo in molti edifici industriali sono stati installati successivamente dispositivi per la creazione di zone d'ombra. In tal caso si tratta in parte di verniciare successivamente i lucernari, di ricoprirli con teloni oppure semplicemente con tende per il sole, tanto per citare qualche soluzione possibile.

Le coperture più resistenti, quali i teloni o simili, vengono per lo più utilizzate per rendere in certo qual modo sopportabile, d'estate, la temperatura nei locali di lavoro. Nella maggior parte dei casi ci si scorda tuttavia di levarli durante l'inverno, ciò che causa, d'altra parte, un consumo supplementare inutile di energia per il riscaldamento e l'illuminazione.

Al momento della progettazione e dell'installazione di sistemi d'isolamento termico o di protezione contro il sole sarebbe necessario tener conto della caratteristica seguente:

una protezione contro il sole deve essere per quanto possibile flessibile ed utilizzata in modo adeguato.

A seconda delle possibilità tale protezione dovrebbe essere selettiva, ossia permettere il passaggio della luce, riflettendo contemporaneamente i raggi infrarossi.





## 6. Manutenzione

<b>6.1 Pulitura</b>	<b>51</b>
<b>6.2 Diminuzione del flusso luminoso</b>	<b>52</b>
<b>6.3 Considerazioni concernenti la redditività</b>	<b>52</b>
<b>6.4 Accessibilità e sostituzione delle sorgenti luminose</b>	<b>53</b>
■ <b>Sostituzione per gruppi</b>	<b>53</b>





## 6. Manutenzione

### 6.1 Pulitura

A causa della sporcizia e dell'invecchiamento di lampade, corpi illuminanti e pareti dei locali, la densità luminosa diminuisce continuamente. Occorrerebbe quindi fare in modo che le lampade ed i corpi illuminanti vengano ripuliti periodicamente e le pareti dei locali vengano verniciate nuovamente.

Affinché la redditività dell'impianto rimanga inalterata, nella maggioranza dei casi e nei posti di lavoro molto polverosi è raccomandabile eseguire una seconda e perfino una terza o una quarta pulitura annua. Nel caso di una pulitura e di una manutenzione eseguite a regola d'arte può essere ottenuto un aumento della densità luminosa variabile dal 25 al 50% [23].

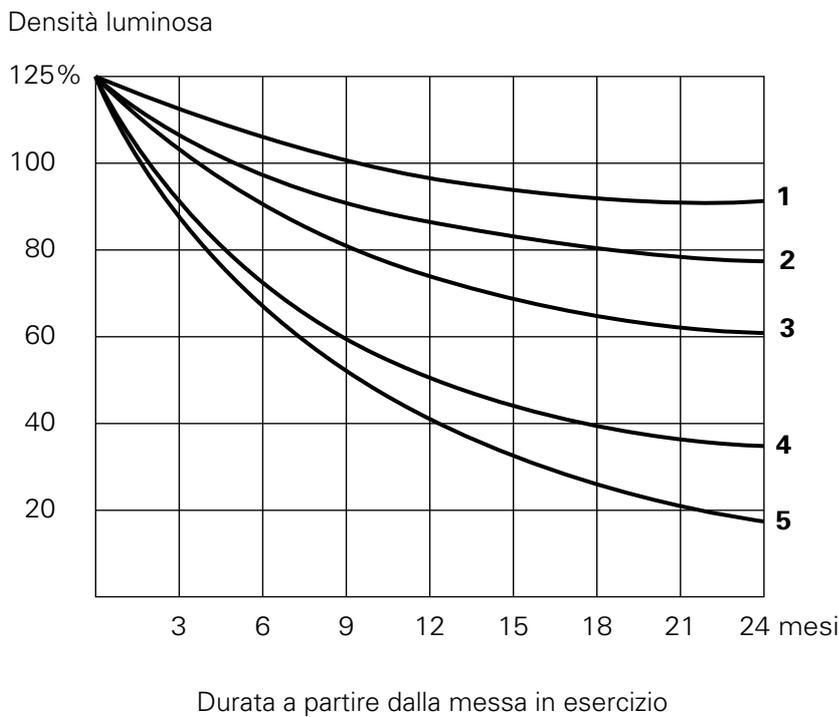


Figura 6.1:  
diminuzione della densità luminosa  
dovuta alla sporcizia (esempio)



La figura 6.1 permette di constatare che, rispetto al valore a nuovo dell'impianto, la densità luminosa diminuisce rapidamente nel caso di una sporcizia variante da media fino a forte, come è usuale nel settore industriale. L'impianto dovrebbe quindi essere pulito al più tardi al momento in cui la densità luminosa media si è abbassata al 50% del valore nominale nel posto di lavoro più sfavorevole.

Vale inoltre quanto segue:

quanto più lungo è l'intervallo tra una pulitura e l'altra, tanto più difficile sarà pulire il riflettore.

Ciò nonostante in locali con un grado di sporcizia elevato è già sufficiente la pulitura dei corpi illuminanti con un panno asciutto, cosicché, nel caso d'intervalli brevi tra una pulitura e l'altra, non è per lo più necessario prendere in considerazione una pulitura accurata ad umido.

### 6.2 Diminuzione del flusso luminoso

Il valore a nuovo dell'impianto non viene di regola più raggiunto nonostante la pulitura più accurata, poiché in generale le lampade presentano una certa diminuzione del flusso luminoso durante il periodo in cui possono essere impiegate (durata di vita).

Come è dimostrato [26], la diminuzione del flusso luminoso delle lampade a scarica elettrica ad alta pressione installate in corpi illuminanti chiusi è notevolmente più elevata di quella nei corpi illuminanti aperti e ciò a causa della temperatura più elevata. Le perdite di luminosità dovute alla sporcizia sono d'altra parte più elevate nei corpi illuminanti aperti che non in quelli chiusi. Ciò permette di fare la raccomandazione seguente:

nei locali caratterizzati da una sporcizia elevata (ad es. nelle fonderie) sarà opportuno evitare l'impiego di corpi illuminanti muniti di riflettori di alluminio ed aperti verso il basso. I corpi illuminanti devono categoricamente essere chiusi mediante un vetro di protezione.

### 6.3 Considerazioni concernenti la redditività

Se nell'industria un corpo illuminante viene acquistato soltanto perché è il più favorevole sotto l'aspetto del prezzo, più tardi si dovrà purtroppo constatare che ci si trova senz'altro in possesso di un corpo illuminante poco costoso, ma anche di un impianto d'illuminazione che crea spese elevate.

Ciò può essere evidenziato in modo chiaro mediante l'esempio seguente. Uno studio realizzato in diverse fonderie e basato sull'analisi dei costi causati dagli impianti d'illuminazione muniti di diversi tipi di corpi illuminanti ha permesso di constatare, alle stesse condizioni d'esercizio, notevoli differenze tra i diversi tipi di corpi illuminanti. Spesso si può constatare, d'altronde, che il corpo illuminante più economico (ossia quello il cui prezzo d'acquisto equivale a circa il 30% di quello del corpo illuminante più costoso) è quello che causa costi annui più elevati se si tiene conto della diminuzione del flusso luminoso dovuto alla sporcizia che si forma sulla lampada, nonché alla diminuzione del rendimento dei corpi illuminanti dovuta alla sporcizia del riflettore (dipendente dal materiale e dal tipo di costruzione del corpo illuminante stesso). Nello studio summenzionato i costi annui superavano di parecchio il doppio di quelli degli altri tipi di corpi illuminanti. In questo contesto è interessante rilevare che questo tipo di corpi illuminanti è utilizzato in circa il 60% di tutte le fonderie svedesi (ciò che non è stato considerato nello studio).



È quindi dimostrato che il tipo di struttura del corpo illuminante, nonché il materiale utilizzato per la sua costruzione esercitano un influsso notevole sul fattore effettivo di diminuzione, rispettivamente sugli intervalli tra una manutenzione e l'altra e, di conseguenza, sui costi d'esercizio.

*Il fattore di diminuzione corrisponde al fattore di progettazione utilizzato per tener conto della diminuzione della densità luminosa dovuta alla sporcizia di lampade, corpi illuminanti e superfici dei locali*

## 6.4 Accessibilità e sostituzione delle sorgenti luminose

Al momento della realizzazione di un impianto d'illuminazione si dovrebbe per principio tener conto del fatto che tutti i corpi illuminanti devono essere facilmente accessibili. Ciò vale soprattutto per i capannoni di grande altezza, poiché altrimenti le spese di manutenzione, rispettivamente quelle per la sostituzione delle lampade potrebbero eventualmente essere molto elevate. Vale generalmente la pena di dedicare un'attenzione del tutto particolare al tipo di montaggio dei corpi illuminanti. Per i locali di grande altezza vengono ad esempio offerti dispositivi di sospensione particolari che permettono di abbassare i corpi illuminanti che devono essere puliti mediante un comando a cavo flessibile ed un giunto di raccordo speciale.



*Figura 6.2:  
diminuzione dei costi di manutenzione  
mediante un sistema di cavi flessibili  
(fonte: Hellux)*

### ■ Sostituzione per gruppi

Nella maggior parte dei casi è raccomandabile una sostituzione dei corpi illuminanti per gruppi poiché da un lato la precisione odierna nella fabbricazione delle lampade fa in modo che non vi sia una differenza essenziale per quanto concerne la durata di vita delle stesse, mentre dall'altro le spese di manutenzione vengono così notevolmente ridotte. Nella pratica si è imposto il modo di procedere seguente:

sostituzione delle singole lampade non funzionanti e dopo un deperimento del 10% eseguire la sostituzione per gruppi.





## 7. Sorgenti luminose

<b>7.1 In generale</b>	<b>57</b>
■ <b>Efficienza luminosa</b>	<b>57</b>
■ <b>Durata di vita</b>	<b>57</b>
■ <b>Caratteristiche del colore della luce e di resa del colore</b>	<b>58</b>
<b>7.2 Risparmi ottenuti con una scelta adeguata delle sorgenti luminose</b>	<b>59</b>
■ <b>Lampade ad incandescenza e lampade alogene</b>	<b>59</b>
■ <b>Lampade fluorescenti compatte</b>	<b>59</b>
■ <b>Lampade fluorescenti</b>	<b>59</b>
■ <b>Lampade a vapori di mercurio</b>	<b>60</b>
■ <b>Lampade alogene a vapori metallici</b>	<b>60</b>
■ <b>Lampade a vapori di sodio ad alta pressione</b>	<b>60</b>
■ <b>Lampade ad induzione</b>	<b>61</b>





## 7. Sorgenti luminose

### 7.1 In generale

Una valutazione delle sorgenti luminose dovrebbe aver luogo secondo i criteri di valutazione seguenti:

- efficienza luminosa
- flusso luminoso
- diminuzione del flusso luminoso dovuto all'invecchiamento
- caratteristiche del colore della luce e di resa del colore
- gamme di potenza disponibili
- durata di vita
- comportamento durante l'esercizio (ad es. caratteristiche d'accensione)
- costi d'acquisto e d'esercizio.

#### ■ Efficienza luminosa

L'efficienza luminosa delle sorgenti luminose dipende dal modo in cui viene prodotta la luce e dalla potenza delle sorgenti stesse. Essa può tuttavia subire un influsso anche dalle caratteristiche del colore della luce e della resa del colore.

L'efficienza luminosa delle sorgenti luminose viene di regola indicata nei cataloghi. In pratica a ciò si aggiunge tuttavia anche la dissipazione degli alimentatori o dei trasformatori. Il paragone eventuale tra le efficienze luminose dovrebbe quindi tener conto di questo fattore.

*Le efficienze luminose di diversi tipi di sorgenti luminose sono riportate nel manuale di base*

Le potenze del sistema di alcune lampade a scarica elettrica ad alta pressione tra le più usuali sono menzionate nel capitolo seguente (tabella 12).

#### ■ Durata di vita

Per quanto concerne la durata di vita delle lampade si fa una distinzione tra le definizioni seguenti:

- durata di vita economica (momento in cui è consigliabile una sostituzione delle sorgenti luminose a causa dell'invecchiamento, della sporcizia o per motivi d'esercizio).
- Durata di vita garantita (momento fino a cui viene garantita la sostituzione gratuita delle sorgenti luminose).
- Durata di vita media (momento in cui il 50% di tutte le sorgenti luminose ha cessato di funzionare).



Nel caso delle lampade a scarica elettrica la durata di vita dipende spesso dalla frequenza delle accensioni. Il dato fornito dai cataloghi si riferisce quindi prevalentemente ad una durata minima d'esercizio per ogni accensione (per le lampade fluorescenti circa 3 h, per le lampade a scarica elettrica ad alta pressione circa 5-10 h).

## ■ Caratteristiche del colore della luce e di resa del colore

Cfr. anche manuale di base

La caratteristica di resa del colore descrive la qualità della resa dei colori di oggetti posti sotto la luce di una sorgente luminosa determinata, paragonata con un colore il più simile possibile di un radiatore termico.

Le caratteristiche di resa del colore possono essere suddivise in 6 classi secondo DIN 5035:

Classe	Concordanza con radiatori termici con temperatura del colore più simile possibile	Indice generale di resa del colore Ra	Tipo di sorgenti luminose
1 A	ottima	90 ... 100	Lampade ad incandescenza, lampade alogene, lampade fluorescenti (de Luxe)
1 B	ottima	80 ... <90	Lampade fluorescenti (a tre bande), lampade alogene a vapori metallici, lampade ad induzione
2 A	buona	70 ... <80	Lampade fluorescenti, lampade alogene a vapori metallici
2 B	buona	60 ... <70	Lampade fluorescenti, lampade alogene a vapori metallici, lampade a vapori di sodio ad alta pressione (SDW-T)
3	sufficiente	40 ... <60	Lampade fluorescenti, lampade alogene a vapori metallici, lampade a vapori di mercurio ad alta pressione, lampade a vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe), lampade a luce mista
4	da media a cattiva	20 ... <40	Lampade a vapori di sodio ad alta pressione, lampade a vapori di sodio a bassa pressione

Tabella 9

L'indice di resa del colore Ra si riferisce ad una temperatura del colore determinata. Per la luce di una lampada ad incandescenza vale perciò il valore massimo 100 come la luce naturale, benché le temperature del colore di ambedue le sorgenti luminose siano molto diverse e, di conseguenza, il colore degli oggetti posti sotto queste sorgenti luminose appaia molto differente l'uno dall'altro.

L'indice di resa del colore è perciò poco adatto per la valutazione soggettiva della resa del colore. Nel caso di un colore della luce caldo, la resa del colore viene percepita in modo più gradevole che non nel caso di una luce neutra oppure alla luce del giorno, anche se l'indice di resa del colore è peggiore. Un sistema di valutazione utilizzabile a questo scopo non esiste ancora attualmente.



## 7.2 Risparmi ottenuti con una scelta adeguata delle sorgenti luminose

Poiché i singoli tipi di sorgenti luminose sono descritti dettagliatamente nel manuale di base e nella bibliografia [5], [12] ci limiteremo soltanto ad abordare brevemente le caratteristiche specifiche del settore industriale.

### ■ Lampade ad incandescenza e lampade alogene

Le lampade ad incandescenza e quelle alogene sono pessimi utilizzatori d'energia e dovrebbero perciò venire utilizzati soltanto nel caso in cui la potenza di raccordo e le ore di funzionamento sono molto limitate oppure se l'impiego previsto lo richiede (ad es. nel caso di posti di lavoro speciali).

*I principi concernenti le caratteristiche dei singoli tipi di sorgenti luminose sono descritti nel manuale di base*

### ■ Lampade fluorescenti compatte

Le lampade fluorescenti compatte (ossia le cosiddette lampade a risparmio energetico) permettono un risparmio di circa 75% rispetto alle lampade ad incandescenza nel caso di dimensioni paragonabili.

### ■ Lampade fluorescenti

Le lampade fluorescenti a forma di tubo, con potenze comprese tra 18 W e 58 W, risparmiano più energia delle lampade fluorescenti compatte. Esse permettono un risparmio di circa 80% rispetto alla lampada ad incandescenza.

Per la maggior parte dei vecchi impianti esiste un potenziale di risparmio energetico di circa 5% che può essere utilizzato sostituendo semplicemente le vecchie e grosse lampade fluorescenti utilizzate un tempo (diametro 38 mm) con lampade di tipo recente (diametro 26 mm) poiché queste ultime presentano un'efficienza luminosa più elevata. Nel caso di lampade funzionanti liberamente e di corpi illuminanti muniti di griglia e sistemati in posizione sfavorevole è tuttavia possibile che in questo modo si ottenga un abbagliamento diretto o indiretto rinforzato e ciò a causa della luminanza troppo elevata delle sorgenti luminose. Il funzionamento con i nuovi tipi di lampada più sottili non è tuttavia possibile con tutti i vecchi modelli di alimentatori. È quindi raccomandabile di chiarire il tutto in anticipo consultando uno specialista del ramo.

Potenza delle lampade [W] Ø 26 mm	Potenza delle lampade [W] Ø 38 mm	Lunghezza (mm)
18	20	590
36	40	1200
38	42	1047
58	65	1500

Tabella 10

Le lampade fluorescenti vengono offerte soprattutto in tre classi diverse: standard, a tre bande e de Luxe. Esse si differenziano per efficienza luminosa, resa del colore e prezzo.



Classe	Flusso luminoso relativo	Resa del colore	Rapporto di prezzo
Lampade standard	1	media	1
Lampade a tre bande	1,1	soggettivamente buona	ca. 2
Lampade de Luxe	0,7	obiettivamente ottima	ca. 2,3

Tabella 11

Cfr. 9 Apparecchi ausiliari

In molte applicazioni si rivela più redditizio l'impiego delle più costose lampade a tre bande. È inoltre possibile diminuire considerevolmente il fabbisogno d'energia del sistema composto dalla lampada fluorescente e dall'alimentatore, a seconda del tipo di alimentatore.

### ■ Lampade a vapori di mercurio

Le lampade a vapori di mercurio sono oggi superate per quanto concerne l'efficienza luminosa, le caratteristiche di resa del colore ed il comportamento durante il funzionamento. Esse dovrebbero, a parte certe eccezioni, essere utilizzate nei locali interni soltanto come soluzione di ripiego. Nel caso di piccole potenze (fino a 125 W) le lampade fluorescenti compatte rappresentano un'alternativa, mentre in altri casi la stessa è costituita da lampade alogene a vapori metallici e da lampade a vapori di sodio ad alta pressione.

### ■ Lampade alogene a vapori metallici

Le lampade alogene a vapori metallici di piccola potenza (da 35 fino a 150 W) sono compatte e la loro luce può essere facilmente focalizzata. Esse rappresentano perciò un'alternativa efficiente sotto l'aspetto energetico alle lampade ad incandescenza ed alle lampade alogene qualora siano richiesti flussi luminosi elevati per ogni unità. La loro durata media di vita è di circa 6000 ore di funzionamento.

### ■ Lampade a vapori di sodio ad alta pressione

Quanto detto per le lampade alogene a vapori metallici vale anche per le lampade a vapori di sodio ad alta pressione de Luxe.

Con lampade alogene a vapori metallici oppure lampade a vapori di sodio ad alta pressione di potenza elevata (250 W, 400 W) in sostituzione di lampade a vapori di mercurio, nei capannoni industriali ed in quelli adibiti a deposito è possibile ottenere un risparmio potenziale variabile da circa 15 fino a 40% grazie ad un'efficienza luminosa più elevata.

Le lampade tradizionali a vapori di sodio diffondono tuttavia una luce fortemente giallastra e la loro caratteristica di resa del colore è minima. Nonostante queste caratteristiche piuttosto negative, la loro diffusione nel settore industriale è per lo più molto elevata. Oggi vengono inoltre utilizzate per di più lampade ai vapori di sodio migliorate per quanto concerne il colore e che offrono, di conseguenza, un indice di resa del colore elevato (lampade de Luxe).



Tipo di lampade	Potenza delle lampade	Consumo alimentatore	Potenza del sistema	Efficienza luminosa del sistema [lm/W]
Lampada alogena a vapori metallici	35 W	13 W	48 W	50
Lampada alogena a vapori metallici	70 W	18 W	88 W	57
Lampada alogena a vapori metallici	150 W	20 W	170 W	65
Lampada alogena a vapori metallici	250 W	25 W	275 W	73
Lampada alogena a vapori metallici	400 W	40 W	440 W	80
Lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe)	35 W	10 W	45 W	41
Lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe)	70 W	16 W	86 W	54
Lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe)	150 W	20 W	170 W	74
Lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe)	250 W	25 W	275 W	84
Lampada ai vapori di sodio ad alta pressione (de Luxe)	400 W	50 W	450 W	85

Tabella 12:  
efficienza luminosa del sistema di alcune lampade ad alta pressione

## ■ Lampade ad induzione

Grazie alla durata di vita estremamente lunga questo nuovo tipo di lampada può essere utilizzato per capannoni molto alti, creando situazioni d'esercizio molto favorevoli. A seconda del grado di sporcizia del locale è tuttavia necessario non perdere di vista la manutenzione, anche a causa del fatto che l'efficienza luminosa non è molto elevata.

*Nel manuale di base verranno trattate in modo più approfondito la funzione e le caratteristiche delle lampade ad induzione*





## 8. Corpi illuminanti

<b>8.1</b>	<b>Tipi di corpi illuminanti</b>	<b>65</b>
■	Sistemi di corpi illuminanti installati su un binario	65
■	Installazione	65
<b>8.2</b>	<b>Risparmi ottenuti grazie al rendimento elevato dei corpi illuminanti</b>	<b>65</b>
<b>8.3</b>	<b>Disposizione dei corpi illuminanti</b>	<b>66</b>
■	Correnti	66
<b>8.4</b>	<b>Climatizzazione</b>	<b>66</b>





## 8. Corpi illuminanti

### 8.1 Tipi di corpi illuminanti

I locali industriali sono per lo più destinati a diverse funzioni che spesso mutano inoltre nel corso del tempo. Poiché per motivi economici è spesso consigliabile decidersi a favore di un tipo unitario di corpi illuminanti, occorrerebbe a questo proposito dedicare un'attenzione particolare ad un'elevata flessibilità dei corpi illuminanti per quanto concerne l'illuminotecnica. Nel caso di alcuni modelli di corpi illuminanti è possibile regolare, sostituire e combinare i riflettori con griglie diverse. Ciò rappresenta una caratteristica che contribuisce in modo notevole alla mobilità.

I diversi tipi di corpi illuminanti vengono spiegati in modo più approfondito nel manuale di base.

#### ■ Sistemi di corpi illuminanti installati su un binario

I sistemi di corpi illuminanti installati su un binario sono molto funzionali e, per questo motivo, vengono utilizzati in grande numero. Essi consistono in binari utilizzati quale supporto sui quali i corpi illuminanti possono essere installati e sostituiti in modo semplice. Mediante un sistema versatile di struttura modulare essi permettono generalmente la sistemazione di semplici corpi illuminanti su correnti fino ai più complessi corpi illuminanti a griglia.

#### ■ Installazione

Il tipo d'installazione ed il sistema di cablaggio rappresentano un punto importante per quanto concerne la scelta dei corpi illuminanti, poiché essi possono esercitare un influsso notevole sui costi d'installazione. Si sono affermati i sistemi che possono essere allacciati e montati con poco sforzo.

### 8.2 Risparmi ottenuti grazie al rendimento elevato dei corpi illuminanti

Il rendimento di un corpo illuminante durante il funzionamento indica quale percentuale del flusso luminoso della lampada viene emesso dal corpo illuminante e può essere utilizzato per l'illuminazione. Un rendimento superiore all'80% può, di conseguenza, essere considerato come «molto elevato», mentre uno al di sotto del 50% può essere definito come «esiguo».

Le caratteristiche seguenti contribuiscono ad un rendimento elevato dei corpi illuminanti:

- qualità elevata dei materiali riflettenti:  
ciò significa gradi elevati di riflessione per le pareti riflettenti quali schermi, griglie, riflettori, nonché elevati gradi di trasmissione nel caso di materiali diafani, quali vetri, elementi di protezione, ecc.
- Superfici d'emissione luminosa sufficientemente grandi:  
nel caso di corpi illuminanti di piccole dimensioni che circondano la lampada in modo stretto va persa una grande quantità di luce. Nelle griglie a riflettore parabolico la larghezza dal lato delle lampade è inoltre spesso troppo grande, cosicché in questo caso una grande quantità di luce viene assorbita dal corpo illuminante stesso.



- Intervallo sufficientemente grande tra le lampade:  
nel caso di corpi illuminanti muniti di parecchie lampade, la distanza tra le lampade dovrebbe essere almeno il doppio del diametro delle lampade stesse. In caso contrario sarebbe troppo elevato l'assorbimento di luce tra le lampade stesse.

### 8.3 Disposizione dei corpi illuminanti

Di regola l'attrezzatura di un'azienda del settore industriale non si basa sulla penetrazione della luce naturale (come è invece il caso negli edifici amministrativi), ma si adatta invece alle esigenze della produzione. La disposizione dei corpi illuminanti si adegua generalmente a questo principio.

Le file di corpi illuminanti devono essere sistemate perpendicolarmente rispetto alle file dei posti di lavoro. Esse permettono così di ottenere buone condizioni di visibilità sul piano di lavoro, poiché permettono di evitare in questo modo ombre fastidiose.

#### ■ Correnti

Nei locali muniti di correnti bassi, questi ultimi possono essere utilizzati quali schermatura delle lampade, a condizione di montarle in corpi illuminanti tra le travi. Determinante per la sistemazione dei corpi illuminanti è tuttavia anche in questo caso l'impiego previsto sul posto di lavoro.

### 8.4 Climatizzazione

Se il locale viene climatizzato, è spesso possibile combinare corpi illuminanti ed elementi destinati alla climatizzazione. Nel caso in cui l'aria viziata venga evacuata attraverso il corpo illuminante, ciò permette di ridurre nel locale il carico termico generato dall'impianto d'illuminazione. Un'ulteriore possibilità di riduzione del carico termico consiste nel tipo d'immissione, rispettivamente di evacuazione dell'aria. In tal caso occorre tuttavia tener conto del fatto che la sporcizia aumenta di regola a causa dell'accumulazione di polvere.

*Cfr. manuale di base*



## 9. Apparecchi ausiliari

<b>9.1 In generale</b>	<b>69</b>
■ <b>Lampade alogene a bassa tensione</b>	<b>69</b>
■ <b>Lampade a scarica elettrica ad alta pressione</b>	<b>69</b>
<b>9.2 Alimentatori per lampade fluorescenti</b>	<b>69</b>
■ <b>Alimentatori convenzionali ed alimentatori a bassa perdita (KVG, VVG)</b>	<b>69</b>
■ <b>Alimentatori elettronici (EVG)</b>	<b>70</b>
■ <b>Interazioni ed interferenze causate dagli EVG</b>	<b>71</b>





## 9. Apparecchi ausiliari

### 9.1 In generale

Per essere in grado di utilizzare un grande numero delle lampade esistenti è necessario potere usufruire di un apparecchio ausiliario, nella fattispecie di uno starter o di un alimentatore. Ancora una volta tali apparecchi ausiliari sono causa di una percentuale di perdite proprie. Facendo il paragone tra il fabbisogno d'energia di diversi tipi d'impianti d'illuminazione occorrerebbe perciò tener conto della potenza del sistema (dissipazione delle lampade e degli alimentatori) e non solo della potenza delle lampade.

#### ■ Lampade alogene a bassa tensione

Le lampade alogene a bassa tensione necessitano per il funzionamento di un trasformatore che presenta parimenti perdite proprie. Nel caso della nuova generazione, costituita dai trasformatori elettronici, tali perdite sono minori di quelle dei trasformatori tradizionali.

#### ■ Lampade a scarica elettrica ad alta pressione

Anche per quanto concerne gli apparecchi ausiliari di questo tipo di lampada, ci si orienta sempre maggiormente verso l'elettronica. Gli apparecchi ausiliari elettronici per le lampade a scarica elettrica ad alta pressione ottenibili oggi sul mercato presentano, tra l'altro, le caratteristiche seguenti:

- riaccensione a caldo possibile
- funzionamento della lampada senza sfarfallio.

I consumi specifici di diversi tipi di lampade a scarica elettrica ad alta pressione sono contenuti nella tabella 12.

### 9.2 Alimentatori per lampade fluorescenti

Esistono fondamentalmente tre tipi di alimentatori (VG) per le lampade fluorescenti: alimentatori convenzionali, alimentatori a bassa perdita ed alimentatori elettronici.

#### ■ Alimentatori convenzionali ed alimentatori a bassa perdita (KVG, VVG)

Come gli alimentatori convenzionali, anche quelli a bassa perdita consistono in una bobina di reattanza, rispettivamente in un avvolgimento di filo di rame attorno ad un nucleo di ferro. Essi presentano tuttavia perdite proprie minori.



## ■ Alimentatori elettronici (EVG)

Durante il funzionamento di lampade fluorescenti allacciate ad un EVG si possono registrare le caratteristiche seguenti:

- aumento dell'efficienza luminosa
- funzionamento della lampada senza sfarfallio (e, di conseguenza, impedimento dell'effetto stroboscopico nel caso di oggetti rotanti, ad es. il tornio)
- perdite proprie basse
- a seconda del tipo di apparecchio è possibile una regolazione semplice del flusso luminoso, rispettivamente del comando dipendente dalla luce naturale
- durata di vita aumentata delle lampade nel caso di un procedimento di accensione adeguato (accensione a caldo)
- fattore di potenza quasi uguale a 1 (non è necessaria una compensazione)
- a seconda del tipo di apparecchio è possibile far funzionare due lampade per ogni EVG.

Rispetto al KVG ed al VVG, il prezzo notevolmente più elevato dell'EVG può essere compensato grazie alla possibilità di un funzionamento con corpi illuminanti a due tubi.

<b>Alimentatore</b>	<b>Tipo di lampade</b>	<b>Potenza delle lampade</b>	<b>Perdita VG</b>	<b>Potenza del sistema</b>
convenzionale	T 36 W	36 W	10,5 W	46,5 W
a bassa perdita	T 36 W	36 W	6 W	42 W
a perdita estremamente bassa	T 36 W	36 W	4 W	40 W
elettronico	T 36 W	32 W	4 W	36 W
convenzionale	T 58 W	58 W	15 W	73 W
a bassa perdita	T 58 W	58 W	9 W	67 W
a perdita estremamente bassa	T 58 W	58 W	5,5 W	63,5 W
elettronico	T 58 W	50 W	5 W	55 W

Tabella 13:  
consumo di lampade fluorescenti  
e di alimentatori



## ■ Interazioni ed interferenze causate dagli EVG

A causa del funzionamento ad alta frequenza (25-45 kHz) dei tubi fluorescenti alimentati da un EVG, possono eventualmente manifestarsi le interazioni seguenti:

- influsso esercitato su impianti di comando ai raggi infrarossi
- influsso esercitato sugli impianti cercapersona induttivi
- sensibilità più elevata per quanto concerne sovratensioni e sottotensioni occasionali nei confronti di KVG/VVG
- temperatura ammissibile degli apparecchi più bassa che non nel caso di KVG/VVG (diminuzione della durata di vita degli apparecchi qualora tale temperatura fosse superata).

Nel caso di una progettazione accurata e qualora si tenga conto di alcuni avvertimenti [27], l'utilizzazione di EVG può tuttavia rivelarsi molto conveniente.

*Cfr. 2.2:  
Risanamento dell'illuminazione  
di un magazzino*





## 10. Lista di controllo

1. Sono montate lampade fluorescenti del diametro di 38 mm (cfr. p. 59)?
2. Qual è il rendimento dei corpi illuminanti, rispettivamente gli stessi sono molto sporchi (cfr. p. 51 e p. 65)?
3. Quale tipo di alimentatore è installato (cfr. p. 69)?
4. Vale la pena d'installare lampade a tre bande (cfr. p. 60)?
5. Qual è il rendimento delle superfici illuminate, rispettivamente vale la pena di verniciare a nuovo il locale (cfr. p. 30)?
6. È possibile, rispettivamente razionale, utilizzare maggiormente la luce naturale (cfr. p. 44)?
7. Le misure di protezione contro il sole sono utilizzate soltanto se necessario (cfr. p. 47)?
8. Può essere ridotta la durata di funzionamento dell'illuminazione (cfr. p. 33)?
9. Sono installate lampade a vapori di mercurio (cfr. p. 60)?
10. Può essere aumentata la produzione migliorando la qualità dell'illuminazione (cfr. p. 22)?
11. È possibile ottenere una riduzione della densità luminosa mediante una nuova disposizione dei corpi illuminanti, ossia con un'illuminazione generale orientata verso i posti di lavoro (bassa densità luminosa orizzontale con elevata densità luminosa verticale, cfr. p. 31)?
12. Qual è il rendimento dell'impianto, rispettivamente occorre prendere in considerazione varianti dell'illuminazione (cfr. p. 24)?
13. È stata fatta una scelta per quanto concerne l'influsso del colore (cfr. p. 34)?





# 11. Bibliografia

- [1] Ufficio federale dei problemi congiunturali:  
**«Haustechnik in der integralen Planung»**  
Berna, 1986
- [2] Fördergemeinschaft «Gutes Licht»:  
**«Informationshefte zur Lichtenwendung»**  
Frankfurt
- [3] Ufficio delle costruzioni federali:  
**«Energiegerechte Neubauten»**  
Berna, 1981
- [4] Bänziger R.:  
**«Elektrizität sparen beim Licht»**  
Programma d'impulso per l'impiantistica, 1987
- [5] SLG:  
**«Handbuch für Beleuchtung»**  
ecomед-Fachverlag, Landsberg, 1992
- [6] SLG:  
**«Zeitgemässe Beleuchtung in Industrie und Gewerbe»**  
Tagungsband, Bern, 1990
- [7] **«Nachtarbeit»**  
New England Journal of Medicine, vol. 322, p. 1253
- [8] **Progetto RAVEL n. 22.51c, Illuminazione UCFSM Berna**  
A. Piazza, Bienne, 1992
- [9] Sommer J., Loef C.:  
**«Fensterlose Industriebauten»**  
Wilhelm Goldmann Verlag GmbH, München, 1972
- [10] Bundesanstalt für Arbeitsschutz:  
**«Farbe am Arbeitsplatz»**  
Dortmund, 1992
- [11] Vögeli F.:  
**«Beleuchtung und Farbgestaltung im Industriebetrieb»**  
Verlag Paul Haupt, Bern
- [12] SLG:  
**«Wegleitung für die Wahl von Fluoreszenzlampen und Betriebs-  
systemen»**  
Dok. Nr. 250/92, Bern, 1992
- [13] Gütermann A.:  
**«Thermische Messungen am Stahllager Kägi»**  
AMENA, Stationsstr. 17a, CH-8952 Schlieren, 1990
- [14] Frieling H.:  
**«Licht und Farbe am Arbeitsplatz»**  
Verlagsgemeinschaft für Wirtschaftspublizistik,  
Bad Wörishofen, 1982



- [15] Irens A.N.:  
**«Light and productivity»**  
Trans. Illum. Eng. Soc., Vol. 25 nr. 2, London 1960
- [16] Sommer J.:  
**«Arbeitsleistung und Beleuchtung»**  
Arbeit und Leistung, 23. Jahrg., Heft 7/8, 1969
- [17] Herbst C.-H.:  
**«Der Einfluss des Lichtes auf den arbeitenden Menschen»**  
Elektrizität, Heft 11, p. 284-300, Frankfurt, 1968
- [18] Deutsches Lichtinstitut:  
**«Einfluss der Beleuchtung auf die Arbeit an der Schreibmaschine»**  
Mitteilung 13, Wiesbaden, 1970
- [19] Benz C.:  
**«Gestalten der Sehbedingungen am Arbeitsplatz»**  
TÜV Rheinland, Köln, 1983
- [20] Hartmann:  
**«Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz»**  
Kiehl Verlag GmbH, Ludwigshafen, 1977
- [21] Weis B.:  
**«Not-Beleuchtung»**  
Pflaum-Verlag, München, 1993
- [22] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung:  
**«Gutachten zur Risikominimierung bei Halleneinfahrten»**  
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhafen, 1991
- [23] Steck B.:  
**«Lichttechnik im Betrieb»**  
Carl Hanser Verlag, München, 1969
- [24] Stenzel:  
**«Kosten des Lampenlichtes in industriellen Betrieben»**  
Elektrizität 16, Heft 10, p. 370, 1966, in parte non pubblicato
- [25] Rinza P., Schmitz H.:  
**«Nutzwert-Kosten-Analyse – eine Entscheidungshilfe»**  
VDI-Verlag, Düsseldorf, 1992
- [26] Carlsson L., Wibom R.:  
**«Lichtverluste in Giessereien»**  
Internationale Lichtrundschau, Heft 2, p. 38, 1981
- [27] UFE, ATAL:  
**«Elektronische Vorschaltgeräte für Fluoreszenzlampen, Eigenschaften und Planungshinweise»**  
Collana dell'Ufficio federale dell'energia,  
Studio n. 49, UCFSM Berna, 1991
- [28] M. Kröber u.a.:  
**«Industriehallenbeleuchtung mit SON-Lampen»**  
Internationale Lichtrundschau, Heft 2, p. 56, 1980



## 12. Indice analitico

Lemma	Pagina
<b>A</b>	
Accessibilità	53
Affaticamento	34
Affaticamento degli occhi	22
Alimentatore a bassa perdita (VVG)	69
Alimentatore convenzionale (KVG)	14, 69
Alimentatori elettronici (EVG)	39, 69
Altezza dei capannoni	44
Analisi	24
Analisi globale del progetto	24
Andamento del fattore di luce diurna	46
Apparecchi ausiliari	69
Attivazione	22
Aumento della produttività	17, 23
Aumento dell'efficienza	22, 23, 35
<b>C</b>	
Calcolo della luce naturale	43
Capannoni senza finestre	43
Climatizzazione	66
Colorazione	30, 34
Colore della luce	57
Comando	33
Compito visivo specifico	32
Concetto d'illuminazione	30
Consumo d'energia	30
Correnti	66
Costi annui dell'illuminazione	15
Costi d'esercizio	15, 51
<b>D</b>	
Densità luminosa verticale	12
Diminuzione del flusso luminoso	52
Disposizione dei corpi illuminanti	66
Distanza tra le lampade	65
Durata di vita	57



Lemma	Pagina
<b>E</b>	
Efficienza	22
Efficienza luminosa	57
Energia solare	16
Energia termica	16
<b>F</b>	
Fabbisogno d'impianti	33
Fattore d'esercizio globale	13
Fattore di luce diurna	43
Finestra con vista verso l'esterno	43
Flusso luminoso	57
<b>G</b>	
Gestione dell'energia	21
Grado di adempimento	26
<b>I</b>	
Illuminazione delle entrate	39
Illuminazione d'emergenza	39
Illuminazione di sicurezza	39
Illuminazione generale	31
Illuminazione generale orientata verso il posto di lavoro	32
Influsso del colore	34
Ingressi dei capannoni	39
Inserimento per zone	14, 33
Interazioni ed interferenze	71
Intervallo tra le puliture	52
Isolamento termico	47
Istallazione	65
<b>L</b>	
Lampade a vapori di mercurio	60
Lampade a vapori di sodio ad alta pressione	60
Lampade ad incandescenza	59
Lampade ad induzione	61
Lampade alogene a vapori metallici	58, 60
Lampade fluorescenti	58
Lampade fluorescenti compatte	59
Lista di controllo	73
Luce naturale	33, 43
Lucernario	44



Lemma	Pagina
<b>M</b>	
Manutenzione	51
Metabolismo	22
Motivazione	22
Muscoli dell'occhio	22
<b>O</b>	
Ore di funzionamento	13
Ottimizzazione	22
<b>P</b>	
Percentuale d'infortuni	34
Perdite di luminosità	52
Ponderazione	26
Potenza delle lampade	59
Potenza del sistema	57
Potenza specifica installata	11, 31
Processo visivo	22
Produttività	17, 21, 23
Progettazione	24, 71
Protezione contro il sole	47
Pulitura	51
<b>Q</b>	
Qualità dell'illuminazione	17
<b>R</b>	
Redditività	21, 52
Rendimento dei corpi illuminanti	52, 65
Rendimento delle superfici illuminate	30
Resa del colore	57
Ripartizione della brillantezza	23
Ripartizione della luminanza	23
Risparmio d'energia	23
<b>S</b>	
Shed	44
Sistema di corpi illuminanti installati su un binario	31, 65
Sorgenti luminose	57
Sostituzione per gruppi	53
Sporcizia	51
Superfici dei locali	30
Superfici d'emissione luminosa	65



Lemma	Pagina
<b>T</b>	
Tabella dei valori	26
Temperatura del colore	57
Tipo d'illuminazione	31
<b>V</b>	
Valore in contanti	15
<b>Z</b>	
Zone di traffico	31