

Presentazione n. 3

Curve fotometriche

Studio, analisi e scelta di quella migliore per il nostro utilizzo



Corso di formazione – Imparare a capire la luce a colpo d’occhio

Gennaio 2024 – ing. Diego Bonata

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI E STUDIO DELLE CURVE FOTOMETRICHE

- Introduzione e classificazioni normative
- Dati, solidi e curve fotometriche
- Come leggere e interpretare le curve fotometriche
- Scegliere le curve fotometriche

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRIA

RICORDIAMO LE GRANDEZZE FONDAMENTALI:

FLUSSO LUMINOSO: *E' una grandezza derivata dal flusso energetico ed esprime la quantità di energia emessa nel campo visibile da una sorgente luminosa nell'unità di tempo, è un parametro puramente **quantitativo** e non fornisce alcuna informazione di tipo qualitativo*

*Si indica con Φ (phi) e si misura in **Lumen [lm]***

*Il valore del flusso luminoso di una determinata sorgente è fornito dal **produttore** della sorgente luminosa.*

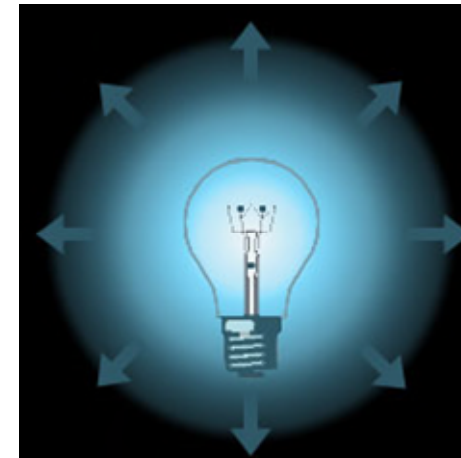
Alcuni esempi:

Sodio alta pressione alta eff. 100W: 10.000 lm

Sodio alta pressione alta eff. 150W: 17.500 lm

Fluorescente compatta (TC-D) 13W: 900 lm

.....



CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMERIA

RICORDIAMO LE GRANDEZZE FONDAMENTALI:

INTENSITA' LUMINOSA: *Esprime la quantità di luce che è emessa da una sorgente in una determinata direzione.*

Più propriamente, l'intensità esprime il rapporto fra il flusso uscente dalla sorgente entro un certo angolo solido e l'ampiezza dell'angolo solido stesso.

*Si indica con la lettera **I** e si misura in **candele** [cd].*

L'intensità luminosa è una grandezza "vettoriale": per esprimerla, non è sufficiente Indicare una quantità ma occorre anche indicare la direzione ad essa associata inoltre per permettere i necessari confronti viene normalizzata per 1000 lumen.

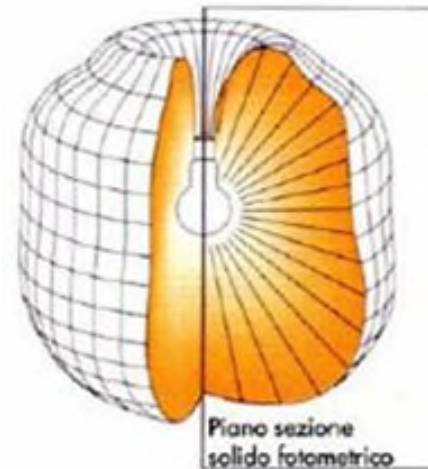


CURVE FOTOMETRICHE

CURVE FOTOMETRICHE IN COORDINATE POLARI

La curva fotometrica è il primo elemento di valutazione delle caratteristiche fotometriche di un apparecchio ed è alla base della documentazione fotometrica che deve sempre essere allegata ad un apparecchio di illuminazione.

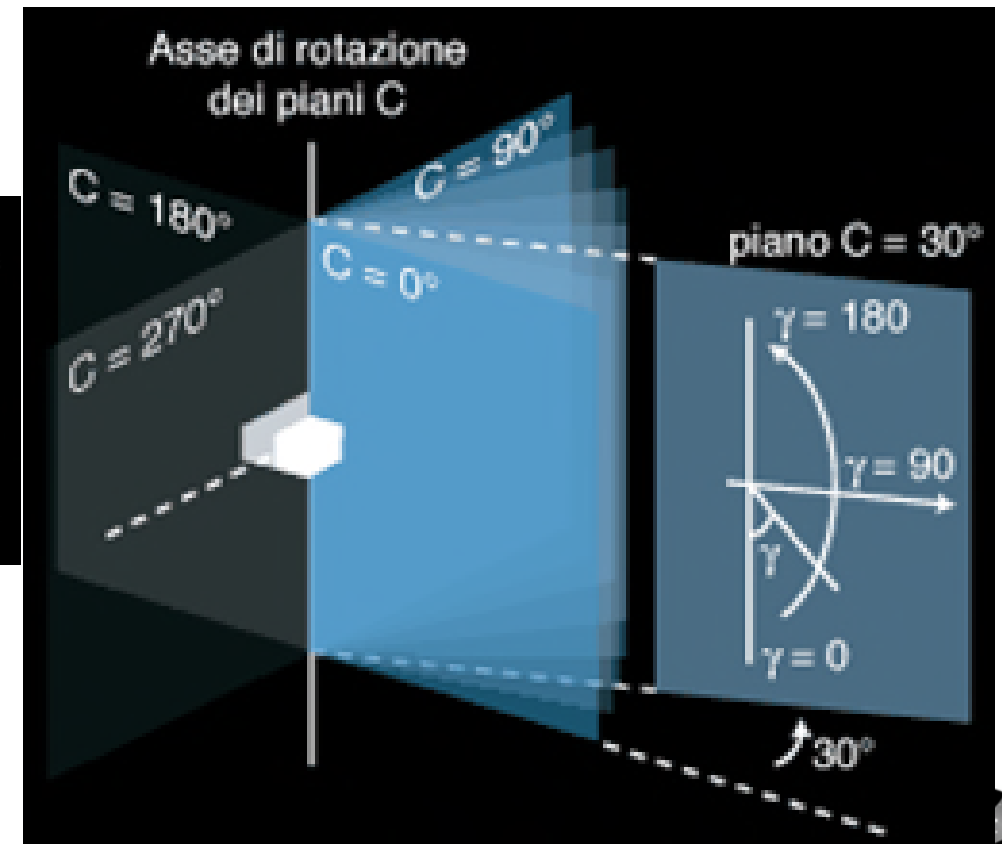
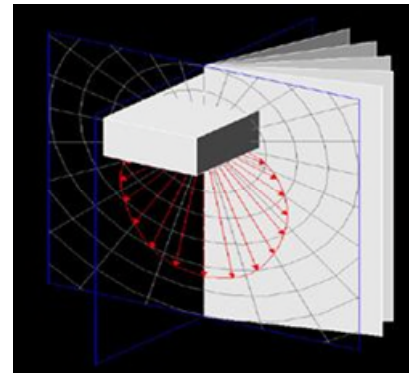
La distribuzione delle intensità luminose può essere espressa tramite una superficie tridimensionale che viene detta **solido fotometrico**.



CURVE FOTOMETRICHE

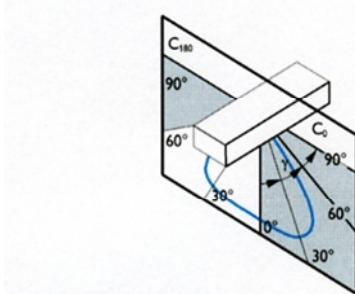
La **curva fotometrica** corrisponde alla sezione del solido fotometrico secondo uno dei piani di riferimento. Esso dunque rappresenta, sotto forma di diagramma polare, la distribuzione dell'intensità luminosa di un apparecchio.

Il sistema più diffuso è quello denominato ***C- γ*** (***C gamma***), secondo il quale il solido fotometrico è rappresentato tramite un fascio di piani che hanno in comune un asse, corrispondente all'asse ottico principale uscente dall'apparecchio.

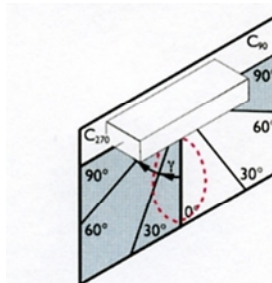


CURVE FOTOMETRICHE

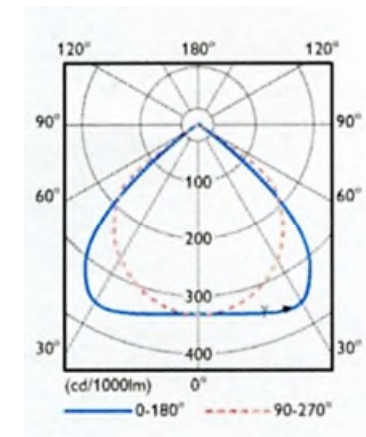
- Normalmente su uno stesso grafico si riportano i valori di due semipiani contrapposti (C_0 - C_{180} ; C_{90} - C_{270}).
- Il diagramma polare delle intensità dà un'idea approssimativa della forma della distribuzione della luce data da un particolare apparecchio. I valori delle intensità luminose sono normalizzati in candele per ogni 1000 lm.
- Per ottenere la reale intensità in candele di un dato apparecchio, è sufficiente moltiplicare il valore espresso sul grafico per i kilolumen delle lampade utilizzate.



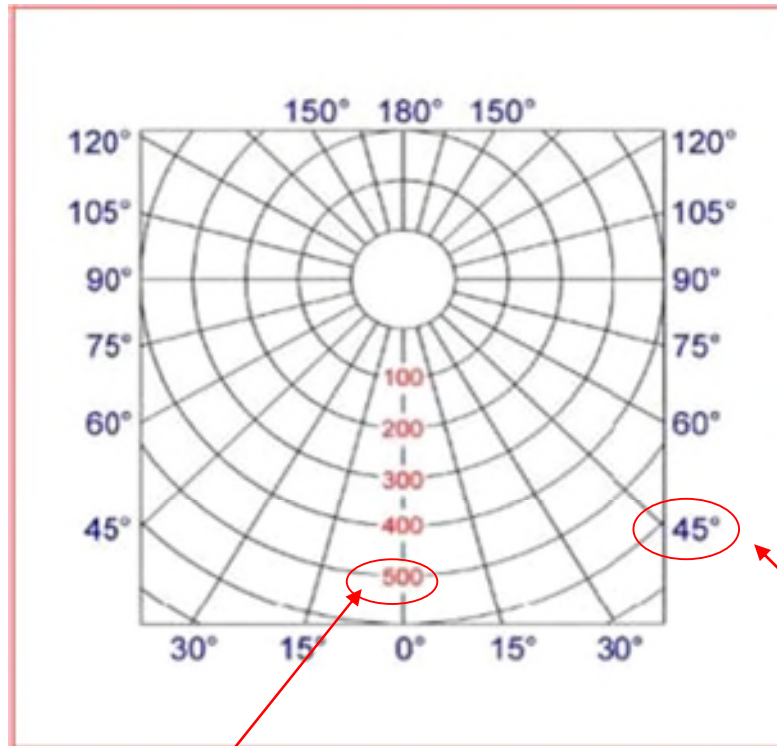
Curva C_0 - C_{180} contenuta nel piano trasversale all'apparecchio



Curva C_{90} - C_{270} contenuta nel piano longitudinale all'apparecchio



CURVE FOTOMETRICHE



Valore dell'intensità - valori relativi (cd/klm)

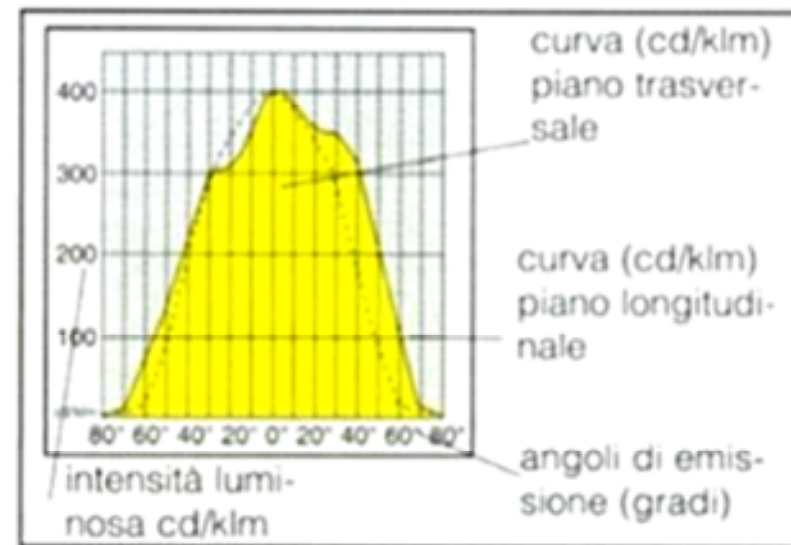
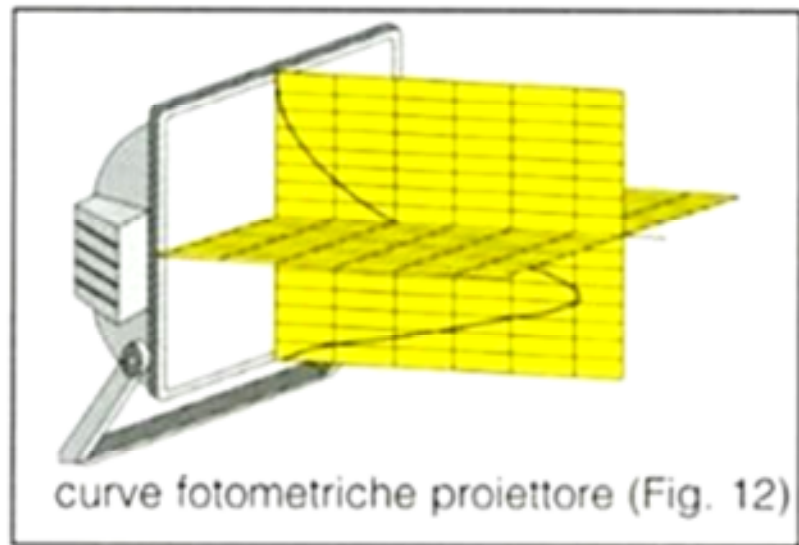
Angoli

L'origine del grafico rappresenta il fuoco ottico e questo viene assunto come puntuale:
dal fuoco ottico vengono quindi tracciate come linee di riferimento sia le direttrici (radiali) sia la scala dei valori assoluti delle intensità (concentriche).

CURVE FOTOMETRICHE

LE CURVE FOTOMETRICHE IN COORDINATE CARTESIANE

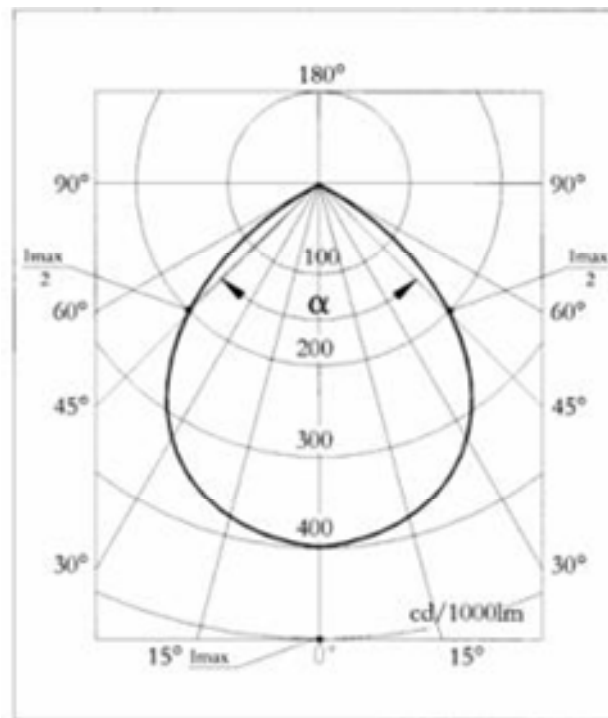
In alcuni casi, ad esempio con proiettori a fascio stretto, risulta difficoltoso leggere le variazioni delle intensità al variare della direzione. In questi casi è inutile far uso del diagramma in coordinate cartesiane.



CURVE FOTOMETRICHE

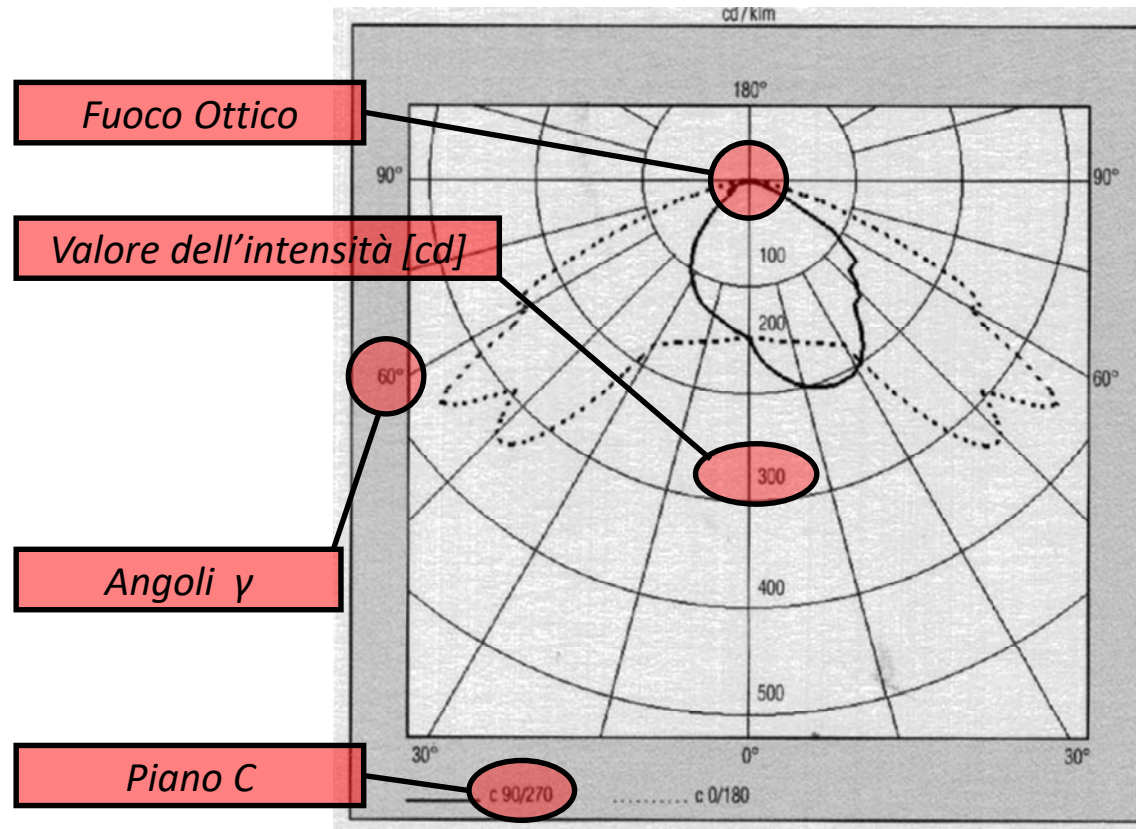
ANGOLO DI APERTURA DEL FASCIO LUMINOSO

L'angolo di apertura del fascio rappresenta l'angolo oltre il quale l'intensità luminosa scende al 50% del suo valore di intensità massima.



CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA

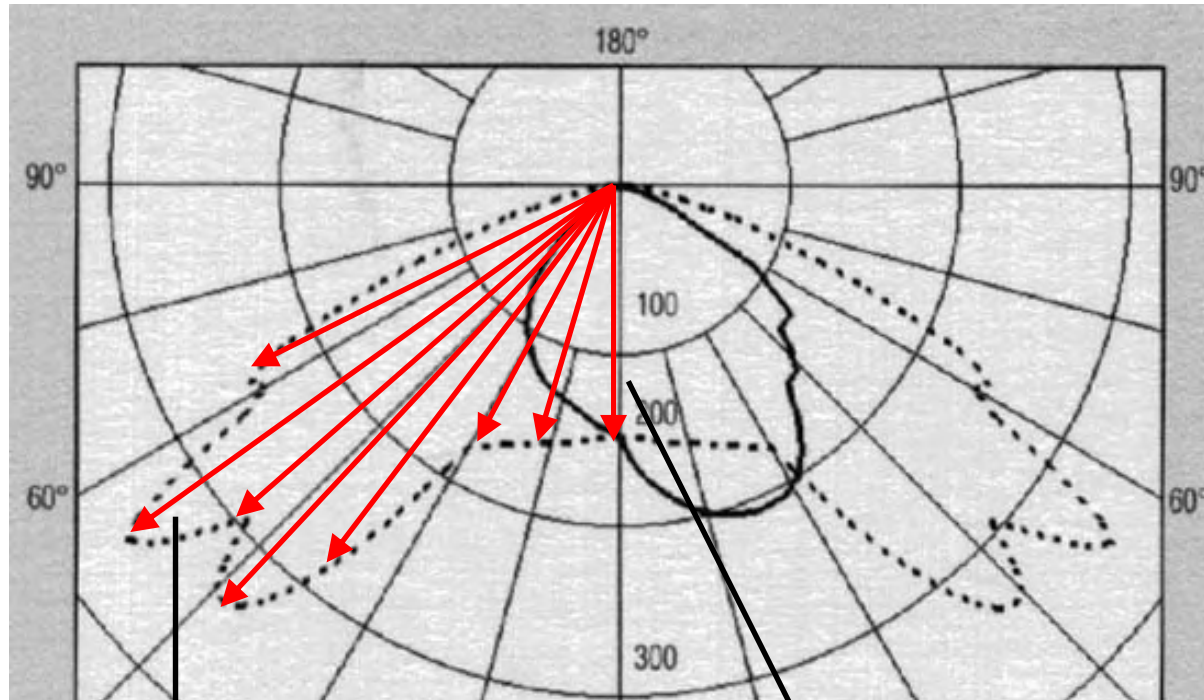


*La rappresentazione grafica delle intensità luminose emesse da un sistema ottico costituisce la **fotometria**.*

*Il sistema grafico più utilizzato è il diagramma polare che costituisce una “**sezione del solido fotometrico**”*

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



Ad ogni direzione di γ è associato un vettore radiale la cui dimensione rappresenta l'intensità.

L'intensità, per comodità viene indicata in cd/klm, cioè rapportata al flusso luminoso emesso dalla lampada.

Circa 350 cd/klm

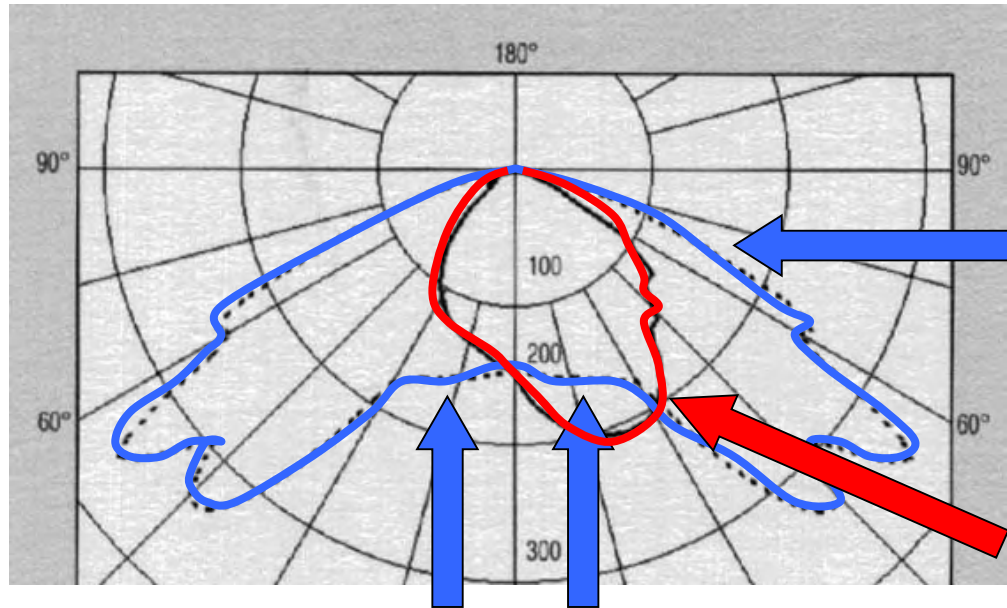
Circa 150 cd/klm

Per lampade da 17.500 lm: circa 6.125 cd

Per lampade da 10.000 lm: circa 1.500 cd

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



essere basso sotto il corpo illuminante ed il più elevato possibile a distanza (longitudinalmente alla strada)

Per avere prestazioni sulle interdistanze la curva deve:

“spingersi” sino ad angoli Gamma di 70-75° per poi decrescere rapidamente tra i 75° e 90° per evitare fenomeni di abbagliamento.

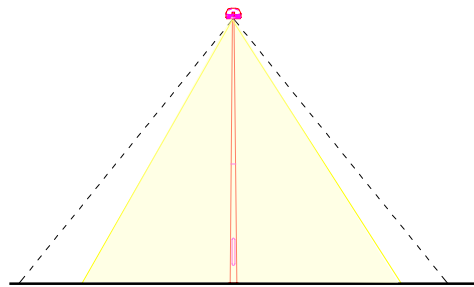
Il piano 90-270 in questo caso esprime la caratteristica asimmetrica di questo apparecchio.

(tangenzialmente alla strada)

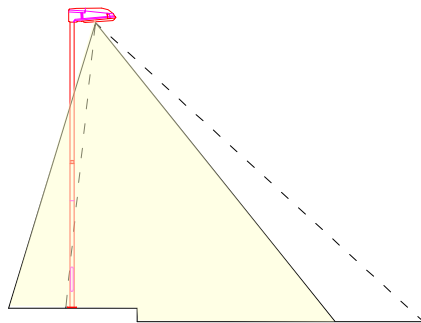
Progettazione illuminotecnica stradale

REGOLAZIONE OTTICA

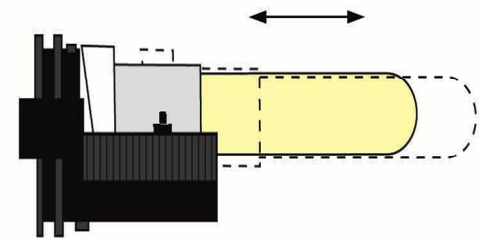
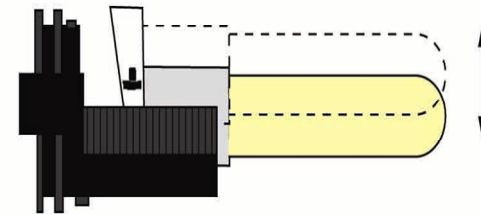
Le armature stradali di più recente progettazione offrono la possibilità di regolare la posizione DEL FUOCO O OTTICHE DIVERSE offrono una vasta gamma di prestazioni fotometriche a parità di apparecchio e lampada – Un esempio:



VERTICALE

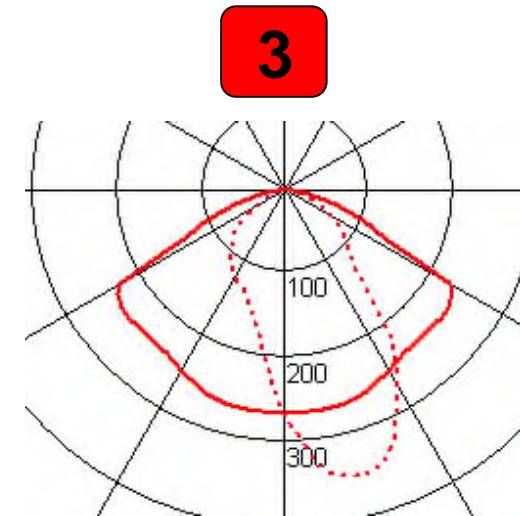
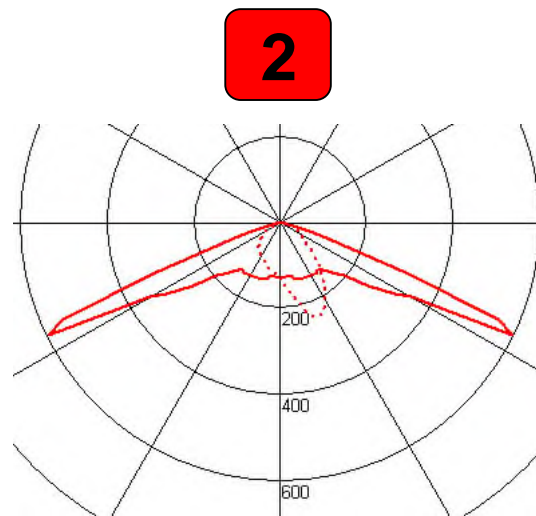
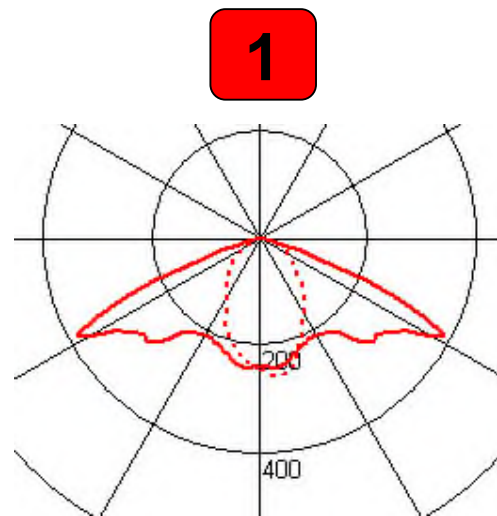


LONGITUDINALE



CURVE FOTOMETRICHE

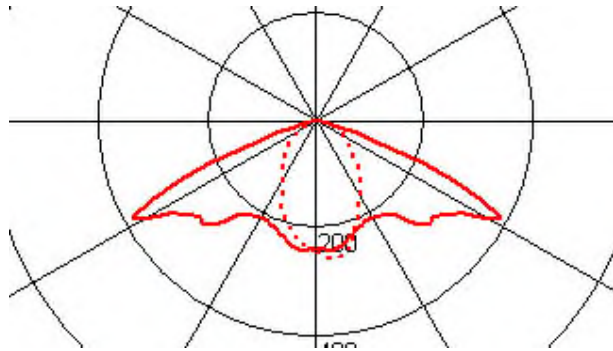
ANALISI DELLA FOTOMETRICA



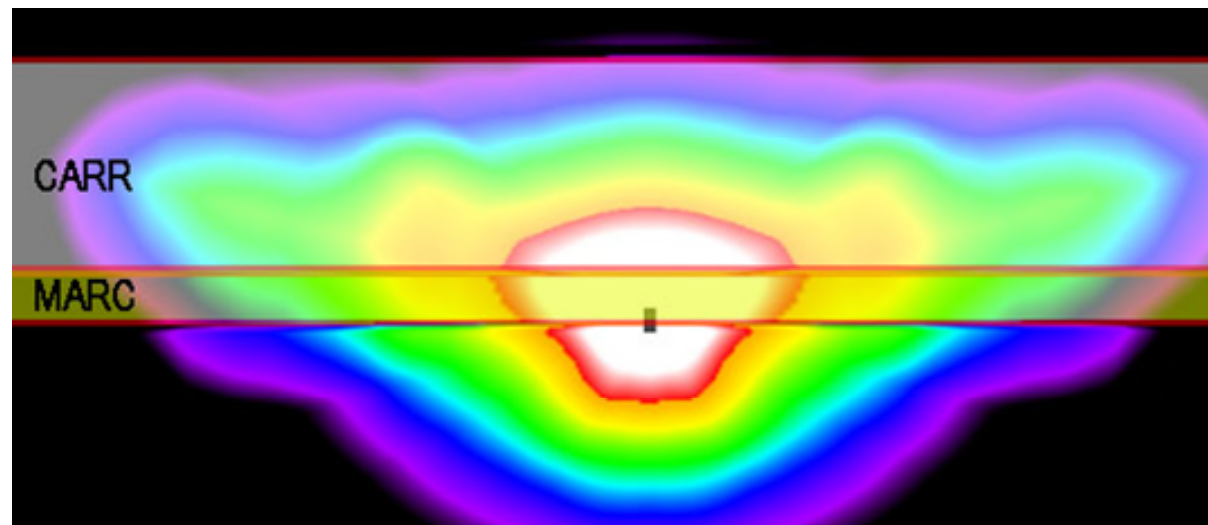
SEMBRANO SIMILI MA.....

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



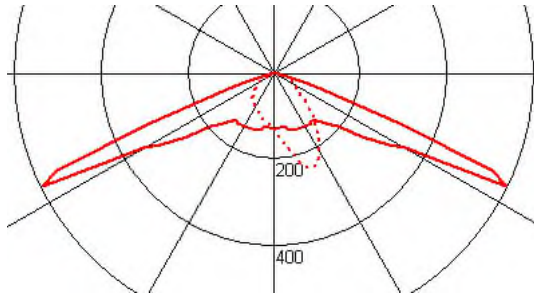
***MODESTA ASIMMETTRIA ED ELEVATO
FLUSSO LUMINOSO SOTTO IL PALO***



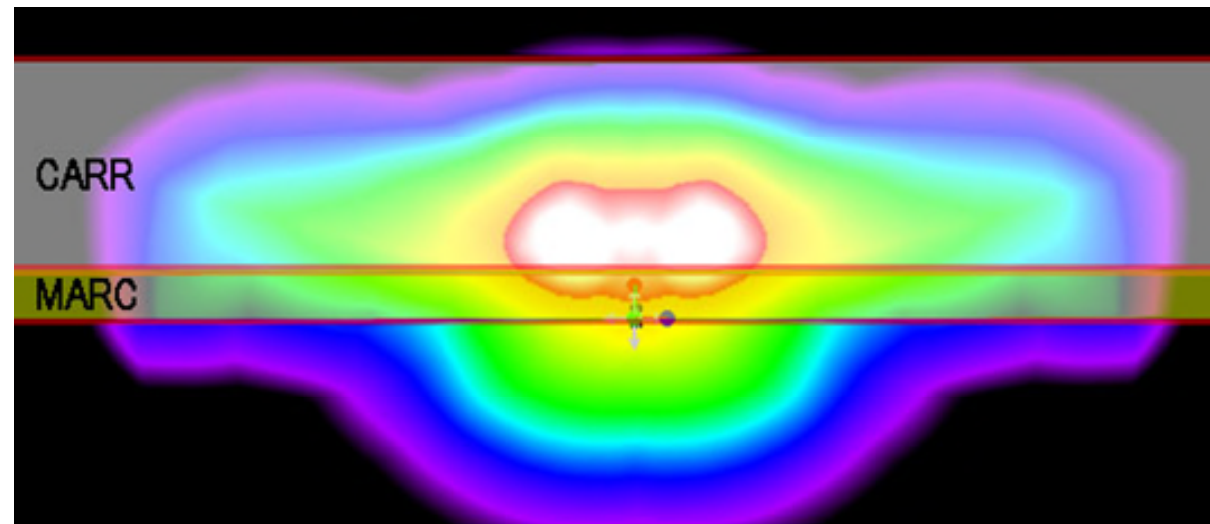
1

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



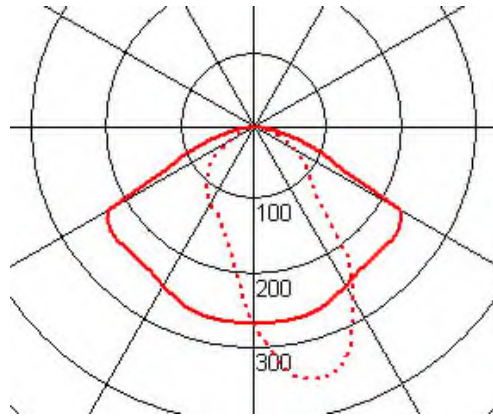
***BUONA ASIMMETRIA E OTTIMA
APERTURA DI FASCIO – CONTENUTO
FLUSSO LUMINOSO SOTTO IL PALO***



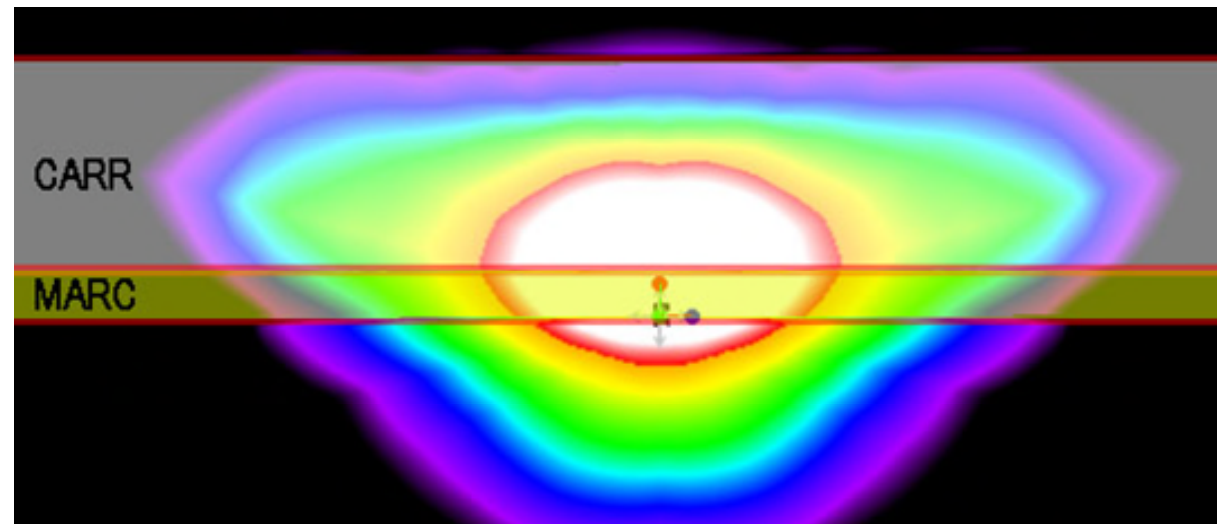
2

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



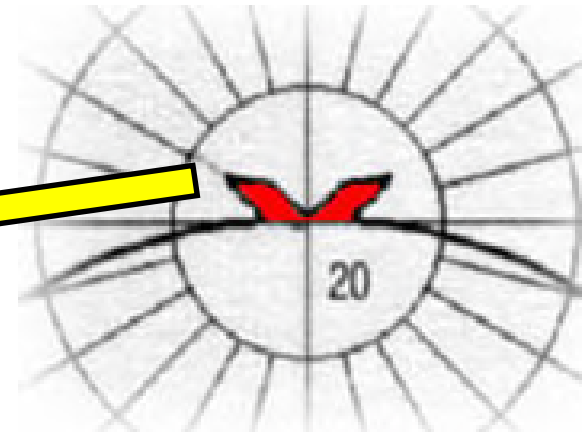
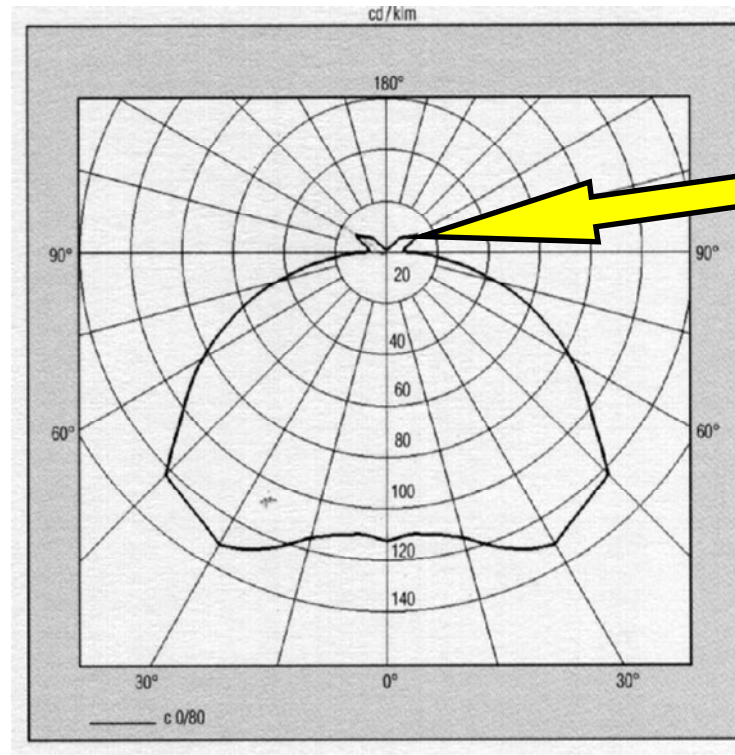
***SCARSA ASIMMETTRIA E MODESTA
APERTURA DI FASCIO – ELEVATO FLUSSO
LUMINOSO SOTTO IL PALO***



3

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA

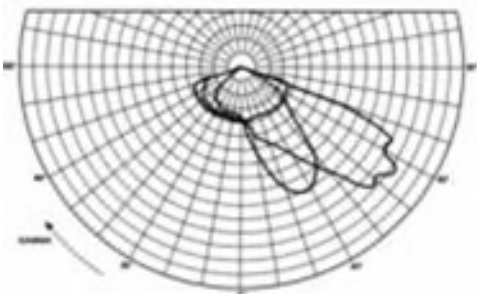
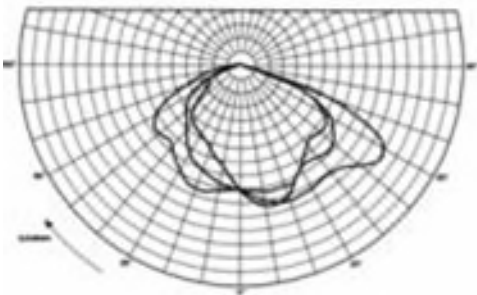
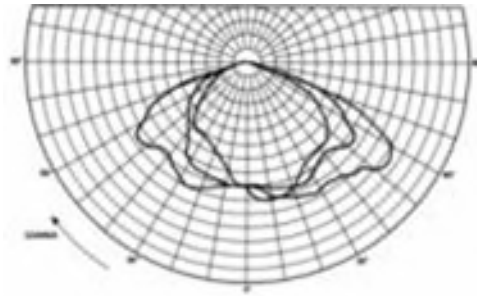


**LA CURVA FOTOMETRICA MOSTRA
CHE QUESTO APPARECCHIO
DISPERDE LUCE SOPRA L'ORIZZONTE**

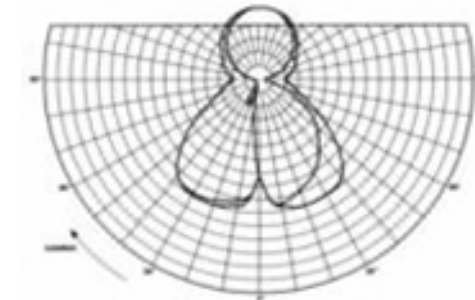
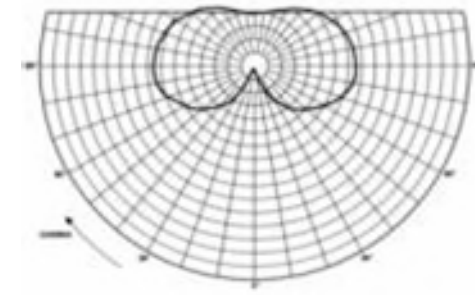
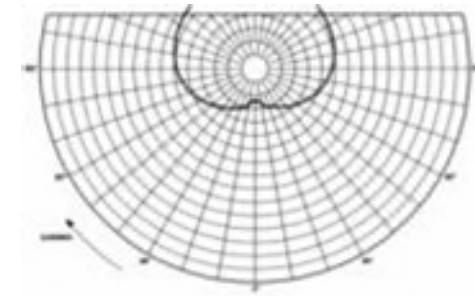
CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA

← Apparecchi che
non emettono
luce verso l'alto

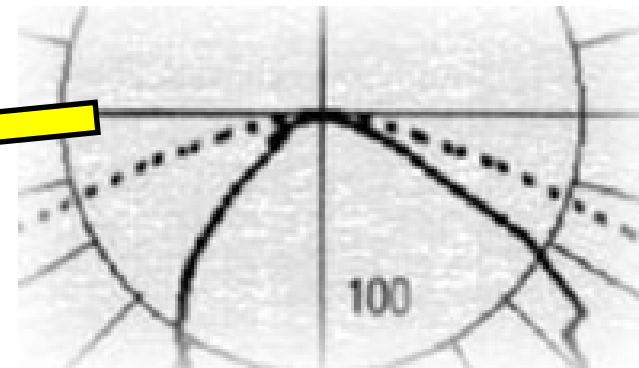
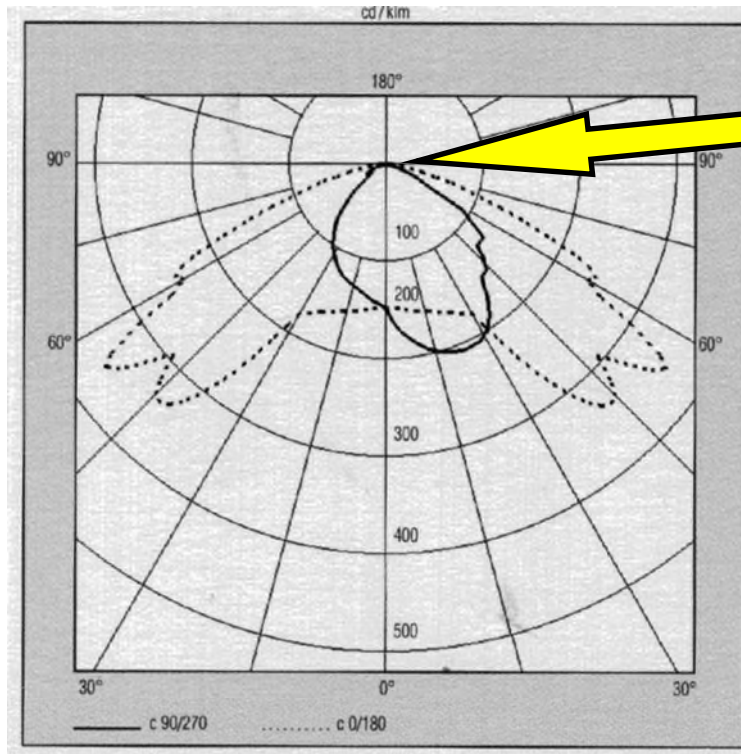


Apparecchi che
emettono luce
verso l'alto e
quindi
inquinanti →



CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA



**QUESTO APPARECCHIO
«SEMBRA» NON DISPERDE
LUCE SOPRA L'ORIZZONTE**



CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA

C	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90
0	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
10	186	186	187	188	190	190	190	190	191	190	191	192	192	193	193	193	195	195	195	194	194	194	193	193	193	193	188
20	177	177	179	182	184	187	188	191	191	192	194	197	198	200	200	199	202	203	203	194	195	194	192	190	185	184	182
30	160	163	168	173	176	181	185	186	190	194	200	204	206	214	214	212	214	211	207	206	196	192	180	184	173	169	173
35	150	154	160	167	171	176	180	183	187	195	201	209	212	215	215	215	215	211	207	200	196	186	180	178	165	160	167
40	130	144	152	158	164	170	176	180	178	193	194	204	207	210	210	223	227	227	210	196	185	177	173	169	155	150	158
45	125	134	146	155	157	160	165	171	178	186	193	200	210	225	225	230	236	236	219	201	186	174	168	162	150	142	155
47.5	116	123	134	145	151	159	163	169	178	191	196	201	215	230	230	240	257	257	237	205	186	169	163	157	142	135	145
50	106	114	127	136	142	140	157	166	176	188	198	210	221	235	235	256	284	284	284	211	182	162	152	147	133	126	136
52.5	96	104	120	128	135	142	151	162	173	187	200	215	231	240	240	279	309	309	282	217	173	157	146	140	128	120	128
55	90	99	113	121	126	135	143	155	166	180	197	215	235	245	245	303	334	334	285	223	173	150	142	136	121	114	121
57.5	82	83	104	114	120	128	133	139	153	165	184	210	241	255	255	325	352	352	282	225	163	142	134	130	112	106	114
60	76	84	96	106	110	117	120	126	140	155	175	207	230	263	263	340	364	364	284	225	161	138	128	122	104	95	106
62.5	68	76	86	97	101	107	110	114	128	145	168	199	234	267	267	346	341	341	277	223	161	134	122	105	97	85	97
65	62	68	80	90	94	99	104	110	121	138	156	190	218	257	257	339	393	393	263	222	159	127	114	100	91	77	90
67.5	53	63	73	83	87	92	96	102	115	134	152	179	210	247	247	346	330	340	231	227	150	117	106	93	85	71	83
70	36	47	67	74	78	82	85	91	104	126	150	177	204	241	241	324	343	333	200	215	134	101	87	84	76	65	74
72.5	10	29	50	59	65	71	74	77	93	115	142	168	190	219	219	312	320	270	164	188	111	80	52	60	51	51	59
75	5	8	19	29	35	43	47	65	66	97	120	151	180	168	168	279	275	185	51	144	59	33	41	34	22	27	29
77.5	2	4	6	7	9	11	12	12	20	38	60	82	80	77	110	188	124	44	8	86	17	7	8	8	5	14	7
80	0	1	3	4	4	5	8	6	7	7	8	11	12	13	20	85	13	6	4	27	9	3	7	2	1	2	4
82.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	4	13	5	3	1	5	2	1	1	1	1	1	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	2	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0
87.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
90-180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

L'analisi del grafico polare non ci da tutte le informazioni relativa all'inquinamento luminoso ma è fondamentale analizzare anche i dati numerici riportati in forma tabellare

CURVE FOTOMETRICHE

ANALISI DELLA FOTOMETRICA

figura 1		figura 2		figura 3	
Angolo	Intensità cd/1000 lm	Angolo	Intensità cd/1000 lm	Angolo	Intensità cd/1000 lm
0°	335	0°	368	0°	412
10°	368	10°	335	10°	391
20°	391	20°	368	20°	368
30°	412	30°	391	30°	335
40°	435	40°	412	40°	368
50°	487	50°	435	50°	391
60°	574	60°	487	60°	412
70°	125	70°	574	70°	435
80°	12	80°	125	80°	487
90°	0	90°	12	90°	574
100°	0	100°	0	100°	125
110°	0	110°	0	110°	12
120°	0	120°	0	120°	0
130°	0	130°	0	130°	0
140°	0	140°	0	140°	0
150°	0	150°	0	150°	0
160°	0	160°	0	160°	0
170°	0	170°	0	170°	0
180°	0	180°	0	180°	0
190°	0	190°	0	190°	0
200°	0	200°	0	200°	0
210°	0	210°	0	210°	0
220°	0	220°	0	220°	0
230°	0	230°	0	230°	0
240°	0	240°	0	240°	0
250°	0	250°	0	250°	0
260°	0	260°	0	260°	0
270°	0	270°	0	270°	0
280°	12	280°	0	280°	0
290°	125	290°	12	290°	0
300°	574	300°	125	300°	0
310°	487	310°	574	310°	12
320°	435	320°	487	320°	125
330°	412	330°	435	330°	574
340°	391	340°	412	340°	487
350°	368	350°	391	350°	435

Un apparecchio illuminante non inquinante può diventare inquinante semplicemente inclinandolo!!!

ATTENZIONE:

- *Analizzare la tabella legata all'apparecchio (posizione orizzontale) figura 1*
- *Se l'apparecchio venisse orientato di 10° i valori slitterebbero di una casella corrispondente a 10° figura 2*
- *Se l'apparecchio venisse orientato di 30° i valori slitterebbero di una casella corrispondente a 30° figura 3;*

CURVE FOTOMETRICHE

COSA SI PUÒ CONOSCERE DALLA C.F.

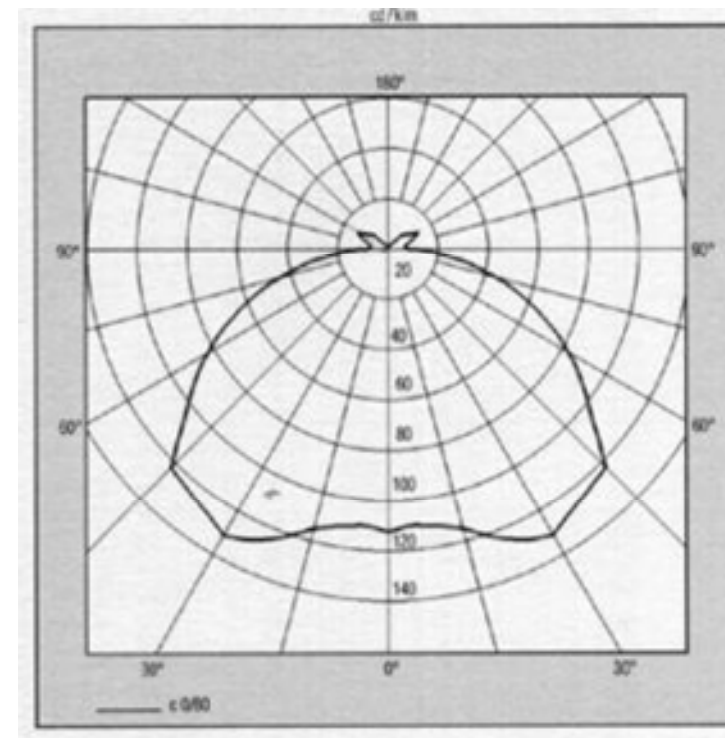
Caratteristiche:

- L'apparecchio invia molta luce verticalmente;
- L'intensità luminosa laterale è scarsa;
- Flusso luminoso disperso fuori dall'area (ottica simmetrica);
- Flusso disperso verso l'alto.

quindi:

- L'Interdistanza ridotta tra gli apparecchi;
- Spreco energetico.

ANALISI DELLA CURVA



CURVE FOTOMETRICHE

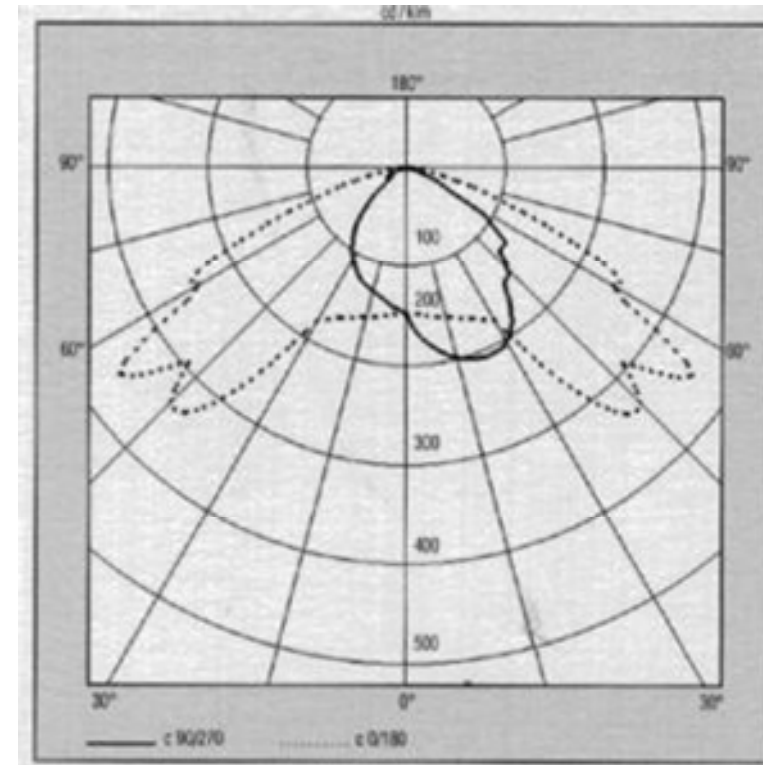
COSA SI PUÒ CONOSCERE DALLA C.F.

- Caratteristiche:
 - L'apparecchio invia molta luce lateralmente;
 - Intensità della luce sulla verticale ridotta;
 - Assenza di flusso luminoso inquinante;

E quindi:

- L'apparecchio permette di ottimizzare le performance illuminotecniche meglio di quello precedente.

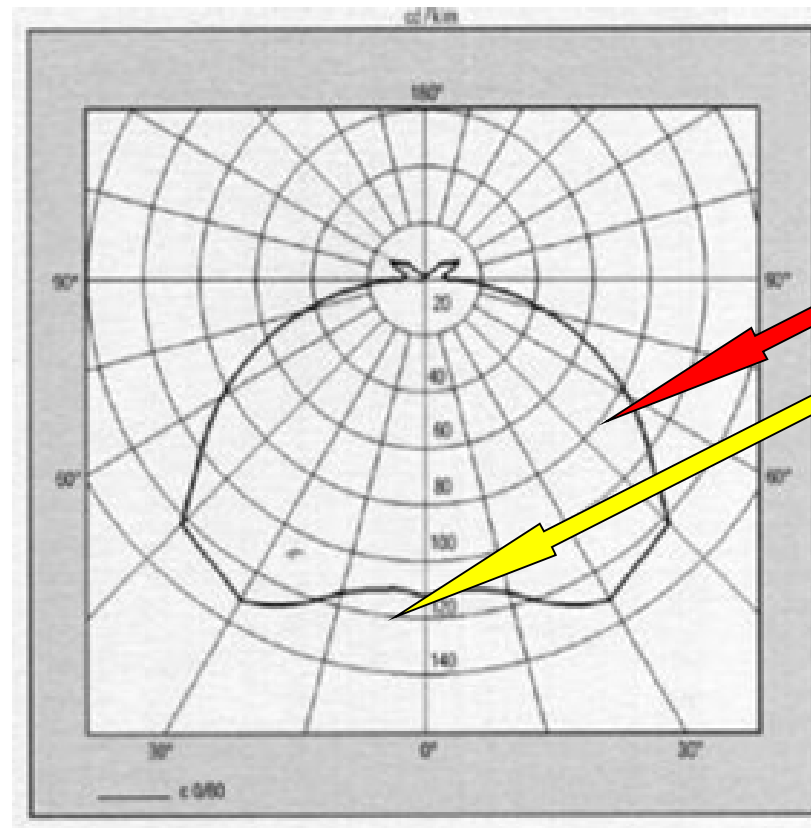
ANALISI DELLA CURVA



CURVE FOTOMETRICHE

COSA SI PUÒ CONOSCERE DALLA C.F.

ANALISI DELLA CURVA



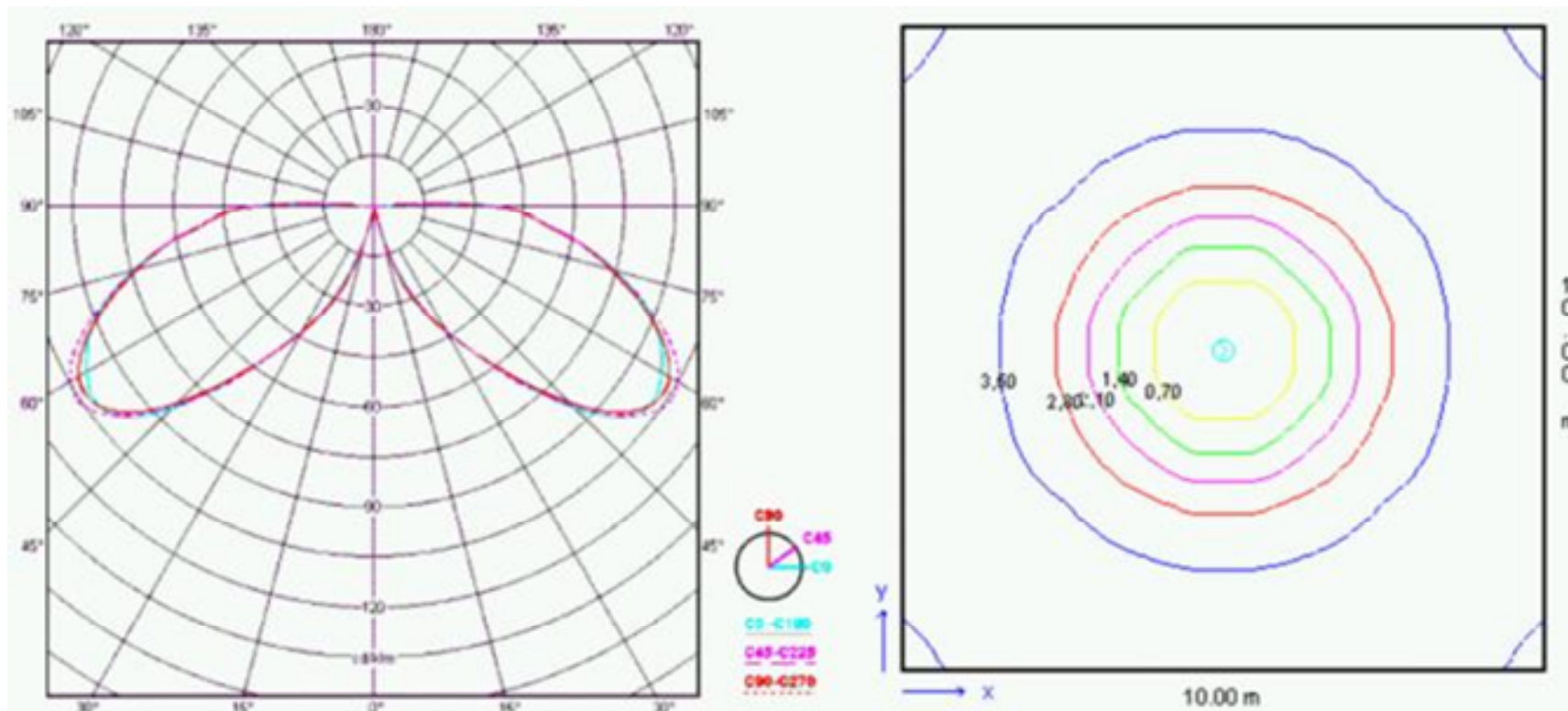
Circa 80 cd/klm

Circa 115 cd/klm

CURVE FOTOMETRICHE

CURVE SIMMETRICHE

le misure su i tre piani sono quasi identiche

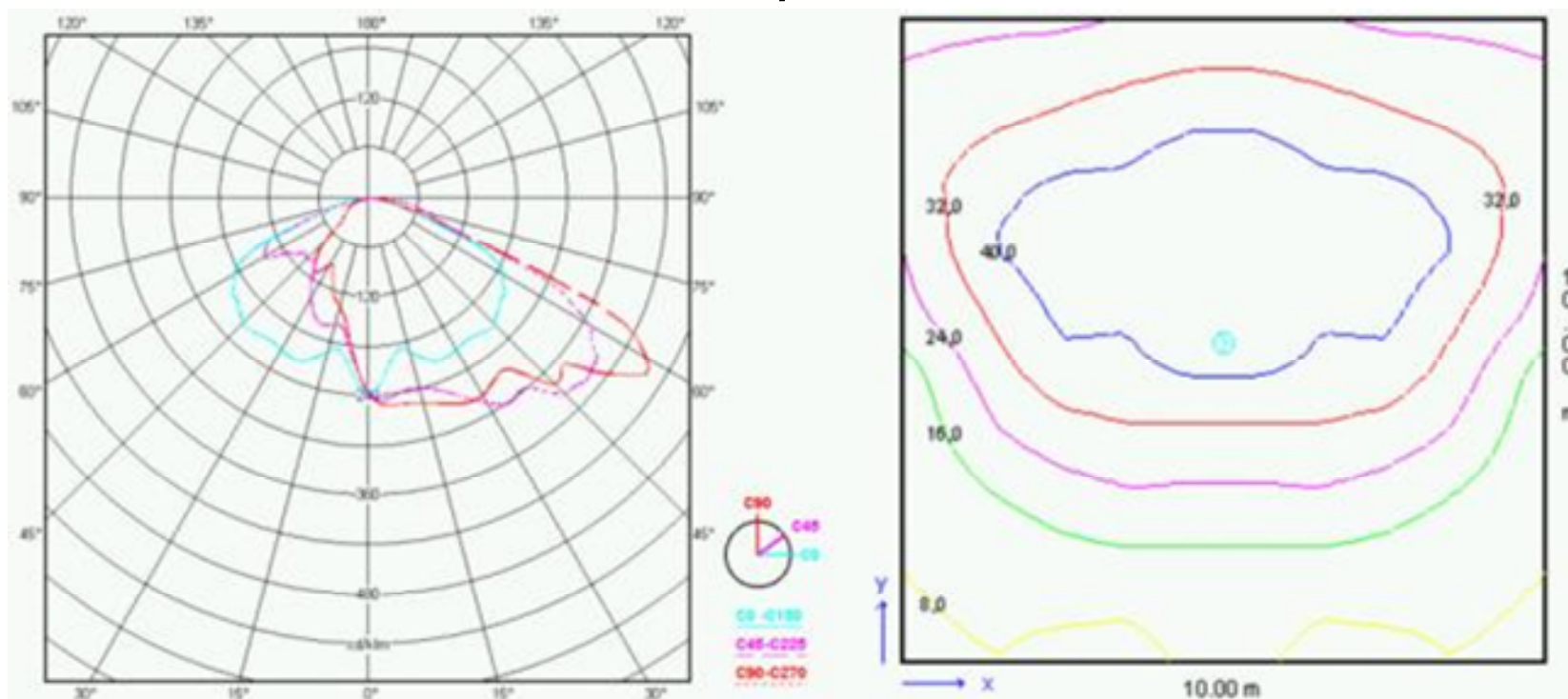


Le curve isolux sono circolari e simmetriche
Per es. apparecchio adatto per aree-piazze-parchi

CURVE FOTOMETRICHE

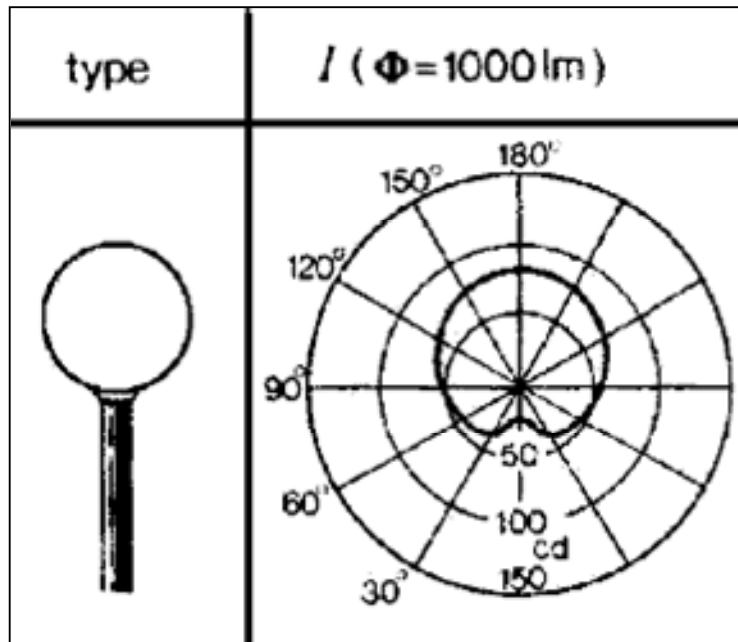
CURVE ASIMMETRICHE

le misure su i tre piani sono diverse

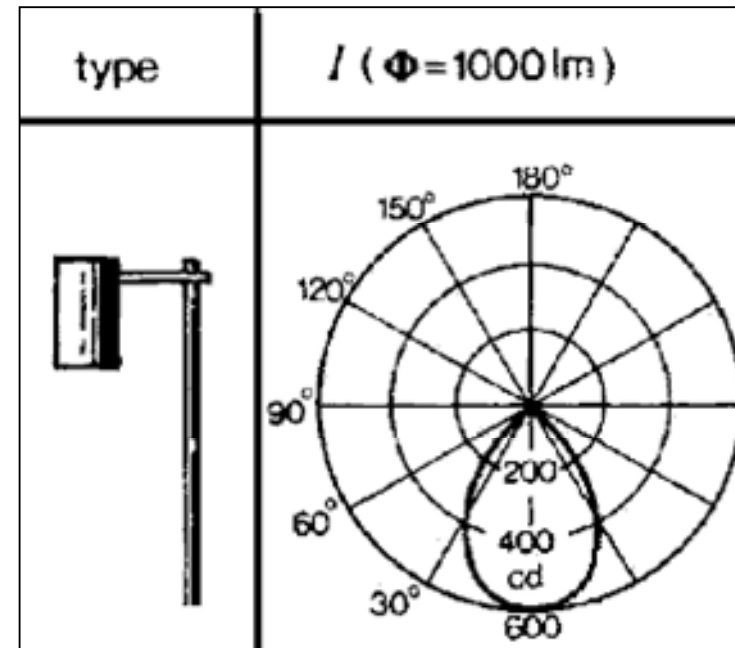


Le curve isolux sono asimmetriche ed in questo caso allungate lungo l'asse longitudinale. Per es. apparecchio adatto in ambito stradale-pedonale-ciclabile

CURVE FOTOMETRICHE



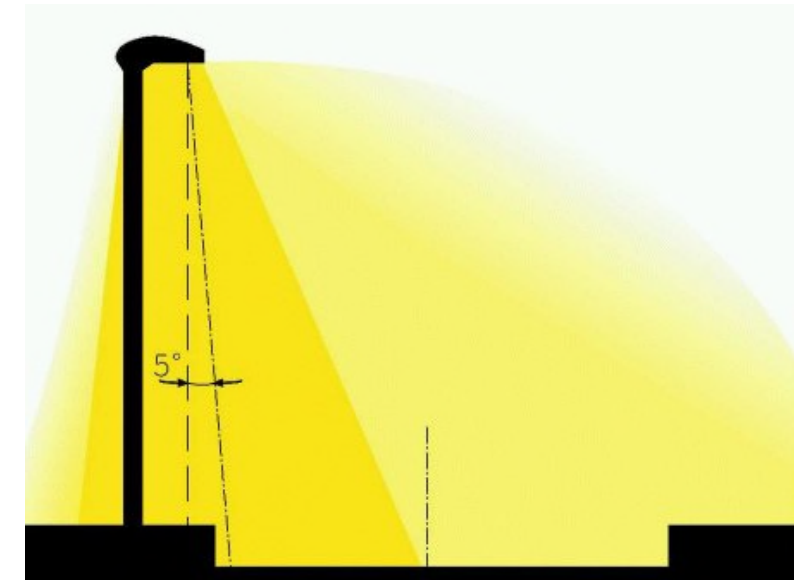
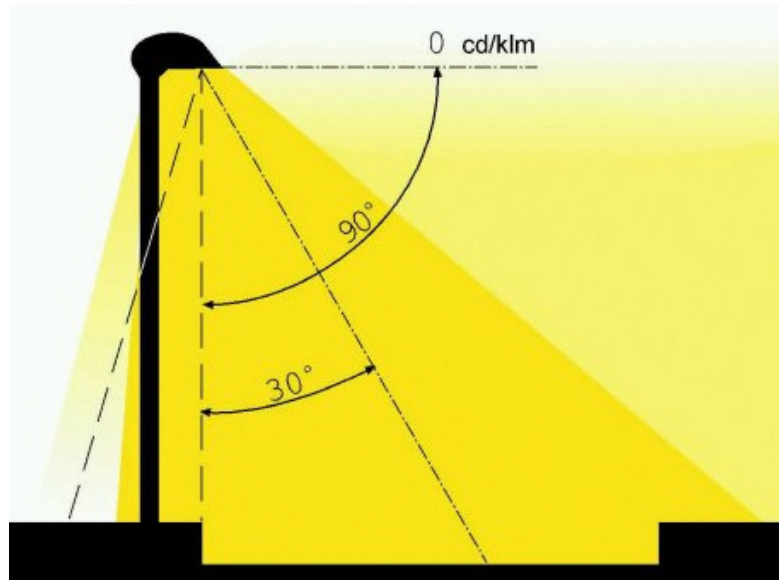
La sfera emette la maggior parte del suo flusso luminoso verso l'alto!



La sfera in quanto a efficienza dell'apparecchio è certamente uno degli apparecchi a più alto rendimento ($R = \text{Flusso lampada} / \text{flusso che esce dall'apparecchio}$) ma questo non dice "quanto di questo flusso viene realmente utilizzato".

CURVE FOTOMETRICHE

Cause di una pessima Curva Fotometrica (lungo l'asse trasversalmente della strada)

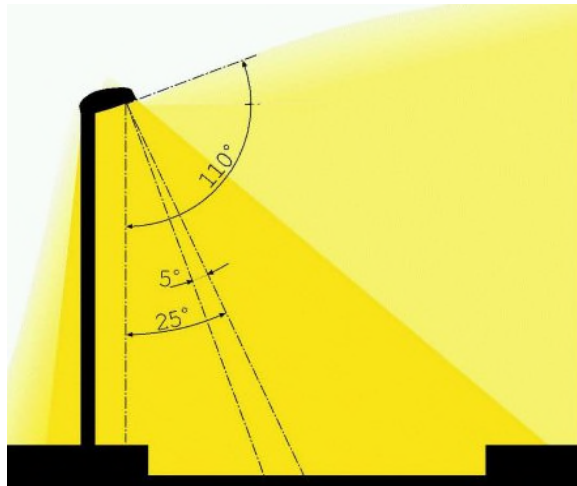


Condizioni ideali:
curva fotometrica con buona
asimmetria trasversale. L'apparecchio
illumina uniformemente anche il lato
opposto del percorso.

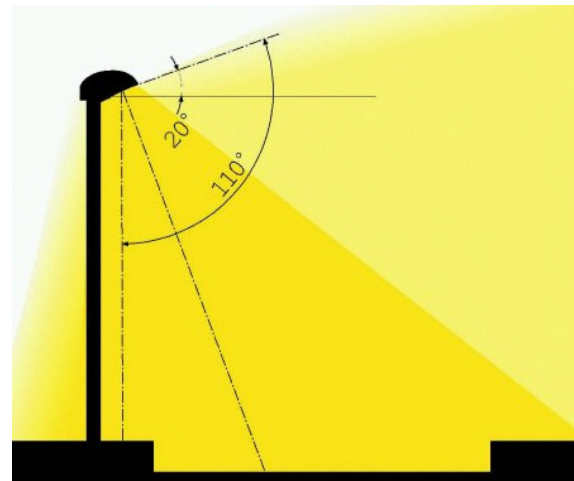
Bassa asimmetria
il fascio luminoso non arriva
dall'altra parte del percorso
e quindi

CURVE FOTOMETRICHE

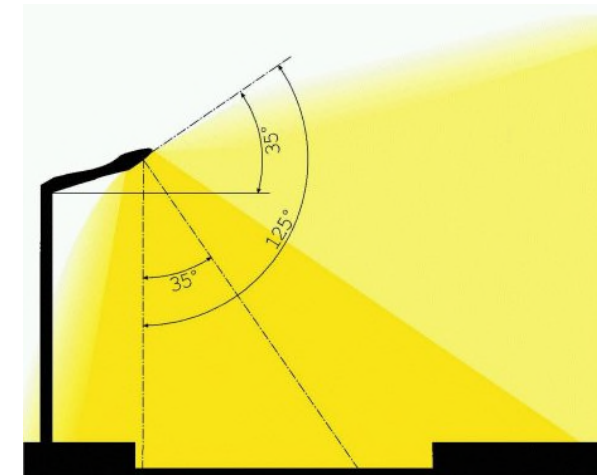
Cause di una pessima Curva Fotometrica (lungo l'asse trasversalmente della strada)



Si inclina
l'apparecchio
abbagliando ed
inviando luce verso
l'alto



Si inclina l'ottica
all'interno
dell'apparecchio
inviando luce verso
l'alto ma se anche
questo non basta....



Si inclina l'ottica
all'interno
dell'apparecchio e lo
stesso apparecchio
inviando luce verso
l'alto

CURVE FOTOMETRICHE

Focus finale

- 1- Non esiste la fotometrica migliore (e l'apparecchio migliore) in assoluto ma esiste la fotometrica migliore per la specifica applicazione e/o configurazione di progetto
- 1- Per ogni applicazione è necessario quindi scegliere l'apparecchio che mostra la curva fotometrica che meglio si adattano alle nostre specifiche esigenze
- 2- Non accontentarsi dell'apparecchio che ci offrono o siamo abituati ad utilizzare, in quanto performance e qualità della luce dipendono completamente (così il nostro progetto) dalla scelta dell'ottica.