

RENDER E SCENARI

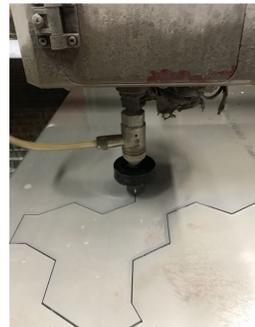
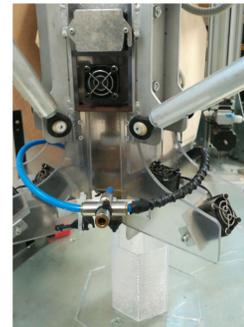


3ee è una lampada da soffitto progettata per essere funzionale a livello di illuminazione di una stanza da 6x6m. Attraverso un algoritmo, che ha facilitato il calcolo della necessità di luce nello spazio preimpostato, è stata disegnata la composizione di forme esagonali.

Questa composizione è formata da 16 estrusi esagonali sorretti da una base in alluminio. Tali estrusi sono interamente prodotti di stampa 3D di grande formato, realizzati in PETG trasparente in circa 16 ore da una WASP 3MT.

La base in alluminio tagliato ad acqua, viene fissata ai singoli estrusi tramite delle viti. All'interno di 5 dei solidi esagonali sono inseriti dei LED a tensione di rete da Ø 4.9 mm, che sviluppano circa 960 lm ognuno.

La forma geometrica permette una grande versatilità di forme e composizioni, di conseguenza rende possibile adattare il progetto a qualsiasi necessità luminosa calcolata dall'algoritmo.



Università degli Studi di Camerino
Scuola di Architettura e Design (SAD)

Corso di Laurea
Disegno industriale e Ambientale

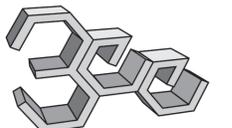
"3ee"
Sperimentazione sulla stampa 3d di grande formato per la realizzazione di un oggetto di illuminazione innovativo

Relatore
Carlo Santulli

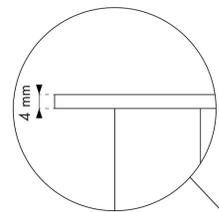
Correlatori
Emilio Antinori
Matteo Silverio

Studente
Roberto Spina

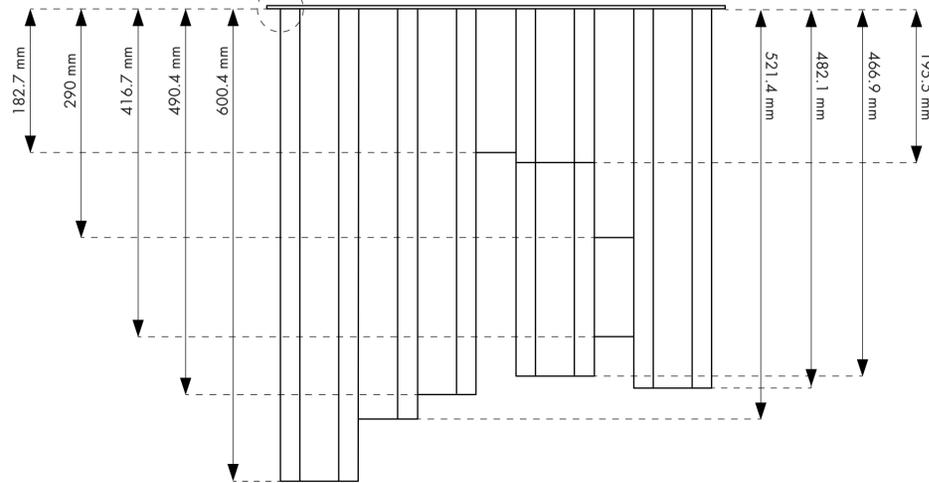
Anno Accademico
2017/2018



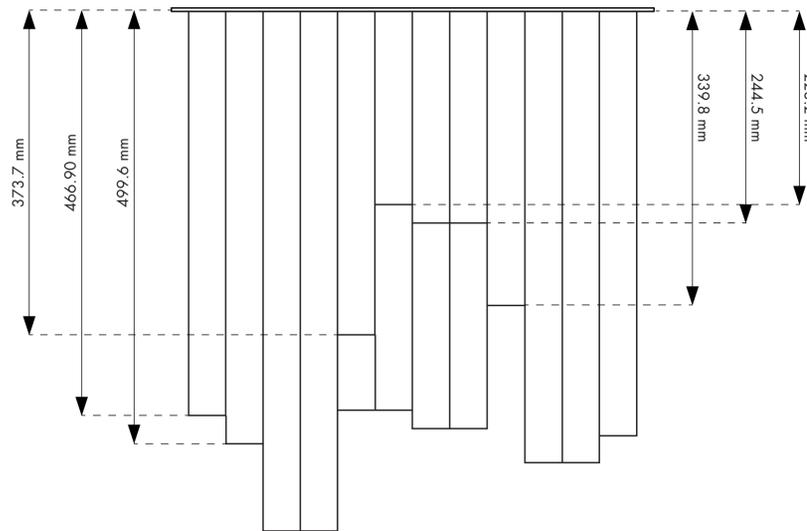
TAVOLE TECNICHE - SCALA 1:25



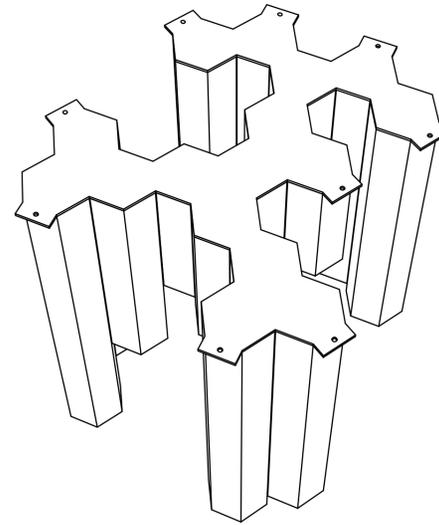
Dettaglio Spessore Piastra



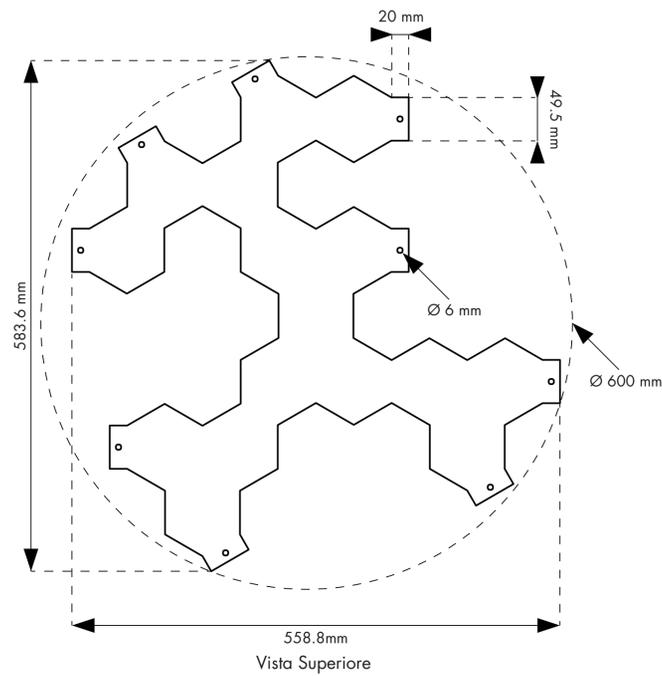
Vista Frontale



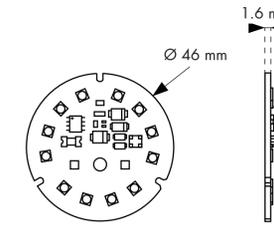
Vista Laterale (dx)



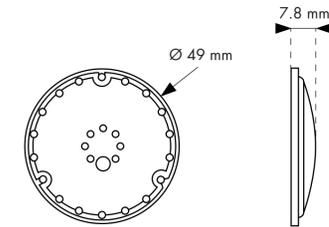
Vista Prospettica



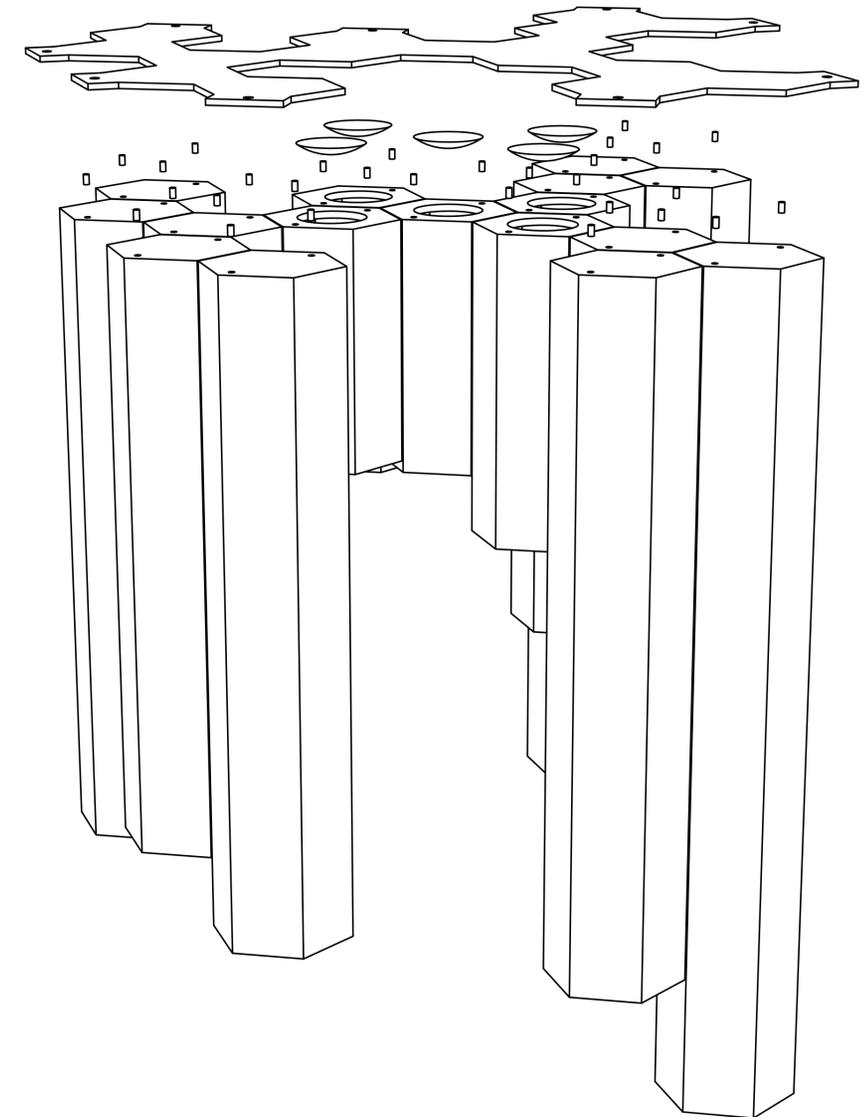
Vista Superiore



Dettaglio Scheda Led



Dettaglio Packaging Led



Esploso



Università degli Studi di Camerino
Scuola di Architettura e Design (SAD)

Corso di Laurea
Disegno industriale e
Ambientale

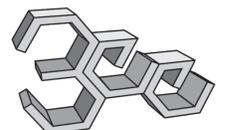
"3ee"
Sperimentazione sulla stampa 3d di grande formato per la
realizzazione di un oggetto di illuminazione innovativo

Relatore
Carlo Santulli

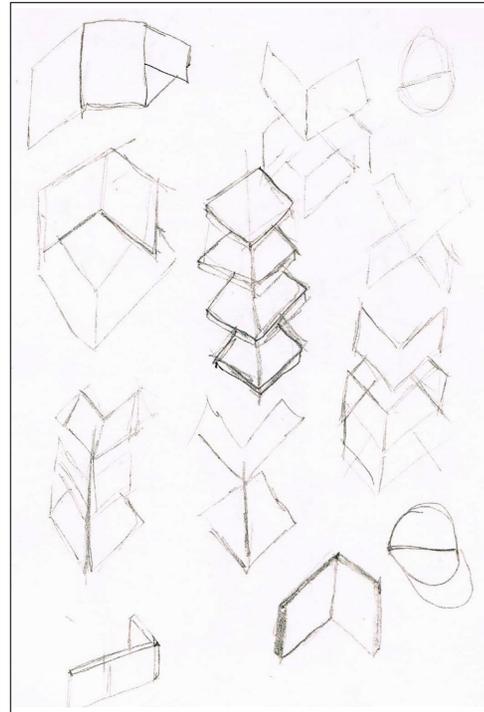
Correlatori
Emilio Antinori
Matteo Silverio

Studente
Roberto Spina

Anno Accademico
2017/2018



PROGETTO



Schizzi iniziali alla ricerca di forme e composizioni esteticamente appetibili.

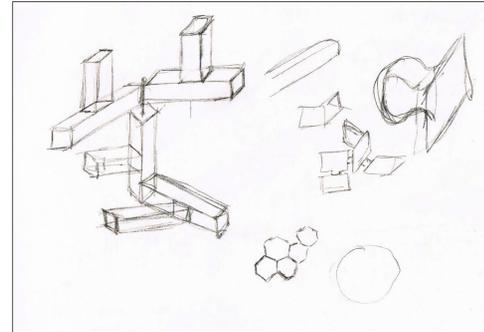
È stato così creato un algoritmo di calcolo, per risolvere queste problematiche. Tale algoritmo conoscendo dei parametri preimpostati è in grado di calcolare se quantità e qualità della luce sono adatte, fornendo dei grafici e dei veri e propri render che mostrano la diffusione della luce nella stanza.

Così è stato sviluppato un'insieme di forme che preservano l'idea iniziale dell'alveare, ma allo stesso tempo, grazie alla geometria e simmetria dei singoli elementi, quantitativamente e qualitativamente rispondevano positivamente in termini di funzionalità e luce.

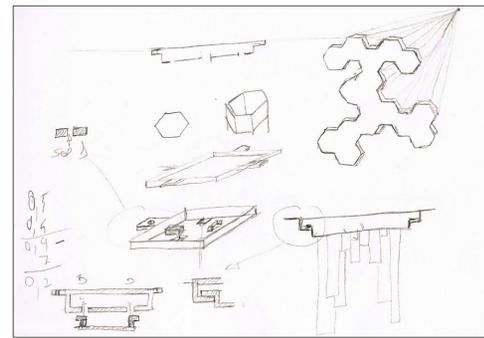
Una wasp 3MT ha realizzato l'intera forma in materiale plastico PETG, ed una macchina per il taglio ad acqua ha realizzato la base di supporto in alluminio che funge anche da dissipatore di calore per i led contenuti all'interno degli estrusi.



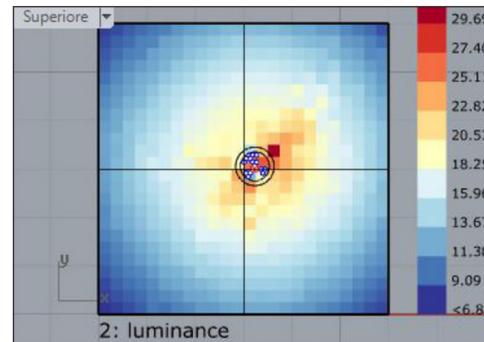
Render del concept esaminato dall'algoritmo.



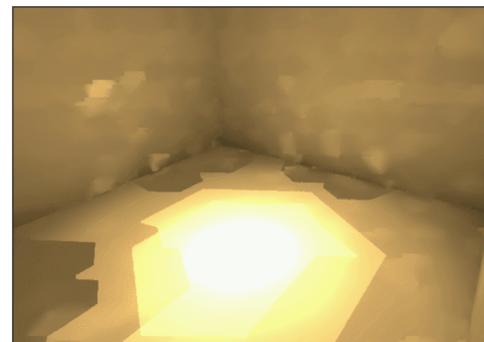
Schizzi iniziali alla ricerca di forme e composizioni esteticamente appetibili.



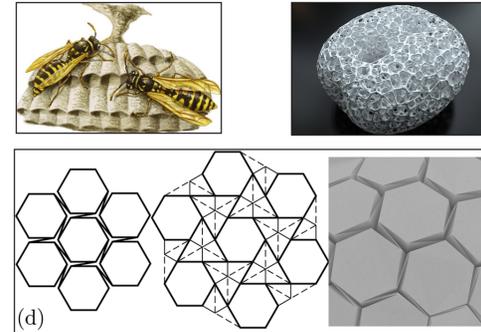
Schizzi di studio dei possibili incastri per l'accorpamento dei singoli elementi.



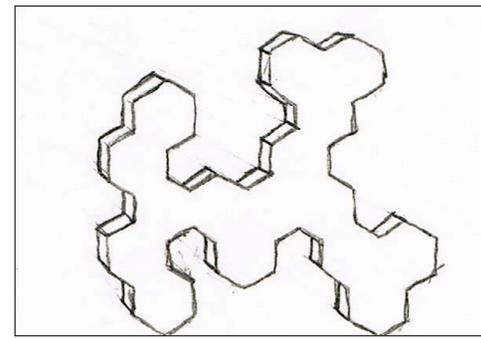
Vista Superiore dell'illuminazione al suolo del grafico di 3ee generato dall'algoritmo.



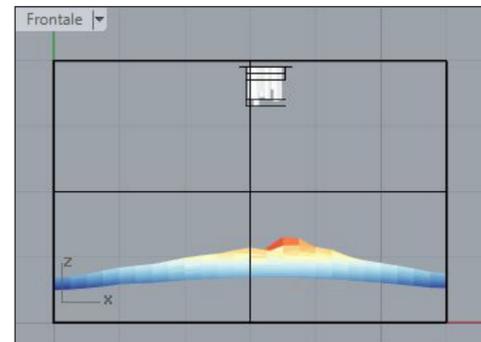
Render della luminosità di 3ee generato dall'algoritmo.



Fonti di ispirazione per lo studio delle forme.



Schizzo della geometria della base.



Vista Frontale dell'illuminazione al suolo del grafico di 3ee generato dall'algoritmo.

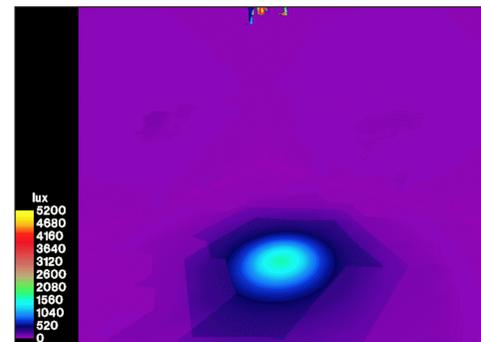
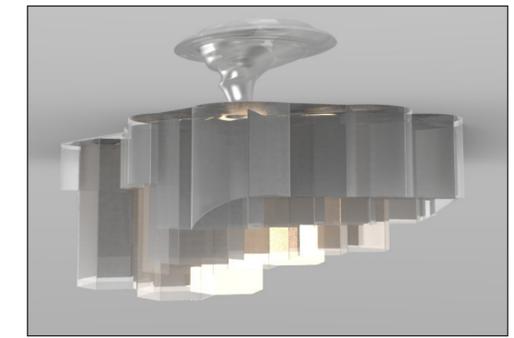


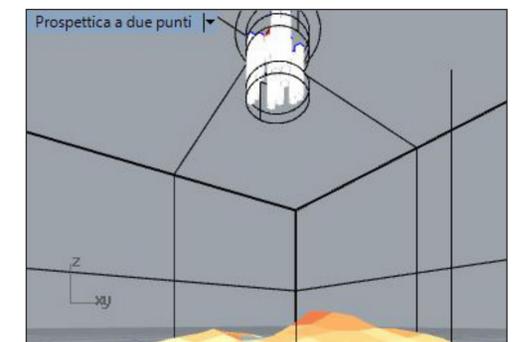
Grafico dei lux di 3ee generato dall'algoritmo.

Dopo aver considerato diverse forme e averle scartate, l'ispirazione è conseguita dall'osservazione di un'ape che compone il suo nido strato dopo strato. Di fatto, la costruzione di un alveare si potrebbe definire quasi un additive manufacturing naturale. La forma, che vien fuori livello su livello, è di una naturale geometricità e armonia che provocano una sensazione di grande leggerezza. L'additive manufacturing digitale sembra essere il metodo adatto a creare un oggetto di illuminazione che richiamasse quelle forme.

All'inizio l'intento era quello di riprodurre interamente un alveare "luminoso" che però ha fin da subito rivelato varie problematiche tecniche in termini di funzionamento. Non era semplice capire dove e come le fonti luminose dovevano essere collocate senza dei mezzi tecnici per le analisi qualitative e quantitative legate all'illuminazione.



Primo concept fedele alla forma dell'alveare.



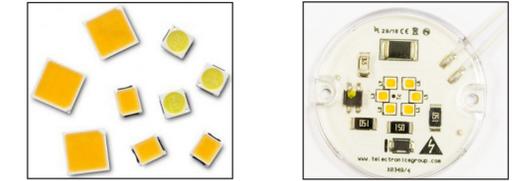
Vista Prospettica dell'illuminazione al suolo del grafico di 3ee generato dall'algoritmo.

Infine è stato definito il nome del prodotto: "3ee" (Bee).

È composto da un "3", che vuole rimandare al "3" di "3D", in quanto il progetto è stato elaborato e pensato come un prodotto di stampa 3D di grande formato.

Il "3" ha inoltre una chiara assonanza con la forma della lettera "B", la quale è l'iniziale della parola "Bee", dall'inglese "Ape", termine che consegue dalla forma ispirata all'alveare.

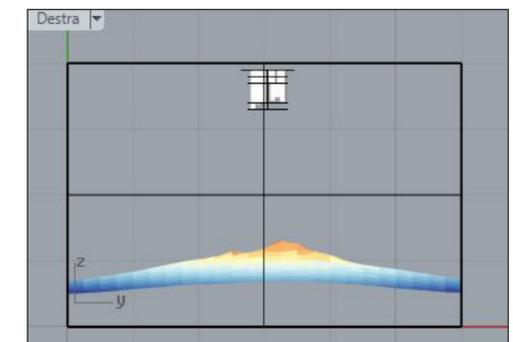
Di conseguenza il logo è stato elaborato in 3D, disegnando il modello sulla base della conformazione esagonale dell'alveare stesso.



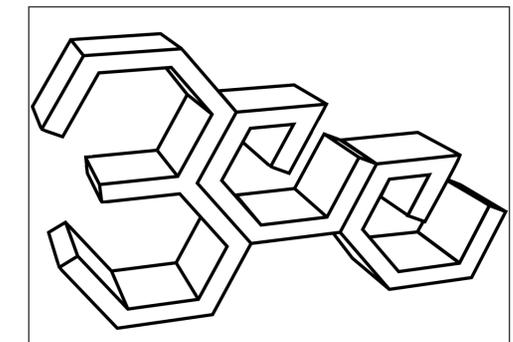
LED a tensione di rete scelti per il progetto come fonte luminosa.



Stampante 3D di grande formato, DELTA WASP 3MT.



Vista Laterale (dx) dell'illuminazione al suolo del grafico di 3ee generato dall'algoritmo.



Università degli Studi di Camerino
Scuola di Architettura e Design (SAD)

Corso di Laurea
Disegno industriale e
Ambientale

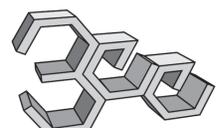
"3ee"
Sperimentazione sulla stampa 3d di grande formato per la
realizzazione di un oggetto di illuminazione innovativo

Relatore
Carlo Santulli

Correlatori
Emilio Antinori
Matteo Silverio

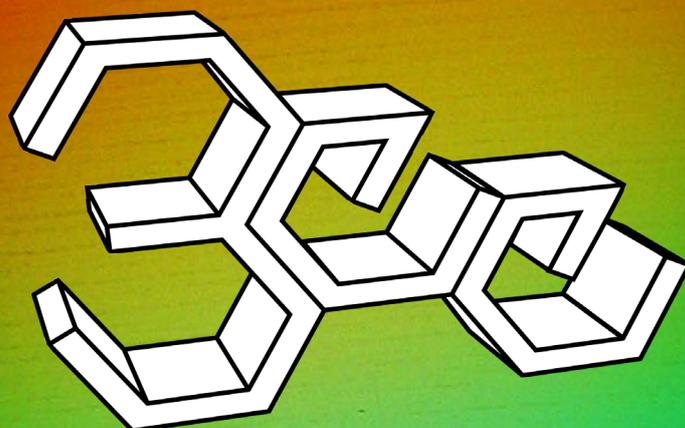
Studente
Roberto Spina

Anno Accademico
2017/2018





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO
SCUOLA DI ARCHITETTURA E DESIGN
FACOLTÀ DI DISEGNO INDUSTRIALE E AMBIENTALE



Sperimentazione sulla stampa 3d di grande formato per la
realizzazione di un oggetto di illuminazione innovativo

ROBERTO SPINA

A.A. 2017/2018

RELATORE:

Prof. Carlo Santulli

CORRELATORI:

Emilio Antinori

Matteo Silverio

INDICE

Abstract	5
Introduzione	7
CIE: Commissione Internazionale Elettività	11
1. La Luce: Definizione Fisica	15
1.1 Radiazione Elettromagnetica	15
2. Grandezze e Unità di Misura	19
2.1 Flusso Luminoso	19
2.2 Intensità Luminosa	19
2.3 Illuminamento	20
2.4 Luminanza	21
3. Caratteristiche	23
4. Proprietà	25
4.1 Riflessione	25
4.2 Diffusione	27
4.3 Assorbimento	27
5. Sorgenti di Luce Artificiale	29
5.1 Lampadine a Incandescenza	29
5.2 Lampadine a Scarica	30
6. LED	37
6.1 Cenni Storici	37
6.2 Elementi e Componenti	38
6.3 Efficienza, Caratteristiche e Proprietà	44
6.4 Impatto Ambientale	46
6.5 Luce e Colorazione	47
6.6 Tipologie	49
7. La Luce nell'Arte	55
8. Luce e Psicologia	57
9. Luce e Medicina	59
10. Un Approccio Computazionale al Design della Luce	61
11. Calcolo Matematico della Luce	63
12. Nuovi Risvolti Formali per la Produzione	65
12.1 Stampa 3D	65
12.2 Stampa 3D e Illuminazione	68

13. Stato dell'Arte	69
14. L'Idea	83
14.1 L'Alveare	83
14.2 Pattern	84
15. Primo Concept	87
16. Algoritmo	89
17. Concept Finale: 3ee	91
18. Nome e Logo	95
19. Materiali e Impatto Ambientale	97
19.1 PETG	97
19.2 Alluminio	97
Bibliografia - Sitografia	99

ABSTRACT

ITALIANO

Nel settore dell'illuminazione, alcune tecniche di produzione sono consolidate da lungo tempo, basti guardare ai manufatti che ci circondano: ad esempio i classici apparecchi di illuminazione in ferro battuto, ma anche i più moderni e minimali apparecchi, prodotti con una loro identità aziendale e/o marchi di indubbia bellezza. Perché non introdurre nuove tecniche di produzione come quelle legate al digital manufacturing? O, se si preferisce, l'industria 4.0?

La stampa 3D offre una svariata gamma di possibilità, seppur per produzioni non seriali, e di soluzioni formali altrimenti di difficile riproduzione. Piccoli o grandi oggetti d'élite, ma estremamente personalizzabili. Con l'aiuto di un algoritmo di calcolo, che attraverso determinati parametri, tra cui le misure di una stanza, in tempo reale rivela informazioni utili riguardo al funzionamento dell'oggetto ideato, diventa semplice immaginare e creare un prodotto che risponda alle proprie necessità. Secondo questo principio, è sorta l'idea della progettazione di una lampada che varia di intensità e posizione a seconda del bisogno di luce, ed ecco che nasce "3ee", un prodotto d'illuminazione adattabile e funzionale, che sfrutta le potenzialità della stampa 3D di grande formato.

ENGLISH

In the lighting sector some production techniques have been consolidated for long time, as we can observe, just looking at the artifacts that surround us, for example the classic lighting fixtures in wrought iron, but also the most modern and minimal products, produced with their corporate identity and/or brands, of undoubted beauty. Why not introduce new production techniques, such as those related to digital manufacturing? Or, if you prefer, shifting to 4.0 industry?

3D printing offers a wide range of possibilities for limited series productions, and of formal solutions difficult to reproduce otherwise. Small or large elite items, but extremely customizable.

With the assistance of a calculation algorithm, which involves certain parameters, including the real measurements of a room, that reveals immediately useful information about the functioning of the object, it becomes easy to imagine and create a product that meets your needs.

If in particular, your need is designing a lamp that varies in intensity and position, depending on the need for light, "3ee" is an ideal product to combine expressivity and functionality with the design potential offered by large size 3D printing.

Introduzione

Esistiamo perché vediamo, il mondo esiste in quanto lo tocchiamo, lo sentiamo ma soprattutto lo vediamo. La luminosità, il colore e quindi l'apparenza delle cose sono l'effetto prodotto sulla retina da una particolare forma di energia nota come radiazione elettromagnetica chiamata luce.

Ciò che realmente esiste, perciò, è l'energia elettromagnetica, mentre la luce può essere definita più come il risultato di un'invenzione del sistema occhio-cervello che cattura l'energia radiante emessa in un determinato intervallo di lunghezze d'onda e la trasforma in sensazione visiva.

Circa l'80% di tutte le impressioni sensoriali sono di natura ottica e necessitano della luce come veicolo di informazioni. La luce non solo trasmette attraverso l'occhio le informazioni ai centri della vista che si trovano nel cervello ma, attraverso particolari ramificazioni di nervi, influisce altresì sugli organi di regolazione del sistema neurovegetativo che comanda l'intero ricambio e le funzioni dell'organismo.

È comprensibile quindi perché una buona luce facilita le funzioni del vedere e del riconoscere, ma aumenta anche lo stimolo accrescendo le capacità di concentrazione ed evitando la stanchezza precoce. L'effetto stimolante della luce si mostra anche in attività che con questa hanno poco a che vedere infatti è stato possibile dimostrare che una buona luce promuove capacità di attenzione, di pensiero logico nonché sicurezza e velocità di calcolo; ad esempio aumentando l'illuminamento da 90 lx a 500 lx si ha un aumento delle prestazioni in termini di capacità di attenzione del 15%, capacità e pensiero logico del 9% e sicurezza e velocità di calcolo del 5% quindi migliorando le condizioni visive e diminuendo di conseguenza l'affaticamento ad esse legate si può avere una notevole diminuzione degli errori.

Un miglior illuminamento oltre a portare i benefici sopracitati funge da coadiuvante per far sì che persone più anziane e persone più giovani possano condividere gli stessi luoghi in quanto con una buona illuminazione sussistono condizioni di lavoro equilibrate per entrambi.

Infatti un anziano di 60 anni per ottenere la stessa prestazione visiva di un giovane di 20 anni necessita di un illuminazione con un valore di lux doppio.

La progettazione della quantità e della qualità della luce in modo tecnico si colloca all'incirca in età barocca, seppur ancora rudimentale.

Per parlare di illuminotecnica vera e propria bisogna avanzare con gli anni attraverso i quali l'aumento della produzione e della differenziazione di sorgenti luminose artificiali ha portato a trasformare una componente marginale del progetto in una disciplina completamente autonoma e affrontata da specialisti ed esperti. L'illuminotecnica deriva i suoi principi fondamentali dalla fotometria, disciplina che studia la luce in funzione dello stimolo prodotto sull'occhio umano.

La realizzazione di un progetto d'illuminazione richiede un bagaglio di conoscenze non solo tecniche, perché la lettura di un catalogo di sorgenti luminose, la scelta corretta di un tipo di apparecchio di illuminazione da utilizzare in funzione dell'atmosfera luminosa da realizzare e l'analisi dei costi di gestione di un impianto, richiede la conoscenza di alcuni fondamentali concetti base che verranno illustrati di seguito.

CIE: Commissione Internazionale Elettività

Nell'ambito della cultura e dello sviluppo dei parametri visibili e non visibili della luce, la ricerca tecnologica e scientifica converge tutta sul CIE (commissione internazionale dell'elettività) che analizza ed elabora tutti gli aspetti legati alla qualità della luce, fornendo indicazioni e parametri utili a coloro che vogliono applicare correttamente la materia luminosa. Questa commissione è considerata la più grossa autorità per tutti quegli aspetti che riguardano l'illuminazione.

La CIE è composta da sette divisioni ognuna delle quali sviluppa differientemente gli ambiti delle applicazioni e le caratteristiche dell'entità luminosa.

I settori si dividono in:

- **Divisione 1 - Visione e Colore:** si occupa di studiare le risposte visive alla luce e stabilire standard di funzionalità, modelli e procedure specifiche per la fotometria, colorimetria, resa cromatica, prestazioni visive e valutazione visiva di luce e l'illuminazione.
- **Divisione 2 - Misurazione Fisica della Luce e della Radiazione:** si occupa di studiare le procedure standard per la valutazione di ultraviolette, radiazioni visibili e infrarossa, radiazione globale, e le proprietà ottiche dei materiali e apparecchi di illuminazione, così come le proprietà ottiche e le prestazioni dei rivelatori fisici e altri dispositivi necessari per la loro valutazione.
- **Divisione 3 - lighting Design e Ambienti Interni:** si occupa di studiare e valutare i fattori visivi che influenzano la soddisfazione degli occupanti di un edificio con il loro ambiente e la loro interazione con gli aspetti termici e acustici, e per fornire una guida sui criteri di progettazione rilevanti sia naturali che artificiali di illuminazione; così come per studiare tecniche di progettazione, compresi i calcoli relativi, per l'illuminazione all'interno di edifici; incorporando questi risultati e quelli di altre Divisioni CIE nelle guide di illuminazione per interni, in generale, per particolari tipi di interni e per problemi specifici, in pratica, l'illuminazione interna.
- **Divisione 4 - Illuminazione e Segnaletica per i Trasporti:** si occupa di studiare l'illuminazione e requisiti di segnalazione e di informazione visiva dei trasporti e del traffico, come il trasporto stradale e l'illuminazione del veicolo, delineazione, la segnalazione per tutti i tipi di strade pubbliche e tutti i tipi di utenti e veicoli e supporti visivi per i modi diversi dal trasporto su strada.

- **Divisione 5 - Illuminazione Esterna e altre Applicazioni:** si occupa di studiare procedure e preparare guide per la progettazione di illuminazione per le aree esterne di lavoro, illuminazione di sicurezza, illuminazione di inondazione, pedonali e di altre aree urbane senza traffico motorizzato, aree per lo sport e la ricreazione, e per l'illuminazione mio.
- **Divisione 6 - Fotobiologia e Fotochimica:** si occupa di studiare e valutare gli effetti delle radiazioni ottiche sui sistemi biologici e fotochimici (esclusivi della visione).
- **Divisione 7 - Tecnologia:** si occupa di studiare procedure e preparare guide e norme per gli aspetti ottici, visivi e metrologici della comunicazione, l'elaborazione e la riproduzione delle immagini, utilizzando tutti i tipi di dispositivi analogico e digital imaging, supporti di memoria e supporto per immagini.

1. La Luce: Definizione Fisica

La luce è energia raggiante. Essa si propaga nel vuoto in forma di onde elettromagnetiche o particelle, dette fotoni, alla velocità di 300.000 km/sec.

Le onde elettromagnetiche sono caratterizzate da diverse lunghezze d'onda che vanno dal milionesimo di millimetro sino a decine di metri, ma di queste solamente una piccola parte viene trasformata dal sistema visivo in sensazione luminosa.

Le onde radio ad esempio o anche i raggi gamma come i raggi cosmici sono anch'esse radiazioni elettromagnetiche della stessa natura della luce ma non producono alcuna sensazione visiva sul nostro occhio, alcune di queste onde "invisibili" vengono sfruttate per altri scopi come nel caso delle radiazioni ultraviolette per indurre l'abbronzatura o i raggi X utilizzati in ambito medico per elaborare diagnosi.

1.1 Radiazione Elettromagnetica

La radiazione elettromagnetica è la radiazione dell'energia nel campo elettromagnetico.

Si tratta di un fenomeno sia ondulatorio, sia corpuscolare:

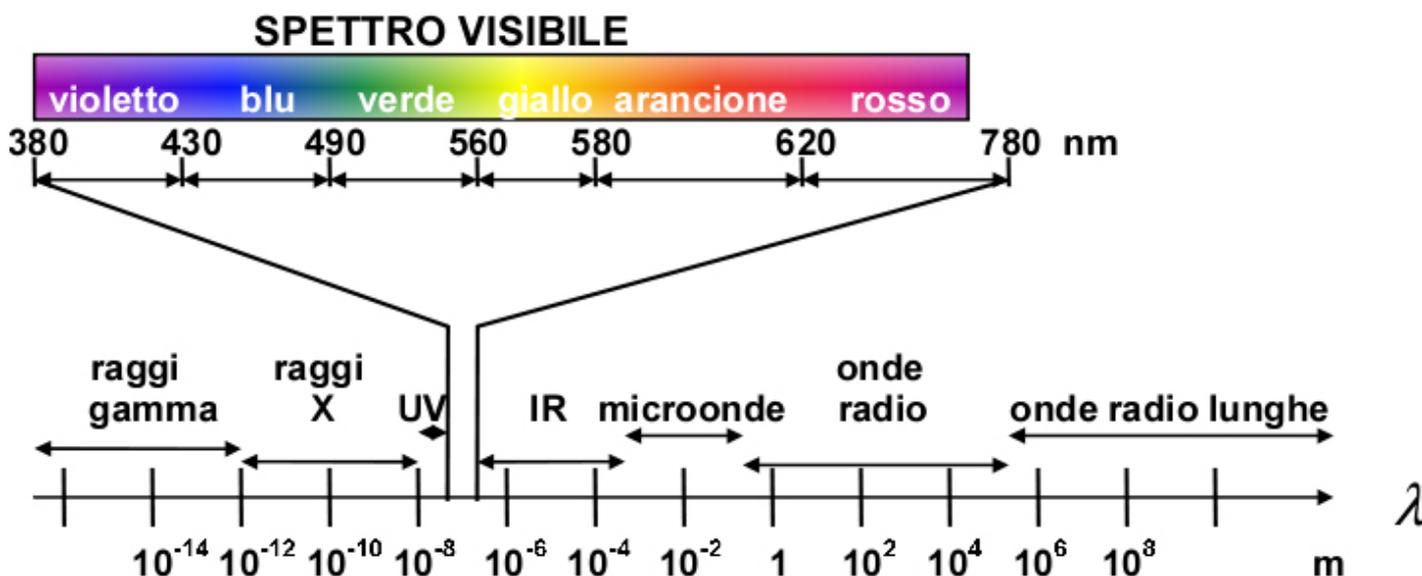
- Il fenomeno ondulatorio è dato da un'onda nel campo elettrico e nel campo magnetico ed è descritto matematicamente come soluzione dell'equazione delle onde.
- La natura corpuscolare, o quantizzata, può essere descritta invece come un flusso di fotoni, che nel vuoto viaggiano alla velocità della luce.

La radiazione elettromagnetica può propagarsi nel vuoto in mezzi poco densi come l'atmosfera, oppure in strutture guidanti come le guide d'onda. Le applicazioni tecnologiche che sfruttano la radiazione elettromagnetica sono svariate. In generale si possono distinguere due macrofamiglie applicative: nella prima figurano le onde elettromagnetiche utilizzate per trasportare informazioni (radiocomunicazioni come radio, televisione, telefoni cellulari, satelliti artificiali, radar, radiografie), nella seconda quelle per trasportare energia, come il forno a microonde.

Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche visibili non ha limiti ben precisi poiché il sistema occhio cervello si differenzia da individuo a individuo, cioè un sistema potrebbe risultare più sensibile rispetto ad un altro e per questo motivo la sua estensione è stata fissata per convenzione nell'intervallo che va da 380 a 780 nm (1 nanometro = $1/1.000.000.000$ m) confinato a sinistra dalle radiazioni ultraviolette (lunghezza d'onda inferiore a 380 nm) e a destra dalle radiazioni infrarosse (lunghezza d'onda superiore a 780 nm).

Lo spettro è suddiviso anche in sei bande principali, ciascuna corrispondente ad una determinata sensazione cromatica, che si distinguono come segue:

- Viola: 380÷436 nm,
- Blu: 436÷495 nm,
- Verde: 495÷566 nm,
- Giallo: 566÷589 nm,
- Arancione: 589÷627 nm,
- Rosso: 627÷780 nm.



Spettro delle radiazioni elettromagnetiche

Le radiazioni elettromagnetiche sono caratterizzate da tre parametri fondamentali:

- **Velocità di Propagazione nel Vuoto,**
- **Lunghezza d'Onda,**
- **Frequenza.**

Velocità di Propagazione nel Vuoto

Per velocità di propagazione del vuoto si intende una costante fissata a 299.792.458 m/s (metri al secondo) è vale per tutti i tipi di onde elettromagnetiche.

Lunghezza d'Onda

In fisica, la lunghezza d'onda è la distanza tra due creste o fra due ventri della sua forma d'onda, e viene comunemente indicata dalla lettera greca λ .

Frequenza

La frequenza è una grandezza che riguarda fenomeni periodici o processi ripetitivi. Nell'ambito della luce, per frequenza ci si riferisce al numero di onde in un secondo.

2. Grandezze e Unità di Misura

La luce si avvale di quattro grandezze fondamentali: flusso luminoso, intensità luminosa, illuminamento e luminanza.

2.1 Flusso Luminoso

Esprime la quantità di energia emessa da una sorgente luminosa nell'unità di tempo. Il flusso luminoso, normalmente identificato con il simbolo "f", viene misurato in lumen (lm).

Il lumen è definito come il flusso luminoso emesso nell'angolo solido unitario da una sorgente puntiforme posta al centro di una sfera di intensità luminosa pari a 1 cd (candele) in tutte le direzioni. Nel Sistema Internazionale (S.I.) l'unità di misura dell'angolo solido è lo steradiano (sr).

L'equazione che riassume il valore di flusso luminoso è:

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \times \text{sr}$$

Poiché il flusso luminoso si riferisce ad una quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo, corrisponde dimensionalmente ad una potenza (energia/unità di tempo).

2.2 Intensità Luminosa

L'intensità luminosa esprime la quantità di energia luminosa emessa in una specifica direzione. Si definisce intensità luminosa (I) il rapporto tra il flusso luminoso infinitesimale emesso da una sorgente entro un angolo solido e lo stesso angolo solido:

$$I = df / dw$$

Dove:

df = flusso luminoso emesso dalla sorgente in un angolo solido di dimensioni dw.

L'intensità luminosa viene indicata con il simbolo I e la sua unità di misura è la candela (cd).

2.3 Illuminamento

Per "Illuminamento" si intende l'entità della luce che investe una certa superficie. Si definisce illuminamento (E) il rapporto tra il flusso luminoso che incide su di una superficie e l'area dell'elemento presa in esame:

$$E = dI / dA$$

Dove:

dI = Flusso incidente sulla superficie;

dA = Area della superficie interessata dal flusso.

L'unità di misura dell'illuminamento è il lux che dimensionalmente si esprime in lm/m². Dalla definizione di illuminamento si ricavano due importanti corollari di natura geometrica che risultano molto utili per comprendere la distribuzione della luce nello spazio:

- Nel caso di una sorgente puntiforme la diminuzione del livello di illuminamento su di una superficie varia in relazione al quadrato della distanza dalla fonte: raddoppiando la distanza dalla fonte il livello di illuminamento sulla superficie diviene quindi 1/4.

- Il livello d'illuminamento su di una superficie è massimo quando i raggi luminosi giungono perpendicolari ad essa e diminuisce proporzionalmente al loro angolo d'incidenza secondo la relazione:

$$L = L_n \times \cos \alpha$$

Dove:

L = Livello d'illuminamento sulla superficie,

L_n = Illuminamento normale,

α = Angolo d'incidenza tra raggi luminosi e la normale alla superficie.

2.4 Luminanza

La luminanza esprime l'entità della luce emessa da una sorgente di dimensioni estese (primaria o secondaria) nella direzione dell'osservatore. Si definisce luminanza (L) il rapporto tra l'intensità luminosa di una sorgente nella direzione di un osservatore e la superficie emittente apparente così come viene vista dall'osservatore stesso:

$$L = dI / (dA \times \cos\theta)$$

Dove:

I = Intensità in candele;

A = Area della sorgente;

$\cos\theta$ = Coseno dell'angolo compreso tra la direzione di osservazione e l'asse perpendicolare alla superficie emittente.

La luminanza si esprime in cd/m^2 .

3. Caratteristiche

La luce può essere più o meno bianca, fredda oppure calda quindi non sempre uguale ecco perché è necessario far intervenire altri due parametri fondamentali che servono per giudicare e classificare le lampadine da un punto di vista qualitativo: la temperatura di colore e l'indice di resa dei colori.

La temperatura di colore espressa in gradi kelvin (K) è un parametro utilizzato per individuare e catalogare in modo oggettivo il colore della luce di una sorgente luminosa confrontata con la sorgente campione detta corpo nero. In pratica dire che una lampadina ha una temperatura di 3000°K, significa che il corpo nero, a questa temperatura, emette luce alla stessa tonalità.

Le sorgenti luminose sono suddivise in tre gruppi, a seconda della temperatura di colore:

- Bianco caldo anche detto "*Warm*": 3000÷3500°K;
- Neutro anche detto "*Intermediate*": 4000÷5000°K;
- Bianco freddo anche "*Cool*": 5500÷7000°K.

La temperatura di colore non deve essere confusa con l'indice di resa dei colori, in quanto la prima indica il colore della luce emessa ma non ci specifica nulla riguardo la sua capacità di rendere i colori. L'indice di resa dei colori esprime, invece, l'effetto prodotto da una sorgente luminosa sull'aspetto cromatico di un oggetto confrontato con quello ottenuto per effetto di una sorgente luminosa campione di pari temperatura di colore.

La sorgente campione, quindi il corpo nero, è in pratica un metallo che viene scaldato in modo crescente fino a portarlo all'incandescenza; aumentando la sua temperatura, cambierà di colore passando dal rosso cupo fino all'azzurro, passando per il bianco.

Un profondo legame unisce l'illuminazione al colore dei materiali; una superficie appare di un determinato colore perché riflette le lunghezze d'onda corrispondenti al colore cui appare mentre assorbe le restanti, cioè se una superficie appare verde è perché il materiale di cui è composta riflette le onde corrispondenti al verde e assorbe tutte le restanti.

Per evidenziare ancor di più la questione dei materiali possiamo prendere ad esempio un vetro trasparente blu che appare di un certo colore perché si lascia attraversare delle lunghezze d'onda relative al blu mentre assorbe o riflette tutte le restanti. Nel caso in cui si osserverà un materiale illuminato da una sorgente artificiale che non presenta alcune lunghezze d'onda, il materiale osservato presenterà un colore alterato. Ad esempio, le luci dei lampioni stradali emettono una luce dal caratteristico colore giallo, e quindi non emettono lunghezze d'onda relative ad altri colori, di conseguenza l'ambiente circostante assume una vaga tonalità giallognola e i colori naturali dei materiali circostanti vengono alterati. Questo problema, nel caso specifico, sta man mano risolvendosi sostituendo le vecchie lampadine con gli odierni LED (vedi Capitolo 6).



Lampioni stradali dalla caratteristica luce gialla

È quindi importante per avere una buona resa dei colori che nello spettro di emissione della sorgente luminosa siano presenti tutte le lunghezze d'onda, ciascuna con valori quantitativi equilibrati.

4. Proprietà

Un raggio di luce che colpisce una superficie viene riflesso, diffuso, assorbito o trasmesso modificandosi per intensità, direzione e verso in funzione delle caratteristiche fisiche del mezzo intercettato. È chiaro che la luce può essere e viene deviata quando incontra un ostacolo. Quando un raggio di luce incontra un ostacolo opaco o trasparente esso può essere riflesso, assorbito o diffuso. Riflessione e assorbimento riguardano sia i corpi trasparenti sia quelli opachi, la diffusione solo quelli trasparenti.

Naturalmente nessun corpo reale si comporta in assoluto come perfetto riflettore, perfetto diffusore o perfetto assorbitore, ma i tre fenomeni, riflessione, diffusione e assorbimento sono presenti, in misura più o meno importante, contemporaneamente.

4.1 Riflessione

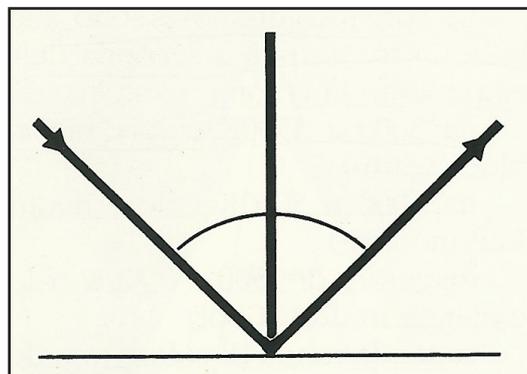
La riflessione può essere speculare, diffusa oppure mista.

Riflessione Speculare

Si dice riflessione speculare quando il raggio non viene modificato in intensità e l'angolo di riflessione è uguale a quello incidente. Se la superficie del corpo è liscia, ad esempio uno specchio o una superficie metallica lucidata, allora la riflessione è di tipo speculare e segue la seguente legge:

Il raggio riflesso giace sul medesimo piano formato dal raggio incidente e dalla normale al piano di incidenza; l'angolo fra il raggio incidente e la normale ha la medesima ampiezza di quello formato fra la normale e il raggio riflesso cioè: angolo di incidenza uguale ad angolo di riflessione.

La riflessione speculare viene spesso indicata semplicemente con il nome di riflessione così che la legge appena enunciata diventa la legge della riflessione.



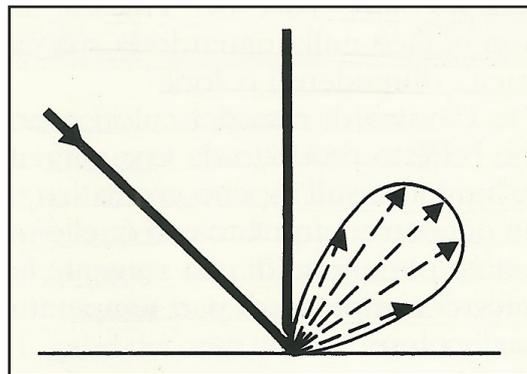
Riflessione Speculare

Riflessione Diffusa

Quando si ha una riflessione diffusa si nota che il raggio incidente viene modificato in una serie di raggi di minore intensità uniformemente distribuiti e aventi angoli e direzioni diverse dal raggio principale. Se la superficie del corpo è scabra, ad esempio un foglio bianco o la superficie intonacata di un muro, allora la luce viene riflessa in modo diffuso e segue la legge di Lambert o legge del coseno, vale a dire:

La luce viene riflessa in tutte le direzioni con intensità che decresce secondo il coseno a partire dalla normale e questo in modo indipendente dall'angolo di incidenza del raggio incidente.

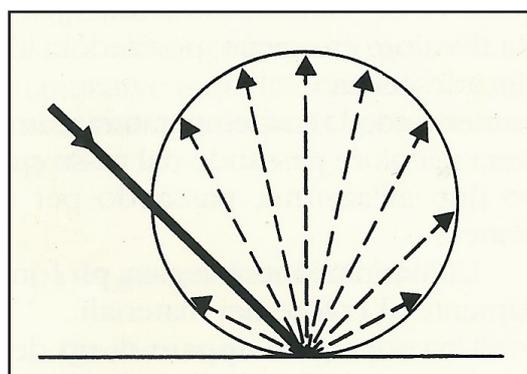
La riflessione diffusa viene spesso indicata semplicemente con il termine di diffusione. Se la superficie è quella di un corpo nero, ad esempio una superficie dipinta di nero fumo, allora il raggio di luce non è né riflesso né diffuso ma viene assorbito e questo indipendentemente dall'angolo del raggio di incidenza.



Riflessione Diffusa

Riflessione Mista

Parliamo invece di riflessione mista quando si presentano tutti e due i casi sopracitati e quindi si avrà una porzione di raggio che non viene modificato, mentre l'altra porzione sarà modificata.



Riflessione Mista

4.2 Diffusione

Per meglio capire i principi della visione è necessario conoscere come si propaga la luce e come si comporta quando incontra un "ostacolo". Una prima importante proprietà della luce consiste nel fatto che, se non viene ostacolata, essa si propaga in linea retta. Per rendersene conto basta osservare le ombre proiettate da oggetti illuminati.

Se le sorgenti sono o appaiono piccole, le ombre sono più o meno nitide e la loro forma riproduce la sagoma dell'oggetto illuminato. Per avere un'ombra perfettamente nitida in qualunque situazione, occorre avere una sorgente di luce puntiforme, ovvero una luce le cui dimensioni lineari sono molto minori rispetto alle altre tipologie di luce.

Le sorgenti di luce reali hanno una dimensione più o meno grande e questo produce oltre alla zona d'ombra anche una zona di penombra la cui grandezza varia in funzione delle dimensioni apparenti della sorgente e della distanza fra oggetto/ostacolo e schermo sul quale l'ombra viene proiettata.

Un'altra dimostrazione di questa importante proprietà della luce è il fatto che un oggetto si trova là dove lo vediamo perché la luce che ci proviene da quell'oggetto è arrivata a noi seguendo un cammino rettilineo, se così non fosse quando allunghiamo una mano per prenderlo non si troverebbe dove lo vediamo.

4.3 Assorbimento

L'assorbimento è la capacità di un materiale di assorbire l'energia luminosa associata alla radiazione elettromagnetica che si propaga all'interno di esso. L'energia dei fotoni viene ceduta agli elettroni, atomi e molecole del materiale stesso. In questo modo l'energia del campo elettromagnetico si trasforma in energia interna del materiale, come ad esempio la sua energia termica, determinandone l'assorbimento.

Il modo in cui il materiale risponde al fenomeno dell'assorbimento dipende sia dalla natura stessa del materiale, sia dalla frequenza della radiazione.

Una porzione di materiale che assorbe la luce visibile è detta pigmento. Se esso assorbe tutta l'onda luminosa incidente apparirà nero, mentre se assorbe solo determinate lunghezze d'onda, apparirà dello stesso colore della radiazione che riflette.

Per esempio, il vetro lascia passare tutto lo spettro del visibile mentre assorbe i raggi UV e gli infrarossi lontani del visibile, mentre uno smeraldo rilascia la porzione di visibile intorno al verde. Invece il corpo nero, in cui la radiazione incidente è completamente assorbita, non ha riflessione.

5. Sorgenti di Luce Artificiale

Le sorgenti di luce artificiale fino ad oggi conosciute sono varie e alcune in via di sviluppo, ma quella forse più conosciuta è la lampadina a incandescenza la cui antenata era stata inventata da Thomas A Edison 1879 dopo il perfezionamento di altri progetti più antichi.

La tecnologia ha poi portato a sviluppare altri tipi di lampadine con principi di funzionamento diversi come per esempio le lampadine a scarica.

5.1 Lampadina a incandescenza

La lampadina a incandescenza è composta da due elettrodi posti in un'ambiente privo di atmosfera e quindi sotto vuoto collegati da un filamento in tungsteno (i primissimi modelli erano realizzati da un filo rivestito di polvere di comune carbone).

Quando il filamento viene percorso da corrente elettrica si riscalda fino all'incandescenza, senza bruciare, emettendo radiazioni in gran parte infrarosse visibili in piccole quantità e ultraviolette.

La quantità di luce emessa è tanto maggiore quanto più alta è la temperatura raggiunta dal filamento.



Esempio di lampadina ad incandescenza

Oggi le poche lampadine a incandescenza rimaste in circolazione, ricordiamo che è vietata la produzione di qualsiasi tipo di lampadina a incandescenza dal 2012 fatta eccezione di quelle accessorie agli elettrodomestici, sono composte da un bulbo in vetro nel quale vi è inserito un gas inerte (ovvero un gas che non si espande e non si comprime, per esempio l'azoto) e un attacco a vite alla base del bulbo al quale sono saldati i due elettrodi.

Generalmente la temperatura d'esercizio di una lampadina a incandescenza era intorno ai $2700\div 3000^{\circ}\text{K}$. Il basso rapporto tra potenza assorbita in W e i L (lumen) prodotti, la rendono una lampadina a bassissima efficienza; infatti molta dell'energia assorbita viene dispersa in calore poiché per lo più le lampadine a incandescenza producono radiazioni infrarosse.

Inoltre, queste lampadine erano soggette ad un ulteriore calo di capacità illuminante poiché raggiunto un tot di ore d'esercizio il tungsteno del filamento sublimando si andava a depositare sulla superficie interna del bulbo in vetro annerendolo. La durata massima di funzionamento prima della rottura del filamento è di 1000 ore.

5.2 Lampadine a Scarica

Le lampadine a scarica funzionano per luminescenza e non per incandescenza, ciò significa che mentre nelle lampadine a incandescenza il filamento diventa incandescente ed emette la radiazione, nelle lampadine a scarica l'emissione della radiazione è causata da urti reciproci di particelle di gas o vapore caricate elettricamente.

Una lampadina a scarica è costituita da un tubo di materiale trasparente di elevata resistenza termica e meccanica alle cui estremità sono saldati gli elettrodi in materiale metallico a cui sono collegati i conduttori di alimentazione. L'elettrodo positivo è detto anodo, mentre quello negativo è chiamato catodo. Il tubo in cui avvengono le reazioni dalle quali si ha l'emissione di energia è preventivamente svuotato dall'aria e poi riempito con un gas in quantità ben precisa. Eventualmente insieme al gas viene introdotto in piccole quantità del mercurio.

Le lampadine a scarica necessitano di apparecchiature ausiliarie che ne gestiscono il funzionamento corretto e l'accensione, ma sono di gran lunga molto più longeve rispetto alle normali lampadine a incandescenza.

Sono disponibili varie tipologie di lampadina a scarica: lampadine fluorescenti; lampadine ad alta pressione a vapori di mercurio con bulbo chiaro o fluorescente; lampadine a vapori di alogenuri; lampadine a luce miscelata; lampadine ad alta e bassa pressione a vapori di sodio e lampadine allo xeno.

Tutte queste tipologie di lampadine che nel corso della storia sono nate, alcune frutto di necessità di migliorare quelle già esistenti o nate partendo da principi e funzionamento diversi, stanno via via lasciando il posto, ad una “nuova” tecnologia di produzione di luce artificiale, parliamo della tecnologia del diodo luminoso anche conosciuta come LED (light Emitted Diode) che analizzeremo nel Capitolo 6.

Tutte le tecniche citate di seguito si fondano sul riscaldamento di materiali. Rendere incandescente un sottile filamento in atmosfera di gas inerte è ben diverso dalla combustione di materiali solidi o liquidi ma comunque si manifesta in tutti e due i casi il problema dello sviluppo di calore cioè quell’eccesso termico che riduce l’efficienza e rende breve la durata del servizio reso da ogni fonte luminosa.

La lampadina a scarica è un buon progresso, il suo funzionamento, grazie al veloce e ciclico riprodursi di piccole folgorazioni in atmosfere gassose, da risultati quali minore calore prodotto dal processo e marcata crescita del valore dell’efficienza: più luce, minore potenza elettrica assorbita quindi ridotto consumo.

Lampadine Fluorescenti

Le lampadine fluorescenti sono lampadine a vapori di mercurio a bassa pressione. La scarica che genera la radiazione luminosa avviene in un tubo in vetro rivestito all’interno con polveri fluorescenti, i vapori di mercurio attraversati da corrente emettono radiazioni ultraviolette che a loro volta reagendo con le polveri fluorescenti si trasformano in radiazioni visibili.



Esempio di lampadina fluorescente

Per accendere una lampadina è generalmente necessario preriscaldare i catodi e fornire un colpo di tensione che si ottiene collegando in parallelo alla lampadina uno starter. Il maggior pregio di queste lampadine è quello di ridurre al minimo il fattore di abbagliamento e quindi non hanno bisogno di essere supportate da superfici schermanti.

Il flusso luminoso di queste lampadine dipende molto dalla temperatura ambiente nel quale lavorano; sappiamo che la miglior condizione si colloca tra i 20° e i 25° centigradi al di sopra e al di sotto di queste temperature il flusso luminoso e di conseguenza anche l'efficienza diminuiscono.

In genere, questo tipo di lampadina ha una durata elevata, ovvero 7500 ore, che aumentano se la lampadina è usata con dovuti accorgimenti come un impianto elettrico con i giusti valori di tensione e frequenza.

Il colore della luce delle lampadine fluorescenti può venire ampiamente variato scegliendo le opportune sostanze. I colori della luce sono suddivisi in tre gruppi: gruppo 1 detto "luce diurna" ha una temperatura di colore variabile tra i 5500 e i 7000°K, gruppo 2 definito come "luce bianchissima" avente come temperatura di colore dai 4000 ai 5000°K, e in fine il gruppo 3 detto "tono caldo" con una temperatura di colore variabile da 3000 a 3500°K.

Lampadine a Vapori di Mercurio

Le lampadine a vapori di mercurio ad alta pressione producono una radiazione che è contenuta per la maggior parte nel campo del visibile. In un piccolo tubo in quarzo protetto da un bulbo in vetro viene fatta avvenire la scarica che produce la radiazione.



Esempio di lampadina ai vapori di mercurio

Lo spettro prodotto ha una conformazione che non permette la giusta resa cromatica poiché manca la parte di radiazione legata alla banda dei colori rossi. Quindi, la parte interna del bulbo in vetro, viene trattata con polvere fluorescente che trasforma una parte della radiazione ultravioletta in luce, così da arricchire lo spettro anche dei toni caldi mancanti.

Le lampadine a vapori di mercurio ad alta pressione sono caratterizzate da una vasta gamma di potenze comprese tra 50 e 2.000 W con flussi luminosi che vanno nell'ordine dei 2.000 lm fino a 125.000 lumen. Queste lampadine necessitano di un dispositivo per innescare la scarica.

Proprio a causa della elevata presenza di mercurio il 13 febbraio 2003 è entrata in vigore la direttiva comunitaria 2002/95/CE sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (la cosiddetta Direttiva RoHS). Essa ha come effetto la messa al bando delle lampadine al mercurio ad alta pressione dal territorio europeo. La vendita e l'installazione di queste lampadine ai privati è stata vietata a partire dal 1° luglio 2006.

Lampadine a Vapori di Alogenuri

Le lampadine a vapori di alogenuri sono nate nel tentativo di migliorare efficienza e resa cromatica delle lampadine a vapori di mercurio. Fondamentalmente infatti la costruzione è analoga a quella delle lampadine a vapori di mercurio, tuttavia il tubo in quarzo oltre al mercurio e argon (che serve da gas di innesco per l'accensione della lampadina a freddo cioè quando il mercurio contenuto nel tubo di scarica è condensato) contiene anche altri elementi.



Esempi di lampadine ai vapori di alogenuri

Come tutte le lampadine ad alta pressione, anche questa tipologia di lampadina richiede un certo tempo per essere riaccesa, normalmente questo tempo è di alcuni minuti per le lampadine di piccola potenza e può arrivare fino a 15-20 minuti per lampadine di potenza oltre i 1.000 W. Questo accade perché il dispositivo di innesco è predisposto per accendere la lampadina quando la sua pressione interna è quella che si ha a freddo.

Lampadine a Vapori di Sodio

Le lampadine a vapori di sodio sono essenzialmente costituite da un tubo di scarica nel cui interno sono contenuti sodio metallico, neon e xeno, protetti da un bulbo esterno. La scarica in questa miscela provoca il repentino riscaldamento della lampadina, fino a raggiungere la temperatura di fusione del sodio. A quel punto, il sodio viene vaporizzato e viene ionizzato dalla scarica, facendo assumere così la caratteristica emissione monocromatica gialla del sodio.



Esempio di lampadina ai vapori di sodio

Le lampadine a vapori di sodio richiedono un tempo iniziale di accensione di alcuni minuti, però poi dopo le interruzioni di corrente si riaccendono subito o con un minimo ritardo. La loro resa cromatica è scarsa ma posseggono un'elevata efficienza.

Lampadine allo Xeno

Le lampadine allo xeno sono caratterizzate da una distribuzione dell'energia nello spettro praticamente identica a quella della luce del giorno e non è influenzata dalle oscillazioni della tensione di rete.

La resa dei colori è eccellente e corrisponde in tutto a quella naturale.



Esempi di lampadine allo xeno

Le lampadine si accendono istantaneamente e raggiungono immediatamente la piena emissione luminosa; necessitano però per il loro funzionamento di un alimentatore e un accenditore.

6. LED

Il LED (Light Emitting Diode) o diodo a emissione di luce è un dispositivo optoelettronico che sfrutta la capacità di alcuni materiali di produrre fotoni attraverso un fenomeno di emissione spontanea.

La generazione della luce nel diodo luminoso avviene per elettroluminescenza; una particolare luminescenza che caratterizza alcuni materiali in grado di emettere luce sotto l'azione di un campo elettrico, ovvero, quando sono attraversati da corrente elettrica. I materiali oggetto di questo fenomeno sono chiamati semiconduttori.

L'oggetto generatore di luce è allo stato solido e non vi è alcuna presenza di gas o vapori e l'emissione luminosa avviene per decadimento energetico degli elettroni.

6.1 Cenni Storici

Il LED è il risultato tecnico delle conquiste scientifiche maturate nei primi decenni del secolo che hanno rivoluzionato i fondamenti teorici della fisica classica.

Nei primi decenni del novecento si fecero le prime sperimentazioni ottenendo inizialmente emissioni di radiazioni infrarosse da silicio drogato con arseniuro di gallio. La prima svolta si ebbe nel 1962 quando furono realizzati i primi diodi colorati nello specifico color ambra, arancio e rosso da Nick Holonyak Jr.

Qualche decennio più tardi si riuscì a realizzare anche la colorazione blu, anche se con modeste quantità di flusso luminoso che non rendevano il prodotto applicabile a scopo illuminotecnico.

Il successivo passo avanti si registra nell'ambito della ricerca tecnologica agli inizi degli anni novanta; grazie agli studi e alle ricerche di Shuji Nakamura che riesce a potenziare il flusso luminoso del LED blu.

Di maggiore rilevanza la scoperta seguente che trattando il materiale semiconduttore sintetico in un certo modo si può generare luce verde ad alto flusso. Utilizzando il nitruro di gallio realizza uno tipo di LED più luminoso e brillante degli altri, sperimenta e mette appunto allo stesso tempo la tecnologia dei fosfori incorporati nel rivestimento del die per la parziale conversione delle radiazioni blu in radiazioni gialle, ottenendo così luce eterocromatica bianca.

6.2 Elementi e Componenti

I principali componenti di un LED sono:

- Il silicio "drogato": tramite un processo chimico il silicio viene trasformato in un materiale semiconduttore sintetico la quale grazie al flusso di corrente elettrica che si muove all'interno genera luce.
- Un alimentatore: deve essere necessariamente collegato all'elemento semiconduttore tramite i due poli.
- Il cosiddetto "Packaging": involucro in cui sono presenti i due elettrodi per le connessioni elettriche, una base di appoggio fornita di una piccola superficie riflettente, infine un corpo trasparente, o lente, di forma piana o ricurva ancorata alla base.
- Elemento di substrato: posto sotto il chip che ha la funzione di riflettere e rifrangere le radiazioni in modo tale da creare un solido fotometrico, ossia una distribuzione del flusso che occupi l'emisfero superiore dello spazio che circonda il LED. Questo elemento è necessario per ovviare al fatto che il LED emette radiazioni che si propagano in tutte le direzioni in modo casuale e non determinabile.
- Uno o più dissipatori termici per lo smaltimento del calore prodotto dal LED
- I dispositivi ottici o semplicemente le ottiche, primarie all'interno del packaging e secondarie all'esterno, per la creazione del solido fotometrico



Esempio di conformazione

Silicio

Il principale componente di un LED è il silicio, un materiale di origine naturale.

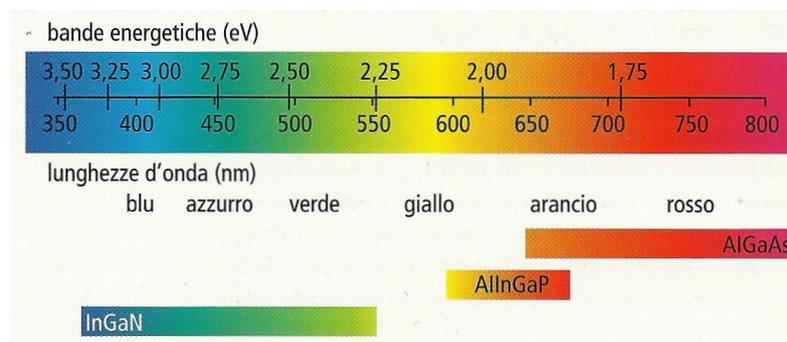
Il silicio viene chimicamente trattato, ovvero "drogato", per essere trasformato in un materiale semiconduttore sintetico detto N-P.

Nella regione N, l'inserimento della sostanza drogante serve ad aumentare il numero di elettroni nella banda di conduzione. Viceversa, se si opera con droganti che incrementano il numero delle lacune si ottiene la regione P.

Dalla regione N gli elettroni in eccesso sono dotati di una loro mobilità. Approssimandosi alla giunzione questi elettroni vanno ad occupare le lacune della zona P prossima di confine. Ogni volta che un elettrone lascia il proprio atomo attraversando la giuntura si crea uno ione positivo, a causa di questi transiti si forma un'ulteriore sotto zona, tra le due regioni chiamata zona di svuotamento in cui si fronteggiano gli ioni positivi con quelli negativi sui lati opposti.

Agli estremi di questa sottozona si genera una barriera di potenziale che varia a seconda della temperatura in cui si trova la giunzione. Il potenziale diminuisce quando aumenta la temperatura.

Quindi grazie al flusso di corrente elettrica che si muove all'interno di questo materiale semiconduttore si genera luce.



Esempio di alcuni composti chimici utilizzati nel drogaggio dei materiali semiconduttori

Alimentazione

Ogni LED è progettato per generare flusso luminoso a un determinato valore della corrente continua detta "corrente di pilotaggio", e della temperatura di giunzione detta "P-N".

Alti valori della corrente di pilotaggio decurtano la durata del LED ma d'altro canto, le correnti troppo deboli riducono i flussi luminosi. È importante, dunque, mantenere la corrente ad un valore costante. Ed ecco perché il LED ha bisogno di un alimentatore che mantenga la corrente di pilotaggio quanto più possibile costante e, soprattutto, riduca la normale tensione di rete a 12V in corrente continua. Infatti il LED non può assolutamente funzionare con la normale tensione di rete; sia per potenza (230V), sia per la caratteristiche fisiche in quanto la corrente di rete non è continua ma bensì alternata.

Per la regolazione del flusso si interviene sulla corrente con una frammentazione nel tempo, o riduzione ad impulsi. La costanza di alimentazione viene confinata in piccoli periodi di tempo separati, intervallati da periodi di azzeramento, ovvero annullando la corrente.

Nelle lampadine tradizionali si lavorava sui parametri elettrici come l'abbassamento di tensione, ma per i diodi luminosi la riduzione della tensione e della corrente comporta delle variazioni cromatiche, quindi si fa affidamento ad un sistema detto "a impulsi" in cui una rapida successione di accensione e spegnimento mantiene costante la tensione. Tutto ciò è possibile solo perché il LED non risente negativamente di questo flusso alternato; mentre nelle sorgenti tradizionali questo fenomeno compromette totalmente il funzionamento e la durata del dispositivo.

Con l'alimentazione a impulsi controllata dall'alimentatore o dal LED drive la riduzione o l'incremento del flusso sono dati dal valore medio di potenza fornita.

Packaging

Se si prende un LED in mano si può notare che è contenuto all'interno di una "capsula" trasparente dalle forme varie, le radiazioni che hanno origine dalla giunzione P-N del materiale semiconduttore che compone il chip si propagano in tutte le direzioni. Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche non è possibile fare delle previsioni sulle direzioni dei percorsi seguiti dalle radiazioni. La loro propagazione, in ordine agli orientamenti dello spazio, è considerata di natura casuale. I primi fenomeni di riflessione e di rifrazione avvengono all'interno e intorno al die. La superficie del substrato al fondo del die è resa riflettente con un trattamento resistente al calore, questo substrato è collocato in prossimità della giunzione P-N, dove si registra la massima temperatura rispetto a tutte le altre componenti del packaging. Al di sopra del die è presente una ricopertura trasparente o semitrasparente, di solito in materiale siliconico che funge da rivestimento.

Dissipatore

La temperatura della giunzione P-N è un parametro di cruciale importanza per le prestazioni energetiche, fotometriche e colorimetriche dei LED. Per tenere sotto controllo questa temperatura, i progettisti nel tempo hanno iniziato ad adottare sistemi di dissipazione del calore. Nello specifico, oggi si hanno due tipi di dissipatori termici: quelli passivi e quelli attivi.

Il modello più semplice di dispositivo dissipatore passivo è costituito da una piastra piana di un certo spessore su cui è saldato il LED con particolari paste o mastici adesivi termo-conduttivi per realizzare il miglior ponte termico tra le due componenti. La piastra di varie forme, dimensioni e spessore, è esposta al flusso d'aria naturale, ossia non forzato, quindi lo smaltimento del calore risulta più o meno efficace in funzione della posizione della piastra.

Questo tipo di dissipatori può però risultare ingombrante, tanto più quanto c'è la necessità di dover dissipare il calore di un LED di maggiore potenza, quindi per ovviare al problema ci si è affidati ad un sistema di apparati di alettature o rilievi di varia conformazione e profondità.

Per quanto riguarda i dissipatori termici di tipo attivo si nota che il concetto è fondamentalmente simile (piastra con alettature di varie forme) ma vengono anche applicati sul lato (in genere posteriore al dissipatore) dei dispositivi come ventole, pompe o membrane tenute in vibrazione che mettono in movimento forzato l'aria circostante così da garantire una dissipazione. Ovviamente, il movimento di questi apparati e dell'aria stessa provoca inevitabilmente rumore, la cui entità, seppur modesta, rimane un fattore da valutare attentamente.

Ottiche

La principale caratteristica ottico-fotometrica del LED consiste nella emissione diretta della luce, ossia interamente compresa nell'emisfero superiore. Ne consegue che nessuna radiazione segue direzioni rivolte verso l'emisfero inferiore.

Se si prende in considerazione e si mettono a confronto i LED con le comuni lampadine è evidente che i due tipi di sorgente si comportano in modo molto diverso; che sia una lampadina a filamento spiralizzato o un tubo di scarica queste si comportano come se fossero dei corpi celesti in miniatura "un sole a scala molto ridotta". Le radiazioni si propagano verso l'alto, verso il basso e ai lati.

Invece nel LED, generando un tipo di illuminazione puntiforme, la luce si propaga in un'unica direzione. Per ovviare a questo problema è necessario orientare i vettori d'intensità.

Perciò la luce deve essere rifratta o riflessa in modo da cambiare le direzioni dei raggi luminosi; questo compito si affida ad apparati secondari chiamati componenti ottiche o semplicemente ottiche.

Questi apparati si distinguono in due categorie:

- Ottiche primarie: già incorporate nel packaging del LED;
- Ottiche secondarie: un corpo a parte o esterno al corpo LED stesso.

Le ottiche primarie sono elementi in materiale siliconico o in vetro che fungono da lente. Sono composte da un substrato riflettente, la ricopertura e infine la lente. Le ottiche primarie con lente migliorano l'efficienza del LED ma tendono a ridurre il rendimento luminoso.

Ecco perché si aggiungono al LED le ottiche secondarie, che ottimizzano il rapporto tra l'area apparente e l'area complessiva da cui si producono riflessioni e rifrazioni.

Tre sono le tipologie di ottiche secondarie nello specifico abbiamo:

- Ottiche piene: in materiale plastico funzionanti principalmente in riflessione totale interna o acronicamente dette TIR (total internal reflection): sono costituite da un corpo pieno in polimero a forma di parabola, ad alto fattore di trasmissione della luce, con uno svuotamento centrale. La zona cava lungo l'asse centrale ha la duplice funzione di ridurre i ritiri differenziati del materiale conformato, dopo lo stampaggio, in modo da evitare le deformazioni della componente, e di orientare le radiazioni della porzione centrale del solido fotometrico. La superficie superiore presenta micro-lenti o micro-prismi che contribuiscono al controllo delle direzioni di propagazione. Con l'aumento di dimensioni dell'ottica si hanno migliori rendimenti. I fasci prodotti generano sui piani aloni luminosi di varie dimensioni e forme.
- Ottiche vuote: a riflessione speculare in corpo cavo, queste ottiche presentano forma paraboloidale e possono presentare lavorazione superficiale a sfaccettature. Sono costruite in policarbonato ad alta resistenza termica trattato in superfici con ossido di alluminio lucidato e brillantato nella parte interna. A ogni riflessione si ha un assorbimento maggiore rispetto alle ottiche piene, ma le radiazioni attraversano uno spazio vuoto che rende trascurabili gli assorbimenti, infatti se si comparano i rendimenti luminosi delle due ottiche si notano differenze minime nell'ordine di qualche punto percentuale. Questa ottica presenta una porzione di raggi che esce diretta senza alcuna riflessione e ciò comporta un ampliamento del fascio luminoso, che provoca una maggiore corona di luce attorno all'alone proiettata sul piano di riflessione. Questo tipo di ottiche hanno un alto rendimento se il LED non è provvisto di ottica primaria.

- Ottiche ibride: queste ottiche offrono interessanti prestazioni potendo sfruttare i vantaggi di entrambe le ottiche citate sopra, pur con evidenti differenze di forme e soprattutto dimensioni. L'ottica ibrida accoppia le qualità della "coppa" cava riflettente con le peculiarità della lente collocata alla bocca di emissione.



Esempi di ottiche

6.3 Efficienza, Caratteristiche e Proprietà

In termini di efficienza luminosa il LED negli anni ha subito diversi miglioramenti; al suo esordio negli anni novanta la sua efficienza si attestava intorno ai 20/40 lm/W oggi i LED godono di un'efficienza che spazia sugli 80/100 lm/W e si prevede che in futuro questi valori andranno a normalizzarsi sui 150 lm/W.

Queste ottime prestazioni, insieme alle caratteristiche di autonomia di funzionamento (ad esempio quelli basati sull'uso di accumulatori, in modo particolare i sistemi di ricarica attraverso accumulo di energie ottenute da fonti rinnovabili), rendono il LED la sorgente più efficiente sul mercato e più adatta a mettere in atto strategie di risparmio e contenimento dei consumi energetici.

Nelle lampadine tradizionali un maggiore incremento della potenza elettrica assorbita influenza positivamente il dato dell'efficienza, ciò equivale a dire più potenza = più lumen, nel LED invece l'efficienza tende a diminuire con l'incremento della potenza perché per avere più flusso necessita di una maggiore corrente di pilotaggio. Di conseguenza, aumentando la caduta di tensione ai capi del LED, sale anche la potenza assorbita, ma secondo un rapporto che penalizza l'efficienza.

In altri termini la potenza aumenta con un tasso superiore rispetto a quello del flusso derivandone il decremento dell'efficienza luminosa.

Tuttavia riguardo l'efficienza globale o di sistema, questo dispositivo generatore di luce funziona grazie al supporto di dispositivi ad alimentazione elettrica e ai dispositivi ottici. Sappiamo che un alimentatore ha un consumo che si aggira intorno al 20% della potenza complessiva dei LED alimentati; inoltre si deve considerare che dove previsto un altro dispositivo di controllo, regolazione e gestione questo avrà un suo consumo.

Per quel che riguarda le ottiche i rendimenti luminosi, che sono il risultato del rapporto tra il flusso luminoso in uscita dall'ottica e quello in entrata che genera il LED stesso, si attestano intorno all' 80-85%. Quindi l'efficienza globale è data da più fattori che sono il flusso luminoso prodotto, il rendimento luminoso dell'ottica, la potenza assorbita e la potenza elettrica assorbita dal sistema di alimentazione, gestione, controllo e regolazione.

Eseguendo i dovuti calcoli ci si rende conto del vantaggio energetico conseguibile sfruttando sia l'efficienza dei LED, sia il rendimento luminoso delle ottiche secondarie.

Se c'è poi una peculiarità nel quale il LED non ha eguali, quella è la resistenza meccanica o lunga durata di vita detta "lifetime". Questo grazie al fatto che il dispositivo non è composto da materiali come il vetro, di cui tutti conosciamo la fragilità, non contiene gas o sostanze volatili, e non presenta al suo interno materiale portato all'incandescenza. Di fatto il LED è a tutti gli effetti una sorgente luminosa allo stato solido. Questa qualità ha portato, tra l'altro, a rivedere tutti gli standard considerati soddisfacenti di durata, come per esempio le 12.000 ore di vita media di una lampadina fluorescente oppure le 8000 ore di una lampadina a vapori di alogenuri metallici. Con i LED questi valori

sono largamente oltrepassati: si può arrivare a 50000-60000 ore di funzionamento ed è più facile che avvenga la rottura di qualche componente dell'alimentatore piuttosto che del LED stesso. Se si considera poi che i cicli ripetuti di accensione e spegnimento non gravano sul sistema, viene facile pensare a quante situazioni può risolvere.

Ad esempio è possibile installare gli apparecchi di illuminazione in posti di difficile accesso, come luoghi in cui si può accedere solo con mezzi specifici come ambienti sotterranei, in gallerie, sottopassi o a grandi altezze, oppure in tutti i luoghi in cui la manutenzione degli impianti comporta l'interruzione di un servizio di pubblico utilizzo. Rimanendo in tema di caratteristiche e vantaggi dei LED rispetto a tutte le altre sorgenti di luce artificiale bisogna soffermarci su due aspetti che posso essere considerati importanti: le dimensioni e i pesi.

Partendo dal "cuore" del LED e cioè dal dire che la componente che produce luce misura alcuni decimi di millimetro e il suo peso irrisorio rientra nell'ordine dei sottomultipli del grammo. Esistono in commercio altre lampadine dalle piccole dimensioni e dai pesi minimi, ad esempio le lampadine di ultima generazione a ciclo di alogeni alimentate a bassissima tensione oppure le lampadine a tubo fluorescente ripiegato o ancora il modello di ultima generazione a bassa potenza delle lampadine a vapori di alogenuri metallici in grado di erogare 1500 lumen con efficienza 68 lm/W, ma comunque avranno degli ingombri maggiori. Se si considera che è necessario un sistema che alimenti la lampadina la situazione peggiora.

Nel LED il fattore potenza assorbita è migliore poiché inferiore, migliore è anche il fattore efficienza (una lampadina fluorescente o a vapori di alogenuri non riuscirà mai ad eguagliare 200lm/W) e di gran lunga superiore è la durata media di vita. Ciò che emerge a questo punto dopo l'analisi fatta è che già solo considerando l'aspetto degli ingombri e le questioni termiche il diodo luminoso offre nuove opportunità di lavoro creativo al designer e per quanto attiene tra le fonti di luce e i vari elementi materiali presenti in uno spazio costruito, i LED permettono di:

- Integrare piccole fonti di luce in componenti edilizi, in partiture architettoniche, in elementi costruttivi, come controsoffittature, contropareti, pavimenti, operando con apparecchi ad incasso poco profondo, in vani, nicchie, gole, microspazi, scaffalature;
- Aggregare più apparecchi equipaggiati con LED singoli o con moduli LED in strutture meccaniche e di alimentazione elettrica come binari elettrificati, cavi tesi, barre, reti, griglie;
- Inserire luce in vani di elementi di arredo, utensili o strumenti d'uso come chiavi, pinze, giraviti, trapani, penne, armadi, vasi, contenitori, tubi idraulici, docce, vasche;
- Incorporare luce nei materiali stessi come vetro, polimetacrilato, policarbonato, ceramiche legni e pietre.

6.4 Impatto Ambientale

I minimi ingombri e pesi di modesta entità, congiuntamente alla semplicità della struttura del prodotto, sono caratteristiche che tendono a ridurre l'impatto che il LED esercita sull'ambiente sia costruito che naturale; al contrario delle lampadine tradizionali, composte da molti elementi interconnessi, con un grado di complessità strutturale elevato in rapporto alle funzioni rese.

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale un rilievo importante lo assumono i tipi di materiali impiegati. Nelle lampadine tradizionali sono sempre presenti metalli e leghe metalliche leggere, finemente lavorati (filamenti in tungsteno, cavi, microsaldature, placche, lamierini) materiali isolanti (ceramiche, polimeri) il vetro in vari tipi e versioni (vetro sodico-calco, al borosilicato, al silice) e poi gli elastomeri e i collanti. In fase di produzione le componenti di vari materiali sono assemblate e verificate, mentre in fase di smaltimento esse devono essere recuperate con una serie complessa di interventi di sezionatura e separazione. Nel caso dei LED, invece, tutte le operazioni si semplificano. I materiali utilizzati sono i semiconduttori drogati, i materiali che compongono gli elettrodi e il dissipatore termico, i materiali plastici per incapsulare il chip e i polimeri per la costruzione delle ottiche secondarie. Permane una certa complessità sicuramente, ma il lavoro di disgregazione è indubbiamente agevolato dalle semplicità dei collegamenti e dalle minime dimensioni. L'aspetto che però in modo decisivo consiglia di ritenere che il LED sia un prodotto che può aiutare a difendere l'ambiente, sta nell'assenza di sostanze tossiche e nocive per salute dell'uomo e degli animali e alla tutela dell'ambiente naturale. A differenza infatti delle lampadine tradizionali, come per esempio le lampadine fluorescenti che funzionano grazie alla presenza di mercurio nel tubo di scarica, il diodo luminoso non presenta nessuna sostanza pericolosa o difficile da smaltire.

NOTA: È in vigore dal 2006 in tutta l'unione europea la direttiva RAEE 2002/95/CE e 2002/96/CE che obbliga la riduzione delle sostanze pericolose per la costruzione di apparecchi e apparati elettronici e vieta salvo minime parti l'utilizzo di piombo, mercurio, cadmio, cromo esavalente, bifenil polibromurati (PBB), eteri bifenili polibromurati (PBDE); per tutti i nuovi prodotti elettrici ed elettronici immessi sul mercato dal 1 luglio 2006.

6.5 Luce e Colorazione

I LED sono sorgenti a corto spettro. Rispetto alla percezione visiva la luce è di un certo colore, ma considerare la pur ridotta banda stretta ci aiuta a comprendere che cosa accade quando die di diversi colori sono aggregati in un solo LED e le loro radiazioni si fondono. Se le bande sono molto strette lo spettro complessivo diventa simile a quello delle lampadine a scarica. Ma nel caso in cui le bande sono più larghe lo spettro finale è più simile a quelli tipici della luce naturale.

La potenza prodotta è contenuta tutta nella banda spettrale delle radiazioni visibili; cioè non viene prodotta nessun'altra radiazione che l'occhio non è in grado di percepire quindi non ci sono né radiazioni ultraviolette, né radiazioni infrarosse che come sappiamo le altre sorgenti producevano. Di conseguenza, attualmente, i LED si propongono come le sorgenti luminose che consentono, senza l'interposizione di filtri o schermi, di illuminare nel segno della massima tutela, garantendo le condizioni ambientali della conservazione.

Se dunque il LED è una lampadina che genera luce di un certo colore è necessario approfondire come il LED riesce a generare quel mix di radiazioni che il sistema occhio cervello capta come sensazione visiva o luce bianca. La luce eterocromatica prodotta dal LED permette di dare visibilità a tutti i tipi di colore mentre, un LED a luce monocromatica rifletterà dalle superfici che lo circondano solo nella sua tonalità, ovvero si percepiranno solo gli oggetti capaci di riflettere la su detta tonalità.

Quando negli anni novanta fu scoperto e prodotto il LED blu ad alto flusso sono state messe in atto diverse tecniche per la produzione industriale del LED eterocromatico. Un certo grado di eterocromaticità si può ottenere miscelando le radiazioni provenienti da tre LED che emettono secondo i tre colori primari: rosso, verde, blu. Questa miscela può essere fatta affiancando i tre corpi LED separati forniti di uguali ottiche oppure un solo LED che contiene tre chip con i relativi elettrodi.

Per ottenere una certa tonalità di bianco, secondo una certa temperatura di colore, è necessario regolare con cura ciascun colore primario. A causa degli avvallamenti nella curva spettrale evidenziati dal diagramma spettro radiometrico la resa dei colori non è molto elevata.

Un altro sistema che si utilizza per produrre luce eterocromatica dal LED è la sintesi additiva delle radiazioni blu e gialle quindi si utilizza un LED con emissione. Intorno al chip di materiale semiconduttore si realizza un rivestimento semi trasparente in cui sono depositati dei cristalli fosforescenti che assorbono una parte della radiazione blu generata dal die e la trasformano in radiazioni con frequenze più basse appartenenti alla regione spettrale del giallo. Quindi dal rivestimento del LED filtrano radiazioni sia blu che gialle; graduando opportunamente le gamme cromatiche dei due tipi di radiazioni si ottengono le emissioni eterocromatiche di differenti temperature di colore.

Si può operare dunque in due direzioni: sul die oppure sulle sostanze fosforescenti. È possibile depositare queste sostanze anche alla base del LED, sotto il die nel substrato riflettente, ottenendo lo stesso risultato in cui i fosfori sono posti sopra il die.

Un altro sistema già consolidato perché utilizzato anche nel campo delle lampadine fluorescenti, è quello di produrre radiazioni ultraviolette attraverso un apposito LED che genera radiazioni ad altissima frequenza e convertire queste ultime in radiazioni di minore frequenza corrispondenti ai colori adatti alla composizione eterocromatica e alla tonalità voluta, con determinati valori della temperatura di colore. Ricordandosi che le radiazioni uv non rientrano nello spettro del visibile c'è la necessità di controllare in modo ineccepibile la potenza del LED per impedire che quote residue di uv entrino nella sintesi di emissione.

Il resto del lavoro è affidato alla ormai matura tecnologia delle sostanze fluorescenti che, come abbiamo detto, si utilizza da quando sono nate le lampadine fluorescenti.

Considerando che nell'illuminazione di ambienti interni ed esteri viene spesso richiesta una gamma di tonalità di luce bianca (calda, fredda intermedia), un'ulteriore tecnica si fonda sulla miscelazione di luce bianca e di luce di color ambra, blu e rosso. Questa tecnica, denominata AWB (Amber White Blu), permette di comporre col bianco, di ridurre con l'ambra o di incrementare con il blu, la temperatura di colore.

In pratica il LED si presenta a luce bianca che diventa più fredda (cold) se si incrementa la potenza del LED blu, mentre risulta di tonalità più calda (warm) se viene incrementata la potenza del LED ambra.

Impiegando invece il LED a luce rossa in sintesi con il LED a luce di tonalità bianco-fredda è possibile colmare la parte dello spettro meno potente del LED a luce bianca fredda per migliorare la resa dei colori.

6.6 Tipologie

Esistono, attualmente, diverse tipologie di led. La scelta di una sorgente luminosa è determinata dal tipo di ambiente da illuminare e dalle sue funzioni. Si può affermare che la sorgente d'uso universale non sia stata ancora inventata, sicuramente il diodo luminoso si sta imponendo via, via sempre di più andando a coprire un po' tutto il ventaglio degli impieghi, che spazia dai microspazi alle grandi aree, dagli ambienti esterni a quelli interni. Proporsi per una grande varietà di applicazioni comporta quindi un'articolata diversificazione merceologica. Di seguito un elenco di alcune tra le più importanti tipologie di LED sul mercato: LED a tecnologia THT, LED SMT, LED a tensione di rete, High flux LED, OLED.

LED a Tecnologia THT

I LED a Tecnologia THT (Through Hole Technology) si riconoscono per la forma emisferica della piccola capsula semitrasparente che ingloba il die con i minuscoli collegamenti elettrici, nonché per la forma e la posizione degli elettrodi, sulla parte inferiore piatta della capsula fuoriescono i piedini metallici che presentano dimensioni diverse per facilitare il riconoscimento e quindi i collegamenti elettrici. Questa microstruttura è concepita per collocare la componente optoelettronica in un foro, ricavato in un piano o pannello, e realizzare in tal modo la classica spia luminosa. Gli elettrodi (i due peduncoli che fuoriescono dalla capsula) sono saldati, nella maggioranza dei casi, su un circuito stampato con base di materiale isolante che funge da superficie di ancoraggio e di connessione elettrica. Questa famiglia di LED era ed è tuttora usata prevalentemente come spie luminose, minuscole fonti luminose a basso flusso e modesto sviluppo di calore, facili da integrare ed occultare, per display, cruscotti, schermi di vari formati, sfruttando la direzionalità dei raggi proiettati dalla minuscola ottica integrata. La loro funzione principale è quella di essere dei semplici segnalatori e non propriamente sorgenti luminose adatte ad illuminare dato che le potenze sono molto basse e la luce emessa è monocromatica.



Esempio di LED a Tecnologia THT

LED SMT

I LED SMT (Surface Mounted Technology) o power LED: questa tipologia di LED è stata sviluppata quasi subito dopo la tecnologia THT. Il diodo SMT si distingue per il corpo molto compatto a base piatta adatta per essere posizionata su un piano di un circuito stampato. Questa forma conferisce al diodo efficaci capacità di disperdere il calore e quindi essere affiancato da dissipatori poco ingombranti. Il più importante tratto distintivo è dato dagli elettrodi collocati sotto la sua base. Diventa così possibile utilizzare circuiti stampati di ridotto spessore ed effettuare le micro saldature di collegamento non più manualmente come accadeva per i LED THT ma con macchinari automatizzati, rendendo in tal modo l'assemblaggio meno costoso, estremamente preciso, altamente affidabile e velocizzato. Questa forma molto compatta si presta molto bene per realizzare moduli lineari, strisce luminose o strip light, composte da micro aree luminose disposte a intervalli regolari, moduli poligonali oppure circolari ma anche di altre forme. Inoltre sulla stessa scheda che ospita i diodi è possibile montare le componenti che costituiscono il dispositivo di alimentazione senza dover così ricorrere ad un driver esterno. Le potenze in gioco variano molto in funzione del tipo e del numero di diodi installati, dalla loro densità o dall'estensione planimetrica del circuito stampato. Per allargare la gamma di potenze che sono necessarie alle applicazioni in campo illuminotecnico i produttori di questo tipo di LED si sono orientati su tre tipologie in cui sono variabili le potenze assorbite e le dimensioni. Abbiamo quindi:

- LED a singolo chip (o LED mono chip): disponibili a luce monocromatica o a luce bianca, con lente, oppure con il solo rivestimento protettivo a base di fosfori;
- LED multichip: a sola luce bianca;
- LED multichip a luce bianca ricavata da sintesi additiva RGB (Red Green Blue) a sei elettrodi;
- LED multichip RGBW (Red Green Blue White) a quattro chip tre per i colori primari più il bianco.

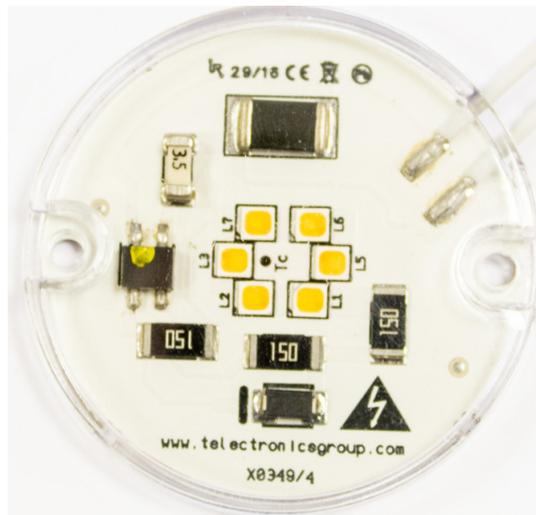


Esempi di LED SMT: a sinistra a singolo CIP, a destra Multi CIP

LED a Tensione di Rete

Questa tipologia di LED si differenzia da quelli sopracitati per il fatto che mentre i LED SMT e i LED THT sono alimentati a bassissima tensione e corrente continua questa famiglia di LED può ricevere la normale tensione di rete senza dover ricorrere al supporto di alimentatori. L'adattamento dei parametri elettrici al LED è operato da micro componenti elettronici inseriti generalmente in parte nel packaging dello stesso LED, in parte nel circuito stampato, come ad esempio ponti raddrizzatori e resistenze elettriche. Attualmente questa famiglia di LED è composta da:

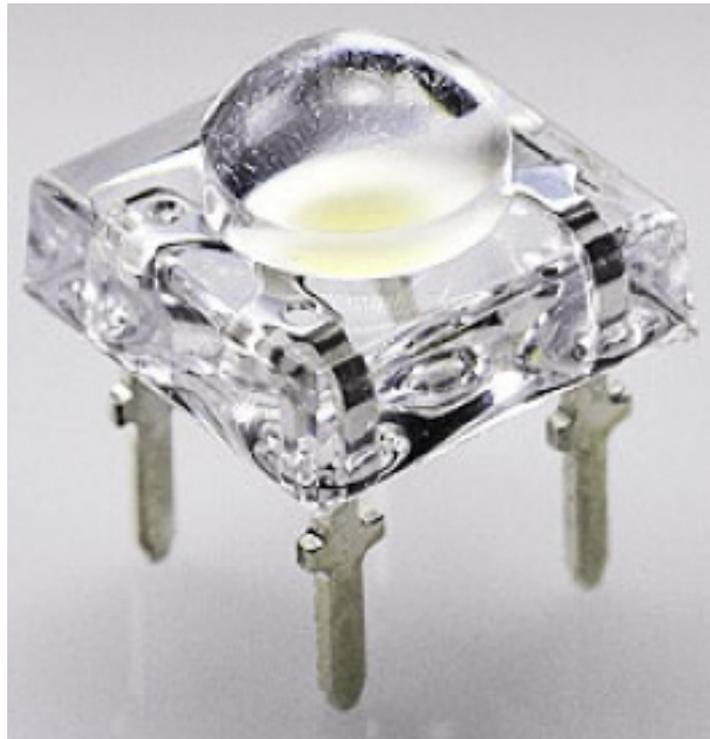
- LED per alimentazione a tensione compresa tra 100 e 110 V;
- LED per alimentazione a tensione compresa tra 220 e 230 V;
- LED per alimentazione a tensione di 55 V, questa versione si rivela molto versatile perché è possibile alimentarla in coppie oppure gruppi di 4 LED con tensioni anche diverse.



Esempio di LED a tensione di rete

Hight Flux LED

Il LED ad alto flusso è un derivato del Power LED di recente fabbricazione ed è utilizzato per applicazioni in cui è necessario avere una sorgente molto luminosa ma che presenti dimensioni ridotte e bassa resistenza termica. Per ottenere tali prestazioni è necessario usare correnti di pilotaggio di alcuni ampere, con potenze di assorbimento nell'ordine delle decine di watt. Può nascere così un problema relativo al fatto che rispetto ai power LED questo tipo consuma molta più energia, comunque resta una buona efficienza luminosa.



Esempio di LED ad alto flusso

OLED

Di recente applicazione, l'acronimo OLED lo ritroviamo spesso ad affiancare la tecnologia degli schermi piatti o dei televisori. OLED sta per Organic Light Emitting Diode si tratta perciò di diodi in grado di emettere luce in materiale organico come ad esempio il carbonio.

Una differenza fondamentale risiede nella forma di questi diodi che si presenta come un sottilissimo foglio flessibile, in grado di emettere luce da una sola faccia o da entrambe.

Come si verifica negli altri LED, l'emissione di luce avviene nell'area di giunzione tra i due strati di materiale organico, il primo conduttore di elettroni e il secondo conduttore di lacune. Per ottenere il transito di elettroni è necessario collocare due elettrodi a contatto con i materiali organici e almeno uno dei materiali deve essere trasparente per consentire la fuoriuscita della radiazione luminosa. Gli OLED attualmente prodotti, sono forniti di un substrato in vetro o di materiale plastico trasparente sul quale sono depositati, strato dopo strato, i materiali metallici ed organici con spessori impossibili da percepire ad occhio nudo, (nell'ordine di 100 nanometri, meno dell'1% dello spessore di un capello umano).

Come i LED gli OLED sono alimentati a bassissima tensione (in genere 6-9 Volt) e le correnti di pilotaggio si aggirano dai 100-700 mA (milliAmpere). Nel caso in cui devono essere alimentati più OLED, i collegamenti avvengono in serie ed a corrente costante.

Attualmente gli OLED non riescono a eguagliare i LED in valori di efficienza luminosa. Il dato migliore riscontrato fin ora per gli OLED è 90 lm/W ma in media si oscilla tra i 40 e i 70 lm/W. La durata media di vita si attesta intorno alle 40000 ore e la perdita di flusso a fine vita è del 30%.

Le temperature di colore disponibili sono 2700, 3000, 4000 K. L'indice di resa dei colori per questo tipo di diodo luminoso si attesta su valori compresi tra gli 80 e 90 CRI.

Per quel che riguarda le luminanze è possibile raggiungere fino a 8000 cd/m² sempre in funzione della grandezza della faccia emittente.

Esistono in commercio diverse categorie di OLED:

- OLED a singola emissione quindi ad una sola faccia emittente, presentano un fondo riflettente opaco, rigido e di varie dimensioni (quadrati, circolari, triangolari, rettangolari, poligonali);
- OLED a singola emissione, con fondo a specchio rigido anche questo tipo disponibile nelle forme sopra elencate;
- OLED a doppia emissione cioè l'emissione delle radiazioni luminose avviene su entrambe le facce si presenta come un foglio trasparente e anche lui è disponibile in varie forme e dimensioni;
- OLED a singola emissione, flessibile, con fondo riflettente opaco di varie forme e dimensioni.



Esempi di OLED

7. La Luce nell'Arte

Da sempre l'arte e la luce viaggiano sullo stesso binario; l'artista che dipinge, se supportato da una buona illuminazione del soggetto, riuscirà meglio a valorizzarne i contorni e l'ambiente che lo circonda.

Il riuscire a rappresentare la luce crea spessore nei quadri o nelle rappresentazioni artistiche. È essa stessa un modo per fare arte, basti pensare alle innumerevoli installazioni create utilizzando appunto la luce.

È risaputo però che una buona luce fa anche da palcoscenico ad un'opera; cioè migliore sarà lo studio delle tecniche di illuminazione migliore sarà il rendimento dell'opera in funzione della percezione dell'individuo che ne viene a contatto. Cioè vuol dire che se un'opera d'arte, che sia un quadro oppure un oggetto statuario, quando è ben illuminato riesce ad essere enfatizzato agli occhi di chi lo guarda mentre una cattiva illuminazione, che può semplicemente essere scarsa, può suscitare nell'osservatore scarso interesse e farlo tendere a non soffermarsi dinanzi ad essa.



Installazioni di Olafur Eliasson: a sinistra un esempio dello "Shadow project lamp", a destra "Rainbow assembly"

8. Luce e Psicologia

La luce, e quindi il colore, influenzano il nostro benessere e il nostro stato psicologico, e la comprensione di questa correlazione è importante per creare spazi che siano davvero "human-centric". Una grande quantità di studi è stata fatta per comprendere gli effetti psicologici che la luce provoca nella persone, sappiamo che sulla base di un progetto di illuminazione si fanno due macro distinzioni per la luce dividendola in luce calda e luce fredda. I colori caldi sono il rosso, l'arancione e il giallo. Questi colori solitamente trasmettono energia positiva, entusiasmo, felicità e passione. Al contrario, i colori freddi sono il verde, il blu e il viola. Questi colori trasmettono un senso di relax, di riservatezza, fascino e sobrietà.

- Il Rosso: è il colore del fuoco stimola due tipi di sensazioni nell'essere umano, può stimolare la passione e il calore ma, allo stesso tempo, c'è chi lo percepisce come il colore della rabbia.
- Il Rosa: è gioioso, femminile; un tono di rosa dona energia e fascino.
- L'arancione: semplice e amichevole, è il colore della felicità e dell'innovazione. Alcune tonalità sono associate al mutare delle stagioni e ai colori della terra. La luce arancione attira l'attenzione e crea energia, senza suscitare i sentimenti travolgenti associati con il rosso. Una buona scelta per le stanze in cui vogliamo far sentire gli ospiti i benvenuti.
- Il giallo: ottimista ed edificante, attiva la memoria e stimola il sistema nervoso. Soprattutto nelle tonalità più chiare, il giallo è associato con il sole splendente e con la felicità. Le luci a LED gialle promuovono la coesione e la comunicazione così come la creatività, rendendo il colore un'ottima scelta per gli uffici commerciali e i luoghi di lavoro.
- Verde: un colore neutro, associato con la natura, che ha un effetto calmante sui sensi. Il verde può anche rappresentare la crescita e nuovi inizi. Questo colore trasmette equilibrio e armonia, quindi il suo utilizzo in un ufficio commerciale può stimolare sensazioni di benessere, stabilità e rinnovamento.
- Blu: trasmette calma, freschezza, forza, e responsabilità. Il blu è anche collegato alla pace e ha anche un significato spirituale e religioso in molte culture. Il significato del blu cambia notevolmente a seconda della tonalità. L'azzurro è rilassante, mentre il blu intenso può essere rinfrescante. Un effetto rilassante che funziona bene in casa, ad esempio nei bagni o nelle camere da letto.

- Viola: il viola stimola la creatività e aggiunge un tocco eccentrico. È lunatico, spirituale e affascinante; il viola scuro dona un senso di ricchezza e lusso, mentre i viola chiari sono associati con la primavera e romanticismo. Utilizzare il viola è una scelta artistica che aggiunge una sensazione di mistero a qualsiasi spazio.
- Bianco: è il colore dell'innocenza, della purezza e del pulito. Grazie alla sua chiarezza, neutralità e somiglianza alla luce solare, la luce bianca è di gran lunga la scelta più comune quando si tratta di illuminare gli interni. Alcuni pensano che il bianco sia noioso, ma non è questo il caso: ci sono una miriade di opzioni di luci bianche disponibili.

9. Luce e Medicina

Si è visto come il colore della luce influisce psicologicamente sull'essere umano ovvero come le diverse tonalità luminose possono far percepire all'uomo differenti sensazioni. Un determinato colore genera, attenua o amplifica certi comportamenti o scelte. È risaputo ormai da tempo che l'alternanza di luce e buio scandiscono il ritmo circadiano; fin dalla sua nascita l'uomo ha vissuto sotto l'influenza di questo ritmo che è caratterizzato dall'alternanza luce, buio. Oggi sappiamo bene come la luce del giorno scatena la secrezione di cortisolo, l'ormone dello "stress positivo" che mobilita le energie utili alla giornata, mentre il buio innesca il rilascio di melatonina nel sangue. Il cortisolo è indispensabile per essere in forma quando si è svegli. Al contrario, la luce del giorno impedisce la secrezione di un altro ormone: la melatonina; implicata nell'addormentamento e nel sonno, la melatonina non è rilevabile durante il giorno, ma è al suo livello massimo di notte. Più il giorno è luminoso, più la notte è nera, maggiori sono le differenze ormonali (picco di cortisolo il giorno, picco di melatonina la notte) e migliore è la qualità del sonno.

È facile comprendere come in tempi moderni nei quali viviamo dove spesso il lavoro si svolge in ambienti chiusi come ad esempio uffici ma anche aziende ed industrie, una scarsa illuminazione potrebbe provocare lo scompenso di questo ritmo e quindi potremmo avere rilasci di melatonina nel sangue durante le ore lavorative e quindi calo delle capacità degli operatori e/o scarsa concentrazione, provocando così maggiori probabilità di calo della qualità del lavoro svolto. Ma non solo, infatti una illuminazione studiata male o trascurata può dar luogo a dei veri e propri problemi di salute, come la depressione e/o disturbi bipolari.

Un buon progetto di illuminazione, con le conoscenze che abbiamo oggi, diventa quindi fondamentale per il benessere psicofisico degli individui. Ideale sarebbe riuscire a ricreare la luce del sole a mezzogiorno, ora durante il quale è stato verificato che avviene il picco di rilascio del cortisolo nel sangue.

In passato, purtroppo, con le sorgenti luminose non era possibile raggiungere risultati decenti se non a discapito dei costi e dei consumi di energia elettrica, oggi grazie all'avvento dei LED si è ormai quasi riusciti a risolvere il problema, di fatto i progettisti tendenzialmente cercano l'integrazione dove possibile con la luce naturale del sole per ricreare più possibile un ambiente favorevole all'individuo.

Da anni sono in atto esperimenti che investigano la possibilità di curare alcuni tipi di disturbi psichici attraverso la "somministrazione" di luce ad alto flusso luminoso: la pratica consiste nel esporre l'individuo ad una luce molto forte direttamente a livello degli occhi, e si è riscontrato che gli individui sottoposti a tali esperimenti hanno raggiunto buoni risultati di regressione della malattia specie in quelle legate all'umore.

10. Un Approccio Computazionale al Progetto della Luce

Design Parametrico, Generativo e Software per la Progettazione Parametrica

Ormai da anni, e per il prossimo futuro, siamo consapevoli che l'uso del computer per il progettista è e sarà fondamentale: banche dati, software sempre più completi e versatili, possibilità di avere risultati in tempo reale, inserimento di parametri per soluzioni infinite e molto alto ancora, spalancano le porte della creatività accorciando i tempi di progettazione e riducendo gli errori.

Lo sviluppo e il perfezionamento dei sistemi di modellazione parametrica ha consentito di integrare, in un unico modello di "rappresentazione del reale", le molteplici variabili del progetto: quelle di natura geometrica, i rapporti tra forma e struttura, gli scambi energetici, fino agli output di produzione di strutture e di superfici di rivestimento.

Rispetto all'aided design, dove il progettista trova trasferiti nell'ambiente digitale i principi della geometria euclidea a supporto dell'attività creativa e di disegno, i software che integrano i sistemi parametrici consentono di rappresentare e produrre modelli che, grazie alla sincronia tra i parametri, possono essere "cresciuti" e modificati come organismi.

I sistemi parametrici apportano nuove possibilità di interrelazione, utili all'adattamento del progetto al contesto e ai suoi vincoli, nonché all'esplorazione delle molteplici possibilità insite in un'idea formale, le cui variabili risulterebbero difficilmente verificabili e gestibili in via analogica. Il software parametrico non solo descrive, ma aggiunge interpretazione alle forme e ne consente la gestione adattiva e interattiva.

La diffusione di questo sistema di progettazione è stata possibile anche grazie alla presenza di software dedicati come Grasshopper, Dynamo, Para 3D, Catia, senza tralasciare l'importanza della condivisione in rete di sistemi open-source.

Primo fra tutti ad utilizzare il medesimo sistema è proprio Grasshopper in quale è corredato da un intero blog nella quale gli utenti aggiornano o creano in continuazione nuovi strumenti per ogni necessità.

Grasshopper è un sistema di modellazione parametrico-generativo che si integra nel software di modellazione tridimensionale Rhinoceros 3D.

Quando si fa uso di Grasshopper per la modellazione si avvia una vera e propria forma di programmazione che risulta però essere più semplice, in quanto il progettista invece di avere a che fare con un codice vero e proprio di programmazione, composto quindi da stringhe contenenti le funzioni, si trova un sistema semplificato composto da pannelli visivi i quali sono a loro volta composti da entrate (input) ed uscite (output). Di conseguenza su una funzione avremo dei dati che possono essere altre funzioni in entrata e dati calcolati in uscita il tutto visibile nella comune interfaccia di Rhinoceros in modalità virtuale. Infatti, per rendere il modello utilizzabile al pari di uno modellato con sistema "tradizionale", c'è bisogno di un apposito comando che rende il modello "realtà", poi gestibile con i normali programmi di modellazione tridimensionale.

I vantaggi di usare questo metodo di modellazione virtuale risiedono nella possibilità di avere infinite soluzioni a livello di forme, soluzioni geometriche, funzioni, deformazioni, conformazioni, creare relazioni tra più parametri per avere forme complesse. In conclusione strumenti potenti, come il medesimo, spalancano le porte alla creatività di qualsiasi progettista e rendendo prevedibile nei prossimi anni una metamorfosi importante nei metodi di progettazione. Già oggi molte sono le strutture che offrono formazione orientata su questi sistemi di progettazione, ma la strada è ancora lunga.

11. Calcolo Matematico della Luce

Sappiamo che la luce è un elemento fondamentale per la vita dell'essere umano. Fin quanto c'è la luce naturale e l'uomo si trova all'aperto i problemi non si pongono poiché siamo in presenza di condizioni di luminosità e quantità di luce adeguate a compiere qualsiasi azione. Tutto ciò però non si può affatto dire per quanto riguarda la luce artificiale, o meglio tutta quella luce che l'uomo usa per compiere attività che avvengono all'interno di spazi chiusi come uffici, scuole, aziende, o le attività che si svolgono in assenza di luce naturale.

È facile dedurre che per poter sfruttare al meglio una stanza chiusa bisognerebbe preoccuparsi di riprodurre il più possibile la luce naturale.

In realtà, gli studi di illuminotecnica accompagnati da esperimenti fatti durante il corso della storia hanno portato alla definizione di particolari formule che aiutano a capire di quanta luce c'è bisogno in una stanza a seconda dell'uso che se ne farà.

Bisogna tener presente che non tutta l'energia luminosa emessa da una sorgente viene utilizzata per illuminare ciò che ci interessa. Questo perché una parte dell'energia luminosa viene dispersa all'interno dell'apparecchio che contiene la sorgente stessa; a volte per limitare questo problema si equipaggiano gli apparecchi con superfici riflettenti in modo tale che l'energia luminosa possa essere reindirizzata nell'ambiente da illuminare.

Per valutare i livelli di illuminamento di un locale si fa ricorso alla grandezza fotometrica definita "illuminamento", che, come abbiamo illustrato precedentemente, è la quantità di energia luminosa riferita ad un metro quadro di superficie. Questo vuol dire che se in una stanza di 10 mq è presente un apparecchio illuminante in grado di fornire un flusso luminoso di 1000 lumen, l'illuminamento medio della stanza sarà $1000 \text{ lumen} / 10 \text{ mq} = 100 \text{ lux}$. Da questa formula base si possono ricavare tutti gli elementi utili per poter calcolare la giusta illuminazione da fornire a ogni determinata stanza. Oggi, comunque, molti valori esempio sono largamente conosciuti e raccolti in tabelle consultabili sia in rete sia in qualsiasi manuale di illuminotecnica.

12. Nuovi Risvolti Formali per la Produzione

12.1 Stampa 3D

È interessante, a questo punto, dopo l'introduzione dei nuovi metodi di progettazione, come l'introduzione di nuovi sistemi di produzione possano soddisfare le richieste di realizzazione di forme complesse che possono venir fuori da una progettazione parametrico/generativa.

Ed ecco che entra in gioco uno dei settori che si sta espandendo e cresce anno dopo anno: quello della stampa 3D, che consiste, attraverso l'ausilio di programmi chiamati di slicing, di trasformare un modello 3D, in linguaggio macchina sotto forma di coordinate spaziali x,y,z . La macchina (stampante 3D) seguendo queste coordinate deposita materiale polimerico uno strato sopra l'altro fino a ricreare ciò che si era in precedenza modellato.

Esistono diversi tipi di questa nuova tecnologia a fabbricazione additiva la più comune per quanto riguarda i costi di acquisto e funzionamento è quella a tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling), ma sono disponibili anche le tecnologie a polveri dette SLS (Selective Laser Sintering) e MJM (Multi Jet Modeling) o a liquidi SLA, con la variante a sorgente luminosa DLP o CDLP (Continuous Digital Light Processing), MJM (Multi Jet Fusion) e Material Jetting.

Troviamo anche tecnologie additive per quel che riguarda i metalli e le leghe come: acciaio, titanio, acciaio Maranging, Inconel, alluminio, cobalto, rame e bronzo, ferro, oro, argento e metalli preziosi. Tale tecnologia è funzionale alla sinterizzazione, che consiste nella saldatura di polveri micronizzate in atmosfera controllata, evolutasi in SLM (Selective Laser Melting) in DMLS (Direct Metal Laser Sintering), Binder Jetting, l'NPJ (NanoParticle Jetting), e, infine, processi Directed Energy Deposition o Laser Cladding come il LENS (Laser Engineering Net Shape) e l'EBAM (Electron Beam Additive Manufacturing).

Sabbia, minerali e terre possono essere sinterizzati, aggregati con leganti speciali, ma anche estrusi a freddo con un metodo informalmente chiamato LDM (Liquid Deposition Modeling).

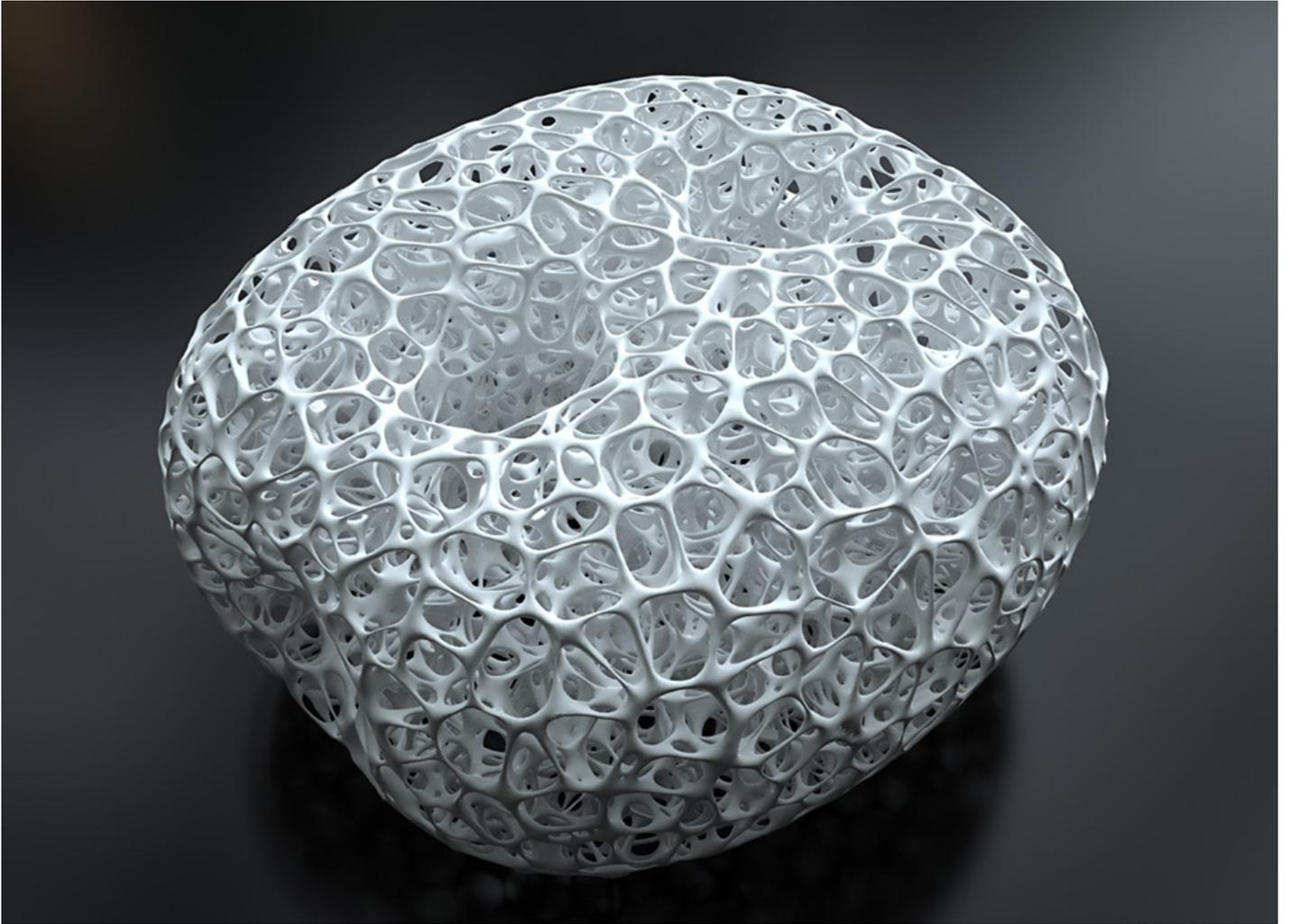
Riguardo agli apparecchi di illuminazione, fino ad oggi, la produzione si basava sulle classiche lavorazioni di taglio, saldatura, piegatura, imbutitura e calandratura ecc, oppure stampaggio ad iniezione. Ci si è accorti però solo dopo l'avvento della stampa 3D che queste lavorazioni presentavano vincoli, specie quando c'era necessità di adottare pattern superficiali o discontinuità nelle superfici esterne.

Prendiamo ad esempio la famosa e utilizzatissima tassellazione Voronoi, se si considera questa funzione da realizzare su una superficie piana si potrebbe ricorrere ad un comune taglio laser o ad una lavorazione tramite asportazione di materiale ad esempio su una macchina a controllo numerico computerizzato (CNC); ma se volessimo applicare la tassellazione ad un oggetto nel suo spazio tridimensionale la lavorazione sarebbe molto più complicata, lunga, costosa, in alcuni casi azzarderei irrealizzabile. La tecnologia additiva layers su layers, invece, permette che l'oggetto si componga senza doverlo rilavorare, tagliando di netto i costi di produzione. Rimangono i costi di finitura superficiale, ma in ogni caso si avevano anche con le tecnologie classiche.

È facile quindi capire come la possibilità di svincolarsi da determinate problematiche dia libero sfogo alla creatività del progettista che non si trova più a scontrarsi con le problematiche legate alla standardizzazione della forma e ha più spazio per gestire il livello di personalizzazione, tanto amata dalla società odierna. Tant'è che ogni individuo, potenzialmente, potrebbe avere prodotti interamente personalizzati realizzati in pochissimo tempo grazie proprio alle tecnologie di stampa 3D.

Vero è che non è possibile, ad oggi, riuscire a stare al passo con le grandi produzioni in serie perché i tempi di realizzazione del prodotto attraverso tecnologia additiva risultano lunghi e il più delle volte una macchina non può realizzare più di un modello alla volta, mentre, a confronto, uno stampo per iniezione di polimeri in una sola lavorazione può sfornare moltitudini di prodotti.

Quella della ripetibilità, per la stampa 3D, con le tecnologie attuali, è un po' uno svantaggio anche se analizzando come l'evolversi dei prodotti personalizzati stia prendendo sempre più piede è facile dedurre che in futuro si farà molta più attenzione all'acquisto di oggetti fabbricati in piccole serie o addirittura in unici pezzi piuttosto che prodotti creati attraverso le grandi serie industriale.



Esempio di tassellazione Voronoi su forma tridimensionale

12.2 Stampa 3D e Illuminazione

Conosciamo quanto i sottosquadri o profili dalle forme particolarmente complesse mettano a dura prova le tecniche tradizionali di costruzione di apparecchi di illuminazione. In questa ricerca si è voluto dar spazio alla stampa 3D di grande formato per creare un'oggetto di illuminazione che possa essere se non del tutto industrializzabile per la grande serie, realizzabile per la micro serie con il valore aggiunto della personalizzazione.

Il potenziale di queste tecnologie è dimostrato dal fatto che già esistono esempi di progetti di light design realizzati con le tecniche di additive manufacturing. Anche qualche azienda si sta muovendo in questa direzione organizzando contest.

Un'azienda in particolare, produttrice di stampanti 3D di grande formato, la *WASP*, tra l'altro italiana ha premiato nel suo contest Marco Parnasi con il progetto "Aureal Twist": una lampada prodotta interamente con una *WASP 3 MT INDUSTRIAL*. Questo progetto è stato scelto per il valore estetico, la versatilità e la capacità di valorizzare il metodo fabbricativo. Una forma sinuosa che, con una valenza evocativa, accoglie il tema della luce, proponendosi come un oggetto in grado di deformare lo spazio con la luce.



Stampante 3D DELTA WASP 3MT

Il progetto si distingue per la capacità di instaurare una profonda sinergia con la macchina. Il percorso massimo utilizzato dalla stampante è perfetto per realizzare il prodotto in poche ore. La geometria utilizzata permette un'interessante stabilità fabbricativa: l'oggetto si autosostiene nella stampa e non necessita di più di un passaggio per layer. Questo permette un'elevazione più rapida e una produzione più veloce, che valorizza al massimo le potenzialità della stampa con PLA in pellet della macchina utilizzata per la produzione.



Aureal Twist, Marco Parnasi

Altro esempio di stampa 3D di grande formato legato al light design è il progetto di .exnovo, un giovane brand italiano con sede a Trento, in collaborazione con il designer David Nosanchuk. Hanno realizzato il progetto della lampada a sospensione "BIG Louie" che vuole celebrare l'innovazione, il design e non solo. L'eterogeneo e intrigante insieme di linee e punti riprende, infatti, il dettaglio di un palazzo newyorkese progettato, sul finire del XIX secolo, da Louis Sullivan, uno dei padri fondatori della moderna architettura americana.



Capitello del Bayard-Condict Building, Louis Sullivan e dettaglio.

A partire dalla scansione tridimensionale dell'edificio, Nosanchuk ha esplorato l'idea di catturare un artefatto di design tridimensionale, il capitello del Bayard-Condict Building, e trasformarlo, con il supporto del team .exnovo, in un apparecchio di illuminazione. La scultura luminosa, rappresenta al meglio l'esaltazione della complessità della forma e della creatività più ardita, che soltanto la tecnologia di stampa 3D permette di raggiungere. BIG Louie, dotata di un reticolo composto da 12 LED, invisibile dall'esterno, è prodotta con la tecnologia di SLS sinterizzazione laser selettiva ed è in nylon.



BIG Louie, David Nosanchuk

Anche Design for Craft, laboratorio di artigianato tecnologico presso la quale ho conseguito il tirocinio formativo, ha realizzato una serie di lampade a tema naturale, di nome Veglamp. Queste lampade sono costituite da una base in legno e un paralume interamente stampato in 3D con una trama forata che ricorda un po' un insieme di rametti.



Serie Veglamp, Design for Craft

Ovviamente, questi sono solo tre esempi di come la stampa 3D di grande formato si stia muovendo in questo scenario, ma basta fare una ricerca sul web per trovare altri manufatti realizzati con queste tecnologie.

In conclusione diciamo che la stampa 3D di grande formato potrebbe portare la stampa 3D ad un altro livello rispetto a come la si sta sfruttando oggi e, perché no, in un futuro non troppo lontano renderla protagonista di vere e proprie produzioni seriali.

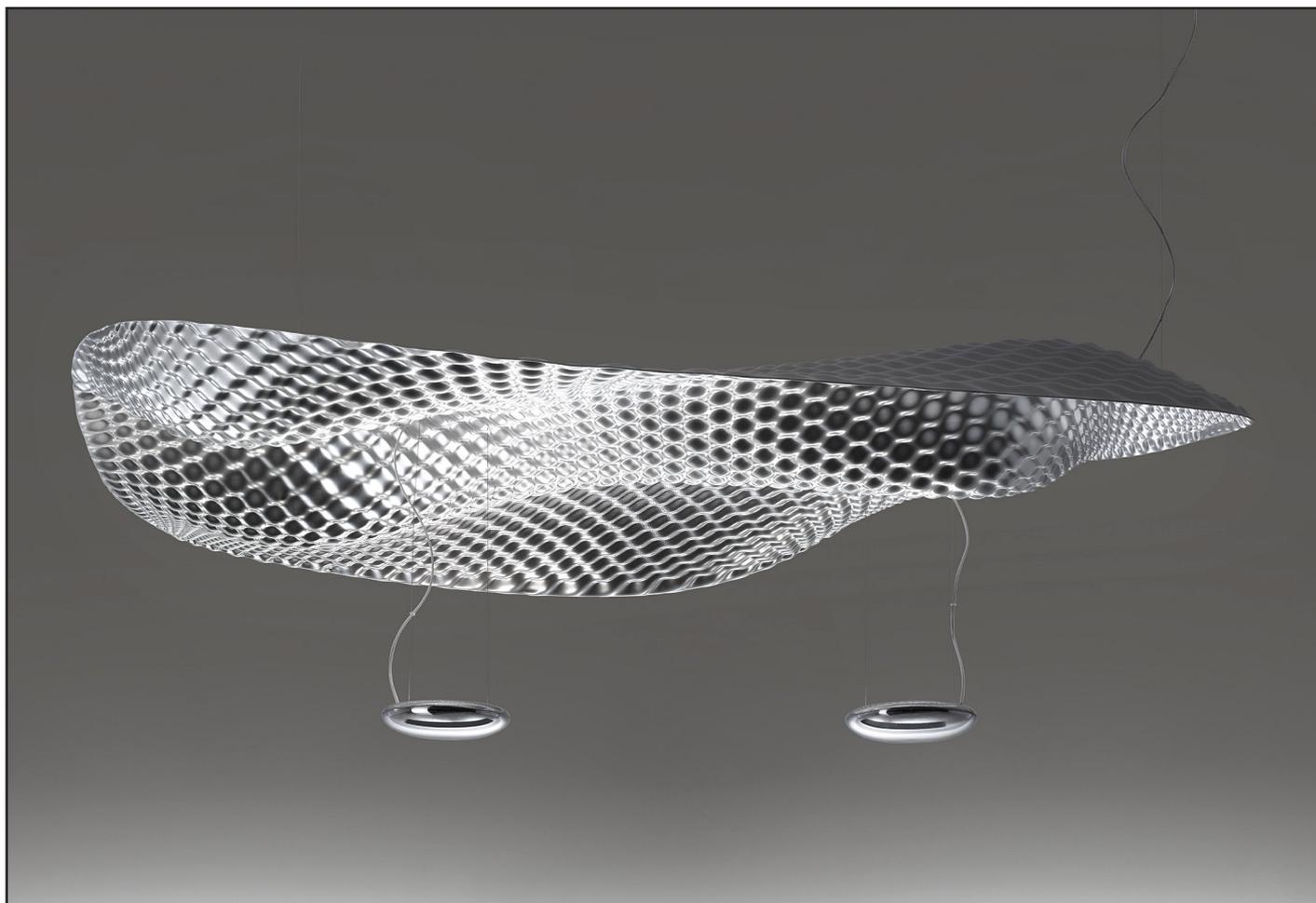


Esempli di lampade con forme realizzabili solo tramite stampante 3D

13. Stato dell'Arte

Esempi di apparecchi di illuminazione in commercio

ARTEMIDE



Cosmic Angel

CASTALDI



Bubble



Bubble Tourbillon

DISANO



Astro Atex

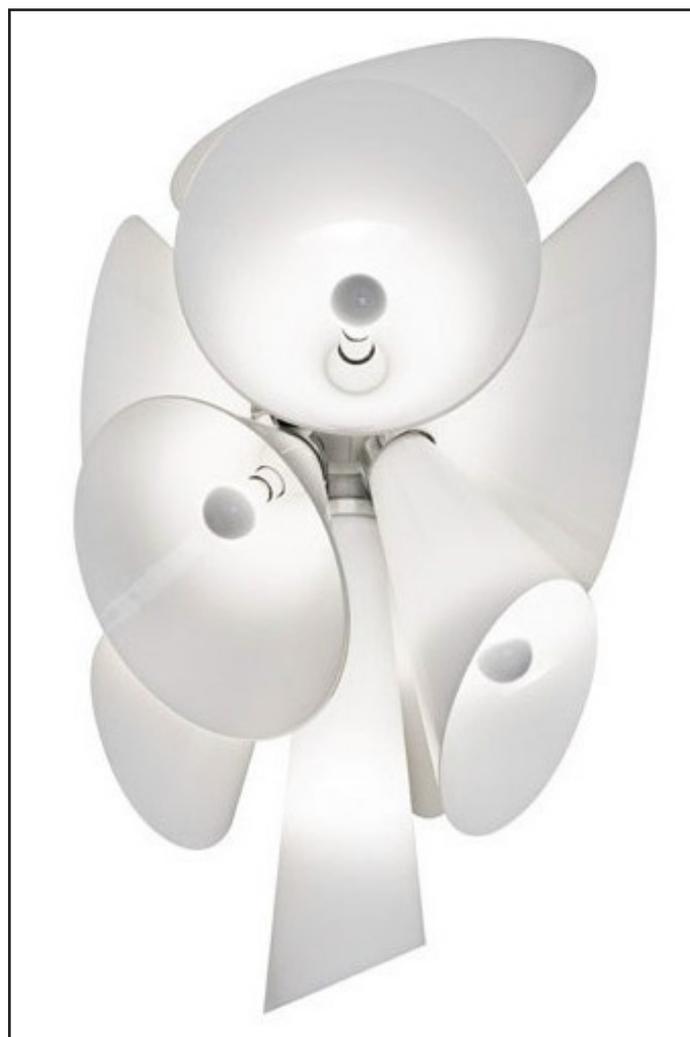


Disco

FLOS



2620



Nebula

FOSCARINI



Rituals



Caboche

MARTINI LIGHT



Modo



Ego

OSRAM



Vega



Apollon

PHILIPS



Rosevall

TARGETTI



Ercole



Rectangle

14. Idea

14.1 Alveare

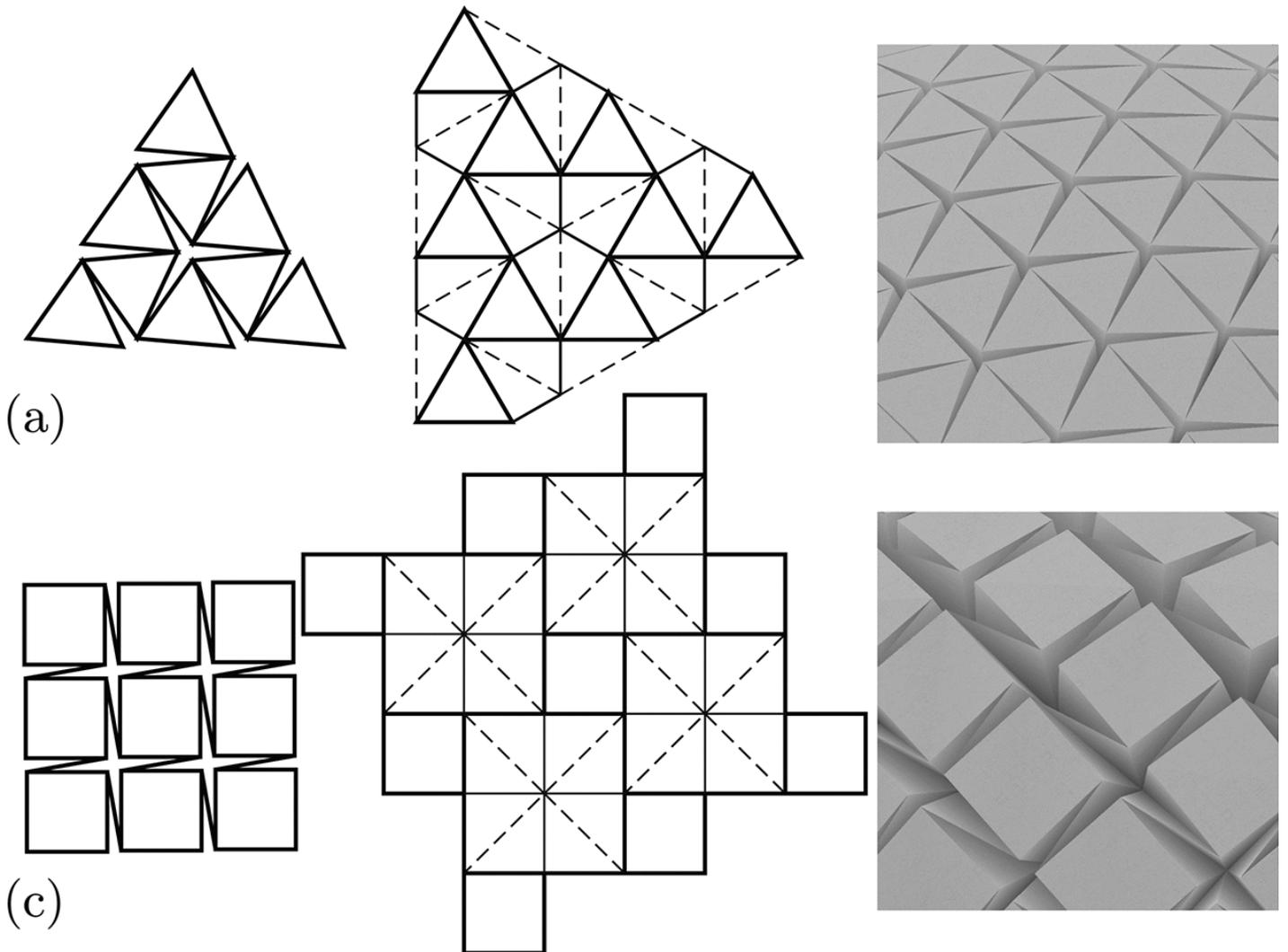


L'idea dell'alveare è venuta dalla volontà di creare una forma geometrica, ma naturale, che rispondesse bene alla propagazione della luce.

Di per sè, infatti, gli alveari vengono costruiti dalle api e/o dalle vespe sviluppandosi intorno ad un punto iniziale in modo che la luce, e quindi il calore, venga diffuso equamente in ognisua parte.

Inoltre la sua conformazione armoniosa, rimane gradevole agli occhi.

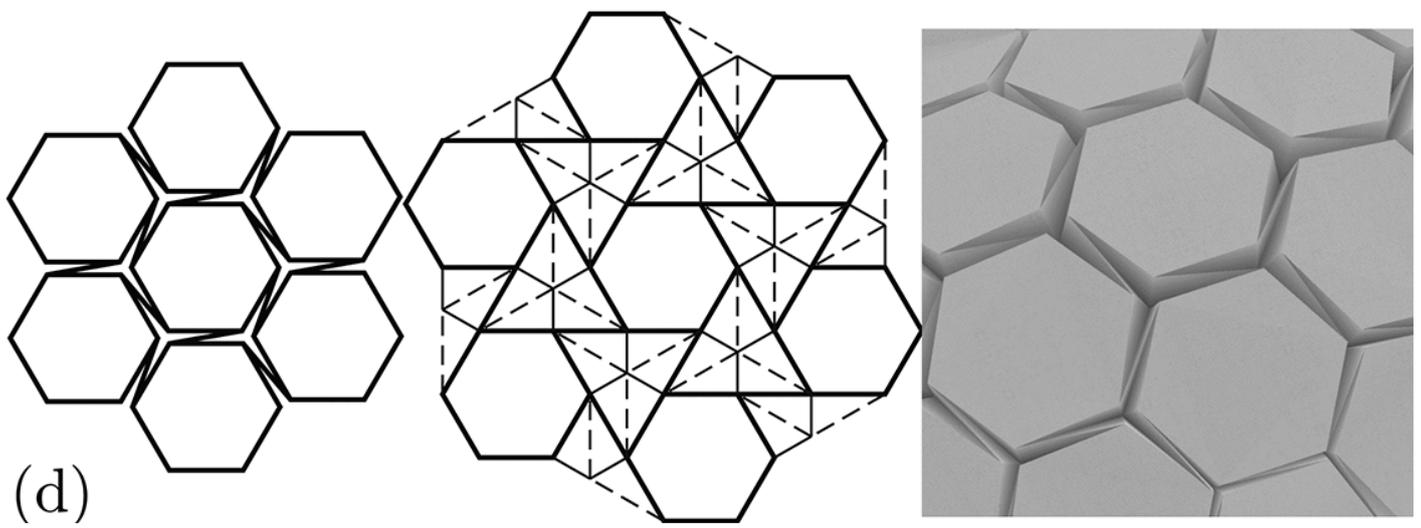
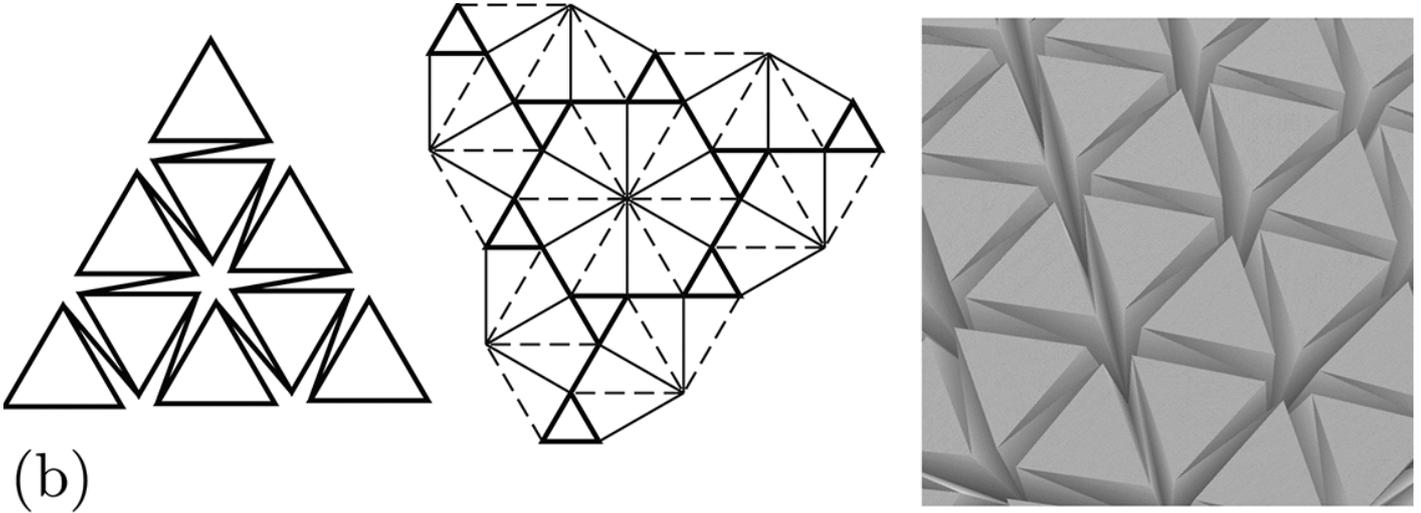
14.2 Pattern



Pattern Parametrici

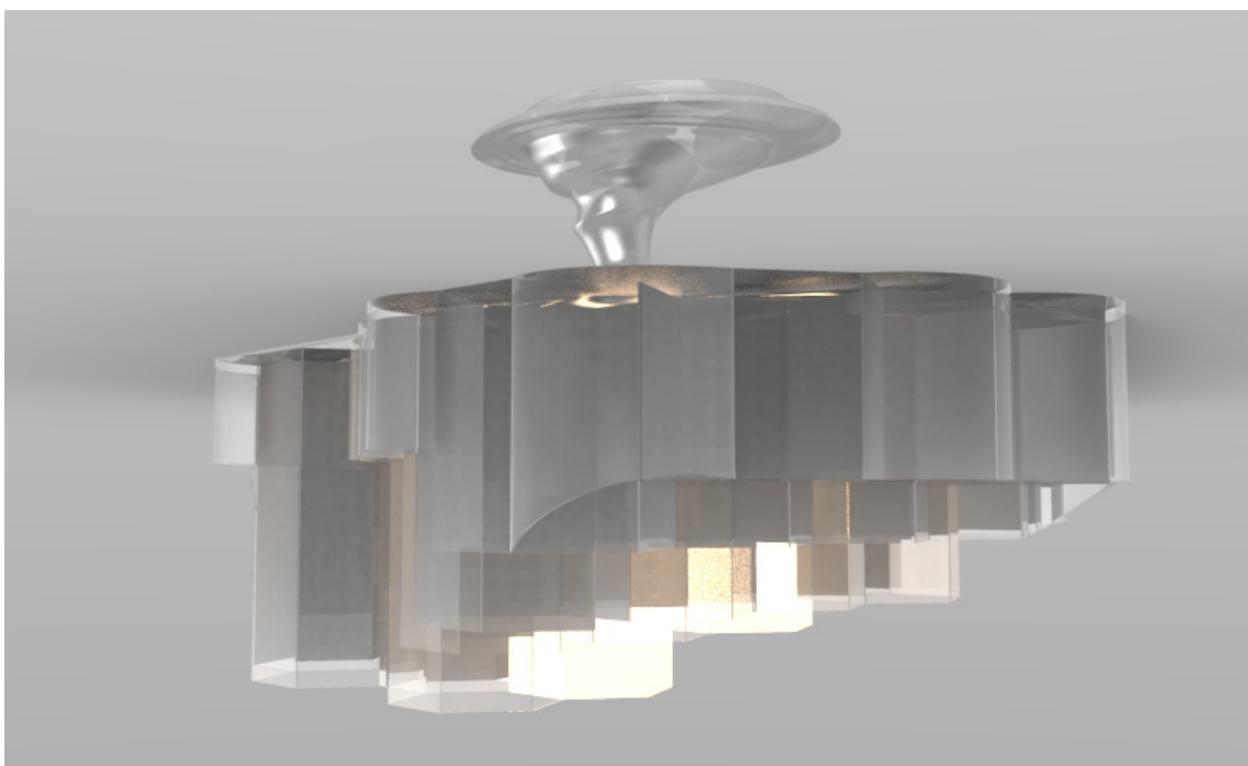
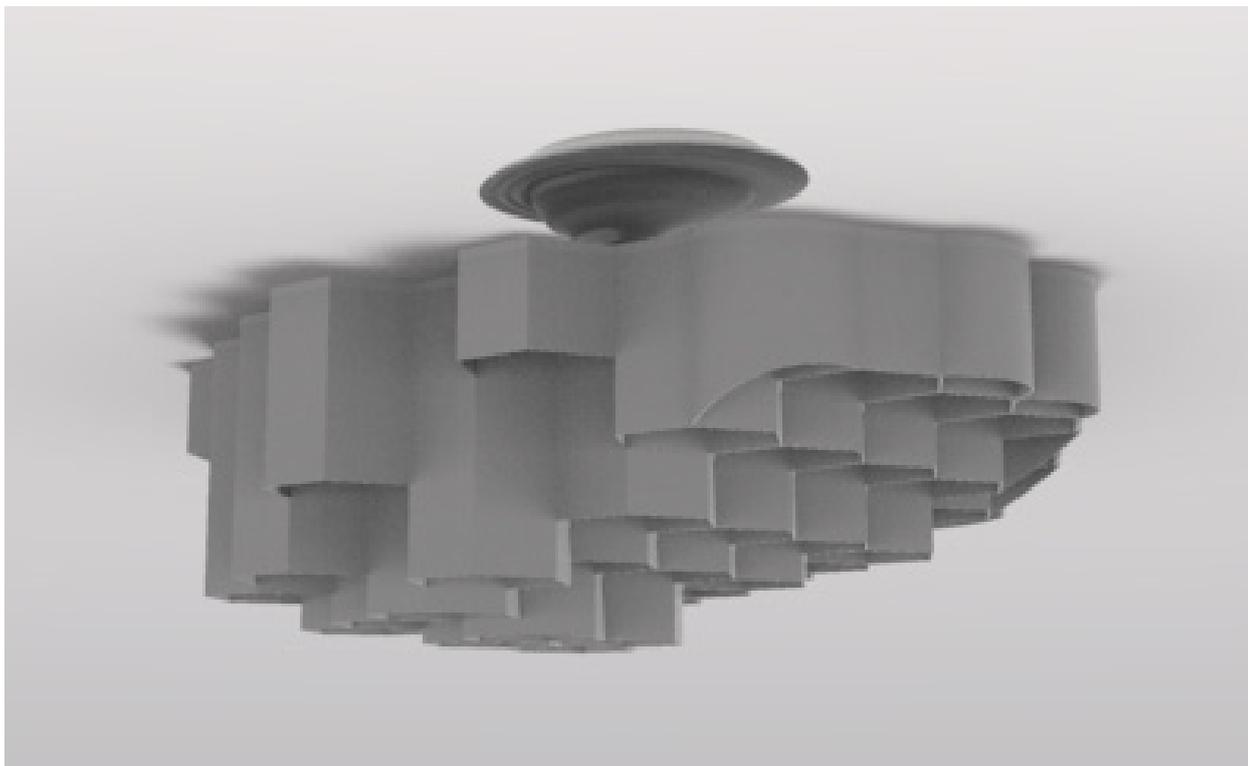
Dalla scelta di ispirarsi alla struttura degli alveari è derivata conseguentemente la scelta di un pattern parametrico su cui lavorare.

Si è adottato, per somiglianza di conformazione il Pattern D riportato nell'immagine seguente.



Pattern Parametrici

15. Primo Concept



Il primo concept sviluppato risultava troppo massiccio e pesante nella struttura, nonché complesso da gestire come produzione e assemblamento dei materiali.

Inoltre i primi test di illuminotecnica sul modello 3D non davano risultati efficaci in termini di propagazione della luce, resa luminosa e difficoltà nel collocare le sorgenti luminose nella giusta posizione.

Di conseguenza si è lavorato sulla semplificazione della struttura in linea con le necessità di illuminamento.

Per semplificare la struttura è bastato diminuire il numero di estrusi esagonali.

Per quello che riguarda invece le problematiche di illuminazione si è giunti alla conclusione che era necessario sviluppare un algoritmo che calcolasse la posizione esatta delle sorgenti luminose nel modello affinché permetta all'utente finale di avere la possibilità di decidere come illuminare la propria.

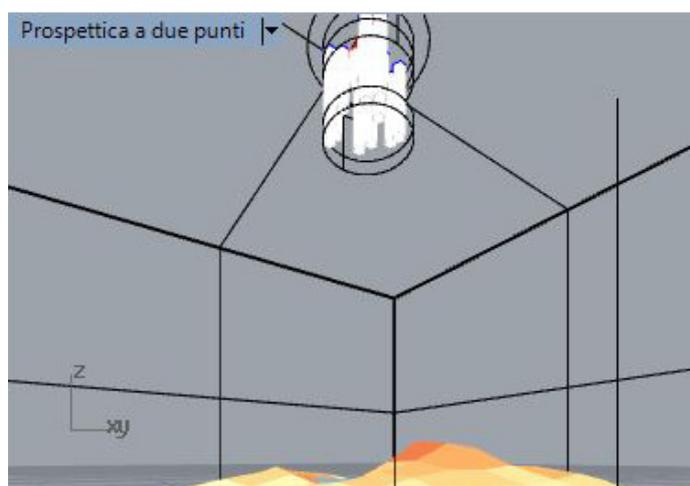
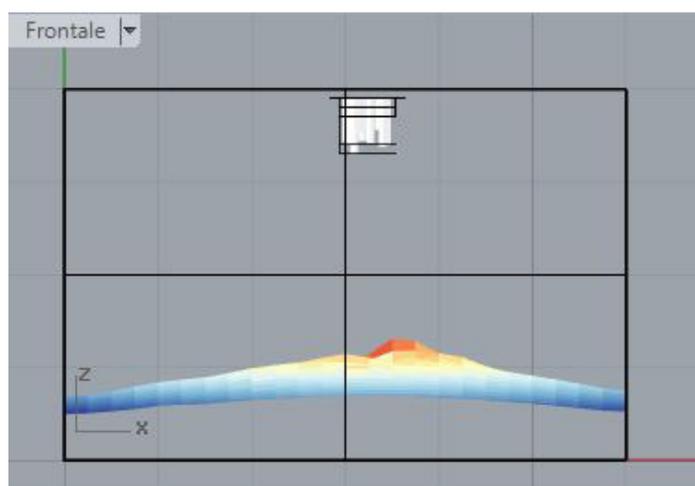
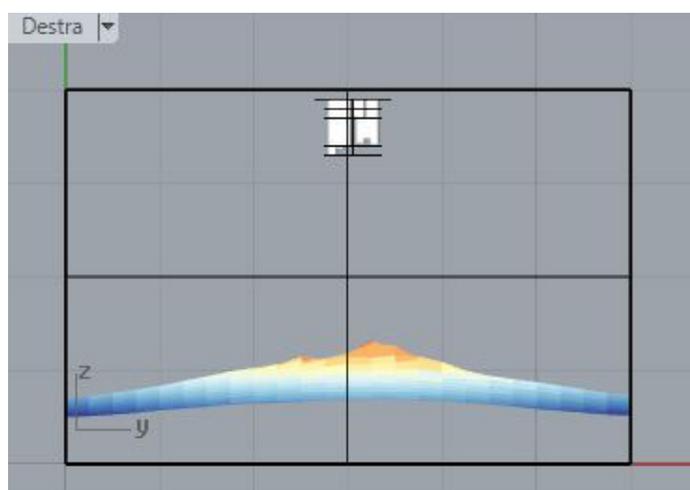
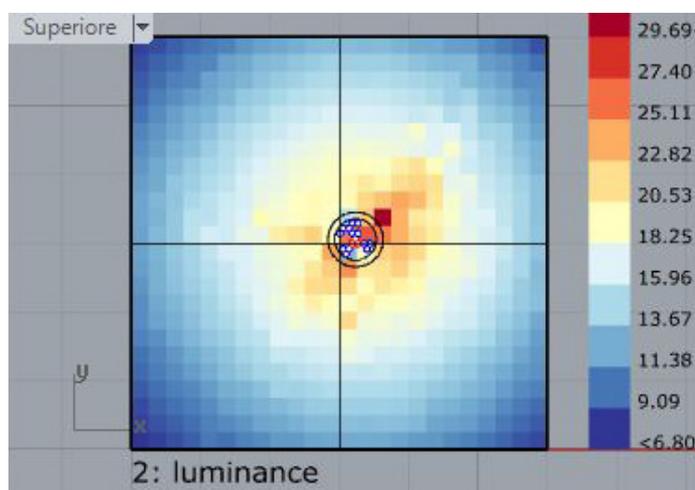
L'algoritmo è stato inoltre pensato in modo che, subito dopo l'impostazione dei parametri, rendesse disponibile un grafico e un render che mostrassero come l'illuminazione si propaga nell'ambiente circostante.

16. Algoritmo

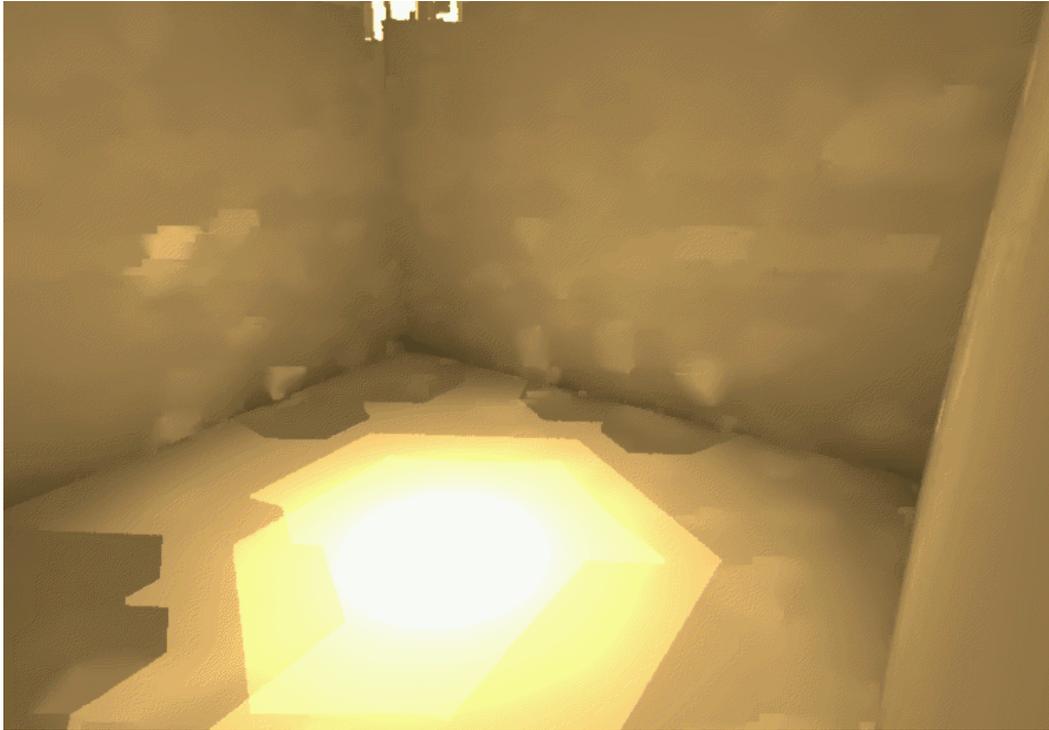
L'algoritmo è stato realizzato in collaborazione con Matteo Silverio, un architetto veneziano che si occupa di ricerca, attraverso l'utilizzo del software Grasshopper.

Questo software, plug-in di Rhinoceros, funziona attraverso delle stringhe di programmazione che però risultano di più semplice utilizzo rispetto a una normale programmazione a stringhe, poiché fa uso di pannelli grafici composti da un'entrata (input) ed un'uscita (output).

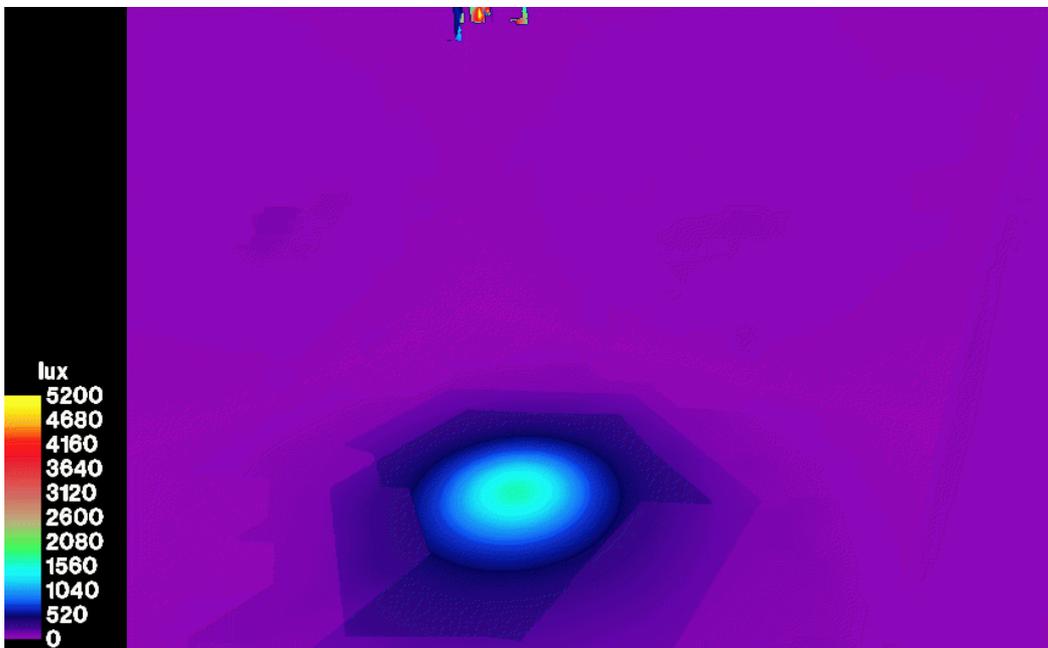
I pannelli possono essere collegati tra di loro e spostati comodamente utilizzando semplicemente il mouse. Ad esempio, collegando ad un pannello un punto nello spazio, è possibile rendere il punto parte di una linea o di una curva in modo virtuale.



Visuale Superiore (Sopra a destra), Destra (sopra a sinistra), Frontale (sotto a destra) e Prospettica (Sotto a sinistra) del gradico ottenuto tramite l'algoritmo del concept finale.

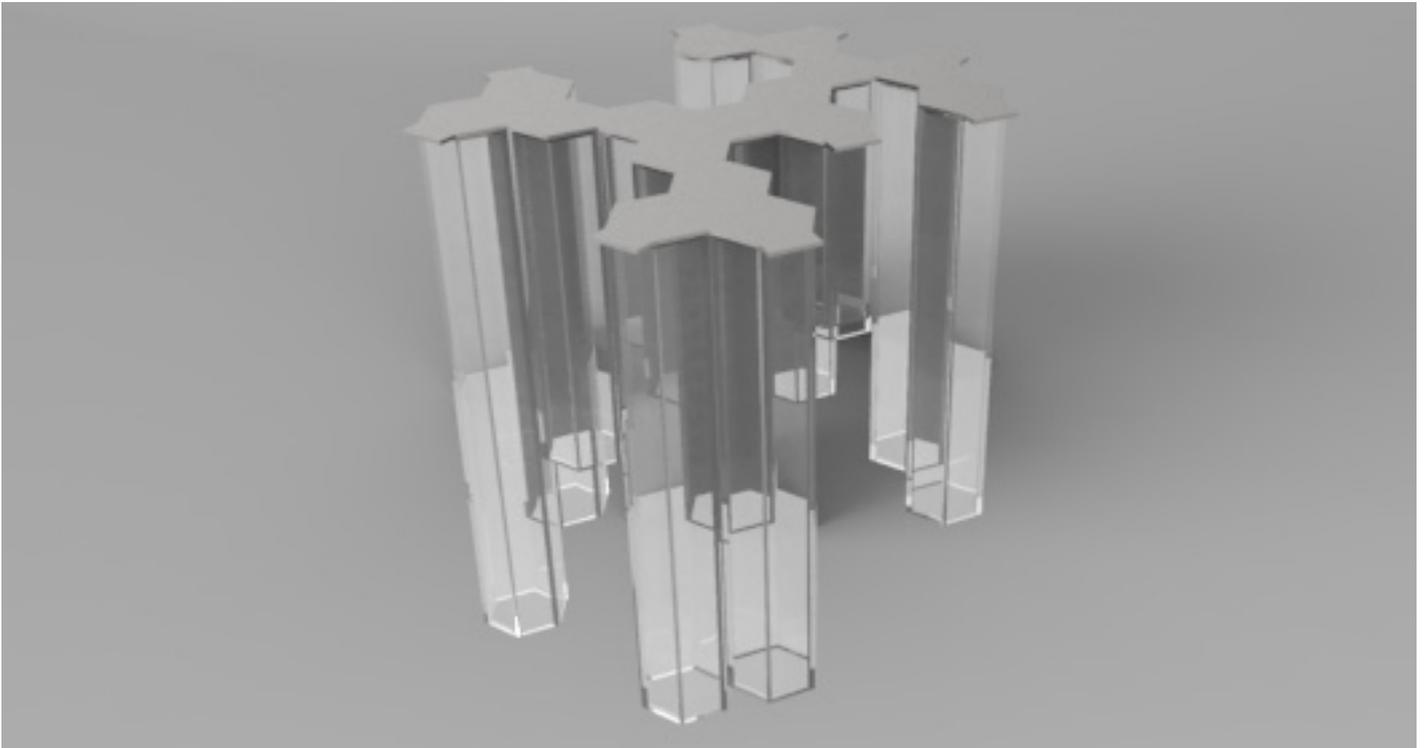


Render dell'Illuminazione di 3ee, prodotto dall'algoritmo



Propagazione al suolo dell'Illuminazione di 3ee, prodotto dall'algoritmo

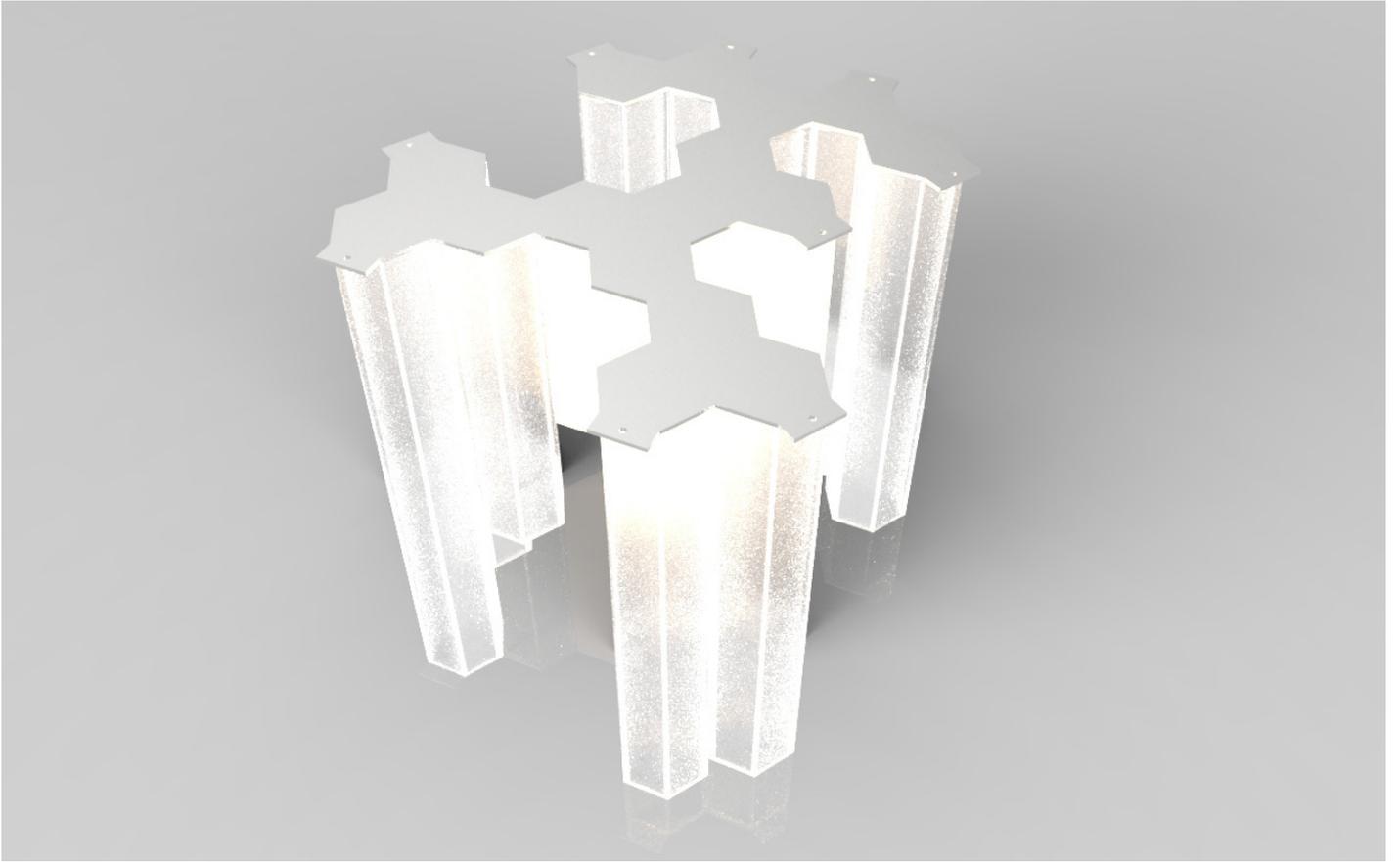
17. Concept Finale: 3ee



Render del modello 3D Di 3ee, a luce spenta.



Render del modello 3D Di 3ee, a luce accesa.



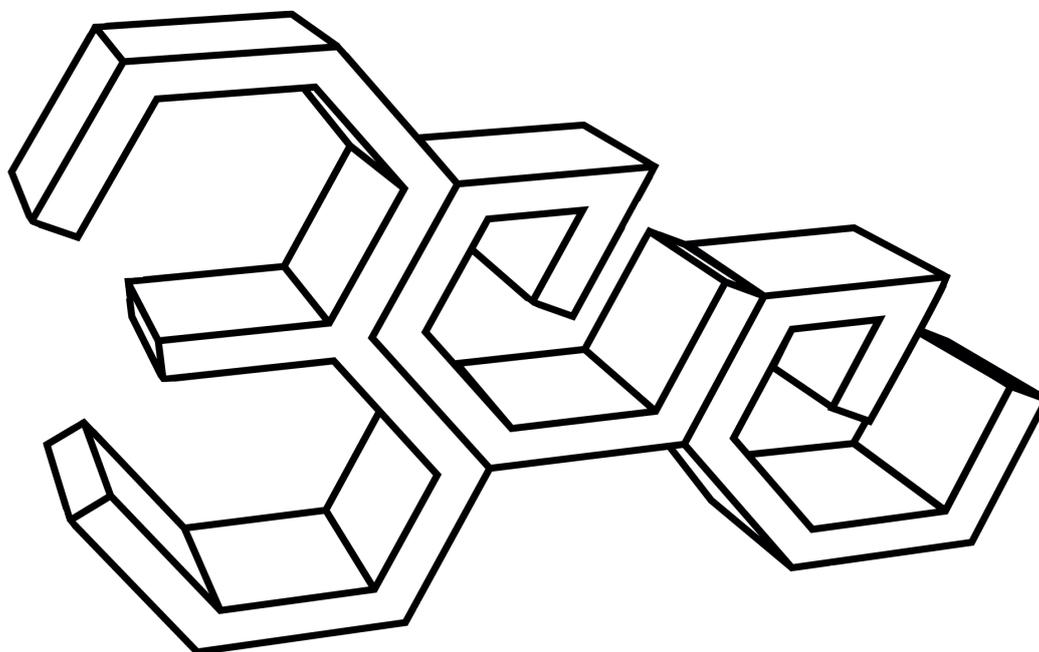
Render del modello 3D Di 3ee, a luce accesa.

18. Nome e Logo

Il nome del prodotto: "3ee" (Bee) è composto da un "3", che vuole rimandare al "3" di "3D", in quanto il progetto è stato elaborato e pensato come un prodotto di stampa 3D di grande formato.

Il "3" ha inoltre una chiara assonanza con la forma della lettera "B", la quale è l'iniziale della parola "Bee", dall'inglese "Ape", termine che consegue dalla forma ispirata all'alveare.

Di conseguenza il logo è stato elaborato in 3D, disegnando il modello sulla base della conformazione esagonale dell'alveare stesso.



Logo 3ee

19. Materiali e Impatto Ambientale

Il progetto è stato ideato in PETG per gli estrusi stampati e Alluminio per la piastra d'appoggio degli estrusi.

La sorgente luminosa è determinata da 5 LED a tensione di rete da 8 W - 960 lm - 3000° K.

19.1 PETG

Il PETG è un copoliestere di polietilene tereftalato trasparente. È un materiale estremamente resistente che permette di ottenere stampe robuste e durature. Il basso coefficiente di ritiro rende questo materiale ottimo per stampe 3D che hanno superfici piane di grandi dimensioni.

È un materiale al 100% riciclabile. Permette di creare oggetti resistenti ma più flessibili dell'ABS. Ha un basso coefficiente di ritiro, è trasparente, non ha tendenza a delaminare e non assorbe acqua.

Inoltre è compatibile e approvato dalla FDA come contenitore di cibi e bevande.

19.2 Alluminio

L'alluminio è un metallo duttile color argento riconosciuto per le sue notevoli morbidezza, leggerezza, durata, riciclabilità e resistenza all'ossidazione.

L'alluminio è essenzialmente utilizzato nei campi che richiedono un materiale di peso ridotto e con resistenza agli agenti atmosferici.

Il recupero attraverso il riciclaggio dai rifiuti è diventato una parte importante dell'industria dell'alluminio in quanto è molto conveniente: infatti produrre un chilo di alluminio pronto all'uso a partire da scarti costa meno di 1 kWh, contro i 13-14 circa della produzione dal minerale.

Il materiale in questione, è stato scelto come materiale per il progetto per le sue caratteristiche di riciclabilità, ecologia, leggerezza, malleabilità ed estetica.

NOTA: Per lo smaltimento dei materiali relativi alla sorgente luminosa, ovvero un LED a tensione di rete, fare riferimento al *Capitolo 6 - LED* nella *Sezione 6.4 - Impatto Ambientale*.

BIBLIOGRAFIA

- Architetture di Luce, Silvio De Ponte
- Design Parametrico, MD Journal, rivista scientifica di design
- Illuminazione LED, Gianni Forcolini
- LED e OLED le nuove tecnologie al servizio del lighting design, Gianni Forcolini
- Occhio e cervello, Richard L. Gregory
- Un approccio ecologico alla percezione visiva, J.J. Gibson

SITOGRAFIA

- www.angolopsicologia.com
- www.artemide.com
- www.cie.co.at
- www.designforcraft.com
- www.illuminotecnica.it
- www.lighting.philips.it
- www.osram.com
- www.performanceinlighting.com
- www.wikipedia.com
- www.zumtobel.com