# Photovoltaic Creativity

## Introduzione

L'inquinamento globale e in particolare l'aumento delle temperature sono una delle tematiche più calde negli ultimi anni perché colpisce direttamente il nostro pianeta e noi stessi. Proprio per questo motivo sempre più paesi nel mondo stanno puntando molto sulle energie rinnovabili al fine di diminuire le emissioni di $CO\_{2}$ e per calare la produzione di energia elettrica dovuta ai combustibili fossili quali il petrolio e il carbone che oltre ad essere una risorsa limitata, sono anche altamente inquinanti. Possiamo perciò dire che le energie rinnovabili che sfruttano eventi e fenomeni naturali senza creazione diretta di anidride carbonica sono il futuro della creazione di energia elettrica. Nel nostro progetto ci concentreremo sul fotovoltaico, una tecnologia ormai molto diffusa che sfrutta l'energia solare per generare elettricità.

Il progresso degli studi fotovoltaici ha portato a ideare nuove geometrie che seguissero figure non planari al fine di essere maggiormente integrati all'interno delle architetture degli edifici stessi. Lo scopo di questo progetto è appunto quello di capire come la diversa geometria del pannello influisca sul rendimento del sistema fotovoltaico.

# Schema del progetto

# Progetto

# Posizione del sole

la posizione del Sole a causa del moto della Terra rispetto al sole segue delle traiettorie “fisse” lungo un anno, variando giorno per giorno…

per ogni giorno N dell’anno l’asse di rotazione terrestre ha una cert a declinazione calcolabile secondo la seguente formula [Eq 1]

Nel corso del giorno, l’angolo tra il sole e l’osservatore varia. Tale angolo viene calcolato rispetto *mezzogiorno solare* (noi lo teniamo fisso alle 12:00) può essere ottenuto per ogni minuto *min* con la seguente formula, ove i valori negativi rappresentano gli antimeridiani [Eq 2]:

(l’alba e il tramonto sono gli angoli limite e variano durante l’anno)

La posizione dell’installazione determina la latitudine L (positiva per i valori a nord dell’equatore e negativa per i valori a sud dell’equatore). Da tale latitudine si ricavano gli angoli di Zenith solare e il complementare angolo di altitudine solare [ Eq 3 pag517 calcolo dell’angolo di zenith]:

(pag 60 per calcolare z)

L’angolo di Azimuth , anch’esso dipendente dall’altitudine solare , varia lungo il corso del giorno secondo la seguente formula [Eq 4]:

Per ogni posizione del sole in un qualsiasi ora del giorno dell’anno, i raggi solari attraversano distanze maggiori o minori di atmosfera, chiamata massa d’aria m, che dipende dallo Zenith solare secondo la seguente formula [Eq 6 pag517]:

Dati da ricavare dalle banche dati e (inutile🡪) [ <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> ] <https://power.larc.nasa.gov/>.

When the sky is clear and the sun is very high in the sky, **direct radiation** is around 85% of the total insolation striking the ground and **diffuse radiation** is about 15%. As the sun goes lower in the sky, the percent of diffuse radiation keeps going up until it reaches 40% when the sun is 10° above the horizon.[1](http://www.ftexploring.com/solar-energy/direct-and-diffuse-radiation.htm#fn1)

Per calcolare in modo agevole la radiazione totale che raggiunge una superficie orizzontale siamo partiti dalla radiazione luminosa extraterrestre (ovvero la quantità di luce che raggiunge l’atmosfera in una certa giornata dell’anno) , calcolata con la seguente equazione:

dove = costante solare 1366.1

Da questa si ricava poi la radiazione incidente su una superficie orizzontale extraterrestre ad un certo tempo dell’anno (dipendente dall’angolo di Zenith )nel seguente modo:

Ed infine si trova la radiazione totale incidente su una superficie orizzontale extraterrestre lungo un giornata risultante dall’equazione:

Per la conversion in radianti bisogna tenerne conto in hss Pigreco /180 , e non riconvertirlo se si hanno già i radianti

=24 \* 3600 \*B6/PI.GRECO()\*(COS(B4)\*COS(B12)\*SEN(B10)+(B10)\*SEN(B4)\*SEN(B12))

dove è l’angolo orario corrispondente al tramonto.

In che unità di misura è hss? J/m^2

La G\_boh è ottenua dalla H\_o

G\_boh =H\_o /(24 \* 3600) (W/m^2)

La percentuale di diretta [60%-85%] è data da:

0.6+0.25\*(h\_ss\_rad- Valore Assoluto (h\_rad))\*2/PI.GRECO()

La percentuale di diffusa [15%-40%] è data da:

0.4-0.25\*(h\_ss\_rad- Valore Assoluto (h\_rad))\*2/PI.GRECO()

Sapendo che in media solo il 72% della radiazione luminosa che parte dal sole riesce, dopo aver attraversato l’atmosfera, a raggiungere la superficie terrestre( e quindi ipoteticamente anche il nostro pannello), ricaviamo . A questo punto dividiamo la radiazione ottenuta in diretta e diffusa che per comodità consideriamo in relazione tra loro secondo un rapporto di 85% diretta e 15% diffusa al mezzogiorno solare e del 60% diretta e 40% diffusa poco dopo l’alba e poco prima del tramonto (corrispondente ad un angolo di 10° rispetto al piano orizzontale).

La radiazione totale su una superficie orizzontale G [W/m^2 rad, pg. 101] è la somma della radiazione diretta (beam) e della radiazione assorbita dalla massa d’aria e diffusa

Con dipendente dalla radiazione diffusa dal cielo

# Creazione delle geometrie del pannello

assi cartesiani in 3 dimensioni x,y,z

verso positivo asse x: est

verso positivo asse y: nord

verso positivo asse z: altezza rispetto al suolo (normale al suolo nel punto dell’osservatore)

verso negativo asse x: ovest

verso negativo asse y: sud

verso negativo asse z:

per tutte le geometrie studiate abbiamo discretizzato la superficie del pannello in triangoli (secondo il metodo agli elementi finiti) in modo da creare algoritmi che permettessero di calcolarne i tre vertici assicurandoci che si trovassero tutti su uno stesso piano (infatti sappiamo che in tre dimensioni per tre punti passa uno ed un solo piano).Abbiamo perciò di studiare alcune geometrie utili che potessero permetterci di discretizzare la maggior parte delle superfici reali esistenti, ovvero: ondulati, rami di parabola ,cilindri, piani, piramidi, coni e sfere.

Per quanto riguarda la modellizzazione delle superfici prese in esame abbiamo usato due metodi di base per discretizzarli in triangoli. I primi cinque modelli sopra elencati sono superfici che chiameremo “di traslazione” ovvero sono figure piane che poi vengono traslate nello spazio per fornirle di tridimensionalità. Le restanti invece sono superfici che definiamo “di rotazione” in quanto sono figure che discretizziamo fissando uno o due vertici e generiamo i triangoli dividendo la base.

**[COME LI CREIAMO]**

La creazione delle superfici “di traslazione” avviane seguendo tre passaggi:

* Sul piano x,z studio la curva (per esempio del tipo z=a\*x) che mi definisce la sezione della supeficie
* Sul piano y,z do la profondità della superficie (ovvero idealmente traslo la sezione calcolata sul piano x,z nello spazio fino ad ottenere una superficie tridimensionale)
* Raggruppo i punti calcolati sequenzialmente in insiemi di tre in modo da avere dei triangoli. Quello che otteniamo sono due triangoli che creano un rettangolo che individuano uno stesso piano.

La creazione delle superfici “di rotazione” avviane seguendo tre passaggi:

* Si fissa un punto che è il vertice della nostra figura( nel caso di una sfera ne fisso 2 antipodali)
* Preso il vertice come punto comune a tutti i triangoli, calcolo gli altri due vertici dividendo la circonferenza di base in segmenti (nel caso della sfera prendo come circonferenza l’unica equidistante dai due punti scelti nel punto precedente, ogni segmento indica la base per 2 triangoli che hanno rispettivamente come terzo vertice i due punti di prima. Concettualmente è come se incollassimo 2 coni per le basi)
* A questo punto ogni terna di punti sopra definiti trova un triangolo.

Il passo successivo alla creazione delle superfici in modo “comodo” rispetto agli assi cartesiani ruotiamo il pannello per intero rispetto all’angolo (inclinazione rispetto al piano del suolo, ovvero rotazione attorno all’asse y) e all’angolo (rotazione rispetto all’asse y, cioè rotazione attorno all’asse z).

[PARTE DI ALE]

….

L’elenco dei vertici viene importato tramite file csv.

Da ongni 3 vertici viene ricostruito il triangolo.

Per ogni triangolo vengono calcolati l’angolo (rotazine rispetto all’asse y) tramite [come cavolo lo faccimo], l’angolo (inclinazione rispetto al piano del suolo) che viene calcolato ruotando il pannello lungo l’asse z e poi prendendo il rapporto dell’intersezione del piano, e l’area di esposizione del triangolo.

# Modellazione dell’energia prodotta

Ogni micro-pannello generato secondo il precedente procedimento possiede un proprio anglo inclinazione del pannello in gradi rispetto al terreno e angolo di inclinazione del pannello fra il sud e la perpendicolare del pannello(verso ovest è positivo).

I seguenti calcoli vengono pertanto ripetuti per ciascun sub-pannello e per ciascun momento del giorno/anno che si ritiene indagare.

L’inclinazione del pannello nello spazio 3D forma un angolo proprio con la specifica posizione del sole al tempo t, chiamato angolo di incidenza , che si ottiene attraverso la seguente formula [Eq 4]:

L’attraversamento dell’atmosfera dai raggi solari produce non solo un effetto di assorbimento e rifrazione, ma anche uno shift dello spettro dei raggi solari. L’impatto finale di questo shift dipende dalle caratteristiche costruttive del pannello (principalmente della giunzione?). Tale effetto è stato ottenuto sperimentalmente e descritto tramite una regressione a coefficienti dati dalle prove di laboratorio e dalla massa d’aria m in precedenza calcolata [Eq 7, gli alpha sono a pag514] :

[COPIA INCOLLA TABELLA DEGLI ALFA]

La rifrazione della superficie del pannello crea un angolo di rifrazione dato dal coefficiente di rifrazione n del materiale che compone la superficie, che si suppone essere vetro con relativo indice pari a [Eq 8]:

Il modificatore correttivo per l’indice di rifrazione che include la trasmittanza [84] e dipende dallo spessore del pannello e dal coefficiente di estinzione del sistema fotovoltaico K secondo la seguente formula [Eq 10 (pag516)]:

Il modificatore di incidenza angolare [Eq 9 (pag 516)]:

Le componenti rifratte (D) e riflesse (G) della luce che raggiunge il pannello, sono state empiricamente ricavate per i collettori solari tramite un angolo di incidenza virtuale per ciascuna delle due componenti, secondo le seguenti relazioni:

Ancorché empirico, sostituire tali angoli modificati all’interno delle relative equazioni permette di ottenere una buona approssimazione della quota di radiazione incidente. Per tale motivo, d’ora in avanti verrà rinominato .

Da cui si ricava [Eq 11 (pag516)]:

La stessa sequenza di equazioni 5, 16 si può applicare ai e :

Con i relativi

E

La radiazione solare diretta sul pannello ci permette di calcolare la radazione solare su una superficie orizzonale [W/m^2], dipendente dall’angolo di Zenith, e la radiazione solare su una superficie inclinata [W/m^2], dipendente dall’angolo di incidenza [vedi pg. 100]:

Il rapporto tra I coseni di tali radiaizoni degli angoli di incidenza e di Zenith permette di calcolare il *fattore correttivo di inclinazione della radiazione del fascio* [Eq 5]:

La composizione dei fattori correttivi sopra calcolati permette di comporre la radiazione assorbita dal pannello ad una determinata ora del giorno h, in un determinato giorno dell’anno N luce S [Eq 12 (pag514)]:

[Da definire se vogliamo fermarci qui o continuare comunque STC dovrebbe essere STandard Conditions]

La corrente prodotta dall’effetto fotovoltaico

dato e e calcolo fotocorrente

Eq 15:

dato numero di celle connesse in serie temperatura della giunzione p-n ????????????????????????????????? calcolo

Eq 16:

calcolo corrente di saturazione

Eq 17:

dato k costante di Boltzmann, T temperatura assoluta della giunzione, q carica elettrica ( J/V), V voltaggio attorno alla cella, a fottore ideale del diodo calcolo I corrente di uscita del pannello

Eq 18 (modello ideale):

Eq 18-bis: (modello boh)

modelli a diodo doppio Eq i:

Eq ii:

Eq iii:

# Interfaccia grafica ed implementazione software

[DA FARE]

# Simulazione e risultati

[DA FARE]

## Legenda





