

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea in Architettura
per il Progetto Sostenibile



Tesi di Laurea Magistrale

Progetto di un grattacielo ad alta prestazione energetica in clima australiano

Relatore:
Valentina Serra

Candidato:
Arnaldo Pompei

Correlatore:
Philip Oldfield

A.A. 2018

1.PREMESSA		
1.1 Il workshop “ The Generous Skyscraper”		I
2.IL PROCESSO PROGETTUALE		3
2.1 analisi territoriale		
2.2 analisi ambientale		II
2.2.1 analisi climatica in Australia		15
2.2.2 analisi climatica NSW		19
2.3 concept		21
2.3.1 schizzi di progetto		23
2.4 forma e funzione		26
2.5 integrazione tra design ed energia		33
3.STRATEGIE ENERGETICHE		34
3.1 Studio della double skin facade		
3.1.1 l’intercapedine		46
3.1.2 le schermature		52
3.1.3 la ventilazione		56
3.2 Studio della tipologia close cavity double skin facade		59
3.3 Simulazione energetica		61
3.3.1 Modellazione del piano tipo		62
3.3.2 Modellazione della facciata		69
3.3.2.1 Modellazione facciata con fotovoltaico e risultati		71
3.3.2.2 Modellazione facciata con vetro selettivo e risultati		73
3.3.2.3 Modellazione facciata mista e risultati		75
3.4 Fotovoltaico integrato		78
4.CONCLUSIONI		82

Il workshop The Generous Skyscraper

La tesi "Progettazione di un grattacielo ad alta prestazione energetica in clima australiano" è stata svolta presso la UNSW Built Environment di Sydney sotto la supervisione del Professor Philip Oldfield dove la parte progettuale ha avuto la sua evoluzione dal concept sino al completamento del progetto e al Politecnico di Torino per ciò che concerne le valutazioni energetiche.

Prima dell'arrivo in Australia sono state effettuate delle ricerche legate alla conoscenza della città e in particolar modo del sito in analisi, il tutto in stretto contatto con il supervisor australiano. A seguito di questa fase preliminare, la progettazione ha avuto il suo inizio una volta giunti a Sydney.

L'area di progetto è sita nella CBD (Central Business District), esattamente nel cuore della città dietro la Sydney Opera House dove risiedono le due torri dell'AMP (Australian Mutual Provident Society).

Una delle due è attualmente in fase di demolizione, ed è proprio in questa area che è stato progettato il grattacielo.

Presso la UNSW, sotto la supervisione del professore, si ha avuto modo di partecipare al workshop di laurea magistrale di trenta studenti internazionali: "The Generous Skyscrapers".

Il workshop è stato caratterizzato da lezioni frontali inerenti alla progettazione di edifici alti nel mondo partendo dallo studio compositivo sino ad arrivare alle tematiche tecnologiche ed energetiche. Durante questo periodo è stato possibile interfacciarsi con il docente grazie ad innumerevoli tutorial e con altri professionisti durante le esposizioni di ogni singolo studente calendarizzate all'inizio del corso.

Il workshop prevedeva infatti tre scadenze cardini: la prima inerente all'analisi territoriale e al concept di progetto, la seconda all'avanzamento del progetto e la terza ed ultima alla presentazione dell'elaborato finale.

Tra le varie presentazioni è stato possibile inoltre confrontarsi con ingegneri energetici, strutturisti, edili ed ambientali durante un meeting tenutosi presso l'ultimo piano di un grattacielo in Darling Harbour.

Sono state inoltre fornite agli studenti intere aule atte alla realizzazione di modelli in scala grazie all'utilizzo di strumenti laser, stampanti 3D e tutto ciò che occorre per la realizzazione di plastici.

Il progetto è avanzato gradualmente nell'arco temporale di permanenza alla UNSW e al termine è stato presentato al supervisor e ad altri docenti della facoltà australiana.

2.IL PROCESSO PROGETTUALE

2.1 Analisi territoriale

L'area di progetto è sita nel centro nevralgico della città di Sydney, esattamente nella zona della CBD dove l'unione dei grattacieli insieme alla Sydney Opera House danno vita ad uno degli skyline più affascinanti al mondo.

L'area presa in considerazione è attualmente occupata da una delle due torri della AMP che, a seguito di una rilevata obsolescenza, incontrerà la fase di demolizione per cedere il posto ad una nuova struttura.

Come appena riportato, il sito consta di due grattacieli e il primo, che affaccia sulla baia, è una delle prime strutture alte edificate nella città, presentando quindi una importante valenza storica.



L'AMP è una società di servizi finanziari in Australia e Nuova Zelanda che fornisce prodotti di previdenza e di investimento, assicurazioni, consulenza finanziaria e prodotti bancari, compresi mutui per la casa e conti di risparmio. Le azioni AMP sono incluse nell'indice S & P / ASX 50 dell'Australian Securities Exchange. La sua sede è a Sydney, in Australia.





CITY OF SYDNEY

2016 215.551

2026 277.427

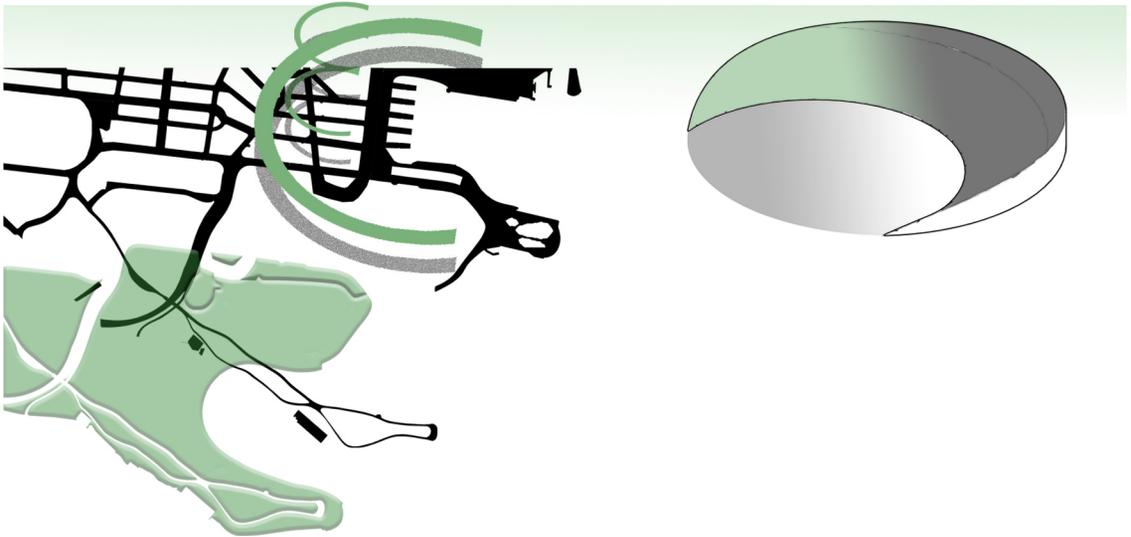
2036 325.897



AGE DISTRIBUTION

	0/19	20/39	40/59	60+
2016	22.250	110.650	48.050	26.350
2026	39.462	146.675	59.575	31.716
2036	46.053	165.027	72.929	41.888

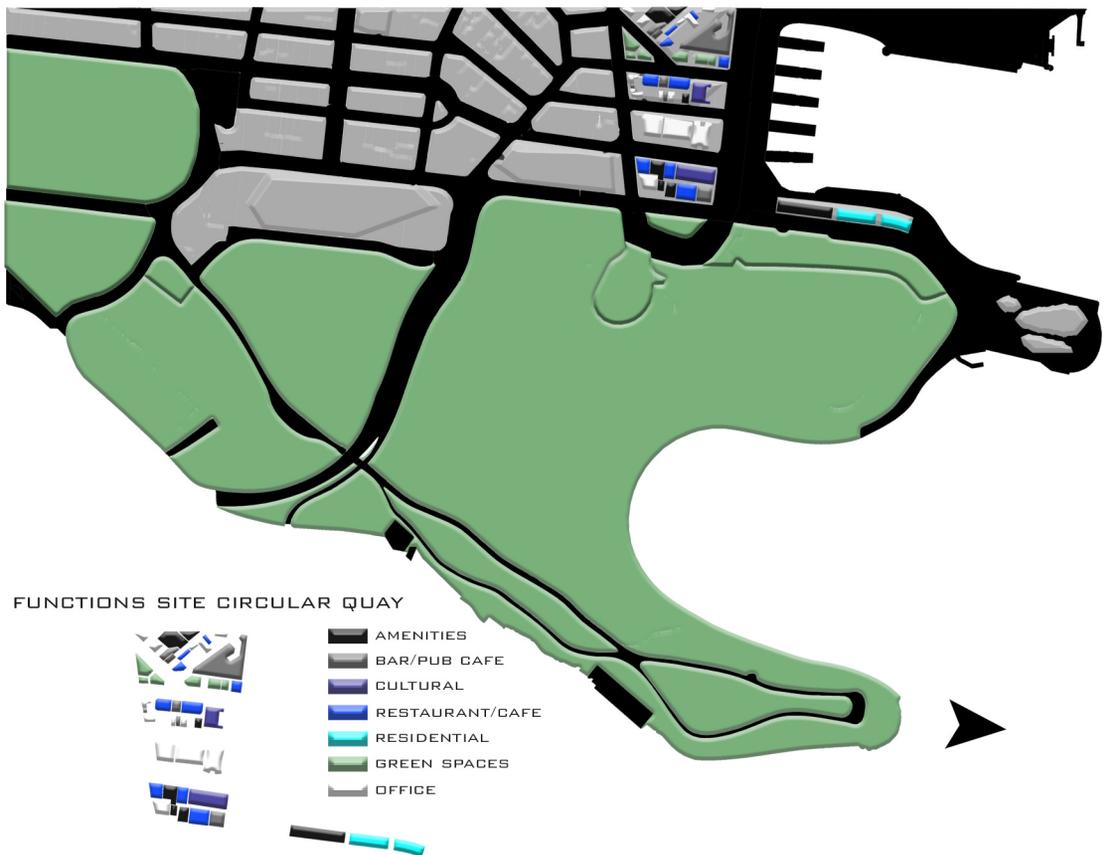
Il sito di progetto è ubicato in prossimità della baia della città ed è possibile ammirare come la massa terrestre e gli edifici guardino il porto creando concettualmente due braccia che avvolgono la cove dettando così 2 gerarchie morfologiche.



L'interazione di queste "braccia" inquadrano la morfologia del territorio e attraverso ciò è percepibile il trait d'union tra la terra ferma e l'acqua, elemento cardine nello scenario dell'intera baia.

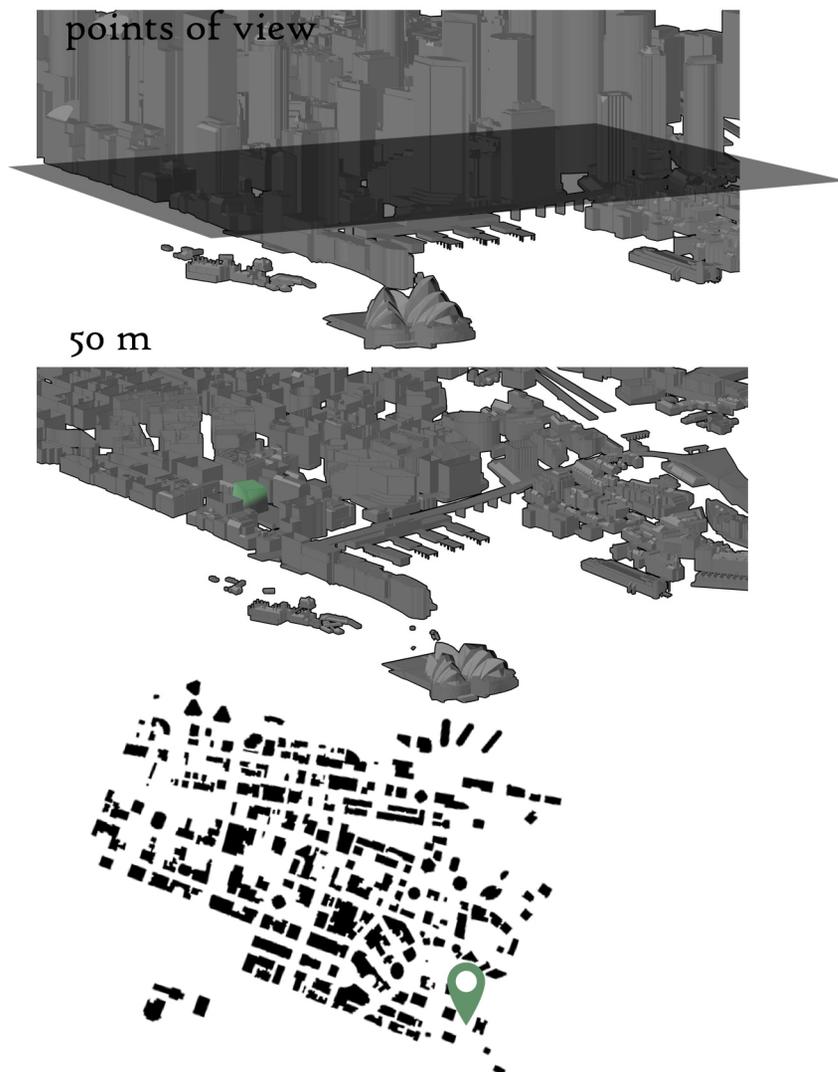
L'area di interesse è inserita tra 4 delle arterie stradali più importanti della parte finale della CBD :

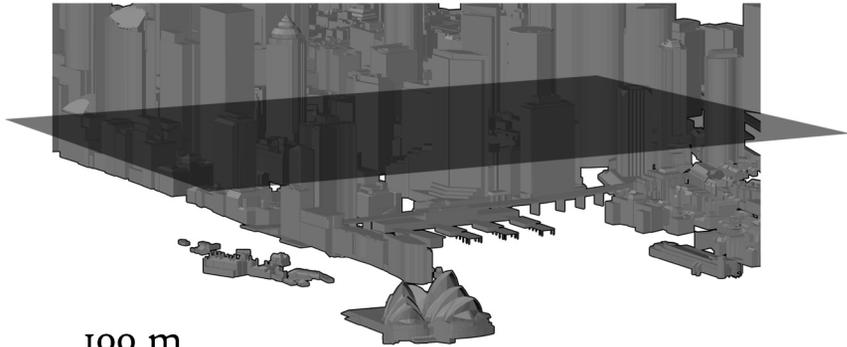
- Bridge Street
- Phillip Street
- Young Street
- Alfred Street



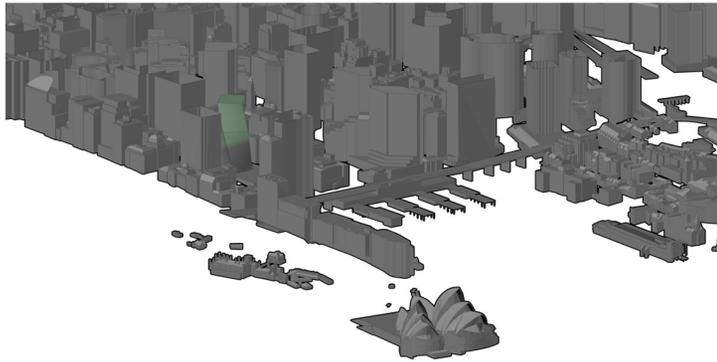
Come sopra illustrato, si è andati a mappare i quartieri limitrofi all'area di progetto al fine di mostrare quelle che sono le attività presenti nella zona, rendendosi così conto di un'oggettiva presenza di destinazioni d'uso differenti.

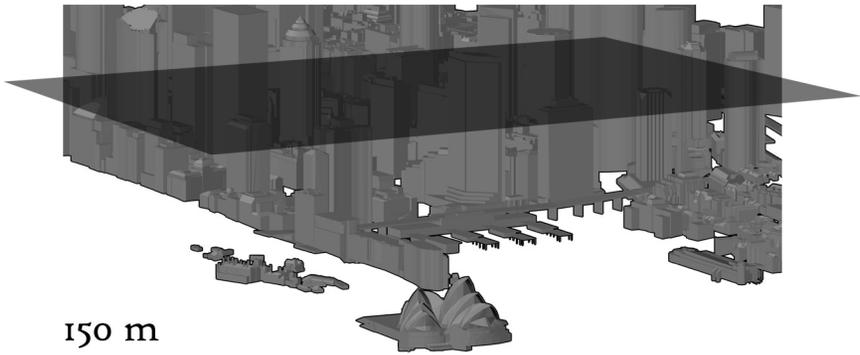
Data la propensione allo sviluppo verticale della struttura, in uno studio preliminare è stata creata una superficie immaginaria atta alla constatazione di ciò che ad ogni quota è possibile vedere. Sul modello tridimensionale della città, sono stati disegnati dei piani a 50, 100, 150 e 200 metri e come era deducibile, il disegno mostra una progressiva scomparsa di edifici man mano che le quote iniziano ad assumere cifre più importanti.



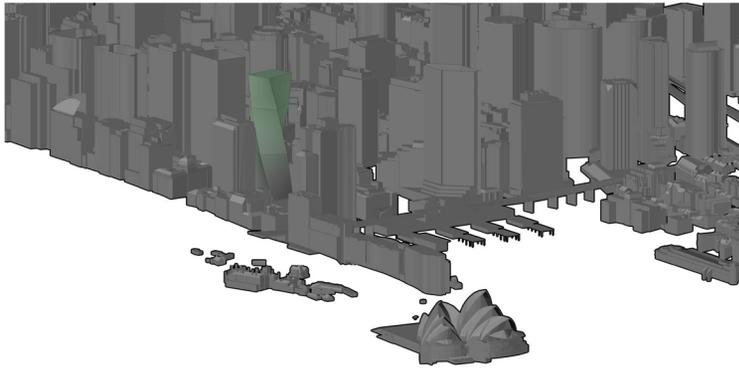


100 m



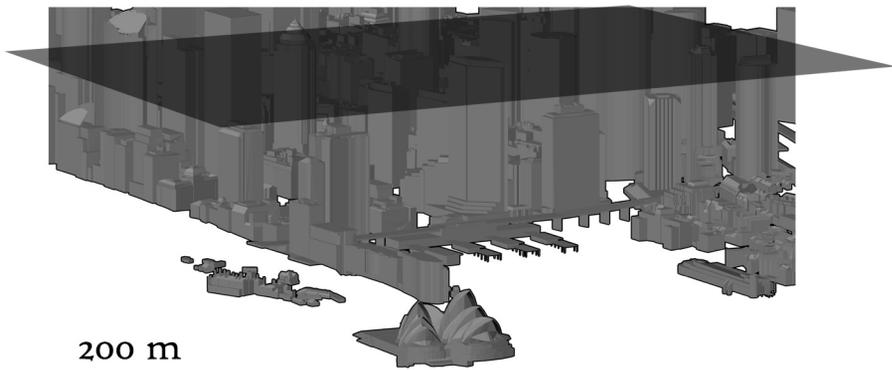


150 m

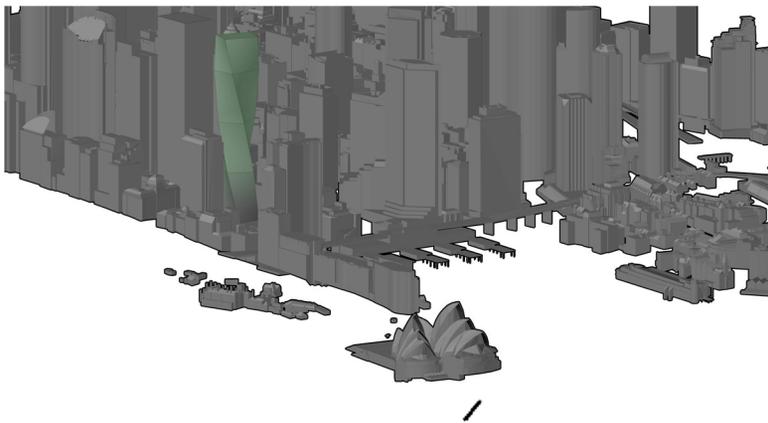


///





200 m

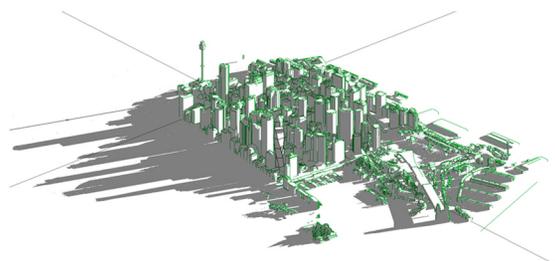
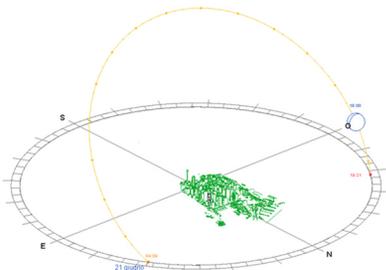
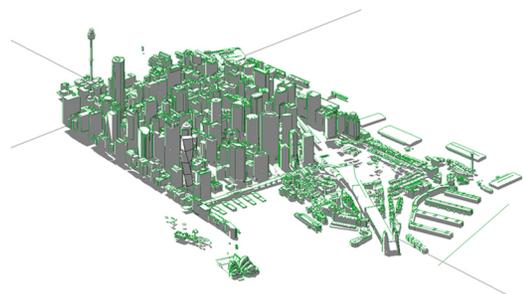
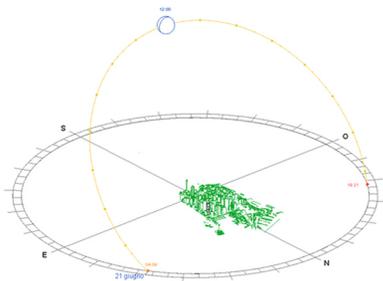
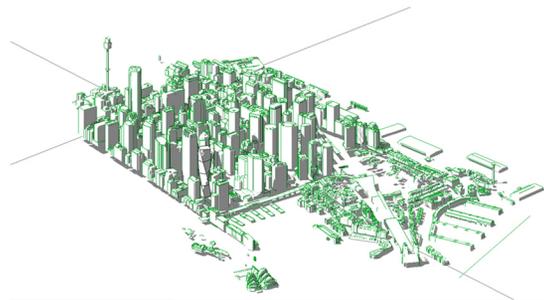
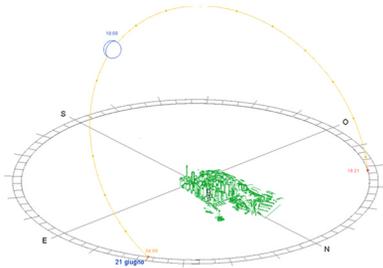


2.2 Analisi Ambientale

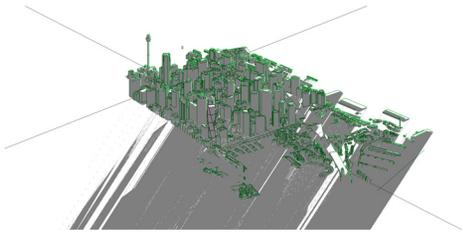
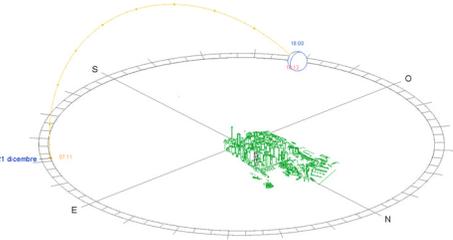
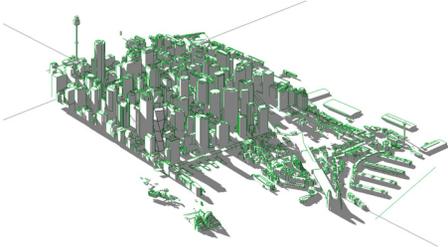
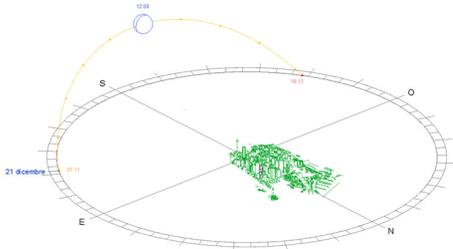
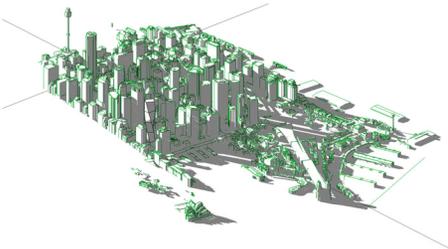
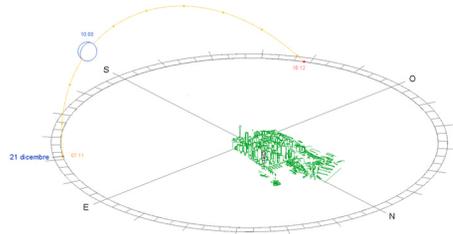
Il sito di progetto è caratterizzato da un agglomerato di edifici alti, molto ravvicinati tra di loro e ciò comporta una duplice conseguenza: la nascita di correnti d'aria e l'insorgenza di problematiche legate all'ombreggiamento.

Per questo motivo, con lo scopo di avere qualche delucidazione in più in merito, si è provveduto, attraverso l'utilizzo del software Revit, ad uno studio del percorso solare atto a dimostrare come le ombre venissero proiettate sull'intera area.

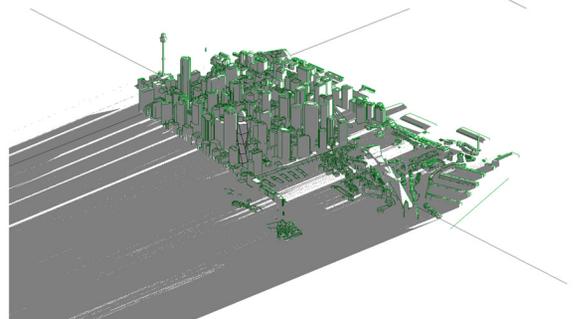
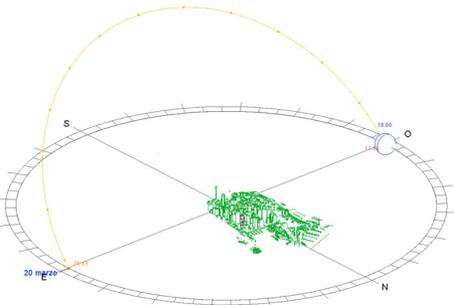
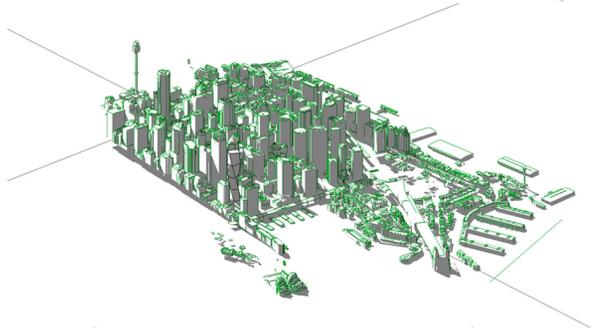
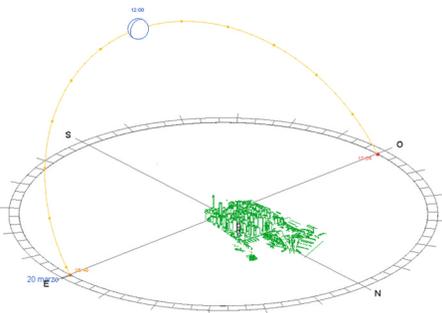
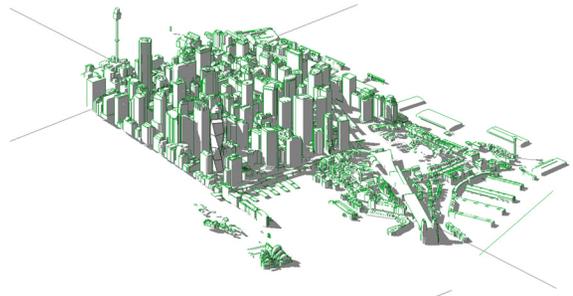
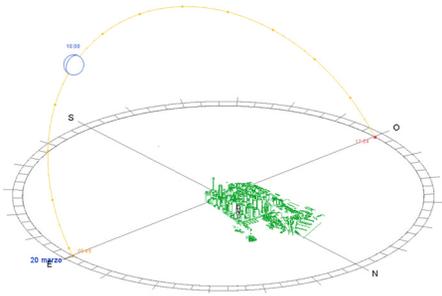
21 giugno



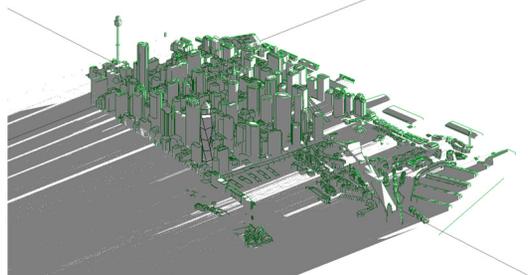
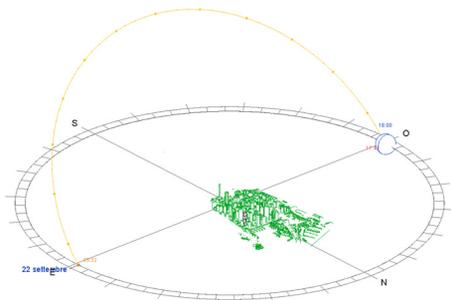
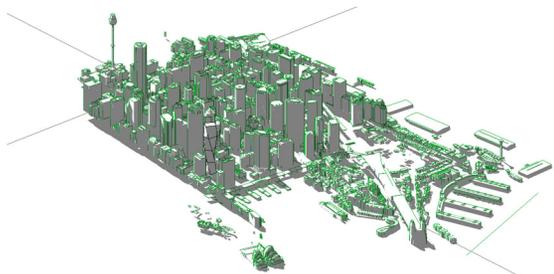
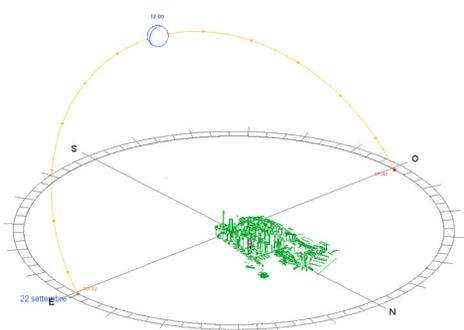
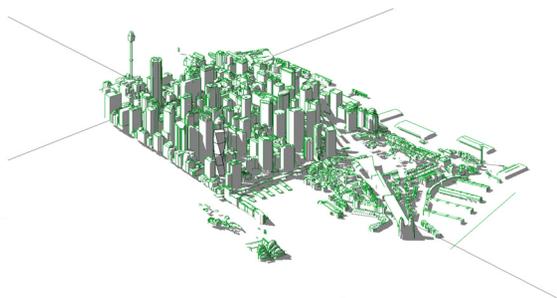
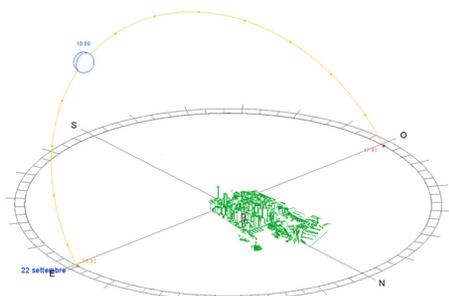
21 dicembre



20 marzo



22 settembre



“L’Australia è il sesto Paese del mondo per estensione e proprio per la sua vastità è possibile trovare una sostanziale variazione climatica in base all’ubicazione.

La maggior parte del continente è desertico o in gran parte arido e questo infatti è il motivo per il quale tutte le principali città Australiane sono situate perimetralmente.

Le aree a sud-est e sud-ovest sono caratterizzate da un clima temperato.

Il territorio settentrionale ha un clima sostanzialmente tropicale, che spazia da foreste a praterie e aree asciutte.

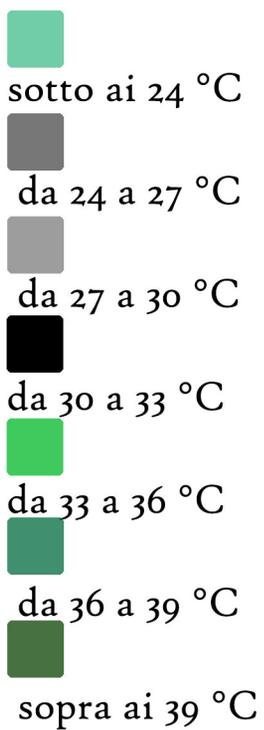
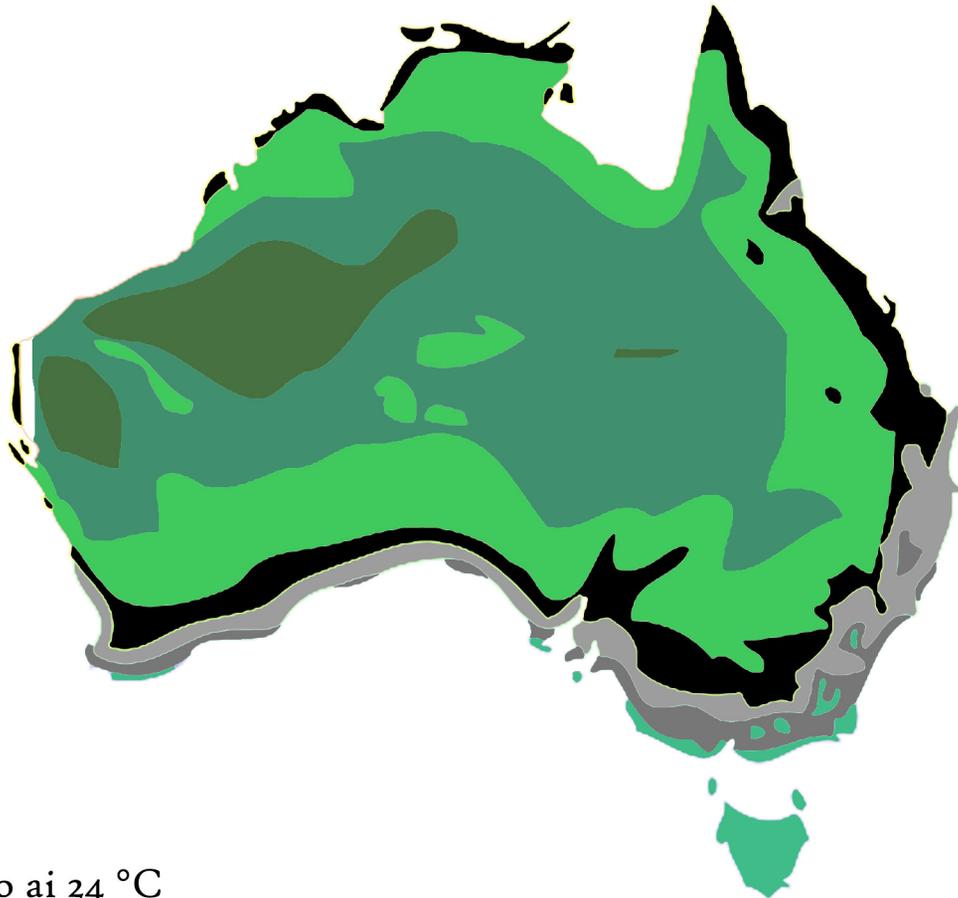
Il clima australiano è governato dalla caldissima corrente d'aria subtropicale e dall'alta pressione.

Non considerando l'Antartide, le precipitazioni annue in Australia sono le più basse rispetto a tutti gli altri continenti, con una certa inclinazione alla siccità che può durare per mesi ed è stata causata in parte dal progressivo avvicinamento del continente all'equatore, la deriva dei continenti è il fautore di tale fenomeno.

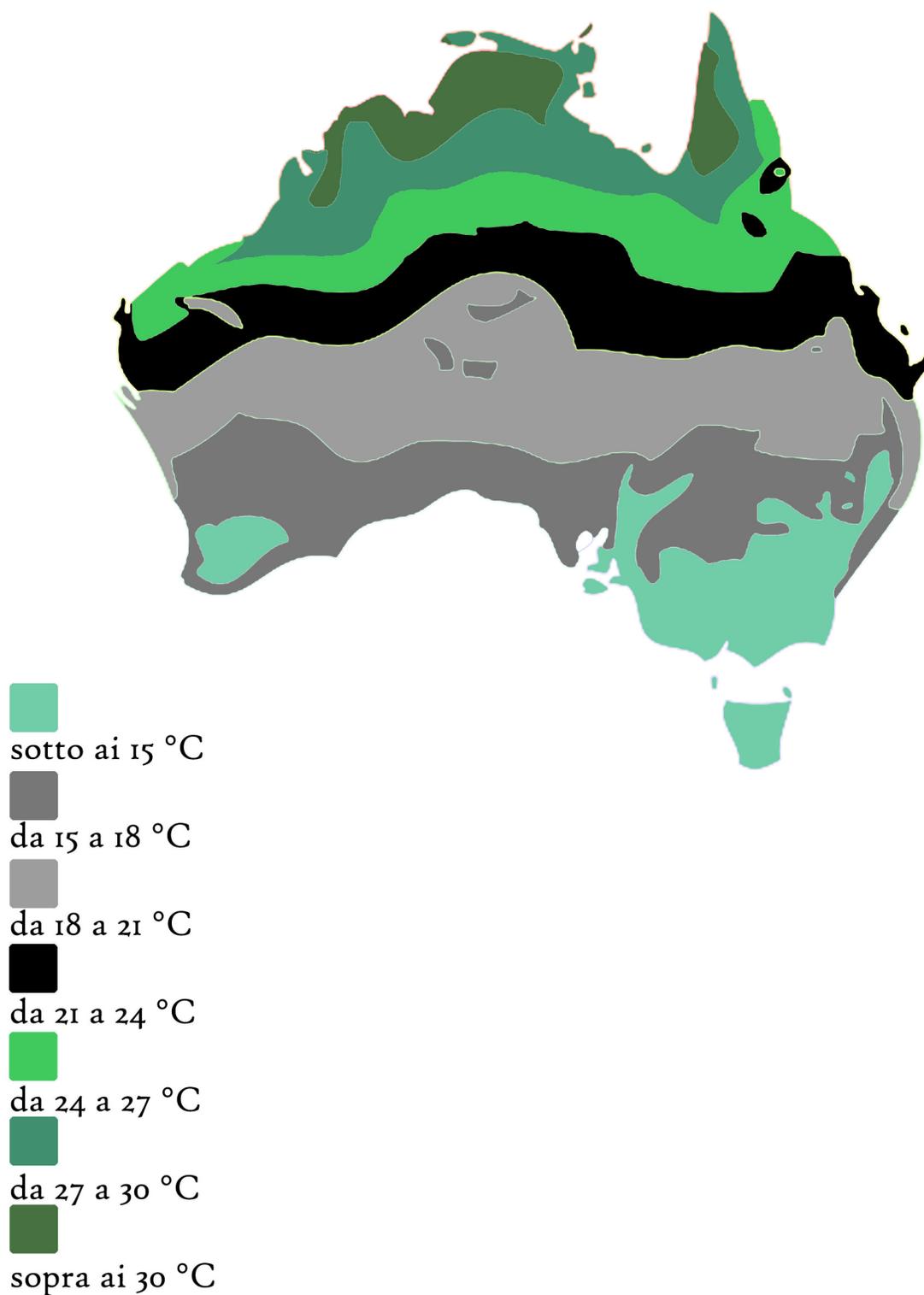
Dal momento che l'Australia è a metà strada tra il polo e l'equatore, le correnti d'aria fredda che dalle regioni polari giungono nell'entroterra influenzano meno il suo clima.

Ciò comporta che in Australia gli inverni sono miti e la differenza tra le temperature estive e quelle invernali è molto meno marcata rispetto, ad esempio, al continente europeo.”

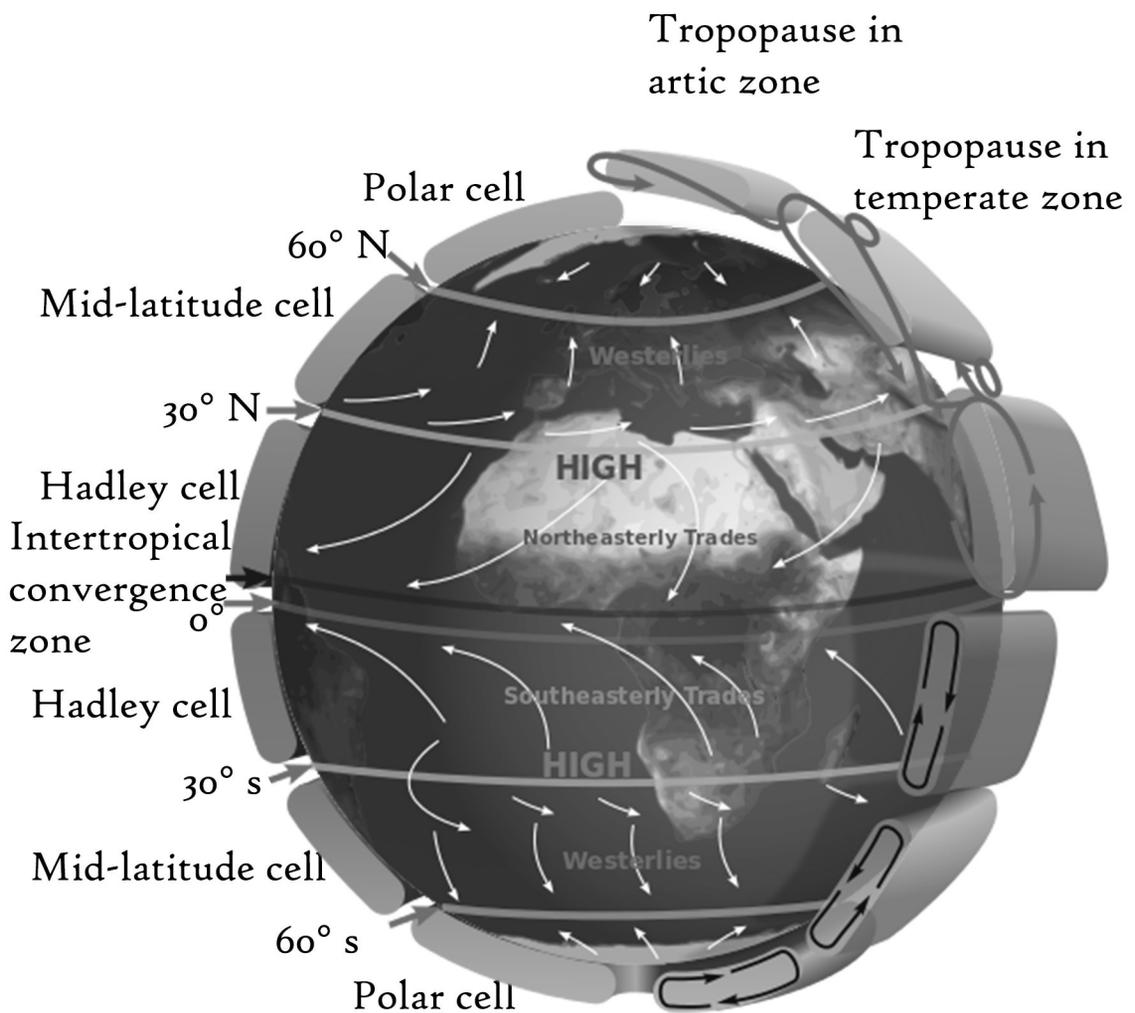
Temperature massime giornaliere a gennaio (estate)



Temperature massime giornaliere a luglio (inverno)



Le aree meridionali dell'Australia ricevono i tradizionali venti occidentali ed accolgono la pioggia garantita dai sistemi ad alta pressione che si spostano verso il nord del paese durante l'inverno.



I venti occidentali, chiamati westerlies, giacciono nelle latitudini tra 35° e 60°. (In figura sono mostrati anche gli alisei, chiamati trade winds, presenti nelle fasce tropicali)

2.2.2 Analisi Climatica New South Wales

Sydney è la capitale nonché principale esponente del NSW.

Il Nuovo Galles del Sud è situato a sud-est ed il suo clima è subtropicale oceanico, con inverni miti ed estati calde.

Il vento è molto frequente, soprattutto a partire dal mese di ottobre sino all'inizio di aprile e essendo nell'emisfero meridionale le stagioni sono invertite.

Nel semestre caldo, da ottobre a marzo, le ondate di caldo sono fenomeni che si potrebbero verificare molto spesso, con il vento che soffia dall'interno dove è sito il deserto e ciò può provocare l'innalzamento della temperatura sopra i 35 gradi.

Sydney come tutta l'Australia può vantare un sole che brilla regolarmente, anche se si possono formare abbastanza frequentemente degli annuvolamenti, associati a rovesci e temporali, che in genere comunque non hanno una durata eccessiva.

Anche se il caldo in genere non è eccessivo, il vento dal deserto può alzare la temperatura in modo rilevante, anche se per poco tempo. Inoltre se è vero che dal deserto arrivano ondate di vento, allo stesso modo è anche opportuno constatare che dalla direzione opposta soffia il vento proveniente dal Pacifico, quindi a seguito di queste correnti bilaterali la città di Sydney risulta particolarmente caratterizzata da correnti.

Essendo stati in Australia sia nel periodo invernale che in quello primaverile, è possibile affermare che Sydney è una città dove il vento la fa da padrone (a volte sembra soffiare da ogni direzione).

Ma questo è anche il bello di questa città, perchè senza tali fenomeni naturali non avrebbe lo stesso fascino, le palme non oscillerebbero così tanto e il surf non avrebbe modo di esistere. 19



A seguito di uno studio preliminare, per ciò che concerne la viabilità, il territorio e tutte quelle che sono le componenti ambientali, il progetto ha iniziato a prendere il via.

Consapevole dello stato di fatto e della realtà che circondava l'area dell'AMP, si è iniziato ad elaborare una serie di idee riguardanti la forma che il grattacielo avrebbe potuto avere.

Per essere ulteriormente sicuri di quelle che sono le percezioni spaziali ci si recò nuovamente in situ dove si ebbe l'opportunità di prendere le misure accuratamente, soprattutto dalla struttura antistante.

Fatto ciò lo step successivo è stato quello di iniziare a dar vita a quello che sarebbe divenuto l'edificio finale.

Le proporzioni nella composizione architettonica rivestono un ruolo molto importante ed è questo il motivo per il quale 50 metri, che indicativamente potrebbero sembrare tanti, tra 2 edifici in quel caso erano oggettivamente troppo pochi.

Questo perchè gli skyscrapers hanno delle dimensioni oggettivamente molto più considerevoli rispetto a strutture non classificabili come "alte" e quindi l'idea di prendere le distanze dalla struttura antistante, per dare una sensazione di aria e non di area caustrofobicamente pesante, si è fortemente impressa nella mente.

A seguito di ciò, il concetto di una struttura alta distaccata almeno 200 metri, è stato un primo passo verso quella che è poi l'idea finale. Sempre a causa della vicinanza con questo edificio l'immedesimazione all'interno del grattacielo è stata necessaria per provare quella che sarebbe stata la percezione visiva.

Premettendo che gli edifici alti sono particolarmente affascinanti per la loro altezza e di conseguenza possono vantare viste mozzafiato, se la struttura avesse avuto un'estrusione a mò di rettangolo, avrebbe incappato, sicuramente per la facciata a Nord, nella spiacevole consapevolezza di trovarsi un "muro" davanti ad essa, limitando così la piacevolezza di godere di un panorama alquanto affascinante.

La soluzione a questa problematica era sicuramente una, rotare la struttura.

Questa, insieme ad una pregressa voglia di creare una struttura sinuosa, è stata una delle due motivazioni che ha spinto a progettare l'edificio in grado di ruotare su se stesso.

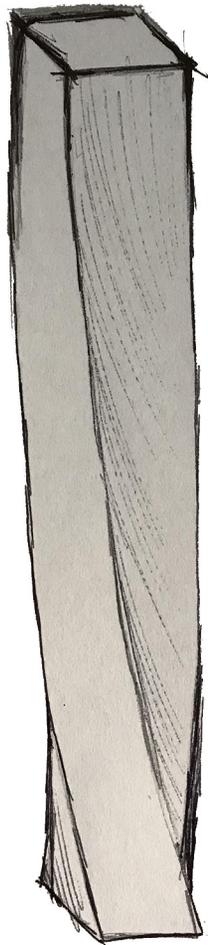
In questo modo inoltre la parete esposta verso l'edificio antistante avrebbe captato meno luce naturale, mentre in questa maniera l'illuminazione si sarebbe distribuita più omogeneamente rispetto ad una soluzione compositiva "classica".

Preso atto di tutto ciò si è iniziato a pensare alla forma concreta mettendo nero su bianco e come sarà visibile dagli schizzi successivi, ci sono state delle fasi in progressione sino ad arrivare al profilo ultimo del grattacielo.

Il tutto naturalmente, considerando uno spazio aperto tra le due torri e dimensionando quindi indicativamente le proporzioni del grattacielo.

Al concept legato alla progettazione, è stato affiancato quello energetico.

L'idea è stata quella di progettare una struttura in grado di sfruttare al massimo le energie provenienti dal vento e dalla radiazione solare, riuscendo così ad ottenere un edificio ad alta performance energetica (di questo ne parleremo nel 3 capitolo).







L'edificio è come anticipato precedentemente situato all'interno dell'area AMP.

Davanti ad esso sorge una delle prime torri realizzate nella città motivo per il quale è, almeno per il momento, impossibile da demolire poichè oltre alla sua funzionalità ha una ingente valenza storica.

Detto ciò, attualmente all'interno del grattacielo antistante al nostro, sono localizzate sale per riunioni, convegni e uffici della società australiana.

A seguito di questa informazione e a seguito di una preliminare analisi delle attività presenti nell'intera area, la scelta delle destinazioni d'uso è stata presa.

La torre avrà un mix di funzioni: uffici e residenze.

Dal 1° piano infatti sino alla metà della struttura, ci sarà la fascia che ospiterà tutti gli uffici mentre nella seconda parte, quella che si sviluppa dalla metà sino alla sommità il campo residenziale sarà predominante.

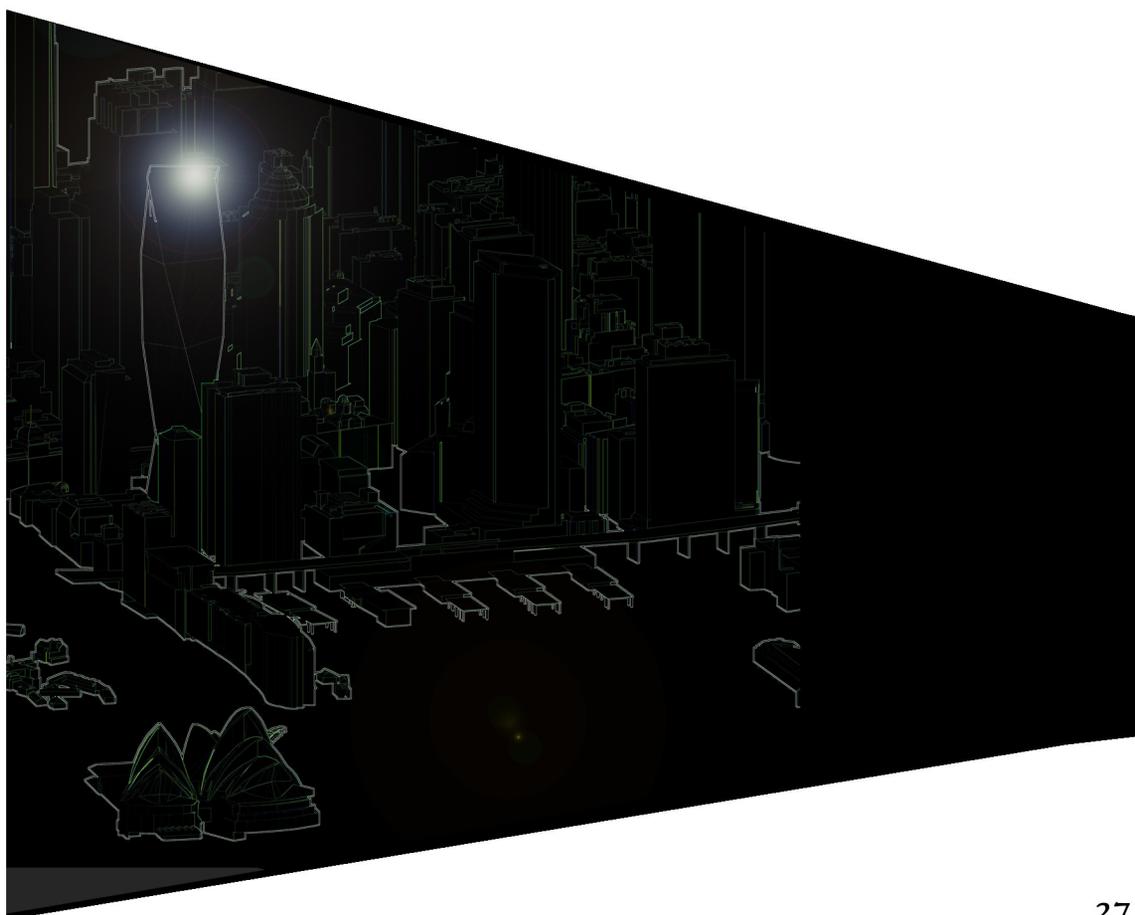
E' opportuno notare come al termine della prima frazioni di uffici ci sia un piano dalle dimensioni superiori rispetto ai piani tipo, dove sarà possibile accedere a zone di ristoro.

Questo piano è accessibile solo ed esclusivamente al personale AMP che lavora all'interno della struttura.

L'ultimo piano invece sarà un luogo di svago e di relax questa volta solo per i residenti degli appartamenti.

L'aspetto morfologico dell'edificio è nato a seguito di un percorso progressivo in cui la forma e gli elementi spazio funzionali venivano elaborati in coerenza.

Il primo step è stato quello di ruotare ogni singolo piano di una determinata angolazione, il tutto ripetuto con la stessa frequenza per tutti i piani, dal piano terra sino alla sommità del grattacielo. La sagoma iniziale vedeva culminare la torre con un piano orizzontale.



A seguire la rotazione è stata fissata a $1,5^\circ$ a piano.

Questo parametro ovviamente sarebbe stato adattato al numero di piani.

Infatti piani tecnici e adibiti a ristoro e relax, avendo altezze multiple di 4, saranno state ruotate rispettivamente di 3 e $4,5^\circ$ rispettivamente per 8 e 12 metri.

In questa seconda idea, la torre differisce dalla precedente al suo apice, infatti è possibile notare come al culmine del grattacielo ci sia ora una linea morbida che partendo dal pilastro sinistro si dirige sinuosamente verso l'altra colonna, ora più alta rispetto alla precedente versione.

Tale scelta compositiva è stata la fautrice dell'avvicinamento alla forma finale.



Successivamente la copertura ha subito una modifica sotto il punto di vista estetico grazie all'aggiunta di 2 pilastri che continuavano la loro salita anche al di sopra dell'ultimo piano per poi accogliere tra di loro una turbina eolica atta a contribuire nel suo piccolo ad una miglior resa energetica.

Inoltre la superficie dell'ultimo piano non vantava più una copertura piana, bensì una variante dalla forma sicuramente più sinuosa.

Per motivi legati all'efficienza energetica e anche per motivi estetici, la struttura è completamente rivestita da un involucro trasparente.

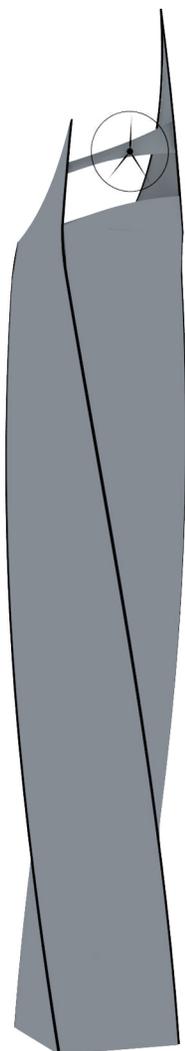
Questa scelta ha completamente smaterializzato la pesantezza che un edificio alto potrebbe avere qualora fosse realizzato con materiali in facciata opachi, in più man mano che si procede verso i piani alti la vista acquisisce sempre più una sostanziale importanza.

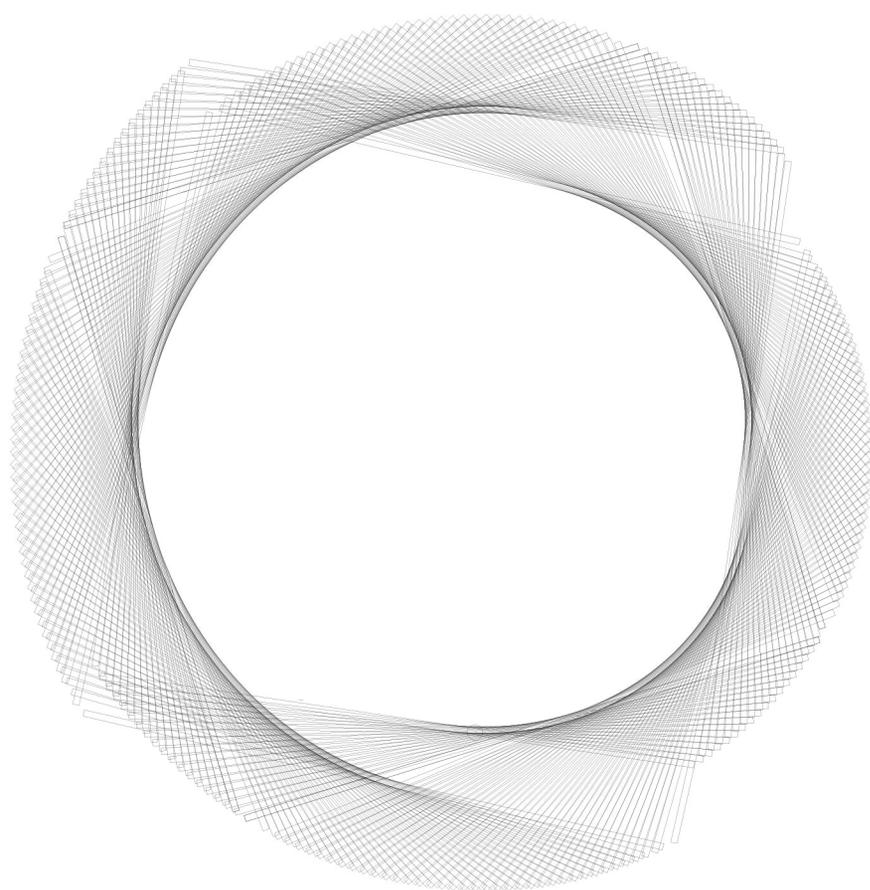


Quest'ultima variazione in corso d'opera è stata nuovamente cambiata per dare vita alla forma conclusiva dell'edificio.

Il proseguo dei pilastri della facciata principale, con altezze differenti, creava una continuità armoniosa nel complesso, ma qualora uno avesse cambiato prospettiva avrebbe notato come quei due pilastri fossero “spogli” nella sommità della torre, poichè un edificio così grande, anche se alleggerito dalla componente vetrata, e così pieno, avrebbe comunque creato uno stacco massivo notevole.

Il design finale quindi è costituito dal mantenimento della copertura e dei pilastri, ma con l'aggiunta ulteriore di due facciate vetrate site alle spalle dei pilastri, così da poter chiudere più elegantemente la sommità del grattacielo.





Il grattacielo vanta una pianta quadrata che si ripete dal piano terra sino all'ultimo.

La sua rotazione è pari a 1,5 gradi per ogni singolo pavimento. Naturalmente, varierà quando il piano differirà dall'altezza convenzionale di quattro metri.

Infatti avendo dei piani tecnici di otto metri, in questo caso si avrà una rotazione di 3 gradi mentre in concomitanza dell'area legata alla ristorazione di dodici metri, si avrà una rotazione di 4,5 gradi.

La pianta è costituita da un central core in calcestruzzo armato intorno al quale ruotano gli otto pilastri interni e i quattro perimetrali esterni.

La morfologia dello spazio prevede la lobby lift costituita da 12 ascensori, le scale e i servizi all'interno del nucleo centrale.

Al di fuori del core vi è un open space per ciò che concerne la pianta tipo degli uffici.

Quella degli appartamenti al contrario consta di una diversa distribuzione spazio funzionale.

Infatti all'interno del central core non è più possibile trovare i servizi e la lobby lift è costituita da un numero ridotto di ascensori, poichè agli ultimi piani arriveranno solo i residenti degli appartamenti, quindi il numero ridotto di persone comporta la riduzione di blocchi ascensore. Ogni piano consta di sei appartamenti di varia metratura, nello specifico è possibile trovarne di 190 e 140 metri quadri.

Tali alloggi di lusso sono caratterizzati da zona living con cucina e da tre o due camere, in base alla tipologia di appartamento, con servizi privati all'interno di ogni camera da letto.

2.5 Integrazione tra Design ed Energia

Durante la progettazione architettonica dell'edificio, l'attenzione è stata posta ,soprattutto nella fase iniziale, sulla forma della struttura stessa , sulla sua verticalità sviluppatasi progressivamente piano dopo piano, ma nella seconda fase si è provato ad unire la composizione alla componente energetica attraverso due elementi, un particolare pannello vetrato in Silicio Amorfo e una turbina eolica posizionata sulla sommità, avendo così una duplice funzione, sia quella di produrre energia sfruttando le correnti provenienti dalla baia, sia quella di valenza compositiva, di valore aggiunto al profilo della torre.

La turbina eolica infatti, non ricopre una frazione importante della resa energetica della struttura, anche se sicuramente nel suo piccolo dà il suo contributo, ma la sua presenza imponente sulla cima dell'edificio si mixa un pò tra design e voglia di promozione ed incentivazione all'utilizzo di elementi atti a sfruttare ciò che la natura gratuitamente ci offre, andando così incontro all'ambiente , incontro ad una alta efficienza energetica e incontro ad un realtà meno inquinata e più green.

Altro protagonista dell'edificio è il vetro.

Essendoci una facciata a doppia pelle, per cercare di captare tutta l'energia possibile, ci si è avvalsi, per ciò che concerne il pannello esterno, di un vetro dalle interessanti caratteristiche: la presenza del silicio amorfo atto sia a captare molta energia, sia a fungere da elemento schermante poichè grazie alle sue proprietà, riesce a filtrare molta luce proveniente da tutto ciò che è all'esterno

3.STRATEGIE ENERGETICHE

3.1 Studio Double Skin Facade

Durante la fase progettuale, è stata adottata come facciata una doppia pelle (double skin facade).

Conclusasi la parte progettuale architettonica, si è passati allo studio tecnico della facciata , studio di approfondimento atto al raggiungimento di un'alta efficienza energetica.

Prima di giungere però ai risultati di output rilasciati dal software Design Builder, si è andati a studiare nel dettaglio la facciata a doppia pelle, al fine di capirne bene il funzionamento così da poter poi governare il programma di simulazione energetica.

Questo approfondimento mira inoltre all'acquisizione di competenze tecniche tali da poter garantire il corretto utilizzo della facciata a doppia pelle e al tempo stesso essere a conoscenza delle potenzialità che questa tecnologia è in grado di offrire grazie anche all'integrazione di pannelli in silicio amorfo sulla componente esterna della facciata.

Durante gli ultimi anni, nel settore della progettazione edilizia, la double skin facade ha raggiunto l'apice del suo successo sia per quanto concerne la funzionalità sia per quanto riguarda l'estetica dell'edificio poichè oltre ai benefici legati agli aspetti energetici, al comfort termico è in grado anche di snellire la struttura a seguito della totale trasparenza che avvolge l'edificio.

Essa è costituita da due componenti vetrate all'interno delle quali risiede l'intercapedine dove circola una portata di aria naturale o forzata.

Data la totale trasparenza, la facciata a doppia pelle necessita di schermature che possiamo trovare nell'intercapedine.



Qualora però il progettista volesse evitare l'inserimento di schermature sia per canoni estetici che funzionali è possibile adottare una differente scelta dei materiali atta all'eliminazione dello schermaggio.

Quest'ultima strada porta alla progettazione di una facciata a doppia pelle integrata con due differenti pannelli vetrati, dove il componente esterno avrà delle caratteristiche tali da fungere esso stesso come elemento schermante.

L'adozione di questo vetro comporta sicuramente delle conseguenze legate all'aspetto illuminotecnico, poichè a seguito delle sue capacità di filtrare la luce ogni piano avrà una significativa riduzione di illuminazione, ma qualora l'edificio dovesse essere totalmente rivestito da questa tipologia di facciata il problema svanirebbe in seguito alla totale presenza di superficie trasparente.

Inoltre, questo vetro oltre ad eliminare le classiche componenti schermanti insite nell'intercapedine, garantirebbe anche una performance energetica grazie alla presenza di cellule all'interno del pannello, in grado di trasformare la luce solare in energia.

Con questa strategia quindi, si avrebbe l'opportunità di snellire la facciata privandola della classica schermatura e al tempo stesso di incrementare l'efficienza energetica dell'intero edificio.

Ricordiamo che la facciata a doppia pelle, pur ricoprendo una funzione cardine all'interno di tutto il complesso edilizio, è solo una parte integrante della progettazione e quindi come per qualsiasi altra tecnologia costruttiva ed energetica applicata ad una struttura, necessita di una accurata analisi preliminare del loco ai fini di poterla contestualizzare in situ.

Così come l'analisi preliminare dell'aerea è di fondamentale importanza ai fini progettuali, nel contempo è doveroso prestare attenzione anche a quelli che sono gli aspetti ambientali, poiché al termine di questo processo di analisi integrata si decideranno quelle che saranno le scelte compositive/energetiche dell'intera struttura.

Variazioni climatiche, caratteristiche del vento (direzione ed elementi schermanti-edifici atti a filtrare o deviare la corrente del vento a determinate altezze), esposizione dell'edificio, dimensione della struttura sono tutte variabili che possono determinare, se non studiate nel dettaglio precedentemente, un malfunzionamento della facciata.

Per ciò che concerne la sostenibilità è opportuno constatare che il ramo economico ricopre un ruolo non indifferente all'interno del ciclo di vita edilizio che parte dalla pianificazione sino demolizione della struttura in cui per cui gli ingenti aspetti finanziari legati all'elevata embodied energy dei materiali come vetro e acciaio mixati ad interventi periodici di manutenzione fanno sì che, almeno in chiave economica, la sostenibilità venga a mancare o perlomeno non sia delle migliori.

Il supporto di strumenti atti alla cronoprogrammazione e soprattutto una DCF analysis (discounted cash flow) inerente alla valutazione economica di un edificio durante tutto il suo ciclo di vita edilizio, potrebbero sicuramente aiutare il team di pro-

gettisti a verificare se questa strategia tecnologica porterebbe ad un ottimale riscontro economico o meno.

Il tutto sarebbe ancor più chiaro qualora si avesse l'opportunità di possedere dati certificati sulle prestazioni dei componenti e sui relativi costi di acquisto e di manutenzione.



Ultima accortezza da sottolineare è la sostanziale differenza che contraddistingue un involucro convenzionale rispetto alla double skin facade.

La trasmittanza termica ed il fattore solare nei classici approcci tecnologici dipendono solamente dagli spessori e dalle specifiche proprietà dei materiali insite nei componenti.

Al contrario la facciata a doppia pelle è considerabile come involucro “attivo” e non “passivo” poichè le sue componenti (vetro esterno, intercapedine e superficie vetrata interna) sono soggette a netti cambiamenti, modulabili in funzione di ciò che si vuole ottenere.

Flussi di aria naturali o ventilazione meccanica, utilizzo di elementi schermanti classici o attraverso le “pelli esterne” atte alla schermatura, impianti di climatizzazione sono i principali protagonisti del comportamento dell'involucro.

Ai fini di avere chiarezza in merito, nell'ambito dell'Annex 32 dell'International Energy Agency un elenco di requisiti denominati design matrix è stato redatto con il fine ultimo di dare l'opportunità al progettista di valutare le componenti di rischio di applicazione della facciata a doppia pelle.

L'IEA è inoltre un'agenzia che lavora sulle politiche energetiche per i suoi 30 paesi membri e oltre la cui missione è guidata da quattro aree principali: sicurezza energetica, sviluppo economico, consapevolezza ambientale e coinvolgimento in tutto il mondo.

Quindi in aggiunta alla valutazione economica a cui si faceva riferimento precedentemente, la consultazione dell'IEA è sicuramente un valore aggiunto al background che un progettista in fase preliminare dovrebbe avere.



Infine, si potrebbe completare questo discorso citando il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici LEED sempre nella fase preliminare, in particolare per ciò che concerne tematiche legate al processo integrativo nei sistemi energetici, energia e atmosfera, materiali e risorse, qualità ambientale interna, sicuramente arricchirebbe ancora di più le skills del team e fornirebbe loro un quadro generale sui vantaggi e svantaggi funzionali, sostenibili energeticamente ed economicamente a cui si andrebbe incontro a seguito dell'adozione della facciata a doppia pelle.



Tutto questo studio preliminare, partito dalla constatazione dei benefici tecnologici/energetici e non, proseguito con la parallela valutazione economica e terminato con la consultazione dell'IEA e del sistema americano LEED, non è un modo per evitare questa tecnologia, tanto meno all'incentivazione dal diffidare da essa, ma a seguito di una visione completa sotto ogni ambito è sicuramente meno complesso prendere una corretta decisione senza incorrere nel rischio di incappare in errori sia funzionali sia economici.

Avvalendosi di ciò che l'IEA ha redatto è possibile inoltre constatare quanto le "vecchie" tecnologie differiscano dai "nuovi" involucri.

Attraverso una scala numerica da 1 a 3, dove ad ogni numero equivale il "grado di differenzializzazione", è possibile notare le differenze.

Suddividendo questo studio negli impatti e in tutto ciò che concerne normative tecniche e strumenti di progetto è possibile notare le differenze.

IMPATTI:

Impatto simile a quello di un componente convenzionale 1

Impatto leggermente differente da quello di un componente convenzionale 2

Impatto differente da quello di un componente convenzionale 3

NORMATIVE TECNICHE ,STRUMENTI DI PROGETTO:

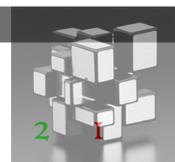
Esistenza di indici di prestazione, normative tecniche e strumenti di progetto adeguati 1

Esistenza di indici di prestazione, normative tecniche e strumenti di progetto parzialmente adeguati 2

Esistenza di indici di prestazione, normative tecniche e strumenti di progetto inadeguati 3

Andiamo ora nel dettaglio ad analizzare le sostanziali differenze.

USO DELLO SPAZIO



Data la presenza della “cavità” in facciata (intercapedine) è possibile ridurre la superficie di pavimento in quanto condotti di mandata e ripresa dell’aria possono essere inseriti al suo interno.

COMFORT TERMICO



-La temperatura dell’aria è il tema su cui è opportuno riporre particolare attenzione poichè in seguito all’ingente percentuale di superficie vetrata si potrebbe andare incontro al surriscaldamento, le schermature quindi giocano un ruolo fondamentale per arginare il problema.

- L’assimmetria di temperatura radiante è un’altra componente significativa del comfort termico. In inverno infatti, a differenza da un involucro trasparente convenzionale, la temperatura superficiale del vetro è più elevata evitando così il fenomeno dell’asimmetria radiante.

Al contrario in estate la percentuale di raggiungimento di temperature maggiori sale rapidamente.

-La velocità dell’aria infine è fautrice di correnti di aria che si potrebbero presentare a seguito di aperture e di bocchette di mandata e ripresa nell’involucro, quindi anche in questo caso l’accurata professionalità del progettista dovrebbe farla da padrone.

3 2

2 2

QUALITA' DELL'ARIA



La ventilazione ricopre una funzione cardine all'interno dell'intercapedine e questa è la ragione per la quale è necessario porre molta attenzione a riguardo anche perchè è essenziale l'aggiunta di condotti di ventilazione addizionali.

In aggiunta, qualora si optasse per la ventilazione forzata, un connubio tra funzionamento dell'impianto di climatizzazione e funzionamento del sistema di involucro risulterebbe indispensabile.

COMFORT VISIVO



L'adozione della tecnologia "a doppia pelle" comporta sicuramente un sostanziale aumento di illuminazione naturale rispetto ad involucri convenzionali, privi di una totale trasparenza.

Al contempo però, la presenza di due componenti vetrati in sequenza favorisce la riduzione del fattore di trasmissione luminosa.

-L'abbagliamento causato dalla totalità di componenti vetrate potrebbe riversarsi all'interno.

3 2

COMFORT ACUSTICO



-Il potere fonoisolante dell'involucro raggiunge valori maggiori.

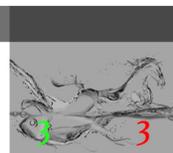
Naturalmente però, in corrispondenza di fori, i valori di tale potere fonoisolante scendono significativamente.

-Il fonoisolamento aereo e strutturale potrebbe andare incontro a problematiche qualora la cavità sita tra le due componenti vetrate (intercapedine) mettesse in comunicazione più piani.

-Altro elemento significativo legato al comfort acustico è riscontrabile nelle vibrazioni.

In questo campo la frequenza di risonanza è direttamente proporzionale alla larghezza dell'intercapedine: più essa è stretta più le vibrazioni aumentano, al contrario si verificherebbe l'effetto opposto.

TENUTA DELL'ARIA E DELL'ACQUA



-La tenuta dell'aria è un'altra componente significativa dell'involucro poiché funge da filtro per il trasporto di calore e di massa.

-Al contempo la tenuta dell'acqua ricopre un'ulteriore importanza progettuale e nonostante il vetro e l'alluminio riescano a resistere all'acqua e al vapore acqueo, è opportuno porre particolare attenzione

2 2

SICUREZZA

La sicurezza antincendio è una tematica molto rilevante poichè la propagazione dell'incendio è facilitata dall'intercapedine ventilata, quindi è consigliabile la progettazione di vie di fuga aggiuntive e l'inserimento di sistemi sprinkler atti a rilevare la presenza di un incendio e di controllarlo in modo che l'estinzione possa essere completata con altri mezzi.



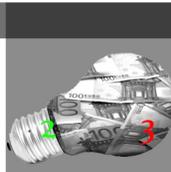
COSTI INVESTIMENTO

I costi per la realizzazione della facciata a doppia pelle potrebbero essere superiori rispetto alla messa in opera di un involucro convenzionale.



COSTI DI ESERCIZIO

La durabilità dei materiali e la qualità dei materiali non differisce di molto rispetto a quella delle facciate continue, ma l'unica nota "dolente" potrebbe risiedere nella probabilità di raggiungere la rottura delle lastre a seguito delle elevate temperature all'interno dell'intercapedine. Porre particolare attenzione alla componente tecnologica aiuterebbe sicuramente ed eviterebbe l'insorgenza di tali problematiche.

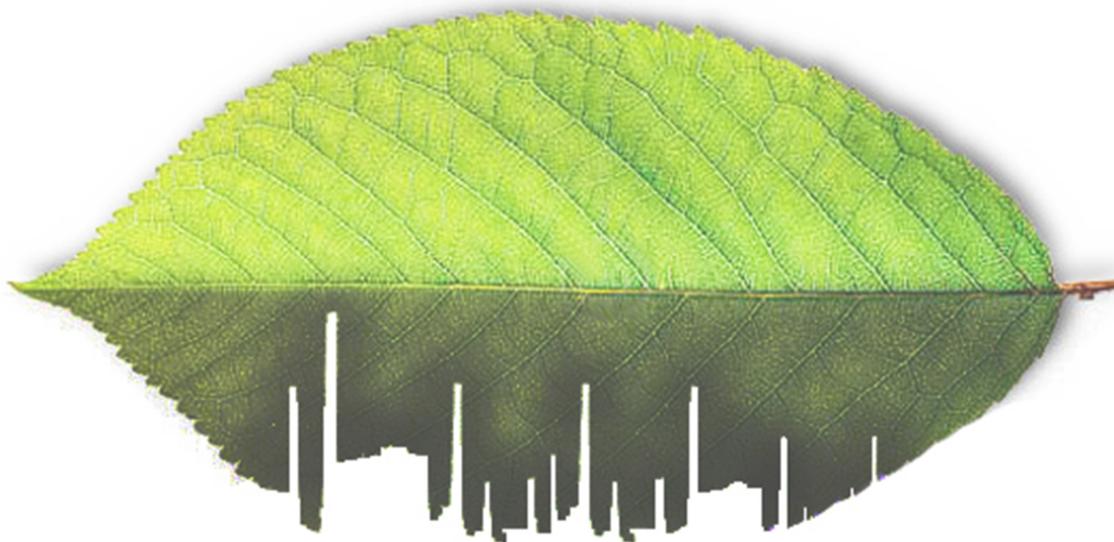




La quantità di materiali utilizzati supera di gran lunga quella legata a sistemi tecnologici convenzionali.

I consumi energetici fanno riferimento all'efficienza energetica e alla valutazione dell'intero edificio.

Infatti nel dettaglio il contesto climatico detta le leggi sulla tipologia dell'involucro da adottare ai fini di una buona efficienza energetica.



Componenti facciata a doppia pelle

La facciata a doppia pelle è un innovativo sistema tecnologico costruttivo costituito da singoli componenti che uniti tra loro creano un nuovo involucro in grado di garantire performance energetiche superiori rispetto a quelli che sono i sistemi convenzionali.

3.1.1 L'intercapedine

Uno degli elementi cardine è l'intercapedine, una "cavità" sita tra i due componenti trasparenti, dove avviene la ventilazione per convezione naturale o aspirazione forzata.

Tra le due superfici vetrate infatti risiede uno spazio di minimo 4 cm e all'interno di esso, a seguito della totalità di componenti vetrate è possibile inserire delle schermature solari.

In questo caso la distanza tra le due "pelli" aumenterebbe sino ai 10 cm.

Qualora infine si dovesse garantire il passaggio di tecnici per la pulizia e manutenzione di tale sistema l'intercapedine aumenterebbe ancora di più le sue dimensioni sino a raggiungere un minimo di 30 cm.

L'intercapedine quindi ha un ruolo significativo per ridurre sollecitazioni termiche ed acustiche problematiche in involucri convenzionali.

La riduzione di dispersione di calore durante le stagioni invernali e miglioramento del comfort termico durante le stagioni più calde sono quindi i punti di forza che questa tecnologia può vantare nel campo dell'efficienza energetica di un edificio.



Le intercapedini dunque sono le vere protagoniste della tecnologia in analisi: sistema di ventilazione, dimensione, inglobamento di elementi schermanti, sono infatti i fattori che in base ad una scelta progettuale fanno variare notevolmente la performance energetica della facciata sempre in funzione del contesto climatico in cui si sta operando.

Oltre a questi elementi distintivi , l'intercapedine è ulteriormente costituita da 3 differenzializzazioni:

1.a tutta superficie (multipiano);

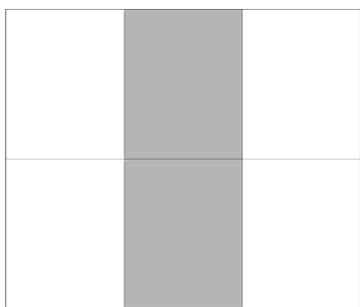
2.a canali o corridoio;

3.a singoli elementi.

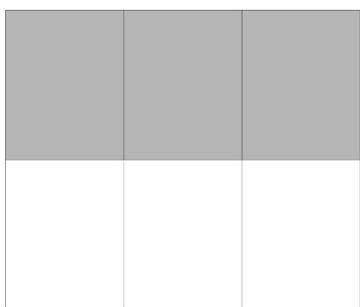


SCHEMI DI FACCIATA

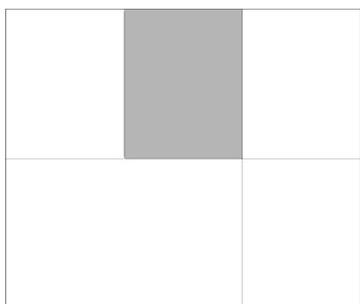
multipiano



a canale



corridoio



a celle singole

MULTIPIANO

Questa tipologia costruttiva è molto usata quando è richiesto un intervento di ristrutturazione.

Le dimensioni dell'intercapedine in questo caso oscillano dai 50 agli 80 cm e la ventilazione inizia il suo iter dal basso verso l'alto per tutto l'edificio.

E' possibile in questa tipologia l'inserimento di schermature interne o esterne all'intercapedine.



Immagine facciata multipiano: Danmarks radio-Danimarca 2016

A CANALE E CORRIDOIO

L'intercapedine in questa tipologia è compartimentata orizzontalmente o verticalmente, in cui le dimensioni della cavità dipendono dalla tecnologia adottata in facciata e dalle peculiarità tecnico dimensionali del telaio strutturale portante che solitamente varia dai 20 ai 50cm.

Le nuove costruzioni sono le più appetibili per la messa in opera di questa tecnologia perchè prive di vincoli ancoraggio (data la possibilità del progettista di studiare tutto nel minimo dettaglio). Il lato economico della facciata a canale è particolarmente conveniente a seguito di una prefabbricazione attuata non in situ, quindi i tempi di messa in opera scendono vertiginosamente. Infine per ciò che concerne la manutenzione, la possibilità di agire sulla facciata ad ogni piano rende il processo molto più fluido.

L'involucro esterno è collegato a quello interno mediante telaio o collegamenti puntuali: ogni canale è dotato di aperture per l'ingresso d'aria ed aperture laterali sui canali verticali per l'espulsione.



Immagine 1. facciata Nuova sede di TIFS Ingegneria, Padova

A CELLE SINGOLE

In questo caso, la particolarità è insita nelle singolarità di ogni “CELLA” automunita di intercapedine propria pari a 20-30cm. Solitamente il componente vetrato esterno è un vetro camera basso emissivo mentre quello interno è un vetro singolo convenzionale.



Immagini facciata Nordea Group Copenhagen

3.1.2 Le schermature

La facciata a doppia pelle è una tecnologia innovativa atta al miglioramento di performance energetica, ma per un'ottima riuscita è opportuno prendere in esame dettagliatamente ogni sua componente, tra cui l'elemento schermante.

Infatti a seguito della sua totale trasparenza, la DSF necessita l'integrazione di schermature applicabili nell'intercapedine ai fini di evitare fenomeni di abbagliamento, controllare la luce diurna, garantendo protezione solare, controllo luminoso ed oscuramento.



Immagini : the shard - Renzo Piano - Londra

In questo progetto è possibile notare come il progettista abbia optato per il posizionamento “interno” delle schermature. Infatti tali elementi risiedono nell’intercapedine tra le due superfici vetrate(pelle esterna/pelle interna).

Questa strategia tecnologica ottimizza il trasferimento di calore per convezione dovuto dal movimento dell’aria insito all’interno della cavità(ventilazione naturale o forzata).

In questo caso le schermature sono soggette a minori deterioramenti a causa della protezione offerta dalla superficie vetrata esterna.

Utilizzando questa tipologia di schermatura, indubbiamente si va incontro ad un lieve cambiamento estetico dell’edificio poichè tali schermature andrebbero ad “appesantire” la trasparente leggerezza pensata dal progettista in facciata.

Questo tema ha spinto la tecnologia a trovare ulteriori soluzioni innovative, che pur garantendo tutte le performances degli elementi schermanti, sono in grado di mantenere quella scelta compositiva pensata in fase preliminare dai progettisti. Stiamo parlando di particolari “vetri schermanti” atti a fungere sia da pelle esterna, sia da schermature e qualora lo si voglia anche da componenti energetici.

Se è certo che questi pannelli sono in grado di filtrare la luce e quindi in grado di ovviare alle convenzionali schermature , è pur vero che a seguito delle loro caratteristiche, filtrano maggiormente la luce in ogni piano, quindi la scelta migliore sarebbe avvalersi di queste superfici vetrate solo se la DSF è distribuita nella totalità dell’edificio.

Questa scelta ovvierebbe al problema della scarsa illuminazione interna.

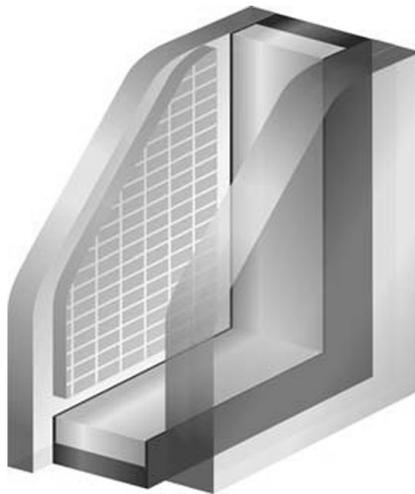
Come precedentemente spiegato, esistono particolari pannelli vetrati dalle specifiche proprietà tecniche in grado sia di filtrare la luce, sia di produrre energia.

Essendo questo prodotto molto completo, è possibile trovarlo presso aziende differenti.

Asi glass, azienda produttrice di superfici vetrate, offre varie tipologie di vetri dalle più svariate caratteristiche, da quelli oscurati a quelli integrati con cellule fotovoltaiche e a seguito di una accurata scelta dei materiali, la riuscita di un involucro integrato da più componenti potrà sicuramente dare vita ad una tecnologia altamente performante sia sotto il punto di vista energetico ambientale sia per ciò che concerne l'estetica del singolo edificio.

Generazione di elettricità solare, gestione della luce, ombreggiatura efficace, protezione dai riflessi sono infatti le specifiche qualità di componenti vetrati innovativi, fautori di un ingente incremento di energia.

ASI® Glass



In questa tipologia vetrata avviene una conversione di radiazione solare in energia elettrica.

Il materiale utilizzato è costituito dal 99% da silicio derivato dal quarzo di sabbia, privo quindi di metalli pesanti come il cadmio, biopersistente molto nocivo per l'uomo in grado di provocare problemi seri a polmoni ed ossa.

Altra scelta atta alla diminuzione di fenomeni di abbagliamento, ma non in grado autonomamente di sopperire alle problematiche di schermaggio, è dietro la scelta di superfici vetrate a controllo solare in grado di adattarsi alle diverse condizioni di irraggiamento solare, che evolvono durante il giorno e nel corso delle stagioni.

La ventilazione naturale o meccanizzata è il vero motore che anima la facciata a doppia pelle.

Come affermato precedentemente, questa tecnologia è il risultato di un'integrazione di materiali concatenati perfettamente tra di loro atti al raggiungimento di performance energetiche migliori rispetto ad involucri convenzionali.

La ventilazione entra in gioco al termine della messa in opera di tutta la facciata e tramite il suo percorso ascendente incide notevolmente sulle prestazioni dell'edificio.

Come anticipato, la ventilazione si scinde in naturale, meccanica o ibrida.

-Per ciò che concerne la prima tipologia, essa si origina per convezione naturale, e il flusso di aria ascendente è contraddistinto da un aumento di intensità al crescere della temperatura dei vetri: il riciclo aumenterà o diminuirà in maniera direttamente proporzionale alle temperature del vetro, quindi alle stagioni: in estate sarà più accentuato, in inverno meno.

-La seconda tipologia di ventilazione invece, non è generata da una convezione naturale, ma al contrario dal ventilatore che forza il flusso di aria nell'intercapedine.

Questo processo prende il nome di ventilazione meccanica.

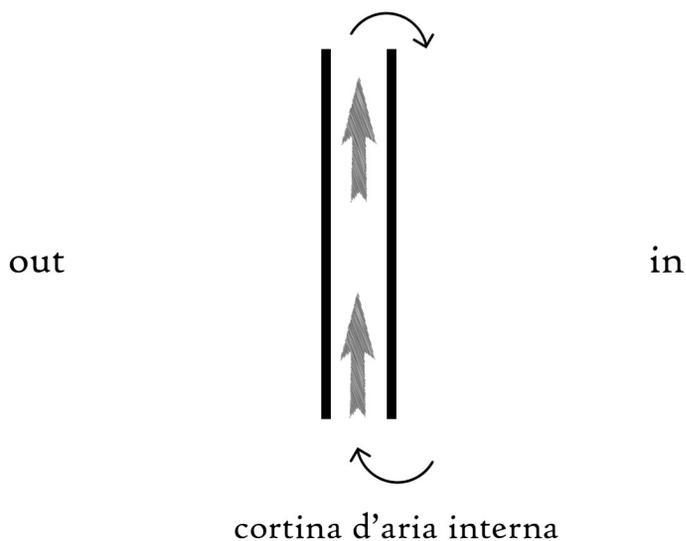
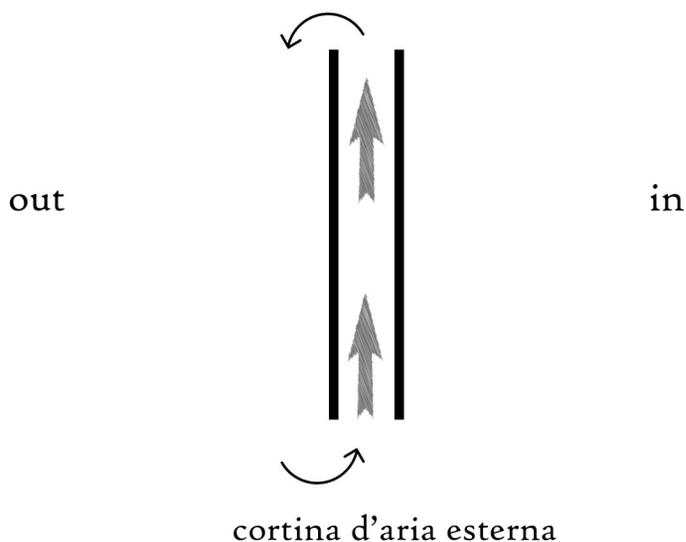
-Infine vi è il terzo ed ultimo genere di ventilazione, quella ibrida, nata appunto dall'utilizzo integrato di ventilazione naturale e meccanica.

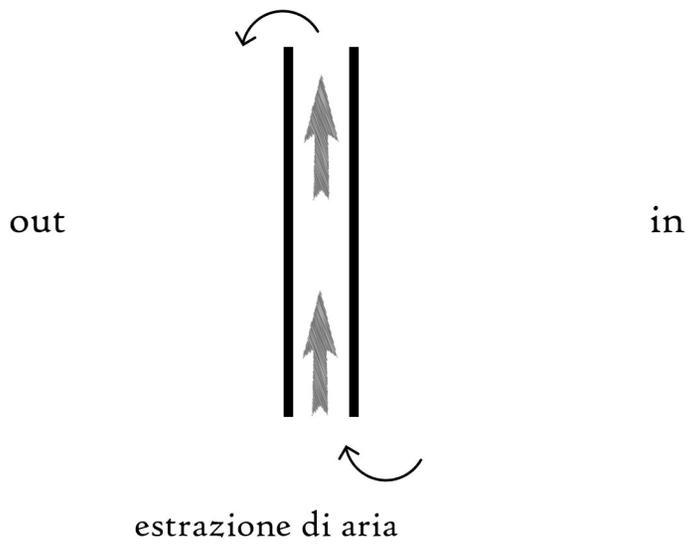
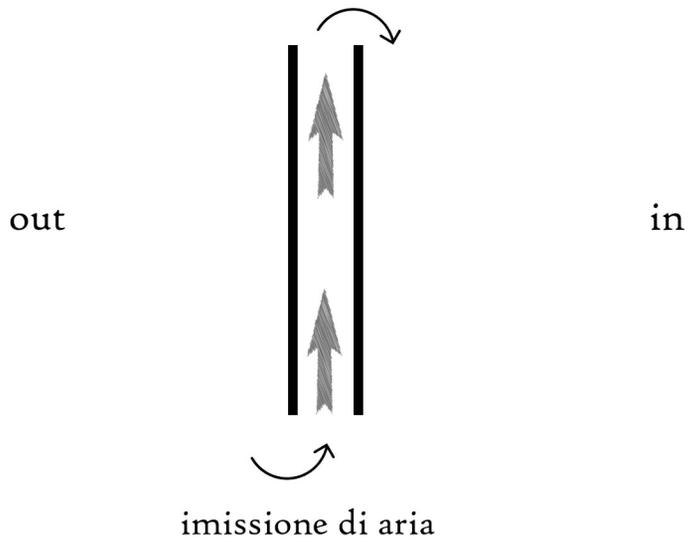
Infine l'ultimo aspetto legato alla ventilazione è legato alla direzione che il flusso di aria compie all'interno dell'intercapedine.

Esiste la seguente classificazione:

- cortina di aria interna
- cortina di aria esterna
- immissione di aria
- estrazione di aria

Nelle immagini seguenti una semplice illustrazione di tale suddivisione.





3.2 Studio della tipologia close cavity double skin facade

La Double skin facade sta avendo un notevole riscontro da parte dei progettisti di tutto il mondo che in alcuni casi hanno però virato su una sua variante: la close cavity double skin facade.

Fondamentalmente la tipologia costruttiva-tecnologica è molto simile, l'unica sostanziale differenza risiede nella cellula chiusa e il flusso d'aria nell'intercapedine è forzato.

Riduzione dei rumori esterni, evitare intrusioni e riduzione della possibilità di insinuature di polveri nella cavità sono alcuni dei vantaggi che questa variante offre rispetto alla sua capostipite.

A seguito di una sostanziale riduzione degli spazi tecnici, benefici ingenti vengono percepiti anche dalle spese di manutenzione che, al contrario della classica facciata a doppia pelle, sono inferiori.

Come la maggior parte dei casi, anche questa tecnologia riscontra degli svantaggi e solo il tempo darà l'opportunità agli esperti di migliorare il proprio background con lo scopo ultimo di arginare a tutte le spinose problematiche.

Infatti malfunzionamenti del sistema integrato che controlla l'apertura delle finestre, delle schermature, la ventilazione meccanica e gli impianti di riscaldamento e condizionamento sono il tallone di achille di questa tecnologia.

Ai fini di riscontrare un ottimo funzionamento della close cavity double skin facade è necessario che tutti i suoi componenti lavorino in perfetta sinergia, ma questo vale anche per la facciata a doppia pelle convenzionale e fondamentalmente è un concetto estendibile ad ogni campo.



Immagine della nuova facciata Leo Building-Francoforte

A seguito dello studio della facciata a doppia pelle in entrambe le versioni, si è proceduto a simulare la prestazione energetica dell'edificio attraverso l'utilizzo del software design builder. Come oggetto di analisi si è svolto il piano tipo destinato ad accogliere gli uffici della AMP.

Si andrà ora a mostrare gli step di analisi in sequenza al fine di spiegare bene il percorso di analisi dall'inizio sino ai grafici di output rilasciati dal programma.

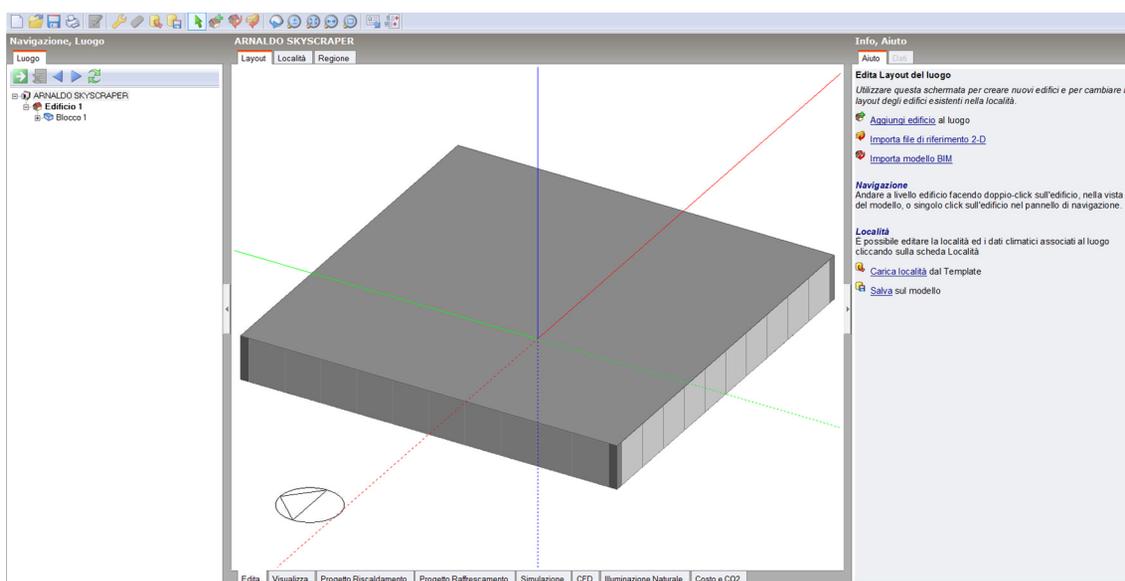
Al termine dell'analisi di entrambe le facciate andremo a comparare i dati di output e scegliere la soluzione migliore per il progetto.

Ciò che rimarrà invariato a prescindere dalla tipologia di scelta tecnologica in facciata, sarà la scelta delle componenti trasparenti, sia per i vetri interni che per quelli esterni poichè è grazie, soprattutto alla pelle esterna, che otterremo una grande assimilazione di energia atta ad alimentare l'intero edificio.

Nel paragrafo successivo vengono illustrati i risultati partendo dal settaggio dei dati territoriali, proseguendo con l'importazione della pianta architettonica sul software sino alla restituzione grafica di dati di output.

3.3.1 Modellazione del piano tipo

Settaggi territoriali, importazione pianta in formato dxf e creazione del blocco



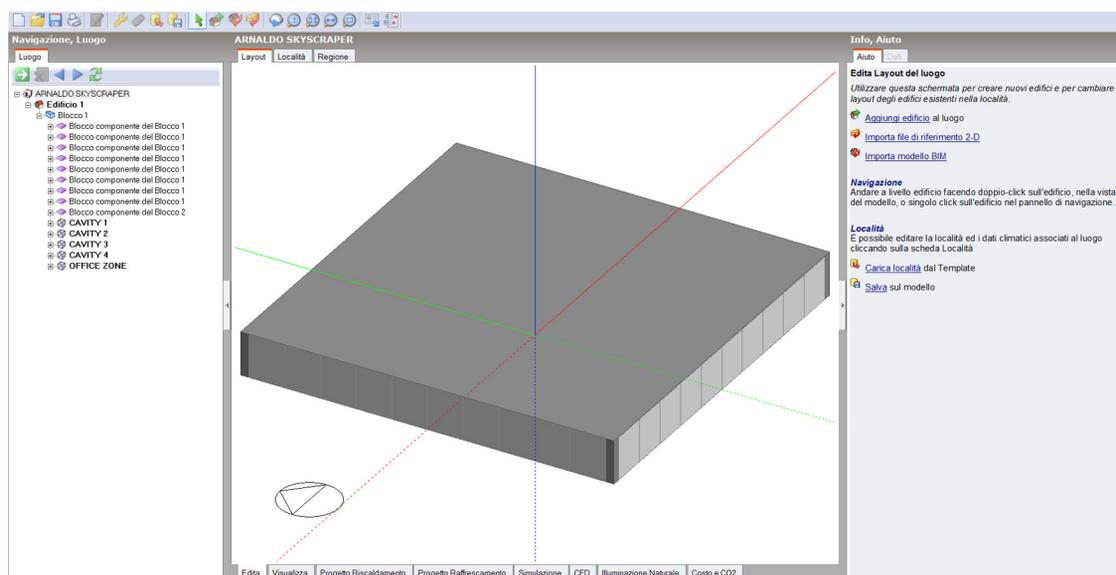
Una volta settati i parametri legati agli aspetti territoriali si è proceduto con l'importazione della pianta architettonica all'interno del software di calcolo energetico.

Successivamente si è proceduto con la creazione del blocco, necessario per il corretto proseguo della simulazione.

Esso genera una geometria, in grado successivamente, di assimilare molte informazioni come la suddivisione in zone per la distinzione dell'orientamento e della tipologia di facciata.

Inoltre in questo primo step esso è visibile come un unico blocco pieno ma nelle fasi prossime andremo a mostrare come all'interno di questa apparente semplice geometria sia possibile andare a scindere tutte le componenti di un piano tipo: i pavimenti con le loro stratigrafie, le singole vetrate con le loro stratigrafie e proprietà tecniche e molto altro.

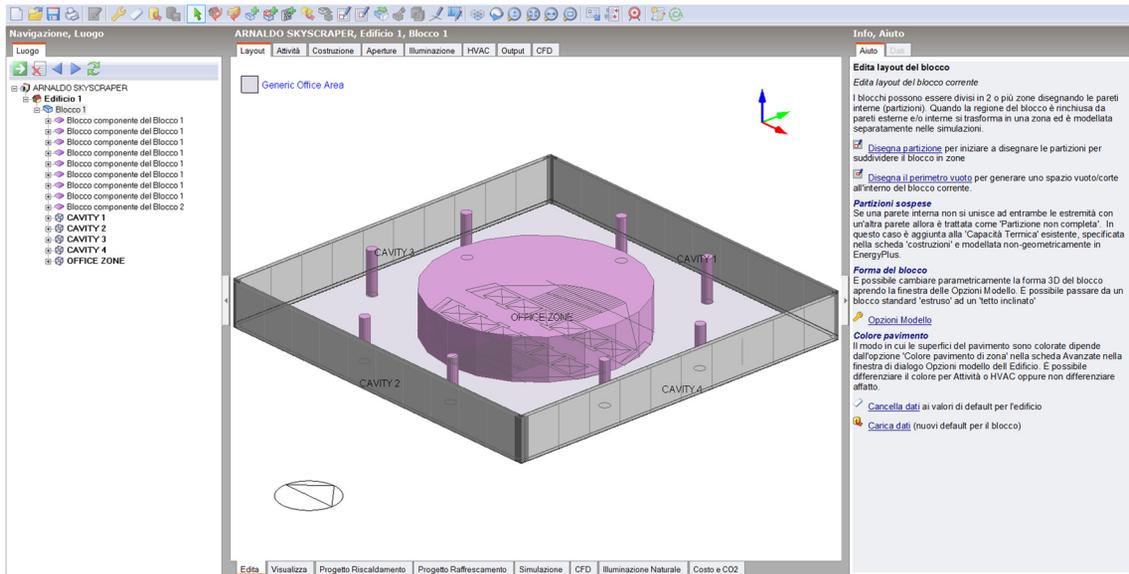
Creazione di zone



A seguito della creazione del blocco, siamo andati a creare le zone, ovvero aree specifiche del singolo piano individuate nella quattro facciate della struttura.

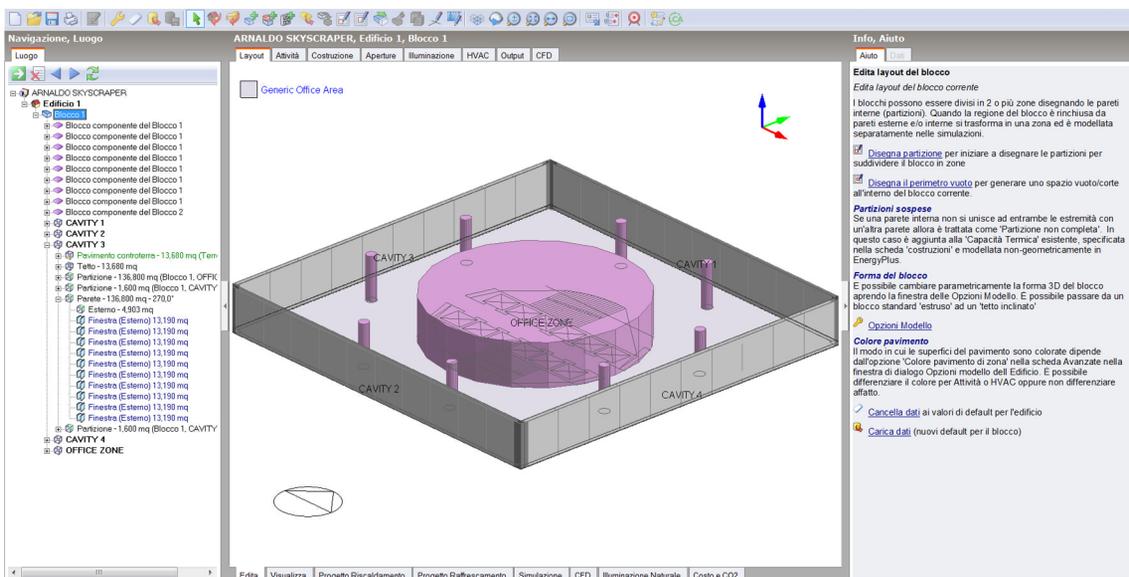
Come è possibile notare dal grafico, abbiamo 4 zone corrispondenti ad ogni singolo prospetto e una office zone, ovvero quella zona necessaria per settare i parametri dei solai, gestiti nel programma come pavimenti interni.

Creazione doppia pelle



Grazie alla possibilità di disegnare delle partizioni sul modello, siamo riusciti a creare quella che sarà, per ogni facciata, la doppia pelle da analizzare, prima testandola con la ventilazione naturale, poi con l'aspirazione forzata.

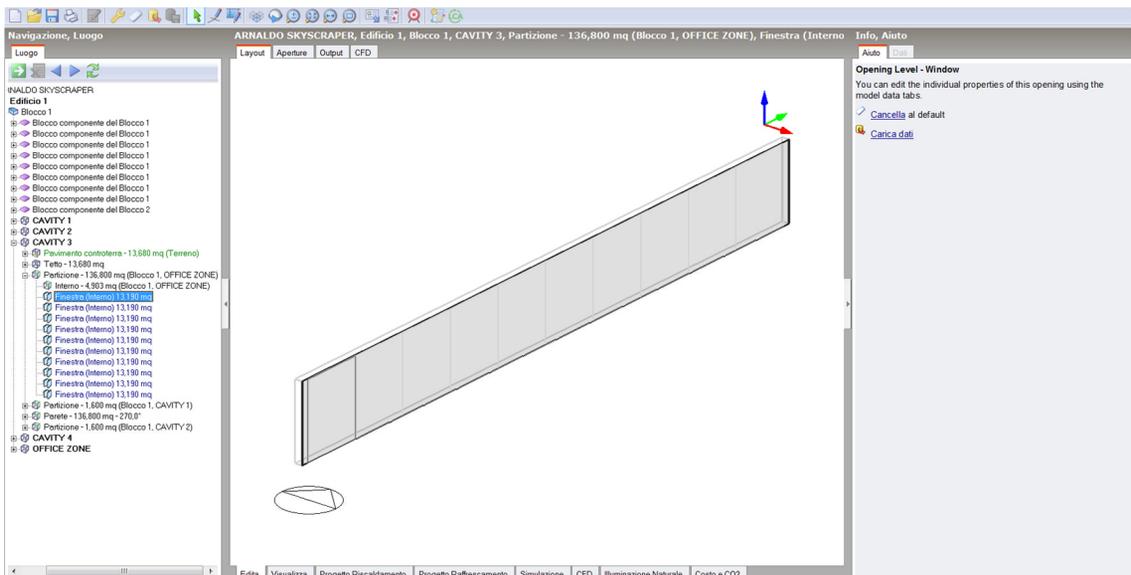
Progettazione dettagliata della facciata



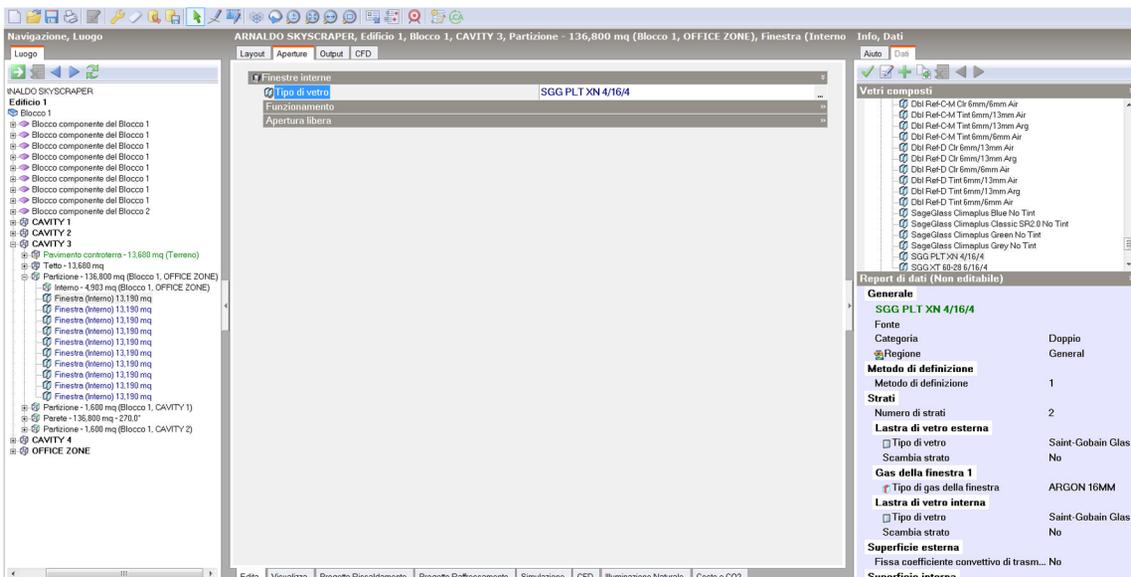
Dopo la creazione della facciata a doppia pelle abbiamo l'opportunità di dettagliare ulteriormente quelle che sono le specifiche del progetto.

E' possibile infatti settare la quantità di pannelli e decidere la tipologia di vetro applicabile ai due elementi trasparenti (pelle interna, pelle esterna).

Settaggi vetri interni



Come illustrato nell'immagine si è ora scesi nel dettaglio degli elementi vetrati, in particolar modo della componente interna.



La sezione aperture permette di scegliere la tipologia di componente vetrata da applicare alla parete e qualora non fosse presente tra le disponibili offerte dal software di default, si ha l'opportunità di crearne di nuove a proprio piacimento e bisogno.

Nel nostro caso la scelta è ricaduta su un doppio vetro basso emissivo che sarà applicato su tutte le “pelli interne” del grattacielo.

Settaggi vetri esterni

The screenshot displays the software interface for configuring external glass settings. The main window is titled "ARNALDO SKYSCRAPER, Edificio 1, Blocco 1, CAVITY 3, Parete - 136,800 mq - 270,0°". The interface is divided into several sections:

- Left Panel:** A tree view showing the project hierarchy, including "Edificio 1", "Blocco 1", "CAVITY 1", "CAVITY 2", "CAVITY 3", "CAVITY 4", and "OFFICE ZONE".
- Main Panel:**
 - Template delle vetrate:** Shows "Finestre Esterne" selected.
 - Tipo di vetro:** "Finestra BIPV schott glass" is selected.
 - Layout:** "Dimensioni" is selected, with "Altezza e larghezza fissate" chosen.
 - Dimensioni Table:**

Tipo	4
Larghezza della finestra (m)	3.34
Altezza finestra (m)	4.00
Spaziatura finestra (m)	3.34
Altezza davanzale (m)	0.00
 - Spalletta muro:** Expanded to show "Telaio e Divisori", "Sistemi di schermatura", "Controllo Flusso d'Aria Finestre", and "Apertura libera".
- Right Panel (Info, Aiuto):**
 - Edita Vetrate/Porte/Bocchette di ventilazione:** Instructions on how to edit glass, doors, and ventilation systems.
 - Template delle vetrate:** Information on selecting generic templates.
 - Vetrata:** Details on controlling glass types and using the "Vetro" icon.
 - Tipi di facciata:** Lists options like "Nessuno", "Orizzontale continua", "Altezza fissa", "Altezza preferita", "Larghezza ed altezza fissate", and "Riempi superficie (100%)".

La stessa procedura vale per ciò che concerne la “pelle esterna”. In questo caso si è adottata la scelta di inserire in facciata pannelli in Silicio amorfo atti all’incremento dell’efficienza energetica di tutta la torre grazie alle loro proprietà tecniche: la loro funzione sarà duplice infatti, schermare e produrre energia

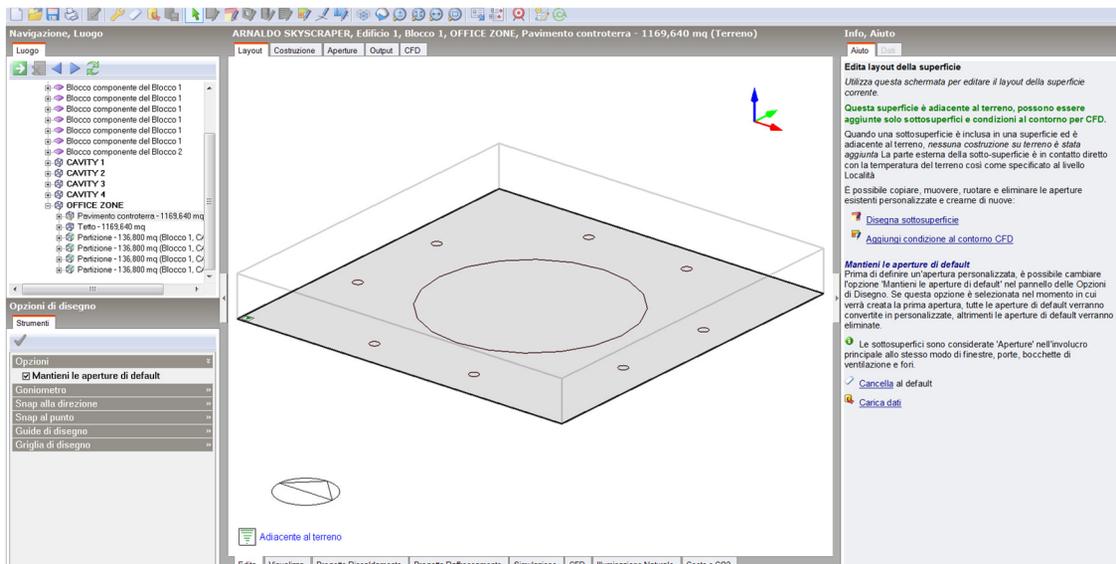
(anche se la loro resa non è paragonabile ai pannelli fotovoltaici convenzionali, la loro quantità andrebbe comunque a garantire un'ingente quantità di energia poichè l'intero edificio sarà rivestito da questi specifici pannelli).



Stabilized nominal power according to Standard Test Conditions (STC)

ASI THRU®	ASI OPAK®
42 Wp/m ²	53 Wp/m ²
3.9 Wp/ft ²	4.9 Wp/ft ²

Settaggi solai



Si è ora nella Office Zone dove sarà possibile gestire le stratigrafie dei solai.

Dato il piano in analisi, sito tra altri piani, siamo andati a creare un nuovo solaio sotto la voce pavimenti interni.

Questa parte di modellazione ha permesso di accedere all'analisi energetica del piano tipo preso in questione.

Infatti una volta settati tutti i parametri del blocco, tutte le specifiche di ambo i componenti vetrati e le stratigrafie dei due solai si può procedere con la simulazione.

L'ultima procedura, prima di avviare il calcolo, risiede nella selezione della tipologia di ventilazione insita nella facciata: naturale o meccanica.

Effettuato quest'ultimo settaggio di dati si è effettuata la simulazione energetica dell'edificio.

Una volta conclusa la modellazione del piano tipo, ai fini di comprendere quale fosse la soluzione energetica più performante si è andati a lavorare sulla “pelle esterna” della facciata a doppia pelle.

Lo scopo finale è quello di produrre energia attraverso la componente vetrata esterna, dove saranno installati dei pannelli in silicio amorfo.

Le loro prestazioni sono inferiori rispetto ai classici pannelli mono cristallini, ma i rendimenti elettrici sono comunque compresi tra il 6 e il 10%.

In condizioni di scarsa incidenza di radiazione solare sui pannelli, il silicio amorfo è in grado di offrire una migliore resa energetica rispetto ai pannelli mono cristallini.

In fase di produzione, il silicio amorfo è la tecnologia con il minor impatto ambientale infatti, in soli due anni ogni singolo pannello è in grado di produrre la stessa energia che è stata necessaria per produrlo.

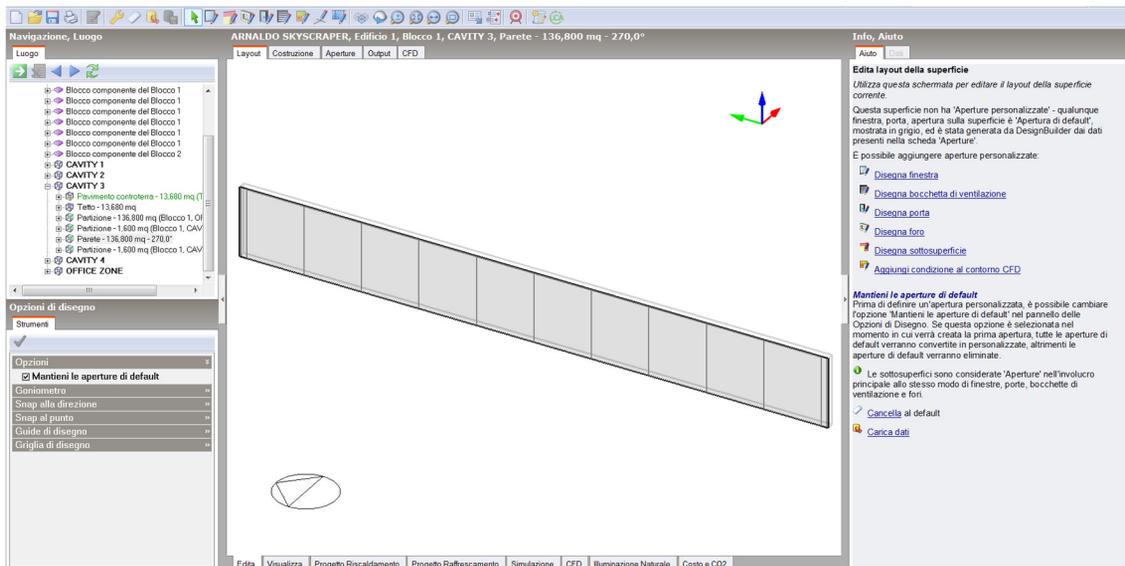
Questo periodo è l'Energy Pay Back Time, ovvero il periodo di ritorno energetico.

Se da un lato è possibile notare alcuni aspetti migliori rispetto al convenzionale mono cristallino, dall'altro è necessario constatare che, a seguito della loro colorazione scura, tendono a fungere da elemento schermante, andando così a limitare il livello di illuminazione naturale all'interno di un ambiente.

Proprio per questo motivo si andrà ora a modellare la facciata in tre diverse varianti: la prima vedrà la “pelle esterna” costituita esclusivamente da pannelli in silicio amorfo, la seconda da un vetro singolo selettivo di 6mm e la terza da una superficie mista, 50% silicio amorfo, 50% vetro singolo selettivo.

A seguito di questa simulazione si andrà a visualizzare il fattore medio di luce diurna e si andrà successivamente a valutare quale sia la soluzione energeticamente più performante, in stretta correlazione ovviamente con il calcolo delle prestazioni energetiche del fotovoltaico.

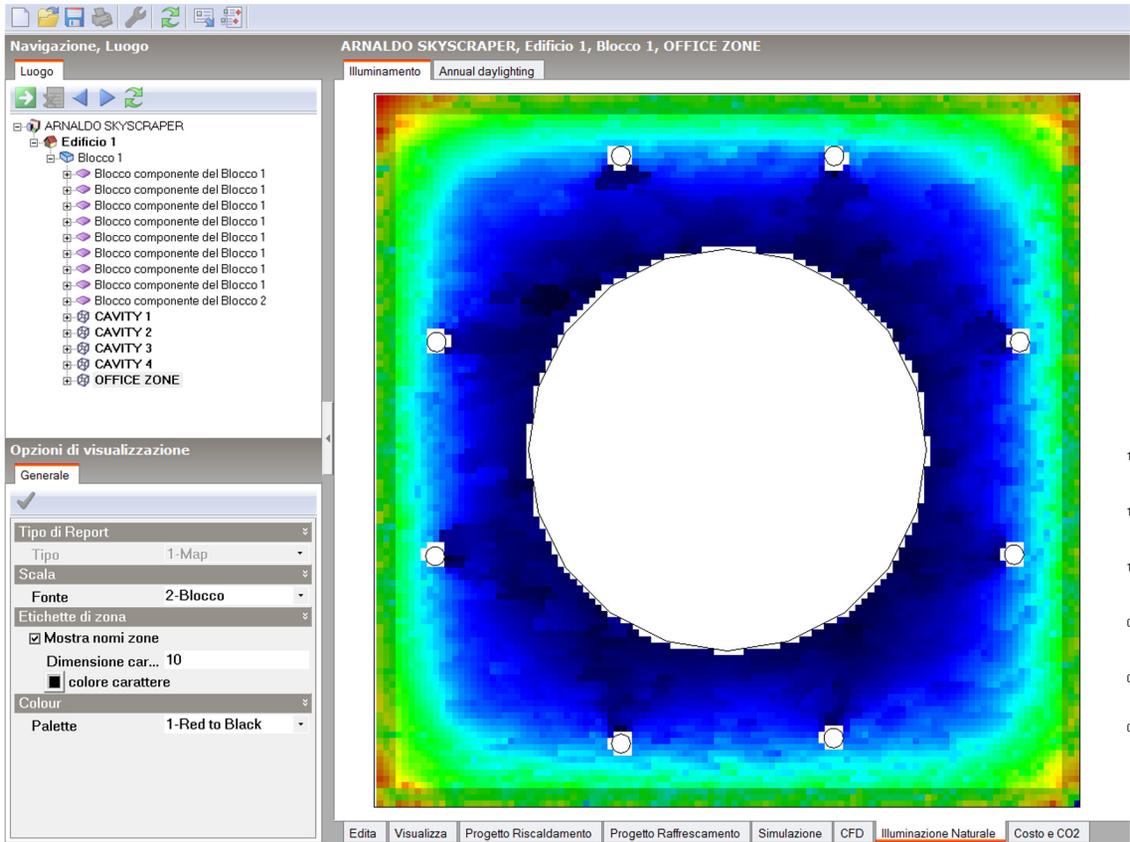
3.3.2.1 Modellazione facciata con fotovoltaico e risultati



Nella prima simulazione si è andati a settare i dati di input della facciata a doppia pelle.

I pannelli in silicio amorfo (coefficiente trasmissione luminosa 0.079) sono stati inseriti su tutta la “pelle esterna”.

Al termine della simulazione energetica si è andati a visualizzare i consumi del piano tipo preso in analisi e si è andato a calcolare il fattore medio di luce diurna.



Component	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	DHW 494	0.00	0.00	0.00	0.00	3853.58	60.34
Refrigeration	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	General	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Normalized Metrics						
Utility Use Per Conditioned Floor Area						
	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	42.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	51.05	21.09	0.05
Other	43.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	85.60	0.00	0.00	51.05	21.09	0.05

Utility Use Per Total Floor Area						
	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	42.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	51.04	21.08	0.05
Other	43.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	85.58	0.00	0.00	51.04	21.08	0.05

Electric Loads Satisfied	
Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000
High Temperature Geothermal*	0.000
Photovoltaic Power	0.000
Wind Power	0.000
Power Conversion	0.000
Net Decrease in On-Site Storage	0.000
Total On-Site Energy Sources	0.000

A seguito della simulazione i dati di output sono i seguenti:
 -DF medio pari a 0,559%
 -consumi energetici del piano pari a 157.79 kWh/m2.

3.3.2.2 Modellazione facciata con vetro singolo e risultati

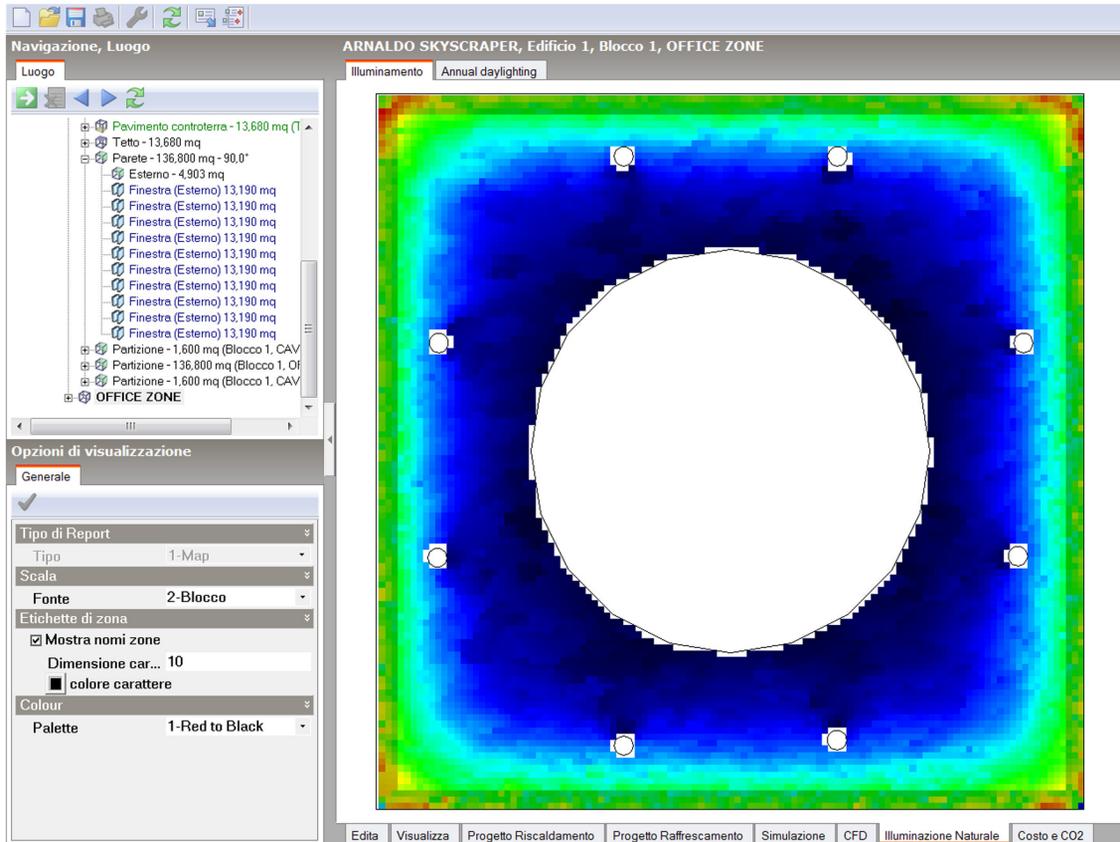
In questa simulazione la componente vetrata esterna è stata settata diversamente, infatti la “pelle esterna” è ora costituita da vetri singoli selettivi (coefficiente trasmissione luminosa 0.749) e questo dovrebbe far aumentare il livello di illuminazione naturale all’interno del piano preso in analisi.

The screenshot displays the EnergyPlus software interface. The main window shows the 'ARNALDO SKYSCRAPER, Edificio 1, Blocco 1, OFFICE ZONE' simulation results. The 'Riepilogo' (Summary) tab is active, showing a table of energy intensities and electric loads. The table is divided into sections for 'Normalized Metrics', 'Utility use Per Conditioned Floor Area', 'Utility use Per Total Floor Area', and 'Electric Loads Satisfied'.

Category	Sub-category	Value	Value	Value	Value	Value	Value
Normalized Metrics	Electricity Intensity [kWh/m2]	36.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	District Cooling Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	District Heating Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Water Intensity [m3/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Lighting	36.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	HVAC	0.00	0.00	0.00	54.15	20.03	0.05
	Other	43.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Total	80.18	0.00	0.00	54.15	20.03	0.05
Utility use Per Total Floor Area	Electricity Intensity [kWh/m2]	36.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	District Cooling Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	54.14	20.02	0.05
	District Heating Intensity [kWh/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Water Intensity [m3/m2]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Electric Loads Satisfied	Electricity [kWh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Percent Electricity [%]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Anche in questo caso si è andati a simulare la prestazione energetica ed è possibile notare come il dato di output relativo all’energia richiesta per l’illuminazione (lighting) sia diminuito grazie alle proprietà del vetro singolo.

Pannelli più chiari infatti permettono l’ingresso di più luce naturale, il che comporta un abbassamento dei consumi legati all’illuminazione a discapito naturalmente della possibilità di produrre energia solare assente in questa variante.



A seguito della simulazione i dati di output sono i seguenti:

-DF medio pari a 6,78%

-consumi energetici del piano pari a 154,41 kWh/m².

3.3.2.1 Modellazione facciata mista e risultati

L'ultima simulazione è caratterizzata dalla sinergia tra i pannelli in silicio amorfo e i vetri selettivi.

Entrambi hanno delle caratteristiche interessanti sia sotto il punto di vista della prestazione energetica sia per ciò che concerne l'illuminazione naturale.

Le simulazioni precedenti hanno dimostrato come il consumo di energia legato all'illuminazione sia variato in base alla scelta delle componenti vetrate.

Questa ultima simulazione infine, oltre a restituire dati di output differenti andrà anche a rivisitare l'aspetto formale del grattacielo poichè la diversa scala cromatica dei pannelli andrà a creare uno stacco netto tra i classici vetri e quelli in silicio amorfo nettamente più scuri.

The screenshot displays the EnergyPlus software interface. The main window shows a table of energy flows and metrics for the 'OFFICE ZONE'.

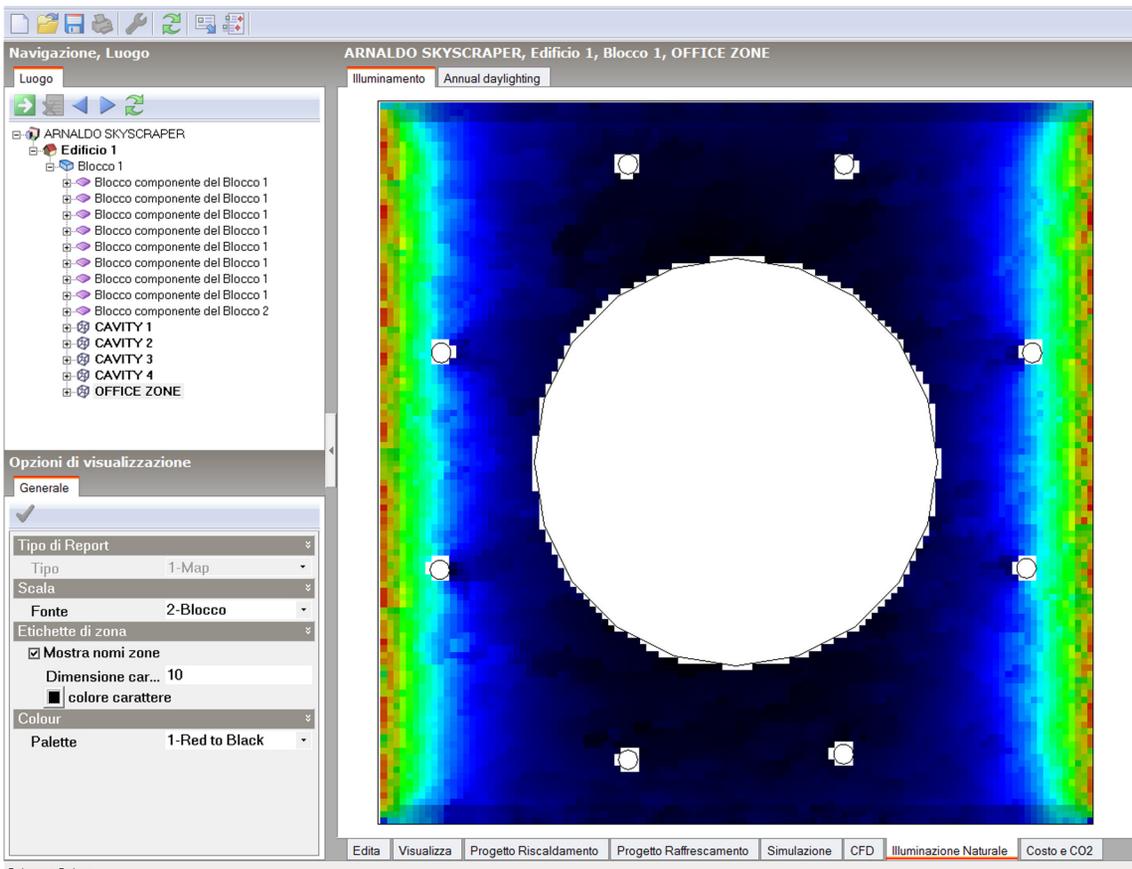
Component	General	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]	Additional Fuel [kWh]	District Cooling [kWh]	District Heating [kWh]	Water [m3]
ELECTRIC EQUIPMENT#501#05	11.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#508#05	11.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELECTRIC EQUIPMENT#517#05	9.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3853.56	60.34
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Category	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	38.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	52.47	20.41	0.05
Other	43.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	82.28	0.00	0.00	52.47	20.41	0.05

Category	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]	Additional Fuel Intensity [kWh/m2]	District Cooling Intensity [kWh/m2]	District Heating Intensity [kWh/m2]	Water Intensity [m3/m2]
Lighting	38.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HVAC	0.00	0.00	0.00	52.46	20.40	0.05
Other	43.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	82.26	0.00	0.00	52.46	20.40	0.05

Category	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.000	0.00

The interface also includes a navigation tree on the left, a right-hand panel with simulation details, and a bottom menu bar with options like 'Edita', 'Visualizza', 'Progetto Riscaldamento', 'Progetto Raffrescamento', 'Simulazione', 'CFD', 'Illuminazione Naturale', and 'Costo e CO2'.

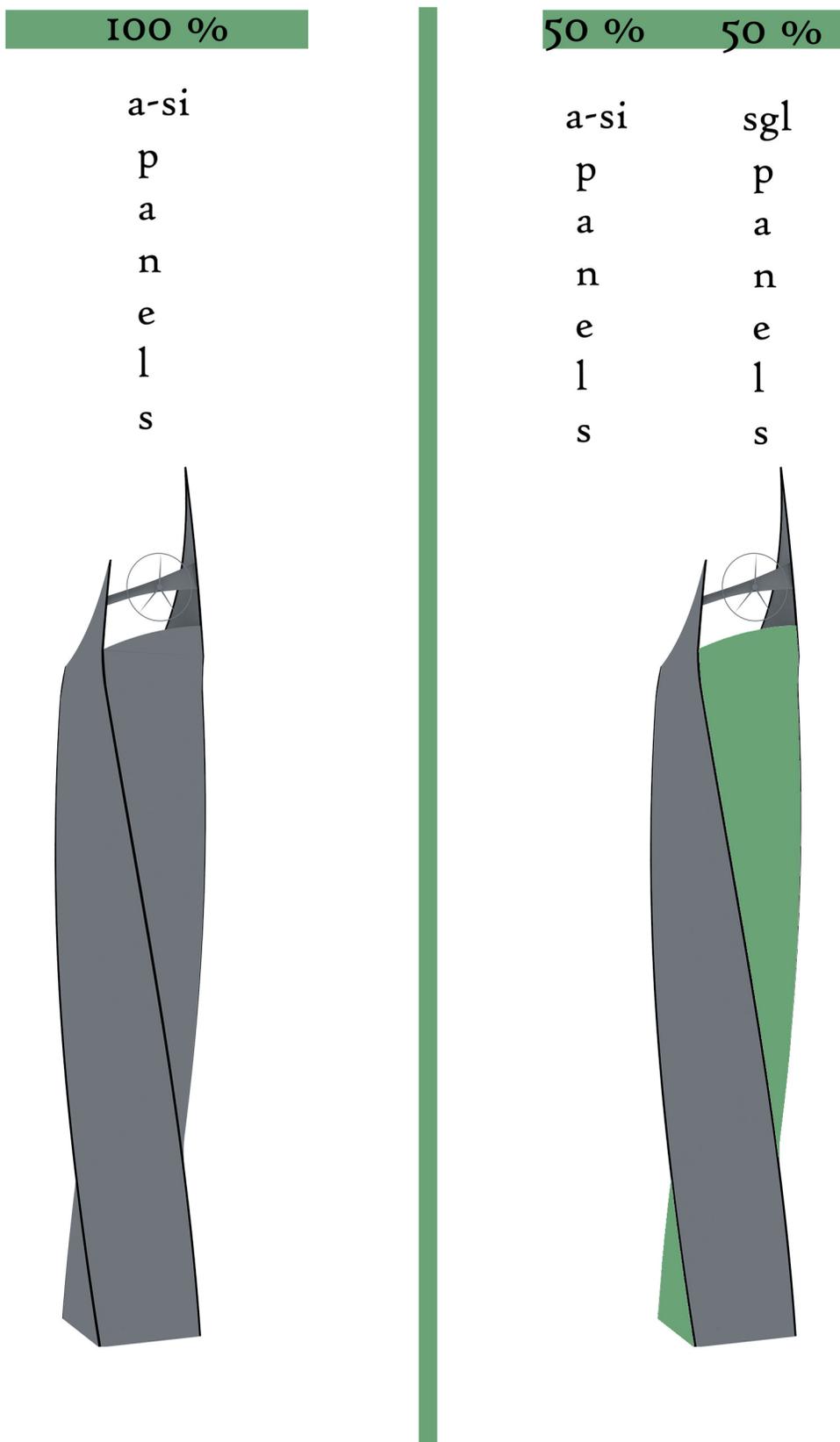


A seguito della simulazione i dati di output sono i seguenti:

-DF medio pari a 3,65%

-consumi energetici del piano pari a 155,21 kWh/m².

A seguire un concept grafico di come l'aspetto formale del grattacielo cambierebbe se venisse utilizzata questa come scelta definitiva.

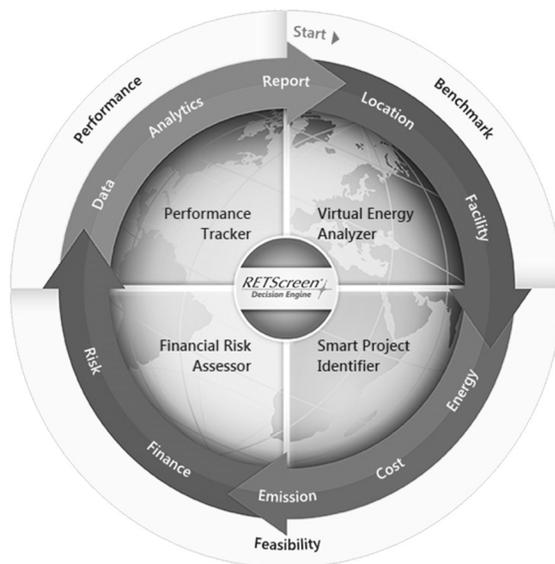


3.4 Fotovoltaico integrato

In questo paragrafo si andrà a calcolare l'energia prodotta dai pannelli in silicio amorfo.

Il calcolo è stato effettuato considerando il piano tipo completamente rivestito da pannelli in silicio amorfo.

Tramite l'utilizzo del software RETScreen Expert si è andati ad analizzare l'efficienza energetica di questi pannelli.



A seguire il calcolo per ottenere la resa energetica:

$$155 \text{ kwh/m}^2 * 1521 (\text{ area piano }) = 235 \text{ MWh}$$

Nelle immagini riportate è possibile visualizzare le modalità di calcolo ottenute grazie al software.

Resource assessment

Solar tracking mode: Fixed

Slope: 90

Azimuth: 0

Show data

Month	Daily solar radiation - horizontal	Daily solar radiation - tilted	Electricity rate - annual	Electricity production
	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d	\$/kWh	MWh
January	6,44	2,31	0,10	0,549
February	5,58	1,87	0,10	0,401
March	4,72	1,45	0,10	0,342
April	3,42	1,10	0,10	0,252
May	2,64	0,79	0,10	0,187
June	2,36	0,68	0,10	0,156
July	2,50	0,73	0,10	0,172
August	3,47	0,94	0,10	0,223
September	4,67	1,33	0,10	0,304
October	5,64	1,68	0,10	0,398
November	6,33	2,20	0,10	0,508
December	6,72	2,46	0,10	0,585
Annual	4,54	1,46	0,10	4,077

Annual solar radiation - horizontal: 1,66 MWh/m²

Annual solar radiation - tilted: 0,53 MWh/m²

Photovoltaic

Type: a-Si

Power capacity: 10 kW

Manufacturer: []

Model: []

Number of units: []

Efficiency: 8%

Nominal operating cell temperature: 45 °C

Temperature coefficient: 0,11% / °C

Solar collector area: 125 m²

Miscellaneous losses: 10%

Inverter

Efficiency: 90%

Capacity: 1 kW

Miscellaneous losses: 5%

Summary

Capacity factor: 4,7%

Initial costs: \$/kW []

O&M costs (savings): \$/kW-year []

Energy saved: 4,1 MWh

Resource assessment

Solar tracking mode: Fixed

Slope: 90

Azimuth: 90

Show data

Month	Daily solar radiation - horizontal	Daily solar radiation - tilted	Electricity rate - annual	Electricity production
	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d	\$/kWh	MWh
January	6,44	3,59	0,10	0,852
February	5,58	3,23	0,10	0,692
March	4,72	2,74	0,10	0,647
April	3,42	2,12	0,10	0,485
May	2,64	1,66	0,10	0,394
June	2,36	1,58	0,10	0,362
July	2,50	1,63	0,10	0,386
August	3,47	2,10	0,10	0,497
September	4,67	2,81	0,10	0,646
October	5,64	3,14	0,10	0,747
November	6,33	3,57	0,10	0,822
December	6,72	3,70	0,10	0,882
Annual	4,54	2,65	0,10	7,411

Annual solar radiation - horizontal: 1,66 MWh/m²

Annual solar radiation - tilted: 0,97 MWh/m²

Photovoltaic

Type: a-Si

Power capacity: 10 kW

Manufacturer: []

Model: []

Number of units: []

Efficiency: 8%

Nominal operating cell temperature: 45 °C

Temperature coefficient: 0,11% / °C

Solar collector area: 125 m²

Miscellaneous losses: 10%

Inverter

Efficiency: 90%

Capacity: 1 kW

Miscellaneous losses: 5%

Summary

Capacity factor: 8,5%

Initial costs: \$/kW []

O&M costs (savings): \$/kW-year []

Energy saved: 7,4 MWh

Resource assessment

Solar tracking mode Fixed
 Slope 90
 Azimuth 180

Show data

Month	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Daily solar radiation - tilted kWh/m ² /d	Electricity rate - annual \$/kWh	Electricity production MWh
January	6,44	2,46	0,10	0,584
February	5,58	2,69	0,10	0,575
March	4,72	3,08	0,10	0,727
April	3,42	3,11	0,10	0,713
May	2,64	3,26	0,10	0,771
June	2,36	3,48	0,10	0,798
July	2,50	3,41	0,10	0,810
August	3,47	3,75	0,10	0,890
September	4,67	3,55	0,10	0,815
October	5,64	2,97	0,10	0,705
November	6,33	2,54	0,10	0,586
December	6,72	2,40	0,10	0,571
Annual	4,54	3,06	0,10	8,545

Annual solar radiation - horizontal MWh/m² 1,66
 Annual solar radiation - tilted MWh/m² 1,12

Photovoltaic

Type a-Si
 Power capacity kW 10
 Manufacturer
 Model
 Number of units
 Efficiency % 8%
 Nominal operating cell temperature °C 45
 Temperature coefficient % / °C 0,11%
 Solar collector area m² 125
 Miscellaneous losses % 10%

Inverter

Efficiency % 90%
 Capacity kW 1
 Miscellaneous losses % 5%

Summary

Capacity factor % 9,8%
 Initial costs \$/kW
 O&M costs (savings) \$/kW-year
 Energy saved MWh 8,5

Resource assessment

Solar tracking mode Fixed
 Slope 90
 Azimuth 270

Show data

Month	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Daily solar radiation - tilted kWh/m ² /d	Electricity rate - annual \$/kWh	Electricity production MWh
January	6,44	3,59	0,10	0,852
February	5,58	3,23	0,10	0,692
March	4,72	2,74	0,10	0,647
April	3,42	2,12	0,10	0,485
May	2,64	1,66	0,10	0,394
June	2,36	1,58	0,10	0,362
July	2,50	1,63	0,10	0,386
August	3,47	2,10	0,10	0,497
September	4,67	2,81	0,10	0,646
October	5,64	3,14	0,10	0,747
November	6,33	3,57	0,10	0,822
December	6,72	3,70	0,10	0,882
Annual	4,54	2,65	0,10	7,411

Annual solar radiation - horizontal MWh/m² 1,66
 Annual solar radiation - tilted MWh/m² 0,87

Photovoltaic

Type a-Si
 Power capacity kW 10
 Manufacturer
 Model
 Number of units
 Efficiency % 8%
 Nominal operating cell temperature °C 45
 Temperature coefficient % / °C 0,11%
 Solar collector area m² 125
 Miscellaneous losses % 10%

Inverter

Efficiency % 90%
 Capacity kW 1
 Miscellaneous losses % 5%

Summary

Capacity factor % 8,5%
 Initial costs \$/kW
 O&M costs (savings) \$/kW-year
 Energy saved MWh 7,4

L'efficienza del pannello usato è pari al 8% e il dato di output finale è di 27,4MWh, il che significa che rivestendo la “pelle esterna” con i pannelli in silicio amorfo si riuscirà a coprire il 10% del fabbisogno energetico dell'intero edificio.

4. Conclusioni

Al termine del capitolo legato alle strategie energetiche è possibile trarre delle conclusioni.

Il percorso di tesi della progettazione del grattacielo ha vissuto due step temporali differenti: lo sviluppo architettonico in Australia, l'analisi legata alle tematiche energetiche in Italia, ed è proprio quest'ultima fase che è andata a concludere il cerchio della progettazione andando così a sancire la reale efficienza energetica dell'edificio.

Presso la UNSW infatti il progetto ha avuto il suo sviluppo e pur non curando lì la componente energetica, la progettazione architettonica è avanzata sempre in parallelo con quelle che sono le prestazioni energetiche, infatti sin dall'adozione della facciata a doppia pelle, l'idea di utilizzare la "pelle esterna" come elemento captante di energia è sempre stata impressa nel concept progettuale.

Questa progettazione integrata tra composizione e prestazioni energetiche ha generato dei dati di output molto chiari.

L'adozione in facciata di pannelli in silicio amorfo comporta una efficienza energetica del 10% del fabbisogno energetico del grattacielo a discapito però di un fattore medio di luce diurna di 0,559%, il che significa avere un edificio molto performante dal punto di vista energetico, ma con un illuminazione interna molto scarsa e quindi con condizioni di qualità dell'ambiente non ottimali.

Al contrario la scelta di adottare pannelli singoli in facciata ha mostrato come elementi negativi il non poter produrre energia elettrica dalla radiazione solare, ma allo stesso modo consente di avere elevati livelli di luminosità in ambiente.

Infine la terza ed ultima simulazione è stata effettuata sull'utilizzo misto dei pannelli vetrati.

Andando ad effettuare un'analisi energetica infatti, è stato possibile riscontrare che il fattore medio di luce diurna è pari al 3,65% e la sua resa energetica sarebbe di 12 MWh, ovvero andrebbe a coprire il 5% del fabbisogno energetico del grattacielo. Quest'ultima simulazione ha sicuramente mostrato come la resa energetica si dimezzi rispetto alla prima, ma al tempo stesso il fattore medio di luce diurna è aumentato, ciò comporta che probabilmente al giorno d'oggi, con i materiali in commercio, la soluzione migliore sarebbe quella mista.

La ricerca però sta avendo il suo corso e ciò comporta che tra pochi anni si dovrebbero avere in commercio pannelli con una trasmittanza luminosa pari al 40% e con efficienze di conversione maggiori, questo comporterebbe di riuscire ad adottare nella piena totalità, i pannelli in silicio amorfo su tutto l'edificio andando così ad aumentare in modo significativo le prestazioni energetiche mantenendo al contempo elevati standard di qualità ambientale indoor.

- [1] https://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale
- [2] https://it.wikipedia.org/wiki/Clima_dell%27Australia
- [3] Marco Filippi(1), Marco Perino(2), Valentina Serra(3)
“Facciate trasparenti a doppio involucro:
alta prestazione o moda?”
- [4] Ministry of Economic Affairs Projects.
“Active Facades - Source book for a better understanding
of conceptual and operational aspects of active facades”.
Belgian Building Research Institute, Version n°1,
June 2002
- [5] <http://www.designbuilderitalia.it/>
- [6] <https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>
- [7] <http://www.ctbuh.org/>
- [8] ASI GLASS - Integrated Architecture Powered by the Sun
Schot Solar