

Energy-Efficient Building Design

**Metodologie per infrastrutture complesse
e di pregio architettonico**

In questo lavoro vengono presentate **metodologie di analisi relative all'efficientamento energetico su infrastrutture complesse e di notevole pregio architettonico**, caratterizzate quindi da molteplici tipologie di vincoli e requisiti.

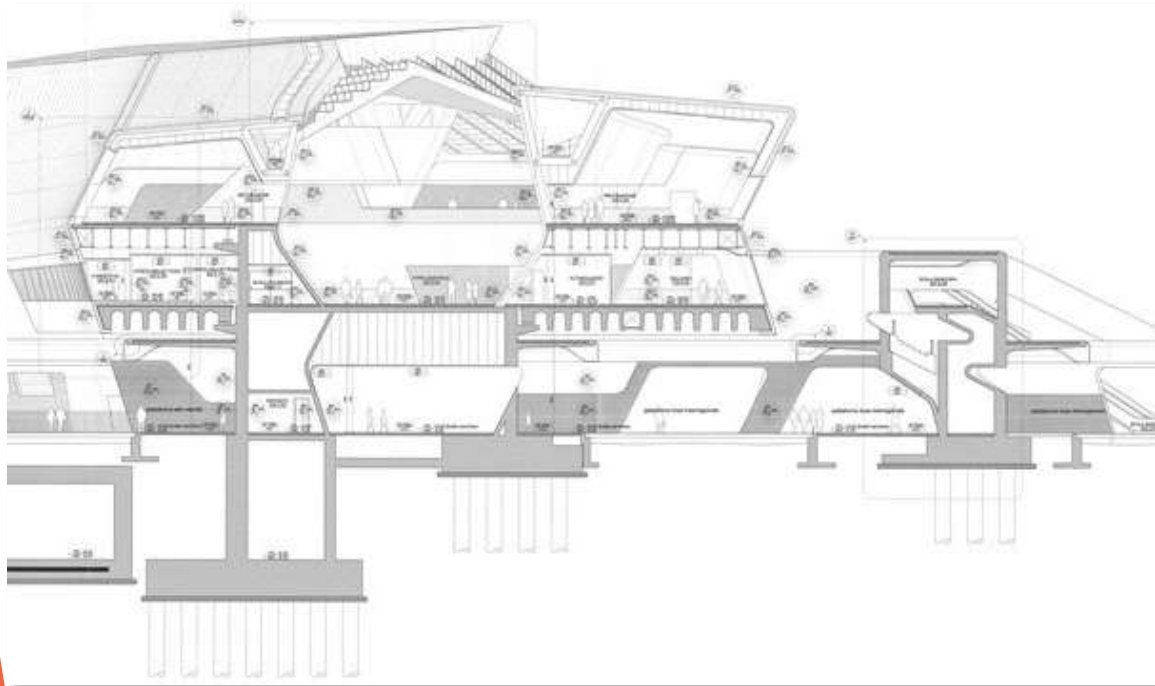
In particolare, tali metodologie vengono applicate in questo caso in ambito delle varie fasi della progettazione (preliminare, definitiva ed esecutiva) relativa ad una **stazione per l'Alta Velocità**.

Il progetto è, tra le altre cose, caratterizzato da soluzioni architettoniche avanzate per quanto riguarda l'involucro opaco e trasparente e per l'illuminazione naturale degli ambienti, nonché di particolarissimo impatto visivo.



In tale ambito TS è stata coinvolta, tra i vari task di lavoro, anche nello sforzo di **innalzare la sostenibilità energetica dell'opera.**

Il sub-elemento cui si fa riferimento in questa presentazione è il «miglioramento nell'**utilizzo delle fonti rinnovabili** tale da consentire una **razionalizzazione delle potenze installate** dei sistemi di produzione caldo/freddo alimentate da fonte fossile, a parità di parametri prestazionali relativi alla climatizzazione».



La complessità dell'oggetto di studio ha imposto l'utilizzo di **metodologie di analisi** di estremo dettaglio per la verifica del mantenimento dei parametri prestazionali di progetto.

Sezione trasversale di stazione

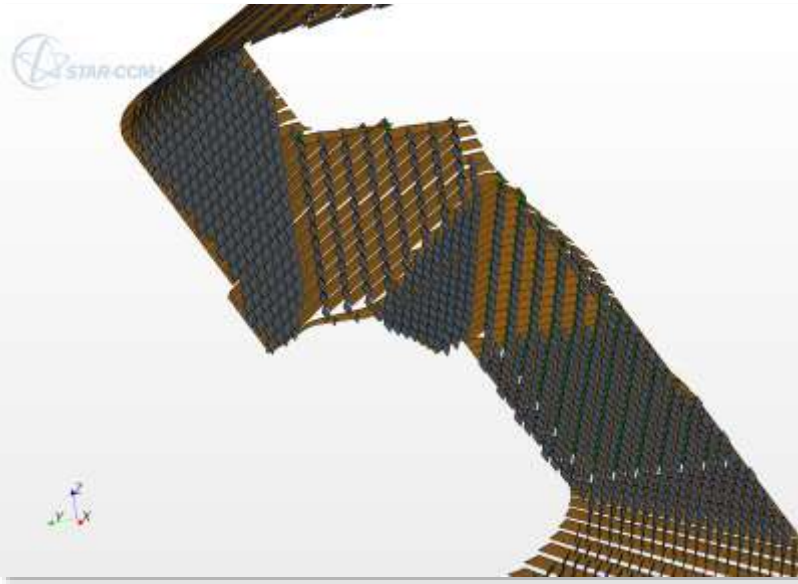
Il progetto è caratterizzato inoltre dalla presenza di una lunga serie di **vincoli** emessi dalla Stazione Appaltante legati alle specificità artistico-architettoniche, oltre a quelli tipicamente legati alla destinazione d'uso dell'infrastruttura.

Tra questi, solo come esempio, si citano:

- impossibilità di modifiche geometriche sull'involucro esterno e le finiture,
- impossibilità di modifica dei materiali in vista,
- impossibilità di modifiche cromatiche,
- impossibilità di modifiche degli elementi architettonici e strutturali,
- impossibilità di modifica della ripartizione modulare dei rivestimenti,
- ecc...



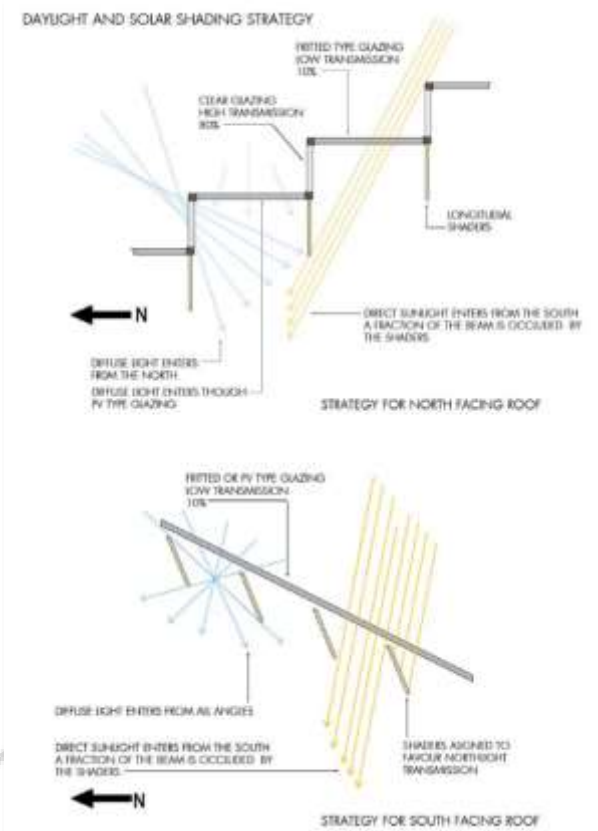
Interno atrio stazione - Rendering



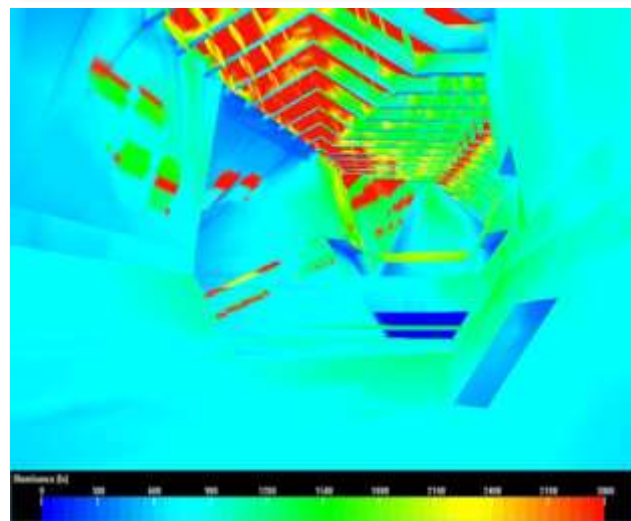
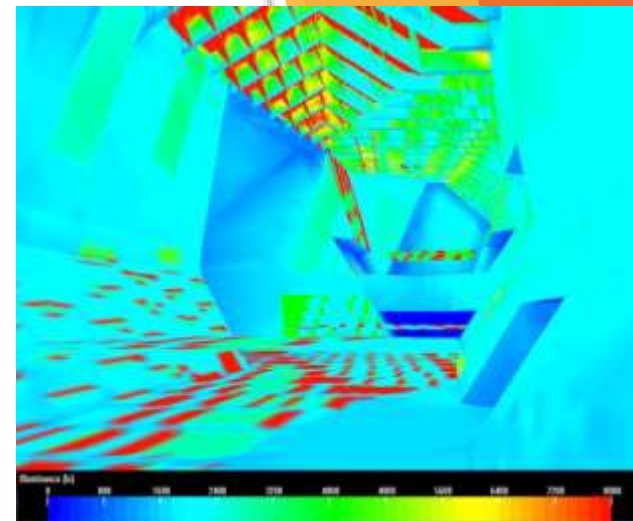
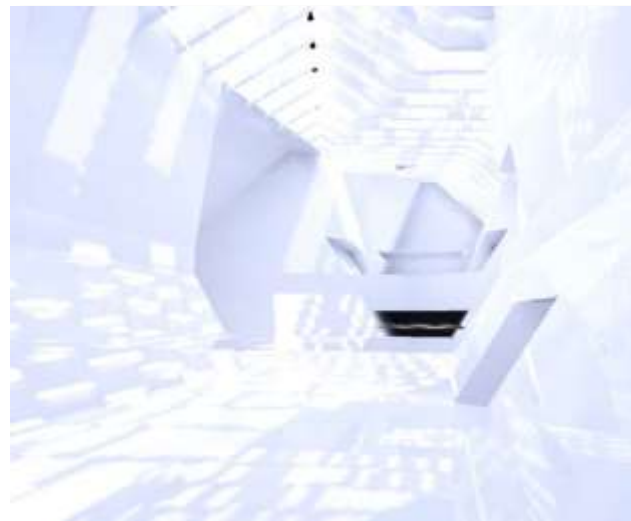
Vista d'insieme copertura vetrata e frangisole – CAD 3D

Nel progetto particolare attenzione è stata data alla **progettazione della copertura vetrata**, di notevole complessità geometrica, caratterizzata da un articolato sistema di vetri di maggiore o minore trasparenza e trasmissività, cui è associato un altrettanto articolato sistema di pannelli ombreggianti.

La soluzione ipotizzata è volta a ridurre la radiazione diretta e privilegiare quella diffusa, con vetrate di caratteristiche differenti sulle parti verticali esposte a Nord (alta trasparenza) e su quelle orizzontali esposte a Sud, con un sistema di pannelli disposti diversamente a seconda dell'inclinazione della copertura e dell'esposizione esterna.



Il progetto dell'illuminazione è stato verificato con simulazione tridimensionale degli ambienti, in grado di verificare le condizioni di irraggiamento e luminosità in diverse condizioni ambientali esterne di nuvolosità, radiazione, inclinazione ed altezza solare.

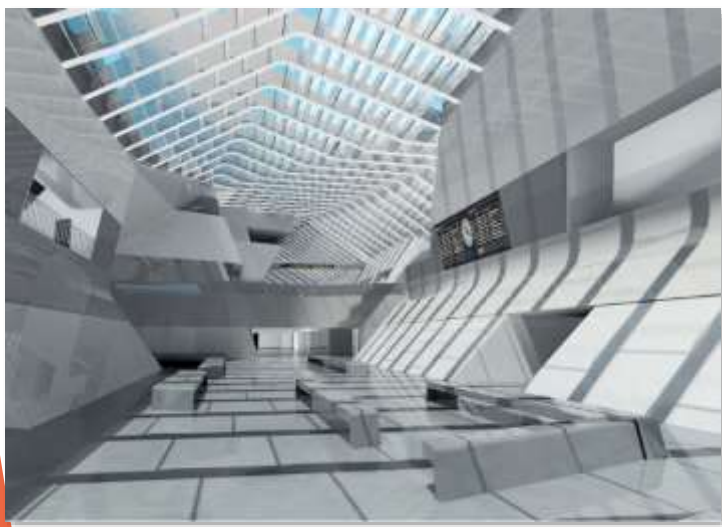


Condizioni di illuminazione e potenza irradiata in atrio stazione – condizione di cielo pulito invernale ed estiva

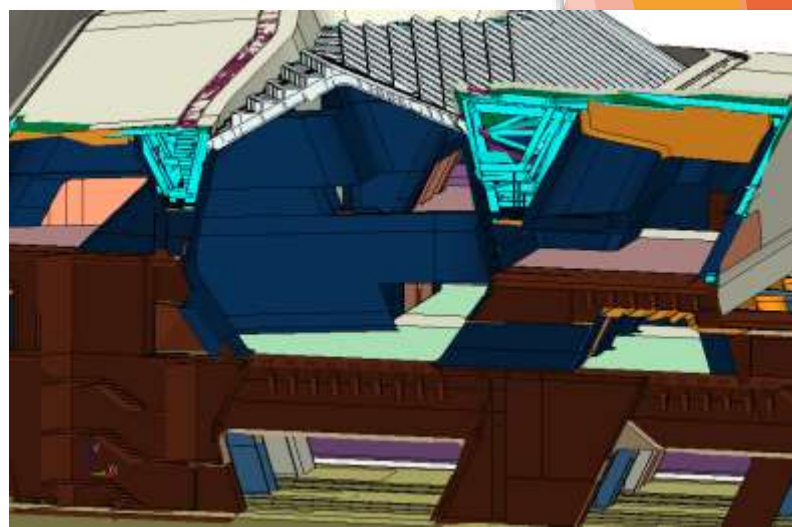
La **simulazione CFD 3D** è volta a fornire informazioni dettagliate sui flussi e sulla distribuzione di temperatura nell'ambiente così da individuare potenziali problematiche o margini di ottimizzazione relativi all'involucro o agli impianti.

L'attività di modellazione connessa, per la complessità del dominio di calcolo e l'articolazione delle condizioni al contorno, caratterizzate da una grande varietà di materiali e soluzioni costruttive, rappresenta una sfida tecnica non insignificante, oltre che un campo di applicazione "naturale" per l'analisi di comfort ambientale.

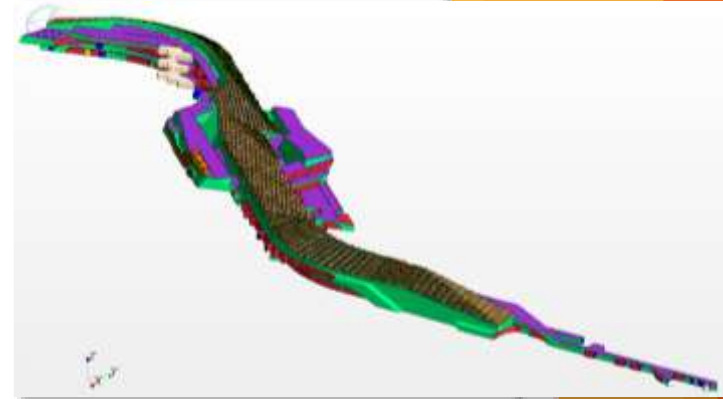
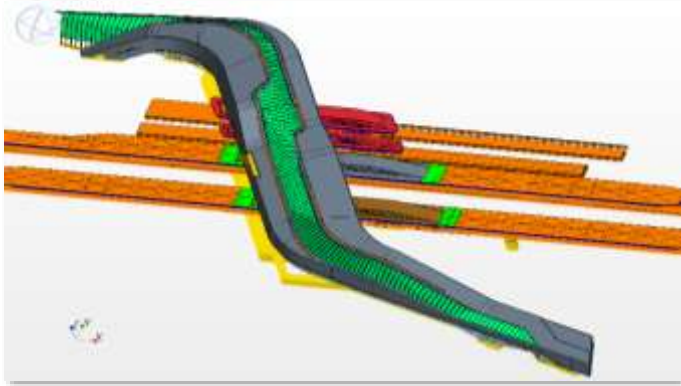
La definizione del dominio di calcolo è stata effettuata a partire da un **modello CAD 3D** estremamente dettagliato della stazione.



Atrio di stazione - rendering



Modello CAD 3D



Modello CAD 3D - assieme

Volume interno atrio - assieme

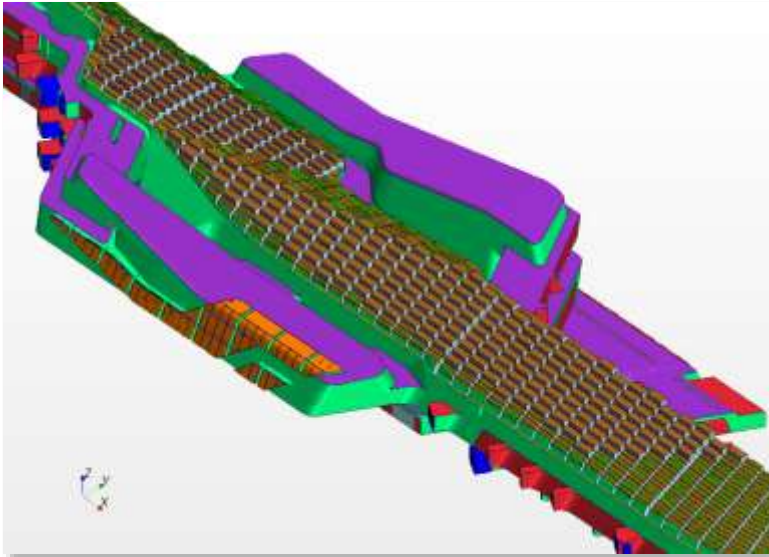
L'analisi è stata applicata ai volumi interni della stazione, ed in particolare alle aree comuni costituenti l'atrio principale, il volume aperto al pubblico di dimensioni maggiori dell'intero dominio di analisi.

L'estrazione del volume chiuso avviene direttamente dal modello CAD, con la tecnica del '**wrapping**', che permette di ottenere il massimo grado di precisione delle geometrie.

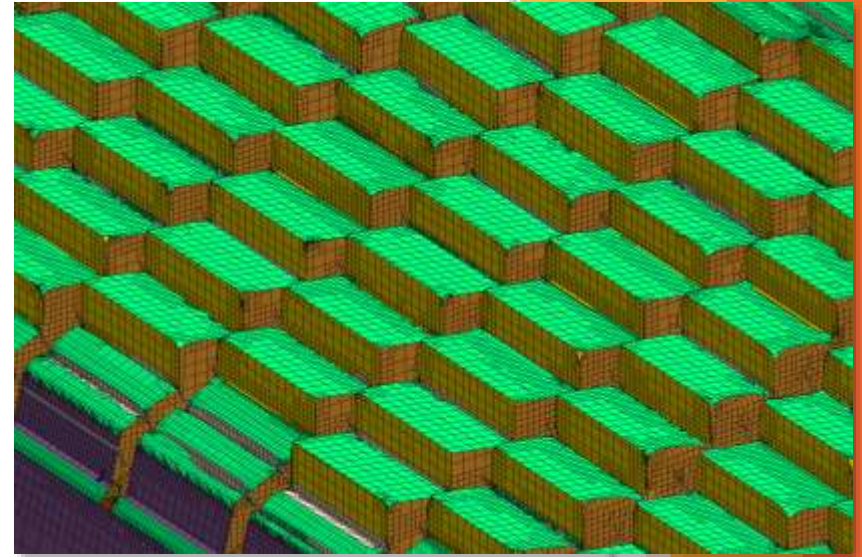


Modello CAD 3D - sezione livello 1

Volume interno atrio - sezione livello 1

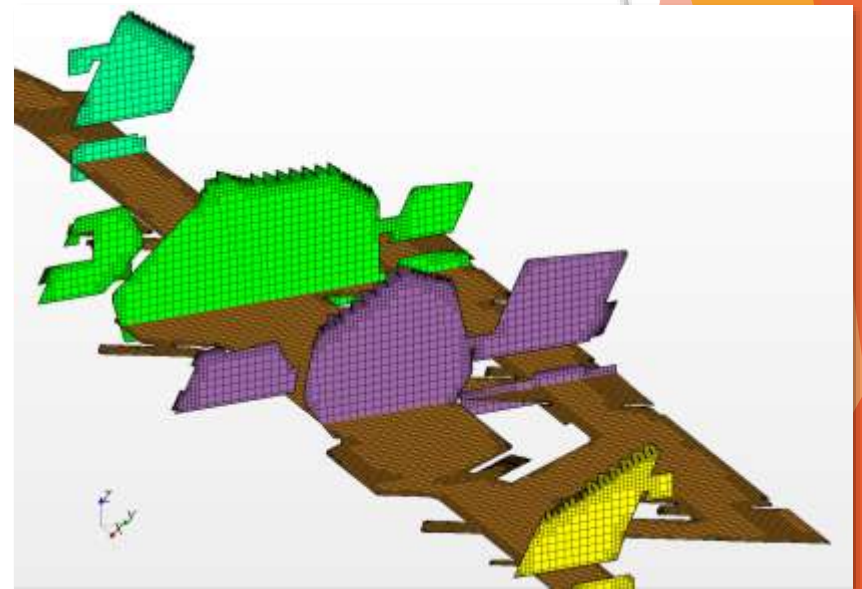


Mesh grid – atrio zona centrale



Mesh grid – zoom copertura vetrata

Si è ottenuta una **griglia di calcolo** per il volume fluido di oltre **9,5 milioni** di elementi prevalentemente esaedrici, con una dimensione minima di cella che arriva fino ai **5 mm** nelle zone di maggiore interesse e in adiacenza delle pareti.

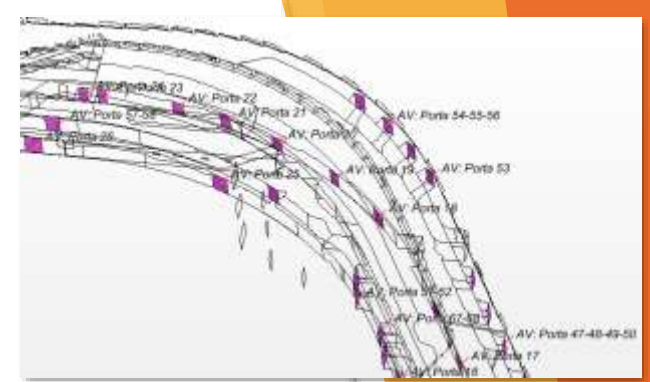


Mesh grid – sezioni interne

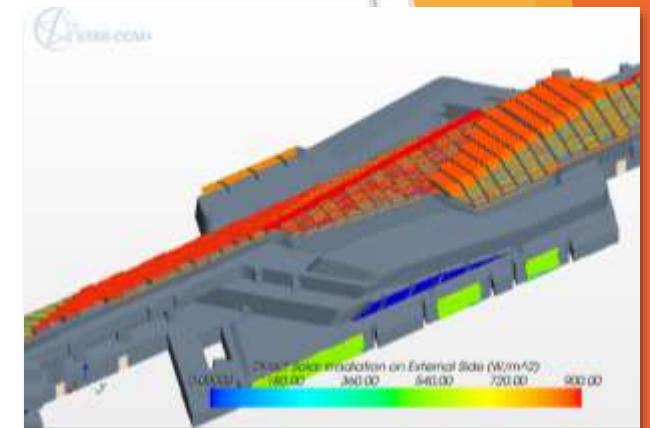
La fase successiva prevede l'impostazione del **modello fisico** e l'inserimento delle condizioni al contorno. Tra queste:

- le condizioni ambientali esterne (temperatura, vento, umidità);
- i dati solari (altezza, azimuth, intensità);
- le trasmittanze delle pareti e dei vetri;
- le caratteristiche di trasparenza e riflettività dei diversi tipi di vetri;
- numero, posizione, portata e temperatura di emissione delle bocche di mandata aria;
- zone di apertura e scambio di massa con l'esterno;
- caratteristiche del pavimento radiante;
- impianti dei negozi afferenti all'atrio;
- distribuzione e caratteristiche dei fan-coil;
- affollamento previsto e calore prodotto dalle persone;
- carichi termici da illuminazione e altre utenze;
- ecc...

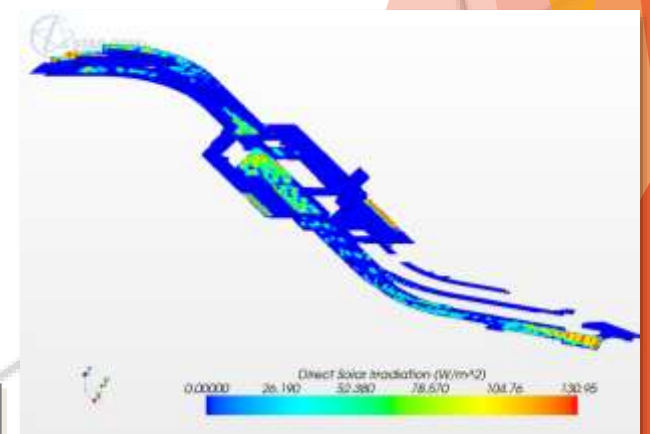
Radiazione solare su superfici interne - pavimenti



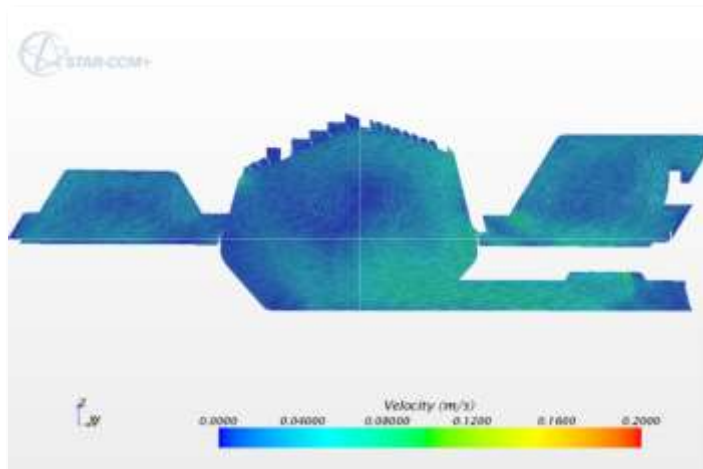
Boundary porte negozi atrio – particolare corridoio est



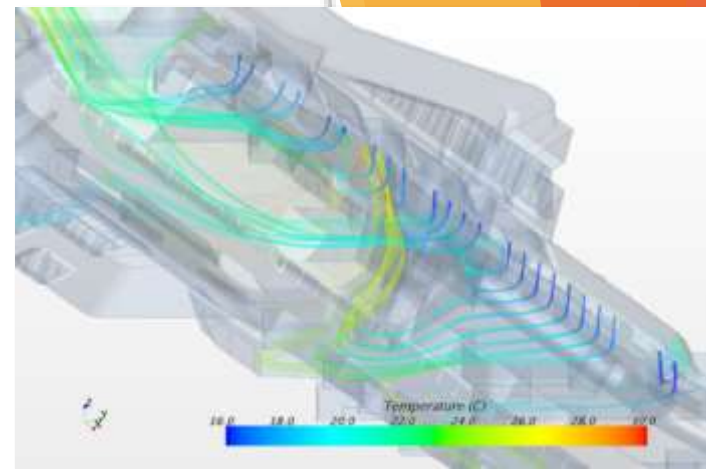
Radiazione solare su superfici esterne - vetri



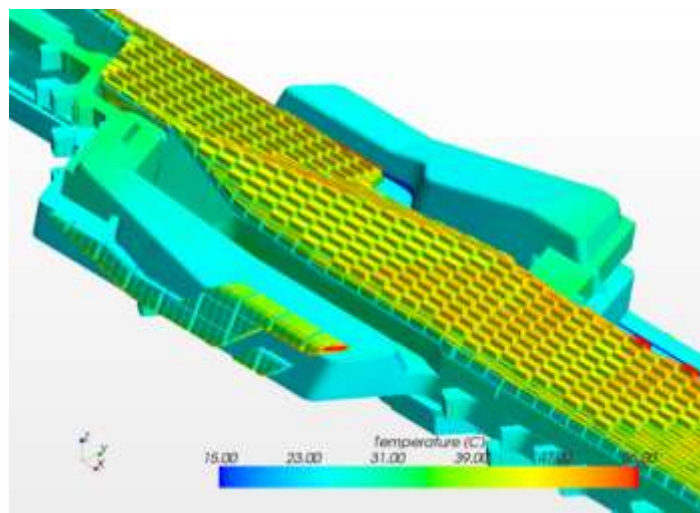
I risultati delle simulazioni permettono di evidenziare le caratteristiche dei **campi di moto e temperatura** in ogni punto del dominio in funzione delle diverse condizioni ambientali e di funzionamento degli impianti.



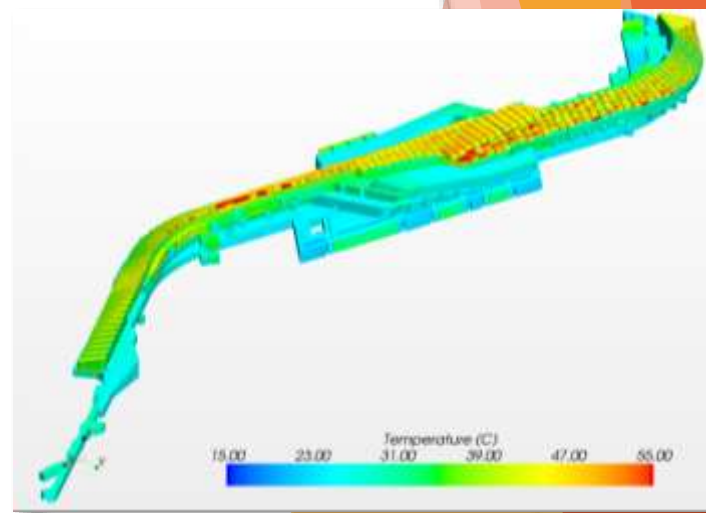
Campo di moto – sezione verticale atrio



Linee di flusso colorate secondo la temperatura dalle bocche controsoffitto – zona centrale atrio



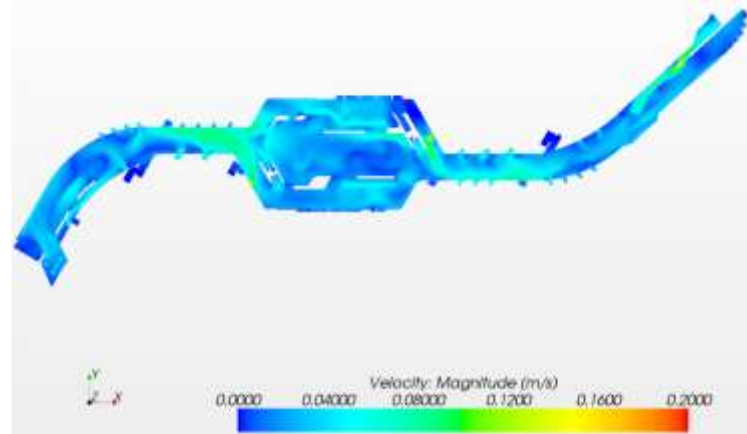
Temperature superficiali – zona centrale atrio



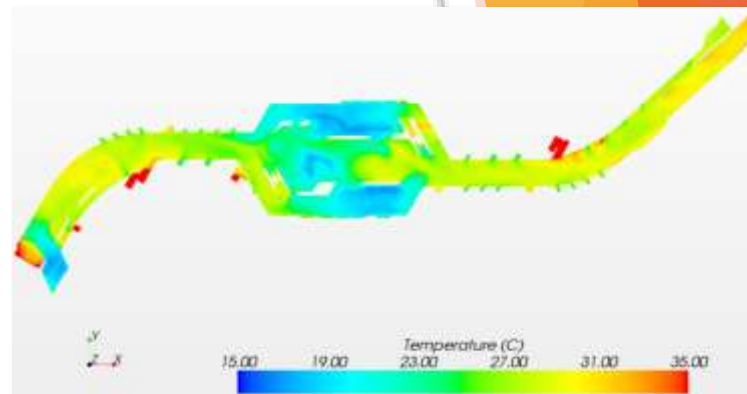
Temperature superficiali – assieme

Vengono tra l'altro evidenziate le zone di ristagno o di accelerazioni eccessive, le zone di surriscaldamento o quelle generalmente servite in maniera non adeguata dagli impianti.

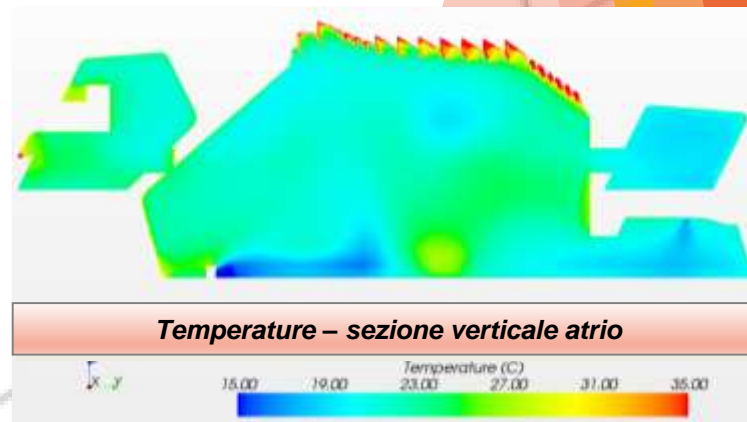
In particolare, nel caso studiato, l'analisi dei risultati delle diverse configurazioni operative ha permesso di confermare una soluzione che prevede l'incremento dell'utilizzo della **geotermia a bassa entalpia** a fronte di una ottimizzazione e **razionalizzazione dell'impiantistica aeraulica** legata, quest'ultima, allo sfruttamento della fonte fossile, pur nel **mantenimento dei parametri di comfort** previsti da progetto.



Campo di moto – sezione livello 1



Temperature – sezione livello 1

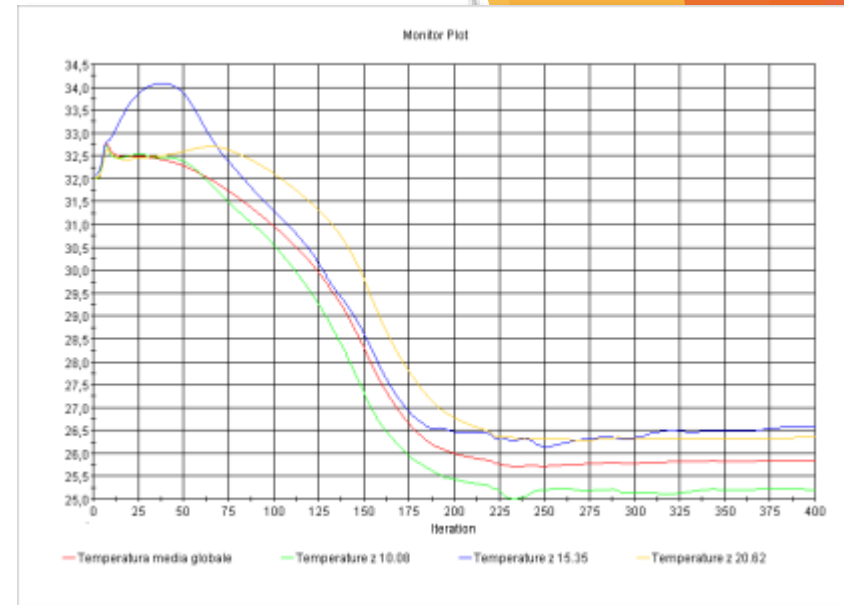


Temperature – sezione verticale atrio

L'analisi dei risultati delle diverse configurazioni ha permesso quindi di effettuare ottimizzazioni dell'impianto aeraulico, ad esempio con la modifica di disposizione, numero o portate delle bocchette di areazione, il trattamento termico alle batterie fredde, ecc...

Questo sia nell'ottica di ottenere un più uniforme livello di comfort, sia nell'ottica di ottenere regimi di funzionamento più adeguati e un conseguente risparmio di potenza impegnata.

E' da notare che l'analisi CFD di dettaglio amplifica le sue potenzialità rispetto alla classica analisi di grandezze mediate proprio in casi di geometrie molto complesse, di condizioni al contorno, materiali e soluzioni impiantistiche estremamente articolate, tipiche appunto del caso studiato.



Temperature medie di monitoraggio – diversi piani