

# PROGETTAZIONE STRUTTURALE DI GRID SHELLS DALLA GEOMETRIA COMPLESSA IN VETRO E ACCIAIO.

CASO STUDIO: GLOBULE SPORTING CENTRE

RELATORI: Dott. Ing. M. G. Bevilacqua (DESTEC), Prof. Ing. M. Froli (DESTEC), Dott. Ing. P. Fiamma (DESTEC)

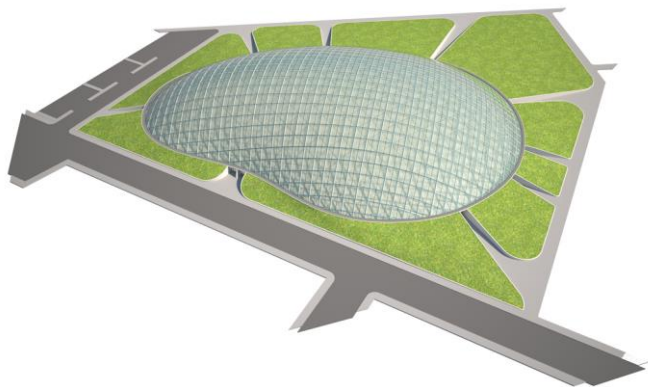
RELATORI ESTERNI: Arch. Ing. N. Baldassini (RFR Ing'nieurs, Paris), Ing. A. Carlucci (ARUP, London), Dott. Ing. G. Masiello (S.M. Strutture, Pisa), Arch. R. Pasqualetti (Comune di Pisa)

CANDIDATO: Guido Nieri

Questa Tesi di Laurea nasce dall'incontro fra la ricerca scientifica nel campo delle strutture leggere di forma complessa, e l'esigenza dall'amministrazione comunale di Pisa di realizzare un grande centro polisportivo, adatto alle necessità della città, caratterizzato da un linguaggio architettonico contemporaneo.

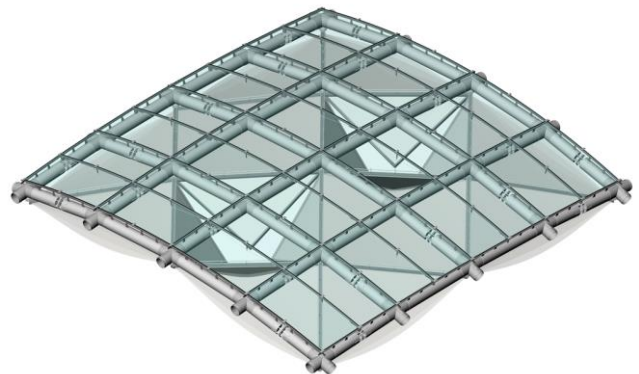
Questa collaborazione fra Università e Amministrazione Comunale, nella quale sono stati coinvolti anche professionisti appartenenti al panorama ingegneristico internazionale, si è sviluppata sulla base del progetto denominato *Globule Sporting Centre*, sviluppato in forma preliminare dall'Architetto Roberto Pasqualetti.

Essa è stata istituita allo scopo di fornire una risposta ad uno dei più importanti quesiti posto dalle caratteristiche di questo edificio, e cioè: la fattibilità del suo sistema di rivestimento, valutata sotto l'aspetto strutturale e tecnologico.



Vista dall'alto del progetto.

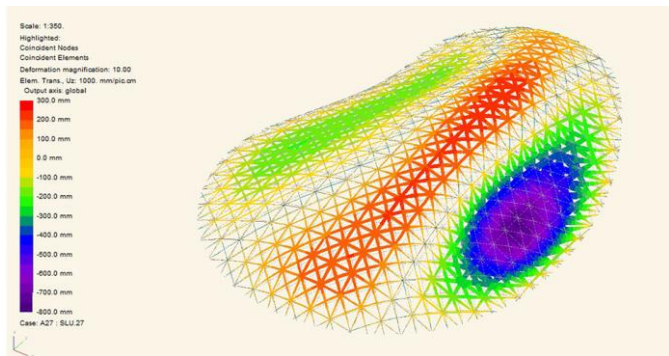
Al fine di soddisfare le esigenze architettonico-funzionali ma al tempo stesso realizzare una struttura leggera indipendente dai volumi interni, si è scelto di realizzare il sistema di rivestimento del *Globule Sporting Centre* attraverso una *grid-shells* in acciaio, irrigidita con cavi pretesi. Inoltre, per fare in modo che questo elemento riesca a soddisfare anche le esigenze termo-tecniche, tale struttura è stata dotata di un sistema di rivestimento a doppia pelle, composto da uno strato esterno realizzato in pannelli in vetro a singola curvatura ottenuti per *cold-bending* e uno interno in cuscinetti pneumatici ETFE.



Sistema strutturale e di rivestimento.

La progettazione di quest'opera è stata eseguita attraverso una prima fase di ricerca della forma, svolta con diversi metodi di *form-finding*, fra i quali in particolare il metodo *Pre-stress* sviluppato da RFR, il quale è stato applicato sia con pretensione costante che variabile. Quindi seguendo una procedura evolutiva si è arrivati alla definizione di una superficie strutturalmente ottimizzata ma anche capace di soddisfare le richieste architettoniche e funzionali.

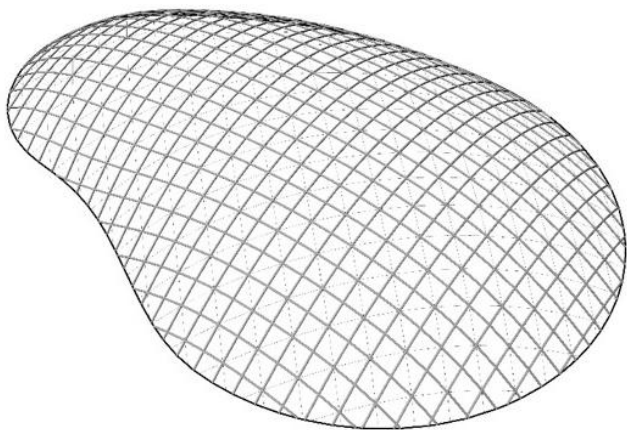
In relazione al comportamento strutturale delle *grid-shells*, il quale come noto è caratterizzato da un'elevata deformabilità e da una progressiva perdita di rigidità all'aumentare del carico, la progettazione e verifica di questa costruzione ha richiesto l'adozione di analisi geometricamente non lineari, con le quali sono state indagate le prestazioni di vari modelli generati nei confronti della resistenza e stabilità globale.



*Deformata critica determinata da un'analisi di buckling non lineare.*

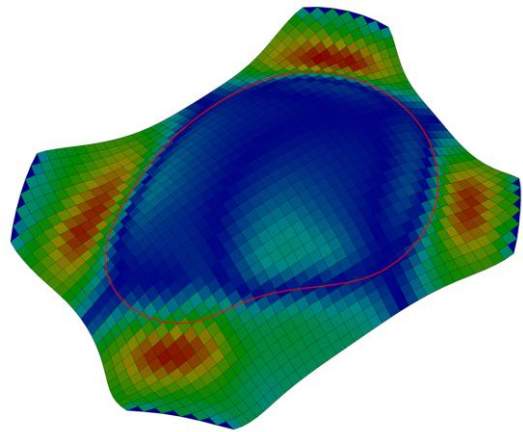
In questo modo ciascun modello è stato analizzato sia sotto l'aspetto architettonico che quello strutturale, permettendo di valutare non solo come la forma influenzi le prestazioni, ma anche come queste siano funzione, della disposizione degli elementi strutturali e dei cavi, nonché della del tipo di vincoli esterni utilizzati.

Con questa procedura siamo passati da un primo modello a pretensione costante dotato di buone prestazioni strutturali ma anche da un eccessivo ribassamento delle zone laterali, e quindi un cattivo sfruttamento degli spazi, a modelli a pretensione variabile con i quali si è riusciti a coniugare meglio le esigenze strutturali con quelle funzionali.



*Struttura principale modello GSCy*

Successivamente, al fine di rispettare le necessità tecnologiche imposte dal sistema di rivestimento scelto, la struttura precedentemente individuata è stata ridefinita attraverso un processo di ottimizzazione geometrica svolto attraverso l'uso di appositi algoritmi matematici. In particolare la superficie ottenuta dal *form-finding* strutturale è stata prima ottimizzata fino ad individuare una superficie composta da mesh quadrangolari coniche ottimizzate successivamente al fine di ottenere una superficie composta da strisce svilupparili, dette D-Strips.



*Rappresentazione colorimetrica della planarità delle maglie quadrangolari*

In questo modo si è arrivati alla definizione di una struttura che al tempo stesso risulta staticamente e visivamente leggera, composta da maglie quadrangolari di 3 metri di lato, irrigidite da cavi pretese e composte da profili circolari cavi da 356 mm di diametro e 10 mm di spessore. Inoltre grazie all'ottimizzazione geometrica è stato possibile utilizzare un sistema di rivestimento in pannelli in vetro a singola curvatura, i quali permettono di generare un sistema di rivestimento esteticamente interessante ma che al tempo stesso risulta anche economicamente sostenibile.



*Connessione strutturale tipo.*