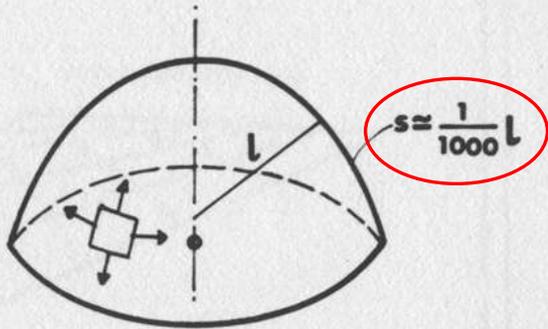
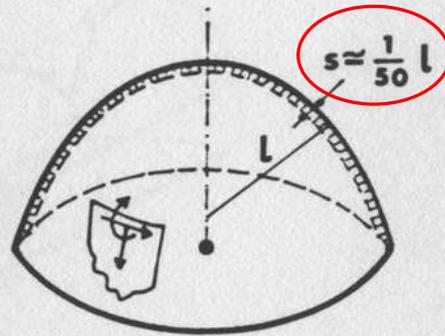


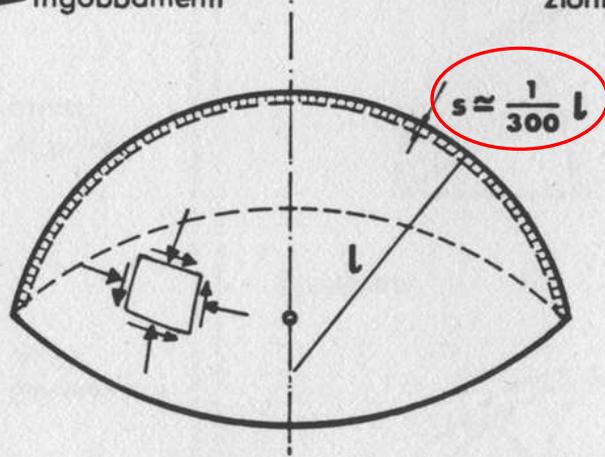
# Volte sottili, Membrane e Paraboloidi



a) solo sforzi di membrana  $N_\varphi, N_\theta, N_{\varphi\theta}$  ;  
no compressione  $\rightarrow$  ingobbamenti



c) sforzi di membrana e sollecitazioni flessionali.



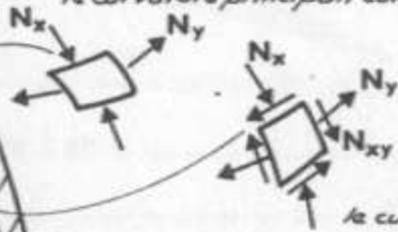
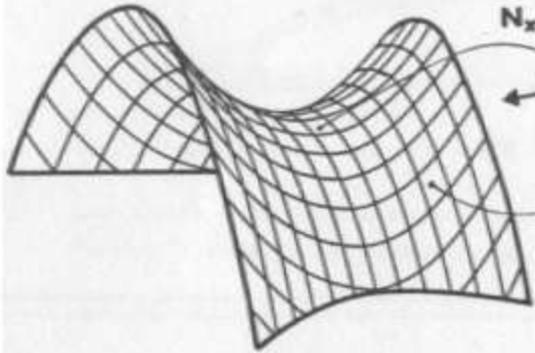
b) sforzi di membrana  $N_\varphi, N_\theta, N_{\varphi\theta}$  ;  
sono possibili anche gli sforzi di compressione ; le sollecitazioni flessionali sono in genere trascurabili.

Aspetti importanti:

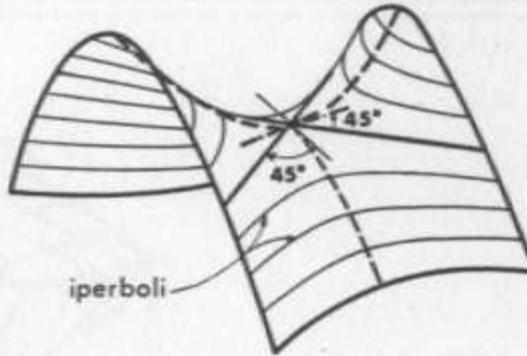
- Il Rapporto tra le dimensioni compressive e lo spessore.
- Le “condizioni ai bordi” che sono i *vincoli* per le strutture bidimensionali.

# SISTEMI DI RIFERIMENTO E SOLLECITAZIONI NEL PARABOLOIDE IPERBOLICO

*le curvature principali coincidono con le isostatichhe*

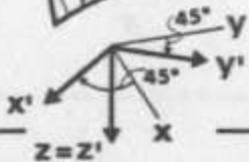
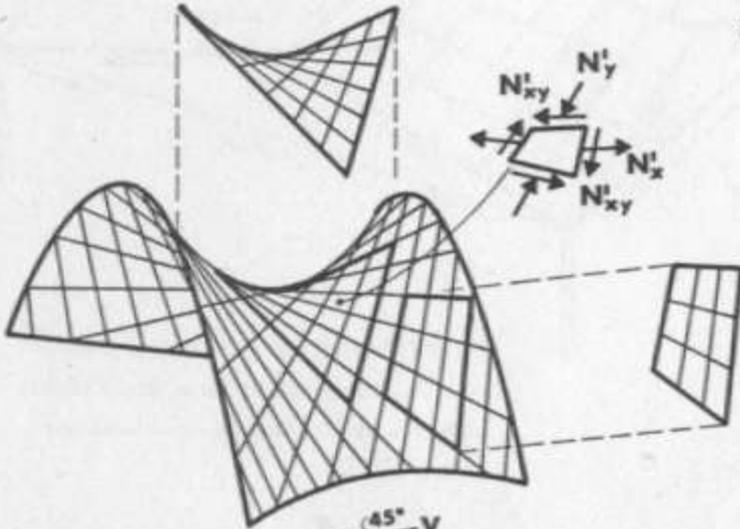
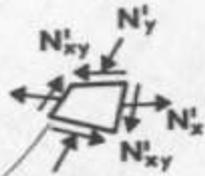


*le curvature principali non coincidono con le isostatichhe*



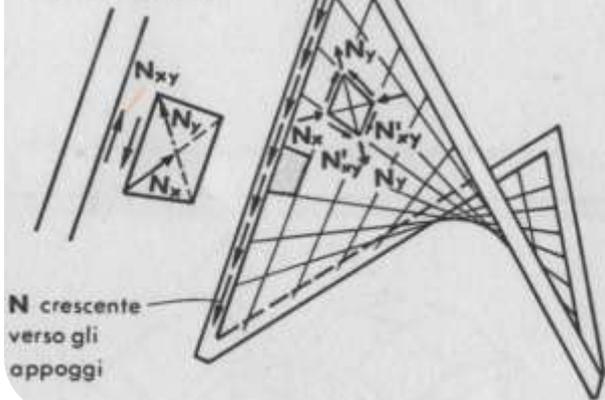
iperboli

*le rette generatrici sono inclinate di 45° rispetto ai piani di curvatura principale.*



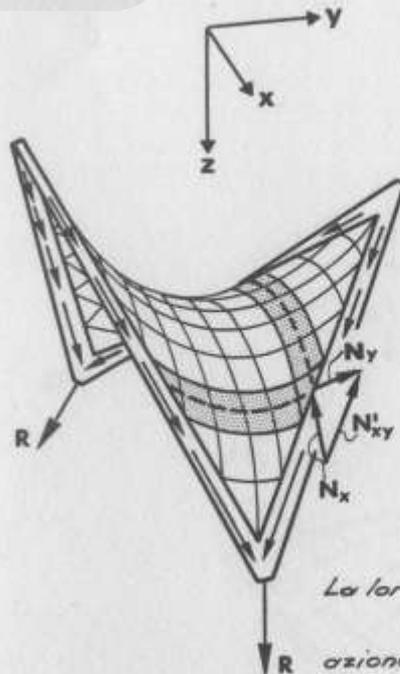
PARABOLOIDE IPERBOLICO VINCOLATO LUNGO LE GENERATRICI

"elementino"  
adiacente al bordo



*quando le nervature principali coincidono con le isostatiche, lungo le rette generatrici ( $\alpha 45^\circ$ ) agisce solamente  $N'_{xy}$ ; il comportamento del paraboloide iperbolico è allora particolarmente favorevole (tensioni costanti in ogni punto)*

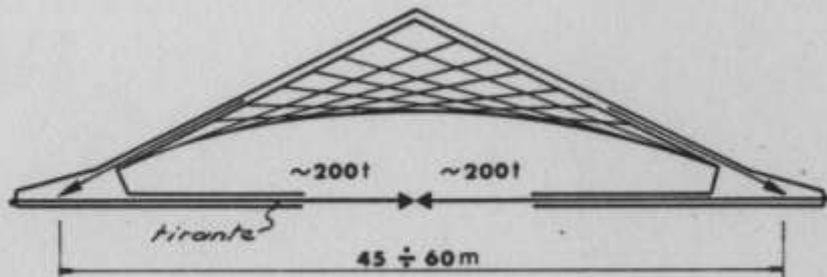
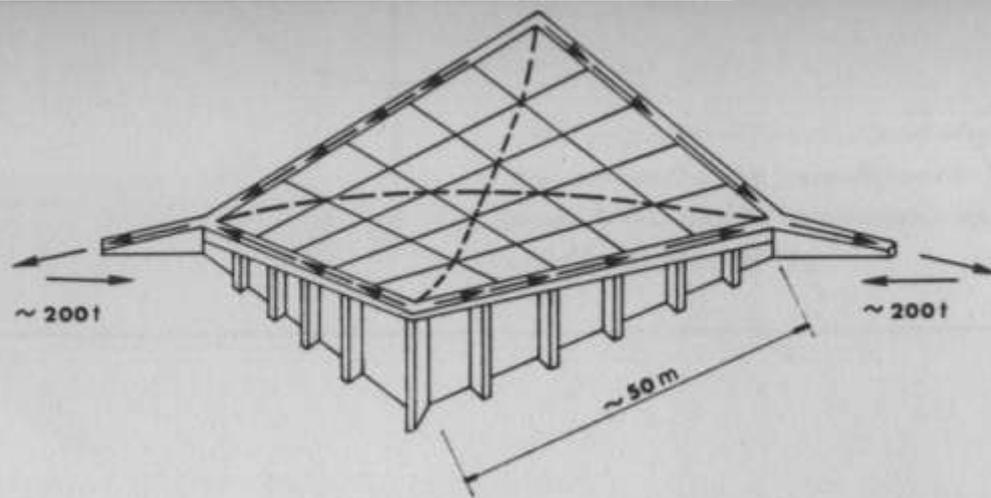
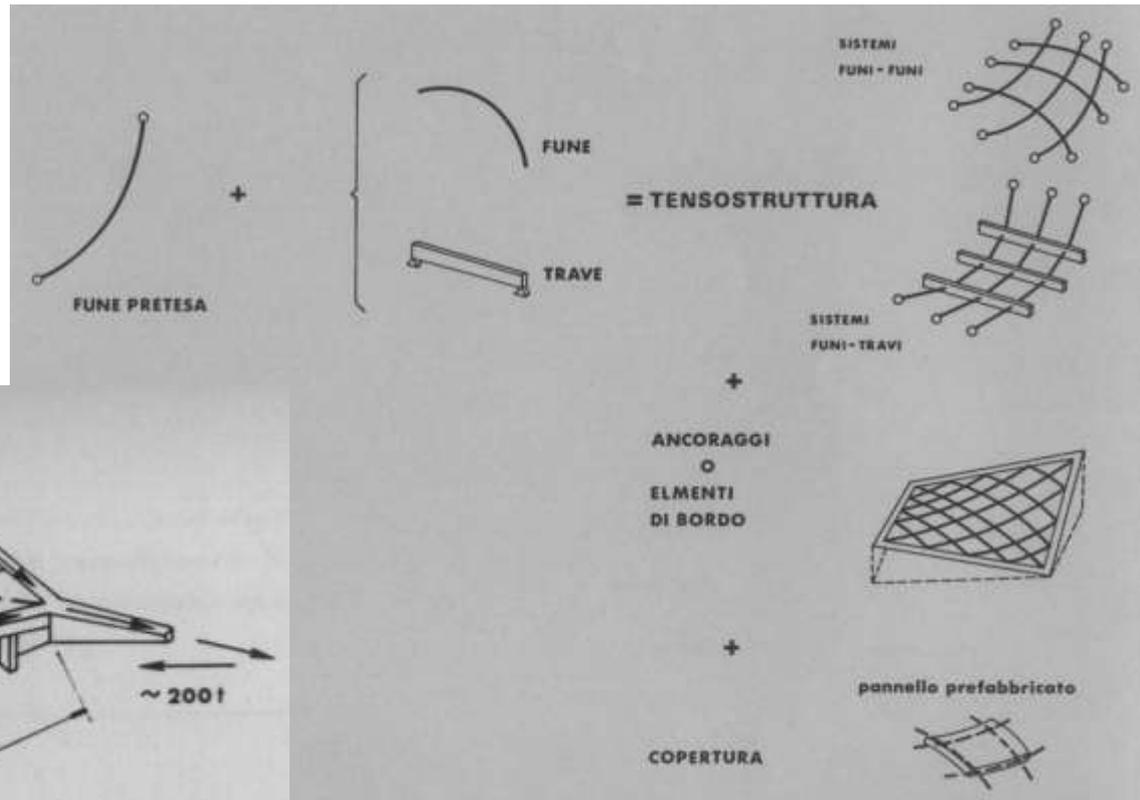
# Membrane a Paraboloidi iperbolici



*Le due "strisce" secondo le curvature principali riportano sulla trave di bordo sforzi di compressione ( $N_x$ ) e trazione ( $N_y$ ) inclinati di  $45^\circ$  rispetto all'asse della trave ed uguali in valore assoluto.*

*La loro risultante è pari ad  $N'_{xy}$  e cioè alla azione tangente che l'elementino adiacente*

*al bordo trasmette alle travi (come mostrato nella figura della tav. prec.)*



*La forte spinta orizzontale può essere assorbita dal tirante posto in fondazione.*

# Le Catastrofi nelle strutture bidimensionali

L'Importanza delle “condizioni al contorno” nelle quali vengono formulate le ipotesi progettuali sulla schematizzazione della struttura.

- Geometria della “forma”
- Perimetro della membrana
- *Vincoli* della membrana
- Organizzazione d'impresa

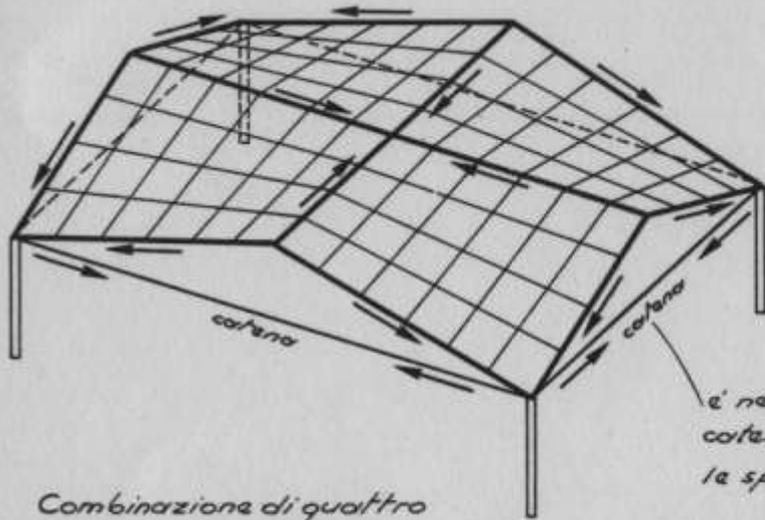
Es. Palaghiaccio a [Bad Reichenhall](#)



Stadio Olimpico  
Monaco di Baviera  
1971

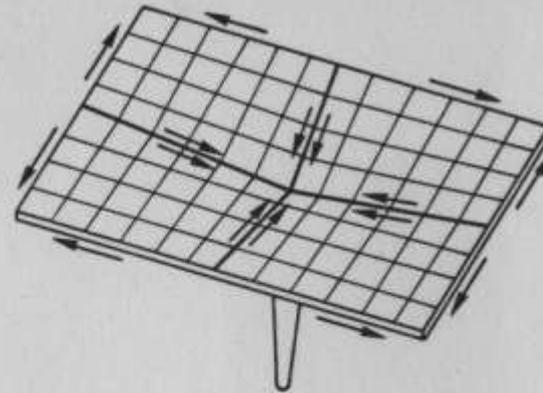
Padiglione  
espositivo BMW  
Monaco di Baviera  
2001- 07





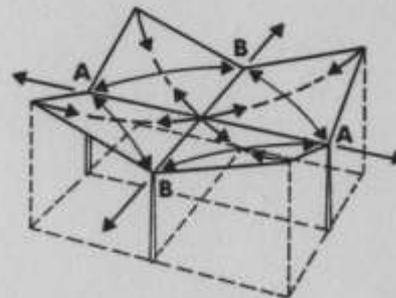
*è necessario l'uso di catene per equilibrare le spinte sui pilastri.*

*Combinazione di quattro falde di paraboloidi iperbolico disposte a tetto.*



*La disposizione delle falde di paraboloidi iperbolico, come è accanto mostrato nella figura, consente di eliminare ogni spinta sui sostegni ed in fondazione.*

Prototipo a [Vallejo](#),  
F. Candela - 1953

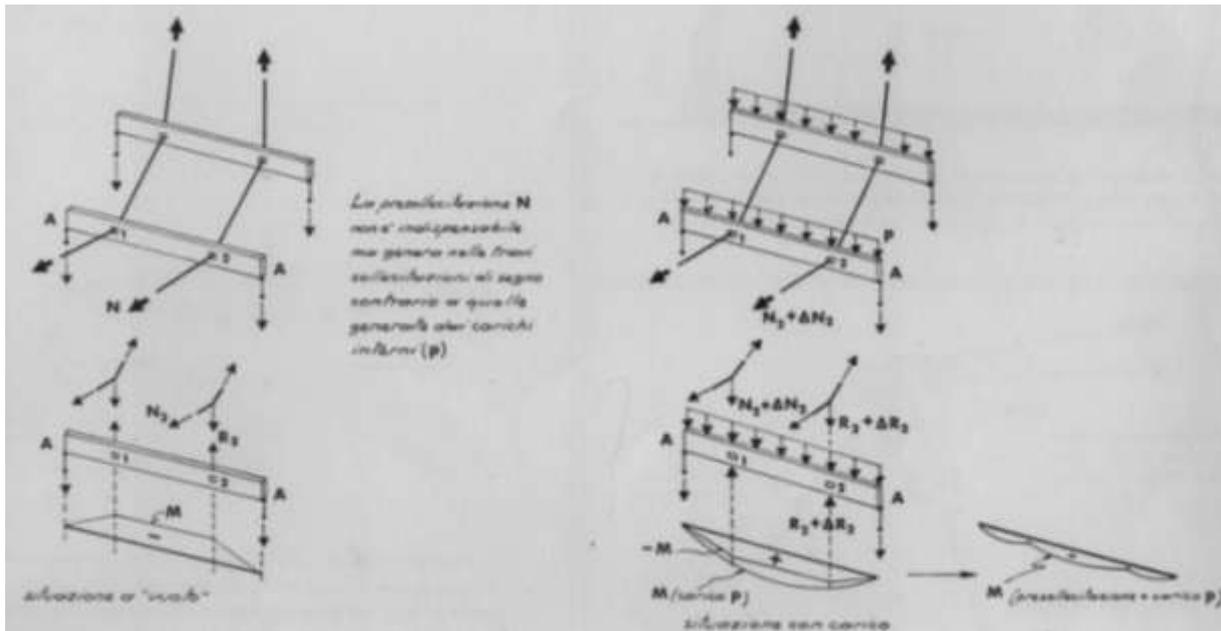
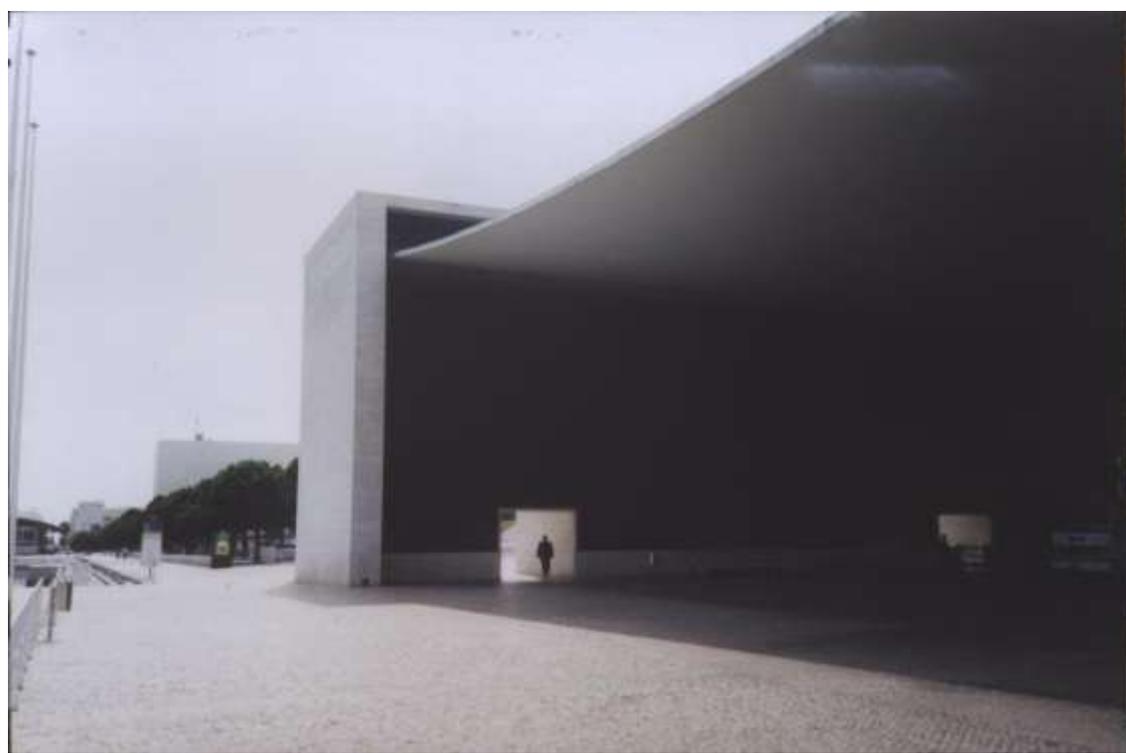


*Combinazione di paraboloidi iperbolici a sbalzo*  
- al centro la risultante delle spinte è nulla  
- ai quattro appoggi si hanno spinte verso l'esterno equilibrate dalle trazioni nelle travi **AA** e **BB**.

# Expo 1997 - Lisbona

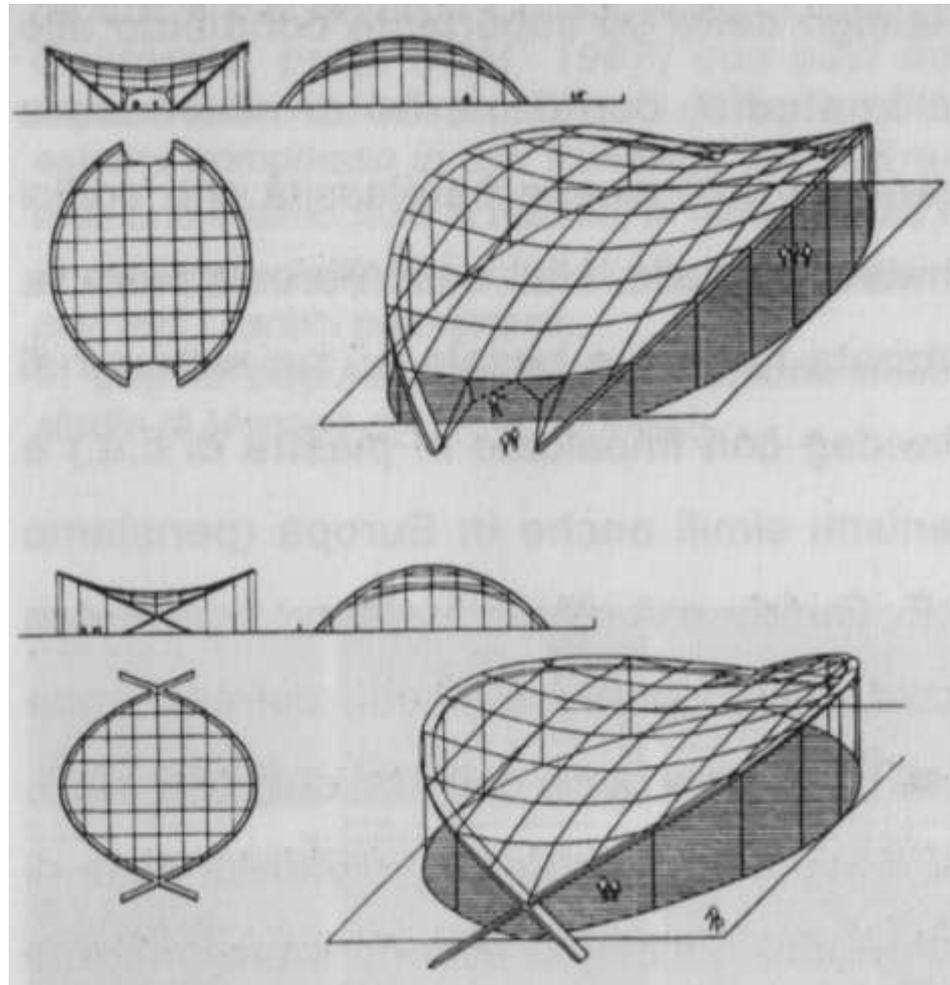
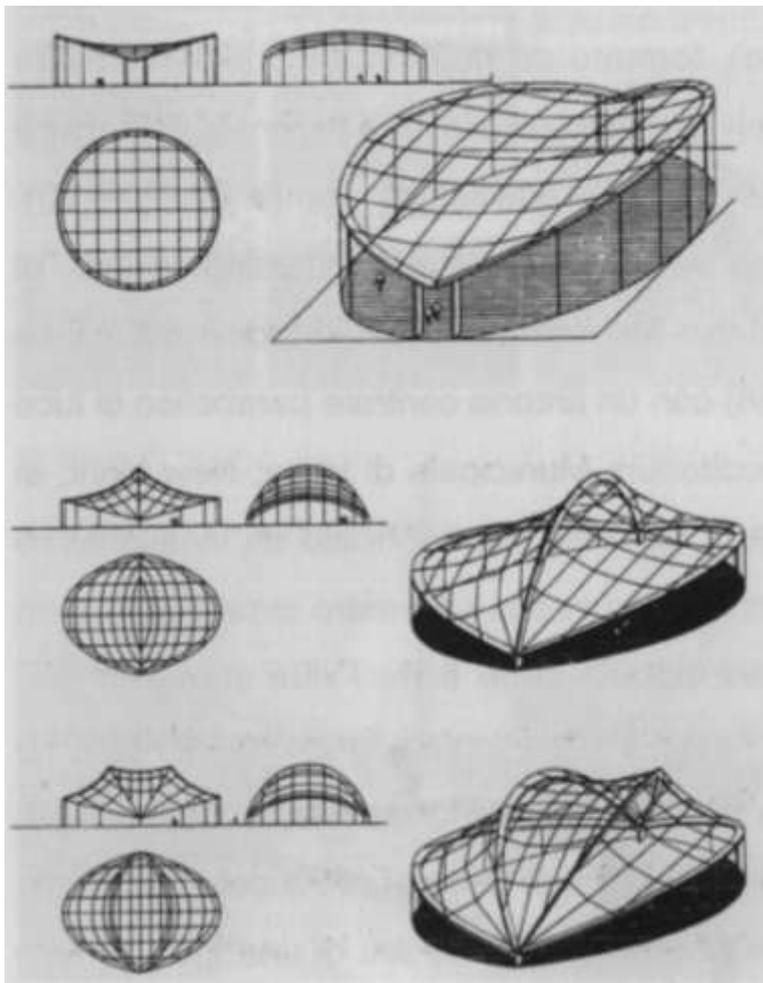
## Alvaro Siza

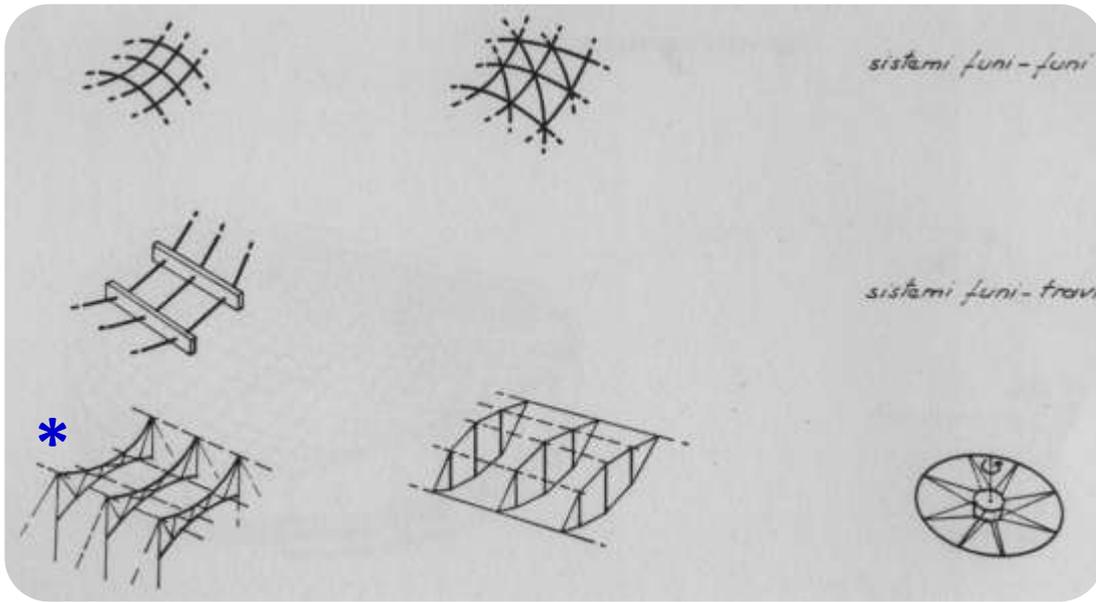
La "tenda" è stabilizzata dal peso proprio



La Nuova Fiera di Roma è stabilizzata con cavi.

# Membrane – Paraboloidi iperbolici





# Strutture portanti tese

- Curvatura semplice
- Curvatura doppia

\* L'EXPO di Milano è una tensostruttura stabilizzata con cavi. Sono presenti anche travi per le particolari condizioni al contorno.

