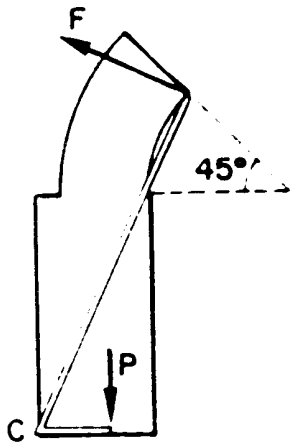
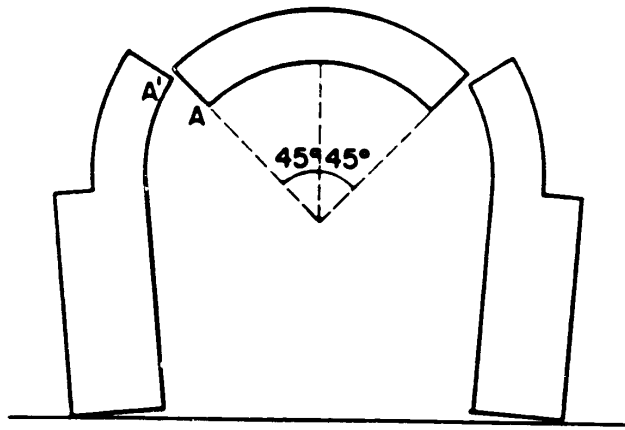
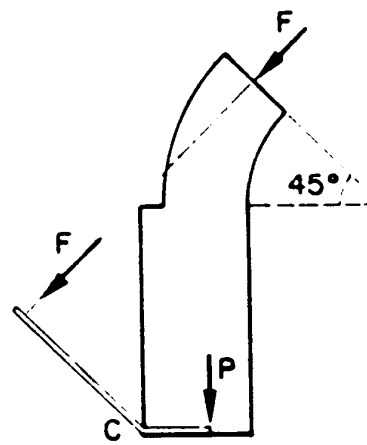


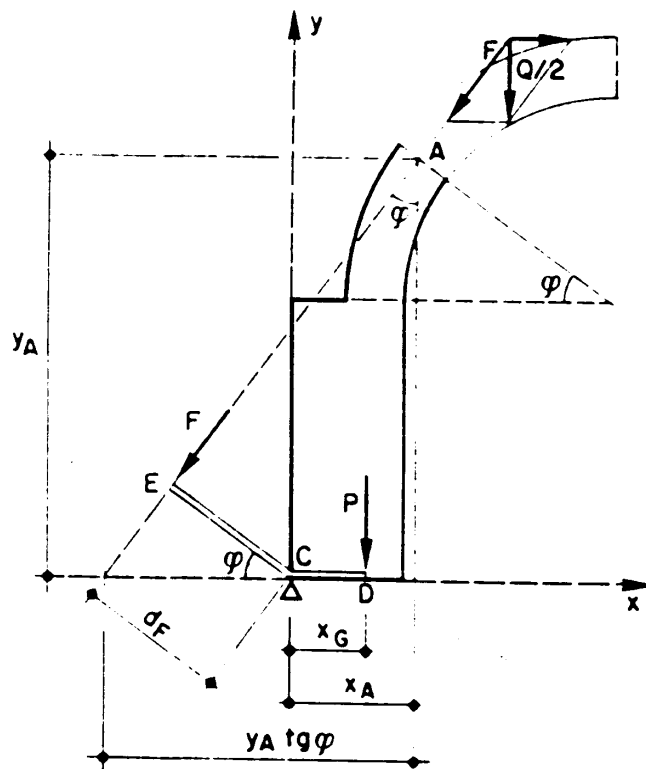
SISTEMI ARCO-PIEDRITTO

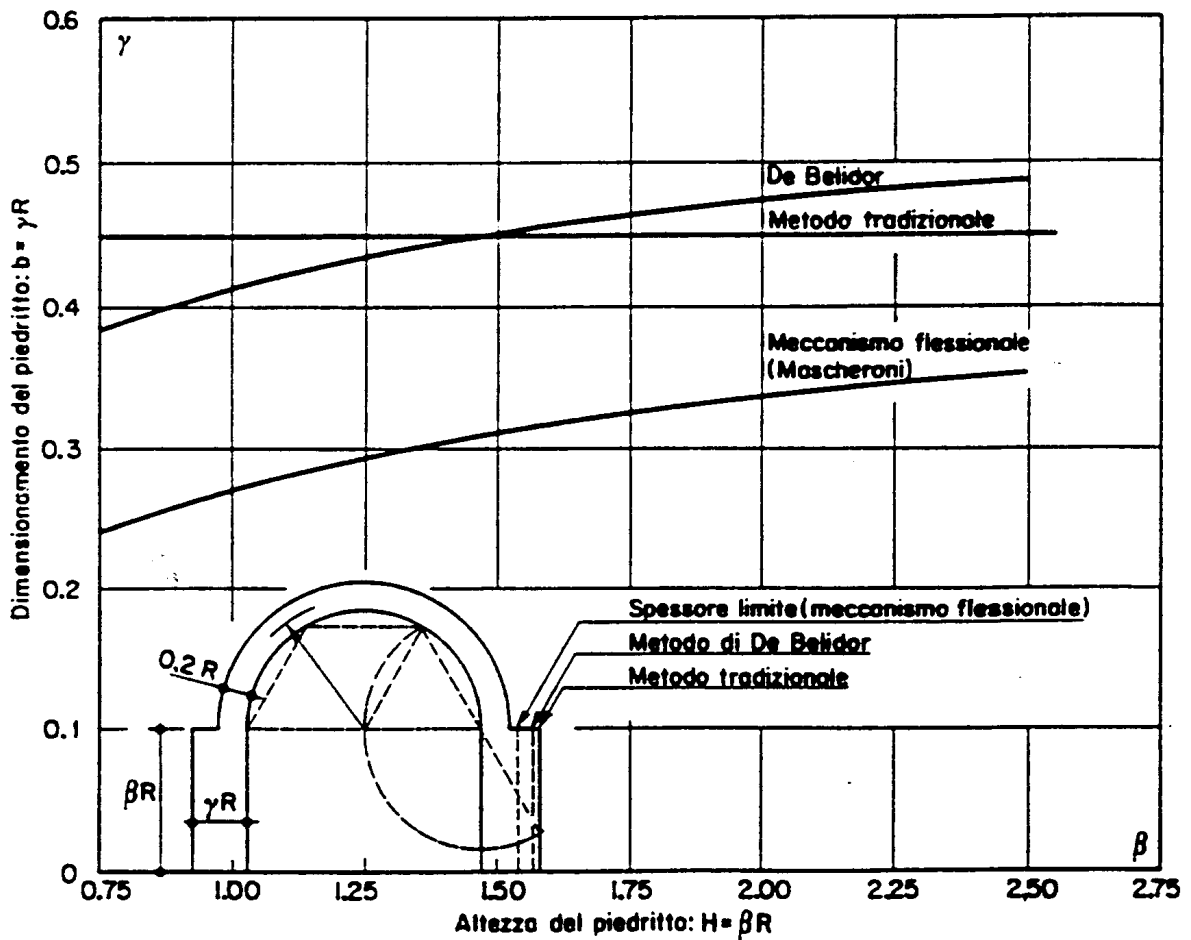
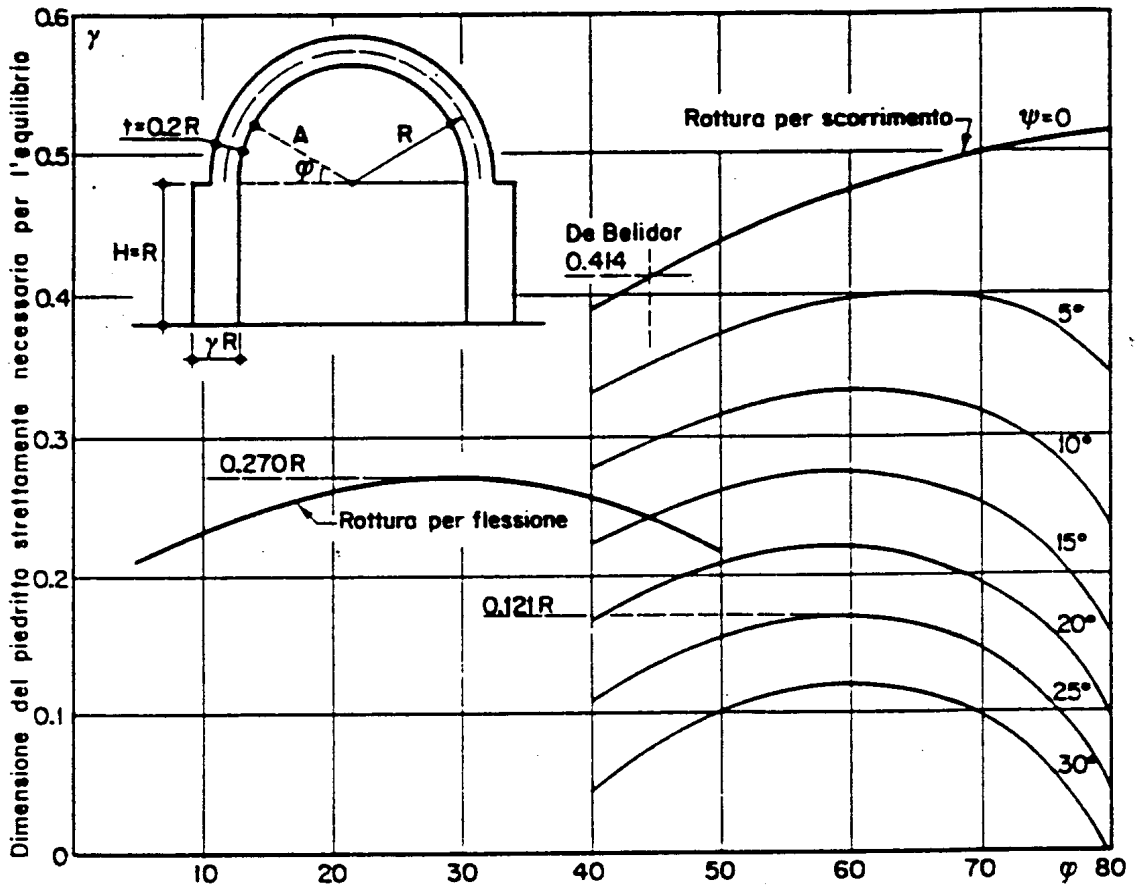


De la Hire



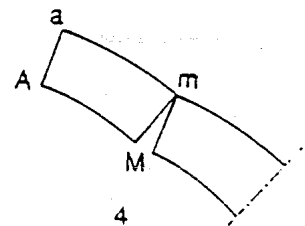
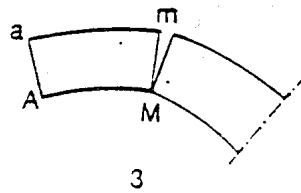
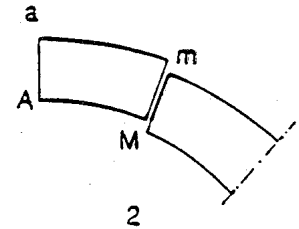
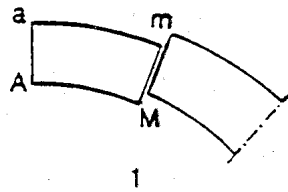
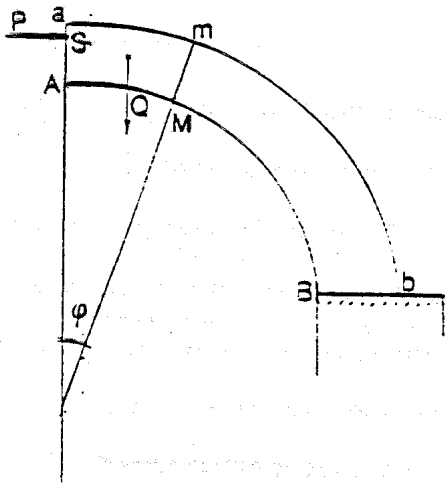
De Belidor





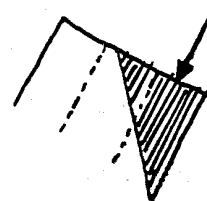
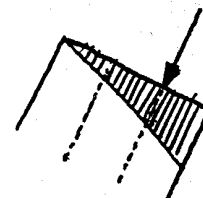
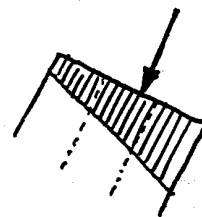
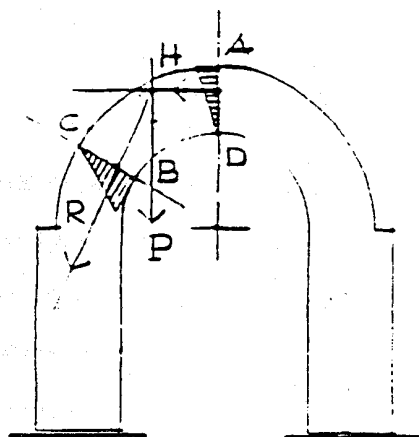
COULOMB (1780)

Individua i meccanismi fondamentali tra i conci chiarendo il ruolo dell'attrito



NAVIER (1826)

Individua i meccanismi fondamentali tra i conci chiarendo il ruolo dell'attrito

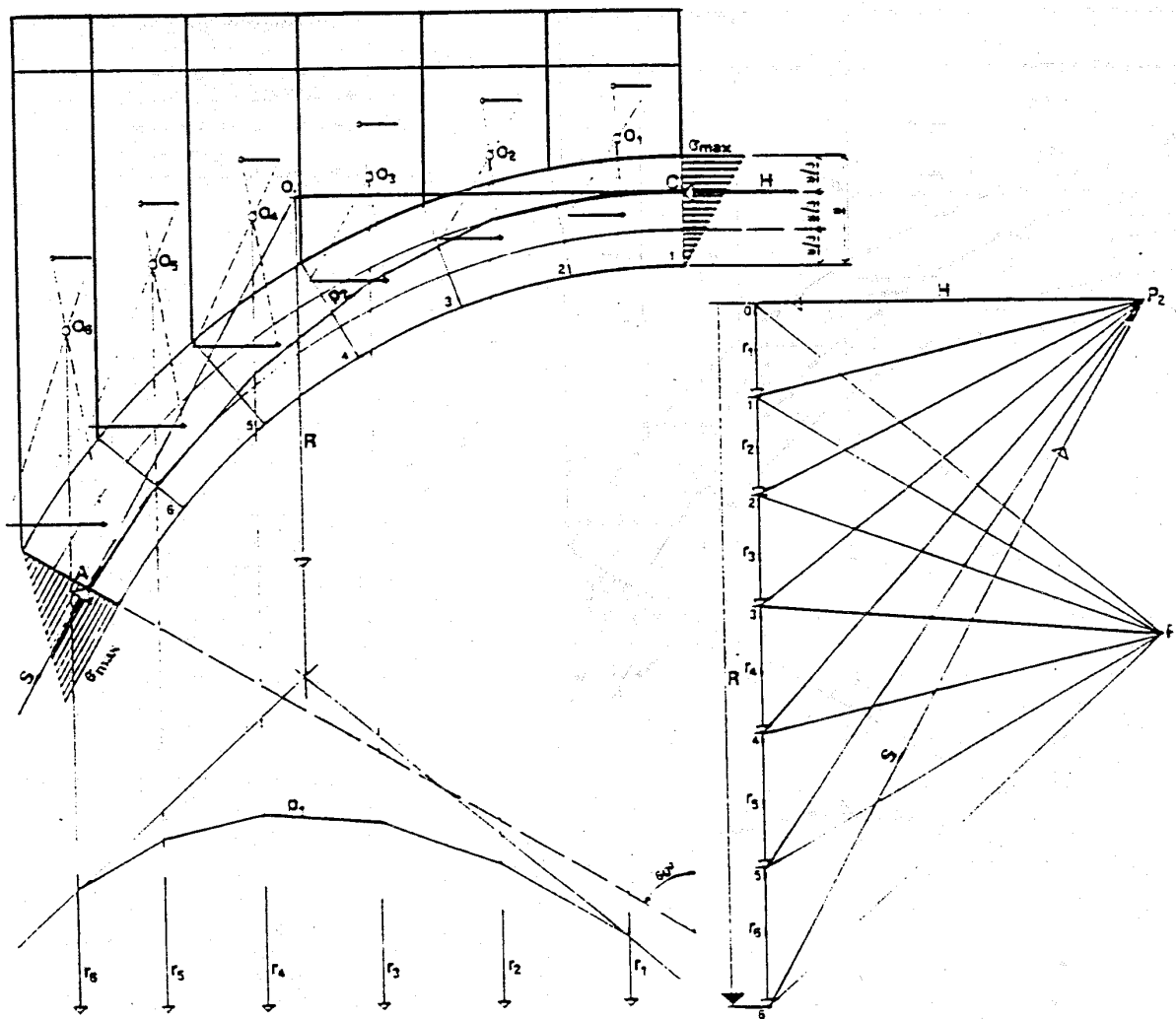


MERY (1830)

Propone per l'arco a tutto sesto, con carico simmetrico, di fissare l'imposta a 30° sull'orizzontale.

Solitamente il metodo è così generalizzato: scelta l'imposta, la curva delle pressioni si fa passare, in tale sezione, per il terzo medio inferiore, ed in chiave per il terzo medio superiore.

Tale curva non deve mai uscire dal terzo medio.



J. Heymann (1969)

Se è possibile trovare una linea delle pressioni, che sia in equilibrio con i carichi applicati e rimane ovunque interna allo spessore dell'arco, allora questo è sicuro.

Se il progettista riesce a trovare un poligono funicolare interno all'arco, questo sarà altrettanto bravo a trovarsene uno da se.

I POTESI ALLA BASE DEL TEOREMA DI HEYMANN

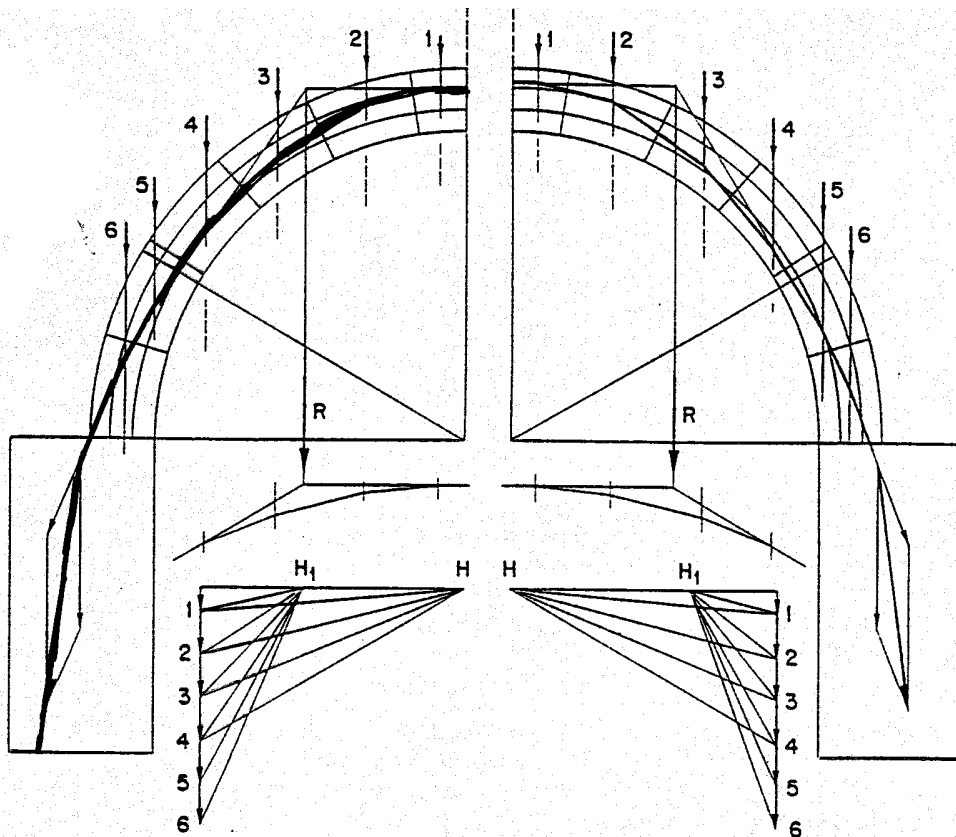
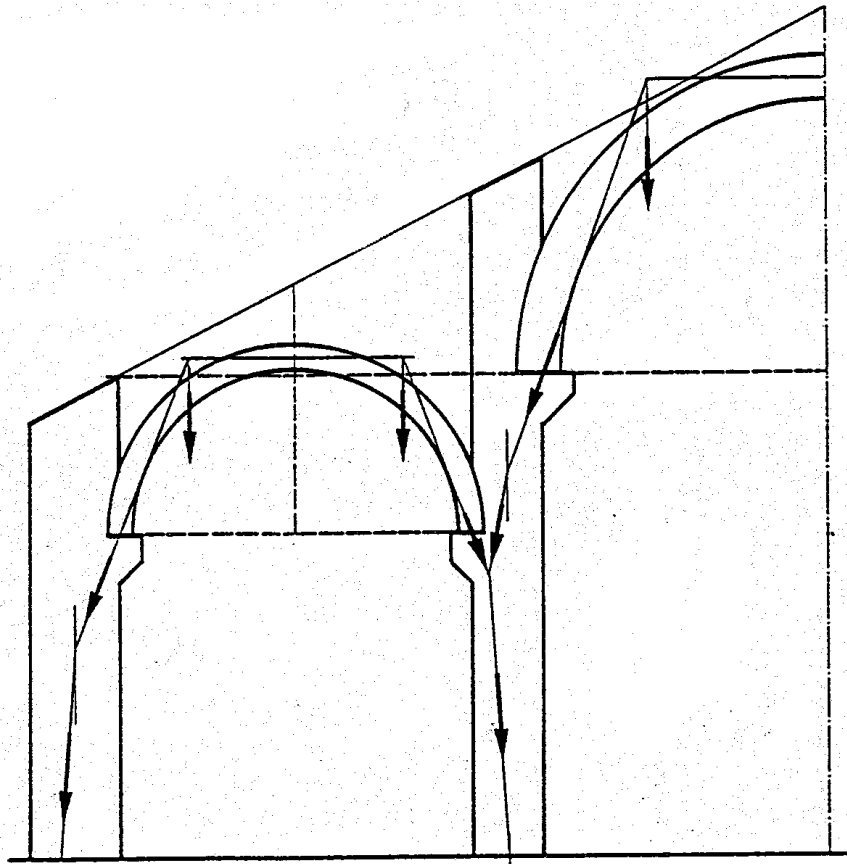
- NESSUNA RESISTENZA A TRAZIONE
- INFINITA RESISTENZA A COMPRESSIONE
- NON DEVONO VERIFICARSI SLITTAMENTI
- DEFORMABILITÀ LIMITATA

Tali ipotesi sono perfettamente aderenti al caso di archi in pietra squadrata a secco

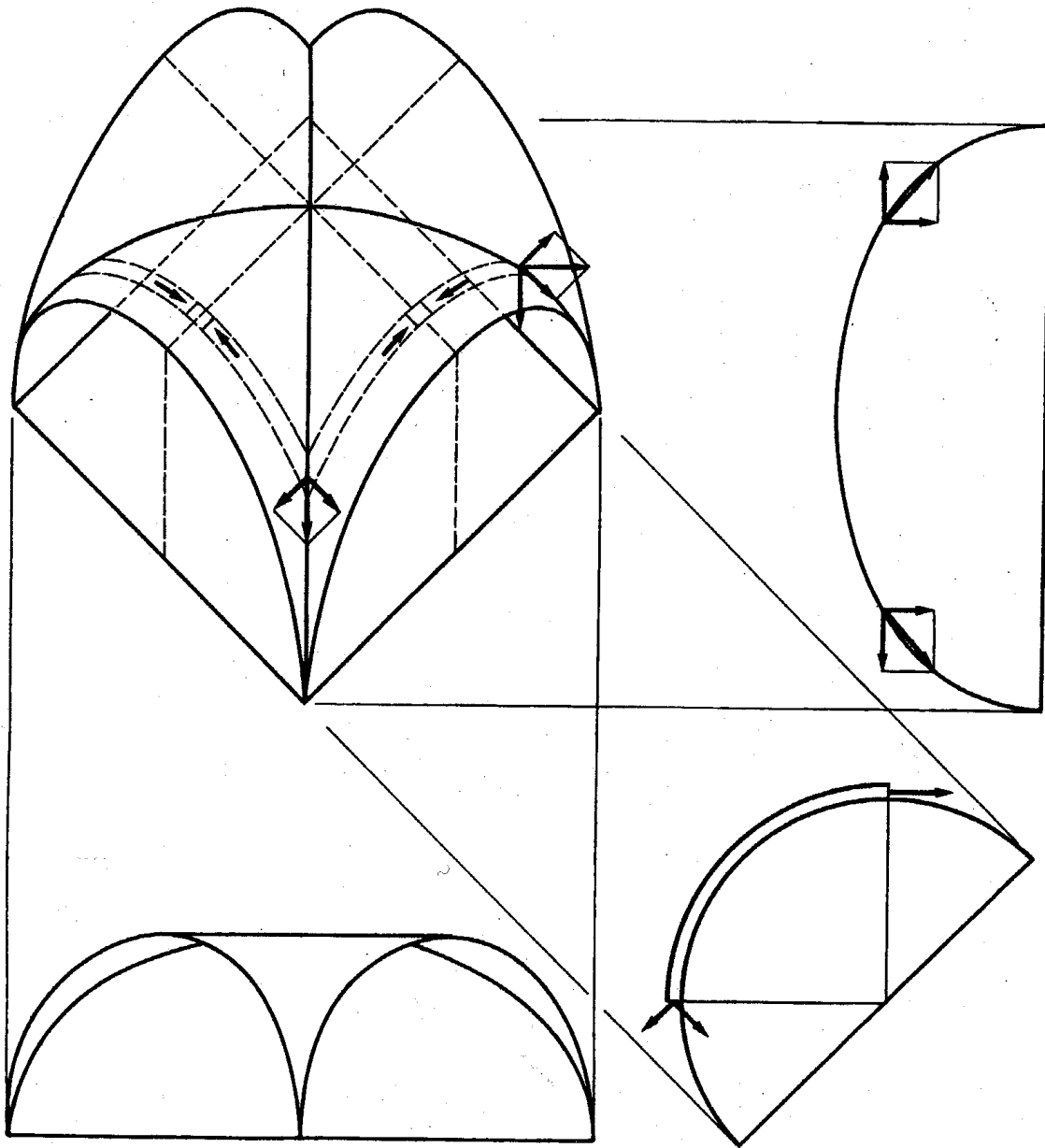
- L'assenza di malta corrisponde ad un contatto unilatero tra i blocchi
- Le pietre hanno, in genere, una elevata resistenza a compressione
- L'attrito è sempre superiore a $30^\circ \Rightarrow$ la curva ha sempre inclinazione prossima a 30° , rispetto al giunto.
- Il modulo elastico della pietra è elevato

Nel caso di archi in muratura di mattoni, o realizzati con pietre di forme irregolari collegate con malta, tali ipotesi sono più lontane dalla realtà.

VERIFICA DI SISTEMI COMPLESSI TRAMITE LA STATICA GRAFICA

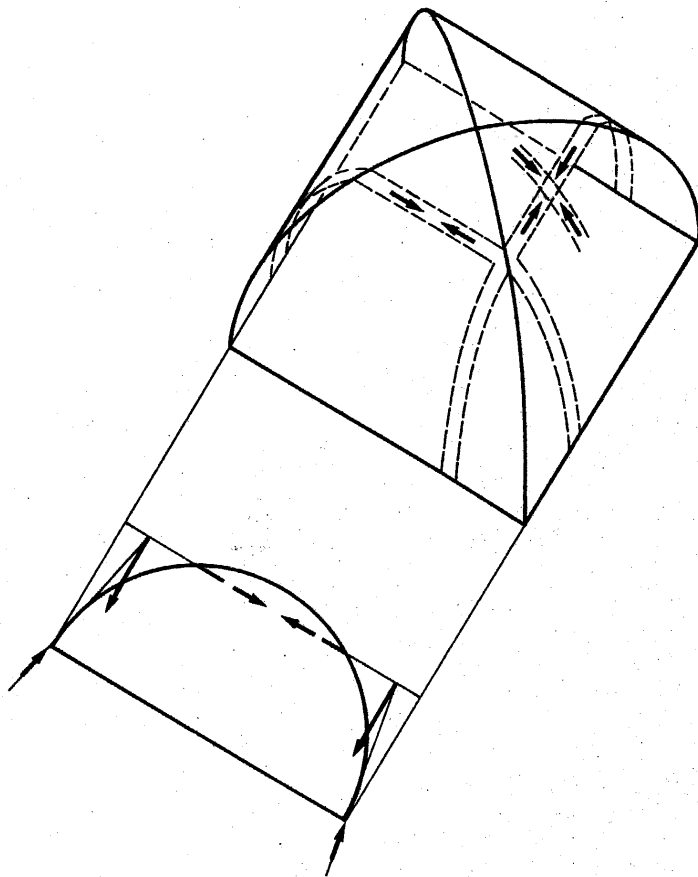


Analisi semplificata delle volte



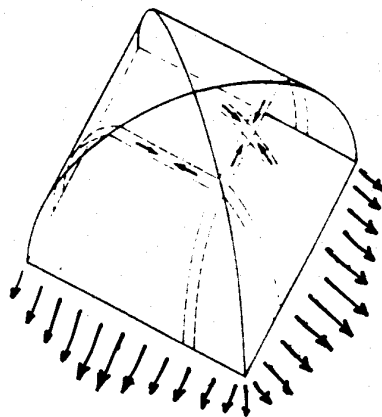
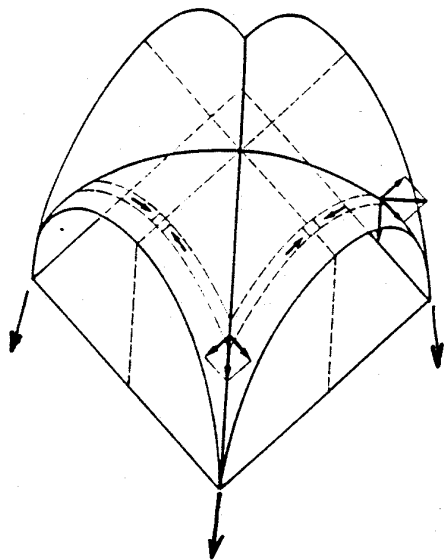
Nella volta a crociera si identificano una serie di archi indipendenti che vengono verificati con gli usuali metodi.

Volte a padiglione



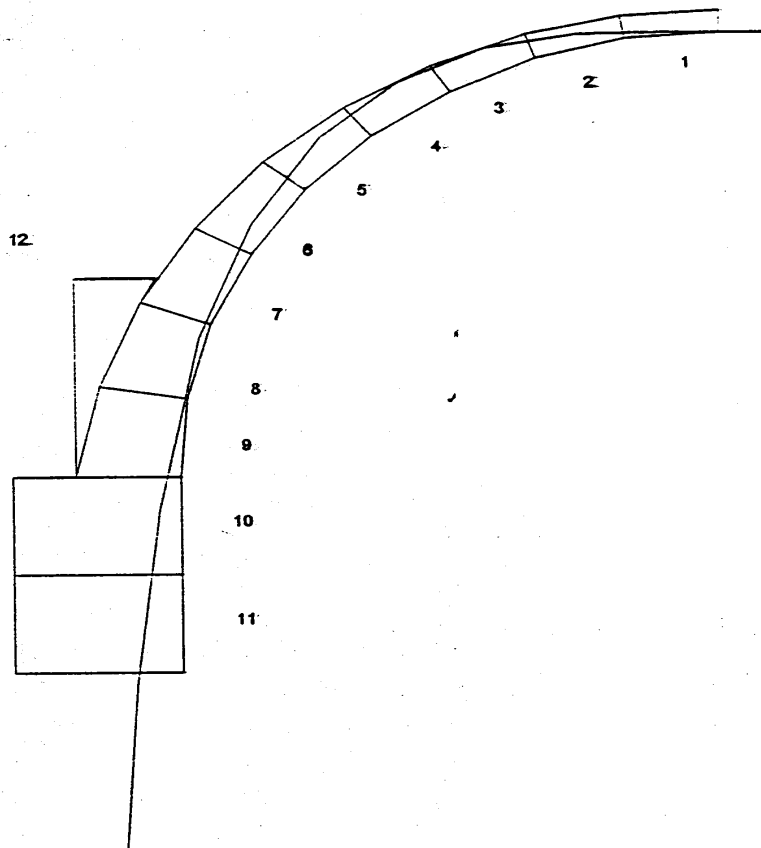
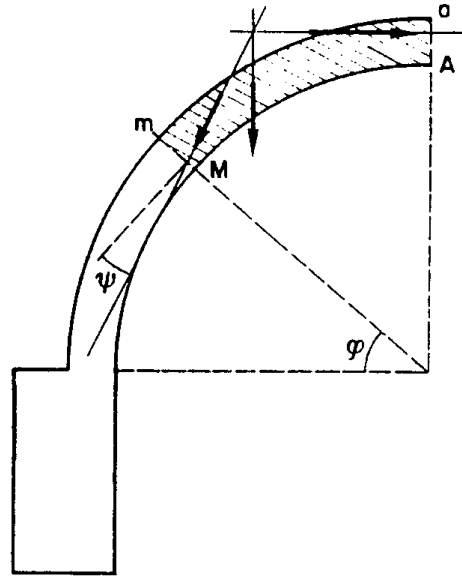
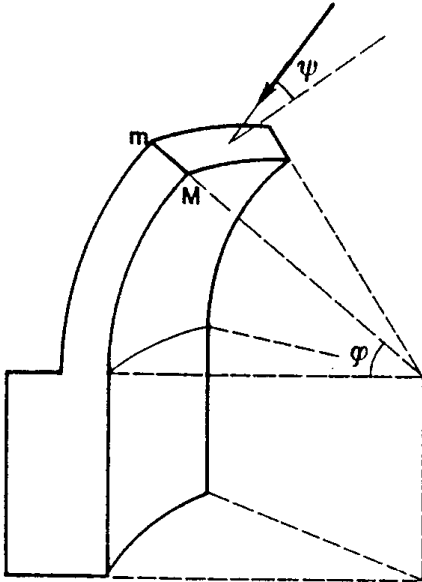
Possono essere schematizzate come una serie di archi rampanti e bielle compresse.

Il poligono funicolare deve, in questo caso, essere costruito ogni volta.

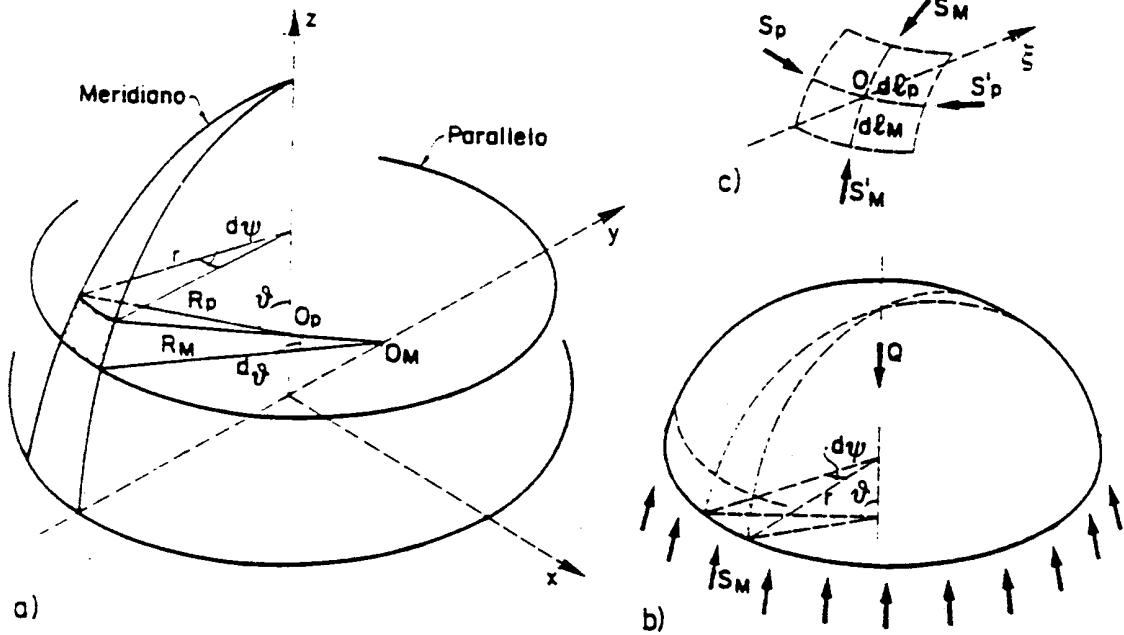


ANALISI DELLE CUPOLE

- Verifica secondo arconi o spicchi



Comportamento a membrana

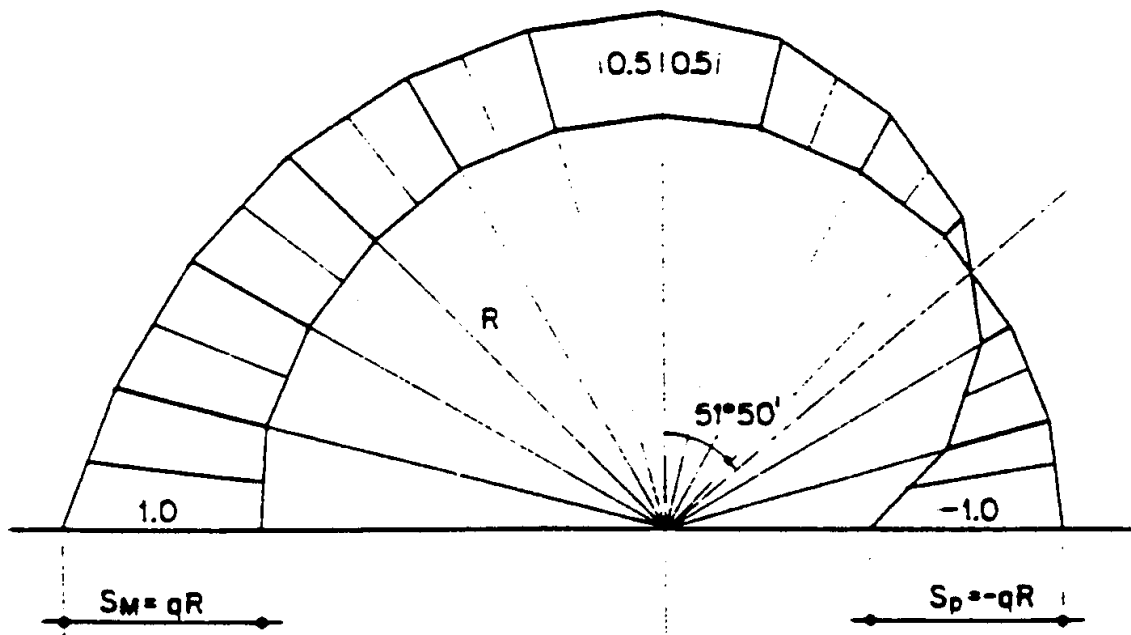


$$S_M = qR \cdot \frac{1 - \cos \vartheta}{\sin^2 \vartheta} = qR \frac{1}{1 + \cos \vartheta}$$

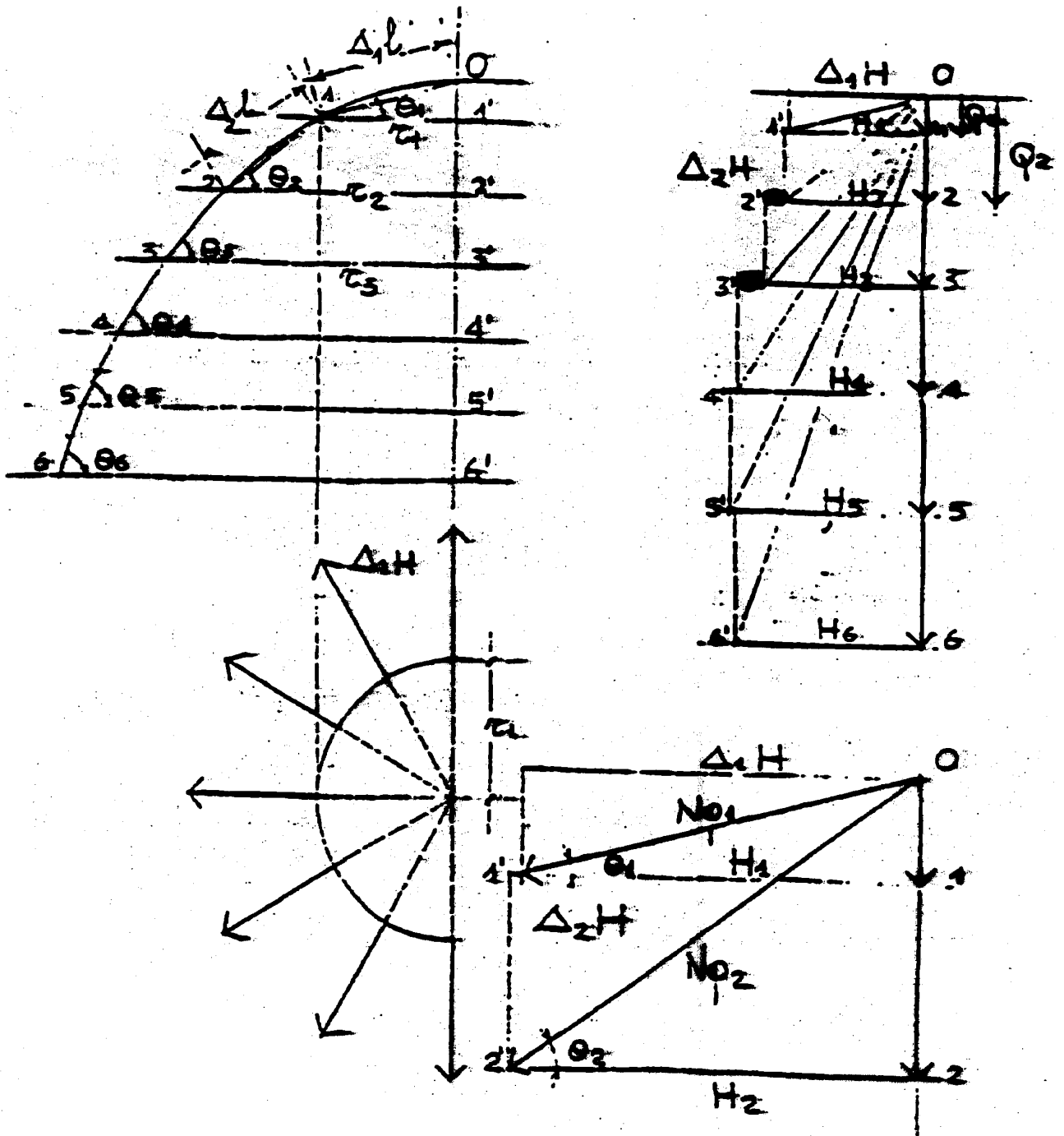
$$S_P = qR \cdot \frac{\cos^2 \vartheta + \cos \vartheta - 1}{1 + \cos \vartheta}$$

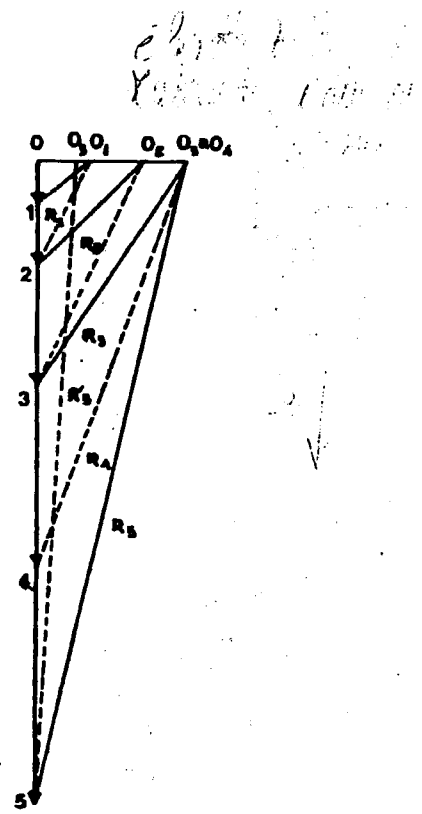
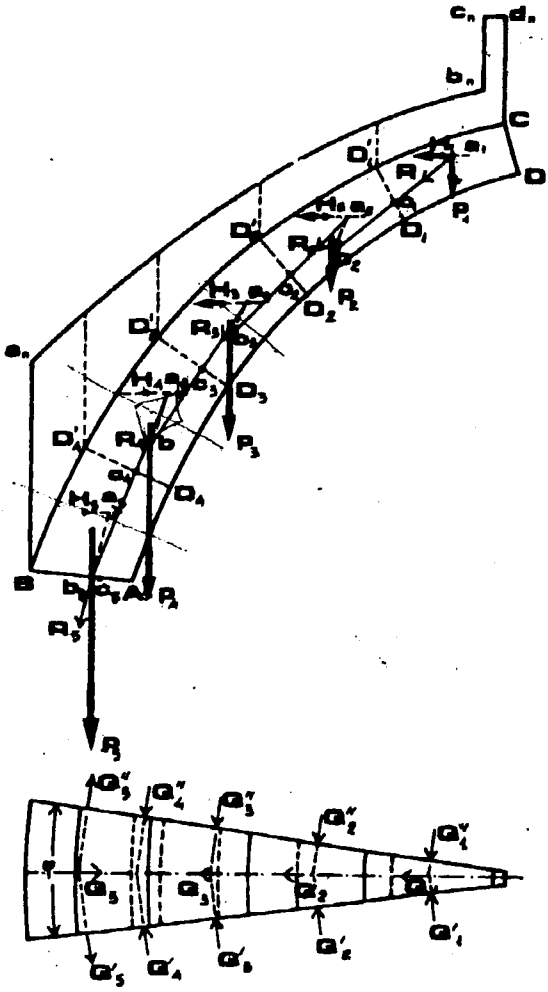
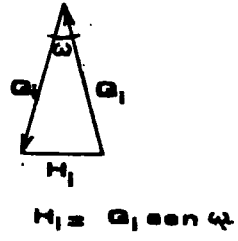
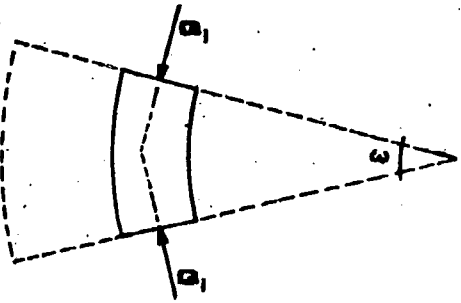
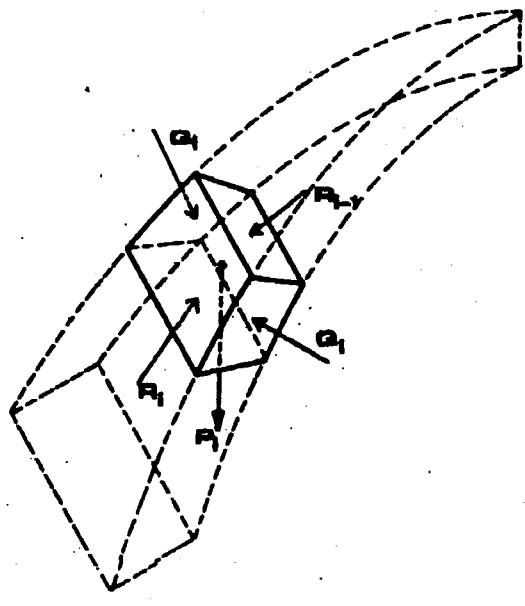
Sforzi nei meridiani

Sforzi nei paralleli



VERIFICA GRAFICA DI UNA CUPOLA IN REGIME DI MEMBRANA





Esempi di analisi delle cupole

IL NINFEO DEGLI HORTI LICINATI (Tempio di Minerva Medica)

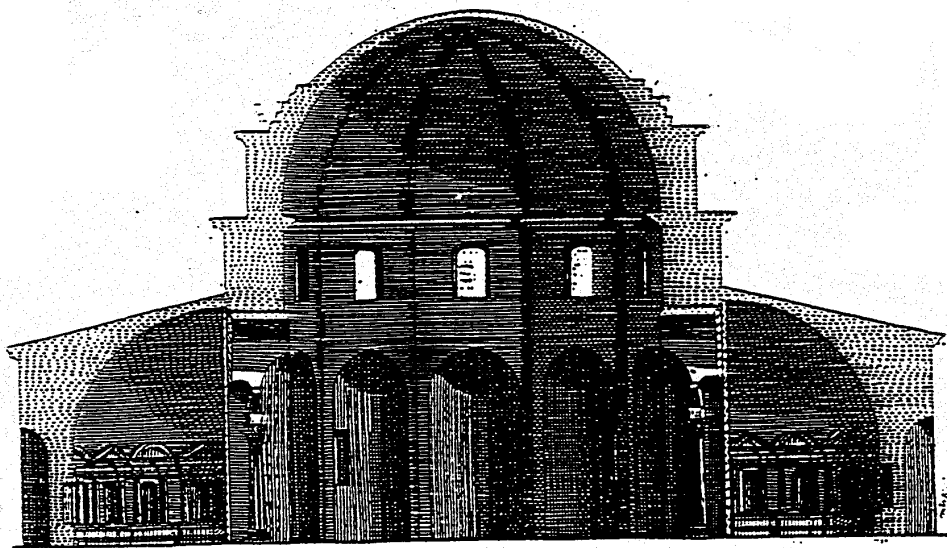
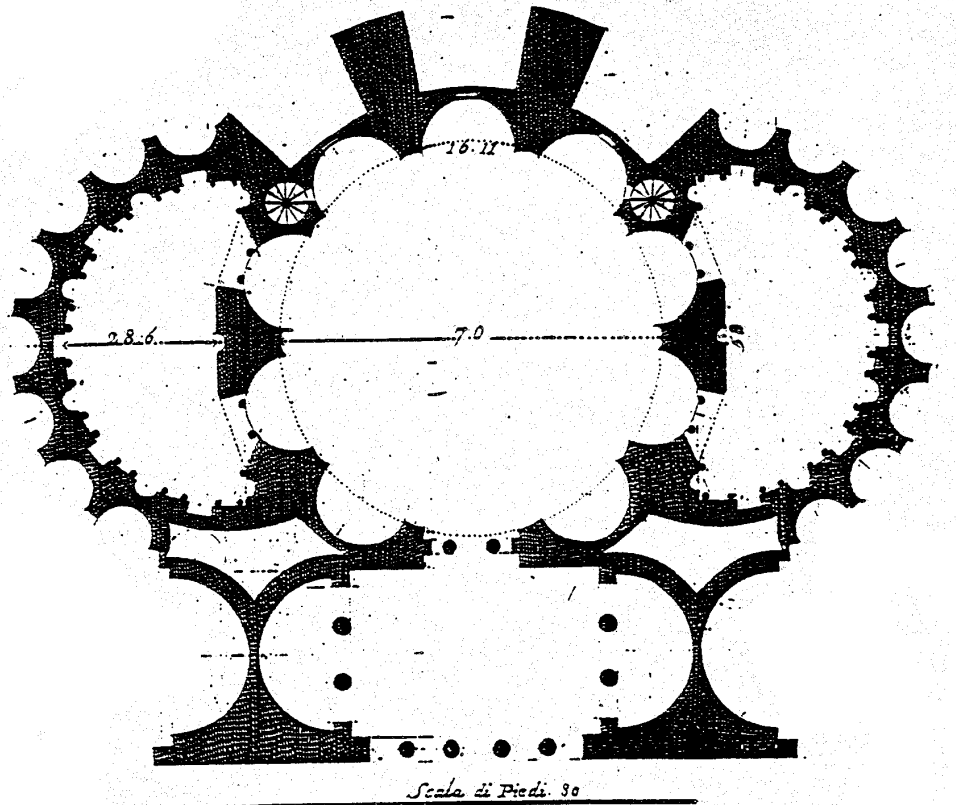
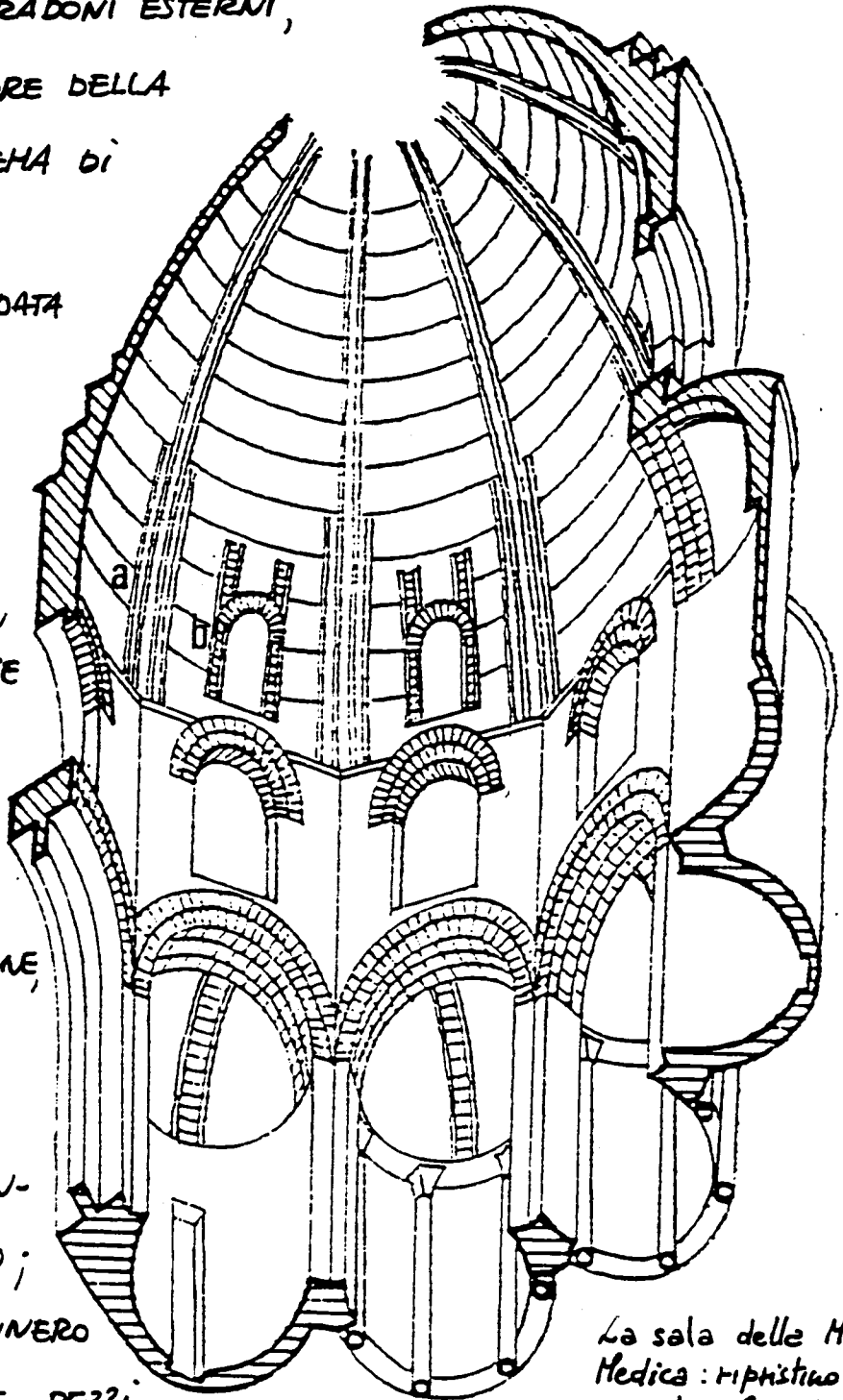


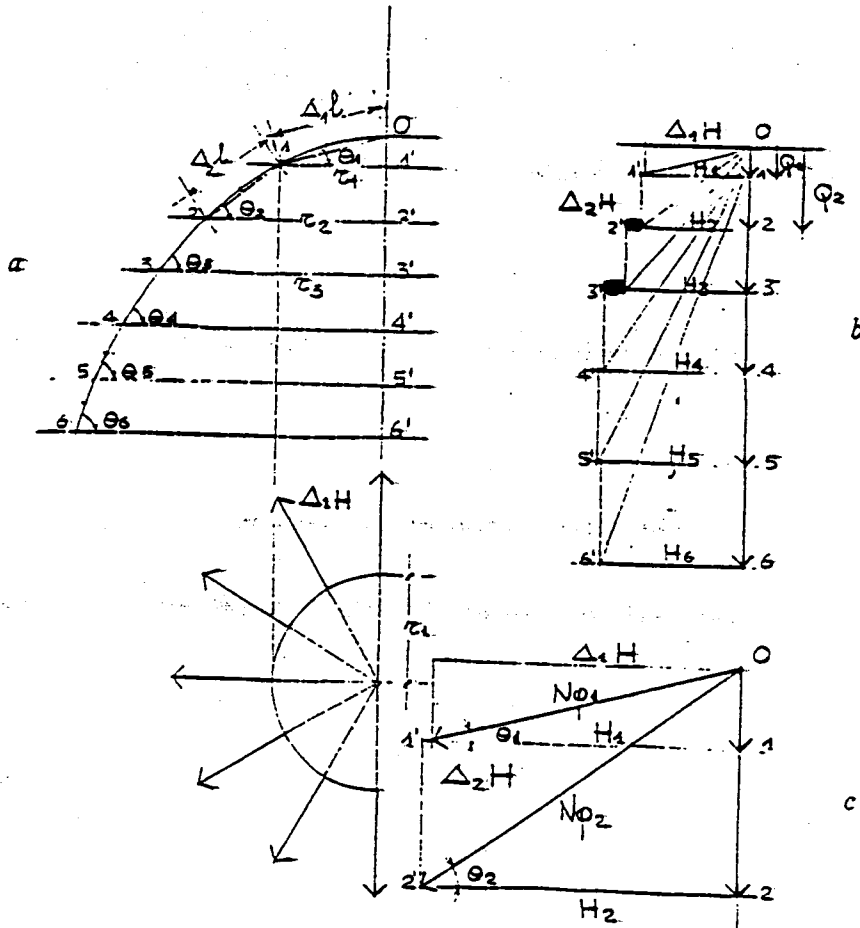
fig. 10 La Minerva Medica nel disegno di A. Palladio (i Quattro libri sull'architettura).

- LA CUPOLA HA DIAMETRO DI 23.90 MU, È EMISFERICA, ED IL CERCHIO DI BASE CIRCOSCRIVE IL DECAgono (cfr. Caraffa)
- È STATO NOTATO DAL CARAFFA CHE IN CORRISPONDENZA DEI GRADONI ESTERNI, NEL RINFIANCO SUPERIORE DELLA CUPOLA VI È UN SISTEMA DI ANFORE AFFOGATE
- LA CALOTA È CONSOLIDATA DA DIECI NERVATURE MERIDIANE PRINCIPALI, IN CORRISPONDENZA DI OGNI SPIGOLO DEL PRISMA, SEMBRA FOSSE CONNESSE IN SOMMITÀ DA UN ANELLO DI CHIUSURA IN MATOMI
- LE NERVATURE MERIDIANE, NELLA PARTE INFERIORE SONO FORMATE OGNUNA CINQUE LATERIZI AFFIANCATI, DI 28 CM L'UNO; LE CONCAHERAZIONI VENNERO RIEMPITE DI MATOMI E PEZZI DI TUFO, INFRAHEZZATE DA STRATI DI TEGOLONI PER REGOLARIZZARE LA MASSA E RIPARTIRE LE PRESSIONI; NEL TRATTO SUPERIORE I LATERIZI DIVENGONO TRE.

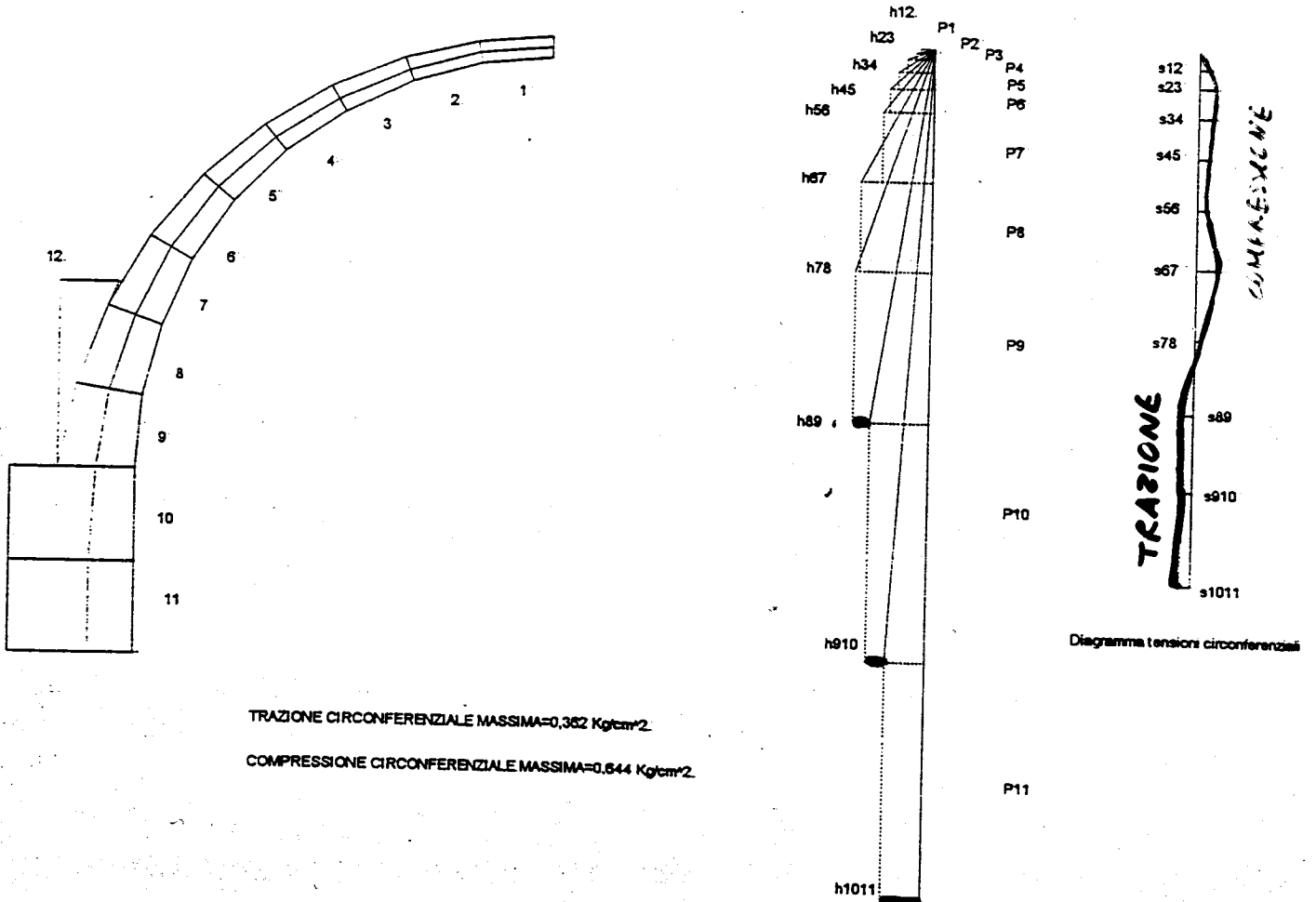


La sala delle Minerva Medica: riprodotto assommo. secondo GIOVANNONI

ANALISI DELLA CUPOLA IN REGIME DI MEMBRANA

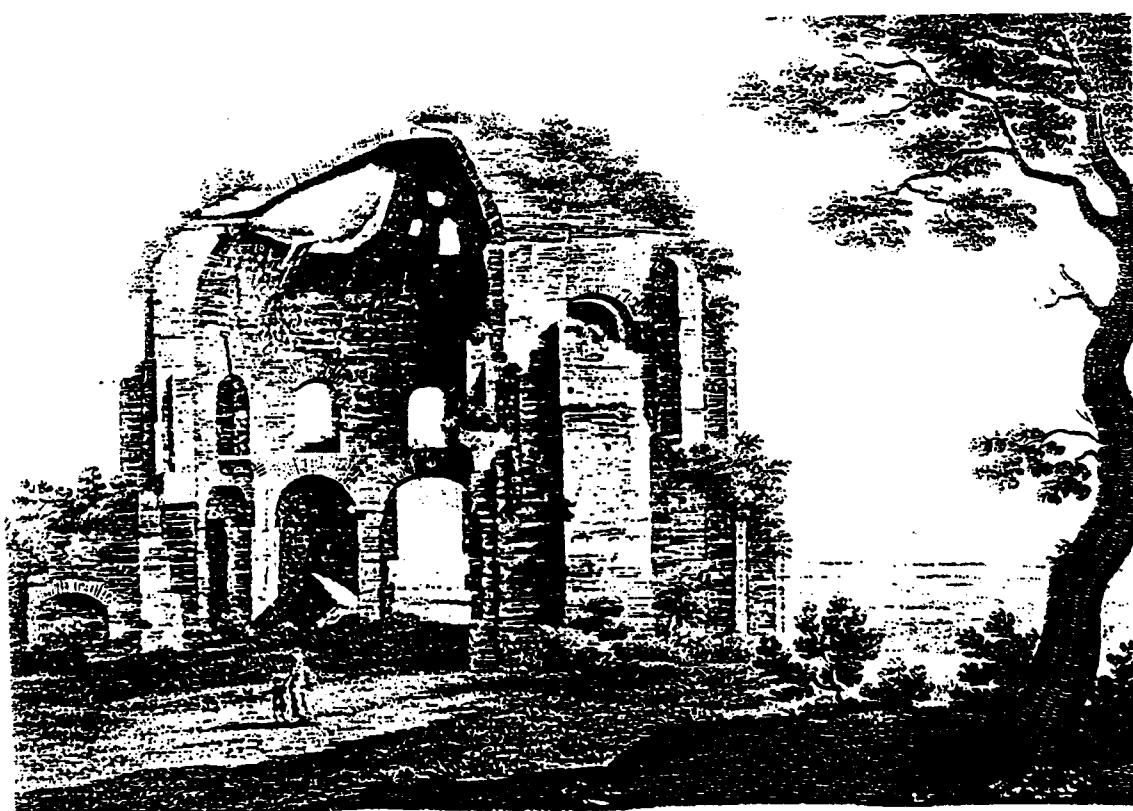
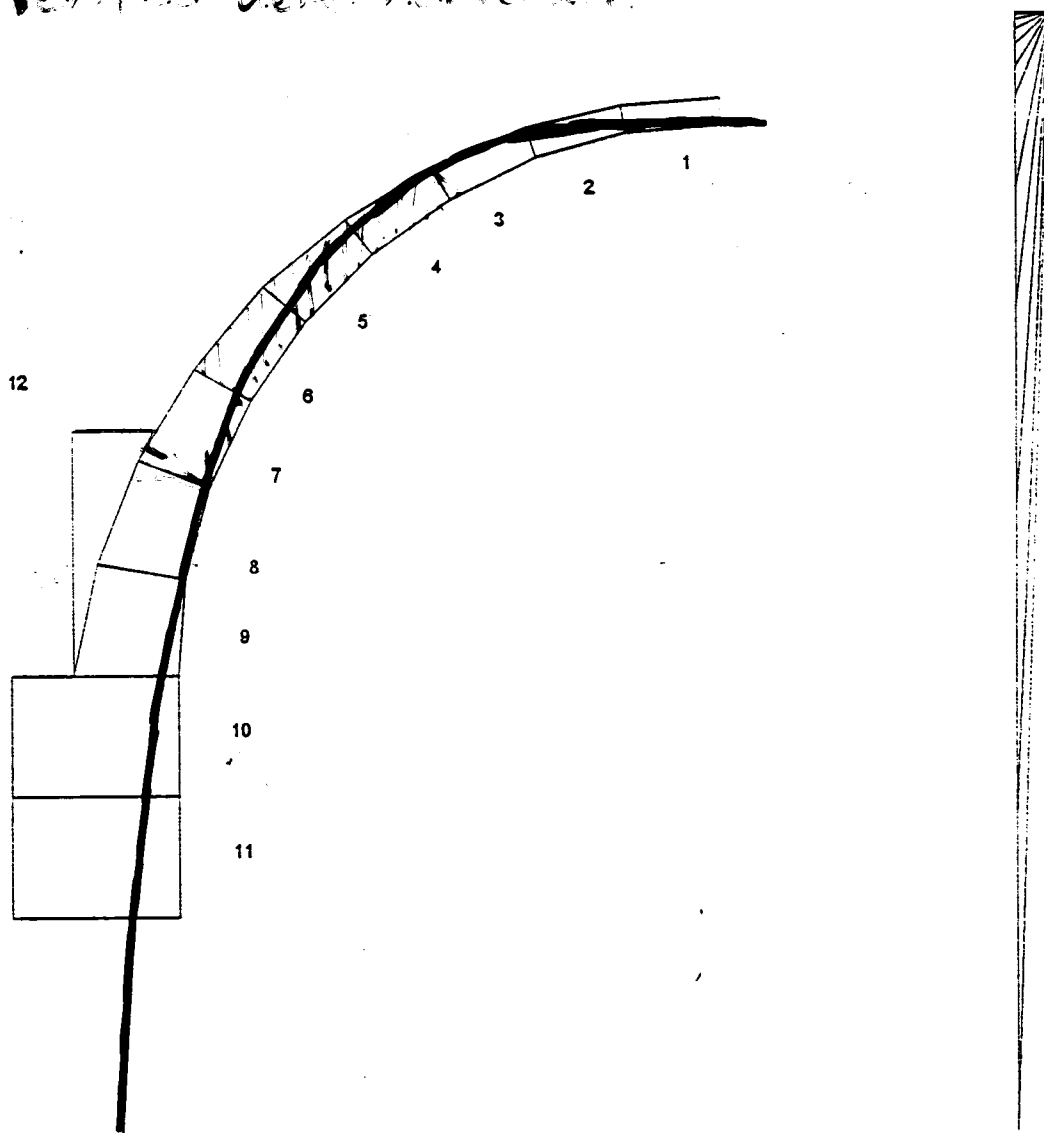


Costruzione grafica per determinare gli sforzi circolferenziali



COMPORTAMENTO SECONDO I DIECI ARCONI

Verifica della navata.



SANTUARIO-BASILICA di MONDOVI PRESSO VICOFORTE

STUDIO LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RESTAURO

Tav. n. 1 allegata a Relazione Ing. GARRO 24 gennaio 1961

Prospettiva esterna senza i Campanili
per porre in evidenza le strutture murarie del tamburo e cupola
in relazione alle progettate opere di consolidamento e restauro

Le principali fasi costruttive del Santuario

- Costruzione del Sacro Pilone - 1540 (1450)?
- Dioc. Trombetta - Costruz. prima Cappella (1594)
- Vesc. Costruzione - Nuova Chiesa e 3 navate (1892) (incompiute)
- Arch. (Pase l' pietra e fondazioni (1804)
- Vitozzi) Muri fino all'imposta arconi (1804)
- Prog. Opere per lavor l'acqua alla fondazione (1800)
- 1551 Rivestimento architettonico in pietra e basi delle Coppelle e Abside (1601-1614)
- 1620-1720 - Arconi, parte Cappella, Abside, Campanile (1643)
- Arch. (Costruzione del tamburo (1720-20)
- Gallo) Cupola (1731) - Cupolino (1732-33)
- Prog. Intonaco cupola e pitture (1730-32)
- 1728 Intonaco tamburo e arconi (1742)
- Baldacchino e Altari centrali (1709-20)
- Lavori vari di completamento: 1830-1888-1890-1894

L'aspetto attuale del Santuario sarà rigorosamente identico all'aspetto con le opere di rinforzo progettate (G)

Nota. Le modalità costruttive stabilite per i progettati anelli di blindatura del Tamburo e della cupola, e per i lavori di restauro, non alterano minimamente l'aspetto architettonico del Santuario.

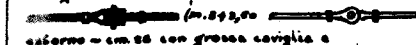
Le progettate fascie armate di blindatura esterna della cupola

N.B. a) - Da eseguirsi solo dopo completate tutte le progettate opere di drenaggio per il proscioglimento del sottavento ed il definitivo consolidamento delle fondazioni occidentali.

Nota b) - I previsti anelli esterni di fasciatura armata sono progettati con disposizioni strutturali e con particolari modalità di esecuzione per cui non vengono alterati minimamente i particolari architettonici e neppure l'originario paramento in mattoni, soprattutto nelle parti che appaiono dai normali punti di vista.

Gli anelli di blindatura della cupola disposti dall'Arch. Ing. F. Gallo

I - Sopra gli arconi dei finestroni ovali

- a) **Anello superiore**, a cm. 30 sotto al coronamento di gronda dell'attico della Cupola: formato da due ferri forgiati di millimetri 40x70 caduno, sovrapposti ad elementi lunghi circa un trabocco (da metri 3 a metri 3,50) con giunti formati da grossi anelli piatti di diametro = cm. 8
- 
- esterno = cm. 26 con grossa caviglia e cunei per tensione.

- b) **Altro anello** a due ferri come sopra, tangente all'intradosso degli archi dei finestroni a livello base del cornicione superiore, attraversante gli speroni.

II - Sotto i finestroni

- c) **Anello all'imposta** della cupola in ferro forgiato mm. Senza sotto l'arco rovescio dei finestroni (probabilmente furono disposti altri anelli più bassi, ma non furono accertati).

(Tav. I - Alleg. 1)

- e) **Eventuale futuro anello superiore** di base del cupolino (sotto il manico di copertura) per piastra armata nel settore est.

- f) **Anello mediano** in corrispondenza del ripiano all'estremità della Cupola.

- g) **Anello al 3° medio** della Cupola sotto la falda del cornicione terminale (non segue la spessata dei finestroni né la sporgenza e curva degli speroni.)

- h) **Anello all'imposta** della cupola sotto la falda della cornice esterna (attraversante gli speroni senza contornarli)

- i) **Anello al cornicione mediano** alla base attico della Cupola (sotto la falda attraversante gli speroni c.s.).

- j) **Eventuale futuro anello base** del tamburo esterno sotto l'ogiva dei finestroni verso la balaustra perimetrale. (Tav. I - alleg. 2)



1880 - Completam. facciata principale e costruzione di due
- 21 campanili laterali (Arch. Bozzigaro - Ing. Bordini)
1888 - Intonaco cupola in rama e balaustra super. (Ing. Vitozzi)
1889 - Costruzione e Campanile e sistema di foglio (Ing. Garro)

SANTUARIO-BASILICA DI MONDOVI

STUDIO LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RESTAURO

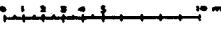
Tab. P. 11 allegata a Relazione Ing. GARRO 24 genn. 1961

Rilevamento delle varie fessure

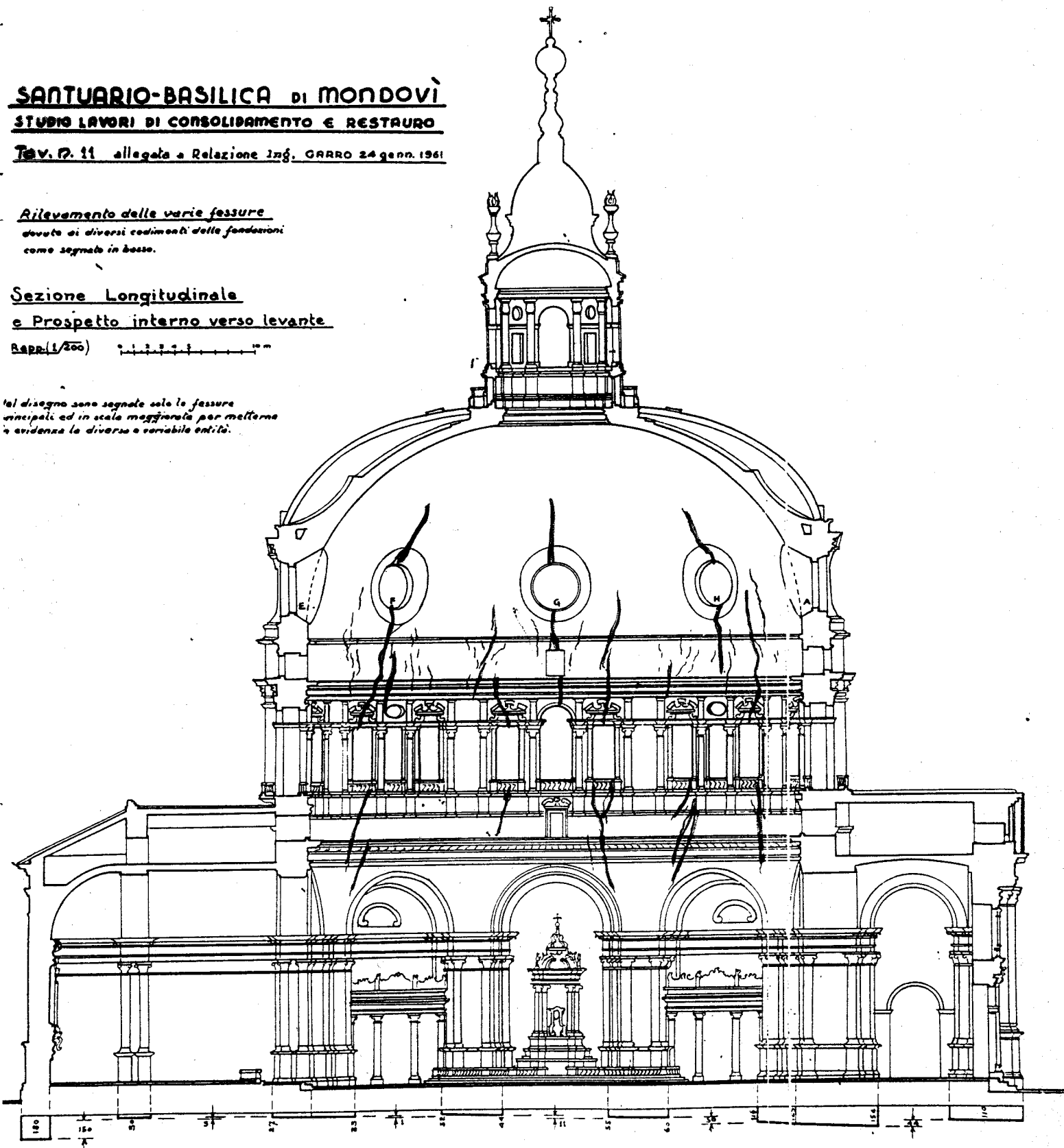
*dovute ai diversi cedimenti delle fondazioni
come segnate in basso.*

Sezione Longitudinale

e Prospetto interno verso levante.

Rapp. (1/200) 

*nel disegno sono segnate solo le fessure
principali ed in scala maggiorata per mettere
in evidenza la diversa e variabile entità.*



SANTUARIO-BASILICA di MONDOVI

STUDIO LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RESTAURO

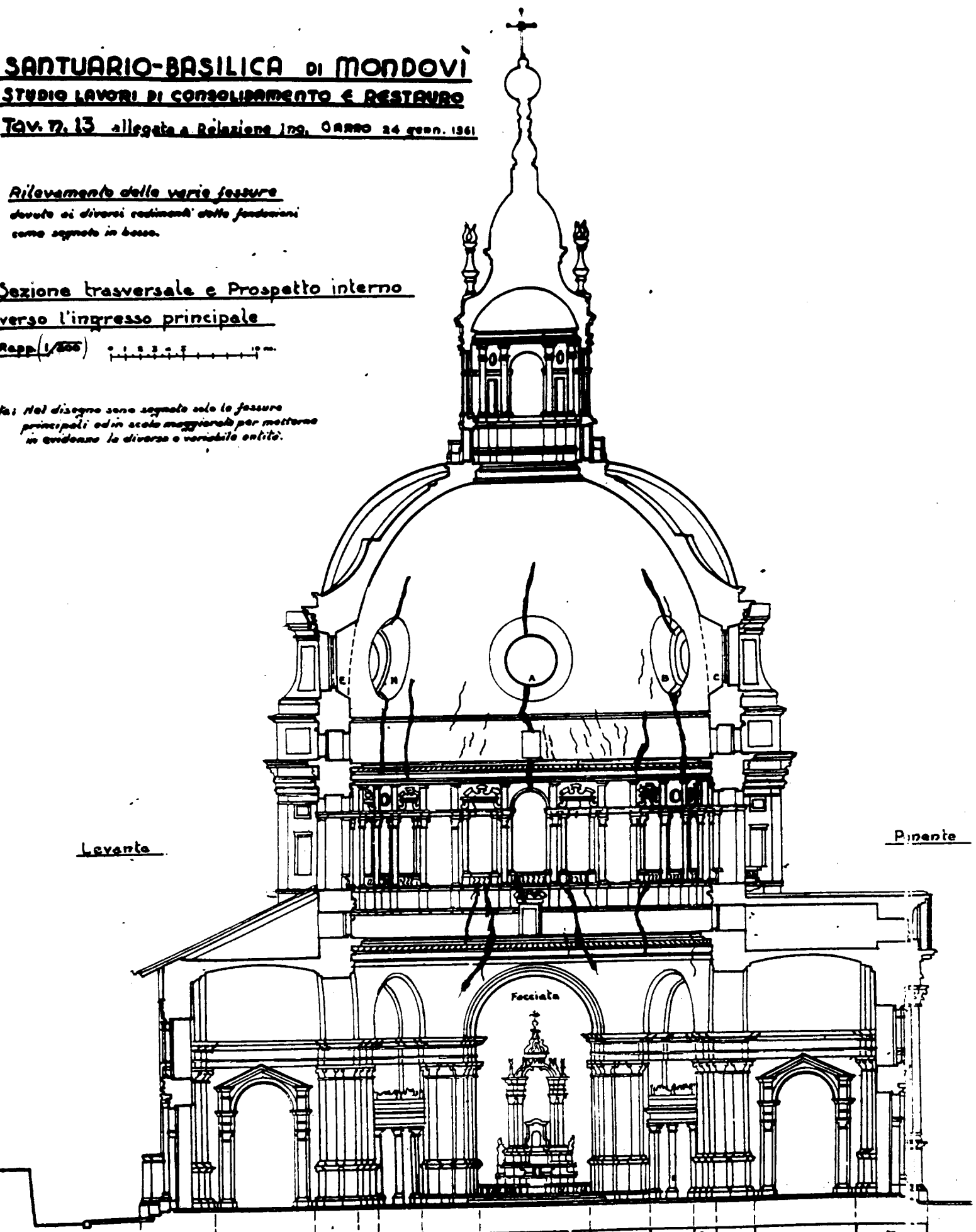
TAV. 7. 13 allegata a Relazione 179. CARNO 24 GENN. 1961

Rilevamento delle varie fessure
dovute ai diversi cedimenti delle fondazioni
come segnate in basso.

Sezione trasversale e Prospetto interno
verso l'ingresso principale

Rapp. (1/500)

Nota: Nel disegno sono segnate solo le fessure
principali ed in scala maggiorata per metterne
in evidenza la diversa e variabile entità.

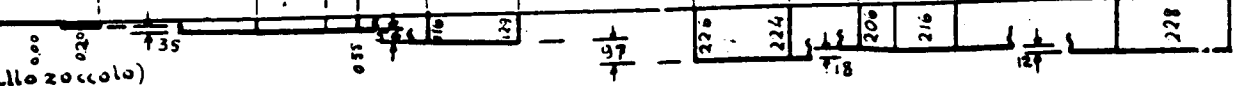


Levante

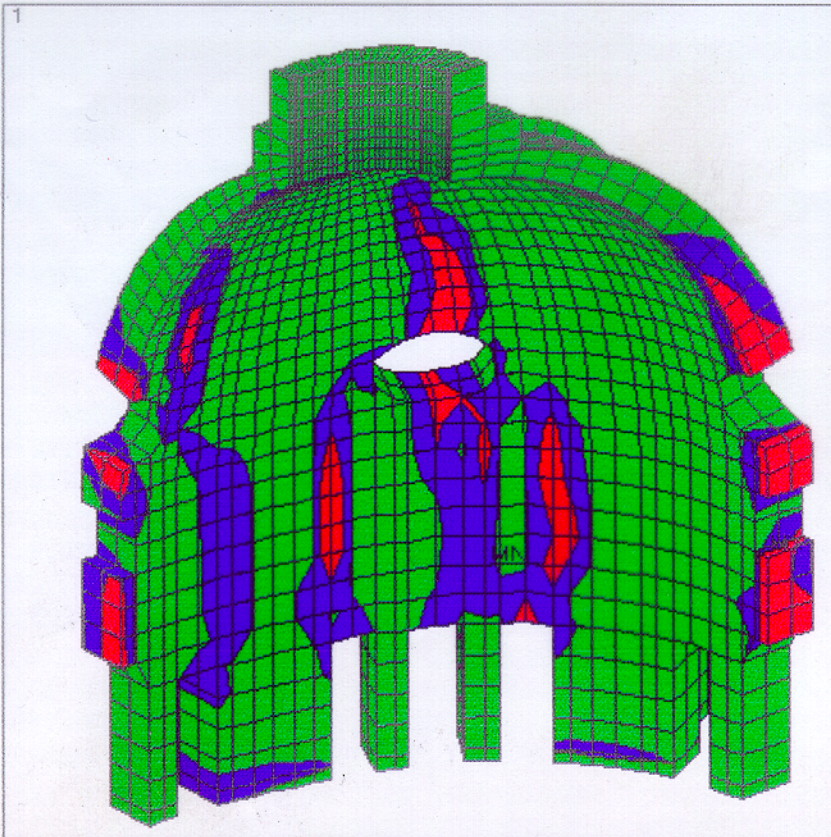
Ponente

Facciata

Diagramma
dei cedimenti
in millimetri (allo zoccolo)

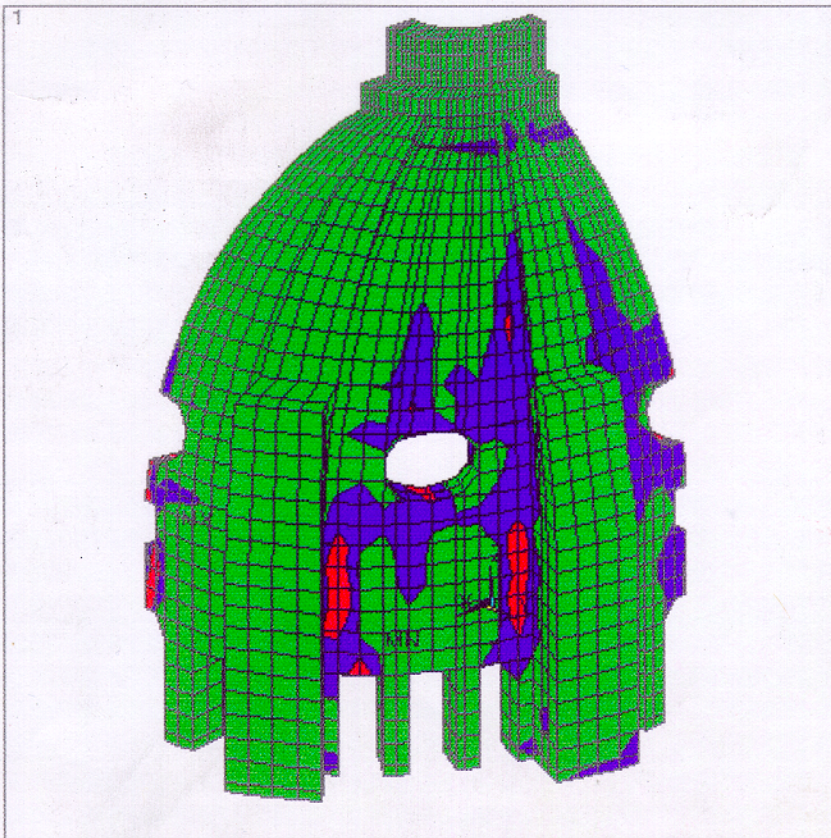


DEFORMAZIONI PRINCIPALI DI TRAZIONE



ANSYS 5.0 A
DEC 13 1994
10:06:17
PLOT NO. 7
NODAL SOLUTION
STEP = 2
SUB = 1
TIME = 2
EPTOT1 (AVG)
DMX = 3.434
SMN = -289E-05
SMX = 0.0364
-289E-05
2.00E-03
1.00E-02
1.00E-02
.004

VISTA
INTERNA



ANSYS 5.0 A
DEC 13 1994
09:55:45
PLOT NO. 6
NODAL SOLUTION
STEP = 2
SUB = 1
TIME = 2
EPTOT1 (AVG)
DMX = 3.434
SMN = -289E-05
SMX = 0.0364
-289E-05
2.00E-03
1.00E-02
1.00E-02
.004

VISTA
ESTERNA