

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.
È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

ARCHITETTURA E COSTRUZIONI

ANCORA DEL CAMPANILE DI S. MARCO

(Veggasi la Tavola XIV)

I. — CENNO STORICO.

Nel fascicolo precedente l'ing. Filippo Laccetti ci ha chiarito le vicende di costruzioni e ricostruzioni avvenute del campanile di S. Marco; ce ne ha dato una descrizione configurativa e strutturale; il tutto in modo così ragionato come nessuno aveva fatto ancora dopo la fatale caduta del 14 luglio scorso.

Ha posto in evidenza che il campanile crollato non era quella torre millenaria che poeti e prosatori hanno lacrimato in questi ultimi tre mesi. Ha dimostrato che il fusto, nella sua struttura dalle fondamenta al pavimento della cella delle campane, non solo era una completa ricostruzione avvenuta nel secolo XV; ma che in occasione di tale ricostruzione perfino l'ubicazione del campanile era stata mutata.

Ci ha ricordato da ultimo che la cella delle campane, e il pinacolo, crollati per due volte, erano stati ricostruiti tra il 1510 e il 1517 per ben una terza volta e in quest'ultima coi disegni e sotto la direzione dell'architetto Bartolomeo Buono, e che la statua stessa dell'angelo caduta insieme al campanile era ancora quella che solennemente maestro Buono aveva fatto collocare alla cima della piramide, nel 1157.

Ma per quanto il Laccetti sia stato chiaro ed ordinato nel farci la storia e la descrizione del campanile, e sagace nel darci una spiegazione del crollo, non è superfluo riprodurre qui il disegno che dobbiamo al Cicognara (1); e precisare alcuni fatti che forse il Laccetti non conosceva quando scrisse la sua Memoria.

I disegni della tav. XIV sono una copia di quelli che figurano nell'opera del Cicognara e nell'atlante del Lazzari (2). Solo vi ho aggiunto la indicazione più esatta del giuoco delle rampe e qualche pianta. Vi ho pure delineate le fondamenta quali si conoscono per la esplorazione che ne fece il comm. Giacomo Boni (3) nel 1885. Ogni circostanza di fatto che riguarda questo monumento è diventata doppiamente preziosa ora che esso è scomparso allo sguardo dei veneziani e all'ammirazione di tutto il mondo.

II. — COM'ERA IL CAMPANILE FUORI TERRA.

L'altezza della parte fuori terra del campanile era così ripartita:

a) dal piano dello scalino superiore del basamento al pavimento della cella campane	m. 54,35
b) dal detto al pavimento del ballatoio	» 9,05
c) » alla cornice del dado-attico	» 9,60
d) dalla detta al basamento della statua	» 20,14
e) dal detto alla sommità	» 5,00
Totale m. 98,14	

(1) LEOPOLDO CICOGNARA e ANTONIO DIEDO, *Le fabbriche della città di Venezia*. — Venezia, 1838. Due vol. in-fol.

(2) ANTONIO LAZZARI, *Gli edifici, i monumenti e gli ornati della città di Venezia*, con disegni acquarellati a mano. — Venezia, Gamba, 1842. Due vol. in-fol. grande.

(3) GIACOMO BONI, *I fondamenti del campanile di S. Marco di Venezia (Secolo IX)*. — Op. in-8°, di pag. 18 e due disegni fuori testo. — Torino, Derossi, 1887 (Estratto dell'annata 1887 del periodico « Il Politecnico »).

La porzione di campanile che si eleva dal basamento al pavimento del ballatoio si poteva paragonare ad un tronco di piramide, che misurava in altezza m. 63,40; e, astrazione fatta delle sporgenze delle cornici, aveva una base inferiore di:

$$m. 12,85 \times 12,50 = mq. 160,62;$$

e una base superiore di:

$$m. 11,85 \times 11,50 = mq. 136,27;$$

vale a dire che le faccie esterne dei muri per ogni metro di altezza verticale si ritiravano internamente di:

$$m. \frac{0,50}{64,05} = m. 0,0078.$$

La base esterna del dado-attico, che era anche la base della cuspidale piramidale, misurava:

$$m. 10,35 \times 10,00 = mq. 103,50;$$

vale a dire che la risega del muro esterno sulla quale si svolgeva il pavimento del ballatoio, aveva una larghezza di m. 0,75.

Il basamento della statua misurava m. 1,60 di lato, quindi le faccie esterne della cuspidale piramidale, per ogni metro di altezza verticale si ritiravano internamente di

$$m. \frac{4,29}{20,14} = 0,213.$$

La faccia di maggior larghezza del campanile era quella della porta, cioè quella disposta parallelamente alla fronte delle procurative vecchie, e misurava sulla base inferiore m. 12,85 e sulla base alla sommità m. 11,85.

Il vuoto interno del campanile, al quale si accedeva con tre scalini dal piano della piazza, fino al piano delle campane, conservava le sue faccie interne a piombo sopra un'area rettangolare di

$$m. 4,45 \times 4,10 = mq. 18,24;$$

vale a dire che lo spessore della parete propriamente detta del campanile, al suo spiccare dalla piazza era di m. 4,20.

Questa parete per altro si sdoppiava tosto in due pareti; una esterna con spessore di m. 2,00; una interna con spessore di m. 1,10; e rimaneva tra loro una intercapedine, sede delle rampe di accesso, larga pure m. 1,10. La parete interna e il vano della scala, come il vano interno del campanile, s'innalzavano a piombo e con sezione costante fino al piano delle campane; la sola parete esterna, come si è detto, aveva una pendenza interna di circa mm. 8 per metro, talché il restringimento del campanile si determinava tutto con il graduale assottigliamento del muro esterno che alla sommità risultava di m. 1,50 di spessore.

Lo ammattonato che formava il pavimento delle 32 rampe di accesso era sostenuto da altrettante volte a botte a tutto sesto, pure di mattoni, che avevano uno spessore in chiave di circa cm. 40 ed una pendenza costante del 20 0/10 circa.

Ognuna delle 32 finestre che si trovava in asse e a capo di ogni rampa, misurata sulla larghezza media dello squarcio, rappresentava un vano nel muro equivalente ad un parallelepipedo di

$$m. 1,75 \times 0,80 \times 1,40 = mc. 1,90.$$

Gli sfondi, che in numero di quattro per ogni lato, s'interponevano tra la sporgenza delle cinque lesene, rappresentavano

per ciascuno un altro vano nel muro equivalente a un parallelepipedo di

$$m. 1,20 \times 0,40 \times 49,80 = mc. 23,90.$$

Il muro interno per l'altezza media di circa 14 metri era continuo e a tutto spessore; e per la rimanente parte della sua totale altezza era traforato da finestroni attigui, due per ogni lato, arcuati a tutto sesto, impostati gradualmente uno più alto dell'altro, in modo che seguivano col loro vertice l'andamento ascensionale della linea d'imposta delle volte di intercapedine. Il vano dei finestroni era tale che a formare il vivo del muro non rimanevano che otto pilastri di m. 1,10 di lato, quattro ai vertici e quattro in asse colle mediane del quadrato di pianta.

Corrispondentemente ai detti otto pilastri, per un'altezza di m. 6 oltre il pavimento della cella delle campane, si innalzavano gli otto pilastri in pietra, che misuravano sul fusto una sezione di circa 60 cm. di lato e reggevano l'impalcatura dei travi cui erano sospese le campane.

Al piano della cella la continuità della parete esterna cessava del tutto e alla struttura a mattoni subentrava una struttura esclusivamente in pietra. Eransi quattro pilastri d'angolo che esternamente misuravano m. 1,40 di larghezza di fusto e racchiudevano su ogni lato quattro vani terminati superiormente da un arco a semicerchio.

Le terne di piedritti, che tre per lato, sostenevano i detti archi erano formate da due colonnette e da un pilastro intermedio che misuravano rispettivamente 40 centimetri di diametro e di lato.

Superiormente all'impalcatura delle campane, per tutta l'altezza del dado-attico e nel vano della cuspide, cessava ogni struttura interna di collegamento e contrasto alla parete esterna; lo spessore utile resistente delle quattro pareti del dado e delle quattro faccie della cuspide non era che di 50 cm.; e la parete della cuspide non aveva dentro di sé altro collegamento che tre inteleari quadrate di chiavi in ferro; che per ogni lato misuravano rispettivamente la lunghezza di metri:

$$9,50 \quad 7,50 \quad 4,50.$$

Sono in tutto dodici spranghe di ferro, le sole che nel campanile, rappresentassero un vero efficace collegamento metallico; esse, come sono figurate nel disegno dell'opera del Cicognara, devono essere state murate originariamente coi rispettivi bolzoni, nascosti in spessore di muro in occasione dell'ultima ricostruzione della cuspide. Che si sappia, in tutto il campanile non esistevano altri collegamenti metallici i quali fossero stati collocati sistematicamente a scopo di solidità. Si ha solo memoria di alcune fasciature in ferro che furono apposte per rinforzo ad uno dei pilastri della parete interna in un punto che presentava debolezza.

Considerando in complesso tutta l'orditura generale, le dimensioni e le forme del campanile nella sua parte fuori terra, è giuocoforza concludere che il tutto era stato ideato ed eseguito con arte e razionalità e che esso non portava intrinsecamente in sé un errore di progetto, un vizio d'esecuzione cui possa attribuirsi l'origine della catastrofe del 14 luglio.

III. — COM'ERANO I FONDAMENTI.

Anche l'esame delle fondamenta porta alla stessa conclusione.

Esse sono formate da un masso lapideo tronco-piramidale che tutto si nasconde entro terra e poggia sopra un doppio tavolato disteso su una palafitta. Superiormente al masso lapideo si distendono cinque gradini che formavano lo zoccolo del fusto fuori l'antico pavimento ammattonato della piazza. Quando, nel 1875, si fece sulla piazza l'ultima pavimentazione in lastre di pietra, detto pavimento rimase interrato per circa 65 centimetri; e ultimamente rimanevano in vista solo due scalini e mezzo che formavano lo zoccolo apparente fuori il lastricato della piazza.

Il masso di fondazione tronco-piramidale è alto m. 3,46 e le sue basi inferiore e superiore misurano rispettivamente:

$$m. 14,85 \times 14,50 = mq. 215,32$$

$$m. 14,15 \times 13,80 = mq. 195,27.$$

Esso è costituito da sette strati a blocchi parallelepipedi di pietra lavorata alla punta grossa. Lo strato inferiore, il più poderoso, misura uno spessore di 90 centimetri. Alcuni degli strati superiori misurano appena 30 centimetri di spessore. I blocchi dei singoli strati sono promiscuamente formati di *bron-zetto d'Istria*, di arenarie giallognole e brune, di trachiti brune, verdognole e porfiriche.

Tra uno strato e l'altro si interpone un grosso strato di malta che, non essendo idraulica ed essendo sempre rimasta a contatto dell'acqua di sotto suolo, non potè mai fare il suo indurimento. Nel 1885 il Boni riscontrò che detta malta era composta di calce bianca d'Istria, spenta all'atto di valersene e mista ad una quantità sufficiente di sabbia; ma che si estraeva ancora molle dalle commettiture delle pietre e che asciugandosi si sgretolava.

L'alzarsi e l'abbassarsi della marea, che da secoli ha prodotto un alto e basso anche nelle acque di sottosuolo, deve avere operato una lavatura nella malta esportando continuamente le particelle della calce. Il fenomeno, da quanto pare, si è esercitato con uniforme intensità su tutti i lati del masso di fondazione. Questa sottrazione di materia può avere prodotto un abbassamento nell'altezza totale del masso di fondazione; ma non ha dato luogo ad uno strapiombo del campanile, né ha nuociuto alla solidità dei fondamenti.

I cinque scalini che formavano lo zoccolo fuori terra sono di calcare bianco d'Istria, e determinano nel loro assieme un superiore strato di fondazione a parete tronco-piramidale, alto m. 1,30, e le cui basi sono rispettivamente:

$$m. 14,15 \times 13,80 = mq. 195,27$$

$$m. 12,85 \times 12,50 = mq. 160,62.$$

La massa interna di questo zoccolo è probabilmente formata di muratura a mattoni uguale a quella che costituisce tutta la rimanente massa del campanile fuori terra.

Il sottosuolo dell'estuario veneto è così formato che, a circa cinque metri sotto il *comune livello marino*, dopo parecchi strati di sabbia e melma argillosa, si incontra un banco di argilla compatta che in media non ha più di 5 centimetri di spessore. Questo strato si rinviene in tutti i punti della città, ha caratteri nettamente riconoscibili e viene comunemente detto il *caranto* oppure lo *strato carantoso*. Inferiormente a a questo primo strato carantoso, per una successiva profondità di altri due metri, si attraversano successivi strati alternati di sabbie e di torbe e poi si incontra un nuovo strato argilloso compatto, detto il *secondo caranto* o *caranto inferiore*. Quest'ultimo, che ha una potenza variabile da uno a due metri a seconda della località, riposa a sua volta sopra altri strati alternati di sabbia e di argilla, i quali, alla loro volta, poggiano su un terzo *caranto* argilloso e così di seguito per tutte le profondità cui furono spinti i sondaggi.

Lo scavo di fondazione per case di abitazione e per edifici a poca elevazione si arresta al primo caranto; sopra di esso si distende un doppio strato di tavole di legno e, senz'altro, si inizia la muratura di fondamento.

Quando si tratta di un edificio a grande mole, raggiunto il primo caranto, si batte una palafitta e si va colla punta dei pali a trovare appoggio sulla parte superiore del secondo caranto; ma non si tralascia di distendere sulle testate dei pali un doppio strato di tavole o di tavoloni di legno disposti uno trasversalmente all'altro e fortemente chiodati tra di loro.

Nel campanile di S. Marco si è tenuto quest'ultimo procedimento, e di fatto il Boni, nella sua esplorazione del 1885, arrivato allo strato carantoso, trovò lo zatterone formato di due strati di tavoloni di rovere durissimo aventi ciascuno dodici centimetri di spessore che sono indicati con due strisce

nere nello spaccato del disegno; e constatò ancora che lo zatterone poggia sopra una palafitta formata con tronchi di pioppo aventi circa 26 centimetri di diametro. Come vedesi, adunque, le fondamenta sono state eseguite in buona regola e tutt'ora in buona regola erano al momento del crollo.

IV. — LESIONI CHE PRESENTAVA IL CAMPANILE.

Esaminate così le condizioni generali di progetto e di esecuzione dell'assieme del campanile, rimangono ancora ad esaminare alcuni fatti secondari, accidentali che, uno ad uno, non possono essere stati la causa della caduta; ma che pur tuttavia possono, o isolatamente, o per ragioni di concomitanza, avere contribuito a determinarla.

Anzitutto havvi memoria che il campanile da molti anni presentava due fenditure, una nella parete di ponente, verso la Torre dell'orologio, ed una nella parete corrispondente opposta, verso le Procuratie nuove. Disgraziatamente nessun rapporto scritto, nessun disegno esiste che serva a localizzare e bene determinare l'entità e l'andamento di quelle due lesioni. Pare che raggiungessero il loro massimo allargamento a due terzi di altezza del fusto e che avessero andamento inclinato dall'alto al basso verso la Loggetta. Alcuni asseriscono di aver notato la lesione ad occhio nudo parecchi giorni prima del disastro, stando a pochi passi dai piedi della Torre dell'Orologio; altri asseriscono di avere notate le lesioni internamente nel campanile anche una decina di anni addietro. Alcuni testimoni oculari della caduta asseriscono che le prime rotture, le prime sfuggite di materiali e pulvischio si determinarono appunto all'altezza e nei luoghi dove quelle lesioni si erano rese più appariscenti. Molte altre cose si narrano del come avvenne la caduta; ma le narrazioni dei testimoni oculari vanno raccolte con molta circospezione perchè alcune di esse sono contraddittorie tra di loro. In esse la suggestione deve avere avuto la sua parte perchè tutti a Venezia credettero per qualche tempo dopo la caduta che si trattasse di un finimondo.

Si dice abitualmente che il campanile è caduto a piombo e si è insaccato. Ciò è vero solo per approssimazione, perchè il mucchio delle materie ebbe maggiore svolgimento dal lato della Loggetta, a segno che molto materiale andò ad urtare e ad involgere le basi e parte dei fusti delle colonne della Basilica; mentre dalla parte opposta il cumulo delle materie si allontanò assai meno dalla base del campanile.

Deve adunque essersi formata una specie di superficie di frattura che divise il campanile in due parti; una di queste parti, la prima che si pose in iscorrimento, deve essere stata quella verso la Basilica. Ciò non impedisce che, per reazione, anche la parte rimanente opposta abbia dovuto subire una traslazione o rotazione in senso opposto; e ciò spiega l'enorme spandimento di rovine che si ebbe anche dal lato della piazza opposto a quello della Loggetta.

La statua terminale che andò a cadere alla porta della Basilica, le campane, le altre più grosse masse di caduta che si trovarono dal lato della Loggetta, tutto serve a confermare, a rendere quasi certo che la maggior parte del campanile ebbe a rovinare verso la Loggetta.

Alcuni asseriscono di aver visto la Loggetta, quasi intatta, subire un moto di spostamento verso la Basilica, e ciò concorre a confermare maggiormente l'andamento generale del movimento di caduta.

Qualche cosa ancora ci è dimostrato dalla forma che presenta ora il mozzicone di campanile superstite. Il muro di perimetro sul lato della Loggetta, quello che formava parete di fondo alla Loggetta stessa, è rimasto pressochè intatto per tutta l'altezza che intercedeva dal pavimento all'imposta della volta, cioè per circa sei metri di altezza. Il muro parallelo opposto è stato quasi del tutto schiantato fino a raso suolo, fino cioè agli scalini dello zoccolo.

Questa configurazione del mozzicone, che ha la faccia superiore con andamento inverso a quello che aveva il piano ideale di scorrimento tra le due parti del campanile, non è in contraddizione con la ipotesi della detta direzione dello scorrimento; la parte cadente che ha dovuto consumare una parte del suo lavoro *urtante* a spostare la massa della Loggetta ha risparmiato in parte il muro di base; la parte opposta invece, che non aveva ostacolo di sorta, ha potuto distrurre liberamente il muro fino al suolo.

Molti hanno affermato che il campanile è andato tutto in frantumi impercettibili, che le rovine erano un masso di calcinaccio polverizzato e di mattoni infranti. E difatti l'aspetto generale delle rovine era quello di una massa biancastra polverulenta dalla quale tratto tratto emergeva un mozzicone di trave, un ceppo di campana infranto, o uno spigolo di masso di marmo.

Da ciò molti traggono il giudizio errato che il campanile era formato di una muratura infranta, disgregata, che non presentava più nessuna coesione tra mattone e mattone, e che quindi *nessuna forza umana* avrebbe potuto opporsi alla catastrofe.

Il giudizio è errato e la conclusione che se ne deriva è doppiamente sbagliata.

Anzitutto il lavoro di sgombero ha dimostrato che non solo tutti i mattoni delle macerie si trovavano intatti, ma tutti o quasi tutti erano ancora conglomerati con la calce; nessun mattone presentava indizio di schiacciamento avvenuto per eccesso di pressione subito insieme alla rispettiva malta conglomerante quando era ancora in opera.

Alcune porzioni di muro, anche dopo la caduta, formavano ancora un blocco intatto di muratura regolarmente buona e presentavano dimensioni trasversali di uno, fino a due e più metri; e ciò a segno che con alcuni di questi massi si è diviso di formare una piramide da conservare nei giardini pubblici di Venezia a ricordo dell'antico campanile.

È giuoco forza concludere da tutto ciò che la massa del campanile era, nella sua struttura generale, in condizioni ben lungi dal disgregamento; anzi la struttura era regolare e sufficientemente buona se non più buona di quella che si riscontra nella generalità di altri edifici che non crollano e che da mille e più anni conservano intatto, inalterato il loro stato di indurimento e di solidità.

Si è parlato molto della traccia orizzontale che fu operata in rottura nel muro per il ricambio della pietra di *sporto* a protezione del tetto della Loggetta. Taluni asseriscono che questa traccia si fece solo per la profondità di otto centimetri; altri asseriscono che la profondità fu spinta per bene a quaranta centimetri; ma non si è udito il racconto che la traccia si sia eseguita a tratti brevi, di metro in metro, per esempio, che il rimuramento lo si facesse di mano in mano con malta di cemento; che durante l'operazione si adoperassero puntelli o cunei di sicurezza per disturbare il meno possibile la continuità della trasmissione di pressione della muratura infranta. Insomma, non si hanno notizie del grado di prudenza e di scrupolo con cui si operò nel murare lo *sporto* a riparo del tetto della Loggetta.

Già prima dello sgombero delle materie si erano deplorati vuoti per vani di armadio, per canne di camino fatti in rottura a danno della solidità delle masse resistenti del campanile. A sgombero compiuto fu constatato che di poco superiormente alle prime rampe d'accesso e in dipendenza dell'abitazione del custode si era operato:

- un taglio per l'impianto del forno di cucina;
- una nicchia per piatti e pentole;
- un vano e canna per l'acquaio;
- un gabinetto di cesso;
- un incasso per armadio;
- un assottigliamento di muro per allargare un camerino di

abitazione con taglio di 50 centimetri sullo spessore del muro stesso e della corrispondente arcuazione;

un assottigliamento dello stesso muro sulla faccia opposta, in guisa che rimaneva a resistere appena la metà dello spessore originario del muro.

Un altro fatto anche anormale esisteva nel campanile di S. Marco. Di esso forse nessuno ha spiegato abbastanza l'origine e la parte che può avere avuto nel determinare la catastrofe.

Sulla faccia vista del muro sovrastante alla Loggetta si vedevano molte *leghe* di pietra d'Istria, che si riscontrano tutt'ora nettamente sulle fotografie. Queste leghe non esistevano sulle altre facce del paramento esterno dei muri e tanto meno su quello interno. Fenomeno analogo si riscontra anche sui muri esterni del campanile di S. Stefano e di altri campanili di Venezia, dove costantemente si riscontra l'apposizione di leghe esterne in pietra che non furono murate in costruzione, ma che furono apposte, alcune da molti e molti anni, altre da poco tempo a ricordanza d'uomini, ed evidentemente per riparare ad una cattiva condizione di essere della muratura a mattoni del paramento.

Questo lavoro delle leghe, quello che il Laccetti indica con una locuzione espressiva di *cuci e ricuci*, che i veneziani indicano col nome di *rimpello*, che si potrebbe anche dire lavoro di *rabbrecciamento superficiale*, questo lavoro, dico, lo si riscontra solo sui muri rivolti a mezzanotte. Ciò indurrebbe a concludere che sia dovuto esclusivamente all'azione del gelo e del disgelo invernale che lavora con maggiore intensità a danno delle pareti meno favorevolmente esposte.

Ma il gelo e disgelo, se deve essere una causa concorrente nel determinare il fenomeno, non deve essere la causa unica e nemmeno la principale; perchè estesissime porzioni di paramento a mattoni, specie di quelle formanti la sporgenza delle lesene, si trovano quasi distaccate dal retrostante nucleo murale anche sui lati di levante e di ponente, nonchè sui lati a mezzogiorno di alcuni campanili che ebbero occasione di osservare.

Fin'ora non si è dovuto fare opera di riparo e applicazione di leghe apparenti sui detti lati meglio esposti del campanile; ma il fenomeno del *distacco* è sensibilissimo, in alcuni punti si riconosce anche a vista, in altri punti si può riscontrare, quasi misurare e circoscrivere con una leggera ripercussione a martello che dà il suono come se dietro vi fosse un vuoto di armadio. Non è ancora arrivato il tempo; ma arriverà inesorabilmente la necessità di ricorrere al lavoro di rimpello e delle leghe anche sopra questi lati, come è arrivata più presto sul lato di mezzanotte, perchè ivi la cattiva esposizione ha contribuito a rendere più grave il fenomeno.

Questo fatto del *distacco* della zona superficiale della muratura si può paragonare in certo modo al distacco della corteccia troppo matura degli alberi e potrebbe avere avuto principio fino dal tempo del primo muramento del manufatto.

Per i muri di grande spessore può avvenire un fenomeno di *ritiro* della parte superficiale più rapido che non quello dell'indurimento e ritiro della parte centrale; insomma un fenomeno analogo allo screpolarsi della vernice di una ceramica che venga sottratta repentinamente dalla temperatura di fornace; od al danneggiarsi delle fondite in metallo quando si sottraggono troppo presto dal lento raffreddamento nelle forme.

A Venezia l'azione del *distacco* può essere stata aiutata dal fatto che quasi tutti i mattoni di paramento sono collocati di *fascia* e i pochi che sono messi di *punta* non determinano una sufficiente aderenza del paramento esterno col muramento interno. Può avere contribuito ad aggravare il fenomeno l'azione della salsedine marina; e perfino i movimenti molecolari di assestamento o *ricalco* della muratura, più grandi che altrove a cagione della compressibilità eccezionalmente grande del

terreno di sottosuolo dell'estuario, possono avere la loro parte nella determinazione di quel fenomeno che, a mia saputa, non esiste che a Venezia.

Qualunque sia la causa, fatto è che il fenomeno esiste ed è dimostrato dalle leghe in pietra e dagli arpesi in ferro visibili e riscontrabili in molti monumenti di Venezia.

Pare che il piano di separazione si determini alla profondità di una testa di mattone; e di fatto non pochi dei mattoni messi di punta si vedono spaccati per metà. Si tratta adunque di un malessere superficiale che non può avere avuto un'azione principale nel preparare la caduta; ma a cagione delle vie che ebbe ad aprire all'acqua e all'azione del gelo e disgelo; per le riparazioni cui ha dato luogo, sia con applicazione di leghe in pietra sia con infissione di arpesi in ferro, che ripetutamente si sono fatte sul campanile di S. Marco anche in questi ultimi anni, è certo un fenomeno che deve essere preso in considerazione per esaminare se e come abbia potuto concorrere a preparare la caduta.

V. — PERCHÉ IL CAMPANILE È CADUTO.

Abbiamo memoria di celebri monumenti caduti in tutte le parti del mondo; ma la causa della caduta è quasi sempre nota od almeno non ha dato luogo a grandi discussioni. Pel campanile di S. Marco invece, sono trascorsi oramai quattro mesi; si è compiuto lo sgombero delle macerie e la causa della caduta non ha ancora avuto un'adeguata spiegazione.

Italiani e stranieri hanno addebitato la caduta alle fondamenta mal ferme; ma essi ignoravano certamente i risultati dell'esplorazione del 1885.

Il campanile d'altronde era a piombo; non denotava nessun distacco tra lo zoccolo e il lastricato della piazza; quindi la massa era ferma sulla sua base.

Ora che lo sgombero è compiuto si è constatato che l'urto delle masse cadenti ha avvallato il suolo della piazza in alcuni punti per compressione di terreno o per sfondamento di cunicoli; ma i cinque scalini dello zoccolo che poggiano sulla risega del masso di fondazione, sono riapparsi alla luce colle loro faccie piane, coi loro spigoli rettilinei, orizzontali come erano prima.

Se l'urto non ha scompagnato le fondamenta ciò vuol dire che non solo esse sono valide e regolari; ma che sono atte a reggere un peso fisso superiore ancora a quello del campanile caduto.

Qualcuno disse che i materiali del campanile fuori terra erano di qualità scadente; che la loro committitura in opera fu eseguita malamente; che gli agenti fisici e chimici, le vibrazioni prodotte dal movimento delle campane si sono opposti all'indurimento delle malte fatte con calce non idraulica; che da ultimo il disgregamento era così avanzato che *la massa dava delle spinte più potenti di quelle di un liquido*; che quindi qualunque fasciatura, qualunque forza umana avrebbe potuto far ritardare, ma non impedire la caduta.

Ma tutto ciò è contraddetto dai fatti. Ho detto più sopra come il materiale delle macerie non era così sgregato come tanti hanno creduto; milioni di mattoni sono stati caricati sui vagonetti e sono stati inghiottiti dal mare pur essendo ancora perfettamente conglomerati colla loro calce. A spiegare l'enorme quantità di calcinaccio pulverulento che, specie nei primi giorni, copriva tutte le macerie, basta pensare al rotolare, all'urtarsi di tante masse che cadevano da altezze vertiginose. Tra i mattoni vi erano pezzi provenienti da rovine di monumenti d'epoca romana; ma l'impasto e la cottura di questi ultimi era superiore per bontà a quella dei mattoni di fabbricazione veneziana; e questi alla loro volta erano pari per bontà ai migliori mattoni che si sono impiegati o si impiegano tutt'ora a Venezia. Nessun mattone poi presentava indizio di schiacciamento o rottura subiti in opera per eccesso di pressione.

Il Laccetti asserisce che il muro esterno del campanile era

come diviso verticalmente in tre parti. Una esterna e una interna murate più diligentemente; ed un nucleo interposto che sarebbe stato eseguito *a sacco*. Il peso delle masse superiori avrebbe provocato uno scorrimento del nucleo centrale producendo nel basso dei muri il rigonfiamento e la crepatura nelle due parti esterne del muro. Se ciò fosse avvenuto le prime avvisaglie sarebbero comparse gradatamente e si sarebbero diffuse sui quattro lati della porzione inferiore del campanile. Invece furono sempre due ed in alto i due centri di fenditure riscontrati e precisamente nei pressi dei luoghi dove i testimoni oculari riferiscono di avere notate le prime sfuggite di materiale e calcinaccio.

Le anzidette spiegazioni poi non danno ragione del modo, dirò così, *galoppante* con cui si aggravò il male negli ultimi giorni. Il campanile, si può dire, fu colto di improvviso da un male acuto; venne tosto l'agonia e questa fu così breve che i tecnici non hanno avuto tempo di orientarsi; parlavano di ottenere il permesso per provvedimenti di urgenza, cercavano se a Venezia avrebbero trovate delle funi di acciaio per cerchiature; e il campanile era già in rovina ed è molto se i tecnici stessi non furono travolti nelle macerie.

Che più? Il pubblico stesso alla vigilia del 14 luglio con la maggiore tranquillità riteneva che i timori sulla sorte del campanile fossero una chimera!

Per tutti gli anzidetti fatti e motivi a me pare si possa trovare altra spiegazione più naturale dell'accaduto ricorrendo col pensiero alle azioni del fulmine.

In qualche modo il campanile era in Venezia, rispetto alle chiese ed agli altri campanili, ciò che è sulle montagne una punta di prim'ordine; o ciò che su un bastimento è l'albero maestro; e quindi era più facilmente esposto alle scariche elettriche e quindi più soggetto a trovarsi in lotta col fulmine.

Tutta la storia infatti della costruzione del campanile e delle sue ricostruzioni; quella del pinacolo che era giunto alla sua terza riedificazione è una continua narrazione di fulmini che rompono e fanno crollare parti di campanile e di uomini che lo riparano e lo riedificano. E da ultimo lo Zendrini fa memoria di un fulmine spaventoso che nel 1745 danneggiò gravemente il campanile in 32 punti.

È noto poi che le scariche del fulmine agiscono in modi i più disparati, e producono effetti che alle volte sono giudicati capricciosi, contraddittori, incomprensibili. Alle volte il fulmine tocca e rovina; altre volte rompe e produce aperture e tracce momentaneamente impercettibili; ma che ad una prossima occasione si manifestano poi rovinosissime.

Ora, dico io, come si può escludere dalla mente che in una di quelle cadute avvenuta o prima o dopo la costruzione del pinacolo, il fulmine abbia determinato una superficie di frattura nel corpo del campanile? Questa frattura può avere già trovate *iniziate*, oppure può avere *determinate* le lesioni che da molti anni erano in alto nei due muri a riscontro a notte ed a giorno. Possono essere state avvertite tosto le lesioni; possono gli uomini avere eseguito malamente o insufficientemente ricostruzioni e riparazioni delle quali non abbiamo più memoria circostanziata. Può essere avvenuto tutto ciò e la frattura intanto può avere continuato ad esistere e, peggio, ad esistere occulta, nascosta, mascherata dalle pretese opere di riparo.

Certo gli è che quando una massa murale ha subito una frattura non può, come fa un organismo vegetale od animale, rimarginarla da sé col solo funzionamento delle proprie interne forze vitali.

La frattura permane, ed allora una scossa di terremoto, di uno sparo di cannoni, un movimento delle campane, possono separatamente o assieme intervenire ad aggravarla in qualche misura. Le acque di infiltrazione, il gelo e il disgelo, la salsedine marina, perfino i movimenti naturali, ordinariamente innocui, dovuti ai cambiamenti termici giornalieri e di sta-

gione, possono lavorare ad accrescere l'entità della frattura, non certo a rimarginarla.

Non è adunque escluso che esistesse come un cuneo ideale, fatale, inavvertito, inesorabile che ogni giorno più si avanzava tra le due parti in cui il campanile era stato diviso da una superficie di frattura.

Si sono fatti estesissimi lavori superficiali di *rimpello* alle faccie esterne del muro esterno; ma quelle non furono che il belletto, la cipria che momentaneamente mentiscono la presenza delle rughe e che poi più tardi le aggravano, le denunciano più inesorabili di prima.

Si sono applicati degli *arpesi* in ferro, si sono murate delle *leghe* in pietra a fine di tenere la parte superficiale della parete aderente con il nucleo centrale del muro. Ma anche questo è sempre stato un rimedio di apparenza, non di sostanza. Tutte le porzioni di muratura nuova che a questo modo sono andate abbarbicandosi al muro vecchio hanno obbligato a fare profonde scalpellature e ad esportare altrettante porzioni valide di muro interno per collocare delle nuove masse non solo non valide, ma passive. L'inevitabile *ritiro* che subirono le nuove murature le separò dalle vecchie e determinò una discontinuità, una vera camera d'aria tra nuovo e vecchio. Dopo queste operazioni, il vano, la discontinuità nel vecchio muro non solo esisteva; ma vi era di più il peso di una massa inerte che nascondeva apparentemente il vano e gravava sugli strati inferiori o tendeva a distaccare nuove particelle degli strati superiori; e rimanevano aperte tante fessure dove l'acqua trovava la porta per farsi strada, per andare a interporsi tra il nuovo ed il vecchio e a produrre quelle alterazioni, quei rammollimenti che preparavano il campo di azione al gelo quando questo sopraggiungeva e trovava ancora delle particelle d'acqua in quegli interstizi che non avevano avuto tempo di evaporare.

Insomma le opere di rimpello e di applicazioni di leghe non possono paragonarsi ad altro che a un esteso lavoro superficiale sulle pareti esterne, che ha avuto l'intenzionalità di opporsi all'azione disgregante delle intemperie; ma che le ha favorite ed ha reso più profondo, più rapido, più intenso il loro effetto di corrosione; ed ha portato a una conseguente diminuzione della entità perimetrale resistente del campanile.

Malgrado la frattura o le fratture del fulmine; malgrado la corrosione, la consumazione superficiale della parete esterna fatta dalle intemperie e aggravata dagli uomini; malgrado tuttociò, il campanile rimaneva a sesto ugualmente. Avevano tali dimensioni le sue pareti che, in condizioni normali avrebbero continuato a reggerlo per altri secoli se fossero anche state eseguite a secco. Era così organica, così giudiziosa ed equilibrata la distribuzione delle sue masse come le aveva predisposte il suo architetto; erano così buoni i materiali, così abbastanza bene erano stati messi in opera, che se una forte, una profonda lesione non fosse venuta ad attraversarlo, egli avrebbe conservato per tutti i secoli la sua solidità e il suo equilibrio. Invece quella profonda ferita interna, lenta, sleale, inesorabile, di soppiatto si avanzava. Avanzava, avanzava a passi micrometrici, forse di pochi centimetri, di pochi millimetri all'anno; ma avanzava, avanzava sempre.

Finalmente venne il così detto periodo della civiltà progredita; venne il secolo dei restauratori dei monumenti; e alcune attenzioni pei monumenti furono perfino troppo zelanti. Si volle che un custode vegliasse continuamente alla sicurezza del campanile e si volle predisporre un alloggio per lui e per la sua famiglia nell'interno del campanile. E mentre ciò da una parte era uno zelo pel campanile, fu dall'altra parte una causa che si tagliasse, si rompesse per diritto e per traverso muri e pilastri per far posto a passaggi, vani d'armadio, cunicoli del fumo e via dicendo. E tutto ciò si effettuò con un processo da troglodite come se le masse del campanile fossero una montagna di roccia a profondità inesauribile.

L'acqua di pioggia che da secoli batteva contro il campanile e colava sul tetto della Loggètta finalmente aveva corso in alcuni punti la pietra di *sporto* a protezione del tetto, si era aperta la via a danneggiare la volta sottostante. Bisognò cambiare quella pietra. Non si sa come fu fatta l'operazione; ma non è escluso che, ponendo troppo zelo alla Loggètta, si dimenticassero i dovuti riguardi al campanile.

Nessuna di queste ultime operazioni da sola, forse anche tutte assieme, avrebbero potuto recare danno al campanile se si fosse trovato nelle sue condizioni normali; ma una qualunque di esse, forse due o più di esse per azione concomitante vennero ad agire e produssero qualche movimento, qualche discontinuità di riparto di pressione, qualche altra frattura che andò ad unirsi colle fratture antiche e si venne così a togliere quell'ultimo chiavistello, quell'ultimo cuneo, quell'ultimo presidio che era come il segreto, il perno sul quale poggiava ancora l'equilibrio statico del campanile malgrado la presenza delle fratture antiche. Tolto quest'ultimo presidio, addio equilibrio, addio compagine, addio sapienza dell'architetto del campanile, addio tutto; il movimento incomincia, le masse si spostano, di improvviso le fenditure si allargano, cadono mattoni, si staccano pietre e non vi è più nè la calma, nè il tempo di pensare a un rimedio e tanto meno l'ardire, la possibilità di dare al rimedio un principio di attuazione.

VI. — LA CADUTA ERA INEVITABILE?

Molti, quasi tutti, hanno sentenziato che nessuna forza, nessuna previsione umana avrebbe potuto salvare il campanile. Si è detto che tardi o tosto la catastrofe doveva avvenire e meglio così che è avvenuta senza vittime umane! Ma a ragionare in tal modo è come disconoscere che molte volte a piccole cause corrispondono grandi effetti e così nel bene come nel male. Una piccola, una quasi impercettibile azione negativa ha potuto farlo crollare; un'altra piccola azione positiva, giudiziosa poteva salvarlo.

Da anni ed anni si vedevano le fenditure, si notavano, si discuteva su di esse; si credeva, non si credeva, all'importanza di esse. Perchè come mai a nessuno è venuta l'idea che viene a chiunque, anche non tecnico, di porre delle chiavi in ferro quando si avvertono delle lesioni?

Quasi tutte le case di Venezia hanno chiavi in ferro poste originariamente in costruzione o poste più tardi quando si avvertì qualche pelo, qualche lesione. A ogni svolto di calle si vedono i bolzoni in ferro; alcuni di essi sono applicati anche ai muri inferiori e si possono toccare colle mani.

Si possono scusare gli architetti antichi edificatori di campanili in Venezia. Essi scarseggiavano di ferro; mancava allora l'esperienza di fatto dei secoli; abilissimi muratori, esperitissimi nel giudicare e nell'eseguire le fondazioni, sapevano che nel campanile non dovevano esistere spinte orizzontali; le spinte delle piccole volte di rampe di scala erano e sono di entità trascurabile; non trovavano la necessità e non apponevano una chiave di ferro in tutti i campanili che andavano innalzando. Anche Bartolomeo Buono non ha potuto comprendere quale presidio di sicurezza poteva essere una cerchiatura di ferro posta anche nel tronco inferiore del campanile; e si limitò a porre tre cerchiature nella cuspide; ivi intuì l'azione spingente orizzontale e trovò logiche le cerchiature e non risparmiò quelle 12 poderose spranghe di ferro che, ritengo, devono trovarsi tra il materiale di spoglio del campanile.

Però, ripeto, gli antichi architetti sono scusabili. Ma come mai dopo che sono passati i secoli, dopo che i campanili hanno manifestate delle lesioni, dopo che le cadute del fulmine ci hanno dati tanti esempi di crolli e di rifacimenti così fatali, così costosi, non si è ricorso anche a Venezia al sistema delle cerchiature in ferro?

Si noti che in terra ferma quasi tutti i campanili, a partire da quelli più umili dei più piccoli villaggi di pianura o

di montagna, ai più grandi delle cattedrali, hanno i loro bolzoni di ferro in vista o nascosti. Le rispettive catene interne in ferro furono apposte originariamente in costruzione o vennero aggiunte tosto che qualche sintomo dimostrò che non vi erano tiranti in ferro o che si temè che quelli posti in costruzione non fossero validi o sufficienti.

Ora, dato tutto ciò, rimane un mistero inesplicabile che da anni ed anni sia venuto *in mente* a nessuno di porre al campanile di S. Marco due cerchiature in ferro nella zona dove le fenditure erano più appariscenti. Non si attribuisca ciò nè alle difficoltà della spesa, nè agli ostacoli della burocrazia. Due cerchiature in ferro, quattro sigillature a calce, a gesso, od a cemento, fatte con calma quando non vi è pericolo ed allarme, costano così poco, si eseguono in tanti modi, con tanta facilità che non occorrono nè stanziamenti appositi, nè i lunghi ritardi della pratica per via gerarchica, e può bastare un piccolo storno di spesa dallo stanziamento dell'ordinaria annuale manutenzione.

Non dico che due cerchiature avrebbero di punto salvato il campanile; ma se si fossero apposte ne seguiva che uno, due, anche dieci anni dopo qualcuno avrebbe guardate le sigillature e le avrebbe trovate chiuse o le avrebbe trovate riaperte più o meno. Ma se si riscontrava che erano riaperte si aveva tosto un indice prezioso, sintomatico per fare la diagnosi del male, per determinare la natura sua, la sua origine. Avrebbe bastato allora una aggiunta di qualche altra cerchiatura, collocata in un punto più propizio, eseguita con ferri più buoni o più grossi, applicata con maggiori cautele e giudizio. Si sarebbe ricorso anche al sistema, molte volte usato, di porre i ferri a caldo perchè colla maggior tensione dopo il raffreddamento abbiano in modo più sicuro ad esercitare il loro effetto di collegamento. Queste e altrettante opere si sarebbero potute fare che certamente avrebbero condotto alla salvezza del campanile e avrebbero risparmiato il rosore che quanti siamo architetti viventi in Italia ci sentiamo salire in volto per questa ignominiosa avvenuta rovina del campanile di S. Marco.

Torino.

Ing. C. CASELLI.

GEODESIA ELEMENTARE

INFLUENZA DEGLI ERRORI ANGOLARI NEL PROBLEMA DI SNELLIUS AMPLIATO IN GENERALE.

Nella trattazione che si fa di questo problema, si deve sempre intendere compreso implicitamente il problema di Pothénot, che n'è il caso particolare per $n = 4$.

In una precedente Nota (*) abbiamo dato la risoluzione di questo problema generale, cioè abbiamo trovato l'espressione dell'azimut del primo lato della poligonale $AP_1 \dots P_n C$ in funzione degli elementi dati, ossia delle coordinate rettangolari dei vertici del triangolo di riferimento ABC e delle due serie degli angoli misurati.

In altra successiva Nota (**) abbiamo trovato l'espressione analitica e la costruzione geometrica del *segmento fisso* del primo e dell'ultimo lato della poligonale e quindi dedotto la risoluzione grafica dello stesso problema generale.

(*) G. DELITALA, *Determinazione di una o più stazioni incognite con semplici misure angolari* (« L'Ingegneria Civile », 1901, pag. 377 e seguenti).

(**) G. DELITALA, *Del segmento fisso nel problema di Snellius ampliato in generale* (« Il Monitore tecnico », 1902).

In una terza Nota (***) abbiamo riferito un'altra risoluzione analitica del problema indipendentemente dalla considerazione degli azimut e delle coordinate, valevole solo quando i lati del poligono di $(n + 3)$ lati non s'intrecciano; perciò si rende necessaria la determinazione dei due angoli incogniti ϕ e ψ del poligono. In questo caso se supponiamo noti gli errori di misurazione delle due serie di angoli componenti $\alpha_n, \beta_n (n = 1, 2, \dots, n)$ si possono determinare gli angoli incogniti veri di ϕ e ψ , direttamente introducendo nelle formule di risoluzione invece degli angoli *misurati*, gli angoli *corretti* di α_n, β_n ed allora non occorre la ricerca degli errori o correzioni angolari $d\phi, d\psi$, ch  sarebbero nulle.

Si pu  invece proporre la questione di conoscere in qual modo i supposti errori degli angoli componenti influiscano sulle correzioni $d\phi, d\psi$; e la questione si pu  esaminare o senza la preliminare determinazione dei due angoli inco-

gniti ϕ e ψ , oppure in funzione di questi due angoli determinati cogli angoli componenti *misurati*.

Si presenta quindi da risolvere la seguente questione, che non sappiamo sia stata finora da altri trattata:

« Nel problema di Snellius ampliato in generale esprimere » gli errori medii $d\phi, d\psi$ dei due angoli incogniti ϕ, ψ in » funzione dell'errore medio δ delle coppie di angoli componenti, supponendoli misurati per ciascuna coppia con eguale » esattezza indipendentemente l'uno dall'altro ».

*

Soluzione 1° Metodo, senza la previa determinazione dei due angoli incogniti ϕ, ψ .

Risolveremo il problema per $n = 1$, poi per $n = 2$, quindi l'estenderemo in generale per n qualunque. Perci  cominciamo a ricordare la formula di risoluzione da noi trovata nel citato lavoro (****):

$$\text{tang } \theta_a = \frac{(X_c - X_b) \cos \omega - (Y_c - Y_b) \sin \omega + (X_b - X_a) \times K}{(Y_c - Y_b) \cos \omega + (X_c - X_b) \sin \omega + (Y_b - Y_a) \times K} = \frac{\lambda_a}{\mu_a} \quad (1)$$

che nel caso particolare di $n = 1$ (problema di Pothénot), essendo:

$$\omega = \alpha_1 + \beta_1 - \pi = P_1 - \pi \quad \text{e} \quad K = \frac{\text{sen } \beta_1}{\text{sen } \alpha_1}$$

diventa:

$$\text{tang } \theta_a = \frac{-(X_c - X_b) \cos (\alpha + \beta) + (Y_c - Y_b) \sin (\alpha + \beta) + (X_b - X_a) \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha}}{-(Y_c - Y_b) \cos (\alpha + \beta) - (X_c - X_b) \sin (\alpha + \beta) + (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha}} = \frac{\lambda_a}{\mu_a} \quad (2)$$

Differenziando la funzione $\text{tang } \theta_a$ rispetto alle due variabili λ_a, μ_a che alla loro volta sono funzioni delle due variabili indipendenti α, β , si ottiene:

$$\frac{d\theta_a}{\cos^2 \theta_a} = \frac{\mu_a d\lambda_a - \lambda_a d\mu_a}{\mu_a^2} \quad (3)$$

da cui si ricava:

$$d\theta_a = \frac{1}{1 + \text{tang}^2 \theta_a} \times \frac{\mu_a d\lambda_a - \lambda_a d\mu_a}{\mu_a^2} \quad (4)$$

e sostituendovi per $\text{tang } \theta_a$ il suo valore dato dalla (2) si avr :

$$d\theta_a = \frac{\mu_a d\lambda_a - \lambda_a d\mu_a}{\lambda_a^2 + \mu_a^2} = \frac{\mu_a d\lambda_a - \lambda_a d\mu_a}{\Delta_a^2} \quad (5)$$

dove la nuova funzione Δ_a non   altro che l'espressione del segmento fisso da noi trovato nella citata Nota, che   sempre una quantit  determinata.

Gli altri valori da doversi sostituire nella formula (5) sono:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_a &= -(X_c - X_b) \cos (\alpha + \beta) + \\ &+ (Y_c - Y_b) \sin (\alpha + \beta) + \\ &+ (X_b - X_a) \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha} \\ \mu_a &= -(Y_c - Y_b) \cos (\alpha + \beta) - \\ &-(X_c - X_b) \sin (\alpha + \beta) + \\ &+ (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \alpha} \end{aligned} \right\} (6)$$

$$d\phi = -\frac{2\delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times \frac{\text{sen } (\alpha - \beta) \text{sen } (\alpha + \beta + B) - 2 \text{sen } \alpha \text{sen } \beta \cos (\alpha + \beta + B)}{\text{sen}^2 \alpha} \quad (8)$$

Con un procedimento analogo e partendo dalla formula che d  l'azimut dell'ultimo lato, che per $n = 1$ diventa:

$$\text{tang } \theta_c = \frac{-(X_b - X_a) \cos (\alpha + \beta) - (Y_b - Y_a) \sin (\alpha + \beta) + (X_c - X_b) \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta}}{-(Y_b - Y_a) \cos (\alpha + \beta) + (X_b - X_a) \sin (\alpha + \beta) + (Y_c - Y_b) \frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta}} = \frac{\lambda_c}{\mu_c} \quad (9)$$

essendo:

$$\Delta_c^2 = \lambda_c^2 + \mu_c^2$$

si otterr  l'espressione dell'errore $d\psi$. Pi  brevemente lo possiamo dedurre dalla formola (8); ponendo invece delle

lettera ($\alpha, \beta, a, b, B, \Delta_a$) rispettivamente ($-\beta, -\alpha, b, a, -B, \Delta_c$), si giunge al seguente risultato:

$$d\psi = -\frac{2\delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times \frac{\text{sen } (\alpha - \beta) \text{sen } (\alpha + \beta + B) + 2 \text{sen } \alpha \text{sen } \beta \cos (\alpha + \beta + B)}{\text{sen}^2 \beta} \quad (10)$$

(***) G. DELITALA, *Sul problema di Snellius ampliato in generale e relativa compensazione* (« L'Ingegneria Civile », 1902, pag. 73 e seguenti).

(****) W. JORDAN, *L'arte del misurare*. — Parte prima. *Calcolo di compensazione*. — Traduzione di FERRERO e ALBENGA. — Torino, Loescher, 1890.

E se per brevità poniamo:

$$\left. \begin{aligned} e &= \text{sen}(\alpha - \beta) \text{sen}(\alpha + \beta + B) \\ f &= 2 \text{sen} \alpha \text{sen} \beta \cos(\alpha + \beta + B) \\ \frac{e-f}{\text{sen}^2 \alpha} &= F, \quad \frac{e+f}{\text{sen}^2 \beta} = G \end{aligned} \right\} (11)$$

le formule di risoluzione trovate (8), (10) si possono scrivere:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2\delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \quad F = -\frac{\delta \cdot b}{\Delta_a^2} (2b - a \cdot F) \\ d\psi &= -\frac{2\delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \quad G = -\frac{\delta \cdot a}{\Delta_c^2} (2a + b \cdot G) \end{aligned} \right\} (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda_a &= (X_c - X_b) \cos(P_1 + P_2) - (Y_c - Y_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + (X_b - X_a) \frac{\text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2}{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2} \\ \mu_a &= (Y_c - Y_b) \cos(P_1 + P_2) + (X_c - X_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2}{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2} \end{aligned} \right\} (14)$$

e differenziando:

$$\left. \begin{aligned} d\lambda_a &= -4\delta \cdot (X_c - X_b) \text{sen}(P_1 + P_2) - 4\delta \cdot (Y_c - Y_b) \cos(P_1 + P_2) + \delta \cdot (X_b - X_a) \frac{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen}(\beta_1 + \beta_2) - \text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2 \text{sen}(\alpha_1 + \alpha_2)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \\ d\mu_a &= -4\delta \cdot (Y_c - Y_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + 4\delta \cdot (X_c - X_b) \cos(P_1 + P_2) + \delta \cdot (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen}(\beta_1 + \beta_2) - \text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2 \text{sen}(\alpha_1 + \alpha_2)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \end{aligned} \right\} (15)$$

Sostituendo i particolari valori dati dalle formule (14), (15) nelle formule di risoluzione generale (5), ed eseguendo le necessarie riduzioni e trasformazioni, si ottengono le espressioni:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{4\delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \text{sen}(\alpha_2 - \beta_2) \text{sen}(P_1 + P_2 + B) - 4 \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \beta_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen} \beta_2 \cos(P_1 + P_2 + B)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \\ d\psi &= -\frac{4\delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \text{sen}(\alpha_2 - \beta_2) \text{sen}(P_1 + P_2 + B) + 4 \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \beta_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen} \beta_2 \cos(P_1 + P_2 + B)}{\text{sen}^2 \beta_1 \text{sen}^2 \beta_2} \end{aligned} \right\} (16)$$

Confrontando le formule di risoluzione degli errori angolari (8), (10) e (16) si possono dedurre per analogia le formule generali per n qualunque:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n \cdot \delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) - 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n} \\ d\psi &= -\frac{2n \cdot \delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) + 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B)}{\text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} \end{aligned} \right\} (17)$$

E se per brevità poniamo:

$$\left. \begin{aligned} e &= \text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) \\ f &= 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \alpha_n \text{sen} \beta_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B) \\ F &= \frac{e-f}{\text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n}, \quad G = \frac{e+f}{\text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} \end{aligned} \right\} (18)$$

le formule generali di risoluzione si possono scrivere più brevemente:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n \delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times F = \\ &= -\frac{\delta}{\Delta_a^2} (2n b^2 - a b \times F) \\ d\psi &= -\frac{2n \delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times G = \\ &= -\frac{\delta}{\Delta_c^2} (2n a^2 + a b \times G) \end{aligned} \right\} (19)$$

Consideriamo ora il caso particolare di $n=2$, saranno:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= (\alpha_1 + \beta_1) + (\alpha_2 + \beta_2) - 2\pi \\ &= P_1 + P_2 - 2\pi \\ K &= \frac{\text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2}{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2} \end{aligned} \right\} (13)$$

i quali debbono essere sostituiti nella formula di risoluzione (1).

Si otterranno in questo modo i particolari valori da sostituire nella formula (5) che è generale, essi sono:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_a &= (X_c - X_b) \cos(P_1 + P_2) - (Y_c - Y_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + (X_b - X_a) \frac{\text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2}{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2} \\ \mu_a &= (Y_c - Y_b) \cos(P_1 + P_2) + (X_c - X_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2}{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2} \end{aligned} \right\} (14)$$

$$\left. \begin{aligned} d\lambda_a &= -4\delta \cdot (X_c - X_b) \text{sen}(P_1 + P_2) - 4\delta \cdot (Y_c - Y_b) \cos(P_1 + P_2) + \delta \cdot (X_b - X_a) \frac{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen}(\beta_1 + \beta_2) - \text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2 \text{sen}(\alpha_1 + \alpha_2)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \\ d\mu_a &= -4\delta \cdot (Y_c - Y_b) \text{sen}(P_1 + P_2) + 4\delta \cdot (X_c - X_b) \cos(P_1 + P_2) + \delta \cdot (Y_b - Y_a) \frac{\text{sen} \alpha_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen}(\beta_1 + \beta_2) - \text{sen} \beta_1 \text{sen} \beta_2 \text{sen}(\alpha_1 + \alpha_2)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \end{aligned} \right\} (15)$$

Sostituendo i particolari valori dati dalle formule (14), (15) nelle formule di risoluzione generale (5), ed eseguendo le necessarie riduzioni e trasformazioni, si ottengono le espressioni:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{4\delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \text{sen}(\alpha_2 - \beta_2) \text{sen}(P_1 + P_2 + B) - 4 \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \beta_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen} \beta_2 \cos(P_1 + P_2 + B)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \text{sen}^2 \alpha_2} \\ d\psi &= -\frac{4\delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \text{sen}(\alpha_2 - \beta_2) \text{sen}(P_1 + P_2 + B) + 4 \text{sen} \alpha_1 \text{sen} \beta_1 \text{sen} \alpha_2 \text{sen} \beta_2 \cos(P_1 + P_2 + B)}{\text{sen}^2 \beta_1 \text{sen}^2 \beta_2} \end{aligned} \right\} (16)$$

Confrontando le formule di risoluzione degli errori angolari (8), (10) e (16) si possono dedurre per analogia le formule generali per n qualunque:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n \cdot \delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) - 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n} \\ d\psi &= -\frac{2n \cdot \delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times \frac{\text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) + 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B)}{\text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} \end{aligned} \right\} (17)$$

E se per brevità poniamo:

$$\left. \begin{aligned} e &= \text{sen}(\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen}(\alpha_n - \beta_n) \text{sen}(\sum P + B) \\ f &= 2n \text{sen} \alpha_1 \dots \text{sen} \alpha_n \text{sen} \beta_1 \dots \text{sen} \beta_n \cos(\sum P + B) \\ F &= \frac{e-f}{\text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n}, \quad G = \frac{e+f}{\text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} \end{aligned} \right\} (18)$$

le formule generali di risoluzione si possono scrivere più brevemente:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n \delta \cdot b^2}{\Delta_a^2} + \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_a^2} \times F = \\ &= -\frac{\delta}{\Delta_a^2} (2n b^2 - a b \times F) \\ d\psi &= -\frac{2n \delta \cdot a^2}{\Delta_c^2} - \frac{\delta \cdot a b}{\Delta_c^2} \times G = \\ &= -\frac{\delta}{\Delta_c^2} (2n a^2 + a b \times G) \end{aligned} \right\} (19)$$

ossia:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{\delta \cdot b}{\Delta_a^2} (2n b a \cdot F) \\ d\psi &= -\frac{\delta \cdot a}{\Delta_c^2} (2n a + b \cdot G) \end{aligned} \right\} (20)$$

che sono precisamente le espressioni cercate che risolvono il problema proposto; esse danno luogo alla proposizione seguente: « Nel problema di Snellius ampliato in generale gli errori angolari $d\phi$, $d\psi$ sono proporzionali all'errore medio δ e in senso inverso dei quadrati dei rispettivi segmenti fissi del primo e dell'ultimo lato della poligonale ».

Osserviamo che nel primo termine del secondo membro delle formule di risoluzione (19) figura il coefficiente $2n\delta$ che potremo considerare come la somma degli errori medii $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ delle n coppie di angoli componenti, supposti poco differenti fra di loro e tutti del medesimo segno, e sarebbe dato il valore di δ da sostituire nelle formule generali dalla seguente relazione:

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_n}{n} \quad (21)$$

Inoltre potremo con approssimazione estendere quel risultato anche al caso in cui i detti errori medii, sempre poco differenti fra di loro in valore assoluto, abbiano pure segni diversi ed allora si assumerà per valore medio da sostituire nelle formule generali quello dato dalla nota relazione (***):

$$\delta_m = 1,253 \cdot \delta. \quad (22)$$

Sommando membro a membro le formule generali (19) si ottiene la relazione di condizione fra le correzioni angolari:

$$\left. \begin{aligned} d\phi + d\psi &= -2n\delta \left(\frac{b^2}{\Delta_a^2} + \frac{a^2}{\Delta_c^2} \right) + \\ &+ 2\delta \cdot a b \left(\frac{F}{\Delta_a^2} - \frac{G}{\Delta_c^2} \right). \end{aligned} \right\} (23)$$

E ricordando che un metodo empirico di compensazione da noi usato si basava sulla relazione:

$$d\phi + d\psi = -2n\delta = -\sum (d\alpha_n + d\beta_n) \quad (24)$$

si viene alla necessaria conseguenza, affinché sia soddisfatta questa condizione, che devono essere verificate contemporaneamente le due relazioni seguenti:

$$\left. \begin{aligned} \frac{b^2}{\Delta_a^2} + \frac{a^2}{\Delta_c^2} &= 1 \\ \frac{F}{\Delta_a^2} - \frac{G}{\Delta_c^2} &= 0. \end{aligned} \right\} (25)$$

Le quali formano un sistema di due equazioni a due incognite rispetto a Δ_a^2 , Δ_c^2 , e risolte si avranno le espressioni delle due radici:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_a^2 &= -\frac{a^2 F + b^2 G}{G} \\ \Delta_c^2 &= -\frac{a^2 F + b^2 G}{F}. \end{aligned} \right\} (26)$$

Le quali ultime relazioni conducono alla seguente:

$$\frac{\Delta_a^2}{\Delta_c^2} = \frac{F}{G} = K^2 \times \frac{e-f}{e+f}. \quad (27)$$

Ma in una delle citate Note abbiamo visto che il rapporto $\frac{\Delta_a}{\Delta_c} = K$, quindi la (27) dà luogo alla relazione:

$$\frac{e-f}{e+f} = 1 \quad (28)$$

la quale è verificata solo quando si abbia $f=0$, ossia perché sia soddisfatta la relazione (24) dovrebbe verificarsi la relazione seguente:

$$2n \cdot \text{sen } \alpha_1 \dots \text{sen } \alpha_n \cdot \text{sen } \beta_1 \dots \text{sen } \beta_n \cdot \cos (\sum P+B) = 0. \quad (29)$$

In generale non potendo uno degli angoli componenti assumere il valore prossimo a zero o a π , si conchiude che la condizione più favorevole per l'accennata compensazione degli errori si avrà quando è verificata la relazione:

$$\cos (\sum P+B) = 0 \quad (30)$$

ossia:

$$\sum P+B = (2m+1) \frac{\pi}{2} \quad (m=1, 2, 3 \dots).$$

Quindi si potrà enunciare la seguente proposizione: « Nel » problema di Snellius ampliato in generale la migliore disposizione delle stazioni incognite per la compensazione degli errori angolari sarà verificata quanto più la somma degli angoli componenti e dell'angolo del triangolo di riferimento si avvicinerà ad essere un multiplo dispari del » quadrante ».

*

Soluzione del quesito 2°, previa la determinazione dei due angoli incogniti ϕ e ψ cogli elementi *misurati*.

Questi si possono calcolare col metodo da noi indicato nella citata Nota (**), oppure calcolando prima mediante le formule (1) e (9) gli azimut $\theta_{a,1}$, $\theta_{c,n}$ del primo e dell'ultimo

lato della poligonale, quindi applicando le note relazioni fra gli azimut e gli angoli, cioè:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \theta_{a,1} - \theta_{a,b} \\ \psi &= \theta_{c,b} - \theta_{c,n} \end{aligned} \right\} (31)$$

Scriviamo l'espressione del *segmento fisso* Δ_a in doppio modo:

$$\Delta_a^2 = \lambda_a^2 + \mu_a^2 = \mu_a^2 \left(1 + \frac{\lambda_a^2}{\mu_a^2} \right) = \lambda_a^2 \left(1 + \frac{\mu_a^2}{\lambda_a^2} \right)$$

ossia:

$$\Delta_a^2 = \mu_a^2 (1 + \tan^2 \theta_a) = (1 + \cot^2 \theta_a) \quad (32)$$

da cui si ricava:

$$\left. \begin{aligned} \mu_a &= \Delta_a \cos \theta_{a,1} \\ \lambda_a &= \Delta_a \sin \theta_{a,1} \end{aligned} \right\} (33)$$

che si potevano scrivere anche direttamente ricordando la nostra Nota (**).

Sostituendo questi valori nella formula di risoluzione generale (5) si ottiene:

$$d\theta_a = \frac{\cos \theta_{a,1} d\lambda_a - \sin \theta_{a,1} d\mu_a}{\Delta_a}. \quad (34)$$

Nel caso particolare di $n=1$ (problema di Pothénot) si sostituiscono in quest'ultima i differenziali ottenuti nelle formule (7), si avrà:

$$\begin{aligned} d\phi &= -\frac{2\delta}{\Delta_a} \left[b \cos (P + \theta_{a,1} - \theta_{b,c}) - \right. \\ &\left. - a \sin (\theta_{a,b} - \theta_{a,1}) \frac{\text{sen } (\alpha - \beta)}{2 \text{sen}^2 \alpha} \right] \end{aligned}$$

ossia:

$$d\phi = -\frac{2\delta}{\Delta_a} \left[b \cos \psi + a \sin \phi \frac{\text{sen } (\alpha - \beta)}{2 \text{sen}^2 \alpha} \right]. \quad (35)$$

Si può dedurre l'altra correzione angolare $d\psi$ dalla (35) sostituendo alle lettere ($a, b, \alpha, \beta, \phi, \psi, \Delta_a$) rispettivamente le seguenti: ($b, a, -\beta, -\alpha, -\psi, -\phi, \Delta_c$), si avrà in questo modo l'espressione:

$$d\psi = -\frac{2\delta}{\Delta_c} \left[a \cos \phi - b \sin \psi \frac{\text{sen } (\alpha - \beta)}{2 \text{sen}^2 \beta} \right]. \quad (36)$$

Senza ripetere il procedimento analogo per il caso particolare di $n=2$, potremo estendere facilmente il risultato delle formule (35), (36) al caso generale per n qualunque; è facile dimostrare che si otterranno le espressioni seguenti:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n\delta}{\Delta_a} \left[b \cos \psi + a \sin \phi \times \right. \\ &\times \left. \frac{\text{sen } (\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen } (\alpha_n - \beta_n)}{2n \text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n} \right] \\ d\psi &= -\frac{2n\delta}{\Delta_c} \left[a \cos \phi - b \sin \psi \times \right. \\ &\times \left. \frac{\text{sen } (\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen } (\alpha_n - \beta_n)}{2n \text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} \right]. \end{aligned} \right\} (37)$$

Se poniamo per brevità:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\text{sen } (\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen } (\alpha_n - \beta_n)}{\text{sen}^2 \alpha_1 \dots \text{sen}^2 \alpha_n} &= M \\ \frac{\text{sen } (\alpha_1 - \beta_1) \dots \text{sen } (\alpha_n - \beta_n)}{\text{sen}^2 \beta_1 \dots \text{sen}^2 \beta_n} &= N \end{aligned} \right\} (38)$$

le ultime formule di risoluzione si possono scrivere più brevemente:

$$\left. \begin{aligned} d\phi &= -\frac{2n\delta}{\Delta_a} \times b \cos \psi - \frac{\delta}{\Delta_a} \times a \sin \phi \times M \\ d\psi &= -\frac{2n\delta}{\Delta_c} \times a \cos \phi + \frac{\delta}{\Delta_c} \times b \sin \psi \times N \end{aligned} \right\} (39)$$

le quali risolvono in altro modo il quesito proposto.

Vediamo a quale conseguenza si arriva perchè gli errori angolari soddisfino la relazione (24).

Sommando membro a membro le formule (39) si ottiene:

$$d\phi + d\psi = -2n\delta \left(\frac{b \cos \psi}{\Delta_a} + \frac{a \cos \phi}{\Delta_c} \right) - \delta \left(\frac{a \cdot M \cdot \text{sen } \phi}{\Delta_a} - \frac{b \cdot N \cdot \text{sen } \psi}{\Delta_c} \right) \quad (40)$$

Perchè sia soddisfatta la relazione (24) debbono essere verificate simultaneamente le due relazioni:

$$\left. \begin{aligned} \frac{b \cos \psi}{\Delta_a} + \frac{a \cos \phi}{\Delta_c} &= 1 \\ \frac{a \cdot M \cdot \text{sen } \phi}{\Delta_a} - \frac{b \cdot N \cdot \text{sen } \psi}{\Delta_c} &= 0 \end{aligned} \right\} (41)$$

che formano un sistema di due equazioni di primo grado rispetto alle incognite Δ_a , Δ_c , e risolvendo si ottiene:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_a &= \frac{b^2 \cdot N \cdot \text{sen } 2\psi + a^2 \cdot M \cdot \text{sen } 2\phi}{2b \cdot N \text{sen } \psi} \\ \Delta_c &= \frac{b^2 \cdot N \cdot \text{sen } 2\psi + a^2 \cdot M \cdot \text{sen } 2\phi}{2a \cdot M \text{sen } \phi} \end{aligned} \right\} (42)$$

§ 1. — CALCOLO PRELIMINARE DEI ($\log \Delta^2_a$, $\log \Delta^2_c$), $\log \Delta_a$, ($\log \Delta_c$).

$$\left\{ \begin{aligned} \omega &= \sum_1^n P_n - n\pi = 24^\circ . 41' . 34'' & , & \quad B + \omega = 144^\circ . 08' . 46'' \\ K &= \frac{\text{sen } \beta_1 \text{sen } \beta_2 \dots \text{sen } \beta_n}{\text{sen } \alpha_1 \text{sen } \alpha_2 \dots \text{sen } \alpha_n} & , & \quad \log K = 9,7783150 \\ \cot \rho_a &= \frac{b}{a} \times \frac{1}{K} & \left\{ \right. & \quad \cot \rho_c = \frac{a}{b} \times K = \text{tang } \rho_a \\ \text{sen } \sigma_a &= \text{sen } 2\rho_a \cos (B + \omega) & \left\{ \right. & \quad \text{sen } \sigma_c = \text{sen } 2\rho_c \cos (B + \omega) \\ \Delta^2_a &= 2 \frac{b^2}{\cos^2 \rho_a} \text{sen}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_a}{2} \right) & \left\{ \right. & \quad \Delta^2_c = 2 \frac{a^2}{\cos^2 \rho_c} \text{sen}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_c}{2} \right) \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} \log b &= 3,9961535 \\ \text{comp } \log a &= 6,2612995 \\ \text{comp } \log K &= 0,2216850 \\ \hline \log \cot \rho_a &= 10,4791380 \\ \rho_a &= 18^\circ . 21' . 19'' \\ 2\rho_a &= 36^\circ . 42' . 38'' \\ \log \text{sen } 2\rho_a &= 9,7765261 \\ (-) \log \cos (B + \omega) &= 9,9087601 \\ \hline (-) \log \text{sen } \sigma_a &= 9,6852862 \\ \sigma_a &= -28^\circ . 58' . 45'' \\ \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_a}{2} \right) &= 59^\circ . 29' . 23'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log \cot \rho_c &= 9,5208620 \\ \rho_c &= 71^\circ . 38' . 41'' \\ 2\rho_c &= 143^\circ . 17' . 22'' \\ \log \text{sen } 2\rho_c &= 9,7765221 \\ (-) \log \cos (B + \omega) &= 9,9087601 \\ \hline (-) \log \text{sen } \sigma_c &= 9,6852862 \\ \sigma_c &= -28^\circ . 58' . 45'' \\ \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_c}{2} \right) &= 59^\circ . 29' . 23'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log 2 &= 0,3010300 \\ 2 \log \text{sen} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_a}{2} \right) &= 9,8705488 \\ 2 \log b &= 7,9923070 \\ \text{comp } 2 \log \cos \rho_a &= 9,0453556 \\ \hline \log \Delta^2_a &= 8,2091414 \\ \log \Delta_a &= 4,1045707 \\ \hline \log 2 &= 0,3010300 \\ 2 \log \text{sen} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\sigma_c}{2} \right) &= 9,8705488 \\ 2 \log a &= 7,4774010 \\ \text{comp } 2 \log \cos \rho_c &= 1,0036114 \\ \hline \log \Delta^2_c &= 8,6525912 \\ \log \Delta_c &= 4,3262956 \end{aligned}$$

dalle quali si deduce il rapporto:

$$\frac{\Delta_a}{\Delta_c} = \frac{a \cdot M \cdot \text{sen } \phi}{b \cdot N \cdot \text{sen } \psi} \quad (43)$$

Ed osservando che: $\frac{\Delta_a}{\Delta_c} = K$, $\frac{M}{N} = K^1$ dalla relazione (43) si ricava:

$$\frac{\text{sen } \phi}{\text{sen } \psi} = \frac{b}{a} \times \frac{1}{K} \quad (44)$$

la quale relazione è precisamente quella dalla quale si parte per la determinazione dei due angoli incogniti ϕ e ψ [Confrontare Nota citata (***)].

Questo risultato è una conferma del fatto che il metodo di compensazione degli errori da noi usato non è in contraddizione con le condizioni del problema di Snellius ampliato in generale, quindi esso è ammissibile.

ESEMPIO NUMERICO.

Trattandosi di nuove formule crediamo utile unire alla presente Nota un esempio numerico, onde confermare l'esattezza delle medesime. Perciò sceglieremo i dati del problema per $n=3$ dell'esempio trattato nelle precedenti Note; inoltre supporremo che l'errore medio δ delle tre coppie di angoli componenti sia $\delta = 7''$; risulterebbe quindi:

$$\Sigma (d\alpha + d\beta) = 6 \times 7'' = 42''.$$

Determinare le correzioni angolari $d\phi$, $d\psi$ per effetto dell'errore medio δ .

§ 2. — CALCOLO DI (log F, log G).

$$\begin{aligned} \Sigma P + B &= 684^{\circ}.08'.46'' \\ \text{sen} (\Sigma P + B) &= - \text{sen} (35^{\circ}.51'.14'') \\ \text{cos} (\Sigma P + B) &= \text{cos} (35^{\circ}.51'.14'') \\ \log \text{sen} (\alpha_1 - \beta_1) &= 9,9721202 \\ (-) \log \text{sen} (\alpha_2 - \beta_2) &= 9,7368850 \\ (-) \log \text{sen} (\alpha_3 - \beta_3) &= 9,9497628 \\ (-) \log \text{sen} (\Sigma P + B) &= 9,7676937 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (-) \log e &= 9,4264617 \\ e = - 0,2670 \quad (e - f) &= - 0,8492 \\ (-) \log (e - f) &= 9,9290100 \\ \text{comp } 2 \Sigma \log \text{sen } \alpha &= 0,7001578 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (-) \log F &= 0,6291678 \\ \log b &= 0,7781513 \\ \Sigma \log \text{sen } \alpha &= 9,6499211 \\ \Sigma \log \text{sen } \beta &= 9,4282361 \\ \log \text{cos} (\Sigma (P + B)) &= 9,9087603 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log f &= 9,7650688 \\ f = 0,5822 \quad (e + f) &= 0,3152 \\ \log (e + f) &= 9,4985862 \\ \text{comp } 2 \Sigma \log \text{sen } \beta &= 1,1435278 \end{aligned}$$

$$\log G = 0,6421140$$

Prima soluzione:

§ 3. — CALCOLO DELLE CORREZIONI ($d\phi$, $d\psi$).

$$\begin{aligned} \log 4 2 &= 1,6232493 \\ 2 \log b &= 7,9923070 \\ \text{comp } \log \Delta^2_a &= 1,7908586 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (-) \log t_1 &= 1,4064149 \\ t_1 &= - 25'',49 \\ \text{(I)} \quad d\phi &= t_1 + t_2 = - 35'',48 \\ \log 4 2 &= 1,6232493 \\ 2 \log a &= 7,4774010 \\ \text{comp } \log \Delta^2_c &= 1,3474088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (-) \log t'_1 &= 0,4480591 \\ t'_1 &= - 2'',80 \\ \text{(II)} \quad d\psi &= t'_1 + t'_2 = - 6'',51 \\ \log 7 &= 0,8450980 \\ \log a &= 3,7387005 \\ \log b &= 3,9961535 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} 8,5799520$$

$$\text{comp } \log \Delta^2_a = 1,7908586$$

$$(-) \log F = 0,6291678$$

$$(-) \log t_2 = 0,9999784$$

$$t_2 = - 9'',99$$

$$\log . (\delta . a . b) = 8,5799520$$

$$\text{comp } \log \Delta^2_c = 1,3474088$$

$$\log G = 0,3410840$$

$$(-) \log t'_2 = 0,5694748$$

$$t'_2 = - 3'',71$$

$$d\phi + d\psi = - 41'',99$$

§ 4. — CALCOLO DEGLI ANGOLI INCOGNITI (ϕ , ψ),

DI (log M e log N).

$$\theta_{a,i} = 41^{\circ}.18'.35''$$

$$\theta_{a,b} = 14^{\circ}.09'.47''$$

$$\phi = 27^{\circ}.08'.48''$$

$$\theta_{b,c} = 74^{\circ}.42'.35''$$

$$\theta_{n,c} = 66^{\circ}.00'.09''$$

$$\psi = 8^{\circ}.42'.26''$$

$$\begin{array}{l} 3 \\ \Sigma \log \text{sen} (\alpha_n - \beta_n) = 9,6587650 \\ 1 \end{array}$$

$$\text{comp } 2 . \begin{array}{l} 3 \\ \Sigma \log \text{sen } \alpha_n = 0,7001578 \\ 1 \end{array}$$

$$\log M = 0,3589228$$

$$\begin{array}{l} 3 \\ \Sigma \log \text{sen} (\alpha_n - \beta_n) = 9,6587650 \\ 1 \end{array}$$

$$\text{comp } 2 . \begin{array}{l} 3 \\ \Sigma \log \text{sen } \beta_n = 1,1435278 \\ 1 \end{array}$$

$$\log N = 0,8022928$$

Seconda soluzione:

§ 5. — CALCOLO DEGLI ERRORI $d\phi$, $d\psi$.

$$\log 4 2 = 1,6232493$$

$$\log b = 3,9961535$$

$$\log \text{cos } \psi = 9,9949612$$

$$\text{comp } \log \Delta_a = 5,8954293$$

$$(-) \log t_1 = 1,5097933$$

$$t_1 = - 32'',34$$

$$\text{(III)} \quad d\phi = t_1 + t_2 = 35'',48$$

$$\log 4 2 = 1,6232493$$

$$\log a = 3,7387005$$

$$\log \text{cos } \phi = 9,9492835$$

$$\text{comp } \log \Delta_c = 5,6737044$$

$$(-) \log t'_1 = 4,9749377$$

$$t'_1 = - 9'',44$$

$$\text{(IV)} \quad d\psi = t'_1 + t'_2 = - 6'',30$$

$$\log 7 = 0,8450980$$

$$\log a = 3,7387005$$

$$\log \text{sen } \phi = 9,6593285$$

$$\log M = 0,3589228$$

$$\text{comp } \log \Delta_a = 5,8954293$$

$$(-) \log t_2 = 0,4974791$$

$$t_2 = - 3'',14$$

$$\log 7 = 0,8450980$$

$$\log b = 3,9961535$$

$$\log \text{sen } \psi = 9,1802903$$

$$\log N = 0,8022928$$

$$\text{comp } \log \Delta_c = 5,6737044$$

$$\log t'_2 = 0,4975391$$

$$t'_2 = + 3'',14$$

$$d\phi + d\psi = - 41'',78$$

Controllo:

$$\text{(V)} \quad d\phi + d\psi = - 2 n \delta = - 42''$$

Prof. G. DELITALA.

**PRIMA ESPOSIZIONE INTERNAZIONALE
DI ARTE DECORATIVA MODERNA**

tenutasi in Torino nel 1902

XI.

LA FACCIATA DELLA GALLERIA DEGLI AMBIENTI.

Quando si riconobbe insufficiente ad albergare tutti gli espositori dell'ultima ora il nucleo principale di edifici primitivamente progettato, si diede incarico all'Ufficio Tecnico dell'Esposizione di studiare il più conveniente ampliamento, conciliandolo coll'irregolarità dell'area, che ancora era possibile avere in affitto verso monte, e coll'intento speciale di preparare locali adatti ad essere divisi e suddivisi in camere per esporre stanze ammobiliate od alloggi completi. Ed è perciò che il nuovo gruppo di edifici prese nome di *Galleria degli ambienti*. Sono due bracci che si incontrano ad angolo retto, fiancheggiati da corsie, lungo le quali si aprono le stanze arredate, oppure gli ingressi a più ampi annessi per Mostre speciali.

La forma a croce della nuova galleria non era disprezzabile; ma essendosene poi occupata interamente la parte centrale (che avrebbe dovuto essere un punto di riunione adorno di fiori e di divani per le signore) con l'enorme padiglione della Ditta L. Fontana di Milano; la galleria stessa perdette assai della sua grandiosità, mancando la visuale dell'insieme. Anche ai più pratici della località finiva quindi per restare dimenticato qualcuno di quei rami, a meno che si procedesse con una planimetria alla mano.

Le improvvisate Gallerie per gli ambienti furono decorate secondo gli schizzi del prof. G. Vacchetta, assai modesta-

mente in confronto alla ricca galleria principale italiana; ma ebbero una facciata speciale, della quale potè occuparsi personalmente l'arch. D'Aronco.

Rivolgendo lo sguardo al piano generale dell'Esposizione (Tav. VI), e più specialmente alla crociera formata dalla Galleria degli ambienti, si vede subito come del perimetro di tale galleria non resti visibile dal parco che un certo tratto rivolto a sud-est, contro il quale è venuto ad addossarsi il palco speciale per la musica, formante come l'ala sinistra del grandioso edificio per gli automobili, che prossimamente verremo illustrando anch'esso.

La decorazione architettonica del D'Aronco, per quanto si riferisce alla parte esterna della Galleria degli ambienti si è limitata quindi ad una prima parete di m. 20 (cominciando a destra di chi guarda la facciata) e formante angolo ottuso colla parte terminale della grande Galleria italiana a sud; poi al tratto di vera facciata formante testa ed imbocco al ramo più lungo della Galleria degli ambienti, larga m. 14, e finalmente ad un piccolo avancorpo che questo ramo protende verso mezzodi.

Sulla fig. 148 appariscono tracciate queste diverse porzioni. Quella dominante è naturalmente quella di mezzo, che ha il portale d'ingresso e si eleva sopra una piattaforma, a cui si accede per mezzo di scalinata di 14 gradini divisi in due rampe.

Come ognuno vede, è una facciata assai originale come disegno e sul posto di aspetto vivace e bene armonizzante nella tonalità dei suoi colori. La parte che interclude l'ingresso, e che sembra uno sgabelletto orientale di grandi proporzioni, ci ricorda subito le porticine che si videro nell'ingresso principale.

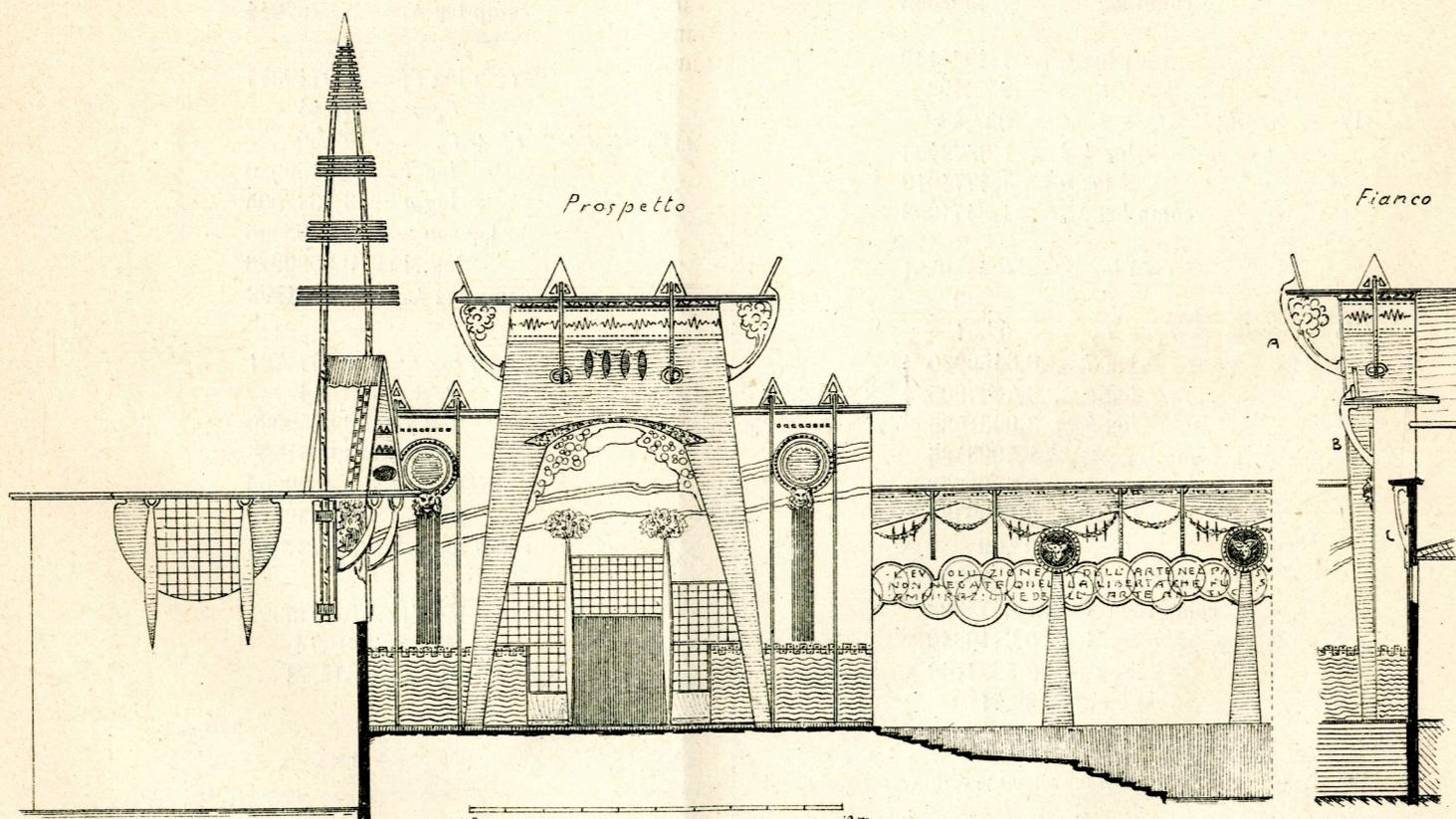


Fig. 148. — Facciata della Galleria degli Ambienti.

Il tetto orizzontale colla vasta gronda sporgente, ha quattro mensoloni di legno intagliati, in corrispondenza dei quali si affacciano quattro antefisse a traforo. Queste sono ripetute nelle brevi ali simmetriche di fianco, con mensole più semplici, intercludenti due dischi in rilievo con una testa di leone scolpita, a cui fanno capo due lesene a strie. La parte centrale è colorita in celeste, meno il timpano della grande vetrata di mezzo ed il cornicione. Questo è formato da una fascia bianca con fregi a zig-zag. Pure bianca la faccia vista della tettoia: giallo carico le mensole, le antefisse, la gronda, le intelaiature a piccelo reticolo dell'invertiata, le colonne affusolate che la tripartiscono.

Dalla sommità delle colonnette nasce un cespo di foglie verdi con fiori d'oro in rilievo e della stessa natura sono le frutta nella ghiera dell'arco centrale.

Le ali laterali hanno fondo bianco: le targhe circolari sono bianche e celesti con filetti concentrici; gialle le teste di leone e dorate le cinque strie verticali rilevate che ne discendono.

Inferiormente ricorre uno zoccolo formato da una serie di linee ondulate gialle, sormontate da una specie di greca gialla e bruno-scuro.

La parete continua, a destra del riguardante, è assai più semplicemente trattata. Tre semplici lesene, rastremantisi, celesti, che la dividono in quattro eguali campate di 5 m., portano ciascuna una targa circolare rilevata, con una specie di fiore trilobato chiaro su fondo tabacco. Lungo il tettuccio giallo, sorretto per ogni campata da una coppia di mensole di tipo più semplice delle precedenti citate, corre una lista azzurra a punte triangolari decorata con festoncini verdi e simulati spiragli scuri. Poco al di sotto delle targhe corre orizzontalmente una zona bianca dai contorni formati da tante porzioni di cerchi gialli. Su questo fascione è stampata a caratteri verdi la leggenda seguente, che i promotori dell'Esposizione, accusati di avere piuttosto audacemente con-

dannato all'ostracismo le nostre maggiori glorie, citavano recentemente a loro difesa:

« L'evoluzione dell'arte nel passato c'insegna ad essere moderni. — Non negate quella libertà che fu sempre accordata agli artisti. — L'ammirazione dell'arte antica non c'impedisca di essere moderni ».

Questa scritta, su cui si intrecciano dei leggeri cerchi d'oro, è tracciata su tela, attraverso la quale deve passare la luce per la corsia interna; ond'essa riuscì mediocrementemente illuminata. Il fondo dei muri è colore grigio-calce; l'alto zoccolo color tabacco.

Ragioni di spazio ci impedirono di rappresentare sulla figura tutte e quattro le campate.

*

Venendo ora all'ultima parte, a sinistra del riguardante, occorre vieppiù spiegare quali intendimenti avesse l'autore nel disegnare quelle due antenne, in cui sono infilati 22 cerchi decrescenti, con una specie di colombaia intercalata alla loro base. Le prime dovevano costituire un faro rivestito di lampadine elettriche tutte addossate l'una all'altra; la seconda, il ricetto di un pavone. La posizione poco felice della facciata, quasi tutta occultata dal padiglione della musica, la necessità di dare un termine ai lavori di finimento, i quali si erano prolungati di oltre un mese dopo l'apertura della Esposizione, ed il costo non indifferente decisero gli amministratori a fare a meno delle lampadine. Ed il pavone fu bensì collocato a posto, ma la coda, fatta di gesso, essendo presto caduta al suolo, si finì per togliere anche il resto, lasciando così due cose incompiute, le quali pertanto, per la maggioranza del pubblico, non avevano senso.

Poco è a dire di quest'ultimo tratto della facciata. Sopra il lato maggiore (nascosto in parte dal muriccio che cela alla vista il cortiletto di servizio della sottostante gelateria) domina una simulata finestra che sembra aperta in un vasto semicerchio azzurro e compresa fra due mensoloni gialli.

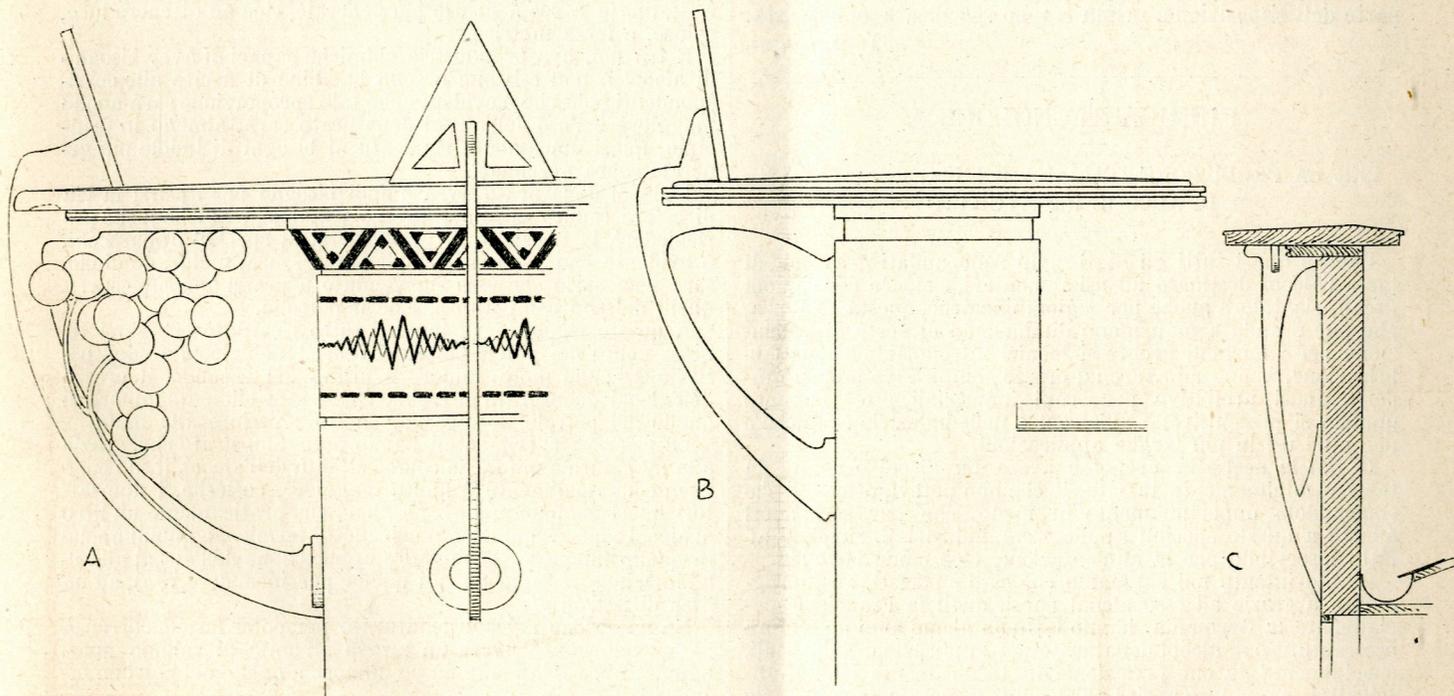


Fig. 149-150-151. — Profili di mensole in legno della facciata della Galleria degli Ambienti. — 1:40.

Il faro e la pavoniera corrispondono sull'angolo e vedonsi proiettati sulla nostra figura a 45°. Alla base della casina pel volatile, sorretta da mensole, si vede una specie di alberello verde e oro che protende il suo fusto fino a terra. Le aste del faro sono bianche e azzurre; i suoi cerchi, gialli.

Sulla nostra figura manca il lato risvoltato normalmente e lungo poco più di 4 metri. La cosa principale ivi dipinta in verde è un tripode, da cui partono a guisa di fumo dei filamenti ondeggianti gialli, che si ripiegano poi sulla facciata principale, traversandola diagonalmente e senza simmetria nelle ali laterali e nel timpano mediano, sul quale veggonsi pure tracciati in oro dei cerchi e delle sagome bizzarre.

Nelle fig. 149, 150 e 151 si ripetono in scala maggiore le mensole in legno formanti uno dei precipui ornamenti di questa facciata. In quella maggiore si hanno dei dischi leggermente biconvessi dipinti in bianco, che formano come una capricciosa vegetazione di palle di neve.

*

Il palco della musica colla sua gradinata, i massicci piloni, il tendone, gli stendardi e le posticcie pareti occultavano, come già si disse, siffattamente l'ora descritta facciata degli ambienti, che mentre la porta e sottostante scalinata esterna servivano bene spesso di uscita ai visitatori che avevano finito il giro, erano ben pochi quelli che per quella parte entrarono nelle gallerie.

I lettori possono persuadersi anche meglio dell'infelice posizione di quella facciata guardando una delle precedenti nostre illustrazioni, la fig. 130 a pag. 218, che è la riproduzione di una fotografia dal vero.

A settembre inoltrato, tolto il tendone ed i velari e lo scanno centrale del capo-musica, tagliati i quattro ordini di leggi nella parte mediana e costruita in quel punto una scalinata fiancheggiata da vasi; abbattuto il parapetto che contornava il palco nella parte superiore, l'Ufficio Tecnico seppe sistemare in modo più comodo e conveniente l'accesso dal piazzale superiore della fontana alla Galleria degli ambienti, e rendere più visibile la veste architettonica di questa parte dell'Esposizione, prima troppo sacrificata e nascosta.

A. FRIZZI.

CHIMICA TECNOLOGICA

PER LA PRODUZIONE ITALIANA E L'USO INDUSTRIALE DI ALCOOL DENATURATO

Dacchè quasi tutti gli Stati civili sono andati gravando di tasse l'alcool destinato ad usi alimentari, e ciò sia per ragioni fiscali, sia talora anche per ragioni igieniche, questa sostanza, che pur è andata man mano diminuendo di costo di produzione per i mirabili progressi tecnici introdotti nella sua fabbricazione, venne ad avere un prezzo complessivo tale da renderla quasi proibitiva per scopi industriali, e ciò appunto quando si presentavano all'alcool e nelle industrie chimiche e per altri usi le più larghe applicazioni.

Di qui la necessità di poter avere un alcool o esente da tasse o minimamente tassato, il che non poteva ottenersi che concinandolo opportunamente in modo, che pur serbandosi adatto a queste speciali applicazioni industriali, riuscisse affatto inservibile per la alimentazione, cioè come bevanda.

Questo intento noi sappiamo che oggi è perfettamente raggiunto e grazie ad esso alcuni paesi, quali la Francia e specialmente la Germania, hanno fatto da alcuni anni un sempre crescente uso di alcool denaturato per applicazioni industriali, specialmente da che perfezionando tecnicamente i modi applicativi, si è potuto aprire all'alcool la larga via dell'uso come materia illuminante e riscaldante, e per sviluppo di forza motrice.

Non vi è bisogno di notare di quale importanza ciò possa essere per l'economia mondiale, il sostituire cioè un combustibile, sempre rinnovantesi per l'inesauribile produzione vegetale,

a quelli fossili liquidi e solidi, le cui riserve, per quanto immense, debbono essere per loro natura esauribili.

Di quale importanza sia questo genere di consumo lo si comprende facilmente quando si pensi che in Francia esso si aggira già da 150.000 a 200.000 ettolitri all'anno, ed in Germania ebbe le seguenti progressioni:

1893	Ettolitri	627.000
1898	»	868.000
1899	»	942.000
e nel 1901	»	circa 1.200.000

Questa enorme differenza tra il consumo tedesco e quello francese, pur tenuto conto delle differenze di popolazione, mentre poi le due nazioni si uguagliano per civiltà, ci dà la chiave di un altro fatto importante: cioè la necessità di avere l'alcool denaturato a prezzi minimi. Tale differenza, infatti, si spiega facilmente quando si pensi che in Germania vi è per l'alcool denaturato l'assoluta esenzione dalle tasse di fabbricazione e di vendita, una spesa minima per la denaturazione, la più grande agevolezza nel compierla e nella circolazione e nell'uso dell'alcool denaturato: mentre invece in Francia si conservò fin qui un residuo di tassa di fabbricazione anche per l'alcool denaturato, la spesa della denaturazione quasi quadrupla di quella tedesca, oltre ad una serie di formalità ineccepenti la circolazione, il commercio, l'uso.

Cosicchè mentre in Germania si può avere all'ingrosso l'alcool denaturato a 25-30 centesimi il litro, ed al minuto da 45 a 70, con una media di cent. 50, in Francia il prezzo era ancora più che doppio.

Ed in Italia? Il Governo, dopo molte istanze, si decise finalmente, poco più di un anno fa, ad elaborare un progetto di legge a tale intento, ma fuvvi indotto non tanto dalla coscienza di dover dare all'industria nazionale ed alla nostra economia domestica questi nuovi opportuni sussidii, quanto dalla necessità di fare qualche cosa che avesse il carattere di un aiuto alla incalzante crisi vinicola del nostro paese.

Ed è appunto questo speciale carattere che si vuol dare al provvedimento legislativo che sta dinanzi al Parlamento, che fa temere sia ancora ben lontano il giorno in cui anche in Italia si avrà un largo consumo di alcool per usi industriali.

*

Ricordiamo innanzi tutto che anche in Germania, ove pure le apposite disposizioni legislative sono della maggiore larghezza, e tali da plasmarsi ai singoli bisogni delle varie industrie chimiche capaci di utilizzare l'alcool, tuttavia l'uso di questo per tali industrie è complessivamente non grande, cioè tra 1/3 ed i 3/8 del consumo totale, mentre la parte maggiore è destinata a scopi di uso più generale, cioè ad ottenere luce, calore, e forza motrice.

E tra noi, ove le industrie chimiche capaci di aver bisogno di alcool o non esistono o sono bambine di fronte alle corrispondenti tedesche è evidente che tale sproporzione sarà anche maggiore e l'uso dell'alcool denaturato sarà, almeno in principio, quasi unicamente riservato ai bisogni di indole più generale sopra accennati.

L'alcool denaturato avrà quindi bisogno per aprirsi la via di essere ceduto al minor prezzo possibile, e poichè il suo uso richiederà la necessità di provvedersi di speciali apparecchi, è evidente che per reggere alla concorrenza, malgrado di ciò, sarà necessario che esso sia venduto a prezzi non superiori a quelli del suo competitore, cioè il petrolio.

A questo riguardo va innanzi tutto ricordato che se si tenesse conto dei poteri calorifici teorici dell'alcool e del petrolio, essendo molto minore il primo del secondo, il prezzo dell'alcool denaturato dovrebbe essere sensibilmente minore di quello del petrolio e forse non molto superiore alla metà.

Le ricerche sperimentali hanno però dimostrato che, grazie alla maggiore e più facile combustibilità dell'alcool, il suo coefficiente di rendimento è molto maggiore, cosicchè, i due fattori quasi compensandosi, ne viene che praticamente un litro di alcool è quasi equivalente nell'effetto termico, e quindi anche in quello luminoso (la migliore applicazione dell'alcool alla illuminazione essendo fin qui quella per incandescenza), ad un litro di petrolio.

Ne nasce che l'alcool denaturato per poter far concorrenza al petrolio dovrà avere un prezzo all'unità di volume quasi uguale, ma certamente un po' minore a quello del petrolio ordinario.

Se si trattasse del petrolio al prezzo che ha sul mercato libero è evidente che la concorrenza sarebbe assolutamente impossibile, perchè, malgrado gli immensi progressi tecnici è ancora impossibile avere dell'alcool al prezzo di pochi centesimi al litro quale è il costo effettivo del petrolio.

Ma da noi il petrolio è fortemente tassato, ed il reddito fiscale che esso dà è di tale importanza per il bilancio dello Stato, che è poco probabile tale tassa venga ridotta, malgrado che siavi ventilata più volte la riduzione sia per sgravare i consumi popolari, sia anche come un mezzo per cercare di aver concessioni alla esportazione dei nostri prodotti agricoli in Russia e nell'America del Nord, come già si è fatto per il caffè rispetto al Brasile.

Ammettendo adunque che non si addivenga ad alcuna riduzione sul petrolio, noi possiamo prendere per base del prezzo dell'alcool denaturato quello attuale del petrolio che si aggira sui 65 a 70 centesimi al litro al dettaglio.

Pur ammettendo che l'alcool possa venire presto preferito per alcuni suoi speciali caratteri (non produzione di fumo e di cattivi odori nel bruciare), tuttavia è certo che anche al dettaglio il suo costo non dovrà essere superiore ai 55-60 centesimi come si vende in Germania.

Ora un tale prezzo al dettaglio, è evidente che ne richiede uno sensibilmente minore all'ingrosso e forse non superante le L. 40 a 45 all'ettolitro, nel qual prezzo dovrà pur comprendersi la spesa di denaturazione, che pur ridotta al minimo come in Germania, non richiederà mai meno, tra denaturante, sorveglianza, ecc., di L. 2 a 3 all'ettolitro.

Dato ciò, e tenuto calcolo anche delle spese di distillazione, quale potrà essere il prezzo dell'alcool da distillare? Evidentemente non superiore ai 35-40 centesimi per ettolitro e per grado.

Ora è da ricordare che il progetto di legge sull'alcool denaturato, cioè *per gli spiriti adoperati nelle industrie*, appunto per voler mirare a proteggere l'industria vinicola che attraverso una dura crisi, vorrebbe riservata unicamente l'esenzione dalla tassa all'alcool derivato dalle vinacce e dal vino, cosicché è da queste materie prime che noi dovremmo d'ora innanzi domandare l'alcool da bruciare nei fornelli, nelle lampade, negli automobili, nei motori diversi, nei quali detto alcool dovrà far la concorrenza al petrolio ed agli altri olii leggeri.

Tralascio per un istante di parlare delle vinacce, per le quali noi urteremo con qualche altra difficoltà di altro ordine, ma che dal punto di vista economico potrebbero forse essere suscettibili di darci, senza scapito, l'alcool al prezzo sopra accennato di 40-45 cent. per ettolitro e per grado.

Ma se noi andiamo al vino e se noi consideriamo che l'alcoolicità media dei vini italiani, specialmente di quelli scadenti, che son quelli che di preferenza si destinano al lambicco, non è di molto superiore ai 10 gradi ed anzi in molti casi minore, e se si tien conto delle inevitabili perdite, è evidente che per ottenere all'origine il costo dell'alcool da denaturare sulle L. 35-40 all'ettolitro, occorrendo 10 ettolitri di vino per ottenerne uno di alcool, sarà indispensabile che il vino da distillare venga ceduto ad un prezzo non superiore alle L. 4 all'ettolitro.

Ora è possibile che si immagini la viticoltura italiana mirante a questo bello intento di realizzare per i suoi vini questi splendidi prezzi?

Mettere a base della produzione e quindi anche del consumo dell'alcool denaturato l'alcool estratto dal vino, vuol dire non assicurare né detta produzione ed il relativo consumo, né rendere un vero servizio alla produzione vinicola, e ciò malgrado di sacrifici per la finanza.

*

Resta, è vero, la produzione dell'alcool delle vinacce, per le quali vi è ancora un margine di materia prima disponibile, e si è anche dimostrato coi calcoli che esse sarebbero capaci di produrre da noi l'alcool al maggior buon mercato, L. 45 cioè circa all'ettolitro, e quindi adatto alla denaturazione ed a far concorrenza al petrolio, anche seguitando a pagare le vinacce a prezzi abbastanza remuneratori.

Ma a questo riguardo mi permetterei di fare alcune osservazioni.

Innanzitutto va ricordato che per giungere a tal prezzo bisogna tener alto conto del ricavato in sottoprodotti, specialmente in cremore, al quale si attribuisce un discreto valore.

Ora è egli probabile che se si allargasse ancora la distillazione delle vinacce, ed il conseguente prodotto in cremore, ad esempio, si raddoppiasse, il prezzo di questo si manterrebbe ancora a quello attuale? Io ritengo francamente di no, e temo che il valore dei cremori, già tendente al ribasso, andrebbe ancora naturalmente scemando ed allora i calcoli rifatti condurrebbero a ben differenti risultati.

Ma vi ha di più. Le distillerie di vinacce, anche quelle meglio organizzate, sono ora dirette a questo scopo: Produzione di acquavite di 50-55 gradi, e produzione di cremore. Ora la

legge sull'alcool denaturato, vuole, ed a ragione, che l'alcool da denaturarsi sia almeno di 85 gradi. Il che vuol dire che dette distillerie saranno costrette a fornirsi di nuovi apparecchi adatti a dar alcool di superiore gradazione, o saranno sempre mancipie dei grandi stabilimenti per averne la rettificazione. Avranno convenienza a far ciò? Io non lo credo, come non credo che neanche per le vinacce vi sia convenienza a destinarle a produrre alcool denaturato, perchè ciò vorrebbe dire un prodotto di minor valore; mentre invece le nostre distillerie agricole hanno tutta la convenienza a conservarsi produttrici di *acquaviti* (facilissimamente perfezionabili con appena un po' di buona volontà) e per le quali possono trovare un largo sfogo in Italia e fuori, certamente a prezzi più remuneratori di quelli che può dare l'alcool denaturato.

E per ultimo: le vinacce sono esse realmente quella sorgente inesauribile di alcool su cui contare per avere quel combustibile col quale sostituire e far concorrenza al petrolio? Io credo fermamente di no.

Le nostre statistiche della produzione agricola sono purtroppo così imperfette ed incomplete, che siamo ben lungi dal sapere con un po' di precisione quanto vino produciamo. Io ritengo però di non andar tanto errato calcolando la nostra produzione media annuale tra 30 e 35 milioni di ettolitri di vino. Su tale base, e calcolando un residuo di 20 Kg. di vinacce, per ettolitro di vino, si riesce ad un quantitativo di 6 o 7 milioni di quintali di vinacce, che dovrebbero rappresentare la loro produzione annuale da noi. Calcolando ora che ogni quintale di vinacce possa produrre 4 litri di alcool anidro (cifra presa per base da tutti nei loro calcoli, ma che io ritengo, come media, superiore al vero) si riesce a calcolare che la riserva di alcool contenuto normalmente nelle nostre vinacce è di 240.000 a 280.000 ettolitri.

Ma tutte le nostre vinacce sono veramente destinabili alla distillazione? Siamo ben lungi da ciò.

Incominciamo a sottrarre dalla produzione complessiva delle nostre uve quella che entra in natura nei nostri maggiori centri, e che va a farsi vino, forse tra 1/10 ed 1/30 della produzione totale; e se pensiamo ai forti dazi di consumo che gravano sul vino vedremo che queste vinacce hanno avuto ed hanno tuttora la convenienza di convertirsi in vinelli, anziché di passare al lambicco. Ma ciò non basta. Anche nelle campagne una buona parte delle vinacce non va alle distillerie non soltanto per le *gravi tasse*, o per *ignoranza* o per *incuria*, ma perchè non vi trova *convenienza economica ad andarvi*.

Anche nella campagna vi è sempre stata convenienza e sovente può esservi (e potrebbe esservi anche maggiore domani) di destinare una parte almeno delle vinacce a produrre vinelli. Le vinacce lavate sono quasi sempre gettate sul letamaio. Ma se si provasse (e alcuni lo fanno) che queste vinacce lavate possono (diligentemente compresse e ben custodite) costituire un ottimo *foraggio*, di valore non disprezzabile, è evidente che specialmente per le fattorie un poco lontane dalle distillerie vi è tutta convenienza a destinare le vinacce a produrre vinelli ed a farsi foraggio, anziché destinarle alle distillerie; tanto più poi per produrre alcool da denaturare.

Giova poi ricordare fin d'ora che una parte notevolissima delle nostre vinacce va effettivamente alle distillerie, perchè dei 200.000 ettolitri di alcool anidro che normalmente produciamo, oltre una metà almeno proviene da esse; ma vi va per produrre acquaviti, le quali costituiscono per il distillatore un prodotto certamente più redditivo (ed io ritengo capace di ulteriore notevole sviluppo) che non l'alcool da denaturare e da bruciare.

Sommati tutti questi fattori, e tenuto conto delle varie considerazioni fatte, io ritengo fermamente che anche le vinacce, anziché essere una *larga sorgente* di alcool da *denaturare*, non avranno mai convenienza a prendere quella via, e che probabilmente *non un solo quintale di vinacce* verrà né oggi né mai destinato a quell'uso. In una parola adunque: né il vino, né le vinacce possono essere considerate come materie prime adatte ed economicamente convenienti per una larga produzione di alcool per uso industriale, e da destinarsi, denaturandolo, a produrre calore, luce, e forza motrice.

Il vino dovrà trovare lo scioglimento della crisi che ora travaglia la sua produzione in ben altri provvedimenti. Quanto alle vinacce, parmi non vi sarà nessuno che vorrà condannarle a questa prostrazione; mentre una provvida e ben intesa legislazione sugli alcool, aiutata da una maggiore istruzione tecnica apposta largamente diffusa, possono riservare loro colla trasformazione già così bene avviata in *acquaviti bevibili* (non mai in alcool da bruciare) un avvenire lusinghioso tanto all'interno che all'esterno, dando sfogo anche a quella parte, non enorme di essa, che ancora non ha presa

questa via, e che non trovi applicazione sufficientemente redditiva in altre trasformazioni nell'interno dell'azienda rurale, senza bisogno di passare per il lambiccio.

*
Se adunque poco, assai poco possiamo contare sul vino e sulle vinacce per avere dell'alcool per usi industriali, dovremo noi rinunziarvi? Certo no.

Evidentemente però la via è una sola. Seguire l'esempio che ci danno i paesi, che prima di noi si sono dati alla preparazione larga di alcool per usi industriali; ma *questo esempio seguirlo per intero.*

E' forse dalla birra, la sua bevanda nazionale, che la Germania trae il suo alcool da denaturare? E' forse dai suoi sidri, dai suoi vini che la Francia trae a sua volta l'alcool per uso industriale?

Mai no! Tali nazioni, che pur producono o per una via o per l'altra (orzo, o uva, o frutti) delle quantità di bevande alcooliche ben superiori a quelle che produciamo noi, tuttavia non ricorrono ad esse per avere dell'alcool da destinare alle basse applicazioni industriali.

E' dai liquidi fermentati degli amidacei, mai passati allo stato di bevanda, che essi ritraggono unicamente l'alcool che può servire per ottenere luce, calore, forza motrice. E questa deve essere pure la nostra via, se vorremo veramente avere anche noi dell'alcool per usi industriali.

Ma qui sorgono immediatamente due gravi obiezioni: 1° Noi che siamo importatori così forti di grani, come mai possiamo pensare a produrre in casa nostra alcool dagli amidacei, cioè dai cereali? 2° Se noi concediamo la esenzione dalla tassa anche all'alcool prodotto dagli amidacei, apriremo senza freno le porte all'alcool estero.

Rispondo alla prima.

E' vero, noi siamo importatori di grano, specialmente di frumento; ma io credo anche che se, *viribus unitis*, sapremo con forte coscienza dirigere tutti i nostri sforzi a migliorare ed intensificare la nostra *granicoltura*, noi potremmo in non lungo volger d'anni raggiungere questo alto intento, sull'esempio della Francia che vi impegnò coraggiosamente poco più di 15 anni, con vantaggio economico per il nostro paese superiore a tutte le vantate esportazioni vagheggiate da facili economisti.

Ma se questa è la mèta del domani, io dico che anche oggi guardandoci attorno, noi possiamo facilmente trovare anche in casa nostra tanti amidacei da produrre l'alcool industriale che ci occorre, almeno in principio. Facciamo alcuni calcoli alla semplice.

La nostra produzione annua di vinacce è di circa 6 o 7 milioni di quintali; occorrendone almeno 25 (ed in molti casi 30) per produrre un ettolitro di alcool anidro, per produrre 100 000 ettolitri di alcool, occorrerebbero da 2,5 a 3 milioni di quintali di vinacce. Quasi la metà della nostra produzione.

Invece la nostra produzione di cereali, anche colla nostra miseria, si aggira annualmente tra frumento, mais, segala, riso a 70-80 milioni di quintali.

E siccome bastano in media 3 quintali di cereali per produrre un ettolitro di alcool (col riso può occorrere anche qualche cosa di meno) è evidente che quei 100 000 ettolitri di alcool che richiederebbero 2,5 a 3 milioni di quintali di vinacce, li potremmo produrre con soli 300 000 ettolitri di cereali. Una quantità quasi insignificante anche di fronte alla nostra misera produzione cerealiara.

Ond'io credo, che cercando attentamente nella nostra miseria, rintracciando il mais amuffito, che è meglio non vada ad infestare di pellagra intere popolazioni; cercando il grano avariato; adoperando il riso rotto non sarà difficile rintracciare anche in casa nostra quei 300 000 od anche 600 000 quintali di cereali, che potrebbero occorrere per produrre l'alcool industriale per ora occorrente.

Ma badiamo! Sempre rimanendo entro alle risorse della patria agricoltura noi abbiamo ben altre sorgenti di possibile alcool industriale.

Ove lasciamo la patata, che sarebbe così utile di coltivare assai più largamente di quanto facciamo ora?

Ove lasciamo i residui dello zuccherificio nazionale, così opportunamente sorto anche tra noi?

Come vedesi, anche ora non mancano sicure e più facili sorgenti di alcool da denaturare, senza ricorrere al vino ed alle vinacce, il cui alcool è certamente degno di migliori destini!

Noi che possiamo essere buoni produttori di vera acquavite di vino, non buttiamo via questa materia preziosa per farne dell'alcool da bruciare in concorrenza al petrolio.

Rimane la seconda obiezione. Ed a questa io rispondo, osservando che la tassa di confine, anche la convenzionale di

sole L. 14 all'ettolitro, uguaglia quasi la metà del valore dell'alcool per usi industriali da denaturare, il quale non potrà essere venduto all'ingrosso oltre 30-35 lire all'ettolitro; ora una tassa di confine che uguagli quasi la metà del valore della merce è indubbiamente una discreta difesa.

Ma chi ci vieta di destinare un premio alla nostra produzione interna di alcool di amidacei?

Certamente sarebbe molto meglio che l'integrale difesa venisse dalla tassa di confine. Una tassa di confine è finanziariamente ben miglior cosa di un premio. Ma pur troppo ora non possiamo mutare lo stato presente delle cose. Sarà bene provvedervi alla rinnovazione dei trattati di commercio. Ma per parte mia trovo che non sarebbe soverchia pretesa la nostra di imporre 30 lire all'ettolitro per l'alcool, contro paesi che ci imposero 20 marchi per un ettolitro di vino, e vorrebbero aumentare ancora.

Nè ci si dica: Voi proponete un premio per l'alcool di amidacei, e non date più nulla all'alcool di vino e di vinacce.

Nossignori! a ciascuno il suo. Si conservino pur questi e si mantengano per un pezzo gli opportuni abbuoni della provvida Legge del 31 dicembre 1901, mantenendo il 25 0/0 per l'alcool distillato senza contatore, il 30 per quello misurato col contatore.

Poi, senza aumentare gli abbuoni, arma delicata sia nei rapporti della produzione interna, sia e maggiormente in quelli della produzione estera, si rinforzi questa difesa dell'alcool di vino col crescere alquanto la tassa di fabbricazione, portandola a 200 lire all'ettolitro. Così anche la finanza avrà il suo vantaggio a compenso dei premi che dovrebbe pagare a difesa della produzione nazionale.

Se adunque noi vogliamo seriamente ottenere anche da noi la produzione di alcool industriale, opportunamente denaturato, diamo il bando alle poetiche illusioni, e prendiamolo — pur sempre da prodotti del suolo nazionale — ma da quelli che ragioni tecniche, economiche, igieniche li indicano meglio adatti per questo scopo.

Ed a raggiungere tale intento è d'uopo:

1° Che nel disegno di legge per gli spiriti destinati ad usi industriali si ammettano all'esenzione di tassa tutti gli spiriti ricavati da prodotti del suolo italiano, qualunque ne sia l'origine;

2° Che si dia a tutela della produzione dell'alcool industriale italiano un premio di L. 10 (o 15) per ettolitro, tanto a quello prodotto dal vino che a quello derivato da amidacei o da residui dello zuccherificio;

3° Che si generalizzino e si mantengano a tutela della produzione dell'alcool derivato dal vino e dalle vinacce gli abbuoni del 30 e 35 0/0, a seconda che la produzione è misurata o non con il contatore portando nel tempo stesso la tassa di fabbricazione a lire 200 ad ettolitro;

4° Che si cerchi, alla rinnovazione dei trattati di commercio, di portare a L. 30 l'ettolitro la tassa di introduzione dell'alcool anche per quei paesi nei quali vigono ora speciali convenzioni.

(Da Memoria dell'ing. M. ZECCHINI nell'*Economia rurale*).

NOTIZIE

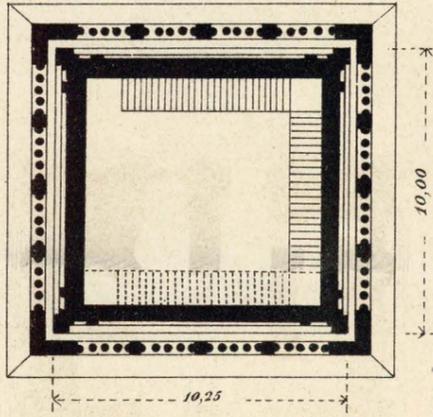
Il premio dell'Accademia dei Lincei al fisico Guglielmo Marconi. — La R. Accademia dei Lincei, nella sua adunanza plenaria del 31 maggio scorso e su proposta della Categoria di Fisica, di Chimica e di Mineralogia, con voto unanime assegnava a Guglielmo Marconi un premio straordinario e fuori concorso della fondazione Santoro, di lire 10 mila.

Questa onorifica distinzione, che lascia da parte tutte le formalità del concorso, è stata aggiudicata come prova del costante e vivo interesse che l'Accademia prende ai perseveranti e grandiosi progressi che per opera del Marconi ha fatto e fa la telegrafia senza fili. E l'Accademia intese con ciò di dare tutto l'appoggio suo e tutti gli incoraggiamenti, affinché il Marconi continui nella bellissima sua opera scientifica.

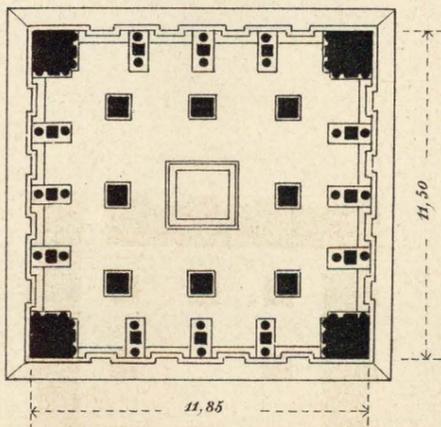
Il Marconi, nel ringraziare il Vice-Presidente, prof. Blaserna, della fattagli comunicazione, rispose che teneva il premio assegnatogli dalla R. Accademia dei Lincei, quale il più grande onore ed incoraggiamento sinora ricevuto, ma che nello stesso tempo sentiva che l'alta onorificenza conferitagli era ben superiore a qualsiasi suo merito.

(L'Eletricista).

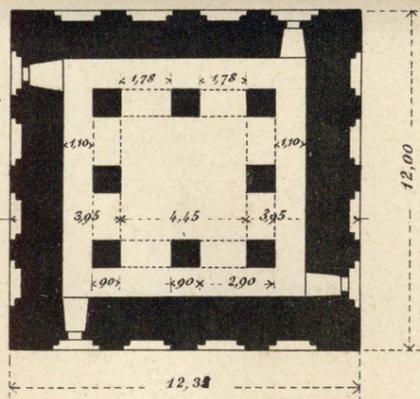
Pianta al piano G H.



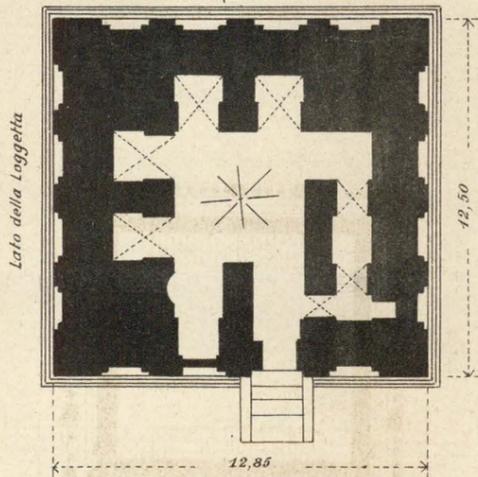
Pianta al piano E F.



Pianta al piano C D.



Pianta al piano A B.



Scala di 1 : 250.



(Strato carantoso)

