

NOTE SULLE CONDIZIONI DELLA BASILICA SOTTERRANEA DI PORTA MAGGIORE

Il problema della conservazione della Basilica sotterranea di Porta Maggiore è indubbiamente fra i più assillanti e complicati che l'archeologia presenti. È merito grandissimo del prof. Salvatore Aurigemma, dalla cui Soprintendenza il Monumento dipende, di avere insistentemente promosso studi e ricerche che evitassero affrettate decisioni e soluzioni incomplete. Ormai che, con gli studi che vengono qui di seguito pubblicati, si ha la certezza di indicare la strada giusta da prendere, è fervido augurio di tutti gli studiosi che l'attuazione dei provvedimenti proposti non venga neppure differita di poco tempo.

C. B.

I. Stato del monumento. — II. Ricerche e analisi chimico-fisiche. — III. Osservazioni sul risanamento e sul consolidamento.

I. — STATO DEL MONUMENTO

L'Ipogeo si trova quasi all'inizio della via Prenestina, subito dopo la Porta Maggiore, e vi si accede mediante un ingresso distante circa m. 30 dal sottovia ferroviario, sul lato sinistro della strada. Esso giace ad oltre m. 13, dal piano della ferrovia, costituito da sei coppie di binari di corsa delle linee Roma-Pisa, Roma-Napoli (via Cassino) e Roma-Napoli (direttissima).

L'Ipogeo che fu scoperto casualmente nell'aprile del 1917, a seguito di un cedimento verificatosi sotto uno dei binari, ed in corrispondenza di un antico aereatore, è costituito:

a) Dalla parte basilicale propriamente detta, divisa in tre navate con volte a tutto sesto rialzate, poggiate su sei pilastri (tre per ogni lato), raccordati da archi, con abside e catino verso l'estremità orientale e con vestibolo (munito di lucernario) sull'opposta estremità;

b) da un corridoio a gomito (pure a volta) raccordato mediante strombatura al lato sinistro del vestibolo, che costituiva il vecchio ingresso, ora accecato, orientato, forse, nella stessa direzione dell'abside;

c) l'interno della Basilica era interamente ricoperta di stucchi, rimasti ancora soltanto in parte, che ricoprivano le pareti, i pilastri e le volte, ivi compreso il vestibolo. Inoltre si trovano ancora evidenti tracce di decorazioni pittoriche.

Anche il vecchio ingresso serba talune tracce di decorazioni a stucco.

Il pavimento dell'Ipogeo è ricoperto quasi del tutto da mosaico minuto, di fine fattura.

II. — RICERCHE E ANALISI CHIMICO-FISICHE (Salvatore Liberti)

Prima di riferire in merito alle ricerche direttamente eseguite, si premettono alcune notizie riguardanti gli studi fatti in data anteriore ai primi mesi del 1945.

Nel rileggere le relazioni precedenti si è trovato che il problema non fu studiato nei suoi vari aspetti, per una sua eventuale soluzione definitiva che mirasse al risanamento integrale dell'umidità dell'Ipogeo.

Infatti si trovano alcuni progetti d'isolamento che in seguito furono ritenuti non idonei; si trova traccia della messa in opera di una cappa di piombo, a protezione della Basilica dagli stillicidi, la quale già dopo tre mesi risultò inutile.

Dalle precedenti analisi, inoltre, gli stucchi furono definiti: in una come composti di carbonato di calcio, senza specificare se la calce fosse carbonatata, oppure se fosse mista a frammenti di marmo o comunque di calcare, pure essi di carbonato di calcio; in altra si rilevò « presenza di quarzo o comunque di un minerale non solubile in acido cloridrico, in ragione del 27,2 % in peso; presenza di solfati ». Evidentemente il campione di stucco fu raccolto sul pavimento e non sul muro e quindi senza la malta che lo legava alla parete; non solo, ma derivava da un punto ove era tenuto legato all'intonaco da restauri nei quali venne usato il gesso come adesivo sui bordi distaccati. Ecco spiegata la presenza sia del 30 % di silice quarzosa sia del gesso.

Tutte le relazioni si sono fermate allo stadio iniziale e non hanno portato a termine il problema esaminandolo sotto tutti gli aspetti. Infatti fu considerata prevalente la condensazione del vapore acqueo sui muri e sugli stucchi (fenomeno comunissimo nei locali sotterranei); si parlò, è vero, talvolta di stillicidi, ma senza approfondirne le cause. Si può ancora aggiungere che l'acqua di stillicidio, senza preoccuparsi della sua provenienza, fu analizzata soltanto dal punto di vista della durezza.

Ciò premesso, ai primi del 1945, dopo diverse riunioni promosse dall'allora Direttore Generale delle Belle Arti, prof. Bianchi Bandinelli, di accordo col prof. Salvatore Aurigemma, Soprintendente alle Antichità di Roma I, l'Istituto Centrale del Restauro fu chiamato a riprendere gli studi sulla Basilica, interrotti dalla guerra. Il Direttore dell'Istituto stesso, dette incarico allo scrivente di approfondire le ricerche su nuove basi. Furono prelevati, in primo luogo, dei campioni di stucchi, allo scopo di determinarne la esatta composizione. Inoltre, ad analisi terminata, fu proposto dal Prof. Brandi di tentare di consolidare gli stucchi, rimandando ad altro tempo le ricerche igrometriche ed altre nuove analisi. Per non incorrere negli errori già descritti i campioni furono accuratamente prelevati, per escludere qualsiasi traccia di intonaco, di calcestruzzo romano o di altri corpi estranei.

Ecco la relazione presentata in data 28 giugno 1945:

« Analisi chimica degli stucchi della Basilica di Porta Maggiore.

1) *Analisi chimica.* — Gli stucchi sono formati da un conglomerato di numerose particelle grossolane calcaree, alcune bianche, altre gialliccie, con una sostanza bianca che fa da cementante e risulta composta di calce carbonatata, in qualche punto pastosa ed appena distaccata dai muri disgregabile; i pezzetti di marmo funzionano da scheletro e fanno le veci della sabbia delle comuni malte aeree.

È assente il solfato di calcio (gesso); pur risultando, da Vitruvio, che i Romani adoperassero qualche volta tale materiale per gli stucchi. Naturalmente si trovarono impurezze dovute alla calce ed alle acque assorbite,

quali: argilla colloidale, granellini di sabbia, tracce di ferro, alluminio, manganese, magnesio e potassio.

In tutti i campioni, sia in superficie, sia al centro che sul retro, fu constatata sempre la *presenza di nitrato di calcio e di potassio*, provenienti dai nitrati sciolti nelle acque di sgocciolamento del terrapieno circostante; inoltre le stesse acque ricche di cloruri, hanno reagito in qualche punto con la calce, formando cloruro di calcio: *sia i nitrati che i cloruri sono nocivi alle calci perchè deliquescenti* e le mantengono in uno stato di umidità tale da impedirne la presa e l'indurimento.

Inoltre nell'analisi del terriccio di copertura si trovarono *sostanze umiche*, brune, provenienti dalla decomposizione dei vegetali, con notevole sviluppo di batteri; queste sostanze sono azotate, assorbono ammoniaca dall'aria e facilitano la formazione dei nitrati. Si uniscono con la calce e con la magnesia, con gli ossidi metallici, formando umati; specie il carbonato di calcio satura l'umo, ma l'umato di calce dà origine, a contatto con l'acqua, prima a soluzioni alcaline, in ultimo a sali acidi. Una leggera acidità nel terriccio, conferma quanto si è esposto. Su alcuni stucchi, come da relazioni precedenti, si notano degli strati calcarei di tipo stalattitico, provenienti dalle acque di sgocciolamento ricche di acido carbonico, che hanno trasformato il carbonato di calcio in-solubile in bicarbonato di calcio solubile; quindi il bicarbonato è ritornato carbonato di calcio.

2) *Igroscopicità degli stucchi*. — Come risulta dalle precedenti relazioni di altri tecnici, l'ambiente della Basilica di Porta Maggiore è sempre saturo di umidità, proveniente dalle acque di infiltrazione del terreno circostante, che in diversi punti, sgocciolano dalle volte fino a formare delle pozze di acqua sul pavimento. In origine gli stucchi di calce dovettero essere ben carbonatati, anzi, a contatto del fondo delle volte e dei muri di pozzolana, si dovette formare lentamente col tempo una combinazione di silicato calcico, che faceva da unione tra gli stucchi e la pozzolana stessa.

Il carbonato di calcio formatosi preservava i muri dall'azione dell'acqua di saturazione dell'ambiente, finchè l'aumento notevole di quest'ultima, unita a quella di sgocciolamento, ambedue ricche di acido carbonico, hanno dissolto la calce cementante i pezzetti di marmo, l'hanno scomposta in alcuni punti, con formazione di bicarbonato di calcio solubile e successiva formazione di nitrato e cloruro di calcio deliquescenti. La pozzolana sottostante, con acqua di calce liberatasi, si è gonfiata formando alluminato di calcio, per cui in diversi punti gli stucchi sono caduti, in altri si sono sollevati, da per tutto non c'è più l'aderenza primitiva. Gli stessi stucchi per, questa iniziale formazione di calce libera, gonfiarono un poco i granuli, e, come ho già detto, il loro posto fu preso in alcuni punti da sali deliquescenti molto amanti di acqua che mantengono in perenne umidità gli stucchi stessi.

La tensione di vapore dell'acqua di imbibizione e di condensazione degli stucchi si è sempre trovata inferiore alla tensione del vapore acqueo dell'ambiente, e col crescere di questa aumenta la formazione dell'acqua di condensazione.

I Romani conoscevano la pozzolana e l'adoperavano con la calce, come cemento idraulico resistente a tutte le costruzioni, anche a quelle subacquee,

sapevano che la malta fatta con calce e sabbia era adatta solo alle costruzioni aeree; gli stucchi citati furono fatti come ornamento di muri interni, in un tempio in origine asciutto; anche gli Egizi e gli Assiri adoperavano la calce, ma solo per intonachi e decorazioni. Il conglomerato di calce e marmo degli stucchi della Basilica di Porta Maggiore non doveva pertanto servire a cementare tra di loro parti della costruzione, nè resistere a speciali condizioni di umidità.

Dal rapporto presentato da Dumas nel 1846 alla « Société d'encouragement » di Parigi per la aggiudicazione di un premio di 12.000 franchi (fondazione del marchese D'Argenteuil) all'ing. Vicat per i più completi e profondi lavori sulle calci e cementi che si conoscano, si riporta:

« Senza argilla la calce dà una malta che indurisce, è vero, lentamente all'aria, a misura che assorbe anidride carbonica, ma che nell'acqua si disfa e si scioglie con tale prontezza, che qualsiasi tentativo di costruire sotto acqua con essa sarebbe disastroso... Le calci danno malte che si debbono impiegare soltanto nelle costruzioni aeree di debole spessore ».

Perchè il Vicat parla di argilla? Perchè l'idraulicità delle calci e dei cementi dipende esattamente da questa. In tutti i più comuni testi, anche scolastici, sui materiali da costruzione, si trova che *l'attitudine idraulica delle calci si misura coll'indice di idraulicità*, cioè col rapporto tra l'argilla tecnica (silice ed allumina) e la calce; ed il tenore in argilla per le calci preminentemente idrauliche deve variare dal 19 al 22 %. Senza l'argilla tecnica le calci, a contatto con l'acqua, rimangono sempre molli e pastose, specie se le acque, come quelle di Porta Maggiore, sono molto ricche di cloruri, nitrati e sostanze chimiche provenienti dal terreno circostante.

Inoltre sull'*Enciclopedia di chimica*, volume V, del Guareschi, capitolo « calci e cementi », si afferma che: « Si ebbero esempi (non specificati) di calci dolci conservate in pasta per parecchi secoli entro grosse murature » a causa della perenne e forte umidità dell'ambiente.

Lieven (sempre secondo Guareschi), un'altro tecnico che si occupò molto di calci idrauliche e cementi, osservò che un pavimento costruito in cemento, conservava ancora lo stato pastoso dopo un mese; vide che la sabbia era inquinata da piccole percentuali di torba. Esegui delle esperienze e ne dedusse che era appunto questa torba la causa della permanente pastosità dell'aggregato, oltre a formazioni calciche dovute alle sostanze umiche di decomposizione della torba.

3) *Conclusioni*. — I campioni citati furono prelevati, presente il direttore dell'Istituto, il 20/6/45 e portati nel Laboratorio di chimica di questo Istituto, ove, per le mutate condizioni di ambiente (— i laboratori sono tutti esposti a mezzogiorno —), hanno perduto prima l'acqua di condensazione e poi quella di imbibizione; a distanza di 8 giorni si presentarono perfettamente asciutti ed induriti.

Si può intanto tentare di fare assorbire agli stucchi delle soluzioni di sostanze, adatte ad indurirli e consolidarli prima del distacco. Sono stati iniziati esperimenti in proposito e sul risultato di essi si riferirà in altra relazione ».

Durante l'estate del 1945 furono fatti dei tentativi di consolidamento degli stucchi, mediante soluzioni differenti di sostanze chimiche, quali ad

esempio i fluosilicati, l'acqua di barite, ecc., ma gli stucchi, troppo molli e trasudanti acqua da tutti i pori, non ricevevano tali soluzioni perchè saturi; anche tentativi di prosciugamento fisico, mediante sorgenti termiche di vario tipo, e successiva imbibizione delle sostanze precedenti, non risposero allo scopo. Infatti, l'acqua si prosciugava troppo rapidamente (pericolo per gli stucchi) e, quando la soluzione veniva a contatto con la nuova acqua di condensazione si diluiva, per cui dopo settimane si riproduceva la soluzione precedente.

I campioni furono tutti contrassegnati sul muro con numeri progressivi ed alla presenza del prof. Brandi si constatò l'inefficacia degli esperimenti.

Se il consolidamento degli stucchi non riuscì, fu un bene altrimenti si sarebbe andati incontro ad una sicura perdita per le seguenti ragioni: l'acqua di sgocciolamento scorre da per tutto lungo le volte e si infila sui muri delle navate; in molti punti gli stucchi non hanno più aderenza alle pareti non solo, ma si sono formati addirittura, delle intercapedini abbastanza pronunciate (tutte a forma di convessità verso l'esterno). Se gli stucchi nei punti dove sono rimasti pastosi si fossero comunque induriti, sarebbero diventati meno porosi, si sarebbero cioè chiuse le innumerevoli vie che tuttora mandano nell'aria l'acqua che trasuda dall'intonaco. In molte parti si sarebbero osservati dei sollevamenti sempre più pronunciati, fino alla caduta sul pavimento degli stucchi. È l'acqua stessa di imbibizione, in definitiva, che li protegge, mantenendoli pastosi; si è formato un'equilibrio instabile che è meglio mantenere tale, senza troppe brusche variazioni, altrimenti, come nel nostro caso, ci sarebbe la caduta degli stucchi.

In altra parte si metterà in chiaro anche il fenomeno inverso, cioè i pericoli di un prosciugamento troppo brusco di tutto l'ambiente, che renderebbe farinosi gli stucchi, per mancanza della loro acqua calcica legante.

Si arrivò quindi alla determinazione di non consolidare gli stucchi prima di aver risanato tutto l'ambiente e fu iniziato pertanto un ciclo sistematico di ricerche igrometriche e di analisi che durò fino al maggio del 1948. Le registrazioni ottenute all'interno ed all'esterno furono divise in due periodi distinti (di siccità e di piovosità esterna) al fine di comprendere anche la provenienza degli stillicidi dall'esterno.

Intanto, a partire dal mese di luglio dell'anno 1946, il problema fu preso in esame anche dal dr. ing. Vittorio Perrone, che da allora, come si leggerà appresso, ha seguito e segue ininterrottamente lo stato dell'Ipogeo.

Da quella data il detto ciclo di ricerche è stato esteso alla concreta indagine delle cause prime dei fenomeni dannosi osservati nella Basilica, e ciò al fine tecnico di pervenire ad una soluzione integrale del problema stesso. A tale riguardo interessava soprattutto accertare le cause effettive dell'eccesso delle condensazioni (studio quindi sull'efficacia degli aereatori costruiti a suo tempo), le cause degli stillicidi (da studiarsi in rapporto alla presenza alle fessurazioni in atto nelle volte), le cause dell'imbibizione del terreno circostante (con conseguente assorbimento dalle pareti), in rapporto alla eventuale presenza di una falda freatica, ecc.

In tale primo periodo, di comune accordo con l'ingegnere Perrone, esaminando accuratamente l'andamento delle infiltrazioni ed il loro recente aggravarsi, secondo i dati raccolti nel modo anzi detto, ed integrando tale

esame con osservazioni e rilievi diretti, sul rilevato ferroviario e nelle immediate vicinanze della Basilica, si è potuto determinare la causa dell'aggravamento, facendola risalire agli imponenti bombardamenti aerei del luglio-agosto 1943.

Tale accertamento, ha posto ancora maggiormente in evidenza quanto fosse prevalente, rispetto alla condensazione, il fenomeno dell'infiltrazione di acqua dall'alto e, come si vedrà più oltre, quello dell'assorbimento di essa da parte delle pareti.

Ecco qui di seguito riportati i risultati ottenuti con le suddette ricerche, consegnati in una relazione in data 25 maggio 1948:

« Nello studio delle condizioni igrometriche dell'Ipogeo, dopo le diverse proposte anteriori risultate incomplete ed insufficienti a sanare l'ambiente, si può giungere ad una conclusione suddividendo i fenomeni in due parti distinte al fine di confrontare periodi di siccità e di piovosità esterna. Ed ecco le registrazioni ottenute:

1) *Periodi di siccità esterna.* — Non si notano stillicidi di acqua dalle volte; stucchi poco umidi, specie quelli della navata sinistra; pavimento asciutto; nessun fenomeno stalattitico recente; stalattiti di epoche precedenti in istato quasi asciutto; leggera condensazione di umidità in tutto il tempio. Se tali periodi si prolungavano le abbondanti muffe del tipo « merulius lacrimans » nel vecchio ingresso erano in via di distruzione. La temperatura era sempre stazionaria, inferiore a quella esterna d'estate e maggiore a quella esterna d'inverno; l'umidità non superava l'85 %.

2) *Periodi di piovosità esterna.* — Temperatura stazionaria come sopra, umidità relativa oscillante tra 90 % e 100 %, indizio di aria satura di vapore acqueo e senza possibilità di circolazione risultando insufficienti ed inutili gli aereatori fabbricati appositamente per asciugare l'ambiente. Infatti essi terminano allo sbocco tutti in un piccolo spazio della superiore scarpata ferroviaria e precisamente in un orticello attiguo ai binari, esposti cioè tutti alla stessa temperatura ed umidità, quindi medesima pressione; principiando dal basso hanno l'aspetto dei caminetti con le cappe tanto comuni alle nostre cucine. Però mentre i caminetti delle cucine debbono forzatamente esercitare un tiraggio data l'aria ascendente e calda che si forma, invece nell'Ipogeo è difficile che si formino correnti d'aria ascendente perchè l'aria di esso è sempre o quasi più pesante di quella esterna. Inoltre tutti gli aereatori funzionano bene quando alle loro estremità esiste una differenza di pressione e di temperatura, se non notevole, per lo meno di qualche punto; cosa invece che nei rilievi non si notò quasi mai. Una volta stabilito il principio della scarsissima circolazione di aria tra l'interno e l'esterno, si è notato che, dopo le piogge, l'acqua del pavimento delle navate e del vestibolo rimaneva stagnante anche per mesi, rifornendo lentamente l'ambiente dell'umidità che col tempo era diminuita. Dopo le piogge naturalmente la condensazione del vapore acqueo sulle pareti era più abbondante.

Ecco gli stillicidi osservati dopo le piogge:

Dalla volta della navata centrale, a 2 metri dall'abside, in corrispondenza della prima crociera, angolo destro rispetto a chi guarda l'abside, si

nota un forte stillicidio; osservando bene, l'acqua filtra seguendo i bordi di un tassello di chiusura praticato dopo le prime esplorazioni nell'Ipogeo. Inoltre nella stessa navata centrale, in corrispondenza della seconda crociera a sinistra di chi guarda l'abside, vi è un secondo stillicidio, che in parte cade sul pavimento e parte scivola lungo la curvatura della volta, bagna l'arcata seconda, scivola lungo i muri e cade sul pavimento.

Altro stillicidio si forma all'ingresso, di fronte alla navata centrale, in corrispondenza di una lastra di cemento che chiude un lucernario, che serviva ad illuminare il vestibolo.

Nella navata di sinistra altro stillicidio dalla volta e dalle cornici. Idem in quella di destra.

Nel vestibolo, subito dopo la scala di accesso, lungo i muri e l'arcata si notano depositi stalattitici e ferruginosi, viscidati, bagnati sempre di acqua; a terra pozze di acqua. Stalattiti si trovano anche nella navata centrale ed in quella sinistra.

Il fenomeno degli stillicidi diventava sempre più preoccupante, quanto più erano abbondanti le piogge cadute sulla città, anzi in certi giorni era impossibile camminare sui pavimenti, tanta era l'acqua, ed il termoigrografo Salmoiraghi, che serviva per le registrazioni, doveva essere poggiato su muretti di mattoni, in modo che non fosse troppo vicino all'acqua. Nei punti più alti i rilievi sono stati fatti con lo psicrometro Regnault, modificato da Hausmann. Dai rilievi fatti inoltre bisogna escludere la presenza di falde freatiche, l'acqua delle volte provenendo unicamente dalle piogge che cadono sulla scarpata ferroviaria. Anche l'orticello superiore alla Basilica, dà il suo piccolo contributo allo stillicidio.

Si tiene a ripetere che il fenomeno di condensazione, comune a tutti gli ipogei, non è aggravante per le condizioni della basilica, se non vi fossero gli stillicidi. Infatti mentre dagli studi già eseguiti a suo tempo dal Centro Studi e ricerche geotecniche, fu fissata la quantità di acqua di condensazione sulle pareti nella misura di 5 litri al giorno, per le infiltrazioni dalle volte si misurarono giornalmente dai due ai tre secchi di acqua, cioè circa 8, 10 volte l'acqua di condensazione. Dopo i bombardamenti detta quantità è aumentata notevolmente. Pertanto il danno maggiore all'ambiente è arrecato dallo stillicidio e dall'acqua che si deposita sul pavimento: fonti continue di vapor acqueo che si riversa nell'ambiente e lo mantiene perennemente saturo di umidità.

3) *Progetti per migliorare le condizioni igrometriche.* — Si omette il n. 3 perchè ne tratta più particolarmente l'ing. Perrone nell'articolo seguente. Gli studi sono continuati e si sono fatte altre esperienze:

Relazione sulla basilica sotterranea di Porta Maggiore dopo l'ultimo sopralluogo (febbraio 1950).

«Bisognava aver conferma o meno, con ricerche di laboratorio, di talune deduzioni sullo stato delle malte e su alcune lesioni riscontrate nel calcestruzzo: cioè se il regime idrico (fenomeni di assorbimento e di infiltrazione) e le sostanze chimiche eventualmente corrosive contenute nelle acque di sgocciolamento del terrapieno, non avessero aggravate e rese più precarie le già note instabili condizioni statiche dell'Ipogeo; in conseguenza delle deduzioni avanzate

dall'ing. Perrone si trascrivono i risultati dei sondaggi eseguiti nell'ultimo sopralluogo (4 febbraio 1950), facendoli precedere da quelli già effettuati nell'agosto 1949, all'atto della comparsa di una lesione nel muro del corridoio A.

RELAZIONE SONDAGGI: AGOSTO 1949

Sondaggi lungo la lesione del corridoio A:

n. 1 A) Alt. da terra m. 0,46; distanza piedritto sin. m. 1,75; profondità m. 0,32; acqua = 30,36 %;

n. 2 A) Alt. da terra m. 1,45; distanza piedritto sin. m. 1,75; profondità m. 0,35; acqua = 27,95 %;

n. 3 A) Alt. da terra m. 3,21; distanza piedritto sin. m. 1,38; profondità m. 0,28; acqua = 28,90 %.

Sondaggi lungo la lesione del corridoio B: altezza da terra m. 3; distanza piedritto destra m. 0,76; profondità m. 0,27; acqua = 31,85 %.

Sondaggi nel vivo del terreno oltre il foro nella parete sinistra I navata: A media altezza del cunicolo esplorato sondaggio superiore acqua = 39,86 %.

FEBBRAIO 1950

1) È già stato osservato, anche durante i periodi di siccità esterna una notevole infiltrazione di acqua dall'esterno, attraverso fessurazioni delle volte. Tale acqua in alcuni punti giunge, scorrendo sulle volte, fino alle arcate dei pilastri e fin sui muri laterali di sostegno, producendo corrosioni, depositi bianchi cristallini (efflorescenze) e fenomeni stalattitici; in altri punti cade direttamente sui pavimenti sotto forma di frequenti sgocciolamenti. Trascurando gli scorrimenti laterali delle acque per la impossibilità di poterne eseguire un calcolo approssimato, la nostra attenzione si è fermata sulle gocce che cadono dall'alto, specie nella navata centrale; esse sono state contate e raggiungono il numero di circa 15, tutte più o meno con la stessa frequenza. In corrispondenza all'ultimo pilastro della navata centrale, a destra guardando l'abside, è stato posto a terra un recipiente di vetro a collo stretto, alto, ed è stata raccolta l'acqua di sgocciolamento di una sola di tali gocce isolata dalle altre. In 23' sono stati raccolti e misurati cc. 250 di acqua di sgocciolamento dalla predetta goccia (vedi pianta allegata)

$$23' : 250 \text{ cc.} = 60' : X$$

$$X = \frac{250 \times 60}{23} = \text{cc. } 652,17 \text{ all'ora di acqua}$$

$$\text{cc. } 652 \times 24^{\text{h}} = \text{cc. } 15648 = \text{lt. } 15,648 \text{ al giorno}$$

$$\text{lt. } 15,648 \times 15 \text{ gocce di frequenza uguale a quella osservata} = \text{lt. } 234,720 \text{ di acqua al giorno.}$$

Ciò avviene normalmente, in periodi di siccità esterna prolungata, come nella visita, insieme all'ing. Perrone, compiuta ultimamente. Quando l'ambiente esterno è piovoso tutta la basilica e specialmente la navata centrale risultano allagate, col pavimento coperto in qualche punto anche da un paio di centimetri di acque (vedi relazione precedente).

L'acqua del campione di sgocciolamento diretto, appena raccolta, era ricca di aria, specie di acido carbonico (CO_2), per cui immediatamente analizzata dava una leggera reazione acida: $\text{pH} = 6$.

Svanito l'acido carbonico in eccesso, il pH passa a 8 (leggerissima alcalinità).

Pertanto si desume che l'acqua, nel filtrare per il terrapieno, incontri delle falde in comunicazione con l'esterno (cioè coll'aria) e si arricchisca di acido carbonico. Le acque ricche di acido carbonico sono corrosive per i sali di calcio e di magnesio, che vengono trasformati in bicarbonati solubili, secondo l'equazione



Infatti questa azione disgregatrice dell'acqua è evidente sia sugli stucchi, fatti di calce e marmo pesto (v. mia analisi del settembre 1945); sia sui depositi stalattitici che si notano un po' dappertutto. Ad un certo punto, come nei fenomeni carsici (rocce calcaree), tutta la calce ed il marmo degli stucchi delle volte, attraversati da queste acque acidule, potrebbero passare in soluzione e di essi non rimarrebbe che il ricordo.

Inoltre anche il salnitro, trovato sia nell'acqua che in tutti i campioni in muratura, oltre ad essere igroscopico è un corrosivo delle malte e degli intonaci, perchè ossidante e alcalino (vedi relazione sulle alterazioni osservate sui dipinti murali in questo stesso numero).

Continuando nell'analisi dell'acqua, se ne sono presi 100 cc. e portati in capsula su B-M fino a secchezza; quindi in stufa a 100-110° C.

Residuo secco acqua: gr. 0,1 % = gr. 1 ‰ (acqua dura).

Ricerca anioni: nitrati (anione NO_3^-);

» » carbonati (» CO_3^{--});

» » bicarbonati (» HCO_3^-);

» » solfati (» SO_4^{--});

» » cloruri (» Cl^-);

Ricerca cationi: calcio (catione Ca^{++});

» » ferro (» Fe^{+++});

» » sodio (» Na^+);

» » potassio (» K^+).

Ricerca calce libera e combinata (calce totale)

Per cc. 50 di H_2O consumati cc. 3,5 di HCl N/10 (indicatore metilarancio).

Calce totale (CaO) = gr. 0,392 ‰

Durezza = 39,2 gradi Tedeschi.

Ricerche analitiche su campioni di muratura e di velature bianche:

Campione n. 1: acqua: 20 %; alcalinità libera: gr. 0,56 % calce (CaO) libera o idrolizzabile; alcalinità combinata calce 15,12 % corrispondente a gr. 27 % di carbonato di calcio; ricerca salnitro: presente.

Campione n. 2: acqua 22 %; calce libera o idrolizzabile: 0,70 %; calce combinata: 11,76 % (CaO) = (21 % carbonato di calcio); ricerca salnitro: presente.

BASILICA SOTTERRANEA DI PORTA MAGGIORE

POSIZIONE DEI SONDAGGI EFFETTUATI NELL'INTERNO DELLE MURATURE
E IN SUPERFICIE, E DEGLI STILICIDI DI ACQUA DALLA VOLTA
AGOSTO 1945 - FEBBRAIO 1950

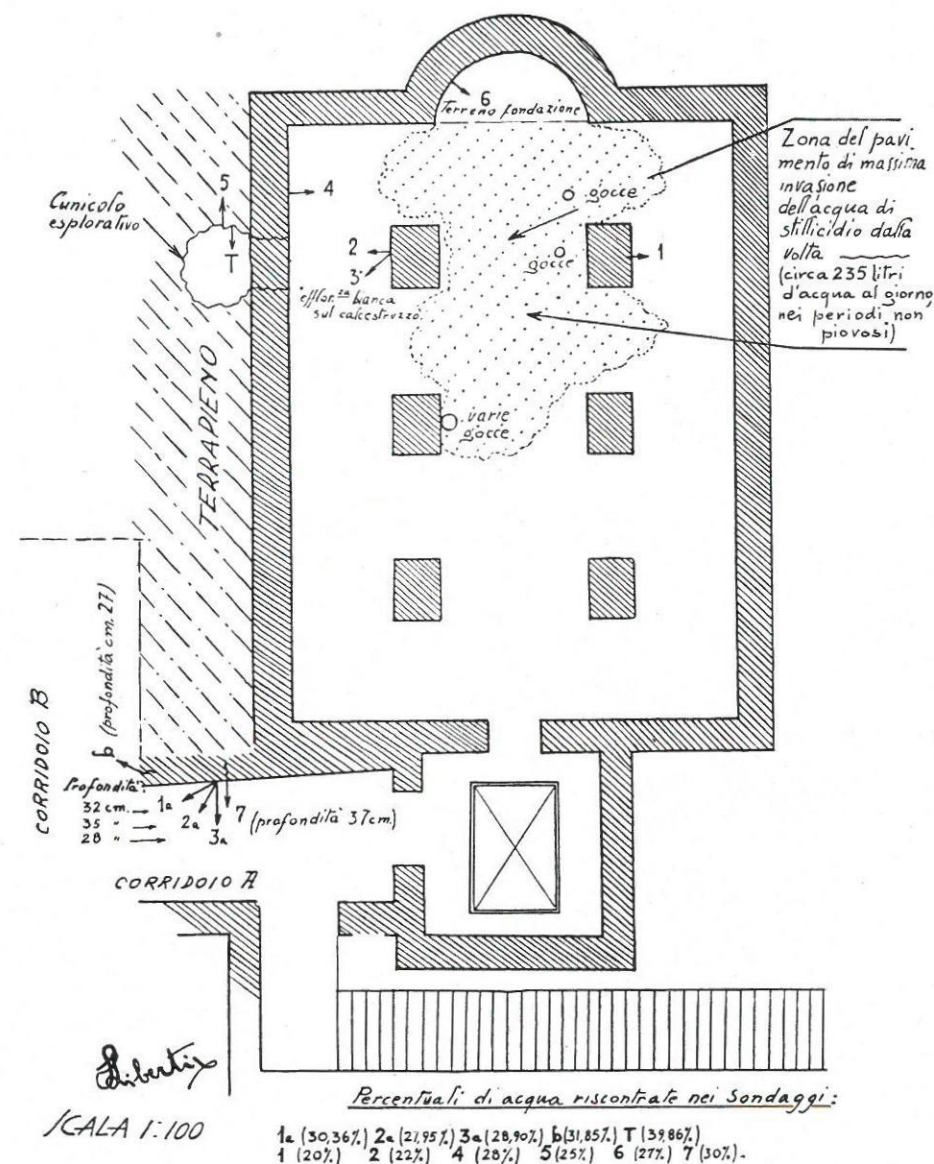


Fig. 1

Campione n. 3: efflorescenze bianche che coprono completamente la parte superiore di un pilastro in calcestruzzo romano, privo di stucchi; salnitro: presente (forte reazione); carbonati: presenti; cloruri: presenti; solfati: presenti. Detto campione è un saggio dei depositi che riesce a formare l'acqua di sgocciolamento dalle volte.

Campione n. 4: calce libera o idrolizzabile gr. 0,70 % (CaO); calce combinata: gr. 19,60 % (CaO) = (gr. 35 % carbonato di calcio); salnitro: presente; acqua: 28 %.

Campione n. 5: calce libera o idrolizzabile: 0,46 % (CaO); calce combinata: 11,20 % (CaO) = (20 % carbonato di calcio); salnitro: presente; acqua: 25 %.

Campione n. 6: calce libera o idrolizzabile: 0,728 % (CaO); calce combinata: 14 % (CaO) = (25 % carbonato di calcio); salnitro: presente; acqua: 27 %.

Campione n. 7: calce libera o idrolizzabile: 0,56 % (CaO); calce combinata: 15,12 % (CaO) = (27 % carbonato di calcio); salnitro presente; acqua 30 %.

Risultato: Tutti i campioni analizzati stanno perdendo gradatamente la calce: infatti la calce totale si mantiene su una media del 15 %; un indizio di degradazione delle malte è la presenza sempre della calce libera; le efflorescenze di carbonati ed i fenomeni stalattitici che si riscontrano su molti muri dell'ipogeo ne sono la conferma.

Conclusione: Dalle ricerche eseguite risultano accertate le gravi deduzioni precedentemente avanzate coll'ing. Perrone:

1) *Degradazione delle malte*, cioè perdita di calce, quindi mancanza della sua azione legante e conseguente indebolimento delle strutture sottoposte ad esame;

2) Presenza, nell'acqua di sgocciolamento dall'alto, di salnitro, (nitrati alcalini) e di cloruri, igroscopici e corrosivi dei sali di calcio delle malte, (infatti il salnitro è anche ossidante e alcalino).

Tale grave constatazione deve considerarsi estesa anche alle acque di assorbimento laterale, poichè la presenza di detti sali — specie del salnitro — è stata trovata diffusa anche su tutte le strutture della Basilica sprovviste di intonaco.

Se l'acqua fosse stata assorbita solo per fenomeno di condensazione, non si noterebbero efflorescenze di salnitro ed altri sali (specie i depositi calcarei, stalattitici) perfino sui calcestruzzi scoperti, cioè senza intonaco nè stucchi.

Quindi si verifica l'ipotesi peggiore che trattasi di infiltrazione e di assorbimento laterale com'è stato tante volte ripetuto fin dal 1946, anno in cui si iniziarono coll'ing. Perrone le indagini igrometriche sulla Basilica.

3) Tali acque agiscono, com'è stato detto, in modo nocivo alle fessure delle volte, provocandone il progressivo allargamento per corrosione ed erosione, nonchè nell'interno delle strutture murarie, ove giungerebbero le acque per fenomeni di capillarità, attraverso le numerosissime e minutissime fessurazioni.

Di tale ultimo fenomeno non è possibile accertare la reale consistenza, perchè è assolutamente sconsigliabile — su esplicito parere contrario dell'ingegnere Perrone, confermato successivamente dai tecnici delle Ferrovie e del Comune — eseguire trivellazioni esplorative sia nel corpo delle strutture stesse sia nelle volte (per ragioni statiche, per la presenza degli stucchi).

4) Nel corso dell'ultimo sopralluogo (4 novembre 1950) è stato constatato — come si rileva dall'allegata relazione di analisi — che lo sgocciolamento dall'alto è purtroppo sempre rilevante (lt. 235 circa al giorno di acqua) anche nei periodi non piovosi e di prolungata siccità esterna.

Pertanto, considerato che è stato deciso di attuare il progetto dell'ingegnere Perrone si rinvia ogni ulteriore indagine chimico-fisica ed i relativi sondaggi all'inizio e durante l'esecuzione dell'opera. Infatti le ulteriori ricerche non dovranno più essere rivolte all'individuazione delle cause dell'aggravamento delle condizioni della Basilica nè alla ricerca di una soluzione del problema tecnico — già risolto — ma alla individuazione di quei problemi fin'ora insoluti, specie il regime idrico sotterraneo, al fine di attuare o meno le varianti previste nel progetto Perrone, come ad es. l'isolamento totale e anche laterale (come da un primo progetto di massima), bonifica del terreno e delle murature dall'eccesso di umidità mediante drenaggi ed altri lavori.

SALVATORE LIBERTI

III. — OSSERVAZIONI SUL RISANAMENTO E SUL CONSOLIDAMENTO

Prima di giungere all'esposizione dei provvedimenti che dovranno essere adottati per il definitivo risanamento e consolidamento dell'Ipogeo, è necessario premettere alcune considerazioni sulle sue strutture e condizioni, nonchè sulle cause remote e prossime del suo progressivo ed inesorabile degradamento, sia dal punto di vista statico che da quello della conservazione dei mirabili stucchi che ancora in parte ne ricoprono le pareti.

Strutture dell'Ipogeo. — Tralascio la descrizione dell'Ipogeo, perchè già sommariamente fatta in altra parte di questa Rivista, peraltro completata dalle illustrazioni che lo riportano in sezione ed in pianta, con le progettate opere di difesa, ma ritengo necessario fornire alcune precisazioni circa alcune caratteristiche esecutive delle sue strutture.

Si ritiene, che la parte basilicale propriamente detta sia stata costruita mediante trincee (per le mura perimetrali, compreso il vestibolo e l'abside) e mediante pozzi (per i sei pilastri che dividono le tre navate), con successivo riempimento degli scavi con calcestruzzo composto di scheggioni di silice, con sufficiente dosatura di malta. Le volte, a tutto sesto, almeno nelle intenzioni dei costruttori, sarebbero poi state gettate, servendosi del terreno come armatura. Successivamente, si sarebbe proceduto allo svuotamento del terreno o attraverso il lucernario del vestibolo (il quale lucernario, osservo di sfuggita, sembra ripetere la pianta della Basilica) o attraverso l'antico ingresso, il quale sembra costruito (con le caratteristiche di una discenderia) utilizzando il materiale di risulta degli scavi, apparendo l'Ipogeo, a quanto è stato possibile osservare attraverso un largo foro nella parete sinistra, contenuto in due strati di cappellaccio e di tufo.

Tale tecnica costruttiva sarebbe confermata, secondo taluni, dalla presenza di numerosi e ravvicinati segni di scalfimento sul calcestruzzo, che sarebbero dovuti ai picconi usati dagli operai addetti agli scavi. A mio parere, i detti segni, per la loro regolarità e soprattutto per il loro ordinato orientamento, sarebbero stati determinati dalla intenzione di fare avere una maggior presa all'intonaco di malta (con cui fu ricoperto il calcestruzzo), sul quale furono apposti gli stucchi.

Circa la predetta tecnica debbono, però, farsi alcune riserve, in quanto non si vede chiaramente, se non ricorrendo a complicate sezioni di scavo, come furono costruiti i muri interni, poggianti sui sei pilastri, raccordati fra loro mediante archi ribassati.

È comunque certo che tutta la costruzione appare eseguita non con la consueta diligenza e perizia romana, il che potrebbe attribuirsi appunto o alla tecnica seguita o al non perfetto addestramento delle maestranze addette ai lavori, compreso chi le direbbe. Naturalmente, da questi apprezzamenti di carattere ipotetico e personale, sono del tutto esclusi gli stucchi, incomparabili sotto ogni punto di vista.

Da quanto precede, ne deriva che le strutture presentano varie incognite circa le reali dimensioni e, quel che è più grave (agli effetti dei provvedimenti tecnici da adottare), circa la *costanza* delle dimensioni di ogni struttura a sé stante.

Infatti, ad esempio, le volte delle tre navate, laddove si raccordano sulla parete piana dal lato del vestibolo, appaiono di differenti dimensioni ed uno degli archi appare addirittura quasi a sesto acuto e con la chiave fuori asse. Ciò sembrerebbe confermare che fu usato il terreno come sostegno alle volte in costruzione e che il terreno, in quel punto, cedette sotto il peso della muratura. Inoltre, sia i lati dei vari pilastri, che i piedritti dell'ingresso della navata centrale, che le pareti delle varie strutture, sono del tutto asimmetrici, non paralleli e non a piombo. In particolare, la parete della navata sinistra, a partire da circa un terzo dalla base e dalla parete di fondo (di raccordo con l'abside), presenta un evidente strapiombo, culminante in un apparente rigonfiamento. Non è mai stato possibile accertare se tale strapiombo è dovuto ad un fatto strutturale oppure ad un successivo dissesto, causato dalla spinta del terreno circostante, di cui si dirà appresso. Tale indagine avrebbe richiesto una impossibile rimozione degli stucchi ed inoltre, in assenza ancora di opere di difesa, avrebbe costituito anche un pericolo, dato che la parete predetta risulta avere lo spessore di circa m. 0,60 per un'altezza di circa m. 8, con un rapporto, cioè, pericolosamente vicino a quello previsto nei carichi di punta.

L'intonaco, in specie sulle pareti dell'antico ingresso, appare di spessore variabile da punto a punto (in media m. 0,10), essendo evidente che i costruttori ne variarono lo spessore per correggere le più grossolane asimmetrie. Da ciò ne deriva che debbono considerarsi incognite, o soltanto approssimate, le varie strutture dell'Ipogeo, avendosi particolari ragioni di perplessità nei confronti delle volte (il cui estradosso è piano), che del pari non è stato mai possibile esplorare, dato che ivi sono ancora in essere gli stucchi più notevoli e meglio conservati.

Condizioni precedenti ed attuali. — Chi ha redatto le presenti note è stato interessato al problema di cui trattasi fin dal mese di luglio dell'anno

1946 ed ha potuto da allora constatare personalmente le condizioni dell'Ipogeo, seguendone le sorti ininterrottamente.

In quell'epoca, ai fini di un preliminare studio, mi fu posto il problema dell'eccessiva umidità, in specie nei riguardi dei suoi dannosi riflessi sulla integrità degli stucchi, la quale umidità, come prima approssimazione, doveva attribuirsi al duplice fenomeno della condensazione (ritenuto preminente) e della infiltrazione dall'alto. Tali fenomeni, constatati da oltre venti anni, si sarebbero decisamente accentuati, nel corso degli ultimi due o tre anni, per cause imprecisate.

Non mi soffermerò sui precedenti e sulle relative ricerche, perchè da altri sono esposti nella presente Rivista. Posso però accennare, per quanto mi riguarda, che le ricerche effettuate nel corso di oltre un quadriennio sono state molto laboriose ed hanno rivelato che i fenomeni dannosi per l'Ipogeo sono risultati più complessi di quanto fino ad allora previsto. Le ricerche, che fino ad allora erano state orientate all'esclusivo fine di accertare taluni elementi ritenuti utili per la successiva opera di restauro e di conservazione degli stucchi, come ad esempio: l'esatta composizione degli stucchi; il loro stato di saturazione idrica; il variare della condensazione, di fatto si rilevarono inadeguate sotto il punto di vista dell'accertamento delle cause prime, la cui eliminazione era indispensabile per giungere poi alla eliminazione degli effetti. Infatti, i primi provvedimenti di difesa adottati a suo tempo e sui quali ritornerò in seguito (apertura di aereatori per attenuare le condensazioni, tentativi di prosciugamento degli stucchi con vari sistemi, interposizione di una cappa di piombo, per eliminare le infiltrazioni), col loro risultato negativo o quasi nullo si rivelarono come cure sintomatiche di una malattia non perfettamente diagnosticata.

Pertanto, le indagini chimico-fisiche, che con tanta dottrina erano state già riprese dal Dott. Salvatore Liberti dell'Istituto Centrale del Restauro, rettificando in parte taluni dati precedenti e giungendo comunque ad una raccolta di dati ormai indubbiamente validi, furono orientate anche alla raccolta di altri elementi, ritenuti da me indispensabili da un punto di vista tecnico più generale. Le indagini furono quindi estese alla composizione delle acque filtranti (per accertarne l'eventualità di un'azione corrosiva), a quelle da assorbimento dal terreno, attraverso le pareti dell'Ipogeo (allo stesso fine), allo stato di saturazione idrica delle varie strutture, nonché al terreno circostante, mediante sondaggi, ed infine al variare della portata delle infiltrazioni dall'alto, ecc., ottenendo sempre dalla competenza e dalla comprensione del Dott. Liberti esatte risposte ai vari quesiti nel giro rapidissimo anche di poche ore. Tali risposte, come si vedrà, risultarono sempre, purtroppo, positive nei confronti delle pessimistiche ipotesi formulate.

Cause dei danni. — Prima di ogni altra considerazione, occorre domandarsi: Quali erano le condizioni dell'Ipogeo all'atto del suo ritrovamento nell'aprile dell'anno 1917? A quanto è stato riferito, anche da chi ebbe la ventura di trovarsi fra i primi ad accedervi, le condizioni erano migliori essendo evidenti solo i danneggiamenti dovuti a remote azioni vandaliche o saccheggiatrici.

È molto importante fissare, quindi, che a quell'epoca, evidentemente, non dovevano sussistere né lesioni nelle volte, né fenomeni derivanti da condensazioni (impossibili, data l'ermeticità della chiusura), altrimenti dopo ben diciotto secoli circa di una azione qualsiasi, anche secondaria, le condizioni dell'Ipogeo all'atto del suo ritrovamento sarebbero state del tutto diverse.

Pertanto, quali furono le cause che da allora in poi, con ritmo man mano accentuantesi, divenuto infine allarmante, determinarono quei dannosi effetti che stanno ora minacciando non solo la perdita degli stucchi ma perfino la stabilità e la perdita totale della Basilica, unica nel suo genere?

In quell'epoca, sul rilevato ferroviario, sovrapposto all'ancora ignorato ipogeo, già sussisteva un importante, per peso e frequenza, esercizio ferroviario, essendo allora in servizio locomotive dei seguenti tipi: gr. 680, gr. 690, gr. 740, aventi ciascuna un peso di circa tonnellate 100, senza tener conto delle azioni dinamiche (ivi compresa la frenata brusca). Nonostante ciò, l'Ipogeo fu ritrovato in ancor buone condizioni. Ed allora, quali fatti sono successivamente intervenuti, in specie in epoca più recente?

Dopo le indagini eseguite, le verifiche fatte, i rilievi effettuati, è possibile condensarne i risultati, già consegnati in oltre trenta relazioni tecniche, esprimendo il parere che le cause vanno scisse nei seguenti principali gruppi, ciascuno dei quali presenta alcune varianti che non tutte, per ragioni di brevità, è dato esporre:

1) *Condensazioni.* Esse sono strettamente legate al fatto che trattasi di un ipogeo, che trovasi a m. 13,26 dal piano del ferro, col suo piano di calpestio, le cui condizioni di aereazione originarie (lucernario ed antico ingresso) sono peraltro annullate.

2) *Infiltrazioni dall'alto.* Esse sono indubbiamente dovute alla presenza di lesioni nelle volte della Basilica, il cui numero e le cui dimensioni sono imprecisati ed imprecisabili, perchè inesplorabili, data la presenza degli stucchi peraltro in equilibrio instabile. Dai controlli eseguiti, risulta accertato che le infiltrazioni tendono ad aumentare, verificandosi quindi un aumento delle lesioni nel numero e nelle dimensioni.

Ciò dovrebbe attribuirsi:

a) all'azione *corrosiva* delle acque filtranti, la cui azione sarebbe distruttiva anche nei confronti delle malte, man mano degradate. Quindi si verificherebbe una duplice azione di erosione nei confronti dei margini delle lesioni e di alterazione delle malte delle volte a continuo contatto delle acque provenienti, stando alla variabilità delle portate, dalle precipitazioni atmosferiche;

b) all'aumentata intensità, in peso e frequenza, dell'esercizio ferroviario. Infatti, sul rilevato giacciono sei coppie di binari e dopo l'avvenuta elettrificazione vi transitano locomotori come ad esempio il tipo E. 428, il cui peso di T. 161, senza tener conto ugualmente delle azioni dinamiche, è distribuito sugli assi come segue:

$$\begin{array}{ccccccccccc} & o & o & o & o & o & o & o & o & o & o \\ 18 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 25 & 18 \end{array}$$

c) alla somma dei pesi del terreno originario ricoprente la Basilica e del rilevato ferroviario, per uno spessore totale di circa m. 5,50, le cui quasi permanenti vibrazioni si trasmettono alle strutture della Basilica e

quindi agli stucchi. Inoltre, tale terreno è permanentemente saturo d'acqua che in parte filtra nell'interno ed in parte (anche per la mancanza di sufficienti asole o sfogatoi nei muri perimetrali di sostegno del rilevato), tende a ristagnare. Tale acqua, non avendo altra via di sfogo che verso il sottosuolo, smaltisce lentamente verso il basso e quindi nel terreno che circonda la Basilica, il cui estradosso è, presso a poco, al livello attuale della via Prenestina, da un lato, e dello stradino d'accesso al rilevato ferroviario, dall'altro.

3) *Assorbimento d'acqua, laterale e dal pavimento.* Tale fenomeno, prima ignorato, anche perchè mascherato dalle condensazioni, si è rivelato massimamente in seguito ad una lesione verificatasi nel corridoio dell'antico ingresso nell'agosto dell'anno 1949. In tale occasione, furono eseguiti dei sondaggi per il prelevamento di campioni nella muratura e nel terreno, nel vivo della lesione, ed in altri punti delle strutture e del terreno, anche sotto la fondazione dell'abside. Nelle varie strutture furono constatate percentuali d'acqua varianti dal 20% (minimo) al 31,86% (massimo), in *peso*, mentre nel terreno fu constatata una percentuale del 40% circa, sempre in *peso* e non in *volume*. Inoltre, fu pure constatato che tali acque erano ugualmente corrosive, manifestandosi così anche il grave pericolo delle loro azioni nell'interno delle varie strutture, ivi compreso il calcestruzzo della parte basilicale propriamente detta, attraverso numerosissime lesioni capillari di cui si dirà in seguito.

Quale è la causa di tale saturazione? Ora non è possibile rispondere con certezza. Soltanto dopo avere iniziato gli scavi per l'esecuzione delle opere di difesa sarà forse possibile chiarire se il fenomeno dipenda soltanto dal ristagno delle precipitazioni atmosferiche, date anche le caratteristiche del terreno, oppure se dipenda dalla presenza di una eventuale falda freatica, oppure ancora, sebbene meno probabile, se dipenda da altre cause per ora imprecisabili, come ad esempio una vecchia conduttura perdente.

Sta di fatto che la muratura dell'antico ingresso non ha più alcuna consistenza. Costituita, come sembra, dal materiale di risulta degli scavi, e dopo aver perduto la malta per totale degradazione, essa è ridotta ad una materia plastificabile sotto la sola pressione delle dita. In condizioni pressochè analoghe si trova il calcestruzzo della parte basilicale, laddove è stato possibile prelevare campioni dalle strutture mancanti di stucchi. Non è stato, invece, possibile procedere al prelevamento di campioni nell'interno delle strutture in calcestruzzo, essendo stato, anche collegialmente, giudicato pericoloso effettuare sondaggi. Infatti, le varie strutture presentano tutte lesioni antiche e recenti, alcune delle quali sono sicuro indice di azione di schiacciamento, anche per il loro andamento parabolico, invece altre, nel mentre possono essere in parte attribuibili alla stessa azione, presentano un aspetto ed un andamento che legittimamente fanno pensare ad azioni più complesse, come le seguenti:

4) *Bombardamenti aerei.* Per quanto il progressivo accentuarsi dei fenomeni dannosi suddescritti potesse attribuirsi al loro sommarsi nel tempo, restava sempre insoluto il fatto del loro deciso aggravarsi, fino a divenire talvolta imponenti, negli ultimi anni, come già detto e come mi fu riferito.

Ciò premesso, ho ritenuto di orientare le indagini verso una possibile causa bellica, ottenendone piena conferma, a seguito dei numerosi rilievi fatti sul rilevato ferroviario e nei suoi pressi, dopo aver preso visione dei grafici in possesso della Direzione Generale delle Ferrovie dello Stato, che a suo tempo diligentemente segnò tutti i punti di caduta delle bombe. I sopralluoghi collegiali successivamente effettuati hanno confermato la consistenza dei fatti osservati. Il fatto nuovo e recente, quindi, che ha determinato il deciso aggravamento delle condizioni dell'Ipogeo, dando l'avvio all'aggravamento dei fenomeni già in atto, deve individuarsi senza dubbio nei bombardamenti aerei, in specie del 19 luglio e del 13 agosto 1943, i quali, se raggiunsero tecnicamente lo scopo di procedere alla totale distruzione degli impianti ferroviari dell'Urbe, furono, però, altrettanto distruttivi nei confronti di opere vicine ed anche di interi quartieri cittadini.

In quanto alla Basilica, così prossima allo Scalo ferroviario di S. Lorenzo, sebbene interrata, fu assoggettata alla azione violenta derivante dalla caduta di bombe, anche a grappoli (per la durata di varie ore, come accadde ad esempio il 19 luglio 1943), alcune delle quali caddero a circa ventri metri da essa. Si può notare ancora oggi, fra l'altro, che il muro di sostegno della scala d'accesso al rilevato, appare lesionato dal solo spostamento d'aria, non essendo stato colpito direttamente. Inoltre alcuni caseggiati prospicienti, sulla via Prenestina, furono rasi al suolo.

Pertanto, a seguito delle violentissime vibrazioni, parificabili a quelle sismiche, le strutture della Basilica furono sottoposte a sollecitazioni sussultorie, ondulatorie e vorticosi, il cui risultato fu evidentemente quello di aumentare in numero e dimensioni le lesioni e di provocare effetti di scatenamento nelle strutture stesse.

A tali azioni, quindi, dovrebbero attribuirsi i preoccupanti fenomeni di sgretolamento che si osservano in talune strutture, in aggiunta alle altre già riferite azioni.

Infatti, oltre la già citata parete di sinistra (ripeto, minacciata da pressoflessione), il primo pilastro di destra verso l'abside presenta minutissime lesioni, spesso dipartentesi a raggiera, le quali lesioni, sebbene più recenti, hanno lasciato intatte le vecchie biffe, la cui integrità deve pertanto considerarsi illusoria. Ciò perchè le lesioni capillari sono cortissime, tendendo a suddividere il calcestruzzo in piccoli nuclei, anche di pochi grammi, che spesso cadono per le vibrazioni dell'esercizio ferroviario.

In quali condizioni lavorano dunque le strutture ed in specie i pilastri, date le loro dimensioni, il loro stato ed i carichi permanenti e mobili che gravano su di esse? Quali concentrazioni di carichi si verificano di fatto nell'interno delle varie strutture, data la degradazione delle relative malte, variante peraltro da punto a punto?

Ritengo che a tali e così allarmanti interrogativi sia impossibile e forse anche vano tentare di dare una risposta.

Progetto di risanamento e di consolidamento. - È stato necessario fare una lunga premessa prima di giungere all'esposizione dei provvedimenti ritenuti necessari al risanamento ed al consolidamento dell'Ipogeo e del sovrastante rilevato ferroviario, come è necessario in un problema, per poterlo poi rapidamente risolvere, individuare prima le relative incognite.

Nel passato, per ovviare ai fenomeni della condensazione e della infiltrazione, furono rispettivamente costruiti tre aereatori, dapprima, e poi interposta una cappa di piombo fra l'estradosso della Basilica ed il piano del ferro. Il risultato fu negativo. Infatti:

a) per quanto riguarda gli aereatori, a parte il fatto della loro posizione relativa, che non sembra facilitare il raggiungimento di un equilibrio

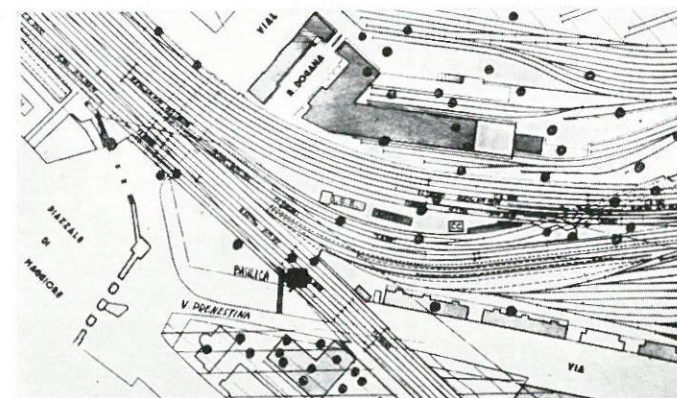


Fig. 2 - La zona della Basilica colpita dalle bombe (i cerchietti neri indicano i luoghi di caduta delle bombe)

termico, va tenuto presente, a mio avviso, che la loro efficacia veniva frustrata essenzialmente, se non esclusivamente, dal fatto, allora ignorato, della saturazione d'acqua nel terreno circostante, con i conseguenti fenomeni d'assorbimento. Pertanto, sia gli aereatori che gli altri provvedimenti successivamente adottati (materiale igroscopico nell'Ipogeo, tentativi di prosciugamento degli stucchi mediante stufe, ecc.), non potevano avere alcuna efficacia, provocando anzi ulteriore richiamo d'acqua dall'esterno e col pericolo, qualora si fosse giunti ad una provvisoria disidratazione eccessiva degli stucchi, di provocarne la caduta;

b) per quanto riguarda la cappa di piombo, che dopo tre mesi appena si dimostrò inefficace, non fu tenuto conto che il terreno sovrastante la Basilica (originario e di riporto) è soggetto ad un progressivo irrigidimento, dovuto al lento e continuo intasamento della massicciata ferroviaria, per cui le relative vibrazioni finiscono col produrre stiramenti e quindi lacerazioni in qualsiasi corpo elastico inserito in esso. E tale sembra essere stata la sorte della suddetta cappa.

Il progetto di massima (giugno 1948 e variante del gennaio 1949), approvato dalle competenti Autorità, prevede innanzi tutto una copertura (che sarà eseguita o in cemento robustamente armato, con travi incrociate o raccordate con soletta, o mediante travi ad ali larghe incorporate, a seconda della convenienza economica o delle possibilità esecutive consentite dal terreno e dall'esercizio ferroviario). Tale copertura poggerà su pilastri in calcestruzzo, collegati da un architrave, pure in cemento armato.

In un primo tempo, si era pensato di procedere all'isolamento totale dell'Ipogeo, e quindi anche laterale, facendo poggiare la copertura su mura continue perimetrali oppure su pilastri, provvisti di cortina d'isolamento fra di essi, ma ragioni di economia e soprattutto ragioni prudenziali hanno consigliato di ricorrere alla seconda soluzione. Infatti, si è ritenuto prudente lasciare il più possibilmente invariate le condizioni d'equilibrio raggiunte di fatto dal complesso « strutture antiche-terreno », con la sola riserva di ritornare alla prima soluzione, indubbiamente più completa, in caso di riconosciuta necessità e possibilità esecutiva.

Poichè con la soluzione a pilastri vi è da temere il rifluimento di acque atmosferiche fra l'estradosso dell'Ipogeo e la relativa copertura, il che frustrerebbe in parte la funzione anche in tal senso protettiva della copertura stessa, è prevista la costruzione di una cortina (che partendo dall'architrave di collegamento dei pilastri giunga quanto basti al di sotto dell'estradosso), la quale dovrebbe ovviare al temuto inconveniente. Senonchè, dato il costo elevato di tale cortina protettiva, sarà studiata in via alternativa la possibilità di eseguire opere di drenaggio, le quali dovranno comunque essere fatte (nel caso che non si proceda all'isolamento completo), al fine di diminuire l'eccesso di saturazione tanto dannoso. Infatti, rammentando le elevatissime percentuali d'acqua riscontrate nelle murature e nel terreno, occorre tener presente che tale saturazione è variabile anche perchè in funzione delle precipitazioni atmosferiche e conseguentemente si verifica una variazione più o meno periodica nel volume del terreno circostante, il quale è quindi soggetto a movimenti di contrazione e di espansione. A tale fenomeno, a mio parere, dovrebbe attribuirsi la lesione verificatasi nell'agosto 1949 nel primo tratto a destra dell'antico ingresso. Il terreno, per l'appunto, compreso fra il gomito dell'antico ingresso e la parete di sinistra della Basilica, tende ad agire direttamente sulle strutture con le quali è a contatto, con effetti dannosi qualunque sia il suo movimento, di espansione o di contrazione. A questi due movimenti bisogna aggiungerne un terzo: e cioè di assestamento, susseguente ad ogni periodo di siccità, presentando appunto il terreno numerosi canalicoli prodotti evidentemente dall'asportazione di materie solubili, da parte delle acque, i quali canalicoli tendono poi (per le vibrazioni), a chiudersi, dando luogo a contrazione di volume, anche in senso verticale.

Con le opere di drenaggio, sarà eseguita anche una galleria che, partendo dal lato sinistro del rilevato, raggiungerà l'antico ingresso. In pari tempo, si procederà alla riapertura del lucernario del vestibolo (mediante un gomito, data la presenza di un binario). In tal modo, si potrà ovviare in gran parte, è sperabile, ai fenomeni derivanti da condensazione, in quanto si sarebbero restituite all'Ipogeo le condizioni di aereazione originarie.

Le unite illustrazioni riportano in pianta e sezione il progetto di massima (gennaio 1949) il quale nelle sue linee concettuali e generali risolverebbe il problema. Non si è riportato il progetto esecutivo, perchè previsto in più varianti, come già accennato, le quali varianti saranno definitivamente vagliate quando, iniziati gli scavi, saranno eliminati i dubbi e le incognite che ancora sussistono. Occorrerà, infatti, accertare la reale consistenza ed omogeneità del terreno, l'eventuale presenza di deprecabili cavità, nonchè, principalmente, l'eventuale causa dell'eccesso di saturazione, ecc.

Inoltre, il progetto esecutivo, è stato studiato in ogni suo dettaglio in collaborazione col Servizio Lavori e Costruzioni della Direzione Generale delle Ferrovie dello Stato, lasciando indeterminate talune strutture, per le ragioni anzidette.

In linea generale, si è ritenuto opportuno lasciare al predetto Servizio Lavori il dimensionamento delle varie strutture portanti, ai fini della sicurezza dell'esercizio ferroviario e compatibilmente con le esigenze protettive dell'Ipogeo. Per quanto, riguarda, invece, le modalità esecutive dei lavori, da considerarsi del tutto preminenti, le norme sono state fissate dalla Soprintendenza alle Antichità di Roma I, nell'interesse della stabilità dell'Ipogeo durante i lavori stessi. A tale fine, oltre al divieto di usare macchinario che dia luogo comunque ad azioni dinamiche e quindi a vibrazioni (martelli pneumatici, vibrator, ecc.), che potrebbero provocare la caduta degli stucchi, occorrerà attenersi strettamente a talune cautele e quindi a talune modalità esecutive, ancorchè più dispendiose. Sarà pertanto necessario eseguire i lavori a *campioni*, quanto più piccoli sarà possibile, essendo assolutamente da evitarsi la possibilità di eventuali cedimenti, anche di lieve entità, date le precarie condizioni delle antiche strutture. Le opere protettive dovrebbero quindi eseguirsi tutte mediante cunicoli a cassa chiusa, robustamente armati, muniti cioè di cappello, e di tondoni, soglie, dormienti, ecc., come in un cunicolo d'avanzamento di galleria in terreno difficilissimo e spingente, corredando altresì la cassa chiusa delle armature di estesi appoggi su tavoloni, per evitare pericolose concentrazioni di carichi.

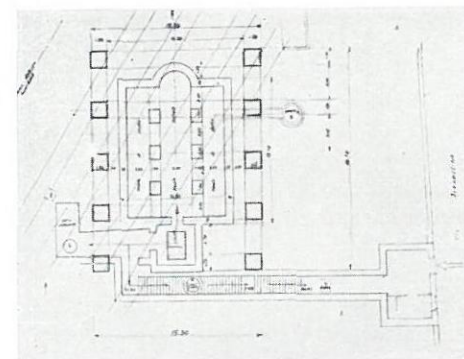


Fig. 3

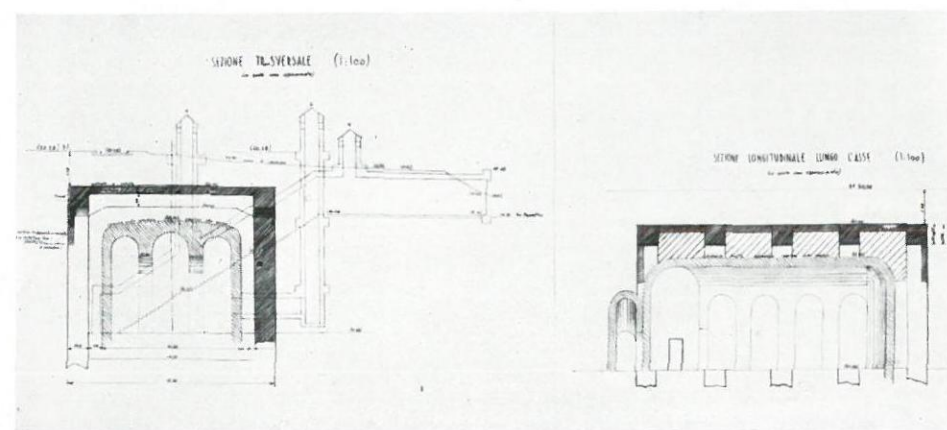


Fig. 4

Naturalmente, ove sarà possibile e necessario, potranno essere effettuate quelle modifiche esecutive, ed anche strutturali, che le condizioni reali del terreno e le esigenze ferroviarie suggeriranno, anche e soprattutto *in relazione* alle effettive esigenze e reazioni delle antiche strutture durante i lavori.

Sarebbe stato consigliabile, per quanto concerne la copertura, estenderla maggiormente nelle quattro direzioni, ma ciò è impossibile sui due lati maggiori, dato che la via Prenestina sarà nel futuro allargata fino a m. 36, a ridosso quasi delle costruende opere protettive. Sarà esaminata, quindi, la possibilità di estenderla alquanto sui due lati minori, e specialmente verso l'abside, al fine di proteggere le strutture antiche, dalle onde di pressione provocate dal transito dei treni, la cui azione indiretta, tenuto altresì conto della pendenza della strada ferrata in quel tratto, è in funzione dell'angolo d'attrito del terreno.

Non v'è dubbio che i lavori si presentano particolarmente difficili, nonostante la piccola mole dell'Ipogeo (complessivamente di circa mc. 1.200), ma le condizioni obiettive delle sue strutture e del terreno fanno sorgere più di una grave perplessità. A ciò deve aggiungersi la presenza di ben sei binari di corsa (Roma-Pisa, Roma-Napoli, via Cassino, e Roma-Napoli, Direttissima, via Formia), che aggrava ulteriormente il problema, dato che trattasi di linee ad altissima frequenza (con materiale pesante) che non è possibile deviare. L'Amministrazione ferroviaria provvederà, durante i lavori, a proteggere l'esercizio mediante fasci di rotaie, scaricando nel contempo il peso dell'esercizio stesso dalla sottostante Basilica e dai relativi cunicoli. Pur non ritenendo necessario estendersi in dettagli tecnici di ordine numerico, può accennarsi che su ogni pilastro graverà un peso di circa T. 325.

Dopo aver eseguito i lavori protettivi previsti, occorrerà adottare altre misure per attenuare le azioni indirette dovute al transito dei treni e dei veicoli sulla via Prenestina, in specie quando si sarà provveduto all'allargamento della via medesima. Per i treni, ad esempio, sarà consigliabile procedere alla saldatura dei giunti o alla sostituzione delle rotaie attuali con quelle di m. 36, e ciò per eliminare almeno le azioni di martellamento.

Inoltre, quando si procederà alla costruzione del nuovo sottovia ferroviario, la cui spalla sinistra si troverà a pochi metri dall'Ipogeo, dovrà tenersi presente che per la relativa fondazione si dovranno usare le medesime cautele che saranno attualmente osservate per la costruzione delle opere di difesa.

Per i veicoli stradali, oltreché una accurata costruzione e tenuta della via in quel tratto (e cioè durante e dopo l'allargamento), sarà indispensabile costruire una intercapedine verso il lato destro della Basilica (oltre il divieto di costruire, da quel lato, fognature o condutture in genere). Ciò perché è necessario attenuare il più possibile le vibrazioni derivanti dal transito dei veicoli in genere, data la pratica impossibilità di evitare del tutto che le antiche strutture della Basilica ne risentano. È noto, come anche le dette vibrazioni siano parificabili a quelle sismiche (a parte l'imponenza e la gravità in questi casi), aventi, però, contrariamente a queste ultime, periodi cortissimi ed alta frequenza. Le esperienze di molti studiosi al riguardo, sia nei confronti della loro natura ed effetti, sia nei confronti delle difese da adottarsi, sono istruttive. P. Alfano, i professori Ariano e Corini, in Italia, il prof. Prasche, il prof. Ritsch, all'estero, per citarne soltanto alcuni fra molti, già da tempo

fornirono dati preziosi di alto interesse, frutto di laboriose ed acute ricerche, personali od anche per conto di Enti ed Istituti.

Da ultimo, quale perfezionamento delle opere di risanamento della Basilica, si studierà la possibilità di procedere con la massima cautela alla rigenerazione di alcune strutture antiche, mediante iniezioni di latte di cemento, provvedendo in pari tempo al consolidamento ed al restauro degli stucchi, ulteriormente danneggiati da irruzione di materie colorate, dovuta forse all'intrusione di terra, attraverso un probabile allargamento di alcune lesioni.

Dovrà usarsi, infine, altrettanta cautela nella regolazione delle acque di cui è saturo il terreno, essendo da temersi massimamente una eccessiva disidratazione, sia nei confronti della stabilità delle antiche strutture, sia nei confronti della stabilità degli stucchi. È prevedibile che la condizione ottima per le due esigenze sia rappresentata da un grado di umidità costante, anche se di indice elevato.

VITTORIO PERRONE