
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

FRANCESCO PENTA

Sulle caratteristiche idrotermogeologiche dell'Isola di Ischia (Napoli)

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 34 (1963), n.1, p. 14-21.

Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1963_8_34_1_14_0

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Geologia. — *Sulle caratteristiche idrotermogeologiche dell'Isola di Ischia (Napoli)* (*). Nota (**) del Corrisp. FRANCESCO PENTA.

I. - PREMESSA.

Lo schema che qui si traccia è basato sui risultati dei rilievi geologici, geoelettrici, geotermici e geosismici; sui risultati di oltre un'ottantina di sondaggi (profondi da alcuni metri ad oltre 1000 metri) eseguiti dal 1939 ad oggi; sui risultati delle prove di eduazione delle acque sotterranee, per lo più calde, incontrate con i sondaggi e della loro erogazione spontanea (o artificialmente provocata), continua (soffioni sempre, però, « umidi »), ritmica (geyser) od anche disordinata; sui risultati delle determinazioni dei caratteri fisici e chimici di queste acque e delle esalazioni di vapore acqueo (fumarole con CO_2 , H_2S ecc.) che ad esse si sono sempre rivelate connesse. Il quadro è basato, altresì, sui risultati delle osservazioni continue e prolungate nel tempo o delle determinazioni e misure più volte ripetute (periodicamente o saltuariamente) delle caratteristiche presumibilmente più significative.

La maggior parte di tali indagini, prospezioni, determinazioni e studi è stata effettuata allo scopo di ricercare vapore acqueo e, subordinatamente, acqua ad elevata temperatura, utilizzabili per la produzione di energia elettrica (1).

(*) Di questa sintesi schematica fu preparato un abbozzo in occasione della Riunione in Italia (Roma, Napoli, Monti Picentini, Ischia, 27 agosto-2 settembre 1961) dell'Associazione Internazionale degli Idrogeologi.

Insieme con la guida dell'Isola lo schema fu distribuito ai partecipanti al Convegno ed all'escursione ad Ischia, realizzata quest'ultima il 31 agosto, grazie all'ospitalità del Cavaliere del Lavoro, Angelo Rizzoli, che qui ringrazio sentitamente ancora una volta a nome dell'Associazione, che ho l'onore di presiedere, ed a nome mio personale.

La versione in francese della stessa sintesi sarà pubblicata negli Atti del Convegno a cura del prof. ing. Michele Viparelli, della Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Napoli, Segretario del Comitato Italiano dell'Associazione e che organizzò il Convegno stesso con le escursioni.

(**) Presentata nella seduta del 12 gennaio 1963.

(1) Era desiderio di chi scrive di mostrare agli idrogeologi per lo meno qualcuna delle tante manifestazioni esplosive, geyseriformi, di erogazione spontanea alla bocca di vari fori trivellati che fino ad alcuni anni or sono si inserivano nel paesaggio ischitano. Ma lo stato di abbandono e di distruzione (di quanto fu compiuto per la « ricerca » e per le prove in scala semindustriale) non lo permise. Né fu possibile rimettere in funzione qualcuna delle più istruttive manifestazioni perchè erano state asportate le tubazioni dei fori insieme con ogni accessorio.

Mancò in tal modo lo scopo principale della escursione di cui la precedente Nota (*).

Altre indagini e lavori sono stati svolti per l'approvvigionamento di acque termo-minerali necessarie alla creazione o all'esercizio di stabilimenti di bagni, per preparazione di fanghi ecc.

Alcuni altri sondaggi, dei cui risultati si è anche tenuto conto, erano rivolti, invece, alla ricerca di acqua potabile.

Allo stato, soltanto le ricerche di acqua a scopo terapeutico hanno avuto concreti, definitivi e talora brillanti successi.

Le indagini che maggiormente hanno impegnato industriali e studiosi sono le prime elencate; per ora sono sospese, ma non ancora possono ritenersi chiuse: il problema della ricerca del vapore acqueo sembra debba trovare la soluzione a maggiori profondità.

Le ricerche per acque potabili (dolci e « fredde ») hanno fatto escludere definitivamente la disponibilità di quantitativi adeguati al fabbisogno dell'isola: l'approvvigionamento idrico è stato, perciò, affidato a due condotte gemelle sottomarine che, dalla terraferma (diramandosi dall'acquedotto campano), portano ad Ischia 75 litri al secondo (oltre 30 litri al secondo sono destinati a Procida).

La presente Nota costituisce una sintesi conclusiva della sperimentazione effettuata, le cui esposizioni analitiche, precedentemente pubblicate, sono elencate nella breve raccolta bibliografica riportata in appendice; i lavori in essa ricordati, a loro volta, rimandano alle precedenti pubblicazioni, all'uopo citate, per i relativi particolari e dettagli.

2. - IDROGEOLOGIA DEI CENTRI VULCANICI MISTI-COMPOSITI.

Nei territori sedimentari, siano pure i più dislocati tettonicamente, le grandi potenze e le ancora più grandi estensioni delle singole formazioni rendono generalmente meno complicata la circolazione dei fluidi sotterranei di quanto non sia nel sottosuolo di una regione di vulcanismo « centrale composito » con predominanza di prodotti esplosivi, con numerose bocche eruttive sovrapposte e con i centri più o meno spostati nel tempo.

In un territorio vulcanico « misto », dovuto cioè ad accumulo di materiali piroclastici e ad effusioni ed intrusioni laviche, le lave (e specialmente quelle intruse come dicchi e dicchi-strati) costituiscono una specie di osatura dei materiali sciolti piroclastici trasformati, in parte, col tempo in « tufi » più o meno lapidei. Se a questa struttura di base si aggiungono le lave effuse sotto forma di cupole di tipo vario, banchi, vene, correnti, lingue ecc. con le relative scorie e poi i prodotti accumulati durante i periodi di stasi o d'inattività e derivati dalla disgregazione delle pareti dell'apparato e dal dilavamento dei relativi prodotti, si ha un quadro della struttura geologica dell'interno di un siffatto « monte » vulcanico.

Se si tiene conto infine, che le bocche eruttive si spostano nel tempo e che possono essere attive contemporaneamente anche più bocche (vulcanismo « composito »), si può risalire all'idea di quelle che, in un determi-

nato momento della sua vita, siano la morfologia esterna e la struttura interna di un intero centro eruttivo del tipo vulcani laziali, sabatini, cimini, vulsini, ernici, aurunci, flegrei (comprese le isole Ischia, Procida e Vivara), sommavesuviano, del Vulture, della Sicilia ed isole minori, euganei, ecc.

Ancora ulteriori complicazioni nella tettonica vulcanica si generano quando, in seguito agli svuotamenti parziali del bacino magmatico alimentante il centro, grandi masse del tetto crollano e l'apparato si frattura, suddividendosi in blocchi fagliati, con formazione di caldere, faglie a vanga ecc.

Ulteriori disturbi strutturali possono aggiungersi per effetto di dislocazioni tettoniche a carattere regionale.

Può immaginarsi, in conseguenza, l'elevata complessità della idrologia sotterranea di una regione vulcanica cosiffatta, nella quale si alternano, pertanto, in tutte le direzioni ed a brevi intervalli, formazioni di differente grado di permeabilità in « grande » ed in « piccolo » ⁽²⁾.

Un'idea della complessa distribuzione delle acque circolanti nel sottosuolo di una regione vulcanica del tipo considerato, la si può realizzare osservando l'attuale idrografia superficiale di una di queste regioni ⁽³⁾ ed immaginando che il territorio tutto venga ricoverto poi dai prodotti di nuove eruzioni esplosive e di nuove effusioni laviche. Le acque sono suddivise in numerose falde, vene e venule che si intersecano o meno; una stessa vena circola successivamente per filtrazione e per « percolazione » o viceversa; sulla stessa verticale possono succedersi più vene; il percorso di ciascuna di esse sarà più o meno capriccioso, ecc. In poche parole, la idrologia del sottosuolo di tali regioni sarà oltremodo complicata e ricca di particolari ed avrà caratteri tutti propri e ben diversi da quelli offerti, per esempio, da una regione sedimentaria d'origine marina comunque disturbata poi tettonicamente.

Lo stesso quadro si ha quando alle acque si mescolino vapore acqueo e gas caldi ascendenti dal sottosuolo.

Tale validità sussiste anche al limite, quando cioè gli aeriformi penetrino, s'accumolino o circolino senza incontrare acqua, oppure le loro portate, pressioni e temperature siano tali da vaporizzare le vene o falde acquifere sotterranee che incontrano.

A questo tipo, appunto, deve riportarsi, per lo meno fino alle profondità direttamente investigate con i sondaggi, il sottosuolo dell'isola di Ischia.

(2) Anche prescindendo dalla influenza, talora decisiva, dello stato dei fluidi e delle loro caratteristiche (temperatura, salinità ecc.), per es. sul campo elettrico generato con l'immissione di corrente, tali intrecciate strutture sepolte rendono oltremodo difficile la interpretazione dei risultati delle prospezioni geofisiche in genere; i cui metodi, per lo più di regola, sono stati messi a punto col presupposto della prevalenza di variazioni verticali delle caratteristiche fisiche da rilevare.

(3) Basta dare uno sguardo ai plastici geologici delle regioni di questo tipo per trarre un'idea dell'idrografia superficiale attuale; si immagini quale dovesse essere la superficie topografica degli stessi monti vulcanici in un momento qualsiasi della loro storia passata e si comprenderà quale possa essere l'idrologia sotterranea di questo momento.

Un'efficace idea si può avere anche percorrendo, via mare, il contorno di una delle nostre isole vulcaniche e proprio l'isola di Ischia.

3. — IDROTERMALISMO ISCHITANO.

a) *Acque presenti nel sottosuolo di Ischia.* — Agli effetti del bilancio idrogeologico, le acque da considerare fra quelle che potrebbero partecipare alla conservazione del bacino idrico del sottosuolo sono: acqua di pioggia caduta sull'isola, acqua del mare, « acqua juvenile » ed acqua proveniente dalla terraferma.

Per queste acque può dirsi quanto segue:

1° *Acqua di pioggia.* — Le acque di infiltrazione locale costituiscono qua e là piccole vene o anche vere falde: queste ultime, specialmente in corrispondenza delle spiagge, presentano pochi decimetri di spessore e, mantenendosi fredde, scorrono verso mare sul sottostante terreno impregnato di acqua marina spesso calda.

Queste stesse acque sono rese calde e si manifestano direttamente mediante sorgenti calde ($< 100^{\circ}\text{C}$) o, indirettamente, entro pozzi « freatici » poco profondi (la maggior parte di quelli che alimentano le varie Terme o Stabilimenti Termali); ma per lo più si annunciano (anch'esse come l'acqua del mare riscaldata, di cui si dirà) attraverso le « fumarole » consistenti in vapore acqueo che si sprigiona e riesce ad attraversare il terreno di copertura laddove esso è più permeabile o, anche, meno potente (ved. paragrafo *manifestazioni fumaroliche ed acque sotterranee*) ⁽⁴⁾.

Si può dire, in breve, che le acque di origine meteorica trovano molto spesso, specie lungo le spiagge, come « sostegno » la sottostante massa d'acqua di origine marina infiltrata o permeata nel sottosuolo dell'isola.

2° *Acqua del mare.* — In base alle ricerche appositamente condotte, si può dire che, all'isola d'Ischia, i sondaggi considerati nel loro assieme, hanno permesso di intravedere molto verosimile un quadro idrologico riportabile a quello schematizzato da T. W. Barth (1942) per l'Islanda: sotto una « falda » freatica (di acqua dolce) di spessore crescente dalla periferia verso l'interno, l'acqua marina impregnante il sottosuolo è limitata da una superficie avente concavità verso l'alto molto accentuata. Entro questo bacino sotterraneo si rivelano qua e là zone di alta termalità.

3° *Acqua « juvenile ».* — Prescindendo dalla sua origine prima, per acqua juvenile vogliamo intendere qui, anzitutto e specialmente, l' H_2O che si sprigiona, insieme con gli altri aeriformi (componenti « facilmente volatili »), dal magma in fase di consolidamento, per migrare verso zone di minore pressione.

(4) Per la cartina vulcano-tettonica dell'isola con la ubicazione delle sorgenti termali, delle fumarole ecc. e per tutti i particolari relativi ai numerosi sondaggi (con le relative prove, analisi ecc.) eseguiti sia ad Ischia, che nei Campi Flegrei, vedi bibliografia in appendice e specialmente al n. [1].

Nella cartina sono indicati i gruppi di fumarole e di sorgenti d'acqua calda e fredda conosciute nell'isola e sulle quali da anni l'Istituto ed il Centro Studio del C.N.R. diretti da chi scrive eseguono misure e determinazioni.

Poiché non è possibile distinguerle da questa prima, veramente magmatica, comprendiamo qui fra le juvenili anche le acque impregnanti o comunque contenute nei terreni più profondi e che, riscaldate dal contatto (diretto immediato o indiretto) col tetto del focolare magmatico, si spostano o tendono a spostarsi verso l'alto. Tale risalita (o tendenza alla risalita per effetto di depressioni naturali o artificialmente provocate, per es. mediante la perforazione di pozzi) avverrebbe lungo superfici o attraverso spazii di maggiore permeabilità (fratture o corpi tabulari lavici fratturati e, perciò, permeabili in grande). Ciò si riferisce alle acque magmatiche, alle acque di livelli profondi riscaldate per conduzione termica dalle rocce calde ed ai miscugli delle prime e delle seconde.

Non si può neanche escludere che apofisi del bacino idrico sotterraneo (alimentato dal mare e dalle acque meteoriche) si spingano in basso fino a subire gli effetti termici del contatto e simulare lo juvenilismo dei due tipi precedentemente considerati.

Siffatto schema - di un bacino idrico sotterraneo sul cui fondo sfociano correnti o si mescolano masse comunque localizzate di H_2O ad elevata temperatura (migrate dal basso) oppure di un bacino diramante apofisi verso il basso - è stato assunto come ipotesi di lavoro nella « ricerca » di vapore acqueo. La campagna di sondaggi è stata indirizzata, appunto, nella mira di individuare le presunte concentrazioni di H_2O ad alta temperatura prima o poco dopo che esse sfociassero nel bacino stesso.

Ma la localizzazione di tali presunti « spiragli » sepolti non si è neanche soltanto intravista con le perforazioni e le indagini finora espletate. Perciò non può esprimersi un giudizio sul contributo apportato (al bacino idrotermale ischitano così schematizzato e semplificato) dalle presunte acque juvenili o manifestantisi come tali. Anzi, le ricerche effettuate non hanno fornito elementi che suffraghino la legittimità dello schema o modello adottato.

4° *Acque sotterranee della terraferma.* - Non si sono raccolti elementi che inducano ad ammettere, per lo meno fino ad un migliaio di metri di profondità, la presenza di acque, stagnanti o circolanti, provenienti dal sottosuolo della terraferma.

b) *I fattori determinanti del regime idrotermogeologico dell'isola d'Ischia.* - Il problema idrogeologico ischitano non può, dunque, impostarsi, con i criteri validi per il sottosuolo di una terraferma continentale a centinaia di chilometri di distanza dal mare e con un gradino geotermico praticamente costante nella regione.

Il problema è, infatti, determinato e regolato da tre fattori (oltre s'intende quello geologico in s.s.): 1° acqua di pioggia locale; 2° presenza del mare, le cui acque non trovano adeguato sbarramento da parte di formazioni sotterranee continue impermeabili e bagnano una superficie perimetrale relativamente molto grande; 3° esistenza, a piccola profondità, di un bacino magmatico, presumibilmente in fase di raffreddamento, ma ancora efficace per riscaldare l'acqua, per rendere l'aspetto termodinamico prevalente su quello idraulico e, comunque, per creare le difficoltà particolari dovute alle

temperature relativamente elevate: solubilità dei vari sali e gas, permeabilità, densità dell'acqua con relative pressioni idrostatiche ecc.

c) *Caratteri chimici e fisici delle acque sotterranee ischitane.* — Come si è detto, dalle acque dolci e potabili si passa a quelle minerali (a fondo talora marino), ad acque schiettamente marine ed infine, specie nei livelli più profondi, ad acque di salinità mista con contenuti di gas varii e variabili: si passa, cioè, da acqua di composizione molto prossima a quella del mare ad acque di composizioni affatto diverse e talvolta anche dolci; temperature, e conseguenti variazioni della solubilità e dell'equilibrio dei diversi sali, rendono difficile risalire all'origine di gran parte delle acque incontrate.

In dipendenza dell'elevata e complicata salinità di molte di queste acque provenienti dalle maggiori profondità, l'inconveniente delle incrostazioni delle condotte si è presentato in genere di eccezionale gravità. Carbonati in alcuni pozzi, silice colloidale con sali di Mn in altri e così via, hanno aggiunto altre serie difficoltà all'utilizzazione delle acque più calde; hanno aperto, però, affascinanti problemi geochimici che aspettano l'attenzione di studiosi competenti.

Per le caratteristiche chimiche e fisiche determinate in queste acque e per le loro variazioni nel tempo durante l'erogazione dei pozzi o anche in condizioni statiche si rimanda alle varie pubblicazioni citate nelle bibliografie accluse ai lavori ricordati da alcune delle Note [1] e [3] elencate in appendice.

Ricordiamo qui soltanto che ad Ischia⁽⁵⁾ nel pozzo più profondo (1157 m) le misure nell'acqua al fondo (~ 1150 m sotto il livello del mare) effettuate con molta cautela (a regime stabilito) rivelarono la temperatura di circa 232° ; questo valore non doveva essere di molto inferiore a quello della temperatura regnante a quella profondità prima che questa fosse raggiunta dal sondaggio e dagli effetti della « circolazione di fango ». Il valore di 232° è il massimo misurato nei fori eseguiti ad Ischia nel periodo 1939-1955.

L'acqua erogata (spontaneamente) dal tronco di foro compreso fra i 1000 e 1045 m di profondità aveva una salinità di poco inferiore ai 20 g/l in Cl; i rapporti, però, fra gli ioni presenti erano del tutto diversi da quelli dell'acqua del mare.

Le incrostazioni che queste acque lasciavano nel canale di scarico all'esterno furono eccezionali, sia per quantità oraria, che per contenuto di silice ($\sim 80\%$ di SiO_2) e di Mn ($\sim 1\%$ in Mn_2O_3) e per l'assenza o quasi di carbonati.

(5) Nei Campi Flegrei il foro più profondo fu quello sulla pendice orientale esterna della Solfatara; raggiunse 1840 m di profondità; la temperatura dell' H_2O sul fondo (~ 1800 m sotto il livello del mare) raggiungeva i 300° circa; non si esclude che l' H_2O a quella profondità in condizioni indisturbate superasse i $310-320^\circ$ e che, isolata dalle altre acque contenute nel foro, avrebbe potuto risalire in superficie allo stato di vapore surriscaldato. Comunque le acque rinvenute fra 1450 e 1800 m sotto il l. m. m. (probabilmente più acque distinte che si mescolavano nel foro), isolate dalle sovrastanti, erano salate (25-26 g/l in NaCl, con i rapporti dei contenuti dei vari ioni rispetto a quelli dell'acqua del mare diversi da ione a ione) ma con il pelo libero statico stabilizzato a 140 m sotto il livello del mare; da questo ultimo il foro dista di circa un chilometro e mezzo.

d) *Manifestazioni fumaroliche ed acque sotterranee.* - Come s'è detto, qualche vena d'acqua e la stessa falda freatica in diverse zone sono a temperature normali, fredde. Molte volte e per ampie estensioni le acque sotterranee sono calde. Nello stesso mare, in prossimità della spiaggia, sono frequenti polle d'acqua a 100° C ed anche più; dove ciò avviene, a poca profondità nella sabbia si misurano temperature anche superiori ai 100° C.

La termalità delle acque sotterranee è accusata di regola dalle fumarole o dai gruppi di fumarole; di esalazioni, cioè, di vapore acqueo per lo più umido ed a temperatura varia (fino oltre i 100° C quando e dove il vapore è secco). Esse presentano il noto fenomeno detto della « Solfatarà ».

Tali fumarole rivelano appunto l'esistenza, a profondità relativamente piccole, di acque calde: queste, sotto coltri poco potenti di terreni più permeabili, evaporano (o bollono), inviando nell'atmosfera vapore più o meno umido ed a temperatura varia: questa dipende dalla temperatura originaria locale e dalla salinità dell'acqua, nonché dalla natura e spessore della copertura.

A molte di queste manifestazioni idriche calde, efficaci e rinomate per tanti caratteri (chimici, fisici, ecc.) e alcune per la forte radioattività, sono legati i numerosi stabilimenti balneari e terapeutici in genere dell'isola: dai più attrezzati e moderni a quelli ancor primitivi e che da secoli (e forse da millenni) sono frequentati da gente di ogni paese bisognosa di cure.

BIBLIOGRAFIA.

Si elencano alcuni lavori recenti relativi all'idrogeologia dell'isola d'Ischia. In alcuni di essi [1, 8] si trova una bibliografia abbastanza sviluppata ed aggiornata dell'argomento considerato anche in altre località e dal punto di vista generale (non soltanto descrittivo).

Esemplari di alcuni dei lavori qui elencati furono distribuiti ai partecipanti al Convegno in Italia (1961) dell'Associazione Internazionale degli Idrogeologici.

- [1] F. PENTA, *Ricerche e studi sui fenomeni esalativo-idrotermali ed il problema delle forze endogene*, « Annali di Geofisica » 8, n. 3, Roma 1954 (vedi anche) « Ind. Min. », 5, pp. 1-13 (1954).
- [2] F. PENTA, *Caratteristiche e genesi delle manifestazioni esalativo-idrotermali naturali*, Atti della XLV Riunione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze (in Napoli 16-20 ott. 1954). La Nota fu aggiornata al 31 marzo 1955, Roma 1955.
- [3] M. SAPPÀ, *Fenomeni geysiriformi dell'isola di Ischia*, « Bull. Volc. », ser. II, 16, Napoli 1955.
- [4] B. SANTI, *Manifestazioni esalativo-idrotermali dell'isola di Ischia*, Ibid., 1955.
- [5] B. SANTI e A. DI NOI, *Sulle manifestazioni esalativo-idrotermali dell'isola di Ischia*, « L'Ind. Min. », ser. II, 6, fasc. sett.; Roma 1955.
- [6] F. PENTA, *Surveys and investigations into geothermal phenomena and into the problem of endogenous power*, Trad. della nota di cui al n. 1 a cura del Department of Scientific and Industrial Research - District Office, Christchurch - New Zealand 1956.
- [7] F. PENTA, *Centro di Studio per la Geologia Tecnica - Attività svolta dal 1 nov. 1955 al 31 ott. 1960*, « La Ric. Sc. », 26, pp. 3608-9 (1956) e 27, pp. 441-54 (1957); 28, p. 502 (1958); 29, pp. 731-33 (1959); 30, pp. 481-2 (1960) e pp. 2268-70 e 2272-6 (1960) [le pagine richiamate sono quelle nelle quali è aggiornato l'argomento delle « forze endogene » in generale].

-
- [8] F. PENTA, *Sulle origini del vapore acqueo naturale e sull'attuale stato delle relative ricerche (ricerche per «forze endogene»)*, «La Ric. Sc.», 29, 2520-36 (1959).
- [9] F. PENTA e G. BARTOLUCCI, *Sullo stato delle «ricerche» e dell'utilizzazione industriale (termoelettrica) del vapore acqueo sotterraneo nei vari paesi del mondo*, «Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat. dell'Acc. dei Lincei», ser. VIII, vol. XXXII, fasc. 4; Roma, aprile 1962.
- [10] M. C. CUROTTI e A. PENTA, *Sulle temperature delle manifestazioni esalative dell'Isola di Ischia*, «L'Ind. Min.», 12, pp. 685-6; Roma, novembre 1961.
- [11] R. CAVALLO e G. PELO, *Il 5° Convegno della Associazione Internazionale degli Idrogeologi «A. I. H.»*. Notiziario de «La Ric. Sc.», vol. 2, n. 6. pp. 470-7; Roma (giugno) 1962 (ed. mese settembre 1962). Vedi anche in «Giornale del Genio Civile», 100, pp. 345-51, fasc. 5; Roma 1962.