

LA GEOTECNICA NELLA INGEGNERIA CIVILE (*)

GIROLAMO IPPOLITO (**)

SOMMARIO: Premessi alcuni cenni sulla nascita del Centro Geotecnico presso la Fondazione Politecnica del Mezzogiorno d'Italia, vengono passati in rassegna tutti i diversi aspetti della geotecnica, dallo studio delle fondazioni a quello degli argini e delle dighe in terra. Viene poi accennato all'importanza che i problemi geotecnici hanno nell'Italia meridionale per la particolare costituzione geologica di questa regione.

Illustre Presidente, Magnifico Rettore, cari colleghi ed amici, carissimi giovani,

quando, nel lontano 1938 — sono già sedici anni — il Prof. Francesco PENTA ed io, nel corso di una amichevole passeggiata lungo l'affollata via Toledo — ricordo come se fosse oggi — ravvisammo la opportunità che dovesse darsi inizio nella nostra Facoltà di Ingegneria agli studi di Geotecnica e, discutendo i particolari, convenimmo che gli Istituti di Geologia Applicata, di Costruzioni Idrauliche, di Scienza delle Costruzioni e di Costruzioni Stradali erano tutti interessati nella iniziativa, per cui la forma migliore era quella di un Centro di Geotecnica, a capo del quale fosse un Comitato con rappresentanza di tutti gli Istituti interessati; quando, nel seguito della stessa conversazione, individuammo l'allora giovanissimo laureato Ing. Arrigo CROCE, la persona più idonea per assumere il carico oneroso di questi studi, per tutti noi nuovissimi, non avrei mai pensato che in soli tre lustri, di cui uno praticamente occupato da una guerra spaventosa, le cose si sarebbero sviluppate al punto da portarci alla cerimonia odierna; la quale rappresenta quindi, per il piccolo gruppo di appassionati che ha collaborato per far sorgere il Centro — prima manifestazione universitaria del genere in Italia — e ne ha seguito lo sviluppo, un punto di arrivo, al quale io guardo non senza commozione.

Più volte, nel corso di questi anni, ci ha assalito il dubbio se non avessimo troppo precorso i tempi, creando un organismo per il quale la nostra tecnica non fosse per avventura ancora preparata. Due grandi forze

ci hanno sostenuto: la visione dello sviluppo che questa nuova scienza assumeva in altre Nazioni; la fiducia con la quale fummo assistiti fin dal primo momento dalle Autorità Accademiche e soprattutto dalla Fondazione Politecnica del Mezzogiorno, che avocò a sé la costituzione del Centro e a lungo lo sorresse, anche quando la sua utilità non appariva così chiara come oggi. E permettetemi perciò di porgere un primo fervido ringraziamento agli amici Ing. Giuseppe CENZATO e Prof. Francesco GIORDANI, Presidente e Vice Presidente della Fondazione ed ai soci tutti della Fondazione stessa.

Un secondo ringraziamento va alla nostra Facoltà, al Magnifico Rettore ed al Senato Accademico che hanno appoggiato con grande simpatia il nostro sforzo ed hanno proposto al Ministero l'istituzione di una Cattedra di Geotecnica, deliberazione recentemente approvata dal Consiglio Superiore dell'Istruzione.

L'istituzione di una nuova Cattedra è avvenimento notevole perchè, attraverso le giuste cautele che la legge prevede, si attua solo quando un corpo di nozioni ha effettivamente raggiunto — in quel processo di specializzazione che è il naturale e fatale portato dello sviluppo delle nostre conoscenze — una compattezza ed una indipendenza tale per cui è unanime il riconoscimento ed il bisogno di una disciplina indipendente.

Non deve sorprendere che in questo processo di moltiplicazione degli insegnamenti il nostro Paese proceda più lentamente di altre Nazioni, perchè tutta la nostra impostazione scolastica è orientata verso una specializzazione *post lauream*, per un complesso di motivi che gran parte di voi conosce e di cui non è il caso qui di discorrere.

Ed è perciò che un ultimo e non meno vivo ringraziamento va alla Cassa per il Mezzogiorno, nelle persone del suo Presidente, dei suoi Amministratori e dei suoi Alti Funzionari, che hanno compreso appieno questa specifica necessità italiana di perfezionare la cultura dei nostri giovani laureati e di aprire loro una strada professionale nel campo appunto in cui si sono specializzati.

(*) Discorso pronunciato il 27 novembre 1954 per l'inaugurazione del Corso di Specializzazione in Geotecnica promosso dalla Cassa per il Mezzogiorno ed affidato al Centro Geotecnico della Fondazione Politecnica del Mezzogiorno.

(**) Prof. Ing. Girolamo IPPOLITO, Ordinario di Costruzioni Idrauliche presso l'Università di Napoli, Presidente dell'Associazione Geotecnica Italiana, Presidente del Centro Geotecnico della Fondazione Politecnica del Mezzogiorno.

Già altri corsi la Cassa ha indetto, con grande larghezza di mezzi e di intenti, in Idraulica Sanitaria, in Idraulica Agraria, in Tecnica dei Trasporti, in Agraria, ed il nostro Ateneo ha avuto l'onore e l'onere di condurne una parte notevole.

Questo, che oggi si inaugura nel nome dell'indimenticabile compianto Ingegnere Vittorio MEMMI, è il primo Corso di perfezionamento in Geotecnica e credo quindi che non sia inopportuno esporre brevemente le ragioni per le quali questa nuova scienza abbia assunto tale importanza da farne il perno di una particolare specializzazione.

Come avviene spesso per le discipline di nuova formazione non si è ancora raggiunto un accordo generale sul titolo di essa.

Fin dal 1925 il Prof. TERZAGHI, allora all'Università di Vienna, pose le fondamenta di quello che egli chiamò *Erdbaumechanik*, espressione che fu tradotta, non molto propriamente, da noi ed in altri Paesi, con Meccanica dei Terreni.

Ben presto però si vide che gli studi che si venivano svolgendo sotto il nome di Meccanica dei Terreni non potevano di necessità limitarsi ad una visione soltanto meccanica dei fenomeni, poichè gli schemi teorici rappresentavano in misura troppo astratta la realtà. Si imponeva quindi un più largo respiro nella trattazione dei problemi, come appunto già nella sua prima impostazione aveva ben chiaramente mostrato TERZAGHI: occorre cioè svolgere, insieme all'indagine teorica, ricerche di carattere sperimentale, fisiche e chimiche, ed osservazioni di carattere geologico sui terreni da studiare.

La materia nel suo insieme prese negli Stati Uniti il nome di Ingegneria del Suolo (*Soil Engineering*), mentre in molti Paesi europei e specialmente in Gran Bretagna ed in Svezia, ed anche in Italia, si diffondeva la dizione « Geotecnica » che, se pure imperfetta per vari motivi, più di ogni altra indica chiaramente che in questa scienza lo studio teorico del problema deve essere inquadrato nell'ambiente geologico e deve, al tempo stesso, avere sempre vivo il senso dell'obiettivo tecnico da raggiungere.

La Meccanica dei Terreni è divenuta allora una parte della disciplina e cioè quella che studia, con i metodi della meccanica, gli schemi teorici a cui si possono riportare i fenomeni, pur con le fatali e necessarie approssimazioni e schematizzazioni, e dopo che siano state indagate sufficientemente le caratteristiche geologiche, mineralogiche, fisiche e chimiche dei terreni in esame. Molte Associazioni estere, e la nostra Italiana, si intitolano alla Geotecnica ed alla stessa dizione si intitolano alcune riviste, come quella inglese e quella italiana; la quale ultima, pur nella sua vita incipiente, ha trovato già consensi e simpatie. Mi piace anzi ricordare come la nostra rivista, che tratta i problemi di Geotecnica unitamente a quelli di Geologia Applicata, si iniziò con una prefazione del Prof. TERZAGHI, massima autorità mondiale in materia, nella quale prefazione è detto fra l'altro:

« Il comportamento del sottosuolo durante e dopo la « costruzione ed il grado di precisione col quale tale « comportamento può essere previsto dipendono, in « gran parte, dai lineamenti stratigrafici dei vari depo-

« siti e dal loro grado di continuità. Entrambi questi « fattori sono determinati dalla storia geologica della « regione ed è per questo motivo che la Geotecnica ha « inevitabilmente carattere regionale. Dare importanza « alla sola geologia od alla sola meccanica dei terreni « sarebbe muoversi in direzione sbagliata. La meccanica « dei terreni non è in grado di raggiungere i suoi scopi « pratici se non viene intesa come mezzo per determi- « nare le conseguenze tecniche di determinati aspetti « geologici ».

Queste parole ci fanno comprendere quale sia l'ampiezza della Geotecnica e perchè essa non sia potuta rimanere nella cornice delle discipline classiche dell'Ingegneria, come la Scienza delle Costruzioni, le Costruzioni Idrauliche, le Costruzioni Stradali, la Geologia Applicata.

Se ci riportiamo ai tempi di COULOMB, e cioè alla fine del XVIII secolo, vediamo che il problema fondamentale, posto dallo studio delle terre, fu quello della spinta sui muri di sostegno e che i soli parametri con i quali si caratterizzava il terreno erano il peso dell'unità di volume e l'angolo di naturale declivio, inteso come espressione di un fenomeno di attrito nello scivolamento fra due parti del terreno stesso.

Un secolo dopo, da uno scienziato altrettanto illustre, il BOUSSINESQ, venne affrontato un altro fondamentale problema e cioè quello dei cedimenti di un terreno di fondazione. Il BOUSSINESQ assimilò il terreno ad un mezzo elastico ed applicò quindi la teoria dell'elasticità per determinare la distribuzione delle tensioni e delle deformazioni in un semispazio occupato dall'ideale corpo elastico.

Le complesse caratteristiche dei terreni reali, le loro variazioni in funzione del contenuto di umidità e delle sollecitazioni precedentemente subite, non erano nemmeno lontanamente prese in considerazione.

E nemmeno si era compreso che i problemi che si presentano nella fondazione di un'opera in formazioni di rocce sciolte e quelli della stabilità dei manufatti in terra, dai modesti argini e rilevati stradali e ferroviari alle dighe in terra, e perfino molti fenomeni di instabilità di terreni per effetto di frane, costituissero diversi aspetti di una unica disciplina; disciplina che dalla impostazione di TERZAGHI del 1925 ad oggi, in poco più di un quarto di secolo, ha compiuto passi giganteschi e si è affermata con un complesso di ricerche sperimentali e teoriche tali da conferirle ormai caratteristiche autonome ed inconfondibili.

Nel campo delle costruzioni ordinarie, in muratura, in cemento armato o metalliche, pochi parametri bastano per lo più a definire le caratteristiche del materiale: il modulo di elasticità, il limite elastico, il carico di rottura. Solo recentemente si è concentrata l'attenzione sui fenomeni di plasticità e sui fenomeni ereditari, ma di essi si tiene conto in genere per strutture di carattere eccezionale. Le determinazioni delle caratteristiche di un materiale si fanno quindi con metodi relativamente semplici e certo rapidissimi.

Ma quando si tratta di terreni, o per essere più precisi, di rocce sciolte, il problema diventa immensamente più complesso.

Anzitutto occorre identificare il materiale attraverso pazienti analisi sia mineralogiche che specificamente geotecniche. Tutti sanno infatti che una grande diffe-

renza di comportamento si ha fra le sabbie e le argille; ma anche restando, ad esempio, nel campo delle argille, possono presentarsi materiali con proprietà di gran lunga più diverse che fra un acciaio ed una ghisa. E poichè in natura, oltre ai termini estremi delle sabbie e ghiaie o delle tipiche argille, si rinvengono tutti i termini intermedi, ben si comprende come in ogni studio geotecnico occorra incominciare con la identificazione dei terreni interessati.

In secondo luogo le proprietà meccaniche e quelle idrauliche di uno stesso terreno dipendono in misura essenziale dalla compattezza, dal contenuto di acqua, dal contenuto di aria; parametri tutti che sono legati alla genesi ed alla storia geologica del terreno medesimo.

Prelevare un pezzo di ferro o un cubo di calcestruzzo o di roccia per eseguire su di esso delle prove meccaniche è cosa per lo più facile; prelevare un campione di terreno in modo che esso non sia manomesso per il fatto stesso del prelievo, un campione cioè, come si suol dire, *indisturbato*, è cosa difficilissima e che non riesce mai in modo perfetto.

Più difficile ancora evitare, per tutta la durata delle prove, che si verifichino accidentali variazioni nella porosità, nella struttura, nell'umidità e così via, del campione; poichè le prove meccaniche sui terreni non sono rapide come per i metalli e le pietre, anzi sono spesso lentissime e richiedono anche qualche mese di tempo; e talvolta la conoscenza sufficientemente completa di un terreno si raggiunge dopo anni di esperienze.

Si consideri poi che, per le argille, i rapporti con l'acqua non sono di semplice imbibizione, ma di vere e proprie modificazioni del reticolo cristallino; si consideri che nei pori del terreno non si trova solo acqua, ma anche aria, che ha suoi effetti particolari nel modificare alcune caratteristiche fisiche, come ad esempio la permeabilità; si consideri l'enorme importanza dei cicli di sollecitazioni a cui un terreno è stato sottoposto nella sua evoluzione geologica e si avrà solo una pallida idea della complessità dei problemi che la Geotecnica si pone.

Che meraviglia quindi se in un laboratorio di Geotecnica si assoggetti un materiale a lunghe analisi e lunghe prove; se queste indagini, per quanto accurate e protratte, non siano da sole sufficienti ed occorra completarle con altre prove da eseguire in sito; se il calcolo teorico sia costretto, dalla complessità dei fattori in gioco, ad adottare schemi che sono ancora troppo lontani dalla realtà; se, in conseguenza, si imponga la necessità di confortare prove e calcoli con controlli di varia natura da eseguire sulle opere costruite, seguendone il comportamento per anni ed anni; se, malgrado tanti sforzi e tante cure, si sia esposti talora ad amare delusioni e spiacevoli sorprese sull'effettivo comportamento delle opere realizzate? Direi anzi che quel tanto di incognito e nascosto che non si riesce a definire, pur con tutte le risorse attuali della tecnica, rende questo ramo dell'Ingegneria anche più affascinante.

Quanto vi è ancora da scoprire e da sistemare in questa scienza e pure quali e quanti importantissimi risultati si sono raggiunti!

Passiamoli in rassegna a volo d'uccello.

Fondazioni. — Tutti i colleghi che, come me, non sono più giovani, sanno con quale empirismo si procedeva fino a pochi decenni or sono nel calcolo delle fondazioni. Si assegnavano a terreni tipici di una regione — come da noi le pozzolane — carichi tradizionali desunti da una pratica secolare. L'importanza del grado di umidità di un terreno era raffigurata qui a Napoli dalla classica norma di spingere le fondazioni *fino all'acqua*. E quando un ingegnere, pure eminente, che veniva da regioni lontane e diverse, credette risolvere il problema della costruzione di una galleria ferroviaria lungo una via cittadina, abbassando il livello della falda idrica, nella convinzione che avrebbe risparmiato milioni scavando all'asciutto, si vide cadere addosso lesionati e sfasciati tutti gli edifici della strada.

Oggi, in base alle nostre conoscenze sulla ripartizione delle pressioni fra la fase solida e l'acqua contenuta nei pori del terreno, possiamo pensare che, in seguito all'abbassamento della falda, si siano di conseguenza accresciute le pressioni effettivamente agenti sullo scheletro solido del terreno e presumere quindi che questo fenomeno, insieme a probabili variazioni delle caratteristiche dei terreni, su cui quegli edifici erano fondati, provocarono i gravi ed allora imprevisi disastri.

Più razionale appariva la fondazione su pali, perchè si riteneva che le formule ottenute con l'applicazione della meccanica classica al fenomeno dell'infissione dei pali battuti, sotto l'azione del maglio, avessero una base granitica. Senonchè l'analisi più attenta di questo problema ha portato a delimitare il campo di validità di quei concetti ed ha posto in luce l'esistenza di altri problemi, per il passato ignorati, sicchè l'argomento delle palificate di fondazione, così importante ai fini pratici, è tuttora oggetto di discussioni e ricerche.

Gallerie. — Chi non ricorda — parlo sempre dei miei coetanei — le difficoltà, di cui abbiamo sentito parlare da giovani, affrontate per le gallerie ferroviarie nelle terribili *argille scagliose* del nostro Appennino? Chi non ricorda che le gallerie analoghe dell'Acquedotto Pugliese, costruite sulla esperienza di quelle ferroviarie, si dissestano così gravemente che occorre in pratica ricostruirle? Nessuno aveva pensato, e pure vi erano tecnici valentissimi, che una galleria ferroviaria, con la sua ventilazione, essicca le argille, mentre una galleria d'acquedotto, con le sue infiltrazioni inevitabili, le bagna e le rignonfia.

Argini. — Tutto quello che si leggeva nei trattati di quaranta anni or sono è che si dovessero costruire con terre non troppo sabbiose, perchè permeabili, nè troppo argillose, perchè facili a spaccarsi con l'essiccamento; e che la costruzione dovesse farsi per cordoli ben costipati. Tutto qui. E le scarpe? Si davano come i numeri del lotto: tanto per il petto, tanto per la spalla.

Si deve dire che la pratica e l'accortezza degli ingegneri che li costruivano doveva rappresentare un gran rimedio a tanto sommario empirismo se le rotte, che pur si avevano di tanto in tanto, non diventavano addirittura frequentissime.

Costruzioni stradali e ferroviarie. — I problemi inerenti alla stabilità dei rilevati e delle trincee stradali ed alla progettazione dei muri di sostegno rientrano, come è facile comprendere, nel complesso di studi che la Geotecnica prende in considerazione. Questi argomenti vanno assumendo sempre maggior peso nelle costruzioni stradali, in relazione alle caratteristiche moderne delle strade di grande comunicazione ed alla rapida evoluzione nel tipo e nel volume del traffico stradale.

Problemi nuovi, e che vengono affrontati con i metodi teorici e sperimentali propri della Geotecnica, sono poi quelli inerenti alle piste di atterraggio degli aeroporti di maggiore importanza, in dipendenza del peso sempre crescente degli aerei. Dall'altro lato le strade minori, quelle cioè a carattere prevalentemente rurale, hanno formato pur esse argomento di indagini particolari, che hanno condotto ai tanti tipi in terra stabilizzata, di cui non manca qualche recentissimo esempio nel nostro Mezzogiorno.

Non parlerò delle franc. Argomento molto vasto e complesso, ci porterebbe troppo fuori strada.

Ma *last but not least*, mi soffermerò un momento sulle *dighe in terra*, non solo perchè esse rappresentano il gruppo di opere che segna il maggior trionfo della Geotecnica, ma anche perchè il Corso che si inaugura trae origine proprio dallo sviluppo che queste dighe stanno avendo e più avranno in futuro, specialmente nel nostro Mezzogiorno.

Dighe in terra, come argini e rilevati, se ne sono costruite fin dalla più remota antichità. La storia ci parla di dighe costruite a scopo irriguo in India in tempi antichissimi, quasi favolosi. Di molte, costruite nell'isola di Ceylon, sembra possa fissarsi la data ad alcuni secoli prima di Cristo. Erano spesso rilevati lunghi molti chilometri, alti fino ad una ventina di metri. Il lavoro era lunghissimo, il costipamento si faceva a mano e forse appunto la lentezza della costruzione ha permesso a tanti di questi rilevati di rassodarsi bene e di reggere in ottimo stato fino ai nostri giorni. Alcune dighe di maggiore altezza crollarono, forse per tracimazione in occasione di piene eccezionali, forse per altri motivi rimasti ignoti. Fatto è che si diffuse il concetto che non si dovessero superare con queste costruzioni altezze di 20, massimo 30 metri. Il nostro regolamento dighe, strumento ormai superatissimo e di cui da ogni parte si chiede a gran voce la radicale rifazione, dà appunto questi limiti di altezza che oggi appaiono ridicoli e che sono di fatto superati con determinazioni che vengono prese volta per volta.

Non tento nemmeno di tracciarvi un riassunto della tecnica delle dighe di terra. Dirò solo che esse si diffusero moltissimo in America, terra di tutte le esperienze, ma anche terra ove le valli spesso hanno nulla o scarsissima popolazione. Il desiderio di far presto e con poca spesa, condusse alla tecnica del riempimento idraulico. La diga veniva cioè fatta con strati di fango argilloso, trasportato come liquido denso, e destinato ad essiccare in posto. Le delusioni, anzi le catastrofi, vennero e furono numerose ed in qualche caso gravi.

Ma la Geotecnica era ormai già sorta all'orizzonte, e, armata del suo bagaglio di apparecchi e di teorie, si impadroniva rapidamente della tecnica costruttiva delle

dighe in terra, la rielaborava, la sistemava, la sviluppava senza posa. Essa domina oggi questo campo che è diventato anzi l'arena delle sue più belle conquiste.

Le proprietà dei terreni da adottare e la relativa tecnica sperimentale, studiati a fondo; i sistemi per ottenere l'impermeabilità più completa, approfonditi; i metodi per il costipamento dei materiali, indagati sistematicamente e messi a punto; i fenomeni di saturazione di acqua, dominati con materiali opportuni e drenaggi bene ubicati; l'erosione, dovuta alle onde ed alle acque di pioggia, evitata con provvedimenti adeguati; i procedimenti per il calcolo di stabilità dei rilevati nelle condizioni più sfavorevoli, al fine di fissare razionalmente il profilo della diga, sviluppati e perfezionati: abbiamo visto crescere contemporaneamente il numero delle opere eseguite e l'altezza da esse raggiunta in modo davvero impressionante.

Nell'ultimo trentennio, soltanto negli Stati Uniti, si sono costruite oltre 150 dighe in terra, di cui poco meno di 60 nell'ultimo decennio. Da dighe di poche decine di metri si è giunti a dighe che spesso superano i cento metri di altezza; la maggiore è la diga di Anderson Ranch, alta 139 metri: lo stesso ordine di grandezza cioè delle massime nostre dighe di struttura muraria. Le dighe in terra si sono perciò senz'altro fatte un posto notevole fra le alte dighe.

Con l'altezza è andata ovviamente crescendo la mole di queste opere; la diga di maggior volume è quella di Fort Peck di quasi 100 milioni di metri cubi: l'invaso da essa creato è di circa 25 miliardi di metri cubi.

Un complesso grandioso è quello che regola le acque del sistema idrografico del Missouri: esso comprende, oltre alla diga di Fort Peck, alcuna delle altre grandiose dighe in terra, come quelle di Garrison ed Oahe, ciascuna del volume di 60.000.000 m³ circa, e quella di Fort Randall di quasi 40.000.000 di metri cubi.

Anche in Europa l'attività in questo settore dell'ingegneria è considerevole. La diga più alta è quella di Marmorera in Svizzera recentemente ultimata: altezza 75 m circa. In Italia già nel 1931 con la diga dell'Arvo in Sila si raggiunsero i 27,20 metri di altezza. L'esempio più recente di opere di questo genere è la diga di San Valentino, dell'altezza di m 31,50. Si tratta di opere attentamente concepite e brillantemente realizzate, anche se per dimensioni non possano competere con le alte dighe americane.

Nel determinare progressi così vistosi, la Geotecnica ha agito su molti fattori. Innanzi tutto una più sicura valutazione del comportamento dei materiali utilizzabili ha consentito non solo di progettare e costruire dighe di grande altezza, ma anche — ed è forse quello che per noi più conta — di impiegare terreni, che in altri tempi non si sarebbe ardito di utilizzare.

In secondo luogo, ai materiali naturali sono state sostituite, in determinate situazioni, e specialmente per il nucleo della diga, miscele preparate in cantiere con impianti analoghi a quelli per la produzione dei calcestruzzi; la cui capacità di tenuta è stata esaltata con aggiunta di sostanze particolari, come, ad esempio, la bentonite.

Infine la costruzione di opere di mole così rilevante ha richiesto la ideazione e la costruzione di macchinari svariati sempre più potenti, capaci di realizzare un tipo di lavoro, prestabilito attraverso esperienze pre-

liminari e con prestazioni finora mai raggiunte, sia per lo scavo ed il trasporto che per la messa in opera ed il costipamento delle terre.

Un solo dato basterà qui ricordare: in una delle dighe attualmente in costruzione sul Missouri vengono posti in opera e costipati fino a 150.000 metri cubi di materiale al giorno.

Per effetto di questi progressi ed altresì per effetto delle moderne organizzazioni di cantiere, i costi si sono ridotti in misura sensibilissima. Anche in questo caso, dovendo riferirci ad indagini di natura statistica, citerò i risultati ottenuti negli Stati Uniti d'America. Il costo in dollari per metro cubo di rilevato delle dighe di terra è rimasto praticamente invariato dal principio del secolo ad oggi. Il costo delle dighe in muratura, sempre espresso in dollari per metro cubo, è andato aumentando nel rapporto da 1 a 5 circa. Naturalmente questi dati sono da riferire all'indice generale dei prezzi che negli Stati Uniti nel 1875 era pari a 70 e nel 1952 pari a 195, con un aumento relativo quindi di 1 a 3 circa. In conclusione quindi il prezzo reale del metro cubo di rilevato di terra si è ridotto presso a poco ad un terzo, mentre quello del metro cubo di diga in muratura si è quasi raddoppiato.

Ma quel che più importa è che lo sviluppo di queste costruzioni ed il grado di sicurezza da esse ormai raggiunto, grazie ai progressi della Geotecnica, ha reso possibile la costruzione di sbarramenti di ragionevole costo in situazioni topografiche e geologiche nelle quali non sarebbe mai stato possibile pensare ad una diga in muratura.

Se questa affermazione è valida in generale essa assume una importanza particolarissima per il nostro Mezzogiorno.

Nelle regioni dell'Italia meridionale e nella Sicilia sono infatti predominanti i terreni a base argillosa: si tratta delle ben note formazioni, che i geologi chiamano col nome di Flysch, costituite da alternanze di strati di rocce clastiche (argille, arenarie, conglomerati, marne) cui solo subordinatamente si associano rocce calcaree lapidee. Tali formazioni, per le vicende tettoniche cui sono state assoggettate, sono sovente sconvolte e talvolta addirittura caotiche fino a costituire grandi ammassi, prevalentemente argillosi, che inglobano frammenti di strati o blocchi isolati più rigidi, calcarei o arenacei, anche di notevoli dimensioni. E' in questo caso che le argille, affette già da un lieve metamorfismo, presentano la tipica frantumazione a « scaglie » onde la formazione tutta, compresi gli elementi lapidei imballati, prende il nome di *argille scagliose*. Triste nome che ho già prima evocato e che risuscita nella nostra mente lo squallido aspetto di talune plaghe, in preda a vistosi fenomeni di frana, nelle quali enormi difficoltà incontra il costruttore di strade, di ferrovie, di canali, di gallerie e dove per la fondazione di opere di una certa entità, quali le dighe di sbarramento, occorre ricorrere a speciali accorgimenti.

Ma anche nelle altre regioni del nostro Mezzogiorno, ove non affiorano rocce clastiche e argillose, l'ingegnere incontra non meno gravi difficoltà nella progettazione e nella costruzione delle grandi dighe. I terreni cristallini, granitici o scistososi della Calabria, se pure sono classificati come rocce lapidee, si presentano invece interessati da fenomeni di alterazione in grande

stile, che ne hanno profondamente modificato le caratteristiche. Ricorderò solo di passaggio, senza entrare nel merito delle cause geografiche e geologiche di questo fenomeno, che le grandi dighe costruite in Sila hanno offerto notevoli difficoltà di costruzione, e che sovente le zone maggiormente devastate dalle frane sono in Calabria proprio quelle in cui affiorano questi terreni cristallini ormai in avanzato stato di disfacimento.

Nè da fenomeni di intensissima erosione sono esenti le rocce calcaree e dolomitiche del Mesozoico, sovente minutamente frantumate e che pertanto possono dar luogo a paurose rovine, come quella che di recente ha funestato la costiera salernitana, mentre impongono sempre, per lo studio e l'esecuzione di opere di sbarramento, indagini dettagliate e conseguenti onerosi lavori di impermeabilizzazione.

Appare dunque evidente, anche solo da questi cenni così fugaci sulla costituzione geologica del Mezzogiorno, come la realizzazione di serbatoi artificiali sia legata nelle nostre regioni alla possibilità di sbarrare i corsi d'acqua con dighe di materiali sciolti di sufficiente altezza.

Poichè, senza dubbio alcuno, fra i nostri problemi davvero fondamentali è da annoverare la regolazione dei corsi d'acqua. Il problema del Mezzogiorno infatti è innanzi tutto un problema di irrigazioni. E' certo questa la maggiore risorsa di un Paese eminentemente agricolo e dove il clima semi arido fa sì che molte terre siano incolte o coltivate in modo estensivo. Al tempo stesso occorre difendere i terreni, frequentemente sommersi e sconvolti dalle piene improvvise ed impetuose dei nostri corsi d'acqua. Le condizioni climatiche impongono perciò di accumulare le acque nella stagione piovosa per distribuirle alle terre nella stagione calda ed impongono di ridurre e contenere i colmi di piena. Dunque invasi ed invasi e sempre più invasi.

Come farli in terreni come quelli di cui si è detto? Unica suprema soluzione, come or ora ho accennato, le dighe di materiali sciolti e prevalentemente le dighe in terra. Ecco dunque che la Cassa per il Mezzogiorno, con chiara visione del problema, pone in cantiere un vasto piano di dighe, la più parte in terra, nel continente e nelle isole; ecco che occorre organizzare e coordinare tutto questo sforzo, anche per trarne insegnamenti preziosi per le opere future: poichè tutti quanti noi meridionali siamo sicuri che lo sforzo di tutta la Nazione per il risanamento della economia del Mezzogiorno non potrà arrestarsi a mezza via e che tutti gli italiani saranno concordi nel riconoscere che questa grandiosa opera iniziata non può restringersi nel limite di un tempo prefissato, ma dovrà proseguire ininterrottamente fino al completo raggiungimento del suo compito essenziale.

Il problema dunque della costruzione di dighe di terra, o più in generale di materiali sciolti, è un problema che nel nostro Mezzogiorno assume importanza davvero considerevole e si proietta molto in là nel futuro. Esso va quindi affrontato con metodo, con tenacia, con aderenza alla nostra situazione ambientale (climatica, geologica, geotecnica), con cognizione della nostra organizzazione industriale, che nel campo dell'Ingegneria Civile e di quella Idraulica in particolare tante

luminose prove ha dato nel passato e dà maggiormente nel presente.

All'estero i Paesi che attualmente svolgono un'attività particolarmente viva in questo campo si sono dati un'organizzazione peculiare a ciascuno di essi. Negli Stati Uniti, ad esempio, la costruzione delle dighe di terra è quasi tutta accentrata in due grandi branche della amministrazione statale: il Bureau of Reclamation ed il Corps of Engineers. Questi organismi progettano, dirigono, seguono nell'esercizio le proprie dighe. Svolgono inoltre tutte le indagini geotecniche, in fase di progetto, con propri laboratori centrali ed in fase di controllo, durante la costruzione dell'opera, e ad opera finita, con laboratori di cantiere. Si deve anzi arguire che questa impostazione unitaria dei singoli problemi, è stata la chiave di così rapidi ed imponenti progressi.

In effetti la programmazione delle indagini, il loro svolgimento, l'interpretazione dei risultati ai fini del problema da risolvere, la definizione degli elementi fondamentali di progetto, lo studio del comportamento delle opere costruite e le indagini sugli insuccessi registrati — perchè, è bene ricordarlo, la complessità di queste opere ha determinato gravi incidenti nel passato ed ancora oggi dà qualche amara sorpresa, sia pure di minore entità — debbono essere condotti di pari passo e ponendo in relazione fra loro gli elementi man mano raccolti.

Oggi è per noi motivo di compiacimento il pensare che ci siamo preparati in tempo e che la creazione del nostro Centro Geotecnico offre al Paese il mezzo per preparare i tecnici che saranno preposti ai laboratori

locali e mette al tempo stesso a disposizione un laboratorio centrale, idoneo a svolgere l'indispensabile azione di propulsione nel campo della ricerca, di sperimentazione in fase di studio delle opere, di coordinamento dei risultati raggiunti.

Con l'appoggio della Fondazione Politecnica che ne permise la creazione, del Consiglio delle Ricerche, della Università, ed ora con quello efficacissimo della Cassa per il Mezzogiorno, il nostro Centro si è messo all'altezza dei laboratori esteri; così come, nel campo di tante altre discipline, come l'Idraulica, la Scienza delle Costruzioni, la Tecnica Stradale, per dir solo delle più prossime, l'Italia ha raggiunto mete che la mettono al livello delle Nazioni più progredite, sì che essa si è svincolata da ogni bisogno di ricorrere all'aiuto straniero nella soluzione dei suoi problemi, anzi è visitata spesso da studiosi esteri desiderosi di apprendere i nostri progressi e di ispirarsi alla organizzazione dei nostri laboratori per la costruzione dei loro.

Come ha raggiunto, pur con modeste disponibilità, tali mete il nostro Paese? Col lavoro assiduo e disinteressato di schiere di ricercatori, con la vivezza del nostro ingegno, col far tesoro naturalmente anche di quanto si fa nel mondo fuori di noi, ma soprattutto, come ho già detto in particolare per la Geotecnica, col rendersi conto che la teoria da sola nel campo delle scienze conduce fatalmente ad un punto morto e che solo, per dirla col nostro massimo Poeta:

*da questa istanza può deliberarti
esperienza, se giammai la provi,
ch'esser suol fonte ai rivi di vostr'arti.*

SOMMAIRE: Ayant parlé d'abord de la naissance du Centre Géotechnique auprès de la *Fondazione Politecnica del Mezzogiorno d'Italia*, on passe en revue toutes les questions de la géotechnique, depuis l'étude des fondations jusqu'à celui des barrages et des digues de terre. Après on parle brièvement de l'importance que les problèmes géotechniques ont dans l'Italie du Midi à cause de la constitution géologique de ce région.

SUMMARY: Having given information on the birth of the *Centro Geotecnico* in the *Fondazione Politecnica del Mezzogiorno d'Italia*, one investigates all the different sides of geotechnic, from the study of foundations to that of banks and dams of earth. One says few word about the importance of geotechnical problems in Southern Italy, on account of the geological nature peculiar of this country.

Quota d'abbonamento annuo L. 2.000 - Estero L. 3.400 - Quota ridotta per i Soci dell'AGI, dell'ANIAI e della Società Geologica Italiana L. 1.500

Indirizzare le quote alla Casa Editrice della Rivista

ISTITUTO PROPAGANDA INTERNAZIONALE - VIA TADINO, 62 - MILANO

oppure versare sul c/c postale 3/9380 I.P.I. - Milano