

ALCUNI PROBLEMI GEOTECNICI DEL VENETO (*)

G. FERRO (**)

Quello che sto per dirvi sarà solo approssimativamente ciò che è programmato e cioè non sarà una conferenza introduttiva sui problemi geotecnici del Veneto. Non sarà una conferenza, ma una breve conversazione; nè sarà introduttiva, perché questo presupporrebbe una successiva discussione o almeno, dato che oggi è giornata di visite tecniche, una visita ai lavori connessi coi problemi che saranno accennati.

La mia conversazione invece conterrà solo brevi cenni ad alcuni — in particolare ad uno — fra i principali problemi geotecnici che oggi interessano il Veneto, lungi da una trattazione non solo completa, ma neppure panoramica.

A prescindere dal fatto che i problemi geotecnici risentono, oltre che dell'ambiente in cui si opera, anche delle finalità che hanno determinato l'intervento dell'uomo, è certo che il Veneto presenta aspetti variabilissimi nei riguardi della formazione del terreno e quindi delle cause prime cui si connettono i problemi geotecnici. Quivi si incontrano zone di montagna, di collina, di pianura e queste ultime — aventi elementi costitutivi di variabilissima dimensione e in differenti condizioni di ambiente idraulico — si alternano a vaste aree vallive e lagunari, estese lungo tutto l'arco settentrionale dell'Adriatico. Se a ciò si aggiunge, come dianzi dicevo, che elemento fondamentale di variabilità nella caratterizzazione del problema geotecnico è anche la finalità per cui l'uomo interviene e i mezzi di cui di volta in volta può disporre, appare ancora più evidente l'impossibilità pratica di delineare elementi e caratteristiche comuni, che valgano ad inquadrare in schemi, più o meno rigidi e numerosi, i problemi geotecnici della nostra regione.

Altro elemento che renderebbe assai difficile la mia esposizione se volessi accennare a molti problemi, se non a tutti, e perciò mi suggerisce di sorvolare sulla esemplificazione pure altrimenti assai interessante è la circostanza che anche in questo,

come in molti altri campi dell'ingegneria, grande maestra è l'esperienza e il più delle volte errori od insuccessi stanno all'origine di preziosi insegnamenti per il futuro. Ma se io ricordassi qui esempi di tale tipo e mi attardassi a discuterli, assumerei facilmente agli occhi vostri la posizione poco simpatica di chi critica a posteriori, mentre nessuno è più di me convinto che la valentia del tecnico maggiormente si afferma quanto maggiori sono le difficoltà, anche se i risultati non sono stati sempre pari all'attesa o il pieno successo non ha coronato il lavoro.

Tutto ciò serve a giustificarmi se in quanto vi dirò troverete manchevolezze o lacune o addirittura il silenzio su problemi anche interessanti e se mi limiterò ad una breve conversazione intorno ad alcuni fra i problemi geotecnici più importanti o di maggior mole che attualmente si presentano nella regione veneta.

Fra questi merita indubbiamente di essere considerato in sé e per le conseguenze che ne derivano sotto vari aspetti nel campo dell'ingegneria, il fenomeno di abbassamento in atto nel Delta Padano, intendendosi come tale il territorio marginale al mare Adriatico e limitato a sud dal Po di Goro fino alla foce, a nord dall'Adige da Cavarzere al mare, ad ovest da una linea passante nei pressi di Serravalle, Adria e Cavarzere.

Trattasi di un territorio della superficie complessiva di circa 73.000 ettari, costituito per circa 56.000 ettari da un insieme di comprensori di bonifica e per altri 17.000 circa da una vasta zona di gronda al mare (lagunare, valliva e litoranea).

La maggior parte di questo territorio, anche di quello classificato di bonifica, ha una quota più bassa del medio mare, ed il suo prosciugamento è attuato con sollevamento meccanico.

Dal punto di vista geologico il Delta Padano non è che la continuazione della valle padana ed è costituito da una conca formata da una inflessione della crosta terrestre, riempita fino ad una certa altezza dai detriti alluvionali trasportati dal Po e dai suoi affluenti.

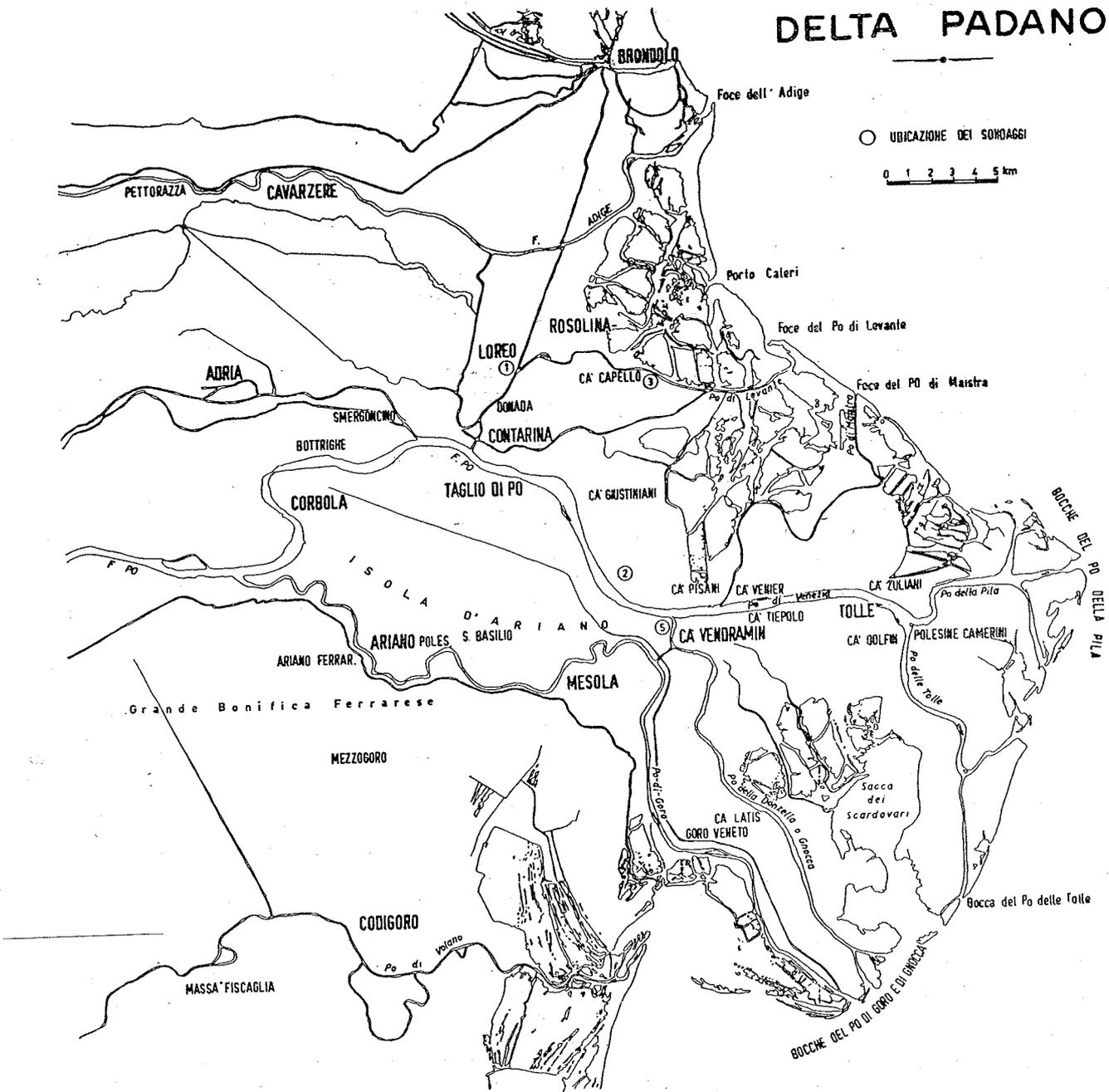
Molta parte dei materiali trasportati dal Po, giunta la foce e depositandosi nel mare, ha dato luogo alla formazione e al graduale protendimento del delta nell'Adriatico.

(*) Conferenza tenuta in occasione del IV *Convegno di Geotecnica*, Padova, maggio 1959.

(**) Dott. Ing. Prof. Guido FERRO, Magnifico Rettore della Università di Padova, Direttore dell'Istituto di *Costruzioni Marittime* della stessa Università e del *Centro Geotecnico Veneto*.

L'anormale fenomeno di abbassamento del suolo nel Delta padano è stato inizialmente segnalato e principalmente sentito dai Consorzi di bonifica adiacenti al mare, che in breve tempo hanno visto diminuire l'efficienza dei loro impianti idrovori ed aumentare il consumo di energia. Uno degli esempi caratteristici a questo riguardo si notò nella Bo-

Con le rilevazioni eseguite dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque e dall'Istituto Geografico Militare si sono accertati fino al 1957 lungo la linea di livellazione Porto Maggiore-Mestre abbassamenti nel tronco a sud di Brondolo con punte di cm. 65 a Rosolina e di cm. 74 a Corbola in sinistra del Po. Di fianco a questa linea allora si



nifica Polesana nelle escursioni di marea nel canale di scarico del Po di Levante per le idrovore di Vallesina, ove le altezze medie si mantennero poco discoste dalla quota rappresentativa del livello medio del mare fino all'autunno del 1950 e poi si alzarono gradualmente rispetto a detta quota.

notarono abbassamenti di valore massimo superiore a m. 1.50 in una ristretta zona situata a cavaliere del Po tra Contarina e Villaregia della superficie di 1100 ettari; abbassamenti fra m. 1 e 1.50 si ebbero in una zona di 8300 ettari di superficie, compresa fra il Po di Levante e il Po di Goro e in

più piccola area, di circa 300 ettari, in località Scardovari.

Attorno a queste depressioni più sentite si avevano fino a due anni or sono abbassamenti compresi fra mezzo metro e un metro per una superficie di 23800 ettari, e fra 25 e 50 centimetri per una superficie di 17500 ettari, arrivando in totale ad abbassamenti accertati in misura superiore a 25 centimetri in 7 anni su una superficie complessiva di circa 51.000 ettari.

Ma in questi due ultimi anni le condizioni si sono ulteriormente aggravate: il fenomeno che pareva avviato ad un rallentamento, risulta tuttora in atto con analoga, se non maggiore intensità. Gli accertamenti eseguiti nell'ultimo quadrimestre raffrontati ai precedenti indicano un ulteriore abbassamento in misura media fino a cm. 4 al mese, sempre nella zona fra Contarina, Taglio di Po e Ca' Vendramin.

Un fenomeno così imponente e rilevante non può evidentemente essere messo in relazione se non in minima parte con le cause di carattere per così dire normale, quali possono essere:

a) il bradisismo negativo assai lento nel tempo e valutabile in circa cm. 32 per secolo (come risulta dal confronto fra le rilevazioni dell'Istituto Geografico Militare eseguite nel 1854 e nel 1950);

b) il progressivo aumento del livello medio del mare, il quale è contenuto in limiti anche più modesti (circa cm. 15 per secolo) e, pur non essendo propriamente un abbassamento del suolo, non manca tuttavia di esercitare analoga influenza sul regime del fiume presso la foce;

c) l'assestamento normale dei terreni di bonifica che si presenta di solito con un lento, ma ininterrotto processo di costipamento, determinato da una parte dal fatto che i terreni del delta padano sono di formazione recentissima (anzi talora in via di formazione) e dall'altro dall'opera di bonifica che — sottraendo i terreni alla libera espansione delle acque mediante la costruzione di argini e successivamente prosciugandoli — favorisce in doppio modo l'assestamento, non compensato da altro apporto di materiale.

Queste tre circostanze potevano giustificare i lentissimi assestamenti prodottisi fino al 1950-51, non i successivi, che per la loro rilevanza e la gravità delle conseguenze impongono ai tecnici l'adozione di provvedimenti, la cui efficacia è comunque subordinata ad individuare le cause del fenomeno. Ora queste non possono inevitabilmente che ridursi a due: o si tratta di una rottura di equilibrio degli strati profondi determinata da fattori geologici e geofisici, tenuto presente che la geosinclinale della valle padana è una vera e propria fossa di sprofondamento, nella quale l'estremità deltizia può essere tuttora in fase di depressione, oppure il fenomeno è la conseguenza dell'estrazione dal sottosuolo di grandi quantità di acqua per approvvigionamento di gas metano. Devesi infatti ricordare che questa estrazione, che nella zona del Delta si effettua a mezzo di 900 pozzi circa per un volume complessivo di circa 190 milioni annui di m³, ha determinato la progressiva diminuzione della pressione di falda

con un abbassamento del livello piezometrico attualmente fino a 30 metri circa sotto il piano campagna ed ha indotto ad iniettare i pozzi con gas compresso provocando una loro utilizzazione intensiva, della quale vanno senza dubbio ponderate le conseguenze. Infatti l'emungimento di grandi quantità d'acqua può provocare differenze di carico idrostatico fra i vari strati acquiferi con movimenti di acqua, conseguenti pressioni di filtrazioni ed emungimenti d'acqua dagli strati argillosi in consolidamento.

Certo, se è vera la prima delle due cause accennate, praticamente nessun provvedimento di difesa è possibile od adeguato e si impone solo un efficiente controllo del fenomeno; se è vera la seconda, si mantiene l'esigenza del controllo ed i provvedimenti non possono tendere che all'eliminazione della causa o della concausa o comunque ad una valutazione economico-sociale delle conseguenze della stessa e dei provvedimenti connessi.

Per indagare sulle possibili cause intanto, sono stati predisposti e si continuano numerosi accertamenti volti a controllare l'abbassamento superficiale ed il suo andamento nel tempo, sondaggi profondi per ricerche geologiche e geotecniche, oltre ad una più ampia ed intensa rete di misure mareografiche e idrologiche.

Così sono stati effettuati cinque sondaggi fino alla profondità di m. 600 dal piano di campagna, di cui quattro in zona del Delta ove negli ultimi anni si sono verificati abbassamenti notevoli, ed uno a sud di Rovigo fuori della zona interessata dai lamentati fenomeni. Senza addentrarmi in dettagli che richiederebbero troppo tempo, mi limito ad accennare che i sondaggi hanno rivelato una estrema variabilità della stratificazione di ciascun sondaggio. Pur trattandosi in ogni caso di terreni risultanti dalle successive alluvioni del Po, essi sono costituiti da depositi molto vari dal punto di vista della granulometria, dei limiti di consistenza e della compattezza, specialmente nei terreni argillosi. Si incontrano sabbie più o meno fangose o argillose intercalate da fanghi ed argille più o meno pure o in combinazione fra di loro e si riscontra inoltre, in ogni sondaggio, la presenza di torba a varie profondità, senza peraltro che vi sia modo di rintracciare una qualche corrispondenza, anche nei sondaggi fra loro più vicini, così da poter parlare di banchi torbosi ben determinati. Analogamente si può dire per gli altri tipi di terreno, per i quali il quadro delle stratificazioni è così intricato da rendere impossibile — specie coi pochi sondaggi a disposizione — la determinazione di sicuri e marcati profili geognostici per terreni della stessa natura, a meno di non pensare a corrispondenze in limiti piuttosto larghi. Di rado poi un tipo definito di terreno si estende per vasta superficie senza soluzione di continuità, esistendo per lo più intercalazioni frequentissime di sabbie, fanghi e argille.

Nelle sabbie, dal punto di vista granulometrico, vi è prevalenza di sabbie medie, abbastanza selezionate granulometricamente ed abbastanza uniformi, tanto che è raro trovare una sabbia con grado di uniformità superiore a 10.

I terreni coerenti, nella maggior parte dei casi, sono costituiti da miscele di argille e fanghi, aventi allo stato naturale un'umidità percentuale generalmente compresa fra 20 e 60: solo dove si incontra la presenza di torba l'umidità arriva anche a punte di oltre il 100%, fino ad un massimo eccezionale di 272% in un campione pressochè interamente torboso: in nessun caso però — come già dissi — si tratta di strati torbosi di grande potenza, ma sempre di lenti o strati modesti, intercalati ad altri o addirittura di strati di materiale misto, come argilla torbosa.

Esclusi gli strati contenenti torba, l'indice di plasticità dei terreni coerenti è compreso fra 10 e 40, il limite di liquidità è inferiore a 80.

Nonostante la variabilità dei depositi e la differente profondità dei sondaggi, tra le caratteristiche comuni dei materiali coerenti può ricordarsi che dal diagramma di plasticità di Casagrande, in base agli indici di consistenza, esclusi i terreni contenenti torba, il 70% dei terreni coerenti va classificato come argilla di media plasticità: la rimanente parte comprende argille altamente plastiche e fanghi molto compressibili.

La resistenza alla rottura alla compressione con espansione libera varia da valori minimi fino a 3-4 Kg/cm².

E' forse opportuno ricordare che anche a notevolissima profondità esistono rilevanti banchi di argilla fangosa, mentre in strati più alti l'argilla si presenta con maggiore compattezza. Ad esempio, in un sondaggio, a 500 metri di profondità e per un complessivo spessore di m. 80, si è rintracciata argilla fangosa molle grigia con umidità del 35% e limite di liquidità 40, mentre nello stesso sondaggio fra 460 e 480 metri si è incontrato uno strato di argilla compatta e argilla ancor più compatta si è incontrata fra 400 e 430 metri, con umidità fra il 23 e il 34% e limite di liquidità fra 40 e 60.

Al fine di indagare sul comportamento in sito dei vari strati in presenza del fenomeno di abbassamento, si sta pensando di effettuare altri sondaggi rivestiti da colonne rese solidali con il terreno a mezzo di cementazioni e atte a consentire accurate misure di contrazione parziale (con manicotti delle colonne di rivestimento) e totale, mediante il contemporaneo controllo del livello della testa dei pozzi rispetto ad un vicino caposaldo. Quantunque la rilevazione si presenti molto delicata e non sia possibile forse eliminare ogni pericolo di errore, dovrebbe in tal modo potersi controllare la costipazione della pila di sedimenti sovrastanti gli orizzonti metano-acquiferi, individuando forse il pacco di strati interessato dal fenomeno.

Comunque, anche in attesa di questi nuovi elementi, la Commissione Ministeriale a suo tempo costituita presso il Ministero dei L.L. P.P. ha suggerito, già da oltre un anno, in via sperimentale la sospensione su un'area adeguata dell'attingimento dell'acqua metanifera: ma purtroppo tale proposta, che potrebbe indubbiamente fornire notizie discriminanti, attende inspiegabilmente di essere presa nella dovuta considerazione dalle competenti autorità, che

pure a suo tempo promossero la costituzione della Commissione Ministeriale di studio.

Senza interferire sulle conclusioni cui questa perversa in via definitiva, è certo che si tratta di un fenomeno di quella *subsidenza regionale*, su cui TERZAGHI ha richiamata l'attenzione del Congresso Internazionale di Meccanica del suolo di Zurigo. Secondo il pensiero dell'illustre studioso, tale fenomeno, che si riferisce ai cedimenti generali di aree piuttosto vaste (almeno parecchi chilometri quadrati), si riscontra in zone nel cui sottosuolo sono presenti delle formazioni molto compressibili, quando i carichi superficiali sono notevolmente elevati e può verificarsi anche in zone in cui non esistano terreni eccessivamente compressibili, ma che siano sede di intensi emungimenti dalle falde profonde o di coltivazioni di giacimenti di idrocarburi. A questo riguardo in quel congresso TERZAGHI ha ricordato il caso di Terminal Island in California, ove la coltivazione di giacimenti petroliferi ha provocato abbassamenti della superficie del suolo anche dell'ordine di 5 metri, e regioni del Texas meridionale, dove l'emungimento dalle falde idriche ha determinato abbassamenti di intensità tale da compromettere la stabilità dei fabbricati. A questo stesso fenomeno lo ZEEVAERT ha fatto risalire i cedimenti rilevati a Città del Messico da inquadarsi nella idrogeologia del sottosuolo di quella città, nel senso che i cedimenti sono imputabili in parte alla compressibilità dei terreni non sufficientemente costipati che si trovano a profondità maggiori di 50 metri e in parte all'emungimento di grandi quantitativi d'acqua dalle falde più profonde, il quale provoca differenze di carico idrostatico tra gli strati acquiferi inferiori e quelli superiori e perciò un moto dell'acqua dall'alto verso il basso attraverso gli strati molto compressibili che, costipandosi, per effetto delle tensioni di filtrazione provocano l'abbassamento superficiale.

A prescindere comunque dalla causa prima o dalle concause efficienti che determinano questo imponente fenomeno ed ancora dalla sottigliezza di chi potrebbe giudicarlo piuttosto fenomeno geologico o geofisico che geotecnico, certo esso è degno di particolare attenzione nel campo geotecnico per le conseguenze che comporta nei riguardi delle strutture e delle costruzioni in terra. Trattandosi di zona per molta parte situata sotto il livello del mare e quindi difesa con arginature, si è imposta fin qui la sopraelevazione di queste in relazione all'abbassamento verificatosi, ma si rende ormai altrettanto necessario l'adeguamento delle strutture — anche nelle dimensioni trasversali e nella loro costituzione — in relazione ai maggiori pericoli che vi si determinano.

Invero sia nel campo degli argini fluviali, in particolare di quelli del Po, e dei vari canali che intersecano il Delta padano, sia in quello delle difese a mare desta notevole preoccupazione la circostanza che i lavori fin qui eseguiti sono in gran parte annullati nei loro effetti benefici dal progressivo andamento del fenomeno di abbassamento. Non credo di rivelare notizie avventate affermando che, nonostante il notevole rialzo delle arginature del Po, che in alcuni tratti si è spinto anche fino ad oltre

m 1.60, oggi le arginature stesse sono praticamente in condizioni di non presentare franco efficiente rispetto alla piena del novembre 1951, perché l'andamento generale del fenomeno di abbassamento è anche aggravato in loco dagli effetti del più alto rilevato arginale che vi insiste, mentre l'aumentata prevalenza non di rado determina la formazione di fontanazzi all'unghia di lunghi tratti di rilevati arginali.

Nel campo delle difese a mare è significativo l'esempio dell'argine che delimita la Sacca di Scardovari, ove lungo il bacino Scardovari la quota del ciglio arginale a m 2.25 sul medio mare fino al 1950, si manteneva tale nel 1954 nonostante un rialzo di cm 25 fra il 1952 e il 1954 e tale ancora nel 1958 nonostante un successivo rialzo di cm 75 fra il 1954 e il 1957, mentre un ultimo rialzo ancora di cm. 75 effettuato nel 1958 è riuscito solo a portare la quota del ciglio arginale a m 2.50 sul medio mare. Sostanzialmente quindi si è avuto in circa sette anni un aumento di franco di cm 25 — forse ormai annullato al momento in cui Vi parlo — rispetto al medio mare con un effettivo rialzo d'argine di m 1. 75. Esempi analoghi potrebbero citarsi per altri tratti della difesa a mare lungo la Sacca Scardovari per i bacini Valli e Canestro. Nè basta. Giova infatti ricordare che quest'argine che perimetra la Sacca degli Scardovari per uno sviluppo di circa 24 chilometri, con larghezza al ciglio variabile tra m 0.80 e m 3.00 e retrostante spaltone in terra della larghezza fra 25 e 30 metri spianato a quota compresa fra il medio mare e + 0.50, è sempre più gravemente insidiato dal fenomeno dell'abbassamento del Delta anche perché il maggior fondale della Sacca e la scomparsa delle antistanti barene provocano violenti moti ondosi, tanto da determinare un nuovo regime delle mareggiate, che, sviluppandosi sempre più in estensione e in profondità, stanno assumendo il carattere proprio delle agitazioni provenienti dal largo. La recente mareggiata dei giorni 12 e 13 dello scorso novembre con creste d'onda a quota fra 1.80 e 2 sul medio mare ha dimostrato la pericolosità della situazione e la inadeguatezza delle opere di difesa, nonostante i notevoli lavori recentemente eseguiti, e fa temere l'insufficienza anche di quelli che attendono l'esecuzione, in base al predisposto piano di rafforzamento.

Infatti, come già dissi, il semplice rialzo di argine — il più delle volte fatto sotto l'assillo dell'urgenza — spesso si è dimostrato un palliativo di efficacia del tutto passeggera, quand'anche non si sia accertata l'impossibilità di eseguirlo per slittamento delle scarpate e frane nello stesso rilevato. Ormai in molti casi lo stesso profilo arginale dovrà di volta in volta essere studiato adeguatamente, in relazione alla capacità portante del terreno, al materiale costitutivo dell'arginatura ed al procedimento esecutivo.

Certo appare strano che, mentre esistono norme precise ed inderogabili per la costruzione di dighe in terra, non esistano norme altrettanto cautelative e cogenti per la costruzione di arginature la cui importanza nei riguardi delle dimensioni e delle

conseguenze di un loro possibile dissesto non è certo da meno di quella delle dighe in terra. Dirò anzi meglio che non è più sufficiente, nei riguardi degli argini del Po, specie per la parte inferiore e la zona che interessa il Delta, riportarsi puramente e semplicemente alle norme e al dimensionamento suggerito alcuni decenni or sono dal Consiglio Superiore dei LL. PP. anche se dobbiamo tuttora riconoscere che quelle norme erano ispirate ad un ponderato giudizio e ad una larga esperienza.

Gli è che anche in questo campo, anzi direi soprattutto in questo campo, negli ultimi tempi la scienza è progredita e le esigenze costruttive trovano ormai adeguato ausilio negli accertamenti e nelle prove geotecniche, la cui esecuzione è necessaria e dev'essere resa possibile dando agli uffici il modo e i mezzi di effettuarle in via preventiva, onde ricavare gli elementi per il progetto, senza ricorrervi dopo eventuali insuccessi o di fronte a gravi difficoltà costruttive, nel quale caso gli accertamenti geotecnici consentono al più la soddisfazione di rintracciare la causa di anomalie e deficienze, ma compromettono la tempestività dei provvedimenti e la regolarità dei lavori.

Per questo ci appare doveroso segnalare come dimostrazione di uno spirito nuovo e come lodevole iniziativa quanto ha predisposto or è qualche anno l'Ispettorato per il Po di Parma — ora elevato a Magistrato del Po — facendo eseguire dal Centro Geotecnico Veneto uno studio sui terreni del rilevato e di fondazione degli argini maestri del Po con prove di laboratorio su 322 campioni prelevati da 83 sondaggi effettuati prevalentemente nelle zone ove maggiore è la presenza di fenomeni di filtrazione, la formazione di fontanazzi, l'esistenza di *porco grasso*, di sortumi in genere e di frane. Pur con le riserve che inevitabilmente accompagnano ogni tendenza alla generalizzazione nel campo geotecnico, è stato così entro certi limiti possibile — secondo quanto ha in altra sede esposto l'ing. COLOMBO — inquadrare e discutere i risultati delle prove, anche tenendo conto della notevole messe di notizie e di dati raccolti durante l'esecuzione dei sondaggi.

Per questo sono da incoraggiare ed allargare i contatti che, per lodevole iniziativa di preposti, gli organi tecnici dello Stato — in particolare nel nostro caso il Consiglio Superiore dei LL. PP. il Magistrato alle Acque e ancora il Magistrato del Po — mantengono con gli istituti e i laboratori universitari, ma non sarà inutile in un convegno di Geotecnica riaffermare la necessità che anche le arginature — sia quelle fluviali, sia quelle a mare — come tutte le costruzioni in terra siano preventivamente studiate al pari di ogni altra opera di ingegneria, in base agli aiuti che la scienza e la tecnica ormai offrono e che la loro esecuzione sia adeguatamente controllata secondo prescrizioni precise.

Perché — e non sembri paradosso quanto sto dicendo — se nel campo delle arginature si continuasse a limitarsi a prescrizioni relative soltanto ad inclinazioni delle scarpate o a valutazioni di massima del coefficiente di permeabilità e, come

spesso accade, le opere dovessero ridursi sotto l'assillo dell'urgenza e della necessità a semplici sopraelevazioni di preesistenti profili arginali, potrebbe accadere che il progresso tecnico, concretato nella meccanizzazione dei cantieri e nell'impiego di mezzi capaci di uno spostamento rapido di ingenti quantità di materiale, sia per offrire una pericolosa insidia alla bontà dell'opera: in altri termini l'acceleramento offerto dai mezzi meccanici, se non è accompagnato dall'osservanza di codeste norme tecniche, toglie quelle garanzie esecutive che una volta, magari parzialmente, erano insite nella stessa lentezza di esecuzione che inevitabilmente comportava almeno provvidi costipamenti per il continuo transito di lunghe teorie di braccianti.

Sempre nel campo delle arginature fluviali un aiuto notevole viene offerto come è noto dalla esecuzione di diaframmi in calcestruzzo che sono stati impiegati con successo nei vari tipi brevettati da differenti ditte. L'efficacia di queste opere è stata recentemente oggetto di studio da parte del Centro Geotecnico Veneto e dalle ditte e uffici interessati e le notizie finora raccolte — che contengono insegnamenti assai utili — saranno oggetto di una memoria dell'ing. COLOMBO, di prossima pubblicazione.

Prima di chiudere mi limito ad accennare molto brevemente ad altri due lavori di particolare importanza nel campo geotecnico, per la formazione di cospicui rilevati.

L'aeroporto "Marco Polo" sta sorgendo, a cura del Provveditorato al Porto di Venezia ed a carico dello Stato e degli Enti locali del Veneto, in località Barene di Tessera sui margini della laguna. Esso con una pista di m 2400 di lunghezza è classificato nella categoria B della classifica O.A. C.I. e ne è già prevista la variante per trasformarlo in aeroporto di categoria A (cioè per voli intercontinentali), adeguando la pista alle esigenze di peso dei massimi aerei da trasporto e allungandola a 2800 metri.

La sua ubicazione sul bordo della laguna si presta in modo eccellente per servire ad un tempo le provincie venete di terraferma e la città di Venezia e, attraverso questa, per integrare il mezzo di trasporto aereo con quello marittimo. Ma la stessa ubicazione ha imposto la soluzione di importanti problemi geotecnici, per la formazione di un rilevato ai margini della laguna spianato a quota 2.20 sul medio mare, la cui esecuzione richiede lo spostamento di circa 3 milioni di m³ di materiale e appare particolarmente delicata sia per le esigenze delle piste di volo e di rullaggio, sia per l'esistenza di un fondo lagunare per buona parte costituito da fanghi.

Senza addentrarmi nei dettagli di progetto, che saranno forniti in occasione della visita che stiamo per effettuare, ricorderò come venga impiegato per la sua esecuzione materiale arido proveniente da cave e solo in parte e fino ad un massimo del 50% materiale prelevato dalla zona lagunare, purché idoneo, ritenendo per tale il materiale di natura sabbiosa previamente portato al grado di umidità occorrente. Nella compattazione e previo asporto degli eventuali strati fangosi di barena lagunare, vie-

ne raggiunta una densità che, nella parte inferiore e fino a quota + 0.50, non dovrà essere minore dell'84% di quella massima conseguita all'umidità ottima in laboratorio con la prova di costipazione AASHO modificata su campioni di terreno ricostituito, mentre nella parte più alta non sarà inferiore al 90% di detta massima fra + 0.50 e + 1.20 e al 95% per la porzione di rilevato superiore a quota + 1.20.

Un altro importante lavoro di interesse geotecnico che interessa per massima parte le provincie venete riguarda la costruzione dell'autostrada Brescia-Padova, ormai in corso di esecuzione, e il raddoppio dell'autostrada Padova-Venezia di prossimo inizio.

Nell'uno e nell'altro caso nei progetti, studiati con sovrastruttura tradizionale, si sono introdotte o si stanno introducendo, in base a prove e accertamenti, alcune varianti attraverso le quali quasi dappertutto l'esecuzione della detta sovrastruttura stradale è ottenuta mediante impiego di materiali stabilizzanti come leganti naturali, attraverso un'adatta granulometria.

Il tronco da Brescia a Mestre, che si sviluppa su una lunghezza complessiva di poco meno di 170 chilometri, interessa terreni di diverso tipo e caratteristiche: nell'insieme però l'autostrada può classificarsi come autostrada di pianura. Essa si svolge prevalentemente in rilevato a quota poco diversa dal piano campagna e presenta tratti con sterri e riporti notevoli solo nell'attraversamento delle colline moreniche fra Brescia e Verona e dei monti Berici presso Vicenza. Grosso modo si può dire che terreni ghiaiosi o ghiaiosi-sabbiosi, da considerarsi comunque ottimi nei riguardi del nuovo rilevato, si incontrano nella provincia di Brescia ad occidente del Chiese e lungo un altro breve tratto a sud di Verona. Ad ovest di Verona una zona particolarmente delicata si rintraccia solo immediatamente a sud del lago di Garda, in località laghetto del Frassinò, e in un breve tratto a sud di Vicenza, per l'attraversamento delle valli di S. Agostino. Piuttosto difficile in genere è la condizione naturale nel tratto da Vicenza a Padova e successivamente da Padova a Mestre, ove i terreni sono quasi dovunque di natura argillosa e la falda acqua è in genere situata a pochissima profondità dal piano campagna.

Per la formazione del rilevato è ammesso in capitolato l'impiego di materiale fino a quello classificabile A₄ secondo la nomenclatura P.R.A. Nei riguardi della sovrastruttura essa, secondo le accennate varianti, è prevista dello spessore di 57 cm, con uno strato di fondazione dello spessore di 25 cm con tout-venant ghiaioso e sovrastante strato dello spessore di 15 cm in materiale stabilizzante, ottenuto con misto granulare fluviale o di cava di opportuna granulometria. Per la restante parte in alcuni tronchi si è proseguito ancora con materiale stabilizzante di dimensioni granulometriche adatte minori di quello sottostante e impregnazione superficiale con bitume dello strato di pavimentazione e sovrapposti manti, mentre per altri tratti si è indotti ad usare conglomerato bituminoso al disopra dei due accennati strati di base.

Non credo di soffermarmi su altri problemi o lavori, tanto più che un problema assai interessante anche per il Veneto, quello delle frane, sarà trattato domani in sede di Convegno e per altri, come quelli delle fondazioni o dell'escavo od approfondimento di canali lagunari o di bonifica, si dovrebbe far luogo ad un'esemplificazione e casistica che, per essere interessante, dovrebbe essere piuttosto estesa e richiederebbe troppo tempo.

Quanto vi ho detto è già sufficiente a dare un'idea dell'importanza che lo sviluppo degli studi e degli accertamenti geotecnici assume anche nel Veneto e dell'ausilio che essi possono dare alla più corretta soluzione di problemi tecnico-economici di vitale importanza. E' un campo in cui la collaborazione tra il laboratorio di ricerca e la parte applicativa si impone con reciproco vantaggio e con garanzia di sicuro progresso.

Padova, 27 maggio 1959.

ATTI DEL IV CONVEGNO DI GEOTECNICA

PADOVA (maggio 1959)

L'Associazione Geotecnica Italiana pubblicherà il suo II Volume di Atti, contenente le Relazioni Generali, le Comunicazioni e le Discussioni svolte nel IV Convegno di Geotecnica.

IL TERMINE PER LE PRENOTAZIONI PRECEDENTEMENTE FISSATO ENTRO IL 28 FEBBRAIO 1960 E' STATO PROROGATO AL 30 APRILE 1960. Tale data è improrogabile.

La tiratura del Volume verrà limitata al numero delle copie prenotate.

Il prezzo di copertina è stato fissato in L. 3.700; ai Soci dell'A.G.I., il Volume verrà ceduto al prezzo ridotto di L. 3.200; l'importo va versato all'atto della prenotazione, sul c/c postale 6/18400 dell'Associazione Geotecnica Italiana.