

L'evoluzione delle indagini geotecniche in Italia nel dopoguerra

Evolution of geotechnical investigations in Italy after the Second World War

Ferruccio Cestari

Riassunto: Nell'articolo si riferisce in sintesi l'evoluzione avvenuta in Italia nel dopoguerra, nell'esecuzione delle indagini geotecniche in sito, con riferimento al periodo in cui l'autore ha operato (1953 ÷ 2011).

Vengono trattati gli argomenti di cui l'autore ha conoscenza diretta: l'evoluzione delle attrezzature e dei metodi per l'esecuzione dei sondaggi del prelievo dei campioni e delle prove e misure in sito, soprattutto con riferimento alle attività geotecniche nei terreni.

L'autore si scusa se ricercatori, professionisti, società e studi non sono menzionati per le limitazioni imposte dal progetto dell'articolo e dagli ovvi limiti della personale conoscenza.

Abstract: *In this paper the writer presents the evolution of on site geotechnical investigations based on its own real-life experiences during more than fifty years of activity, both in Italy and in many sites abroad. The object of the paper is to give a panorama of methods and equipments development, to perform geotechnical site investigations, from a very poor initial practice to an European and Worldwide appreciated mastery of this activity.*

Parole chiave: perforazione, prove in sito, penetrometri, statico, dinamico.

Keywords: *drilling, in situ tests, penetrometers, static, dynamic.*

Ferruccio CESTARI ✉
Via C Menguzzato 213 - Trento
ferriferruccio@gmail.com

Pubblicato online: 30 dicembre 2014

© Associazione Acque Sotterranee 2014

Gli attori nel primo periodo postbellico

Alla fine degli anni '40 (cioè qualche anno dopo la fine della seconda guerra mondiale), la geotecnica in Italia era rappresentata essenzialmente dall'attività svolta dagli ingegneri: Giorgio Wetter e Giovanni Rodio.

Il primo, di scuola USA, aveva creato uno studio di progettazione, ed un laboratorio geotecnico, la WEMA (Wetter - ingegnere e Mastropietro - geologo) con l'obiettivo di progettare e seguire la costruzione delle dighe in terra, opere di cui il nostro paese, per le sue caratteristiche climatiche e geologiche, aveva estremo bisogno.

Il secondo, Giovanni Rodio, era un ardito imprenditore che aveva intuito lo sviluppo che la geotecnica avrebbe avuto in futuro, nelle costruzioni dell'ingegneria civile e nei problemi di stabilità dei pendii.

La WEMA aveva sede a Milano ed i primi progetti avevano suggerito di posizionare il laboratorio terre a Trento, data l'ubicazione dei primi lavori importanti (dopo la diga di Resia in Val Venosta, la diga in terra di Vernago in Val Senales – Alto Adige e il paramento a monte della diga in calcestruzzo di Stramentizzo sul torrente Avisio – Trentino). Si sviluppò così a Trento un primo gruppo di tecnici, pratici di prove di laboratorio e di tecniche di controllo della messa in opera delle terre in cantiere.

A Trento nacque anche la prima officina meccanica (Officina di Protesi) che costruiva oltre alle apparecchiature per ospedali, anche i primi apparecchi geotecnici.

L'ingegnere Giovanni Rodio aveva creato una importante impresa (Rodio), specializzata nelle attività geotecniche che, nel primo periodo, consistevano soprattutto nelle iniezioni di miscele cementizie (dighe, gallerie) e le palificazioni. Convinto dell'importanza della geotecnica per il futuro dell'impresa, aveva creato un laboratorio geotecnico a Milano, diretto da un esperto ingegnere (Renato Tornaghi) dove si studiavano anche la miscele per le iniezioni. L'ingegnere Rodio creò società analoghe all'estero (Francia, Svizzera, Spagna, Argentina, ecc.) che, in seguito, si resero indipendenti.

La Rodio era inoltre licenziataria in Italia del pressimetro Menard (Figura 1); di questo strumento aveva progettato e costruito una versione per prove in roccia (Figura 2).

Un terzo polo geotecnico sorse a Napoli, grazie all'iniziativa dell'ingegnere Arrigo Croce il quale, forte delle conoscenze di geotecnica apprese in India dagli inglesi, creò presso la Facoltà di Ingegneria un gruppo di valenti tecnici e favorì lo sviluppo delle attività geotecniche in tutta l'area meridionale.



Fig. 1 - I primi pressimetri Menard (Rodio - cantiere Ostiglia), 1960.

Fig. 1 - First type of Menard pressiometer on site (Rodio - site Ostiglia, Italy), 1960.

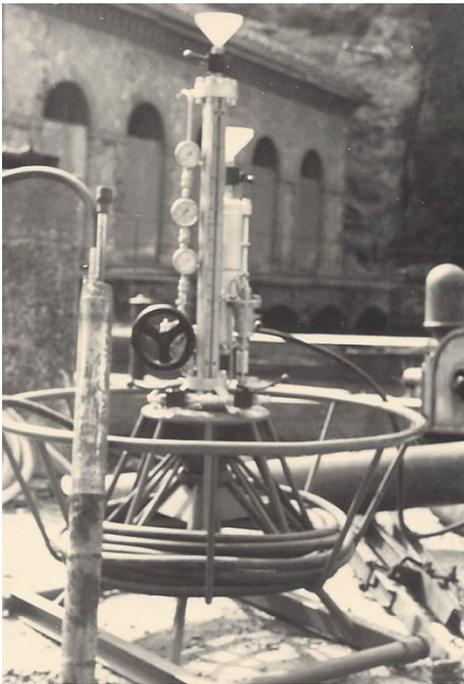


Fig. 2 - Il pressimetro da roccia Rodio (cantiere Trezzo Sull'Adda, 1960).

Fig. 2 - Rodio pressiometer, suitable for tests in rock (site Trezzo Sull'Adda, Italy), 1960.

Iniziative geotecniche importanti erano sorte anche a Padova, grazie all'attività del professore Pietro Colombo, autore anche di un ottimo testo di geotecnica (Colombo, 1974), ed al Politecnico di Milano dove operava il professore Guglielmo Meardi.

A Milano, il professore geologo Ardito Desio insegnava la geologia anche applicata all'ingegneria, materia di cui pubblicò un ottimo testo (Desio, 1949).

Al Politecnico di Torino, soltanto la facoltà di Strade e Aeroporti si interessava di geotecnica in quel periodo, con particolare riferimento alle pavimentazioni ed ai rilevati.

A Roma era sviluppata soprattutto la geotecnica stradale la cui principale espressione era costituita dalla società SIPAC.

Le prove geotecniche in sito negli anni '50

Per il controllo dei rilevati si eseguivano le misure della densità in sito, principalmente con il metodo della sabbia calibrata (Figura 3), per riferire il peso di volume misurato a quello di laboratorio ottenuto con le prove Proctor.

La prova SPT, già diffusa negli USA stentava, purtroppo, ad essere richiesta ed eseguita.



Fig. 3 - La misura delle densità in sito; diga di Vernago (Val Senales, 1955).

Fig. 3 - Measure of in situ density (Vernago Dam - Val Senales, Italy), 1955).

In Lombardia, grazie all'attività del citato professor Meardi iniziava la diffusione delle prove penetrometriche dinamiche continue con un penetrometro di tipo superpesante (Figura 4).



Fig. 4 - Le prove con il penetrometro superpesante introdotto dal Prof. G. Meardi (cantiere di Sarroch - Sardegna, 1965).

Fig. 4 - Ancient dynamic penetrometer (site Sarroch - Sardegna, Italy), 1965).

Si eseguivano le prove di permeabilità, specie quelle in roccia (Lugeon).

I tecnici della Rodio eseguivano le prove con il citato pressiometro Menard, trivellando la tasca di prova prevalentemente con le trivelle azionate manualmente (Figura 5).

Le attrezzature di sondaggio agivano nei terreni a percussione, sia per inserire i rivestimenti metallici che per la perforazione, con diametri di 300-400 mm, manovrando con argani a fune metallica (Figura 6), o con diametri di 80-160 mm, manovrando con cabestano e fune di canapa (Figura 7). Entrambi questi metodi non erano particolarmente adatti ad eseguire sondaggi e prove in foro di buona qualità, per i forti disturbi provocati dal metodo a percussione.



Fig. 5 - Perforazioni con trivella azionata manualmente per eseguire prove pressiometriche Menard (1961).

Fig. 5 - Hand drilling tool to perform bores for Menard pressiometer tests (1961).



Fig. 6 - Sondaggi eseguiti a percussione nei terreni con tubazioni di rivestimento di diametro 300-400 mm; manovre con argani a fune metallica (Rodio - Località Gaver, 1960).

Fig. 6 - Large diameter (300-400 mm) boreholes drilled by percussion equipment (Rodio, site Gaver - Italy, 1960).



Fig. 7 - Sondaggi eseguiti a percussione nei terreni con tubazioni di rivestimento di diametro 75 - 150 mm; manovre con cabestano e fune di canapa (Rodio - Località Gaver, 1960).

Fig. 7 - Small diameter (75-150 mm) boreholes, drilled by light percussion equipments (Rodio, site Gaver - Italy, 1960).

Gli anni '60 e '70

L'arrivo in Rodio dell'ingegnere Michele Jamiolkowski (1960) e la sua attività nella sezione geotecnica dell'impresa, diedero un forte contributo all'evoluzione della geotecnica in Italia, in parallelo con le iniziative della Scuola Napoletana e, naturalmente, con lo sviluppo delle infrastrutture e dell'industria nel paese.

Oltre alle attività per migliorare il prelievo di campioni nei sondaggi - il primo campionatore a pistone Osterberg (Figura 8) - la Rodio acquistò il primo penetrometro statico italiano, il famoso Gouda da 10 t (Figura 9), il "vane borer" dalla Norvegia (Figure 10, 11) e diffuse l'impiego della prova SPT nel corso dei sondaggi.



Fig. 8 - Il campionatore a pistone fisso a pareti sottili Osterberg (1961).

Fig. 8 -Thin walled Osterberg type piston sampler (1961).



Fig. 9 - Il penetrometri statico Gouda da 10 t (Studio Celotti- Milano, 1965).

Fig. 9 - Gouda 10 t static penetrometer (Studio Celotti – Milan, 1965).



Fig. 11 - Il "Vane Borer" Geonor utilizzato in cantiere (Rodio, Reggio Emilia, 1963).

Fig. 11 - Geonor Vane Borer on site (Rodio - Reggio Emilia, Italy, 1963).

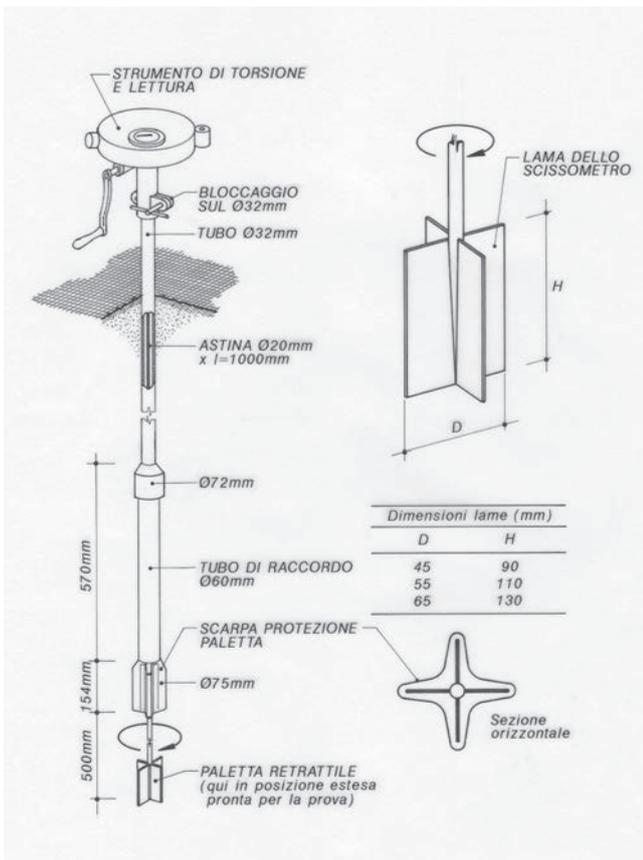


Fig. 10 - Il "Vane Borer" Geonor, norvegese.

Fig. 10 - Sketch of the Norges Geonor Vane Borer.

La tecnica di esecuzione dei sondaggi migliorò nel frattempo, grazie soprattutto all'iniziativa di due imprese specializzate: RC (Radaelli e Castellotti) e Consonda, evoluzione che consentiva l'esecuzione di prove in foro di migliore qualità.

La prima, RC, aveva inizialmente adottato il metodo di eseguire i sondaggi nei terreni, con una percussione di piccolo-medio calibro (200 mm), utilizzando argani leggeri e robusti rivestimenti per proteggere le pareti del foro.

La seconda, Consonda, utilizzava anche nelle terre la rotazione, con le sonde a mandrino da sempre impiegate per i sondaggi in roccia; la perforatrice agiva da una piattaforma sollevata rispetto al terreno, onde poterne utilizzare la potenza per inserire tubazioni di rivestimento e campionatori (Figura 12). Consonda, considerando la modesta potenza delle perforatrici, aveva perfezionato l'utilizzo del fango per ridurre gli attriti tra tubazioni di rivestimento e pareti del foro.

Una società di Segrate – Nenzi – che costruiva le perforatrici a mandrino ed i relativi accessori, iniziò a fornire alle imprese attrezzature specifiche per la geotecnica e in particolare le tubazioni di rivestimento, le attrezzature per le prove SPT con sganciamento automatico del maglio, tipo Pilcon inglese (Figura 13), le pompe per il fluido, i campionatori per i prelievi indisturbati.

In quel periodo, la società Sunda (Piacenza) costruì i primi penetrometri statici italiani (Figura 14) e realizzò anche un penetrometro dinamico medio-leggero, il famoso DL030 (Figura 15) che ebbe notevoli applicazioni nelle indagini relativamente superficiali.



Fig. 12 - La sonda a mandrino, sollevata per facilitare l'inserimento dei tubi di rivestimento (Impresa Consonda), 1966.

Fig. 12 - Chuck drilling equipment, raised to allow casing insertion (Consonda - Italy), 1966.



Fig. 14 - I primi penetrometri statici italiani (Sunda - Piacenza, 1968).

Fig. 14 - First Italian static penetrometer (builder Sunda - Piacenza - Italy, 1968).



Fig. 13 - Il dispositivo di battitura per prove SPT con sganciamento automatico del maglio (Costruzione Nenzi, 1967).

Fig. 13 - SPT driving device with hammer free release (builder Nenzi - Italy, 1967).



Fig. 15 - Il penetrometro dinamico DL 030 (Porticciolo Turistico di Ancona, 1980).

Fig. 15 - DL 030 Italian dynamic penetrometer on site (Ancona Turistic harbour - Italy, 1980).

La società Atlas Copco mise poi a disposizione del mercato italiano le prime attrezzature di perforazione a testa idraulica, le famose AB30, 40 e 50 (Figura 16). L'avvento costituì una vera rivoluzione nel campo della geotecnica italiana, dove le indagini sui terreni ormai prevalevano nettamente su quelle nelle rocce. Le perforatrici a percussione e quelle a rotazione con mandrino vennero man mano sostituite da quelle a testa idraulica che, per la possibilità di inserire con facilità le tubazioni di rivestimento, la notevole potenza della coppia di rotazione e la presenza delle morse, risultavano nettamente più adatte e produttive alle perforazioni nei terreni non rocciosi. Contemporaneamente vennero adottate le filettature coniche sia per le tubazioni di rivestimento che per le aste di perforazione.



Fig. 16 - Le prime perforatrici a testa idraulica utilizzate in Italia (Atlas Copco - AB 30÷50; Impresa Radaelli e Castellotti, 1968).

Fig. 16 - First modern drilling equipments employed in Italy (Atlas Copco AB 30÷50 - firm Radaelli e Castellotti, 1968).

Questo tipo di attrezzature ebbe tale diffusione che numerose piccole industrie italiane iniziarono a costruirne, anche per il mercato estero. Si distinse inizialmente in questo settore la già citata ditta Nenzi. Di grande aiuto in questo campo fu la disponibilità del famoso testo del professor M. Juul Hvorslev (1949 e successive edizioni), che raccoglieva le esperienze svolte negli USA nel campo delle indagini geotecniche, incluse avanzate attrezzature per il prelievo dei campioni e il fondamentale schema e le formule per la valutazione del coefficiente di permeabilità nelle differenti situazioni.

L'impiego di questi metodi ed attrezzature consentì l'esecuzione di sondaggi nelle terre, limitando il disturbo provocato dal metodo a percussione, con un miglioramento della qualità

e della percentuale di carotaggio, nonché di eseguire prove in foro (SPT, pressiometriche e di permeabilità) di buona qualità.

Negli anni '70, i tecnici olandesi dell'Università di Delft e della società Fugro, costruirono e diffusero la punta elettrica per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche. Questo fatto significò un importante miglioramento qualitativo dei risultati ottenuti ed aprì la strada all'avvento del piezocono del quale comparvero le prime applicazioni (Wissa, Torstensson). Fugro affidò alla società TREVI (Cesena), in esclusiva per l'Italia, l'impiego della punta elettrica di sua costruzione, garantendo ricambi, tarature e assistenza tecnica.

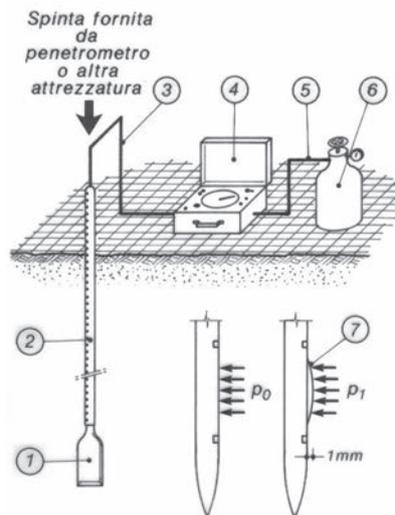
In quel periodo (1974) il Professor Silvano Marchetti ideò, costruì e sperimentò il dilatometro piatto, DMT (Figura 17, 18), strumento che, malgrado la modesta diffusione iniziale nel nostro paese, si è rivelato molto utile e affidabile come prova in sito per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Si svilupparono le indagini in mare, inizialmente da pontone (Figura 19) o nave leggera, poi anche da piattaforma (Figura 20).



Fig. 17 - La prima versione del dilatometro di Marchetti, (1974).

Fig. 17 - First version of the Flat Marchetti Dilatometer (DMT), (1974).



1. Lama del dilatometro piatto
2. Aste di spinta (i.e. CPT)
3. Cavetto elettro-pneumatico
4. Centralina
5. Tubetto pneumatico
6. Bombola gas azoto
7. Espansione della membrana durante la prova

Fig. 18 - Lo schema del dilatometro piatto di Marchetti (DMT).

Fig. 18 - Sketch of the Marchetti Flat Dilatometer (DMT)



Fig. 19 - Sondaggio da pontone galleggiante in acque calme (Porto di Trieste – Impresa Imprefond, 1975).

Fig. 19 - Borehole carried out from a pontoon on calm waters (Trieste harbour – enterprise Imprefond, 1975).



Fig. 20 - Sondaggio da piattaforma autosollevante (Iran – Porto di Bandar Abbas, 1976).

Fig. 20 - Borehole carried out from an Italian self-elevating platform (Iran – Bandar Abbas harbour, 1976).

Al Politecnico di Torino iniziò l'insegnamento della geomeccanica il Professore Giovanni Barla (specializzato negli USA) che promosse ricerche e approfondimenti teorici e per prove in sito sui materiali rocciosi. Conseguentemente, il Politecnico di Torino, con M. Jamiolkowski per la geotecnica e G. Barla per la geomeccanica, divenne un centro molto importante in Italia per la ricerca e la formazione di tecnici specializzati.

In questi anni si svilupparono anche le indagini sulle rocce:

- nelle perforazioni divenne usuale l'impiego delle corone a diamanti, l'uso dei doppi e tripli carotieri, l'utilizzo del metodo di perforazione "wireline";
- per la valutazione dello stato tensionale iniziale si utilizzarono prove con celle strumentate tipo "doorstopper" (celle CSIRO) e la fratturazione idraulica;
- per la valutazione della deformabilità: prove di carico su piastra a contrasto diretto, dilatometri da roccia;
- per la valutazione della resistenza al taglio: prove di taglio in sito.

A Roma il professore Carlo Cestelli Guidi insegnava geotecnica e tecnica delle fondazioni, pubblicando anche un volume di grande interesse e diffusione su questi argomenti (Cestelli Guidi, 1975). L'Associazione Geotecnica Italiana (AGI) preparò e diffuse un serio e completo (per l'epoca), volumetto di "Raccomandazioni" (AGI, 1977) per l'esecuzione delle indagini geotecniche in sito nei terreni.

In conclusione, la geotecnica in generale e le prove in sito in particolare ebbero un forte sviluppo sia quantitativo che qualitativo, favorito anche dal fatto che importanti indagini venivano richieste da enti e società (ENEL, ENI, Autostrade, Tecnimont, Ferrovie, Studio Geotecnico Italiano, ecc.) che avevano elaborato specifiche tecniche ed elenchi prezzi dettagliati e che incaricavano tecnici specializzati del controllo di qualità effettivo dell'operato delle imprese esecutrici.

In questo periodo ebbero larga diffusione le prove penetrometriche statiche mentre per le penetrometriche dinamiche continue si prescrisse l'impiego dei rivestimenti per eliminare l'influenza, sulla resistenza alla penetrazione della punta conica, degli attriti lungo la batteria delle aste.

Il contributo dei geologi

Grazie al grande sviluppo dell'ENI, della geotecnica e per la risonanza che ebbero le attività e le pubblicazioni del citato Ardito Desio, numerosi studenti si iscrissero in Italia ai corsi di geologia, che erano ancora prevalentemente di geologia pura (poca matematica, fisica e geologia applicata) inoltre la durata di 4 anni favorì, a lungo termine, la frequenza di un numero di studenti largamente superiore alle richieste.

Per trovare uno sbocco di lavoro numerosi geologi si dedicarono alla geotecnica, creando studi e imprese specializzate nelle indagini e arrivando spesso anche alla redazione dei rapporti geotecnici, malgrado fosse al tempo materia propria degli ingegneri.

Il Ministero dei Lavori Pubblici diffuse le prime normative, fra cui l'obbligo che progetti di una certa importanza dovessero comprendere anche un rapporto geologico.

Nel campo delle indagini in sito i geologi fornirono notevoli contributi creando imprese specializzate talvolta di notevoli dimensioni (Radaelli e Castellotti, Vicenzetto, ecc.). Viceversa, l'eccessivo numero di piccolissimi studi e imprese, non favorì sia gli investimenti nella ricerca che la crescita qualitativa delle indagini.

Le indagini per il nucleare dell'ENEL ed i lavori all'estero

Nella seconda metà degli anni '70 e fino al tragico avvenimento di Chernobyl in Ucraina (Aprile 1986), l'ENEL aveva creato a Roma un ufficio dedicato, guidato da ingegneri di grande valore, avviando la ricerca di siti adatti e iniziando la costruzione delle prime centrali (Caorso, Montalto di Castro, Trino Vercellese).

La complessità di queste indagini e la necessità di elevati standard qualitativi nell'esecuzione, favorì gli investimenti nel settore e il conseguente sviluppo qualitativo che, oltre ai sondaggi ed al prelievo dei campioni, interessò naturalmente anche le prove in sito.

Per esempio, il Politecnico di Torino acquistò in Inghilterra (1976) il pressimetro autopercorante (*Camkometer* - Figura 21) avviando una grossa sperimentazione con questo strumento. La Rodio, aveva acquisito uno strumento analogo di fabbricazione francese (*Pafsor* - Figura 22).



Fig. 21 - Il pressimetro autopercorante Camkometer del Politecnico di Torino (cantiere Panigaglia - Golfo di La Spezia), 1978.

Fig. 21 - Self-drilling English pressimeter (*Camkometer*) used by Turin Engineering University (site Panigaglia - La Spezia Gulf), 1978.

Le prove dinamiche, SPT in foro e dinamiche continue, si mossero verso una migliore standardizzazione, introducendo la misura del rendimento di ciascun tipo di attrezzatura per uniformare i valori ottenuti e consentire correlazioni più attendibili con i parametri geotecnici. Della prova SPT venne sviluppata anche una versione maggiorata per una migliore interpretazione nei terreni ghiaiosi ("Large SPT", Figura 23).

Si ampliò il campo di applicazione delle prove di carico su piastra, dalle pavimentazioni ai rilevati ed alle fondazioni; divenne prassi l'esecuzione delle prove di carico sui pali.



Fig. 22 - Il pressimetro autopercorante francese Pafsor; Impresa Rodio (cantiere: Iran, Bandar Abbas), 1978.

Fig. 22 - French (*Pafsor*) self-drilling pressimeter, (firm Rodio - Bandar Abbas harbour), 1978.



Fig. 23 - L'attrezzatura "Large SPT" per le prove nei terreni ghiaiosi (Stretto di Messina - Impresa Radaelli e Castellotti, 1985).

Fig. 23 - Italian Large SPT for testing in gravelly soils (Messina Strait - firm Radaelli e Castellotti, 1985).

L'ENEL creò due centri di sperimentazione geotecnica, l'ISMES (Seriata – Bergamo) e Milano (Niguarda) con importanti ammodernamenti di attrezzature e metodologie delle prove di laboratorio, camere di calibrazione per le verifiche dei dati ottenuti con le prove in sito, diffondendo l'impiego delle punte strumentate elettricamente per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche (Figura 24). Dall'estero arrivarono le prime punte piezometriche e, a seguire, i primi piezoconi: Fugro, Robertson, Torstensson; (Figura 25).



Fig. 24 - I mezzi ISMES per le prove penetrometriche statiche (1981).

Fig. 24 - ISMES static penetrometers (1981).



Fig. 25 - Il piezocono, pronto per essere inserito nel preforo (1986).

Fig. 25 - Piezocone, ready to be inserted (1986).

L'ISMES fu attrezzata anche per l'esecuzione e l'interpretazione delle prove geofisiche, sia in foro (*crosshole* e *downhole*) che classiche (riflessione, rifrazione, di superficie - SASW, geoelettriche) e realizzò la possibilità di eseguire le prove *downhole* anche nel corso delle penetrometriche statiche, inserendo un ricevitore nella punta elettrica.

Molte industrie e imprese italiane acquisirono contratti all'estero per la costruzione di dighe, impianti industriali e infrastrutture; questo fatto consentì ai tecnici italiani di conoscere attrezzature e metodi utilizzati nel mondo per le indagini in generale e le prove geotecniche in sito, in particolare.

In conclusione, alla vigilia del disastro di Chernobyl il nostro paese era arrivato in campo geotecnico a livello dei paesi più avanzati (Inghilterra, USA, nazioni Scandinave).

Il referendum che chiuse il nucleare, tangentopoli e il declino dell'Italia.

La tragedia di Chernobyl, creò un vero e proprio panico nei confronti dell'energia nucleare, al punto che in Italia fu indetto un referendum (1987) per chiudere ogni attività connessa con questo tipo di energia.

Senza poter valutare i costi della chiusura e senza considerare che ai nostri confini erano comunque in funzione numerose centrali nucleari, gli italiani votarono per abrogare l'impiego dell'energia nucleare.

L'ENEL chiuse l'ISMES e il centro di Niguarda, favorendo la cessione delle attrezzature a gruppi di dipendenti.

Iniziò quindi un declino delle ricerche e dello sviluppo delle attività geotecniche che ebbe il colpo di grazia agli inizi degli anni '90 con la vicenda di tangentopoli.

Molte imprese di costruzione generali e specializzate nelle indagini, chiusero o si ridimensionarono e la concorrenza divenne molto forte a discapito della qualità; i controlli in campo da parte di tecnici indipendenti divennero sempre meno richiesti per risparmiare nei costi.

In Italia iniziò un periodo molto critico, ancora oggi non superato. Per le attività geotecniche un minimo di sviluppo si verificò solo grazie all'iniziativa di qualche tecnico di eccellenza: per esempio, Massimo Sacchetto - impresa SPG, che costruì la punta penetrometrica Wireline da utilizzare con le perforatrici a rotazione - ed Ermanno Pagani, costruttore di attrezzature per le prove penetrometriche, incluse punte elettriche e piezoconi. Il prof. Silvano Marchetti ed i tecnici dell'Università dell'Aquila, continuarono a sviluppare la ricerca sulla potenzialità delle misure con il dilatometro piatto, dotandolo anche di 1-2 ricevitori per le misure geofisiche *downhole*.

BIBLIOGRAFIA

- AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.
- Cestelli Guidi C. (1975). Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni. Ed. Hoepli.
- Colombo P. (1974). Elementi di Geotecnica. Edit. Zanichelli.
- Desio A. (1949). Geologia – Applicata all’Ingegneria. Ed. Hoepli
- Hvorslev M.J. (1949). Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Engineering Purpose. Waterways Experimental Station.
- Vozdvizhenski B. et al. (1982). Exploratory Drilling. Mir Publishers – Moscow.
- Bieniawski Z.T. (1989). Engineering Rock Masses Classification. Wiley and Sons. N.Y.
- British Standard (1999). BS 593; Code of Practice for Site Investigation.
- Cestari F. (1990). Prove Geotecniche in sito. Ed. Geograph, (in inglese riveduta, 2012. Ed. Patron).
- Cestari F. (2013). Indagini Geognostiche in Sito. Ed. Flaccovio.
- Lambe T.W. (1967). Soil Testing for Engineers. Ed. Wiley&Sons.
- Lambe T.W., Whitman R.V. (1969). Soil Mechanics. Ed. Wiley Int.
- Lancellotta R. (1987). Geotecnica. Ed. Zanichelli.
- Lombardo S. e al. (2004). Schema di Contratto e capitolato Speciale di Appalto. Indagini Geotecniche e Geognostiche.
- Lunne T., Robertson P.K., Powell J.J. (1997). Cone Penetration Testing. Ed. Blackie Academic Professional.
- Marchetti S. (1980). In-Situ Tests by Flat Dilatometer. ASCE, Vol. 106
- Menard L. (1976). Pressio-Pressiometer. Description, Utilisation, Techn.. Ed. Longjumeau.
- Osterberg J.O. (1952). New Piston Tube Soil Sampler. Eng. News Rec., Vol. 148.
- Peltier R. (1959). Manuel du Laboratoire Routier. Ed. Dunod.
- Penta F. (1960). Lezioni di Geologia Tecnica; Frane e Movimenti Franosi.
- Swedish Geot. Institute (1961). Standard Piston Sampling - Proceedings N. 19 – Stockolm.
- U.S. Army Engineer Division North Pacific (1966). Inspector Manual for Subsurface Investigation.
- Venturi M. (1990). Studio delle Terre per la Diga sullo Jato. Comunicazione personale.

BIBLIOGRAFIA PER APPROFONDIMENTI

- Abate A. (1958). Prove Pratiche di Laboratorio e di Cantiere nelle Costruzioni Stradali. Ed Hoepli.
- Acker III W.L. (1974). Basic Procedure for Sampling and Core Drilling. Acker Drill Co. USA.
- Annual Book of ASTM Standards (1987). Section 4 - Construction.
- ASTM D 420 (1979). Investigation and Sampling Soil and Rock for Engineering Purpose.
- Australian Drilling Industry (1996). Training Committee Limited: Drilling, The Manual of Methods, Applications, and Management.
- Barton N.R., Lien R, Lunde J.(1974). Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics, 6 (4).
- Battaglio M., Jamiolkowski M., Lancellotta R., Pasqualini E. (1977). Geotecnica e Fondazioni. Ed. Celid.