

# Recensioni

## Il Laboratorio Geotecnico del Servizio Geologico Statale di Berlino Est e la sua collaborazione nello studio dei problemi di ingegneria

R. KÖHLER - *Aus dem Erdbaulaboratorium der Staatlichen Geologischen Kommission* - Mitarbeit beim Baugeschehen - Zt. f. Angew. Geol., 4, pp. 337-343; Berlino (E), 1958.

Ricordata l'attività geologico-tecnica svolta nell'ultimo trentennio, R. KÖHLER illustra i compiti, le attrezzature e il lavoro effettuato dal Laboratorio di Geotecnica creato presso il Servizio Geologico Statale di Berlino Est.

Il compito più importante del Laboratorio o Centro Geotecnico, che conta 14 collaboratori fra cui 4 specialisti, è quello di intervenire nella risoluzione di problemi di Geologia Applicata ai lavori di Ingegneria interessanti principalmente i terreni sciolti, fornendo i dati sperimentali necessari. Il laboratorio prepara, inoltre, il personale dei Laboratori Geotecnici periferici della Germania orientale.

L'A. elenca le attrezzature di cui dispone il Laboratorio, riassume le caratteristiche dei terreni sciolti che si determinano e ne mette in rilievo le principali applicazioni secondo l'ordine seguente:

- 1) analisi meccanica;
- 2) curve granulometriche;
- 3) grado di disuniformità;
- 4) significato pratico delle curve e del grado di disuniformità;
- 5) inconvenienti dell'analisi meccanica;
- 6) « volumi » dei pori;
- 7) imbibizione;
- 8) limiti di consistenza;
- 9) esempi di applicazioni dei limiti di consistenza;
- 10) rapporti fra le varie caratteristiche geotecniche;
- 11) indici di « pastosità » dei terreni sciolti;
- 12) permeabilità;
- 13) gelività;
- 14) altezza d'ascensione capillare;
- 15) compressibilità;
- 16) resistenza al taglio ed attrito interno;
- 17) porosità;
- 18) PROCTOR e sonda a punta (o penetrometri);
- 19) triassiale ed altre prove;
- 20) conclusioni.

Nel testo sono inserite: una figura con le curve granulometriche tipiche accompagnata da varie indicazioni ed una tabella illustrante la serie degli stati di consistenza con relativi limiti e rappresentazioni; figura e tabella sono qui riportate previo adattamento terminologico. Quattro fotografie d'assieme mostrano rispettivamente: a) apparecchio di ENSLIN, cucchiaia CASAGRANDE, apparecchi per la determinazione degli indici di « pastosità »; b) ap-

parecchi per la permeabilità e per la porosità; c) PROCTOR semplice, PROCTOR « migliorato » e PROCTOR meccanizzato; d) automezzo per la sonda a punta con rimorchio per le relative attrezzature.

### 1 - Analisi meccanica

Secondo l'A. il più importante mezzo per giudicare dal punto di vista tecnico le terre ed i terreni sciolti (Erdstoffe) è l'analisi meccanica, la quale, secondo la grossezza di grana del materiale si riduce a: stacciatura, elutriazione e sedimentazione. Per i terreni (o terre) *granulari* (*rollig*) <sup>(1)</sup>, come ghiaie e sabbie, si sottopone alla « stacciatura a secco » un discreto peso di materiale essiccato all'aria: almeno 50-100 grammi per la sabbia e fino ad 1 Kg per ghiaie pure; allo scopo si dispone di un agitatore di vagli di maggiori dimensioni ed un piccolo apparecchio a vibrazione della ditta FISCHER di Schaffusa. Per sabbie lievemente limose è talvolta consigliabile la stacciatura ad umido per asportare i componenti argillosi aderenti ai granuli. Per terre a granulometria media, per sabbie limose, per limi sabbiosi ecc. sono disponibili 2 apparecchi di lavaggio tipo KOPECKY. Al KOPECKY originale è stato aggiunto un quarto cilindro per abbracciare anche la grana di 0,02 mm; nella torbida rimangono le particelle al di sotto di 0,01 mm. Con tale procedimento di *lavaggio* si ottengono le frazioni granulometriche, pulite, 0,01-0,02 mm, 0,02-0,05 mm, 0,05-0,10 mm; nel cilindro più piccolo resta la frazione granulometrica di dimensioni superiori a 0,10 mm che viene poi ulteriormente suddivisa con la stacciatura. Separare alcune frazioni granulometriche è particolarmente importante per disporre le determinazioni mineralogiche e petrografiche opportune.

Per le terre *coerenti* ad alta dispersione si ricorre alla sedimentazione, applicando generalmente il procedimento della pipetta di KOEHN e, talvolta, quello dell'areometro di A. CASAGRANDE. A parte si procede alla stacciatura delle frazioni più grossolane (> 0,1 mm).

Per l'analisi meccanica, ed almeno con i terreni coerenti e a granulometria media, è necessario pro-

(1) Terreni prevalentemente non idrofillosilicatici (sialitici o argillosi) e cioè non a scaglie o lamine, ma in granuli di tutte altre composizioni, forme e tipi di superfici.

cedere ad una preparazione e ad un trattamento preventivo dei provini; operazioni queste che devono essere accurate e sufficientemente spinte. In ogni caso si mantiene immerso in acqua per 24 ore un peso iniziale di 20 oppure 25 (КОРЁСКУ) grammi. Si determina, poi, il mezzo dispersivo più appropriato per una efficace sedimentazione: all'uopo, in una provetta di vetro si procede allo spappolamento di 0,2 grammi della terra in esame in 10 cmc del mezzo disperdente; si presceglie il mezzo che dà luogo alla sospensione più persistente e, cioè, alla migliore suddivisione in « particelle primarie ».

Come mezzi di dispersione il Laboratorio impiega acqua distillata, soluzione allo 0,1% di carbonato di litio e soluzione centinormale (1/100) di ammoniaca.

## 2 - Curve granulometriche

I risultati dell'analisi meccanica si riportano in curve granulometriche per lo più semilogaritmiche (vedi figura), seguendo la terminologia granulometrica delle Norme DIN 4022 e 4023.

## 3 - Grado di disuniformità

Dalla rappresentazione grafica dell'analisi meccanica si ricava anche il grado di *disuniformità*,  $U$ , il rapporto, cioè, dei diametri di grane formanti, rispettivamente, il 60% ed il 10% del peso totale. Le terre con  $U < 5$  sono definite granulometricamente molto uniformi; esse presentano una ripida salita della curva ed un intervallo granulometrico molto ristretto. Con  $U > 15$  si parla di terre molto disuniformi.

## 4 - Significato delle curve granulometriche e del grado di disuniformità

Dal valore di  $U$  si possono trarre importanti deduzioni in campo applicativo. Così, per es., la ripidità di ascesa della curva nell'intervallo granulometrico tra 0,01—0,05 mm indica un loess. Una marna con ciottoli o un limo ciottoloso sono caratterizzati da uno sviluppo prolungato della curva e, perciò, da un elevato grado di disuniformità. Con la curva di FULLER (dei calcestruzzi cementizi) si ha:  $U = 36,7$  circa; si ottiene, così, con una porosità relativamente bassa un massimo addensamento del miscuglio di grana. Anche per l'impermeabilità delle dighe in terra occorre un notevole grado di disuniformità (circa 37), con una struttura senza vuoti o con un volume minimo di pori. Nelle costruzioni stradali, per le sottostrutture sono richiesti materiali granulari con grado di disuniformità intorno a 7; l'effetto delle azioni dinamiche sul sottofondo a base di tali materiali è particolarmente basso con  $U = 8$ . Con grafi di disuniformità inferiori gli effetti dinamici aumentano e provocano maggiori assestamenti. Una terra a grana molto uniforme, a parità delle altre condizioni, si assesta di meno di un materiale disuniforme, nel quale, infatti, i grani più piccoli possono penetrare negli interstizi fra gli elementi più grossi, specialmente se è presente l'acqua. In

cambio, una struttura granulare disuniforme è più geliva, perché, esistendo pori molto più minuti, è reso possibile un maggiore e più intenso rifornimento per via capillare dell'acqua sotterranea.

## 5 - Inconvenienti dell'analisi meccanica

Alle volte, l'analisi per sedimentazione di terreni coerenti incontra difficoltà dovute a coagulazione o a rigonfiamento, che falsano i risultati. Nel giudizio d'insieme su queste terre fortemente dispersibili ci si deve, perciò, basare anche su altre caratteristiche, quali il potere di imbibizione, la plasticità, la tixotropia; all'uopo si deve stabilire se sono presenti o meno componenti fangosi o argillosi.

## 6 - Volume dei pori

Per la determinazione del « volume dei pori » ( $n$ ) o dell'indice di porosità ( $\epsilon$ ) si effettuano determinazioni del peso specifico (o peso specifico reale) ( $s$ ) e del peso di volume (o peso specifico apparente,  $\gamma$ ).

Il peso specifico si determina volumetricamente su un provino essiccato a 105°C ridotto in polvere fine (di grana inferiore a 0,2 mm) nel picnometro col benzolo.

Il peso di volume allo stato naturale ( $\gamma_n$ ) si determina col volumometro SEGER e, se del caso, dopo averne paraffinato il provino. Il peso di volume (o densità di giacitura) di terreni granulari in giacitura « sciolta » ( $\gamma_1$ ) e in giacitura addensata ( $\gamma_n$ ) si determina in cilindri d'acciaio tarati; il secondo mediante percussione, vibrazione e contemporanea aspirazione dell'acqua aggiunta. Da questi valori di analisi si calcola, tra l'altro, il rapporto di addensamento ( $D_r$ ) ovvero il grado di addensamento ( $D_g$ ) chiamato anche densità relativa:

$$D_r = \frac{n_o - n}{n_o - n_d}$$

il rapporto, cioè, tra l'addensamento realizzato in natura e il massimo addensamento ottenibile sperimentalmente. In base all'esperienza pratica, un sottosuolo granulare con un  $D_r > 0,5$  può essere considerato sufficientemente addensato per evitare maggiori assestamenti. Alle terre granulari per costruzioni stradali sono imposte condizioni di costipamento od addensamento alquanto più gravose con le prove PROCTOR di cui appresso.

## 7 - Imbibizione

Un valido indice del comportamento di una terra coerente rispetto all'acqua è dato dal cosiddetto « valore di ENSLIN » o della massima imbibibilità. I valori di ENSLIN generalmente vanno in parallelo con permeabilità, plasticità, tixotropia, rigonfiamento ed anche con la granulometria. Proprio la determinazione del potere di imbibizione (o imbibibilità) detto anche capacità di legare l'acqua con l'apparecchio di ENSLIN può chiarire alcune stranezze granulometriche.

La dispersione del materiale evidentemente ha qui importanza, ma non è decisiva. Più importante e per tutto il decorso della prova ENSLIN e per il valore definitivo della imbibizione è la composizione mineralogica del « complesso » (o frazione) argilloso e la sua capacità di scambio-basi.

Il vantaggio del valore di ENSLIN sta nel fatto che con piccoli quantitativi di materiale ed in breve tempo si ha una visione del tipo di minerali argillosi presenti; il procedimento reagisce e molto chiaramente appunto alle differenze chimico-mineralogiche dei costituenti: si può, infatti, stabilire rapidamente se nella frazione argillosa predomina la caolinite o un minerale, più rigonfiabile, del tipo montmorillonitico. Rispetto all'analisi meccanica, questo procedimento offre dunque la possibilità di riconoscere la composizione petrografico-mineralogica che, con la natura chimica delle particelle argillose, con la specie e con la quantità degli ioni adsorbiti e scambiabili maggiormente influisce sul potere di imbibizione.

Per la prova vengono in generale impiegati 0,3 grammi di materiale argilloso polverizzato fino al di sotto di 0,2 mm ed essiccato a 150°. È opportuno tracciare la curva del decorso nel tempo dell'assunzione (2) di acqua.

Con terre poco coerenti già dopo pochi minuti si nota per lo più una netta discontinuità nella curva. L'ulteriore imbibizione è allora in generale assai bassa e può per lo più essere trascurata.

La quantità d'acqua assunta fino a questo punto di discontinuità, rapportata a 100 grammi di terreno secco (asciutto) dà il valore di ENSLIN (Enslinwert), per es. 56%  $H_2O$ .

Quando del complesso argilloso fanno parte minerali molto rigonfianti, la curva non presenta più un ginocchio marcato, ma assume un andamento asintotico. Poiché nelle prove di lunga durata si possono avere inconvenienti (per es. a causa di variazioni di temperatura), è consigliabile mettere in rilievo il valore di ENSLIN ottenuto dopo due ore di durata della prova, tracciando in corrispondenza del valore stesso una freccia, ad esempio 151 ↑; questa sta a significare che, dopo due ore, l'assunzione di acqua ha raggiunto il 151%, ma non si è ancora conclusa.

Per limi ed argille magre si ottengono per lo più valori di ENSLIN < 100; valori di ENSLIN > 120 indicano che, oltre alla caolinite, possono essere presenti altri minerali argillosi più rigonfianti. Argille bentonitiche danno valori > 200, le montmorilloniti, da sole, danno 500-700, se prevalentemente sodiche, e 300-400, se calciche.

## 8 - Limiti di consistenza

Per caratterizzare le terre coerenti e per prevederne il comportamento dal punto di vista dei cedimenti, occorre determinare il comportamento plastico. La *plasticità* (qui intesa anche come coerenza, deformabilità oppure formabilità) di una terra coerente è funzione del contenuto d'acqua. Si distinguono,

(2) Nel senso di assorbimento e poi di adsorbimento o, con una sola parola, di imbibizione.

a tal proposito, un *limite superiore* ed un *limite inferiore di plasticità*. Al di sopra del *limite superiore* o di *liquidità* vi è il *campo tixotropico* cui fa seguito quello *liquido-viscoso*; al di sotto del *limite inferiore* o *limite di plasticità* (arrotolabilità, formabilità) una terra viene detta *semisolido* (pseudosolido). Per la determinazione del *limite di liquidità* o, meglio, del % di  $H_2O$  al limite di liquidità il laboratorio usa l'*appa-recchio a scosse* o *cucchiaia CASAGRANDE*.

Dopo 25 colpi e con i criteri usuali si determina il limite di liquidità (ad es. *fl* oppure  $w_l = 54\% H_2O$  sul mat. asc.). La pasta di argilla viene arrotolata su una lastra di vetro ruvido in modo da ottenere bastoncini o cilindretti del diametro all'incirca di una mina di matita. Come al solito, si definisce limite di plasticità (di arrotolamento, per es., *a* oppure  $w_a = 21\% H_2O$  sul secco) il contenuto d'acqua in corrispondenza del quale il cilindretto si rompe. La differenza tra *fl* ed *a* dà il *grado di plasticità* o indice di plasticità ( $P = fl - a = 54 - 21 = 33$ ).

Con un indice di plasticità superiore a 25 si parla di argille grasse altamente plastiche; argille magre o limi presentano indici di plasticità compresi tra 10 e 25; indici di plasticità al di sotto di 10 sono caratteristici del loess e delle argille sabbiose. Il grado di plasticità, se si tiene conto del contenuto naturale di acqua ( $w_n$ ), permette un apprezzamento della consistenza naturale dei terreni coerenti. Dai valori del contenuto d'acqua naturale, della plasticità, e del limite di liquidità si ottiene il cosiddetto *grado di consistenza* (*q*) o indice di *consistenza*:

$$K = \frac{fl - w_n}{P}$$

Con la posizione del contenuto naturale d'acqua rispetto ai limiti del comportamento plastico si può qualificare la consistenza naturale come *molle*, *consistente*, *semisolido* (o pseudosolido), ecc.

## 9 - Esempi di applicazioni dei limiti di consistenza

Riferendosi alla Tabella 4.21 delle norme DIN 1054 « *Carico ammissibile del terreno di fondazione* » (del Giugno 1953) si possono, così, fornire dati più basati sulla capacità portante e sui prevedibili cedimenti (vedi figura).

Se, per es., il contenuto naturale d'acqua è al disotto del limite di plasticità (con  $K > 1,0$ ), il comportamento semi-solido del terreno allo stato naturale esclude assestamenti di notevole entità, per cui, per es., si può anche ammettere un sovraccarico di 2 Kg/cm<sup>2</sup>.

## 10 - Rapporti fra le varie caratteristiche geotecniche

Un alto valore di ENSLIN, una buona plasticità ed una alta dispersibilità autorizzano a prevedere un buon effetto impermeabilizzante da parte di una terra nella costruzione, per es., di dighe in terra, ecc.

Nelle terre coerenti gli assestamenti si prolungano per lunghi tempi, specie quando il contenuto d'acqua è prossimo al limite di liquidità. Distribuzione granulometrica ed, in caso di terreni coerenti, il contenuto naturale d'acqua sono determinanti per gli assestamenti del terreno. Nei terreni granulari, anche se non costipati, gli assestamenti sono, invece, relativamente rapidi e diminuiscono per la massima parte già durante il periodo della costruzione.

### 11 - Indici di "pastosità"

Il Servizio dei trasporti per via acqua, delle costruzioni idrauliche e delle fondazioni (Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser und Grundbau) ha introdotto due valori per giudicare il comportamento dei terreni coerenti dal punto di vista costruttivo: « l'indice di pastosità » ( $w_0$ ) e l'indice unitario ( $w_1$ ). Il primo,  $w_0$ , corrisponde all'incirca al contenuto naturale di acqua dello strato superiore (fino a circa 1 cm di profondità) di un terreno depositato sott'acqua. Questo strato superiore, dopo smosso, è una pasta molto fluida praticamente priva di resistenza. I singoli elementi del terreno sono, pertanto, mobili ed il materiale contiene all'incirca il massimo quantitativo d'acqua di imbibizione.

L'indice di pastosità,  $w_0$ , o contenuto d'acqua allo stato pastoso può valere come elemento di confronto, fra la finezza granulometrica e l'imbibizione delle particelle argillose. L'indice  $w_1$  corrisponde al contenuto in acqua sotto un carico di 1 Kg/cm<sup>2</sup> dopo che la pressione dell'acqua interstiziale ha raggiunto l'equilibrio. Mediante  $w_1$  si trova, per un dato sovraccarico medio il contenuto (o indice) d'acqua, che meglio risponda a determinate esigenze tecniche. Dalla differenza  $w_0 - w_1$  si ottiene il cosiddetto indice di deformazione che è in un certo parallelismo con l'indice di plasticità. La determinazione dell'indice di pastosità riesce, ad esempio, anche con le terre granulari, per le quali a causa dell'incoerenza non riesce, invece, la determinazione del limite di plasticità.

Il rapporto  $w_0/w_1$  può essere considerato, secondo ОНДБ, come una specie di valore di qualità impermeabilizzante idoneo, cioè, a giudicare l'efficacia impermeabilizzante di una terra:  $w_0/w_1 > 2,5$  è di una buona argilla di impermeabilizzazione,  $w_0/w_1$  di 1,5-2,5 ammette ancora la utilizzazione di una terra come impermeabile, purché in grande spessore. Se il coefficiente di permeabilità di una terra deve, ad esempio, essere al di sotto dell'ordine di grandezza di 10<sup>-7</sup> cm/sec, può valere come limite:  $w_1 < 0,5 w_0$ . Numerose prove di confronto eseguite dal Laboratorio fra limite di liquidità e limite di plasticità, da una parte, e  $w_0$  e  $w_1$ , dall'altra, non hanno ancora dato risultati univoci (3).

Terre con bassi indici di plasticità ( $P$ ) mostrano in generale anche valori molto bassi dell'indice  $w_0 - w_1$ ; tuttavia non si riconosce un buon parallelismo tra tutti questi valori e quelli relativi ai limiti di consistenza.

(3) L'A. si ripromette di ritornare sull'argomento con una pubblicazione a parte.

### 12 - Permeabilità

La determinazione della permeabilità di una terra è di particolare importanza per il controllo dell'azione impermeabilizzante nelle dighe in terra, nei bacini di ritenuta, nei canali ecc. A questo scopo i provini di terreno, disturbati ed indisturbati vengono disposti nell'apparecchio (4) di prova della permeabilità fra due strati di sabbia e poi vengono gradualmente caricati. In base alla legge di DARCY, si calcola il coefficiente di permeabilità ( $k$ , velocità dell'acqua attraverso il materiale).

Il Laboratorio utilizza apparecchi di permeabilità in Plexiglas che permettono di osservare dall'esterno per riconoscere se v'è sufficiente tenuta al bordo tra il disco di fondo e la parete del recipiente, tenuta dalla quale dipende l'attendibilità dei risultati delle prove. La prova si esegue inizialmente senza sovraccaricare lo strato di terreno (coefficiente di permeabilità senza sovraccarico,  $k_0$ ); successivamente si sovraccarica lo strato di terreno con 1 kg/cm<sup>2</sup>, 3 kg/cm<sup>2</sup> ecc. a seconda dei requisiti cui deve rispondere il materiale nel suo impiego ( $k_{1,0}$ ,  $k_{3,0}$ , ecc.).

Un terreno coerente, perché abbia una buona azione impermeabilizzante, deve presentare coefficienti di permeabilità dell'ordine di grandezza di almeno 10<sup>-7</sup> cm/sec. Con valori più grandi (10<sup>-6</sup> ÷ 10<sup>-5</sup>) lo spessore dello strato impermeabile deve essere aumentato. Mentre limi e argille molto impermeabili presentano valori di  $k$  dell'ordine di grandezza di 10<sup>-8</sup> e fino a 10<sup>-10</sup> cm/sec, questi valori nelle sabbie fini e nelle sabbie fangose oscillano fra 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-4</sup> cm/sec. L'A. avverte che il coefficiente di permeabilità può essere considerato come una costante fisica soltanto se il moto obbedisce effettivamente alla legge di DARCY; per terreni sciolti a grana grossa, come ghiaie, sabbie ghiaiose ecc., a causa dei fenomeni di turbolenza nel flusso, si deve tener conto delle deviazioni dalla legge. Lo stesso  $k$  non è, però, una costante assoluta del terreno, perché dipende dal sovraccarico agente sul terreno entro il quale avviene il flusso, cioè dall'addensamento e anche, sia pure in molto minor misura, dalla temperatura (che influisce sulla viscosità dell'acqua).

Speciale comportamento è quello del loess, sedimentazione eolica, che, a parità di addensamento, presenta permeabilità variabile con la direzione.

### 13 - Gelività

La permeabilità è, inoltre, importante agli effetti del problema del gelo specialmente nelle costruzioni stradali. Il rifornimento capillare d'acqua dalla falda idrica sotterranea dipende dalla permeabilità degli strati di terra interposti tra la falda ed il sottofondo stradale, nonché dal grado di disuniformità granulometrica del materiale messo in opera.

Il rifornimento dalla falda freatica e dall'acqua superficiale esterna, che può penetrare nella zona di gelo sia dall'alto, che lateralmente, è molto favorito, per es., dalle terre tipo loess. In tali materiali ca-

(4) La permeabilità si può determinare anche con gli edometri.

pillarità e permeabilità sono tali che nell'unità di tempo possono penetrare nella zona di gelo forti quantitativi di acqua, perciò fu detto: « le caratteristiche del loess, tanto favorevoli all'agricoltura, sono fonti di inconvenienti nelle costruzioni stradali ».

#### 14 - Altezza dell'ascensione capillare

Per determinare l'altezza di ascensione capillare il Laboratorio impiega l'apparecchio di BESKOW, in cui per altezze superiori a 1,5 o 2,0 m si adopera mercurio al posto dell'acqua: si possono così misurare altezze fino a circa 10 metri. L'A. avverte che le altezze determinate col BESKOW devono considerarsi sempre come un valore minimo e ne spiega la ragione. Come pure chiarisce che con questo metodo (a menisco discendente) si considera la cosiddetta *capillarità passiva*, in contrapposto alla *capillarità attiva* (sempre  $>$  di quella passiva) che si determina in tubi di vetro con menisco d'acqua ascendente.

#### 15 - Compressibilità

L'A. ricorda gli *edometri* che chiama *apparecchi di compressione* con i quali si costruiscono le curve di compressibilità con i relativi moduli di compressibilità ( $E$ ), necessari per il calcolo preventivo dei cedimenti di fondazione.

Il Laboratorio dispone di 7 apparecchi, tipo OHDE, per fette di terreno del diametro di 50 mm (20 cm<sup>2</sup>) ed una apparecchiatura più grossa per fette di terreno del diametro di 80 mm (50 cm<sup>2</sup>) con uguale spessore iniziale dello strato di 20 mm. I risultati delle prove di compressione sono riportati in diagrammi; dalla pendenza delle relative curve si ricava il modulo di compressibilità ( $E$ ) o coefficiente di costipamento ( $\alpha$ ) che corrisponde, in un certo senso, al modulo di elasticità dei corpi solidi; non è costante, bensì funzione del valore del sovraccarico. Dall'andamento della curva degli abbassamenti per compressione si possono trarre anche deduzioni di interesse geologico relativamente al carico che in passato ha agito sugli strati del sottosuolo per risalire, per es., allo spessore del ghiaccio durante l'ultima glaciazione. Il grado di accentuazione del ginocchio caratteristico della curva permette di apprezzare l'entità del carico degli strati sovrapposti in tempi geologici precedenti (*precarico geologico*) in generale.

Questo precarico geologico ha anche un certo significato applicativo, in quanto con un carico di fondazione inferiore al precarico stesso si può contare su di un cedimento corrispondentemente ridotto.

L'A. ricorda qui che i cedimenti disuniformi (nel tempo e nello spazio), dovuti ad un sottosuolo variabile, influiscono sulla statica di un manufatto di più dei cedimenti a decorso uniforme. Per tener conto delle continue azioni mutue tra terreno di fondazione e struttura, sin dal momento degli scavi per la fondazione e per periodi talora assai lunghi dopo il completamento dell'opera, è necessario considera-

re sempre terreno di fondazione e manufatto come un'unità inscindibile. E' tempo, perciò, di attribuire meno valore al sovraccarico ammissibile sul terreno, che non ai cedimenti massimi tollerabili dalle strutture.

#### 16 - Resistenza al taglio ed attrito interno

Per giudicare la stabilità di rilevati, trincee ecc. devono effettuarsi prove di taglio su materiale sia disturbato, che indisturbato. Nell'*apparecchio annullare per l'attrito* di OHDE una fetta di terreno, disposta tra piastre porose con nervature e sotto un determinato carico verticale, viene tranciata elevando gradualmente lo sforzo di trazione: si misura, così, la resistenza al taglio dovuta all'attrito interno e, per terreni coerenti, alla coesione. Dalla rappresentazione grafica di questi valori sperimentali si ricava l'angolo di attrito interno, la cui tangente viene anche chiamata *coefficiente di attrito*.

#### 17 - Porosità

Dal peso di volume ( $\gamma$ ) e dal peso specifico ( $s$ ), tenendo conto del contenuto d'acqua, si può calcolare il volume o *indice dei pori* ( $n$ ) totale, detto anche *grado di compattezza* o di *addensamento* ( $d$ ) cioè il rapporto fra il vuoto ed il volume totale. La *porosità vera* ( $P$ ) o *grado di « non compattezza »* è il volume degli spazi vuoti contenuto nell'unità di volume totale ed espresso in % del volume ( $V$ ). Si usa chiamare anche *porosità apparente* il volume d'acqua di cui il materiale si imbeve alla pressione atmosferica espresso in % del volume. Questa porosità apparente è di grande interesse agli effetti della permeabilità; infatti solo questa porosità, che rappresenta, per così dire, il sistema di pori aperti, è determinante per la permeabilità. Su provini di roccia (previa essiccazione completa) con l'uso di acqua distillata, nel vuoto con aspirazione dell'aria, il Laboratorio determina l'imbibizione a pressione normale, in acqua bollente, oppure, ricorre all'apparecchio per la *prova di porosità* di WAZAU sotto pressioni che possono raggiungere anche le 150 atmosfere.

La *porosità vera* è dovuta a tutti i pori esistenti e quindi anche a quelli non comunicanti con l'esterno; essa è sempre superiore alla porosità apparente; solo nel caso ideale che tutti i pori comunichino con l'esterno, le due porosità sono uguali. Cfr. DIN/DVM 2102 « *Prova di pietre naturali* » e DIN/DVM 2103 « *Metodi (o procedimenti) di prova per pietre naturali* ».

#### 18 - Proctor e sonda a punta (o penetrometri)

L'A. ricorda che di recente il Laboratorio si è munito di un *apparecchio* PROCTOR e di una *sonda a punta* e prevede che il PROCTOR diventerà in futuro uno dei più importanti apparecchi per il giudizio sulle terre nelle costruzioni stradali, sia in laboratorio, che in cantiere. Come è noto, con la *prova*

PROCTOR si determina il peso di volume asciutto ottimo (densità PROCTOR) soprattutto di terre granulari e di quelle lievemente coerenti ed il contenuto d'acqua più favorevole per la stabilità. Oltre al PROCTOR *semplice*, che risponde per la maggior parte delle prove di laboratorio e soprattutto nelle prove di controllo in cantiere, con un peso cadente di 2,5 kg ed un'altezza di caduta di 30 cm (lavoro di compressione di 6 kg cm/cm<sup>3</sup>) per il controllo dell'addensamento in funzione del contenuto di acqua specialmente nella costruzione di aeroporti (piste di rullaggio, piste, ecc), il Laboratorio fa uso del cosiddetto PROCTOR *migliorato*. Con questo apparecchio si raggiunge una più spinta compressione, applicando un peso di 4,5 kg cadente da un'altezza di 45 cm (lavoro di compressione 27 kg cm/cm<sup>3</sup>). Il lavoro prolungato con il PROCTOR migliorato impegna, però, molto di più fisicamente il tecnico di laboratorio. E' stato, perciò, costruito un apparecchio PROCTOR meccanizzato secondo l'idea dell'A. e che può dirsi ben riuscito, anche se ancora occorre qualche miglioramento (una più rapida successione di colpi e l'arresto automatico dopo 25 colpi).

Il grado di addensamento naturale dei terreni granulari a notevole profondità si determina prelevando campioni non disturbati da pozzi accessibili e, soprattutto, da sondaggi. Spesso si ricorre a sonde a maglio dalla cui penetrazione in dipendenza del numero di colpi si traggono induzioni sull'addensamento dei terreni granulari del sottosuolo. La DEGEBO (Deutsche Gesellschaft für Bodenmechanik, Berlin-Charlottenburg) lavora da alcuni anni con una sonda a punta con successo, però, in generale solo nei sottosuoli granulari; appare necessario investigare (con prove parallele su campioni indisturbati provenienti da normali perforazioni) sulla possibilità di applicazione della stessa sonda anche a terreni coerenti.

### 19 - Triassiale ed altre prove

L'A., accennato alle prove relative ai componenti delle acque e dei terreni che esercitano azione aggressiva sui calcestruzzi, annuncia che nel corso dell'anno arriverà al Laboratorio *un triassiale* della TH di Dresda e che sarà costruito un apparecchio a piastre per la compressione molto utile per le costruzioni di strade e di aeroporti (*apparecchio VSS*).

L'Erdbaulaboratorium di Berlino si occupa, inoltre, di ricerche sull'applicabilità tecnica di argille (per fanghi da perforazione, nelle costruzioni e nelle fonderie). Su questo argomento l'A. si ripromette di ritornare con una nota a parte nella stessa Rivista.

### 20 - Conclusioni

L'A. rimanda, per una trattazione adeguata, ai testi didattici e dichiara di aver voluto soprattutto dimostrare ciò che offre l'Erdbaulaboratorium per la realizzazione delle opere di ingegneria, rivolgendosi specialmente ai vari Servizi Geologici ed agli enti per la Pianificazione e Progettazione. Auspica la

creazione di singoli laboratori geotecnici destinati all'esecuzione delle ricerche più semplici. Chiarisce infine che volutamente ha insistito su questi metodi geotecnici e sulle deduzioni che se ne possono trarre, vista la necessità di ampliare ed approfondire l'esame geologico-tecnico sin dalla fase del progetto di massima.

F. Penta

## APPENDICE I

### Terminologia tedesca seguita dal Laboratorio Geotecnico Statale di Berlino (E) (1° con la traduzione in italiano) (1)

#### A

- $a$  (o  $w_a$ ), limite di plasticità (o arrotolabilità).
- Abdichtend*, impermeabilizzante, costipante, addensante.
- Absaugen*, aspirare.
- Abschlamm*, sfangatura (nel senso di sfangato, torbida, fango asportato).
- Analyse*, analisi.
- Aufgabegut*, materiale adoperato in prova, in esame, provino.
- Aufschlammung*, rendere fango, disperdere.
- Aufteilung*, suddivisione, dispersione.
- Ausrollgrenze*, limite di plasticità, di arrotolabilità, di formabilità ( $a$ ,  $w_a$ ).
- Ausrollen*, arrotolare (della pasta argillosa che si riduce a cilindretti strofinandola con la mano su una lastra piana).
- Austauschfähigkeit*, capacità di scambio.

#### B

- Basenbelegung*, rivestimento di basi: *austauschfähige Basenbelegung* corrisponde a basi (adsorbite) scambiabili.
- Baugrund*, (terreno di) fondazione.
- Baulich*, dal punto di vista costruttivo, di ingegneria.
- Belastbarkeit*, capacità portante, caricabilità.
- Belastung*, carico.
- Bereich*, campo, intervallo, settore.
- Bindend*, coerente.
- Bindig*, coerente.
- Bindigkeit*, coerenza, talora anche intesa come plasticità.
- Bleistiftstärke*, del diametro di una mina di matita.
- Bodenphysikalisch und bodenmechanisch*, geotecnico.
- Böschungsneigung*, inclinazione di scarpata, di pendio.
- Breig-flüssig*, liquido-viscoso.
- Breiwasserzahl* ( $w_o$ ) o *Breiwassergehalt*, "indice di pastosità", % di  $H_2O$  dello strato superiore (fino a circa 1 cm di profondità) di una terra coerente depositata sotto acqua.

#### D

- $d$ , grado di compattezza, di addensamento, Dichtigkeitsgrad.
- $Dg$ , grado di addensamento.
- $Dv$ , rapporto di addensamento, vedi anche  $Dg$ , grado di addensamento.

$$Dv = \frac{n_o - n}{n_o - n_d}$$

*Dämme*, rilevati, dighe, ecc.

(1) Allegato alla recensione del lavoro di R. KÖHLER (Berlino, 1958) curata da F. PENTA.

*Dichtigkeitsgrad*, grado di compattezza o di addensamento (*d*).  
*Dicht* (addensato) in contrapposto a *locker* (poco o niente addensato).  
*Dichte*, addensamento, impermeabilità.  
*Dickspülung*, fango da perforazione.  
*Dispersionsmittel*, mezzo di dispersione.  
*Dispersität*, dispersione.  
*Dreiaxialgerät*, triassiale.  
*Druckgerät*, apparecchio per la (prova a) compressione, edometro.  
*Druckporenziffer - Diagramm*, diagramma, curva di compressibilità (in cui le ordinate sono gli  $\epsilon$ ).  
*Drucksetzung*, compressione (cedimento, accorciamento, abbassamento per compressione).  
*Drucksetzungsgerät*, edometro.  
*Drucksetzungskurve*, curva di compressibilità.  
*Dünnflüssig*, molto fluida, poco viscosa.  
*Durchlässigkeit*, permeabilità.  
*Durchlässigkeitsbeiwert*, coefficiente di permeabilità (*k*).  
*Durchlässigkeitsziffer*, coefficiente di permeabilità (*k*).

## E

$\epsilon$ , coefficiente di porosità (o meglio indice dei pori).  
*Einbauwassergehalt*, contenuto d'acqua inclusa, inserita.  
*Einheitswasserzahl* (*w<sub>1</sub>*), "indice unitario", % di acqua di terra coerente sotto la pressione di 1 kg/cm<sup>2</sup> quando la pressione dell'acqua interstiziale si è equilibrata.  
*Enslinwert*, valore di ENSLIN, % di acqua asportata dopo 2 ore nell'apparecchio ENSLIN, per cui vedi testo.  
*Erdbaulaboratorium*, laboratorio geotecnico.  
*Erdstoff*, terra, terreno, materiale sciolto, equivale a *Lockergestein*.  
*E-zahl*, modulo *E* o anche *Steifezahl*, modulo di compressibilità dei terreni sciolti; corrisponde al modulo di elasticità dei corpi solidi.

## F

*Fest*, solido.  
*fl* (o *w<sub>l</sub>*), limite di liquidità.  
*Fließgrenze* (*fl* o *w<sub>l</sub>*), limite di liquidità, contenuto di H<sub>2</sub>O in % sul materiale asciutto; meglio che lim. di fluidità dato che "fluido" comprende anche gli aeriformi nella lingua italiana e significa vapore sovrcritico presso altri Paesi.

## G

*Gelagert*, depositato.  
*Gemengteil*, parte, costituente, componente, "elemento".  
*Geschiebelehm*, limo con ciottoli.  
*Geschiebemergel*, marna con ciottoli.  
*Grundwasser*, acqua sotterranea, falda freatica, ecc.  
*Gütezah* ( $\frac{w_0}{w_1}$ ), valore di qualità.

## H

*Halbfest*, semisolido, pseudosolido.

## K

*k*, coefficiente di permeabilità, *Durchlässigkeitsbeiwert* o *Durchlässigkeitsziffer*.  
*k<sub>1</sub>*, coefficiente di permeabilità sotto un carico di *i* kg/cm<sup>2</sup>.

*K* (o *q*), indice (o grado) di consistenza =  $\frac{fl - w_n}{P}$ .

*Kennwerte*, dati.

*Klopfapparat*, apparecchio a scosse, cucchiaia (di CASAGRANDE).

*Klopfen*, percussione, percuotere.

*Kneten*, impastare, manipolare, rimaneggiare.

*Koagulation*, coagulazione.

*Konsistenzahl* (*K*), indice di consistenza o *Steife-*

$$\text{grad } (q, \text{ grado di consistenza}) = \frac{fl - w_n}{P}$$

*Kornzusammensetzung*, granulometria, composizione granulometrica.

*Kreisring-Reibungsgerät*, apparecchio per la prova del taglio anulare (a torsione).

*Kurvenblatt*, foglio con curve.

## L

*Lagerung*, stato (di deposizione).

*Lagerungsdichte*, densità, addensamento di deposizione, di sedimentazione.

*Lehm*, limo.

*Lehmig*, limoso.

*Locker*, vedi *dicht*.

*Loess, Löss*, sedimento sciolto eolico anisotropo, fango con sabbia fine e lievemente argilloso.

## N

*n*, volume dei pori.

## P

*P* (= *fl - a*), indice di plasticità.

*Permeabilität*, permeabilità.

*Plastizität*, plasticità.

*Plastizitätszahl* o *Plastizitätsgrad*, indice o grado di plasticità (*P = fl - a*).

*Plattendruckgerät*, apparecchio a piastre per compressione.

*Porenprüfer*, apparecchio per la porosità.

*Porenvolumen* (*n*), volume dei pori.

*Porenwasser*, acqua interstiziale (acqua dei pori).

*Porenziffer* ( $\epsilon$ ), coefficiente di porosità o indice dei pori.

*Porosität*, porosità.

*Primärteilchen*, particelle primarie (detto degli "elementi" o granuli in s.l., compresi quelli siallitici di una terra, terreno, roccia sciolta).

*Proctordichte*, peso di volume (del materiale asciutto) ottimo della prova Proctor.

## Q

*q* (o *K*), grado di consistenza (o indice di consistenza =  $\frac{fl - w_n}{P}$ ).

$$\text{za} = \frac{fl - w_n}{P}$$

*Quellung*, rigonfiamento.

## R

*Rammsonde*, sonda a maglio.

*Raumgewicht*, peso di volume, peso specifico apparente ( $\gamma$ ).

*Reibungsbeiwert*, coefficiente di attrito.

*Relative Dichte*, densità relativa.

*Rollig*, (detto dei grani di una terra o terreno sciolto), granulare (a granuli e non a scaglie, lamine o, comunque, non costituito da fillosilicati, sialliti o minerali argillosi).

*Rütteln*, vibrare, scuotere.

## S

*s*, peso specifico.

*Scherfestigkeit*, resistenza al taglio.

*Scherversuch*, prova del taglio, prova a taglio.

*Schlammung*, sfangatura, elutriazione.

*Schluff* (*Su*) terreno sciolto con grana fra 2  $\mu$  e 60  $\mu$  (fra argilla e sabbia a grana fine), fango, limo.

*Schubfestigkeit*, resistenza al taglio.

*Schurf*, pozzo accessibile.

*Setzung*, cedimento, assestamento.

*Siebung*, stacciatura.

*Sohldruck*, carico di fondazione.

*Spezifisches Gewicht*, peso specifico (reale) (*s*).

*Spitzendrucksonde*, sonda a punta (o penetrometro).



*Standicherheit*, stabilità.

*Steif*, consistente (e non solido o rigido), perché le consistenze sono così distribuite in ordine crescente: *weich* (molle), *steif* (consist.), *halbfest* (semisolido).

*Steifegrad* ( $q$ ), grado di consistenza = indice di consistenza:

$$K = \frac{fl - w_n}{P}$$

*Steifezahl* (*E-zahl*), modulo di compressibilità, modulo *E*.

*Steighöhe*, altezza di ascensione.

**T**

*Thixotropie*, tixotropia, tixotropia.

*Tonbrei*, pasta di argilla.

*Tonkomplex*, complesso argilloso, costituenti argillosi, siallitici, fillosilicatici.

*Trockenraumgewicht*, peso di volume del materiale asciutto.

**U**

$$U, \text{ grado di disuniformità } \frac{\varnothing \% 60}{\varnothing \% 10}$$

*Umrühren*, disturbare, smuovere, rimaneggiare, rimestare, rimescolare.

*Undichtigkeitsgrad*, grado di "non compattezza".

*Unverwittert*, inalterato.

*Ungleichförmig*, disuniforme.

*Ursprungsgestein*, roccia originaria.

**V**

*Verdichtungsarbeit*, lavoro di compressione, di costipazione, d'addensamento.

*Verdichtungsgrad*, grado di addensamento.

*Verdichtungsverhältnis*, rapporto di addensamento.

*Verdichtungsziffer* ( $\alpha$ ), o *Steifezahl* (*E*), modulo di compressibilità.

*Verformbarkeit*, formabilità o anche plasticità.

*Verformungsindex*, indice di deformazione ( $w_0 - w_1$ ).

*Verlehmt*, limoso, con limo.

*Vorbelastung*, precompressione (precarico, carico che ha agito in precedenza, in passato).

**W**

$w_1$ , *Einheitswasserzahl* (per i terreni sciolti coerenti).

$w_a$  (o  $\alpha$ ), limite di plasticità (o di arrotolabilità).

$w_f$  (o  $fl$ ), limite di liquidità.

$w_n$ , contenuto naturale di acqua.

$w_0$ , *Breiwasserzahl* (per i terreni sciolti coerenti) o *Breiwassergehalt*.

$w_0 - w_1$ , indice di deformazione (*Verformungsindex*).

$w_0/w_1$ , valore di qualità impermeabilizzante.

*Wasserbindfähigkeit*, capacità o potere di legare l'acqua, equivale a potere di imbibizione (*Wasseraufnahmefähigkeit*).

*Wasseraufnahmefähigkeit*, potere di imbibizione, riguarda non solo l'assorbimento, ma anche l'adsorbimento; non si può, perciò, tradurre con potere d'assorbimento. Usando, invece, il termine *potere d'imbibizione*, non si pregiudica il significato perché l'*imbibizione*, per definizione, non è limitata al solo assorbimento.

*Wasserdurchlässigkeit*, permeabilità (all'acqua).

*Wasserzahl*, contenuto, indice d'acqua.

*Weich*, molle.

*Weichen*, "mettere a mollo", lasciar spappolare, un terreno sciolto mantenendolo immerso in acqua.

*Wiedergeben*, riportare.

*Wirksame Belastung*, carico effettivo.

**Z**

*Z. Tr.*, rispetto, riferito al materiale secco, asciutto.

*Zulässige Belastung*, carico ammissibile.

$\alpha$ , *Verdichtungsziffer* o *Steifezahl* (*E*), modulo di compressibilità.

$\gamma$ , peso di volume.

$\epsilon$ , coefficiente di porosità.

$k$ , coefficiente di permeabilità.

$K$ , grado di consistenza.

APPENDICE II

**Terminologia seguita dal Laboratorio Geotecnico Statale di Berlino (E)** (2°, dizioni italiane e corrispondenti tedesche)

**A**

*Acqua dei pori*, *acqua interstiziale*, Porenwasser.

*Acqua inclusa* (*inserita*), Einbauwasser.

*Acqua interstiziale*, *acqua dei pori*, Porenwasser.

*Acqua sotterranea*, Grundwasser.

*Addensamento*, Dichte.

*Addensamento*, vedi *Dv* e *Dg* (*rapporto e grado di addensamento*).

*Addensamento di deposizione*, Lagerungsdichte.

*Addensato molto*: dicht.

*Addensato poco*: locker.

*Addensante*, abdichtend.

*Altezza di ascensione*, Steighöhe.

*Analisi meccanica*, mechanische Analyse.

*Apparecchio a scosse*, Klopfapparat.

*Apparecchio per porosità*, Porenprüfer.

*Apparecchio per la prova a compressione; edometro*, Druckgerät.

*Argilloso* (*costituente argilloso*), Tonkomplex.

*Arrotolare*, ausrollen.

*Ascensione* (*v. altezza di*).

*Aspirazione*, Absaugen.

*Assestamento*, Setzung.

*Attrito* (*coefficiente di attrito*), Reibungsbeiwert.

**C**

*Capacità portante*, Belastbarkeit.

*Caricabilità* (*capacità portante*), Belastbarkeit.

*Carico ammissibile*, zulässige Belastung.

*Carico che ha agito in passato*, *v. precarico*.

*Carico di fondazione*, Sohldruck.

*Cedimento*, Setzung.

*Coagulazione*, Koagulation.

*Coefficiente di porosità*, o *meglio indice dei pori*, Porenziffer ( $\epsilon$ ).

*Coerente*, bindig, bindend.

*Coerenza*, *v. plasticità*.

*Compattezza* (*grado di compattezza*), o *addensamento* (*grado di*), *Dichtigkeitsgrad - non compattezza* (*grado di*), *Undichtigkeitsgrad*.

*Complesso argilloso*, Tonkomplex.

*Componente*, Gemengteil.

*Composizione granulometrica*, Kornzusammensetzung.

*Compressione*, Druck.

*Consistente* (*non più molle, ma neanche ancora semisolido o pseudosolido*), steif.

*Contenuto d'acqua*, Wasserzahl.

*Costipamento* (*lavoro di*), *Verdichtungsarbeit*.

*Costipante*, abdichtend.

*Costituente*, Gemengteile.

*Costruttivo*, baulich.

*Cucchiaia* (*di CASAGRANDE*), Klopfapparat.

*Curva di compressibilità*, *Drucksetzungskurve* o *Druckporenziffer-Diagramm*.

**D**

*Dati*, Kennwerte.

*Densità relativa* (= *Dg*), relative Dichte.

*Densità di deposizione*, Lagerungsdichte.

*Deformabilità*, vedi *plasticità*.

*Depositato*, gelagert.

*Deposizione* (*sedimentazione*), Lagerung.

*Disperdere* (*nel senso di spappolare una terra a grana fine più o meno argillosa*), aufschlämmen.



*Dispersione*, Aufteilung, Dispersität; *mezzo di dispersione*, Dispersionsmittel.  
*Disturbare*, v. rimaneggiare.  
*Disuniforme*, ungleichförmig.  
*Disuniformità*, Ungleichförmigkeit.

## E

*Edometro*, Druckgerät, Drucksetzungsgerät.  
*Elemento* (nel senso di costituente), Gemengteile.  
*Elutrazione*, Schlammung.

## F

*Falda freatica*, Grundwasser.  
*Foglio con curve*, Kurvenblatt.  
*Fondazione*, Baugrund.  
*Formabilità*, v. plasticità.

## G

*Geotecnico*, bodenphysikalisch o bodenmechanisch.  
*Grado di addensamento*, Verdichtungsgrad.  
*Grado di consistenza (q)* o *indice di consistenza (K)*, Steifegrad o Konsistenzahl.

$$q = K = \frac{f - w_n}{P}$$

*Grado di disuniformità*, Ungleichförmigkeitsgrad.  
*Granulare* (non a base di fillosilicati, sialliti o minerali argillosi), rollig.  
*Granulometria*, Kornzusammensetzung.

## I

*Imbibilità*, Wasseraufnahmefähigkeit.  
*Imbibizione* (potere di) Wasseraufnahmefähigkeit.  
*Impastare*, kneten.  
*Impermeabilità*, Dichte.  
*Impermeabilizzante*, abdichtend.  
*Inalterato*, unverwittert.  
*Inclinazione di scarpata*, di pendio, Böschungsneigung.  
*Indice d'acqua*, Wasserzahl.  
*Indice di pori*, Porenziffer ( $\epsilon$ ).  
*Indice di deformazione* ( $w_0 - w_1$ ), Verformungsindex, differenza fra indice di "pastosità" e indice unitario; è in una certa analogia con l'indice di plasticità.  
*Indice di pastosità*, Breiwasserzahl o Breiwassergehalt ( $w_a$ ), % di  $H_2O$  dello strato superiore (fino a circa 1 cm di profondità) di un terreno sciolto coerente depositato sott'acqua.  
*Indice di plasticità* ( $P = f - a$ ), Plastizitätzahl o anche grado di plasticità.  
*Indice unitario* ( $w_1$ ), Einheitswasserzahl % di  $H_2O$  sotto 1 kg/cm<sup>2</sup> di pressione dopo che l' $H_2O$  interstiziale ha raggiunto l'equilibrio (per terre coerenti).

## L

*Lavoro di compressione*, Verdichtungsarbeit.  
*Levigazione*, vedi sfangatura e sedimentazione.  
*Limo ciottoloso*, con ciottoli, con ghiaia, Geschiebelehm.  
*Limite di arrotolabilità* ( $a, w_a$ ) o anche più semplicemente *limite di plasticità*, Ausrollgrenze.  
*Limite di plasticità* ( $a, w_a$ ), Ausrollgrenze.  
*Limo*, Lehm; con limo, verlehmt.  
*Limoso*, lehmig, verlehmt.  
*Liquidità* (limite di), Fließgrenze ( $f$  o  $w_f$ ).  
*Liquido-viscoso*, breiig-flüssig.

## M

*Manipolare*, kneten.  
*"Marna"* con ciottoli (ghiaia, ghiaiosa), Geschiebemergel.  
*Mezzo di dispersione*, Dispersionsmittel.  
*Modulo di compressibilità*, Steifzahl ( $E$ ) o Verdichtungsindex ( $\alpha$ ).  
*Molle*, weich.

## P

*Pasta di argilla*, Tonbrei.  
*Paraffinare*, paraffinieren.  
*Parte*, elemento, costituente, componente, Gemengteil.  
*Particelle primarie* (nel senso di particelle o granuli, in s.l., di un terreno sciolto a grana fine), Primärteilchen).  
*Penetrometro*, Spitzendrucksonde.  
*Permeabilità*, Durchlässigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Permeabilität.  
*Permeabilità (coefficiente di)*, Durchlässigkeitsbeiwert e Durchlässigkeitsziffer ( $k$ ).  
*Peso specifico apparente* o *peso di volume*,  $\gamma$ , Raumgewicht.  
*Peso specifico reale*,  $s$ , spezifisches Gewicht.  
*Percuotere*, klopfen.  
*Plasticità* o anche *arrotolabilità* (Ausrollbarkeit).  
*Plasticità* o anche *coerenza*, *deformabilità*, *formabilità*, *Plastizität*, *Bindigkeit*, *Verformbarkeit*.  
*Porosità*, v. *coefficiente di porosità*, *Porosità*; *vera*, wahre ed *apparente*, scheinbare.  
*Potere di imbibizione*, Wasseraufnahmefähigkeit.  
*Pozzo accessibile*, Schurf.  
*Precarico*, Vorbelastung.  
*Pseudosolido*, halbfest.

## R

*Rapporto di addensamento*, Verdichtungsverhältnis.  
*Rigonfiamento*, Quellung.  
*Rilevati*, Dämme.  
*Rimaneggiare*, *smuovere*, kneten, umrühren.  
*Rimescolare*, v. rimaneggiare.  
*Rimestare*, v. rimaneggiare.  
*Riportare*, wiedergeben.  
*Roccia originaria*, Ursprungsgestein.

## S

*Scambio (capacità di)*, Austauschfähigkeit.  
*Sciolto (di terreno o terra)*, locker.  
*Scosse*, v. *apparecchio a scosse*.  
*Scuotimento*, Rütteln.  
*Sedimentazione*, Sedimentation.  
*Semisolido*, halbfest.  
*Sfangatura*, Schlammung; nel senso di *sfangato*, Abschlämm.  
*Smuovere*, umrühren.  
*Solido*, fest.  
*Sonda a maglio*, Rammsonde.  
*Sonda a punta*, Spitzendrucksonde.  
*Spappolare* (nel senso di tenere a mollo fino a disgregazione), weichen.  
*Stabilità*, Standsicherheit.  
*Staccatura*, Siebung.  
*Stato di deposizione* o di *sedimentazione*, *precipitazione*, Lagerung.  
*Suddivisione*, Aufteilung.

## T

*Taglio (resistenza al taglio)*, Scherfestigkeit, Schubfestigkeit.  
*Taglio (prova del taglio)*, Scherversuch.  
*Terra (sciolta)*, Erdstoff.  
*Terreno di fondazione*, Baugrund.  
*Terreno sciolto (non lapideo)*, Erdstoff.  
*Tixotropia*, Thixotropie.  
*Tixotropico campo*, thixotroper Bereich.  
*Triassiale*, Dreiaxialgerät.

## V

*Valore di qualità*  $\frac{w_0}{w_1}$ , Gütezahl.

*Vibrare*, Rütteln.  
*Volume dei pori (n)*, Porenvolumen.