



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 470

DATA : 18/02/2013

A P P U N T I

STUDENTE : Di Maria

MATERIA : Geologia e Geomorfologia
Prof. Vigna

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Bartolomeo Vigna, Ettore Di Maria

2010

Appunti

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

ETTORE
DI MARIA
ING - CIVILE

L'INTERNO DELLA TERRA

LE MISURE DELLA TERRA

RAGGIO MEDIO: 6.371 km
VOLUME: 1,083 x 10¹² km³
MASSA: 5,976 x 10²⁴ kg
DENSITÀ MEDIA: 5,52 g/cm

Se immaginassimo di eseguire una sezione della terra attraverso il suo centro potremmo vedere un insieme di involucri concentrici caratterizzati da temperatura, pressione, composizione e stati fisici diversi.

COME SONO STATI INDIVIDUATI GLI STRATI

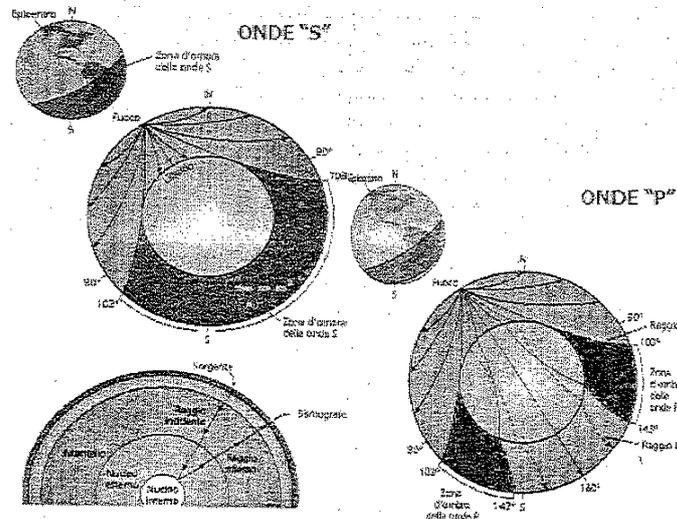
Le onde sismiche si propagano nel sottosuolo subendo rallentamenti o accelerazioni a seconda della densità del mezzo che attraversano, inoltre il passaggio da un materiale più denso a uno meno denso o viceversa provoca fenomeni di rifrazione.

Studiando la propagazione delle onde sismiche è stato possibile individuare la natura degli strati e le linee di discontinuità tra gli strati successivi.

Onde P → si propagano anche nei fluidi

Onde S → si arrestano incontrando un materiale non solido.

Questo ha permesso di comprendere che il nucleo è costituito da materiale fluido.



LA LITOSFERA

L'involucro più esterno della Terra è la litosfera che poggia sulla astenosfera, meno resistente e parzialmente fusa, allo stato fluido viscoso.

La litosfera termina verso l'alto con uno strato di crosta, formata da rocce rigide ed ha uno spessore medio di 35 Km sotto i continenti e 6 Km sotto gli oceani. (la crosta continentale affonda più in profondità nel mantello a causa del suo maggiore peso dovuto alla presenza dei rilievi).

Egli accompagnò la sua teoria con una serie di prove ed osservazioni; ipotizzò che un tempo fosse esistito un supercontinente, che chiamò Pangea, e questo circa 200 milioni di anni fa avesse iniziato a frammentarsi in pezzi più piccoli che sono andati alla "deriva" verso le posizioni attuali. Wegener, oltre alla combaciabilità delle coste dei vari continenti portò altre prove, come quelle paleontologiche che indicavano la presenza di fossili di specie identiche sia in America che in Africa, e quelle litologiche; cioè su entrambe le coste dei due continenti si ritrovano le stesse tipologie di rocce. Portò anche delle prove paleoclimatiche, lo studio degli antichi climi, che indicano che sia in America del Sud che in Africa, verso la fine dell'era Paleozoica (300 - 230 milioni di anni fa), vaste zone erano coperte da una coltre di ghiaccio.

- ARGOMENTI PALEONTOLOGICI

Esistono ed erano conosciute delle identità o similarità floristiche e faunistiche tra continenti differenti.

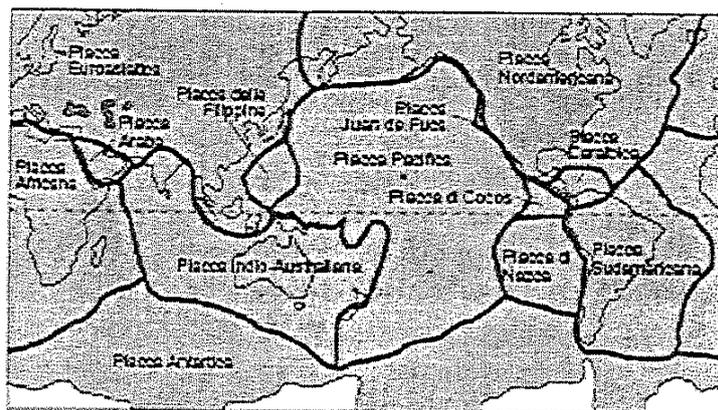
All'inizio del '900 tali identità erano spiegate con l'esistenza di "ponti continentali", lingue di terra o istmi tipici del Mesozoico, che sarebbero in seguito sprofondati negli oceani.

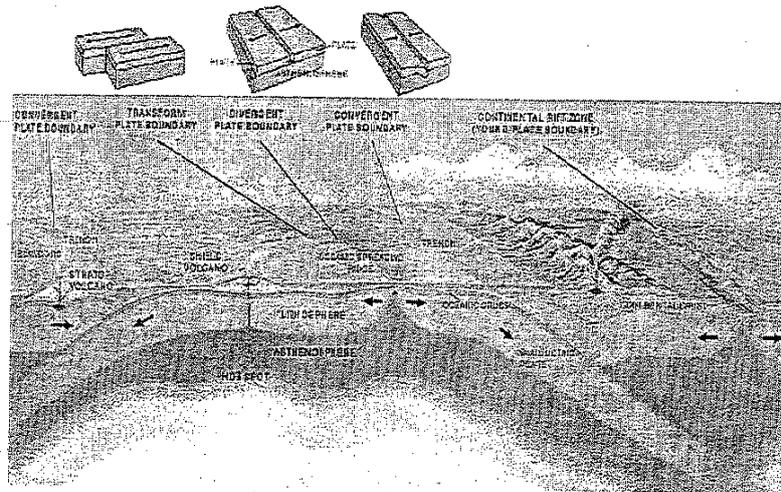
Wegener sostenne, su evidenze geofisiche e sulla base dell'isostasia, l'impossibilità che questi presunti ponti siano sprofondati e spinti negli oceani. L'unica spiegazione ragionevole, secondo Wegener, era l'esistenza di un unico super-continente.

- ARGOMENTI PALEOCLIMATICI

Le più importanti evidenze paleoclimatiche ci vengono dalle rocce sedimentarie. Per esempio: le tilliti indicano climi glaciali, i depositi di carbone sono indicatori di condizioni umide o tropicali, evaporiti ed arenarie continentali indicano climi aridi mentre condizioni tropicali sono caratteristiche delle rocce carbonatiche.

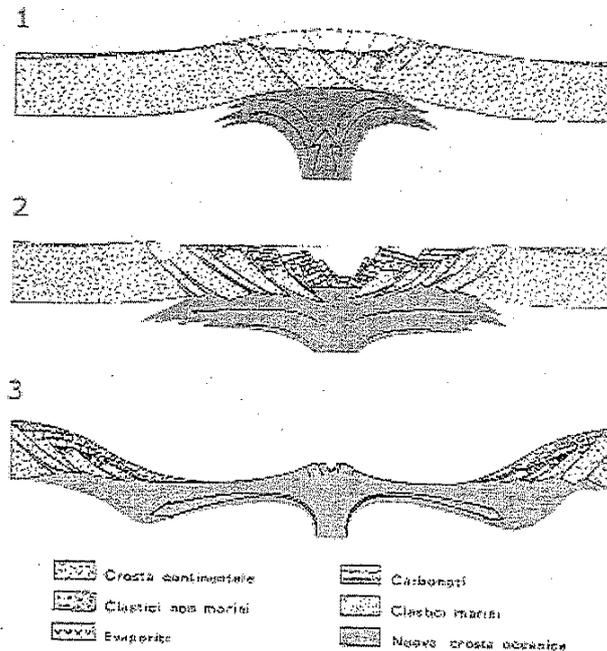
In Europa, stando alla presenza delle varie rocce sedimentarie, dal Carbonifero ad oggi il clima è passato da tropicale a temperato. Importanza fondamentale nelle argomentazioni portate da Wegener viene dato ai depositi glaciali (tilliti) permo-carboniferi del Sud America, Sud Africa, India ed Australia. Considerando la distribuzione attuale dei continenti fissa nel tempo il polo Sud doveva essere, nel permo-carbonifero (durante la glaciazione), a 50°S 45°E, nonostante ciò la glaciazione doveva aver raggiunto, nell'emisfero Sud, i 10° di latitudine mentre nell'altro emisfero erano presenti condizioni climatiche tropicali. Ciò era assurdo! La spiegazione più logica, per Wegener, era spostare i continenti più a sud dell'attuale posizione formando un unico continente detto "Terra di Gondwana".





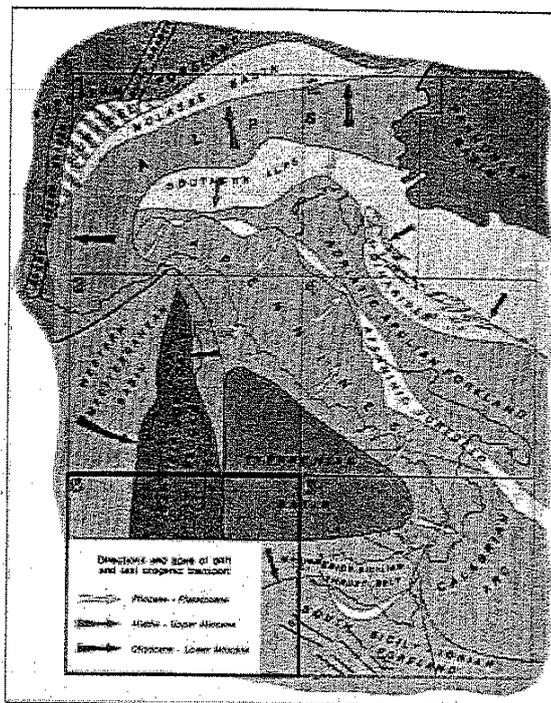
DINAMICA DELLE ZOLLE

Margini divergenti (o passivi): si tratta di due placche che si stanno allontanando l'una dall'altra e lasciano uno spazio vuoto nel quale avviene la risalita di magma dal mantello. Questo succede lungo le dorsali oceaniche (rift) dove viene creata continuamente nuova crosta oceanica (la "pavimentazione dell'oceano Atlantico è avvenuta negli ultimi 200 milioni di anni; vedi magnetismo terrestre). Le velocità sono mediamente comprese tra 2 e 10 centimetri all'anno.



Margini convergenti (o attivi): si hanno due placche che si scontrano. Quando questo accade una delle due placche inizierà a scivolare al di sotto dell'altra penetrando nell'astenosfera dove inizia a fondersi per poi scomparire all'interno del mantello creando le fosse di subduzione.

Nella zona del Piemonte originariamente era presente un oceano. Questo si è ristretto per via della spinta dell'avvicinamento della crosta continentale africana a quella europea e c'è stata la formazione del rilievo alpino (orogenesi alpino-himalayana). Gli Appennini invece si sono formati dalla rotazione del blocco sardo-corso.



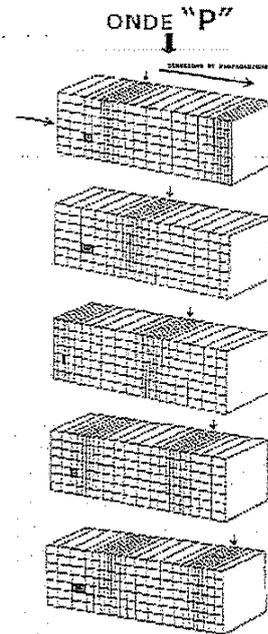
I TERREMOTI

Il terremoto è prodotto dalla brusca liberazione dell'energia accumulata da una roccia sottoposta a sforzo.

TIPI DI ONDE

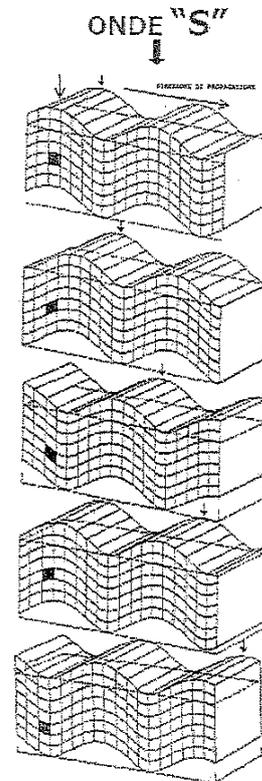
a) Onde di volume

ONDE P: dette anche Longitudinali (o Prime), si propagano mediante oscillazioni delle particelle costituenti il mezzo attraversato in direzione della propagazione dell'onda. Il mezzo sarà soggetto a sforzi di compressione e dilatazione. Raggiungendo una velocità compresa tra 4 e 8 Km. Per la loro natura possono propagarsi sia attraverso materiali rigidi, sia attraverso l'acqua e l'aria.



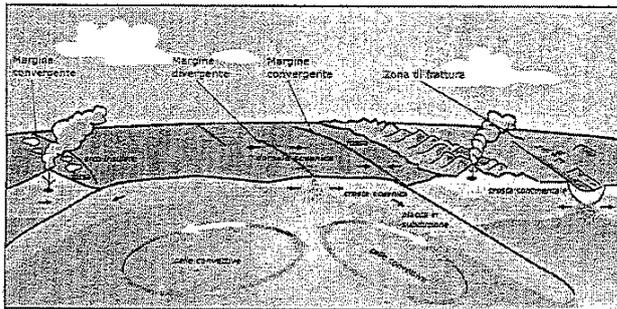
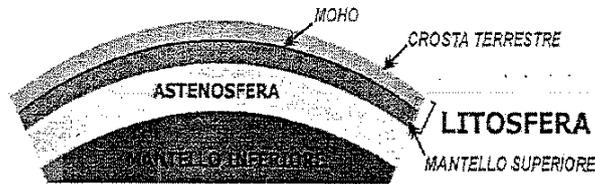
ONDE S: dette anche Trasversali (o Seconde) si propagano mediante oscillazione delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio. Nelle registrazioni sismiche le onde S seguono sempre alle onde P perché la loro velocità è estremamente minore (da 2,3 a 4,5 Km. al secondo). Non si possono propagare all'interno di mezzi fluidi. E' per questo che il loro passaggio è ostacolato dalle grandi masse di acqua degli oceani e all'interno della terra attraverso la porzione di nucleo liquido.

Le onde S sono polarizzate: a seconda se il moto delle particelle avviene in un piano orizzontale o verticale, esse sono indicate con: SH o SV.

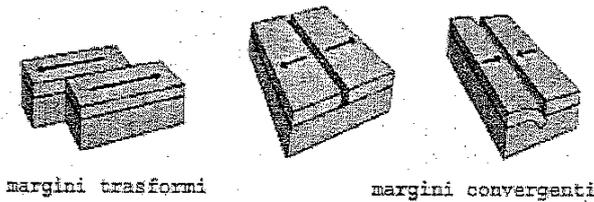


$$v_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4\mu}{3}}{\rho}} \quad v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

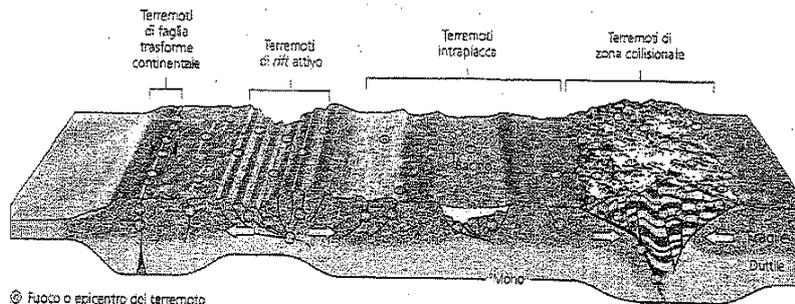
k = modulo di incompressibilità; μ = modulo di rigidità; ρ = densità



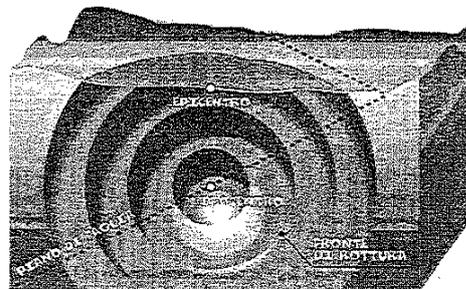
margini divergenti



In corrispondenza dei margini trasformi le placche scivolano orizzontalmente l'una rispetto all'altra;
In corrispondenza dei margini divergenti le placche si separano e si forma nuova litosfera;
In corrispondenza dei margini convergenti le placche entrano in collisione e una delle due viene trascinata nel mantello e riciclata.

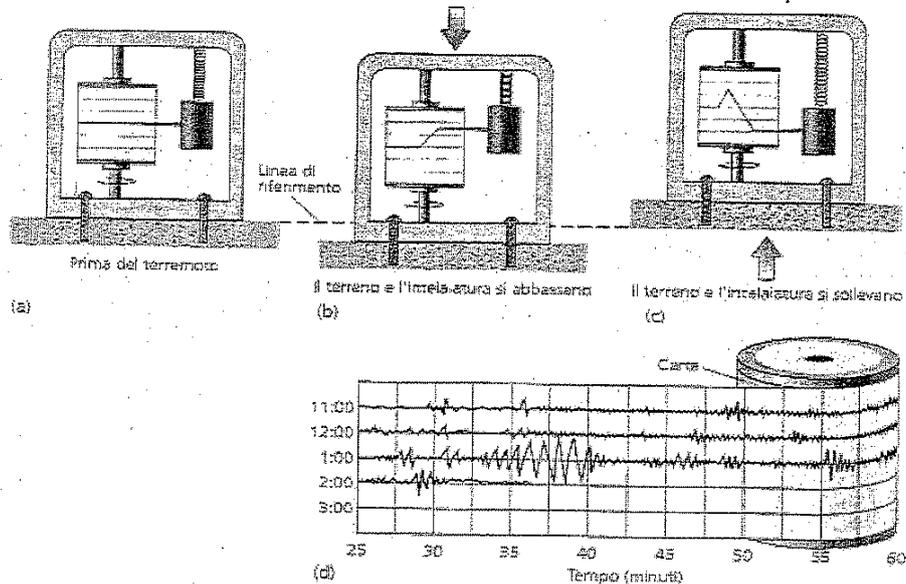


Il terremoto ha origine in un punto, detto ipocentro, all'interno della crosta terrestre. L'ipocentro è il punto all'interno della Terra dove ha inizio la fratturazione e lo scorrimento dei blocchi rocciosi. La rottura provoca il rilascio dell'energia accumulata. Dall'ipocentro si propagano in tutte le direzioni onde elastiche chiamate onde sismiche. Il punto sulla

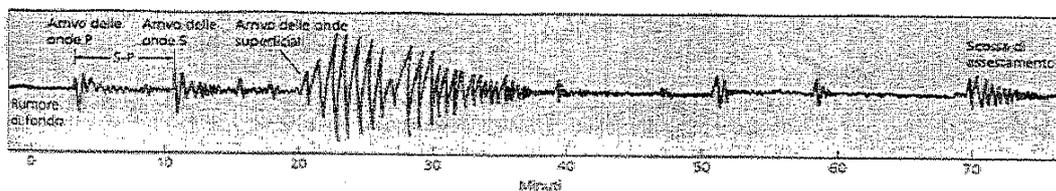


SISMOGRAFO

La registrazione dei movimenti della superficie terrestre quando colpita da un evento sismico viene effettuata per mezzo dei sismografi. Questi sono strumenti particolari, dotati di una punta scrivente, che traccia su un rullo di carta scorrevole il tracciato delle onde sismiche. La punta è tenuta sospesa da una molla che fa mantenere al pennino la stessa posizione, mentre durante il terremoto il rotolo di carta seguirà i movimenti del terreno. Il funzionamento di un sismografo si basa sul principio di inerzia di una massa sospesa, che resta ferma, mentre il supporto si muove solidalmente con il terreno al quale è ancorato.

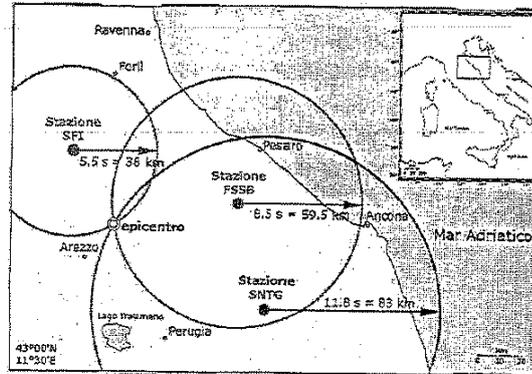


Il tracciato che se ne ottiene – detto sismogramma – appare come una linea spezzata in cui ogni picco rappresenta una scossa. Spesso i sismogrammi registrano tre fasi: una serie di piccole scosse premonitrici, una serie di scosse principali ed, infine, uno sciame di scosse di assestamento.



Dall'analisi del sismogramma è possibile individuare il momento dell'arrivo dei diversi tipi di onde.

La distanza ottenuta equivale al raggio di un cerchio avente centro nella stazione. Dalla sovrapposizione dei cerchi ricavati da almeno tre stazioni si trova l'epicentro.



MAGNITUDO

Misura la potenza delle onde sismiche cioè la forza vera e propria del sisma, indipendentemente dagli effetti sul territorio (Scala Richter, 1935).

Nella definizione data da Richter, la magnitudo M_L è il logaritmo in base 10 dell'ampiezza massima, misurata in micron, della registrazione ottenuta con un sismografo standard di un terremoto avvenuto ad una distanza epicentrale di 100 km dalla stazione. Il sismografo standard è un Wood-Anderson con periodo di oscillazione propria uguale a 0,8 s, fattore di smorzamento di 0,8 ed amplificazione del moto del suolo di 2800 volte.

Si può ricavare la magnitudo utilizzando le seguenti formule:

Terremoti superficiali

$$M = \log A + a \cdot f(\Delta, h) + b \quad \text{Gutenberg \& Richter, 1936}$$

A = ampiezza max delle onde Rayleigh con periodo di 20±2 s
 a e b = costanti; h = profondità dell'ipocentro; Δ = distanza dall'epicentro

Terremoti profondi

$$m_b = \log \frac{A^P}{T} + a \cdot f(\Delta, h) + b \quad \text{Gutenberg, 1945}$$

A^P = ampiezza max delle onde P; T = periodo dell'onda P
 a e b = costanti; h = profondità dell'ipocentro; Δ = distanza dall'epicentro

$$m_b = 0,56M + 2,9 \quad \text{Báth, 1966}$$

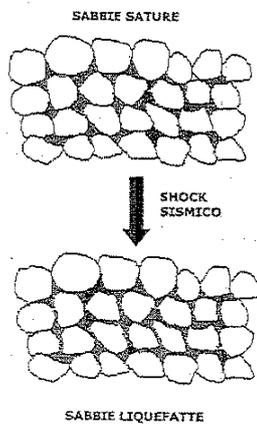
LA SCALA MERCALLI - CANCANI - SEABORG

- I. Non avvertito
- II. Avvertito negli interni solo da poche persone per lo più nei piani alti delle case e da persone in posizione favorevole.
- III. Avvertito negli interni ove gli oggetti pendenti oscillano. Vibrazioni come se passassero camion leggeri. È possibile stimarne la durata. Può non essere riconosciuto come un terremoto.
- IV. Gli oggetti pendenti oscillano. Vibrazioni come se passassero camion pesanti, oppure sensazione di un colpo secco come quello di una palla pesante contro un muro. Le automobili ferme oscillano. Finestre, piatti, bicchieri e porte vibrano. Al limite superiore del IV grado le pareti di legno e gli infissi si incrinano.
- V. Avvertito anche esternamente. Coloro che dormono si svegliano. I liquidi oscillano e a volte traboccano. Piccoli oggetti instabili si muovono e si ribaltano. Le porte si aprono e si chiudono. Imposte e quadri si muovono. Gli orologi a pendolo si fermano o cominciano a funzionare e cambiano periodo di oscillazione.
- VI. Avvertito da tutti. Molti impauriti corrono fuori dagli edifici. Finestre, piatti, bicchieri si rompono. Cadono i libri dagli scaffali ed i quadri dalle pareti. I mobili si muovono o si rovesciano. Le costruzioni fragili si incrinano. Piccole campane suonano. Gli alberi ed i cespugli ondeggiano.
- VII. Difficile reggersi in equilibrio. Avvertito da quelli che sono alla guida di una automobile. I mobili si rompono. Danni moderati alle costruzioni in fango. Camini fragili si rompono alla base. Cadono intonaci, mattoni sciolti, pietre, cornicioni. Qualche incrinatura nelle costruzioni in pietra. Si formano onde nelle pozzanghere, l'acqua diventa torbida con fango. Piccole frane e avvallamenti nei banche di sabbia e ghiaia. Campane grandi suonano. Canali di irrigazione in cemento sono danneggiati.
- VIII. La guida delle automobili è difficile. Danni alle costruzioni in pietra; collasso parziale. Qualche danno di stucchi e di qualche muro di mattoni. Oscillazioni o crollo di camini, ciminiere, monumenti, torri, serbatoi sospesi. Gli edifici oscillano sulle fondamenta; i tramezzi cadono. Si spezzano i rami degli alberi. Il flusso e la temperatura di sorgenti e di pozzi cambiano. Si formano fratture nel terreno umido e in forti pendenze.
- IX. Panico generale. Costruzioni di fango completamente distrutte; costruzioni in pietra fortemente danneggiate, a volte un collasso totale; costruzioni in mattoni seriamente danneggiate. Gli edifici crollano o sono spostati dalle fondamenta. Forti danni ai serbatoi. I tubi sotterranei si rompono. Si formano fratture cospicue nel terreno. In aree alluvionali sono spruzzati sabbia e fango; si formano crateri di sabbia.
- X. La maggioranza delle costruzioni è distrutta. Le strutture in legno, anche se ben costruite, ed i ponti sono distrutti. Forti danni alle dighe, ai canali di irrigazione e agli argini. Grandi frane. Invasione di acqua proveniente da canali, fiumi, laghi, ecc.. Sabbia e fango sono spostati orizzontalmente sulle spiagge e nelle regioni pianeggianti. Le rotaie sono leggermente incurvate.
- XI. Le rotaie sono fortemente incurvate. I tubi sotterranei sono completamente inutilizzabili.

Nelle zone sismiche è essenziale costruire nei punti di bassa amplificazione (es. preferire la roccia di un rilievo ad una vallata di sedimenti poco compatti).

PROBLEMI LEGATI AD UN TERREMOTO

- 1) **VITTIME:** i morti sono provocati dal cedimento delle strutture più che dalla scossa in sé
- 2) **DANNI INFRASTRUTTURE:** a seconda di come si costruisce i danni possono essere più o meno. Soprattutto le grandi opere ingegneristiche (es. ponti e viadotti) sono quelli che risentono maggiormente delle scosse e subiscono i danni maggiori.
- 3) **INNESCO DI FRANE:** rocce già instabili cedono a causa delle scosse.
- 4) **LIQUEFAZIONE DEI TERRENI:** avviene in terreni porosi come sabbie sature d'acqua. I



granelli sono poggiati gli uni su gli altri, la vibrazione fa sì che una pellicola d'acqua si interponga tra i granelli, questo diminuisce la resistenza a taglio del terreno fino a farla tendere a zero. I granelli non più a contatto tra loro si liquefano e colano. Se il terreno è saturo d'acqua per piogge basta una piccolissima scossa per provocare la liquefazione.

- 5) **MOVIMENTI VERTICALI DEL TERRENO**
- 6) **TSUNAMI (O MAREMOTI O ONDE ANOMALE):**

Un maremoto può essere provocato da un terremoto con epicentro in corrispondenza del fondo marino o della costa, da eruzioni vulcaniche, dalla propagazione nel mare di onde elastiche formatesi in corrispondenza dei continenti.

Ai bordi delle piattaforme oceaniche si depositano sedimenti. Una scossa anche piccola può provocare una frana che fa sprofondare i sedimenti nella pianura abissale. Si verifica un movimento nella massa d'acqua che può provocare onde anomale.

La velocità di propagazione delle onde di compressione dipende dalla lunghezza d'onda e dalla profondità del mare: è di circa 100 m/s per una profondità di 1.000 m. I maremoti non vengono avvertiti in mare aperto, ma in vicinanza della costa, dove il fondo si alza, dando origine a onde alte anche 20 o 30 m che invadendo la terraferma possono provocare gravi danni. Sulla costa possono abbattersi più onde separate da intervalli di qualche minuto, e talvolta possono essere precedute da un ritiro prolungato delle acque. Le onde provocate dai maremoti sono conosciute col nome giapponese di tsunami.

- 2002 Isole Eolie: Eruzione vulcanica. Inondazione a Stromboli per un a frana provocata dall'eruzione

7) INNONDAZIONI LEGATE A ROTTURA DI DIGHE:

- dighe in terra = materiali saturi d'acqua → liquefazione;
- dighe in C.A. = strutture rigide che il sisma può danneggiare.

8) INCENDI E FUORIUSCITA DI MATERIALI TOSSICI

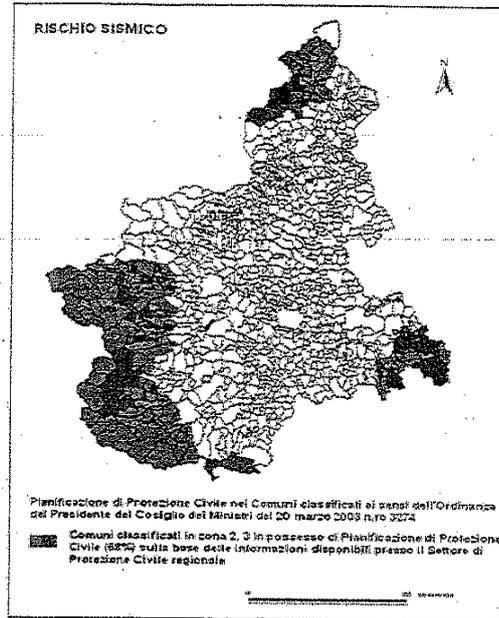
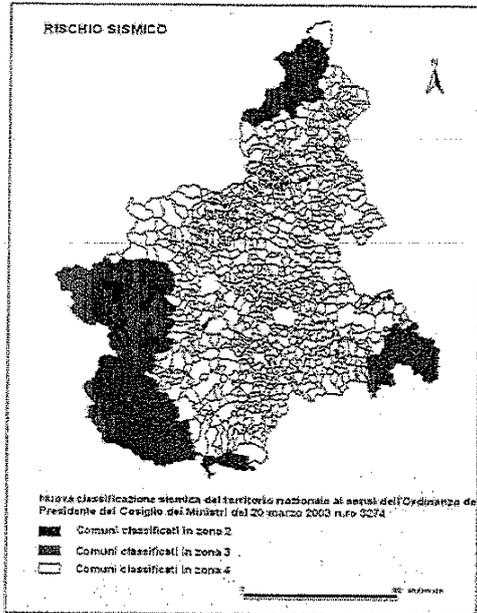
9) PROBLEMI RISORSE IDRICHE:

- rottura delle tubazioni;
- cambiamento della situazione fisica delle sorgenti che può causare anomalia della portata, è necessario perciò approvvigionare le grandi città da più di una sorgente. Anche la qualità e la temperatura delle acque può cambiare.

RISCHIO SISMICO IN ITALIA

L'Italia è situata nella zona di collisione tra le placche Africana ed Eurasiatica, e questo fatto comporta un elevato rischio sismico. A provocare i sismi sono i movimenti reciproci delle due placche, gli stessi che hanno generato la penisola. La sismicità è concentrata nella parte centro-meridionale della penisola ed in alcune aree settentrionali.

In base alla classificazione sismica di 2965 comuni su 8102, il 45% del territorio nazionale (70 % dell'Italia centro-meridionale) è a rischio sismico.

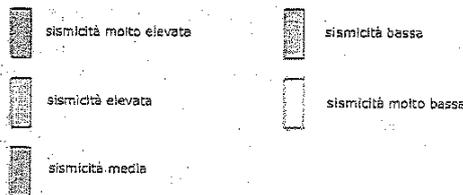


TERREMOTI IN FRIULI

La situazione del nord-est dell'Italia e del Friuli Venezia Giulia si colloca nell'ambito dell'interazione di due distinte placche: quella africana e quella europea. L'Africa infatti è soggetta a un movimento verso nord, e spinge quindi le sue estremità fino a farle collidere con il continente europeo. Questa collisione ha già provocato il corrugamento che costituisce l'arco alpino.

In Friuli Venezia Giulia, inoltre, contribuiscono a rendere complesso il quadro della situazione, altri elementi legati al corrugamento che partendo dal Friuli orientale si estende in territorio Jugoslavo. I tratti di divisione tra le due grandi placche africana e europea, non sono netti e precisi, esistono fratture che formano piccole zolle geologiche che similmente alle grandi placche planetarie possiedono movimenti. Queste piccole zolle si muovono strisciando tra di loro e provocando scosse sismiche.

Carta della Sismicità



L'ETA' DELLE ROCCE

- c'è una relazione stretta tra l'età delle rocce e le caratteristiche tecniche dei sedimenti

- datazione = si ottiene con lo studio di fossili ritrovati nei sedimenti, collegabili a periodi ben definiti

* relazione età rocce - caratteristiche geologiche

- depositi quaternari: rocce molli, pseudoconglomerati plastici (lapidee)
giacitura \Rightarrow orizzontale con def. nulla

- depositi terziari: rocce pseudoconglomerati consolidati, semiconsolidati
giacitura \Rightarrow blandamente inclinate, def. blanda

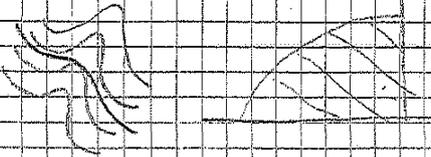
- rocce mesozoiche e paleozoiche: rocce lapidee
giacitura \Rightarrow molto variabile, def. elevate

- basamenti alpini \rightarrow molto antichi e resistenti, ricchi nei di faglie

- depositi del terziario \rightarrow altrettanto stabili

con le risorse e tende ad aumentare la leva curvatura

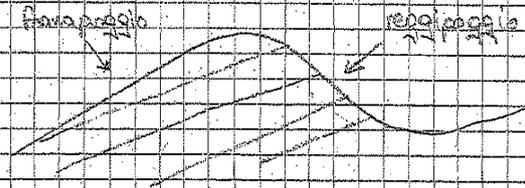
- strati inclinati a reggi-poggio =



o andam. discorde col pendio
il limite ha un andamento concavo con le risorse e tende a diminuire la leva curvatura

- lo strato a frana-poggio tende ad erect. instabile e a svuotarsi per gravità, quello a reggi-poggio è estremamente stabile perché inclinato in senso opposto al pendio o svuotamento

- lo stesso strato può presentare un frana-poggio verso un lato e uno a reggi-poggio verso l'altro



- per colture sono meglio i pendii a reggi-poggio, le dorsali sono i punti più sicuri

- in un pendio a frana-poggio può capitare che a causa di un' infiltrazione d'acqua tra gli strati, facia slittare uno strato sull'altro

- stabilizzazione del pendio per discoletture
- provocare il collare preventivo del pendio
- colture altrove, qualora i costi siano proibitivi

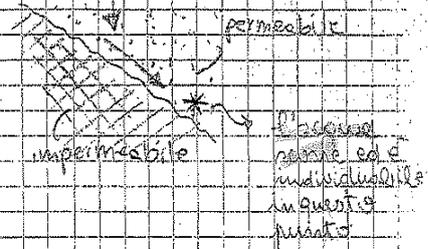
meccanica strati con uguale inclinazione, quello tettonico presenta strati con inclinazioni differenti tra loro (questo perché le loro origini non ha nulla in comune)

- spesso il contatto tettonico è visibile solo dalle strati esterni, la zona di contatto, ricca di fratture rotture d'acqua, può presentare grotte di natura carsica.
- le caratteristiche della roccia in prossimità di un contatto tettonico sono generalmente pessime.

* SUPERFICIE DI DISCONTINUITÀ

- non causano particolari problemi tecnici, anzi spesso sono importanti nella realizzazione di alcune opere

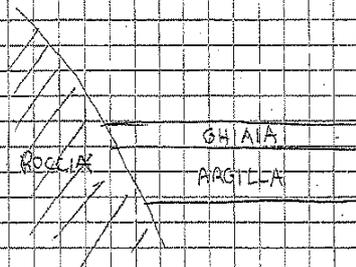
↳ es. nella costruzione di un pozzo sapendo che c'è un contatto tra roccia impermeabile (al di sotto) e permeabile (al di sopra) e conoscendone l'inclinazione si può prevedere l'andamento dell'acqua



- la presenza di ripi di discontinuità richiede opere adeguate per evitare instabilità

↳ es. in un vecchio bacino fognario è sicuramente presente argilla impermeabile spesso ricoperta da uno strato di ghiaia (strati dalle carati. scadenti)

↳ in questo caso è + conveniente costruire sul versante roccioso



- tetto dello strato e letto dello strato = parte superiore e parte inferiore di uno strato roccioso

17

CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE

Una roccia è un'associazione di minerali (ammassi cristallini formati da cristalli molto piccoli):

IGNEE → raffreddamento di fusi magmatici.

Plutoniche: il raffreddamento avviene a profondità elevate e in tempi molto lunghi (milioni di anni), con cristalli grandi.

Vulcaniche: il raffreddamento avviene in superficie o a deboli profondità e in tempi molto brevi, con cristalli molto piccoli.

Ipoabissali: il raffreddamento avviene a medie profondità.

Piroclastiche: sono il prodotto di attività vulcaniche con esclusione delle colate laviche.

SEDIMENTARIE → diagenesi di sedimenti di diverse origini.

Residuali: il sedimento non subisce trasporto.

Detritiche: diagenesi di sedimenti formati da frammenti di altre rocce.

Chimiche: precipitazione salina da soluzioni sovrasature.

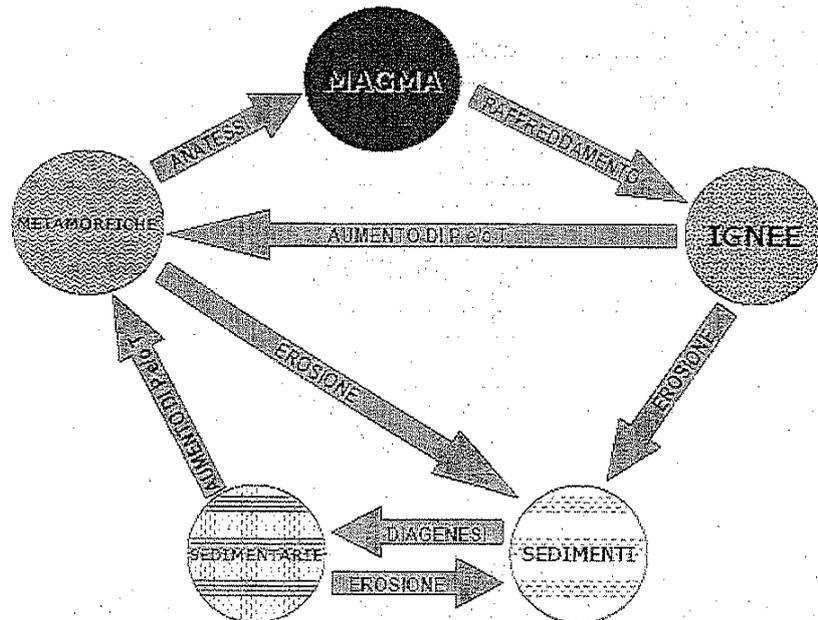
Organiche.

METAMORFICHE → metamorfismo di rocce preesistenti.

Metamorfismo di Contatto: aumento di temperatura.

Metamorfismo di Seppellimento: aumento di pressione.

Metamorfismo Dinamotermico: aumento di pressione e temperatura.



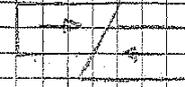
DEFORMAZIONI DELLE ROCCE

- rigide → materiale rigido che tende a spaccarsi generando faglie
- plastiche → il materiale risponde alla deformazione piegandosi e adattandosi, senza rompersi.

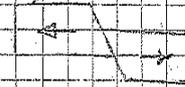
* LE FAGLIE

- derivano dalle fratture di un materiale rigido sottoposto a sforzo (lungo le fratture c'è stato un movimento)
- rigetto di faglia = entità del movimento tra gli strati, cioè il danno provocato dall'attrito. Se il rigetto è grande provoca un grande stress nella roccia che dunque può fratturarsi anche per centinaia di metri in profondità. Se il rigetto è piccolo, lo stress di attrito è ridotto e dunque la roccia mantiene buone caratteristiche tecniche.
- la faglia individua un piano di debolezza e potenziale instabilità.
- tipi di faglia:

→ Faglia inversa = uno strato spinge verso l'altro provocando attrito e fratture, minuziosamente la roccia



→ Faglia diretta = le rocce si separano



→ Faglia trascorrente = moto reciproco orizzontale tra gli strati



* risvolti morfologici:

es. la presenza di una vallata può essere dovuta a

- erosione da parte di un fiume
- approfondimento di strati lungo faglie di discontinuità (in questo caso il corso del fiume è una conseguenza)

↳ comunque uno sbarramento nei due casi è un problema diverso. Se si tratta di depressione dovuta alle faglie, l'infiltrazione di acqua può provocare lo slittamento tra gli strati e quindi danneggiare le strutture di sbarramento.

ROCCHE MAGMATICHE

P37

ROCCHE PLUTONICHE

* **PLUTONI** = masse magmatiche che solidificano in profondità formando un corpo igneo intrusivo che cristallizza nella litosfera

La composizione dei magmi che formano i plutoni è varia e in base a questo si distinguono: magmi basici (basaltici), magmi intermedi e magmi acidi

- l'aspetto è una roccia con numerose macchie di colori diversi che indicano i diversi minerali

* **GRANITO** → dotato di buone caratteristiche, ma in caso di climi caldo-umidi possono presentare caratteristiche mediche poiché subiscono alterazioni

- **sabbioni granitici** = sedimenti di granito che si depositano; in superficie abbiamo materiale disagiato sotto forma di sabbia che nel sottosuolo per rimpicciolisce il granito compatto sottostante

- spesso le pareti di granito, pur essendo fratturate, sono molto stabili in quanto le fratture sono solo superficiali

- i graniti sono rocce acide (ricche di quarzo) per cui spesso mancano licheni. La presenza di licheni indica che la roccia è granitica (e sui marmi non troviamo licheni)

- utilizzo:

→ **roccia ornamentale**

→ non per pavimentazioni esterne, perché costosa e garantisce poca aderenza

→ **protezione di opere ricche all'acqua** (opere di scogliera) ma solo se presente in loco perché il trasporto è costoso (se non presente si fanno opere in cemento armato)

ROCCHE VULCANICHE

- il magma del mantello sale in superficie con fenomeni estrusivi (eruzioni vulcaniche). La lava può essere:

- contenente molto gas, quindi libera con eruzioni esplosive in quanto molto viscosa
- molto fluida e ricca di gas, quindi eruzione senza fenomeni esplosivi

* prodotti delle eruzioni

- lava → se è fluida solidifica in struttura liscia superficialmente
→ se è viscosa solidifica in struttura granulosa e ruvida
- prodotti piroclastici = sono costituiti dai frammenti eiettati durante le eruzioni vulcaniche esplosive. Possono essere di diverse dimensioni (polveri, ceneri, lapilli, blocchi e bombe)

↳ piroclastiti = rocce ottenute dalla compattazione dei piroclasti (es. i tufi). Hanno problemi di stabilità.

- Lahar = colate di fango associate all'eruzione. La neve eventualmente presente nella bocca del vulcano si scioglie con l'eruzione, insieme a tufi depositati sui pendii e determina colate di fango che avanzano con rapidità.

* Attività vulcanica

- eruzioni centrali → da un condotto circolare
- eruzioni lineari → da un condotto a fessura
- attività parossistica: durata breve (1-2 mesi)
 - 1) a condotto aperto: (termine di un'attività persistente)
 - 2) a condotto ostruito: (un'esplosione iniziale libera il condotto emettendo cenere e lapilli, in seguito si ha eruzione di lava)
 - 3) eruzione iniziale: (eruzione in un'area che non era stata apparentemente vulcanica)
- attività persistente: si protraggono per lungo tempo e, di solito, terminano con attività parossistica.

* Classificazione rocce magmatiche

- Lava bolosa: presenta porosità dovuta ai gas inglobati nella lava

↳ caratteristiche meccaniche medie

↳ molto porosa ma poco permeabile (non sono collegati tra loro)

↳ fratturazione interna → spifferi con permeabilità media

↳ legati alla solidificazione di detriti

- Tufi: molto utilizzati in cemento per le costruzioni

↳ struttura porosa, presenza cristalli intrappolati nella matrice

↳ permeabilità alta

↳ caratteristiche meccaniche medie

- Basalto: → legate alle colate laviche

↳ colore scuro

↳ molto pesante

↳ alcune caratteristiche tecniche

↳ tessitura massiccia

↳ permeabilità bassa (dipende dallo stato di fratturazione, più la roccia è fratturata più è permeabile)

- Ossidine

↳ aspetto vetroso (derivato da colate che non contengono gas)

↳ affioramenti molto limitati

- Rioliti e trachiti

↳ rocce con caratteristiche tecniche molto interessanti (dette porfido), sono molto compatte. Vengono molto utilizzate per rivestimento "fornaci industriali" a causa dell'elevata resistenza.

↳ manto di fondo con minerali bianchi all'interno (struttura porifera)

↳ abbastanza impermeabili (utilizzati come materiali da scogliera)

ROCCE SEDIMENTARIE

Divise in famiglie:

- **DETRITICHE O CLASTICHE O TERRIGENE**
 - EPICLASTICHE (Conglomerati, Areniti, Silt, Argille di trasporto, Marne)
 - PIROCLASTICHE (Bombe e blocchi, Lapilli, Ceneri)
 - CATACLASTICHE (Cataclasi, Miloniti)
- **CHIMICHE E BIOCHIMICHE**
 - EVAPORITICHE (Salgemma, Gesso, Anidride, Carbonati)
 - CARBONATICHE
 - SILICEE
 - FERRIFERE
 - MANGANESIFERE
- **ORGANICHE**
 - CARBONI FOSSILI (Torba, Lignite, Litantrace, Antracite)
 - IDROCARBURI
 - ROCCE FOSFATICHE (Fosforiti, Guano)

ROCCE SEDIMENTARIE: DETRITICHE O CLASTICHE

Derivano dallo smembramento di rocce per erosione (acqua, vento). Gli stessi agenti che effettuano l'erosione trasportano i granuli, più i granuli sono grossi più deve essere veloce la corrente che li ha trasportati.

Scala granulometrica - classificazione delle particelle secondo la dimensione:

- ghiaia
- sabbia
- silt
- argilla

Analisi granulometrica:

- **analisi di laboratorio:** si prende un campione rappresentativo, più piccolo per granulometrie fini (\approx 1kg per argille e sabbie) più grande per materiali grossolani (>1kg per ghiaie) e lo si setaccia con setacci con maglie di dimensione via via decrescenti, si pesa il trattenuto da ogni setaccio e si fa un grafico diametro - % di trattenuto da ogni setaccio, si ottiene la **curva granulometrica**;
- **analisi visive sommarie** (per sabbia si usa un comparatore, un cartoncino con su incollati i vari tipi di sabbia).

ROCCE SEDIMENTARIE: TERRIGENE

ARENITI → cementazione di sabbie.

MONOMINERALI:

- CALCARENITI
- DOLOARENITI
- GESSOARENITI
- QUARZOARENITI

POLIMINERALI:

- ARENARIE

Le caratteristiche tecniche dipendono da quanto è cementata la sabbia (se è ben cementata le caratteristiche sono buone).

ARGILLE

Le argille non possono essere cementate perché l'acqua non può passarci attraverso (sono impermeabili).

- ARGILLE PLASTICHE O ORGANICHE: materiale molto scadente con bassissima portanza. Sotto l'effetto dei carichi si deformano e la deformazione si protrae nel tempo. Tipiche dei sedimenti alluvionali.

Nel tempo sulle argille si depositano pacchi di altri sedimenti che le compattano sempre più facendole diventare:

- ARGILLE CONSOLIDATE;
- ARGILLE SOVRACONSOLIDATE;

tali argille presentano buone caratteristiche tecniche solo se lasciate in sito, se liberate dalla pressione tornano ad essere plastiche.

Come si riconoscono:

ARGILLE PLASTICHE → colore nerastro, aspetto laminato;

ARGILLE CONSOLIDATE e SOVRACONSOLIDATE → presenza di fossili (conchioline)

ARGILLE CAOLINITICHE: sono quelle usate per fare le ceramiche

ARGILLE RIGONFIANTI: in presenza di acqua aumentano di volume

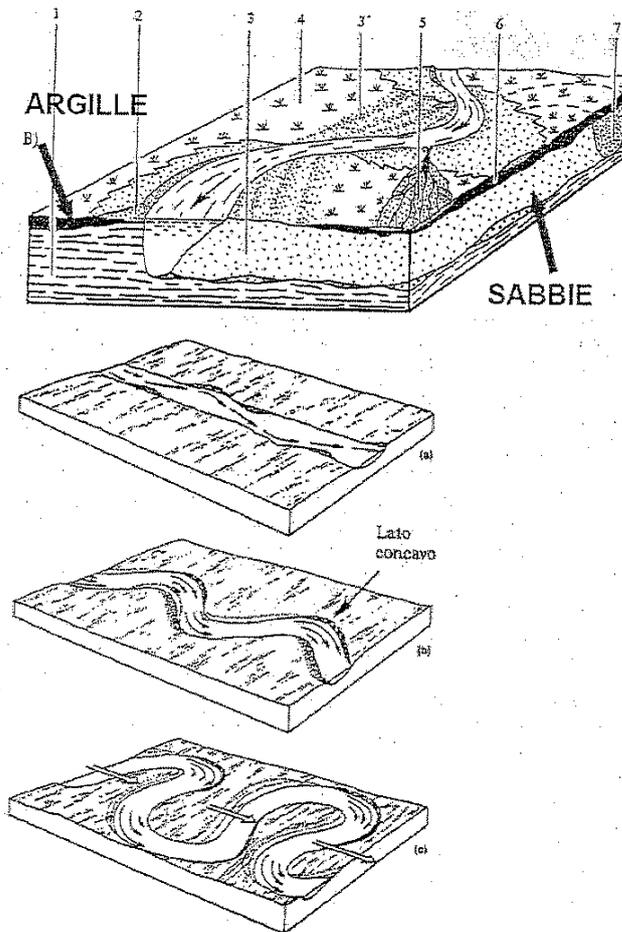
GLI AMBIENTI SEDIMENTARIDI

CONTINENTALI

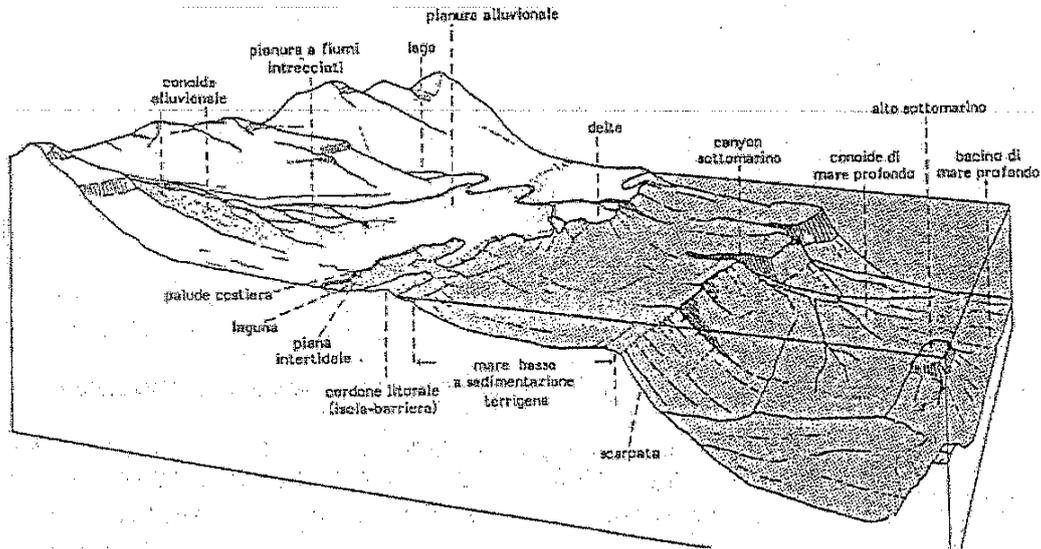
- GLACIALI

Glaciazioni:

B) CORSO MEANDRIFORME: unico corso a bassa velocità. Deposita materiali fini (ghiaie fini, sabbie, argilla). Il meandro in seguito ad eventi alluvionali migra (la velocità è maggiore all'esterno, quindi è qui che avviene maggiormente l'erosione). A causa di eventi alluvionali si può avere il salto di meandro. Il fiume scava da un lato dove ci sono argille e deposita dall'altro sabbia. La portanza è buona dalla parte della sabbia, scarsa dalla parte delle argille.



AMBIENTI MARINO-MARGINALI E MARINI



• IL DELTA

Accumulo di detriti portati dal fiume con granulometria che dipende dalla portata del corso d'acqua. Il fiume deposita sempre nuovi materiali, il delta in pratica avanza verso il mare. Il materiale depositato è poroso e presenta problemi di subsidenza per quanto riguarda i depositi recenti non ancora consolidati dal carico litosferico.

Subsidenza:

- naturale: i sedimenti sono molto porosi e tendono ad abbassarsi se hanno sopra un carico;
- indotta: l'uomo estrae acqua, petrolio o gas dal terreno lasciando i vuoti gli spazi intergranulari, si ha quindi un assottigliamento del terreno.

• SISTEMA COSTIERO

Problema dell'erosione dei litorali (i fiumi portano meno detriti perché sono stati costruiti gli argini).

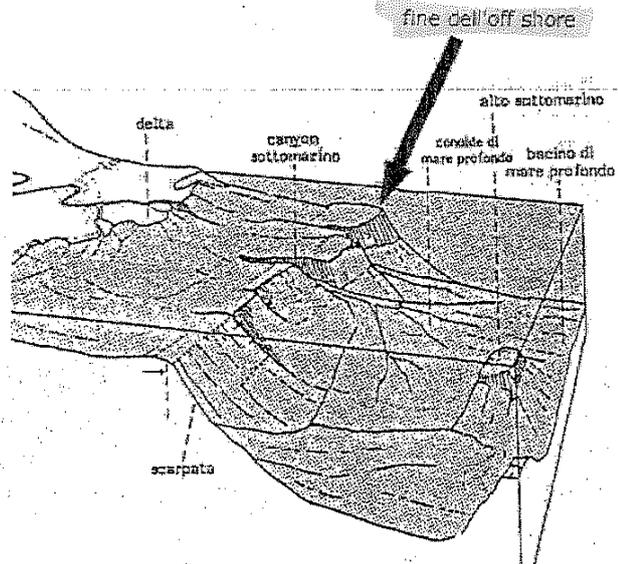
Protezione:

- moli → contro il molo si deposita la sabbia ma dietro l'acqua continua ad erodere
- deposizione di sabbia prelevata altrove (spesso fiumi e laghi) → alto contenuto di materiale fine, il mare portandolo via diventa sporco, bisognerebbe pulire questo materiale.

• DEPOSITI MARINI PROFONDI

Off shore = zona tra costa e scarpata (ha profondità limitata).

Sul bordo della scarpata si accumula materiale (sabbie fini) che per un piccolo shock sismico crollano e si depositano sul fondo di argilla. Col tempo sono ricoperte da nuove argille. Si formano strati alternati sabbie-argilla (flish di arenarie e argilla). Gli appennini sono formati da questo tipo di depositi. La stabilità dipende dalla giacitura degli strati (franapoggio o reggipoggio).



Ghiaia

- Mineralogia: non definibile
- Tessitura: porosità e permeabilità funzione del grado di assortimento
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$

Conglomerato

- Mineralogia: frammenti quarzosi, cemento calcite
- Tessitura: massiccia porosità media, permeabilità media (funzione del grado di cementazione)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 70 \text{ Mpa}$

Breccia

- Mineralogia: frammenti dolomitici, cemento calcite
- Tessitura: massiccia porosità bassa, permeabilità bassa (funzione del grado di cementazione)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 70 \text{ Mpa}$

Arenaria

- Mineralogia: calcite, (fossili)
- Tessitura: stratificata, porosa, permeabilità media (funzione del grado di cementazione)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 70 \text{ Mpa}$

- DOLOMIE

Rocce composte da dolomite: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Sono rocce meno solubili rispetto al calcare ma molto più fratturabili (utilizzate come pietrisco).

Calcarenite

- Mineralogia: calcite, (fossili)
- Tessitura: stratificata, porosa, permeabilità media (funzione del grado di cementazione)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 70 \text{ MPa}$

Calcare (Rosso ammonitico)

- Mineralogia: calcite (fossili)
- Tessitura: massiccia porosità bassa, permeabilità bassa (funzione del grado di fratturazione)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 100 \text{ MPa}$

Calcare organogeno (a Lithotamnium)

- Mineralogia: calcite
- Tessitura: massiccia
bassa, permeabilità bassa (funzione del grado di fratturazione)
- Caratteristiche tecniche:
 t/m^3 , $\sigma = 100 \text{ MPa}$

Travertino

- Mineralogia: calcite
- Tessitura: massiccia porosità elevata, permeabilità media (funzione del grado di interconnessione dei pori)
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,4 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 50 \text{ MPa}$

Un tempo era molto utilizzato nella costruzione perché facile da tagliare (Etruschi, Romani). Oggi non va più utilizzato per rivestimenti esterni perché le piogge acide lo sciolgono. Nasce dalla deposizione di calcare nei pressi delle sorgenti di acque ricche di calcio.

LE ROCCE SEDIMENTARIE: EVAPORITI

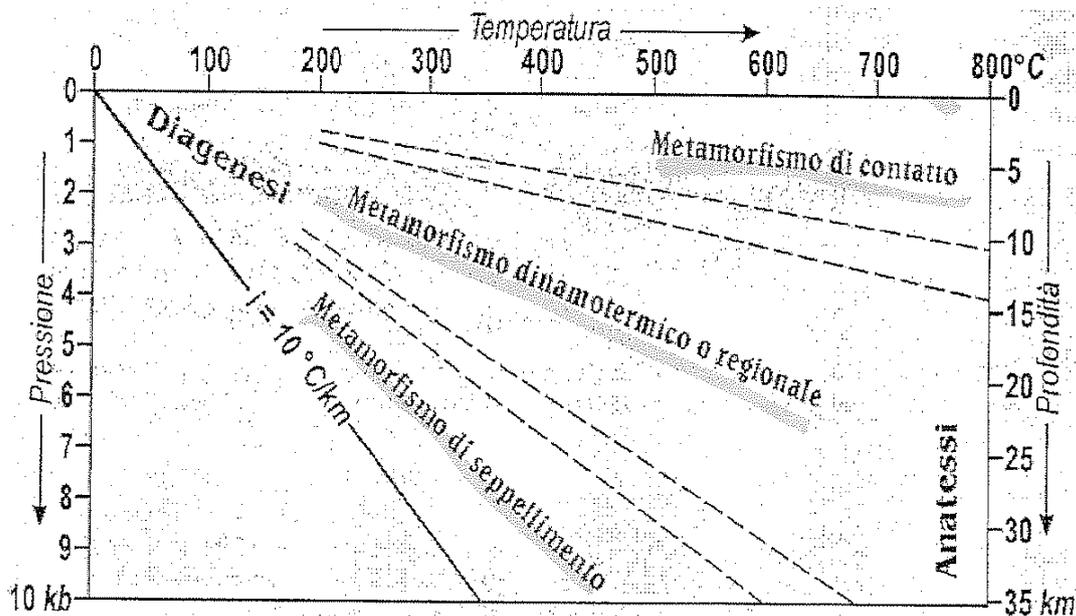
Si sono formate di minerale depositati dall'acqua in evaporazione:

- Carbonati (Calcite, Magnesite, Dolomite)
- Solfati (Gessi, Anidriti)
- Cloruri (Salgemma)

Sono rocce estremamente solubili.

ROCCE METAMORFICHE

Sono rocce che hanno subito modificazioni nella composizione mineralogica o nella struttura e nella tessitura in seguito a mutamenti di temperatura e pressione (metamorfismo). Tutte le rocce (magmatiche, sedimentarie, metamorfiche) possono essere soggette al metamorfismo.



- *Metamorfismo dinamotermico o regionale*: interessa una grande estensione di rocce (decine, fino a centinaia di chilometri) in aree sottoposte a movimenti orogenetici che provocano un aumento generalizzato di temperatura e di pressione. Dà origine a nuove e particolari tessiture.
- Il metamorfismo di carico è un tipo particolare di metamorfismo regionale; esso è dovuto all'aumento di pressione provocato dal peso delle rocce soprastanti (spessore fino ad alcuni chilometri) in zone sottoposte a movimenti orogenetici. Dà origine a nuovi minerali e a nuove strutture.
- *Metamorfismo di contatto*: interessa settori dello spessore di pochi metri, decine e centinaia di metri; è causato dall'aumento di temperatura connesso ad intrusioni magmatiche. Viene interessata un'aureola di rocce (aureola di contatto) intorno all'intrusione. Dà origine a nuovi minerali ed a strutture caratteristiche;

Tessitura massiccia: granuli senza orientazione
Tessitura scistosa: si individuano lamelle sottili disposte secondo piani paralleli. Lungo questi piani si può avere la rottura della roccia.

I MINERALI PRINCIPALI ED ACCESSORI

ROCCIA	COSTITUENTI PRINCIPALI	COSTITUENTI ACCESSORI
gneiss	feldspato, plagioclas, muscovite (< 20%), biotite	epidoto, tomalina, magnetite, zircono, granato
micascisti	quarzo, muscovite (> 50%), biotite, fengite	clorite, tomalina, pirite, magnetite, grafite, granato
filladi	quarzo, muscovite, sericite, clorite	granato, calcite
kinzigiti	quarzo, plagioclas, feldspato, biotite, granato, cordierite	tomalina, magnetite, zircono, sillimanite,
argilloscisti	quarzo, muscovite, grafite, biotite	pirite, magnetite, carbone, calcite
calcescisti	calcite, muscovite, fengite, grafite	epidoto, plagioclas
marmi	calcite	pirite, quarzo, grafite, muscovite
marmi a silicati	calcite	muscovite, clorite, epidoto, wollastonite, serpentino
calcefiri	calcite, wollastonite, granato, plagioclas	anfidi, grafite, titanite

ROCCIA	COSTITUENTI PRINCIPALI	COSTITUENTI ACCESSORI
quarziti	quarzo	muscovite, biotite, plagioclas, pirite, magnetite
prasiniti	clorite, albite, epidoto	calcite, quarzo, titanite, magnetite, muscovite
Serpentiniti serpentinoscisti	serpentino, magnetite	pirite, clorite, magnesite, talco, crisotilo, asbesto
talcoscisti	talco	magnetite, magnesite, calcite, dolomite, clorite
cloritoscisti	clorite	pirite, calcite, magnetite, titanite, talco
anfibolditi	anfido (omeblenda), plagioclas	magnetite, titanite, epidoto, quarzo
granuliti	ortoclasio, plagioclas, quarzo, granato	magnetite, pirosseni, anfidi
eclogiti	pirosseno, granati	rutilo, magnetite, titanite, zircono
migmatiti	quarzo, feldspato, plagioclas, biotite	granato, zircono, magnetite
skam, cornubianiti, hornfels	n.d.	tutti i minerali

Calcescisto

- Mineralogia: calcite, muscovite
- Tessitura: anisotropa, scistosa
- Caratteristiche tecniche: $\gamma = 2,7 \text{ t/m}^3$, $\sigma = 70 \text{ Mpa}$

Talcoscisto

Argilloscisti (1) colore scuro, grana finissima, notevole scistosità con facile fissilità in lastre sottili. COMPOSIZIONE: hanno la stessa composizione delle rocce da cui provengono (quarzo, mica, sostanze argillose e minerali accessori). Sono presenti in alcune limitate aree dell'Appennino ligure (ardesia).

Filladi (2) lucentezza sericea in superficie, grana medio-fine, scistosità notevole con facile fissilità. COMPOSIZIONE: quarzo, mica, muscovite, ossidi di ferro e minerali di neoformazione per ricristallizzazione (sericite e clorite). Notevole diffusione nell'area alpina (Piemonte, Lombardia).

Micascisti (3) colore scuro, grana grossolana, scistosità notevole. COMPOSIZIONE: quarzo e muscovite. Esistono diverse varietà a seconda del minerale accessorio prevalente (m. biotitici, m. granatiferi, m. anfibolici, m. grafitici, ecc.). Sono molto diffusi nell'area alpina.

Quarziti (4) colore chiaro, grana media, notevole scistosità. COMPOSIZIONE: quarzo con poca muscovite. Sono presenti nella Alpi piemontesi (Barge).

Marmi (5) colore variabile da bianco a grigio venato, a rosa a giallo; grana molto diversificata (maggiore nei marmi alpini, minore in quelli appenninici), scistosità ridotta. COMPOSIZIONE: calcite o dolomite; possono essere presenti quarzo e muscovite in corrispondenza di venature. Sono abbondanti nell'Appennino toscano (zona delle Apuane), più rari nelle Alpi (Piemonte, Lombardia, Friuli).

Calcescisti (6) colore grigiastro, grana fine, scistosità accentuata. COMPOSIZIONE: calcite, mica e quarzo (scarso). Molto diffusi nelle aree alpine occidentali.

Cloritoscisti (7) colore verde, scistosità notevole, suscettibili di lavorazione al tornio (pietra ollare). COMPOSIZIONE: clorite, quarzo e magnetite. Diffusione limitata alla Valtellina.

Prasiniti (8) colore verde scuro, scistosità ridotta. COMPOSIZIONE: plagioclasio (albite), clorite, epidoto e anfibolo. Diffusione limitata all'Appennino ligure.

Serpentiniti (9) colore verde, grana fine, tessitura fibrosa con notevole scistosità o tessitura massiccia priva di scistosità. COMPOSIZIONE: serpentino, olivina, pirosseno, anfibolo e magnetite. Diffuse nelle Alpi lombarde (Val Malenco), nelle Alpi della Val d'Aosta e del Piemonte (valle della Stura di Lanzo e Monviso), nell'Appennino ligure (provincia di Genova) e nell'Appennino toscano (Prato).

Anfiboliti (10) colore scuro, grana media, scistosità notevole. COMPOSIZIONE: orneblenda, plagioclasio zonato. Sono presenti come intercalazioni nei marmi alpini e sono spesso associate a rocce basiche (serpentiniti).

Gneiss (11) colore grigio chiaro, foliazione molto accentuata. COMPOSIZIONE: quarzo, feldspati e mica con tessitura occhiadina che alterna zone chiare (quarzo) a zone scure (mica).

Granuliti (12) colore nero, struttura caratteristica con granuli separati da aggregati quarzoso-feldspatici disposti in bande parallele. COMPOSIZIONE: ortoclasio, plagioclasio e quarzo (granuliti leucocrate) oppure da plagioclasio e pirosseno (granuliti melanocrate). Sono diffuse limitatamente alle Alpi occidentali (granito nero di Anzola - val d'Ossola).

Cornubianiti (13) colore grigio, grana minuta, struttura granoblastica. COMPOSIZIONE: albite, epidoto, cordierite, andalusite, sillimanite. Esempi italiani si trovano nel massiccio dell'Adamello (diorite) e nell'isola d'Elba (granito di monte Capanne).

Quarziti (14) vedi punto 4

Marmi (15) vedi punto 5

Calcefiri (16) colore chiaro con zonature varicolori. COMPOSIZIONE: calcite, wollastonite, granato, plagioclasio, pirosseno. Sono diffuse nelle Alpi centrali tra la Valsesia e la Valtellina (val d'Ossola, canton Ticino).

CARTOGRAFIA GEOLOGICA

- la prima cosa da fare nella progettazione ingegneristica è analizzare una carta geologica del luogo.
- cartografia geologica ufficiale \Rightarrow come tutto il territorio nazionale; ha scala 1:100.000, dunque dà un'informazione molto sommaria.
 - della legenda: a partire dal basso a destra fino in alto a sinistra sono elencate i tipi di rocce, dalle più vecchie alle più recenti.
- scale poco precise
- non tiene conto dei suoli, riporta solo informazioni sul terreno, nonostante che nei fossi di cose non sono del tutto attendibili (le informazioni derivano da scavi e sondaggi fatti nel tempo sulla zona).
- riporta informazioni di difficile lettura e poco utilizzabili dall'ingegnere.
- la situazione topografica di questi fogli non è aggiornata (alcune ^{tavole} valgono addirittura all'inizio del '900).
- sezioni schematiche (forniscono la successione degli strati), non sono attendibili le informazioni sullo spessore degli strati.
- nuovi fogli geologici (CRB, cartografia regionale) \Rightarrow scala 1:50.000, non ricoprono ancora l'intero territorio nazionale.
 - Indicano inoltre le zone instabili (con linee rosse).
 - Sono molto più dettagliate, ma anche di difficile lettura e interpretazione per un ingegnere.
- carte geomorfologiche = le carte geomorfologiche rappresentano la distribuzione spaziale delle diverse forme del paesaggio, danno informazioni sulla superficie interessata da una determinata forma, su i processi che hanno originato tale forma, e nell'interpretazione della successione nel tempo di tali forme, evidenziano quelle attive e quelle passive.

I SUOLI

IMPORTANZA DEI SUOLI:

- Stabilità dei versanti
- Portanza dei terreni
- Vulnerabilità acquiferi
- Agricoltura

Il suolo deve essere asportato per costruire (le fondazioni devono poggiare sul terreno sottostante), questo perché il suolo è costituito da materiali con bassissime caratteristiche tecniche che possono dar origine ai cedimenti.

- *Rocce affioranti* → dove non c'è suolo
- *Rocce subaffioranti* → presentano un sottile strato di suolo (rada vegetazione). In caso di precipitazioni anche poco intense il suolo si satura e scivola a valle.
- *Rocce non affioranti* → rocce completamente immerse nel suolo

Si forma dall'alterazione fisica e chimico-fisica della roccia e dalla trasformazione biologica e biochimica dei residui organici:

- *Processi chimici*: idrolisi e dissoluzione;
- *Processi fisici*: disgregazione legata a dilatazioni termiche e gelifrazione;
- *Processi biologici*: decomposizione delle sostanze organiche ed azione degli organismi.

Si suddivide in orizzonti aventi caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche proprie.

SPESORE E TIPOLOGIA DEI SUOLI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE

Climi caldi → maggiore alterazione, suolo più spesso.

Climi freddi → suolo molto sottile.

Climi temperati (come da noi) → il suolo dipende dalla natura della roccia madre (dal 50 al 150 cm).

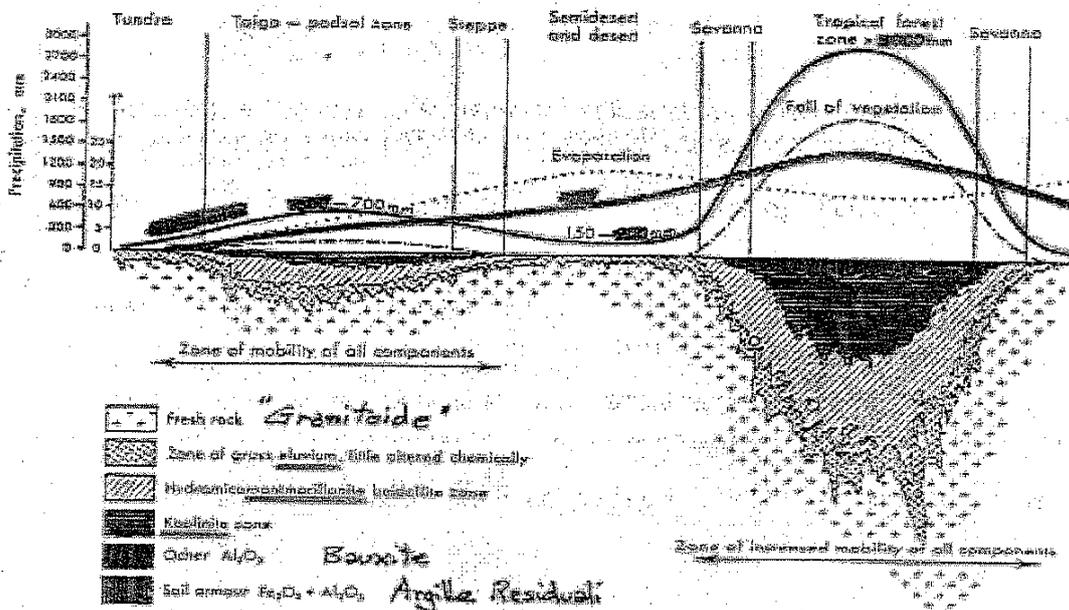


Figure 4.8 Relationships between climate and weathering profiles (after Strahler, 1957).

PALEOSUOLO

Suolo molto antico, di solito di colore rossastro. Può essere anche molto spesso perché formatosi durante i periodi caldi ed umidi interglaciali. Viene chiamato ferretto.

LA FOTOINTERPRETAZIONE

P67

- interpretazione di foto ottenute da riprese aeree
 - ↳ le foto riprendono una certa porzione del territorio da due posizioni diverse per dare una visione tridimensionale
 - strisciate = serie di foto
- tutto il territorio è coperto da foto
- utilizzo → analizzare problemi di stabilità (osservando due foto scattate in momenti diversi si possono individuare eventuali movimenti)
- * stereovisore = strumento utilizzato per vedere le immagini in 3D, grazie alla riflessione per mezzo di un prismi e uno specchio. Accentua i dislivelli del terreno rendendoli perfettamente visibili anche altezze di un metro
- disposizione delle foto:
 - 1- orientare tutte le foto della striscia con la linea nera dello stemma batis;
 - 2- prendere due fotogrammi adiacenti, scattati in posizioni immediatamente successive;
 - 3- identificare la zona comune alle due foto;
 - 4- la parte comune più abbondante va verso l'interno (altrimenti la visione dei rilievi risulta invertita in depressioni);
 - 5- si mette un segnale a indicare lo stesso oggetto nei due fotogrammi. Si centra poi il segnale osservandolo con un occhio per volta, aprendo poi gli occhi si devono vedere i due segni sovrapposti.
- da una foto aerea è possibile osservare il limite di zone geologiche differenti
- abbinando la fotografia aerea ad una carta geologica si possono analizzare le informazioni per quel che riguarda il terreno
- si può vedere la presenza di faglie
- osservando una foto di una zona subito dopo un'eruzione si individuano le aree erodibili

INDAGINI GEOFISICHE

- misure in genere effettuate in superficie senza danneggiare il sottosuolo;
- l'indagine è estensiva, veloce e più economica di un sondaggio geognostico;
- si possono eseguire anche nelle zone dove non è possibile arrivare con macchinari pesanti;
- esiste sempre un'incertezza di ciò che si è misurato: terreni molto diversi possono avere caratteristiche simili, occorre quindi effettuare sondaggi di taratura;
- si misura la variazione nello spazio di una proprietà fisica del terreno (es. resistività);

COSTI INDAGINI GEOFISICHE

SEV a 60 m \approx 400 €

TOMOGRFIA ELETTRICA 100 m \approx 600 €

TOMOGRFIA SISMICA A RIFRAZIONE 100 m \approx 800 €

TOMOGRFIA SISMICA A RIFLESSIONE 100 m \approx 2500 €

METODI DELLA GEOFISICA APPLICATA

METODO GRAVIMETRICO: (CAMPI NATURALI)

METODI SISMICI: (CAMPI ARTIFICIALI)

SISMICA A RIFRAZIONE
SISMICA A RIFLESSIONE
ANALISI SPETTRALE (S.A.S.W.)

METODI ELETTRICI:

GEOELETTRICA CLASSICA (CAMPI ARTIFICIALI)
POTENZIALI SPONTANEI (CAMPI NATURALI)
POLARIZZAZIONE INDOTTA (CAMPI ARTIFICIALI)

METODI ELETTROMAGNETICI: (CAMPI ARTIFICIALI)

BASSISSIMA FREQUENZA (V.L.F.)
BASSA NUMERO DI INDUZIONE (B.N.I.)
ALTA-ALTISSIMA FREQUENZA (G.P.R.)

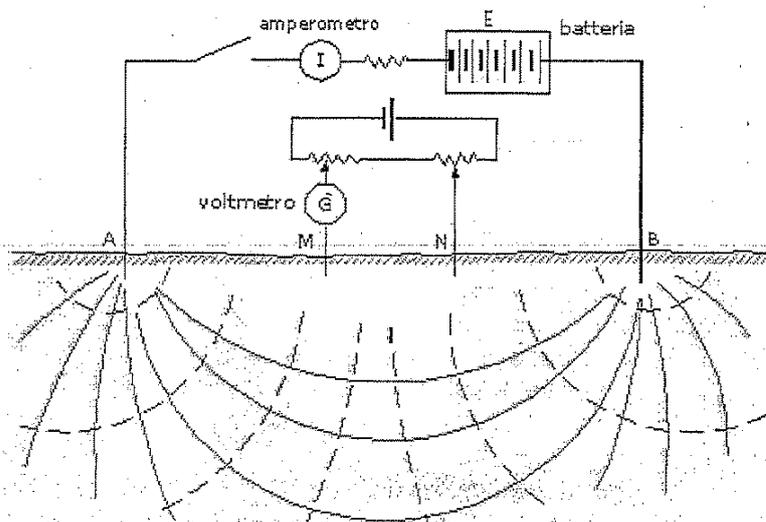
METODI MAGNETICI: (CAMPI NATURALI)

USO DELLA GEOELETTRICA

- Precisione non molto elevata
- Occorre conoscere grossomodo l'assetto stratigrafico generale
- Usata in aree con morfologia dolce

Valida in:

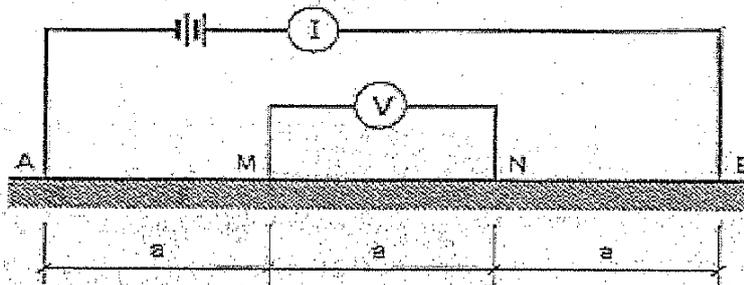
- zone di pianura per studi stratigrafici ed idrogeologici
- zone collinari per studi stratigrafici legati alla stabilità dei versanti



Per il primo strato di terreno si misura la resistività reale, per gli altri quella apparente (perché il valore di resistività misurato è influenzato dagli strati superiori).

omogeneità, dai livelli di alterazione e dal grado di fratturazione per rocce litoidi, nel caso di terreni sciolti (es. depositi alluvionali recenti) la resistività dipende dalla granulometria, dai fluidi in essi contenuti e dalla quantità di sali disciolti. Le argille, anche se compatte, hanno sempre valori di resistività estremamente bassi.

DISPOSITIVO WENNER: la distanza tra gli elettrodi a è costante e si ha perciò la disposizione rappresentata



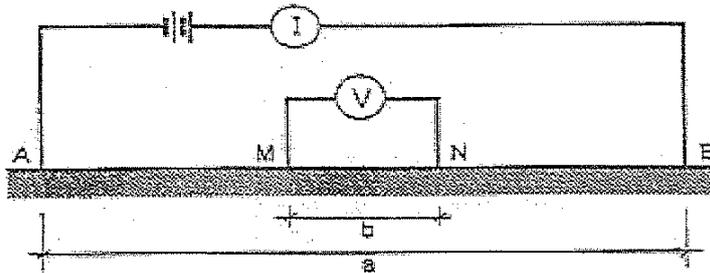
La resistività sarà data dal $\rho = 2\pi a \frac{V}{I}$

DISPOSITIVO SCHLUMBERGER: la distanza b tra gli elettrodi MN è piccola rispetto alla distanza a tra gli elettrodi AB che vengono simmetricamente spostati verso l'esterno del dispositivo.

A ogni disposizione degli elettrodi la resistività è:

$$\rho = \pi \frac{V}{I} \frac{(a^2 - b^2)}{4b}$$

Dall'insieme delle misure effettuate si possono evidenziare le variazioni verticali di resistività al di sotto del centro dello stendimento (sondaggio elettrico verticale).

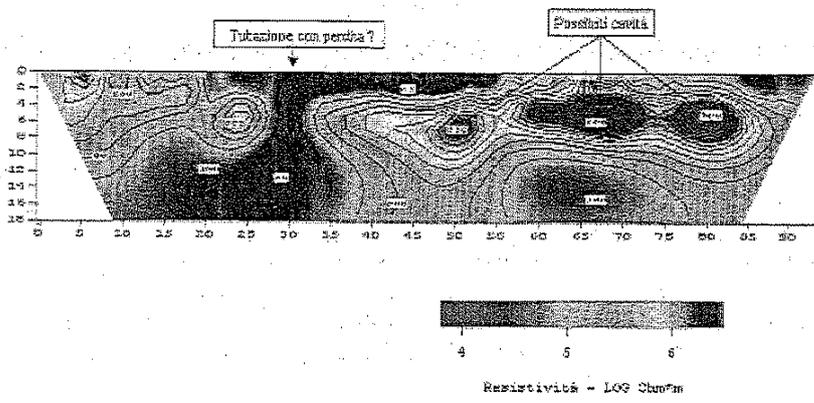
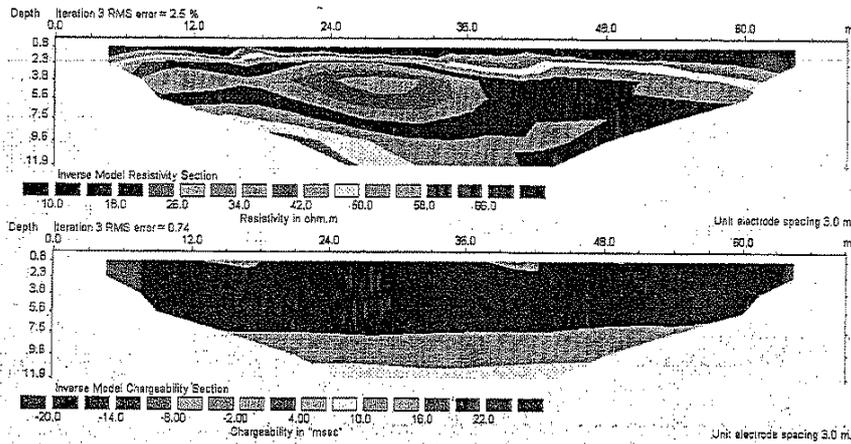


Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.)

Serie di determinazioni di resistività effettuate con distanza progressiva crescente tra gli elettrodi di corrente (A-B). Sono necessarie circa 10-15 misure nello stesso sito per avere la misura della resistività reale.

TOMOGRAFIA ELETTRICA

Fornisce un dato areale. È una sezione del terreno nella quale sono indicate le resistività.



METODI SISMICI

- **METODI SISMICI:** sono basati sullo studio delle onde sismiche indotte artificialmente nel terreno (energizzazione del terreno).
- Si sfruttano quasi esclusivamente le onde P, raramente P ed S, mentre le onde R (*ground roll*) è un disturbo che si cerca di eliminare
- I metodi sismici usati in ingegneria sono quello a rifrazione ed a riflessione

METODI SISMICI A RIFRAZIONE

- Identificano strutture (sedimentarie e tettoniche) profonde anche qualche centinaio di metri ed è usato nella prospezione idrogeologica e nell'ingegneria civile
- Vale la legge della rifrazione studiata in fisica ottica (legge di Snell):

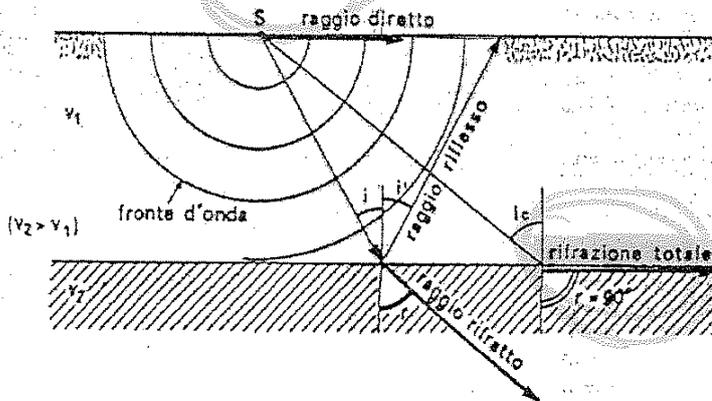
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{V_1}{V_2}$$

soltanto nel caso (frequentissimo): $V_2 > V_1$

- Pertanto:

per cui $\text{sen } i_c = V_1 / V_2$
 cioè $\text{sen } r = 1$
 $r = 90^\circ$

- In queste condizioni il raggio rifratto si propaga lungo una superficie di discontinuità suborizzontale (angolo limite o angolo critico di incidenza i_c)
- Il raggio rifratto viaggia lungo la discontinuità (con la velocità V_2) e diviene sorgente di onde rifratte che si muovono verso l'alto nel mezzo a velocità minore (V_1)
- Nel caso l'angolo di incidenza superi l'angolo limite non si ha più raggio rifratto ma la riflessione totale



RISCHIO DA MATERIALI GEOLOGICI

ROCCE RIGONFIANTI

ROCCE CHE AUMENTANO CONSIDEREVOLMENTE DI VOLUME PER PRESENZA D'ACQUA.

PROBLEMA: LE STRUTTURE A CONTATTO DI QUESTE ROCCE SI LESIONANO (FONDAZIONI, GALLERIE, ECC.)

ANIDRITI: rocce evaporitiche associate ai gessi (molto simili a questi e quindi difficili da riconoscere)

ARGILLE RIGONFIANTI: livelli presenti in ammassi argillosi tipo argille varicolorie argille scagliose (presenza di smantite, che conferisce aspetto striato)

AMIANTO o ASBESTO

GRUPPO DI MINERALI ALTAMENTE FIBROSI CHE SI POSSONO TROVARE IN ROCCE TIPO PIETRE VERDI (SERPENTINITI)

PROBLEMA: FIBRE INALABILI CHE POSSONO PROVOCARE DANNI ALLA SALUTE MOLTO GRAVI (ASBESTOSI, MESOTELIOMA, TUMORE AI POLMONI)

VIETATA ESTRAZIONE, LAVORAZIONE E COMMERCIO MINERALI CHE SI POSSONO INCONTRARE DURANTE LO SCAVO DI GALLERIE, FONDAZIONI, ECC.

- Si devono proteggere gli operai che lavorano nel cantiere.
- Estrarre il materiale e portarlo in fosse che devono essere poi ricoperte, durante il trasporto il materiale deve essere bagnato per evitare che si sollevino polveri.

RADON

GAS RADIOATTIVO PRODOTTO DAL DECADIMENTO DELL'URANIO 238 IN PIOMBO 206, VIENE GENERATO DA DIVERSE ROCCE: LAVI, TUFI, PORFIDI, GRANITI.

PROBLEMA: L'INALAZIONE DEL RADON PER LUNGI PERIODI PUO' PROVOCARE IL TUMORE AI POLMONI

PASSANDO ATTRAVERSO LE FRATTURE DELLE ROCCE RAGGIUNGE GLI AMBIENTI CHIUSI (COME UN ABITAZIONE) ACCUMULANDOSI E RAGGIUNGENDO ALTE CONCENTRAZIONI

- Isolare le costruzioni presenti su questi terreni (es. costruzione di un piano basso di ventilazione tra zona abitata e terreno)

GAS ESPLOSIVI E VULCANICI

GAS ESPLOSIVI (METANO): SONO PRESENTI NELLE ROCCE SEDIMENTARIE (TERRIGENE) ANCHE A PROFONDITA' LIMITATE

PROBLEMA: POSSONO PROVOCARE ESPLOSIONI ANCHE MOLTO DANNOSE DURANTE LO SCAVO DI OPERE IN SOTTERRANEO

GAS VULCANICI (IDROGENO SOLFORATO, ANIDRIDE CARBONICA, MONOSSIDO DI CARBONIO): SONO PRESENTI NELLE ZONE VULCANICHE ANCHE A PROFONDITA' LIMITATE

PROBLEMA: SONO GAS LETALI CHE SI POSSONO INCONTRARE DURANTE LO SCAVO DI OPERE IN SOTTERRANEO

ACQUE ACIDE: acqua con acido solforico molto aggressiva per il calcestruzzo (in rocce evaporitiche e in orizzonti con pirite)

MINERALI DANNOSI PER GLI INERTI: minerali fibrosi e micacei, minerali molto solubili, pirite (riconoscibile perché luccica), selci (reagiscono col cemento disgregandolo)

ROCCE CON NOTEVOLI DIMINUZIONI DI VOLUME: TORBE ED ARGILLE MOLTO ORGANICHE (CEDIMENTI LENTI NEL TEMPO MA ELEVATI)

ROCCE MOLTO SOLUBILI: CALCARI E ROCCE EVAPORITICHE, gessi (VENUTE D'ACQUA ABBONDANTI IN SCAVI SOTTERRANEI, CROLLI). I calcari hanno una buona portanza, bisogna controllare che non ci siano cavità carsiche al di sotto. Il gesso è più pericoloso perché è molto più solubile (una cavità può svilupparsi anche in 50 anni). Attenzione agli scavi in prossimità di cavità carsiche piene d'acqua, la pressione può essere molto elevata e se si intercetta tali cavità gli effetti possono essere distruttivi. Drenare tale acqua potrebbe prosciugare le sorgenti a monte che approvvigionano gli acquedotti dei centri abitati.

SONDAGGI E PERFORAZIONI

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Mediante i sondaggi geognostici è possibile:

- rilevare l'andamento stratigrafico lungo una verticale, fino a profondità che possono ampiamente superare i cento metri;
- prelevare campioni di terreno sia rimaneggiati che indisturbati, per l'esecuzione di prove geotecniche in sito o in laboratorio;
- eseguire prove di penetrazione dinamica tipo S.P.T. (Standard Penetration Test);
- eseguire prove di permeabilità in sito;
- eseguire prove geotecniche in sito (pressiometriche, scissometriche, ecc.);
- installare piezometri per rilevare la presenza e le escursioni di falde acquifere;
- installare inclinometri per rilevare la presenza di movimenti del terreno e controllarne l'evoluzione nel tempo;

MACCHINA DI PERFORAZIONE

- Macchina cingolata: si può spostare anche dove non ci sono strade
- Macchina su quattro ruote motrici

Componenti della macchina di perforazione:

- slitta di avanzamento
- testa di rotazione (tavola rotary): dà il moto rotazionale al perforatore
- aste di perforazione: tubi di ferro filettati cavi all'interno, lunghi circa 1-2 m, diametro circa 10 cm.

Perforazione a rotazione a carotaggio continuo

La perforazione è eseguita mediante un utensile tagliente che ruota avanzando sul fondo del foro ed ingloba i terreni attraverso un taglio circolare degli stessi.

Carotiere: tubo di acciaio (lunghezza 1-2 m) nel quale si raccoglie il campione:

- *semplice*: si ottiene campione disturbato (tubo metallico ad una sola parete);
- *doppio*: si ottiene campione indisturbato (tubo esterno rotante che taglia il terreno e tubo interno fisso che accoglie la carota).

Corona: parte terminale del carotiere, che ha lo scopo di tagliare il terreno. Il tipo di corona si sceglie in base al materiale (per materiali molto duri, corona in diamante).

- Alesatore: serve a rendere il foro più regolare.
- Tubazioni di rivestimento: servono per non far crollare le pareti del foro, in base alle caratteristiche del materiale e al tipo di scavo si decide se usarle o meno. Il carotiere viene introdotto all'interno della tubazione.
- Fluidi di perforazione: solo acqua oppure acqua + fanghi bentoninici, servono per raffreddare la corona durante la perforazione, per portare i detriti in superficie e diminuire l'attrito tra tubazioni di rivestimento e terreno. Si possono fare anche perforazioni a secco. A causa dell'attrito la tubazione di rivestimento può non farcela più a scendere, occorre quindi inserire all'interno una tubazione di diametro più piccolo.

PROVE IN FOKO

13

P83

* PROVA PENETROMETRICA

- effettuata con una punta infissa a percussione nel terreno
- misura della resistenza del terreno \Rightarrow si misura la penetrazione della punta in relazione alla forza impressa;
- si fa una prova ogni volta che c'è un orizzonte stratigrafico tra materiali diversi;
- si conta il n° di colpi necessari per infiggere la punta:
 - per i primi 15 cm
 - per i secondi 15 cm
 - per i terzi 15 cm
 - (la punta misura 45 cm)
- i primi 15 cm vengono scartati, gli altri due vengono sommati se sono simili tra loro (n° colpi per 30 cm).
 (lo scarto i primi 15 cm perché sono quelli necessari per riempire la punta (misura disturbata).
- la prova si esegue su terreni di consistenza omogenea (sabbie, argille); non su ghiaie e rocce lapidee;
- punta
 - \rightarrow aperta \Rightarrow materiali fini e compatti (argille)
 - \rightarrow chiusa \Rightarrow materiali più granulari (sabbie)

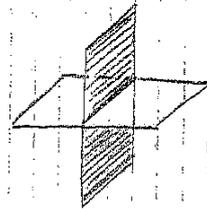
* PROVA PRESSIOMETRICA \Rightarrow per gallerie e fondazioni profonde

- materiali fini (argille, limi e sabbie)
- la prova dura circa un'ora
- modalità della prova:
 - \rightarrow si perfora fino alla profondità voluta
 - \rightarrow si sostituisce il carotiere con uno di diametro ridotto e si perfora (≈ 50 cm) per inserire il pressiometro.
 - pressiometro = cilindro che si gonfia a pressione facendo cedere il terreno circostante. In base alla pressione richiesta si caratterizza il terreno circostante.
 - Il pressiometro ha in alto e in basso due celle di guardia che impediscono al terreno sopra e sotto di

* GEOFISICA IN FORO → fornisce la resistività dei materiali.

* PIOVA SCISSOMETRICA (VANE TEST)

- valuta la resistenza al taglio del terreno
- si esegue su sabbie sciolte
- vengono infitte delle alette per circa 50 cm nel terreno, poi si applica un certo momento torcente



- nel momento in cui le alette si muovono viene raggiunta la rottura del materiale

* PROVE A DISTRUZIONE

- SCALPELLO TRICONICO: macina il materiale, il materiale esce sotto forma di sabbia fine anche quando originariamente era granuloso. Non è adatto per determinare la stratigrafia

* CONDIZIONAMENTO DEI FORI DI SONDAGGIO

- finito il foro si possono inserire strumenti di controllo per fare ulteriori sondaggi.

• CONDIZIONAMENTO PIEZOMETRICO

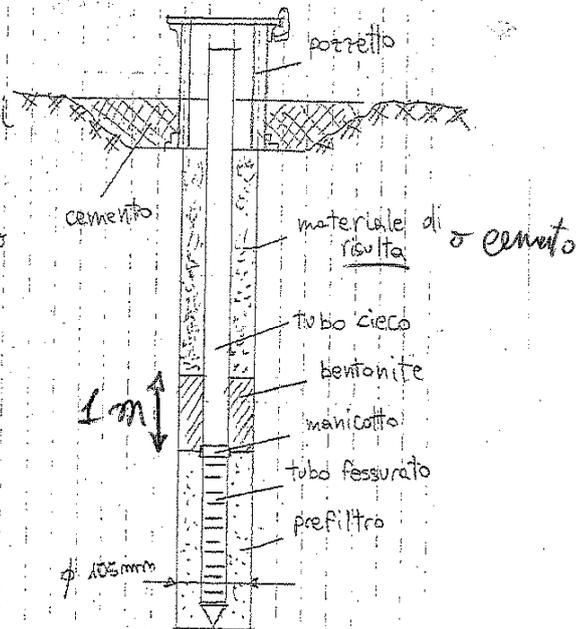
↳ rileva le oscillazioni dei livelli idrici

↳ si esegue la perforazione

- si inserisce un tubo piezometrico dotato di fessure tanto più grandi quanto più il materiale è granuloso, nei punti in cui arriva l'acqua. Dove non c'è l'acqua il tubo è senza fessure.

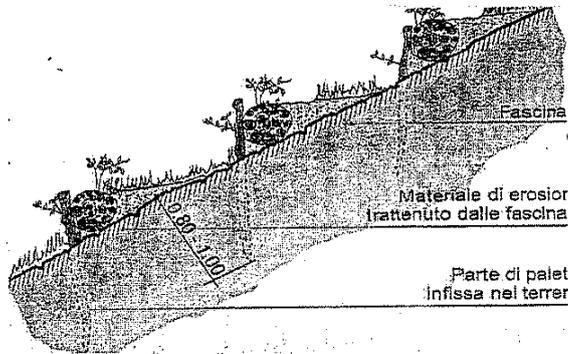
- materiale drenante → viene messo tra il terreno e il tubo per evitare che entri del materiale (pisello del ticino)

- il diametro del tubo dipende dalle attrezzature che bisogna inserire nel tubo stesso.



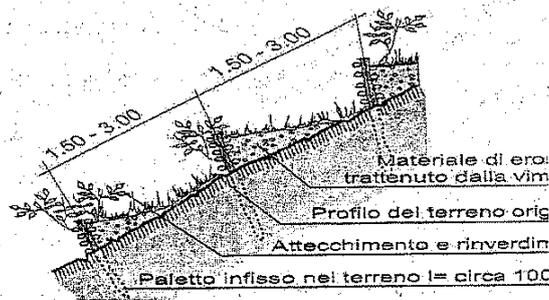
P140

- **viminate** = si piantano paletti di legno nel terreno e si costruiscono degli sbarramenti con rametti intrecciati per facilitare la rottura di pendio e impedire il dilavamento. Dietro si piantano degli apparati radicali. Col tempo il legno si deteriora ma l'apparato radicale ormai ha attecchito.



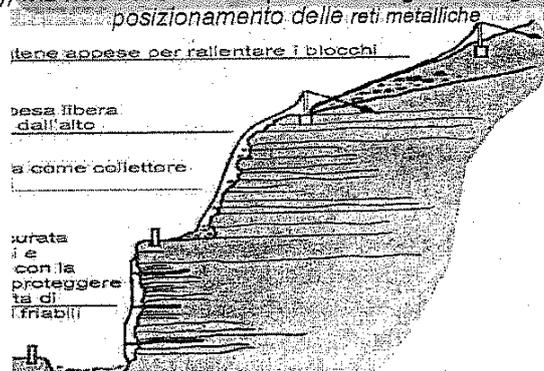
- **palificate** = invece dei rametti intrecciati si mettono degli assi di legno

SEZIONE TIPICA



Interventi attivi su versanti in roccia fratturata:

- **reti metalliche**: devono seguire la morfologia del versante altrimenti si accumulano sacche di detrito e nel tempo può crollare. Prima occorre far cadere i massi instabili e togliere tutta la vegetazione (disgaggio). Svantaggi: sono brutte esteticamente e hanno una durata media di 30 anni. Talvolta viene abbinato al beton spritz (miscela di acqua e cemento che viene spruzzata sul versante), ma non dove ci sono problemi di gelo e disgelo.



- **reti metalliche e rinforzi con funi**: le funi servono per trattenere i blocchi più grandi

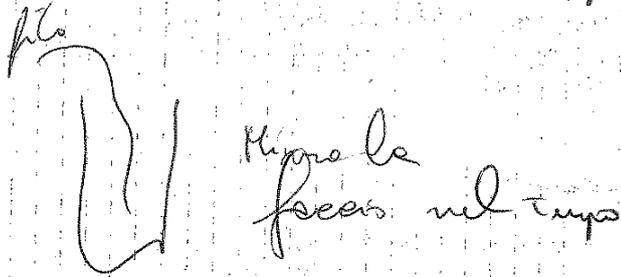
- strumentazioni per le misure piezometriche

- a) misuratore ad aria compressa
- b) misuratore automatico con sensore
- c) sonda elettrica - misura la pressione dell'acqua esercitata su una cella connessa allo strumento
- d) idrometrografo

È munito di un galleggiante che risale con il livello dell'acqua, registrando i dati con un pennino su carta

• CONDIZIONAMENTO TUBO INCLINOMETRICO (vedi Fenomeni Transiti)

IL TUBO PIEZOMETRICO DEVE essere
fatto del piezo campione



SCAVO DI POZZI e PERFORAZIONI

- fino a qualche decennio fa i pozzi venivano scavati a mano

* METODI DI PERFORAZIONE

• PERFORAZIONE A PERCUSSIONE

- usato per sedimenti sciolti

- attrezzatura:

- ↳ macchina di perforazione posta su un autocarro
- ↳ cucchiaia ⇒ tubo che ha nella parte base degli scalpelli e una valvola che si apre quando nel tubo entra il materiale e si richiude quando il tubo viene alzato. La cucchiaia può avere anche un diametro di 1 m.

↳ Torre di perforazione a cui è attaccato un cavo con un tamburo che puzza nella cucchiaia facendola avanzare

- man mano che la cucchiaia avanza si fa scendere la tubazione di rivestimento (infissione per avanzamento per avvitamento, senso orario - antiorario). Le tubazioni devono essere saldate. Devono essere di diametro maggiore rispetto alla cucchiaia.

• PERFORAZIONE A ROTAZIONE → simile a quella per sondaggi (parte in rotazione con tavolo rotante)

- si usa sia per materiali sciolti, sia per rocce molto dure

(dipende dal tipo di scalpello che si usa)

- con questo sistema non si può andare oltre il metro di diametro.

- scalpelli → scalpello tricono

↳ Scalpello al diamante (per materiali molto duri)

- circolazione dell'acqua < solo acqua / acqua + fanghi

↳ circolazione diretta = attraverso le tubazioni manda giù acqua che lubrifica lo scalpello e poi torna su attraverso la tubazione di rivestimento portando il materiale fine. Il materiale si deposita in una vasca dove l'acqua viene fatta sedimentare e poi viene riutilizzata.

↳ circolazione inversa = si manda giù l'acqua attraverso la tubazione di rivestimento e la si fa risalire all'interno

• PERFORAZIONE ELICOIDALE

- utilizzate per fare fondazioni profonde (non per pozzi)
- non ci sono tubazioni di rivestimento, quindi se il materiale è molto instabile non si riesce a fare il foro (si usa per materiale molto non troppo instabile)
- attrezzatura = trivello di perforazione collegata con aste telescopiche che permettono di prendere fino a 10-15 m

• ATTREZZATURE CON MARTELLI PERFORATORI

- utilizzo:

- coltivazioni di cave (ci fanno i fori dove poi viene messo l'esplosivo)
- sistemi di ancoraggio (fori nella roccia in cui vengono inseriti tasselli per cucine e stabilizzare versanti)
- iniezioni - consolidamenti (perforazioni di piccolo diametro nei sedimenti in cui vengono iniettate molte cementizie o resine).

- spesso utilizzato per fare fori inclinati
- macchina molto piccola e leggera
- non si può usare per ricavare la stratigrafia (è una specie di trepano).

* ATTREZZATURA PER CONDIZIONAMENTO DI UN POZZO

- finita la perforazione si inseriscono

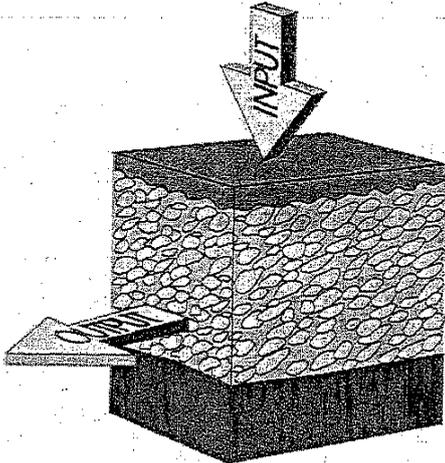
- tubi ciechi = in corrispondenza delle zone dove non c'è acqua
- Tubi filtro = nelle zone dove c'è acqua
- pompe
- ghiaietto calibrato per il prefiltro

- viene messa nella parte bassa la puntata conica
- si inseriscono le tubazioni (cieche dove non c'è acqua, filtro dove c'è acqua) → lunghezza stabilite in base alla stratigrafia
- viene messo materiale di prefiltro (ghiaietto siliceo → perché se entra detrito nel pozzo viene mandato dell'acido, il prefiltro

IDROGEOLOGIA: CONCETTI GENERALI

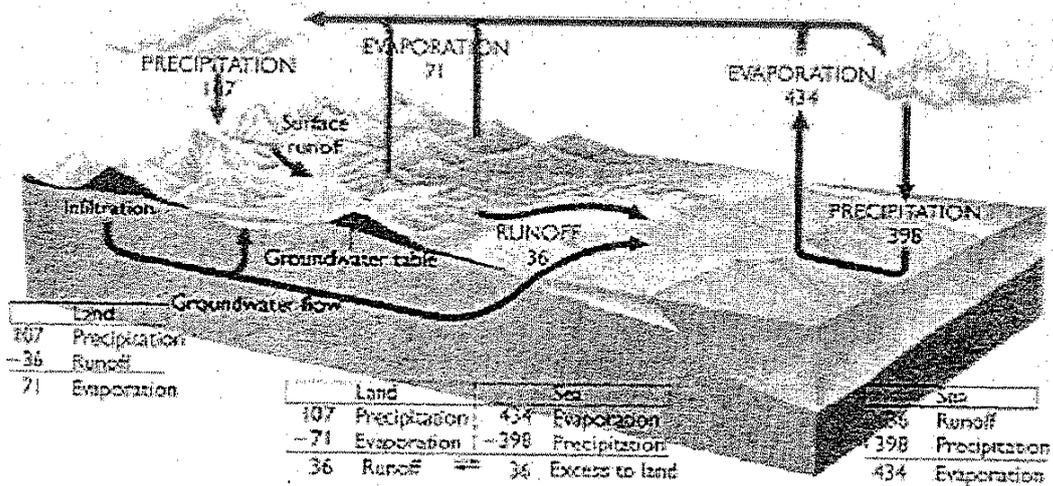
Idrologia = studia le acque superficiali
 Idrogeologia = studia le acqua sotterranee

Genesi delle risorse idriche



l'acqua attraverso gli spazi tra i granuli, entra ed esce dall'ammasso roccioso

IL CICLO IDROGEOLOGICO - FORMAZIONE, DINAMICA E RINNOVAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE



Il processo di evaporazione, trasporto del vapore, condensazione, precipitazione e flusso d'acqua dalle terre emerse agli oceani.