



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari

"PARATIE MULTIANCORATE"

(progetto, applicazioni e tecnologie)

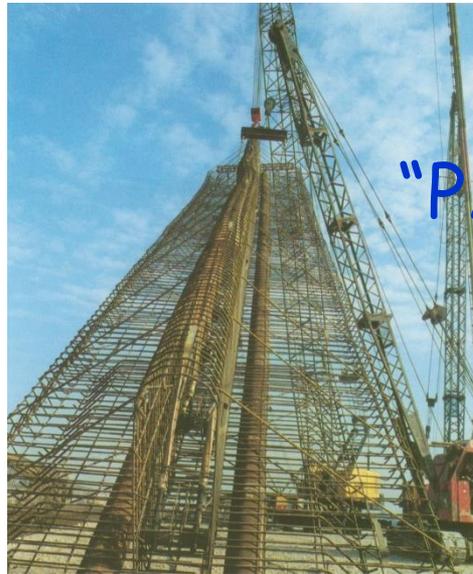
4ª Edizione

Dott. Ing. Alberto Garrasi

Consulente in geotecnica e fondazioni speciali

Bari, 22-29 Gennaio / 05-12-19 Febbraio 2019

Sede Ordine Ingegneri Bari



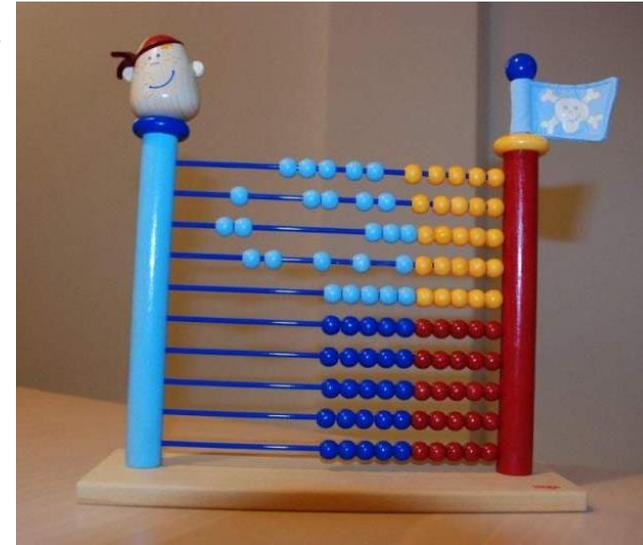
1ª SESSIONE

Introduzione - Campi di applicazione - Metodi di calcolo/1
Bari, 22 Gennaio 2019



2ª SESSIONE

Metodi di calcolo/2 - Software di calcolo
Bari, 29 Gennaio 2019



3ª SESSIONE

Verifiche di stabilità
Aspetti esecutivi
Bari, 5 Febbraio 2019



4ª SESSIONE

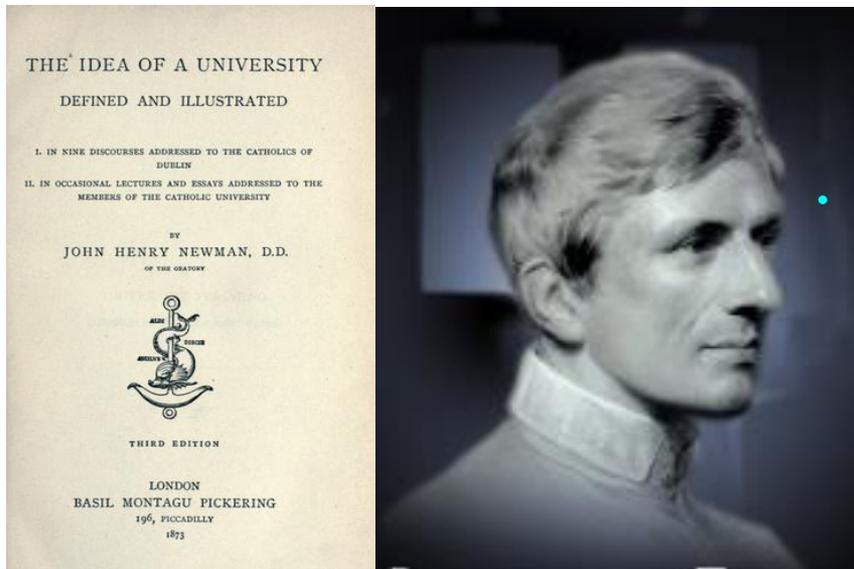
Normative - Monitoraggio
Aspetti contrattuali
Bari, 12 Febbraio 2019



5ª SESSIONE

Tiranti di ancoraggio
Bari, 19 Febbraio 2019

IL CORSO È STATO PENSATO ED ARTICOLATO PER FORNIRE UNO “STATO DELL’ARTE CRITICO” SULLA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELLE PARATIE MULTIANCORATE



“ voglio teste ben fatte,
non teste ben piene ”

John Henry Newman (1801-1890)

Questo non è un "corso di specializzazione" sulla progettazione delle paratie multiancorate.

È piuttosto una trasmissione di "esperienza ragionata" sui principali aspetti che l'ingegnere si trova ad affrontare quando deve progettare e realizzare una paratia multiancorata.

(da un manoscritto di Girolamo Ippolito)

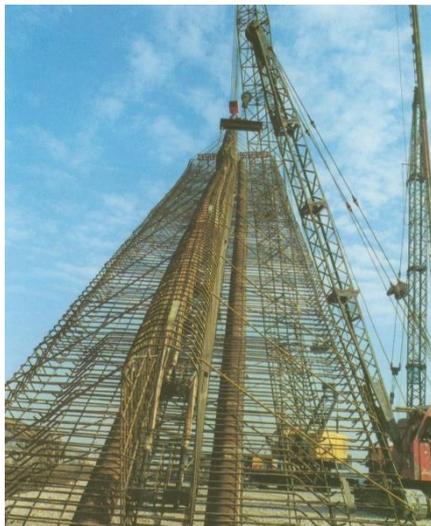
.... la teoria da sola nel campo delle scienze conduce fatalmente ad un punto morto e solo, per dirla col nostro massimo poeta:

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





PROGRAMMA DEL CORSO



INTRODUZIONE AL CORSO

TIPOLOGIE E CAMPI DI APPLICAZIONE

METODI DI CALCOLO

STABILITÀ DEL FONDO SCAVO

ASPETTI ESECUTIVI

A CONFRONTO CON LA NORMA

TIRANTI DI ANCORAGGIO

1ª SESSIONE : 22 Gennaio 2019

1. INTRODUZIONE AL CORSO
2. CAMPI DI APPLICAZIONE E TIPOLOGIE DELLE “OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI”
3. METODI DI CALCOLO : PARTE PRIMA



2ª SESSIONE : 29 Gennaio 2019

4. METODI DI CALCOLO : PARTE SECONDA
 - Metodi di calcolo “a rottura” : terreno rigido-plastico
 - Esercitazioni con risoluzione di paratie a sbalzo e con tirante senza ausilio di computer
 - Metodi di calcolo con terreno discreto elasto-plastico
5. APPROCCIO CRITICO AI SOFTWARE DI CALCOLO GEOTECNICO

3ª SESSIONE : 5 Febbraio 2019

6. STABILITA' DEL FONDO SCAVO
7. STABILITA' GLOBALE
8. ASPETTI ESECUTIVI
 - Paratie in c.a. gettate in opera
 - Paratie in c.a. prefabbricate
 - Diaframmi di pali
 - Berlinesi di micropali e tiranti
 - Palancolate metalliche

PROGRAMMA

4ª SESSIONE : 12 Febbraio 2019

9. IL RUOLO DELLE NORMATIVE : UN APPROCCIO CRITICO

- Premesse
- La progettazione geotecnica secondo NTC 2018
- La progettazione delle paratie multiancorate secondo NTC 2018

10. PARATIE MULTIANCORATE : IL RUOLO DEL MONITORAGGIO

11. a) ASPETTI CONTRATTUALI

11. b) ANALISI DI COSTO : UN ESEMPIO

5ª SESSIONE : 19 Febbraio 2019

12. TIRANTI DI ANCORAGGIO

- Campi di applicazione
- Tipi di tiranti disponibili sul mercato
- Il processo di progettazione dei tiranti
 - ✓ Lunghezza libera
 - ✓ Armatura
 - ✓ Prove preliminari “di progetto”
- Modalità esecutive e piano dei controlli in corso d'opera
- Test di collaudo : programmazione e criteri di accettazione del tirante
- Le “Specifiche tecniche per i tiranti” come documento di progetto
- La Normativa sui tiranti di ancoraggio : approccio critico
- Aspetti contrattuali

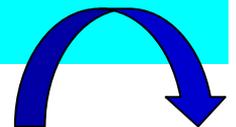
13. CONCLUSIONI

14. VERIFICA FINALE DELL'APPRENDIMENTO

PROGRAMMA

OBIETTIVI DEL CORSO

Fomentare la
consapevolezza
dell'importanza dei
seguenti aspetti:



OBIETTIVI DEL CORSO



1. CONCEPIRE IL PROGETTO COME UN TUTTO ORGANICO

2. CONOSCERE I PRESUPPOSTI PER UNA CORRETTA PROGETTAZIONE

3. SAPER INDIVIDUARE GLI ASPETTI CRITICI DEL PROGETTO

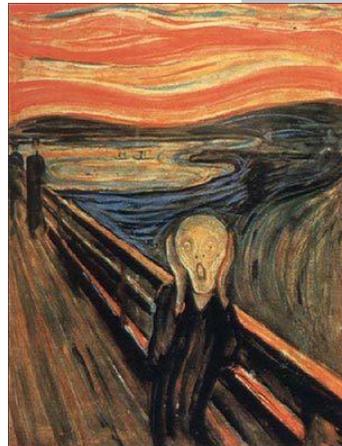
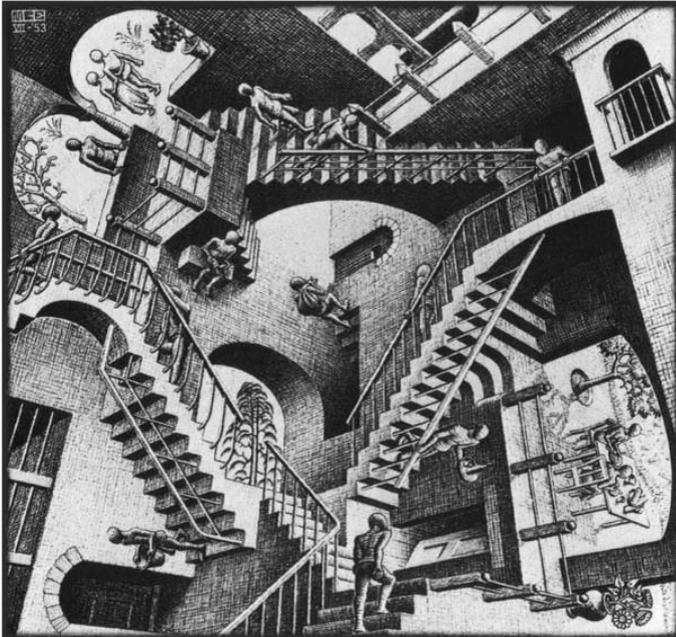
4. APPROCCIO CRITICO ALLA NORMATIVA

5. CONCEPIRE IL PROGETTO COME PARTE DEL BENE COMUNE

1. Concepire il progetto (e la sua realizzazione) come un tutto organico, e non come una mera giustapposizione di attività



L'INGEGNERE NON È UNO SCHIZOFRENICO



2. Presupposti per una corretta progettazione :

- comprensione del fenomeno fisico
- visione unitaria della realtà, ancorché questa sia complessa
- conoscenza del processo di progettazione geotecnica
- consapevolezza che il "MODELLO" (modello geotecnico + modello di calcolo) NON E' la realtà
- familiarità con gli ordini di grandezza
- saper risolvere manualmente le strutture più semplici
- buona conoscenza delle tecnologie e del cantiere
- "tenere a bada" la Normativa

3. Saper individuare, di volta in volta, gli aspetti critici del progetto

- come progettista
- come direttore dei lavori
- come direttore tecnico di cantiere
- (in subordine : come collaudatore / come RUP)

4. Approccio critico alla Normativa

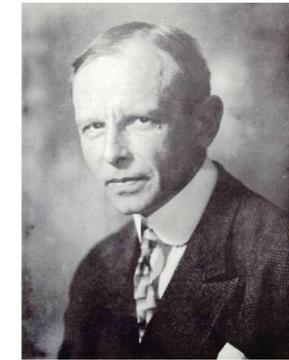
5. Concepire il progetto come parte del "Bene Comune" : in una Società ben costituita il lavoro ben fatto deve produrre ricchezza



*L'ILLECITO ARRICCHIMENTO È APPLICABILE ANCHE
ALLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE*

INTRODUZIONE AL CORSO

COMPRESIONE DEL FENOMENO FISICO & CAPACITÀ CRITICA : da Cato Maior a Karl Terzaghi



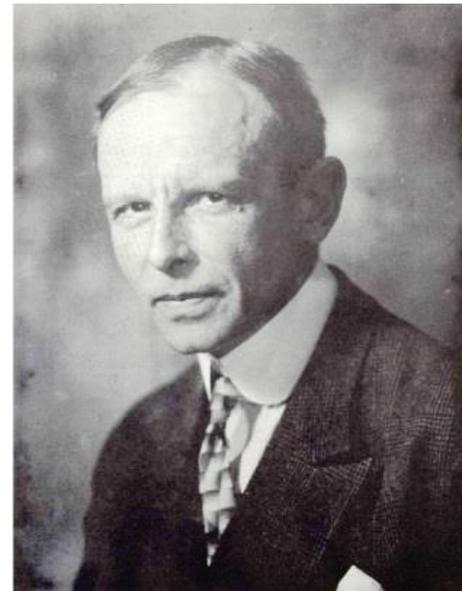
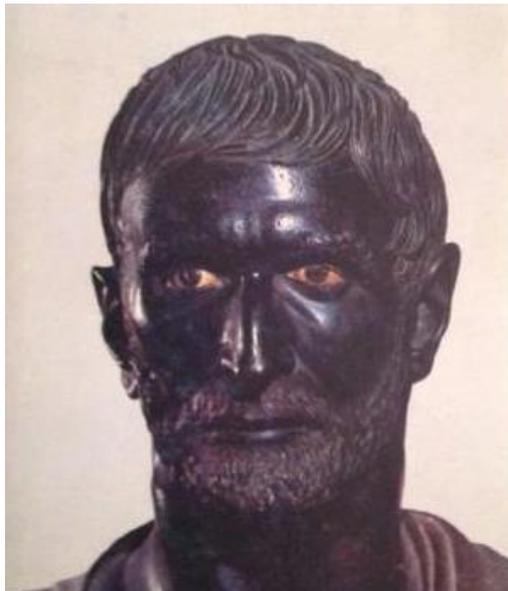
GEOTECNICA & FONDAZIONI SPECIALI : una storia anche italiana

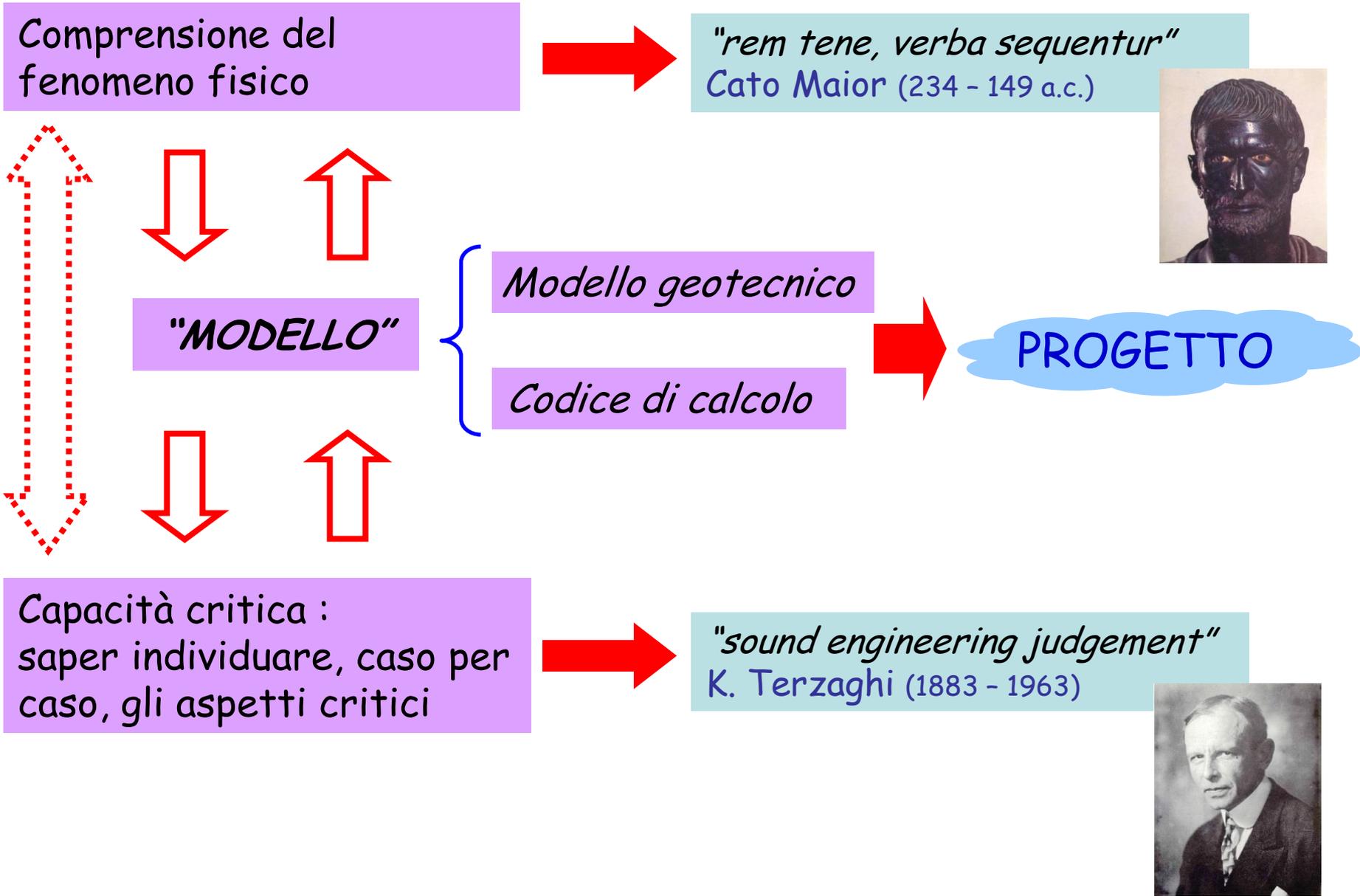
COMPRENSIONE DEL FENOMENO FISICO

&

CAPACITÀ CRITICA

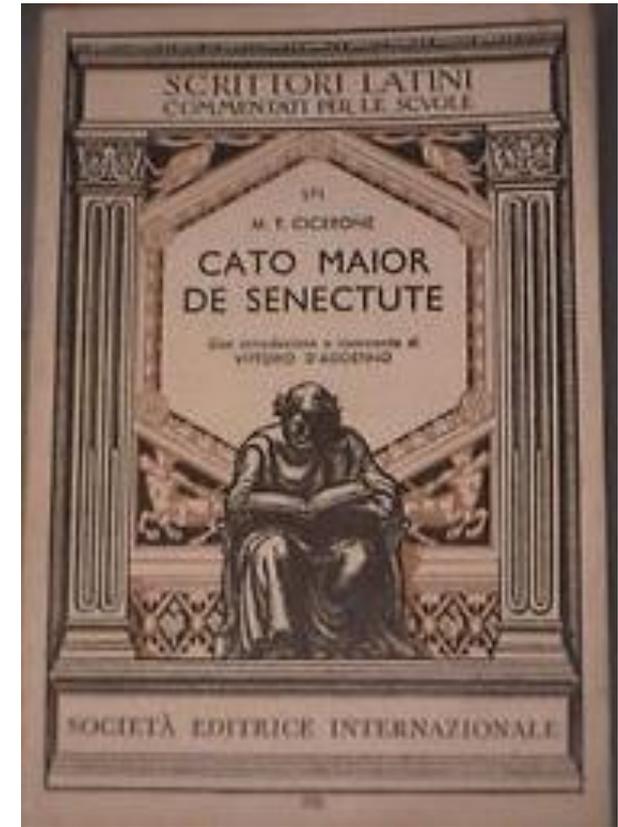
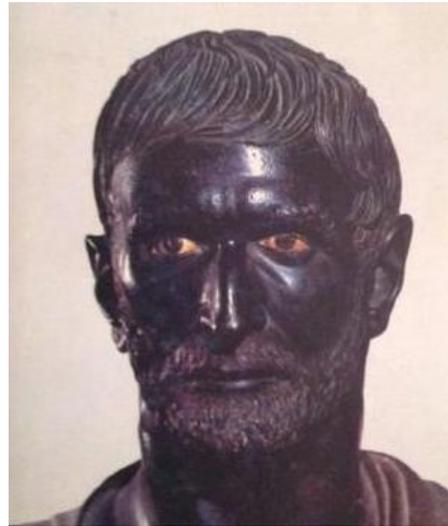
da Cato Maior a Karl Terzaghi





OMAGGIO A CATO MAIOR "civis romanus"

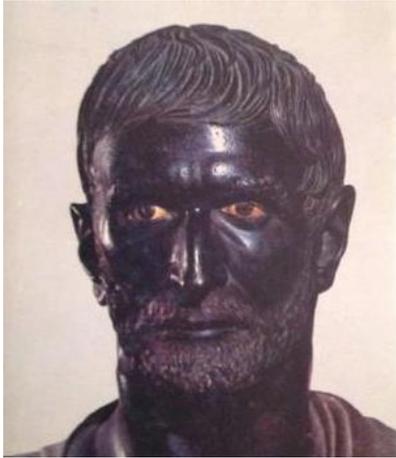
"In omnibus rebus singulari fuit industria. Nam et agricola solers et peritus iuris consultus et magnus imperator et probabilis orator et cupidissimus litterarum fuit."
Cornelio Nepote – Vita di Catone
(1° sec. a.c.)



attualità di Catone

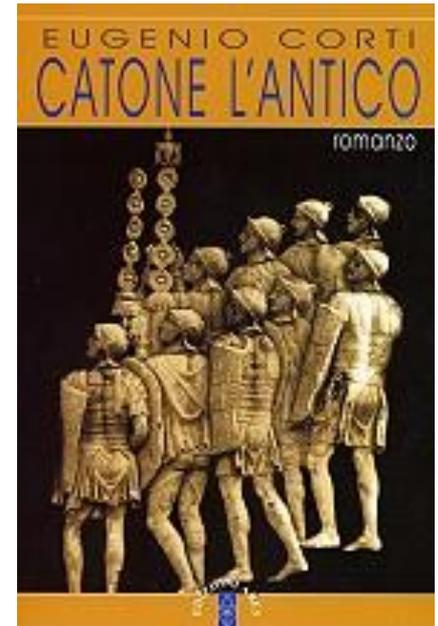
"Fures privatorum furtorum in nervo atque in compedibus aetatem agunt, fures publici in auro atque in purpura ."

*I ladri di cose private passano la vita in ceppi e catene,
quelli pubblici nell'oro e nella porpora .*



OMAGGIO A CATO MAIOR "civis romanus"

attualità di Catone / 2



Anno 198 a.c. - Catone è Pretore, governatore di Sardegna e Corsica.

Appena insediato convoca banchieri ed usurai, minacciando di espellerli se non cesseranno di sfruttare esosamente i sudditi di Roma. Ad uno dei banchieri che gli ricorda che loro sono cittadini romani così risponde :

“Vi siete mai domandati cosa comporta essere cittadini di Roma ? Comporta agire con dignità e secondo giustizia, come hanno sempre insegnato i nostri padri.

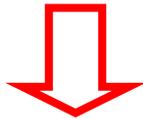
Il cittadino disonesto, il ladro, insudicia il nome romano.

E chi pratica l'usura è il peggiore tra i ladri perché oltre al denaro non di rado ruba anche la vita delle sue vittime : gliela succhia fuori.”

Eugenio Corti – Catone l'Antico . Ed ARES Milano

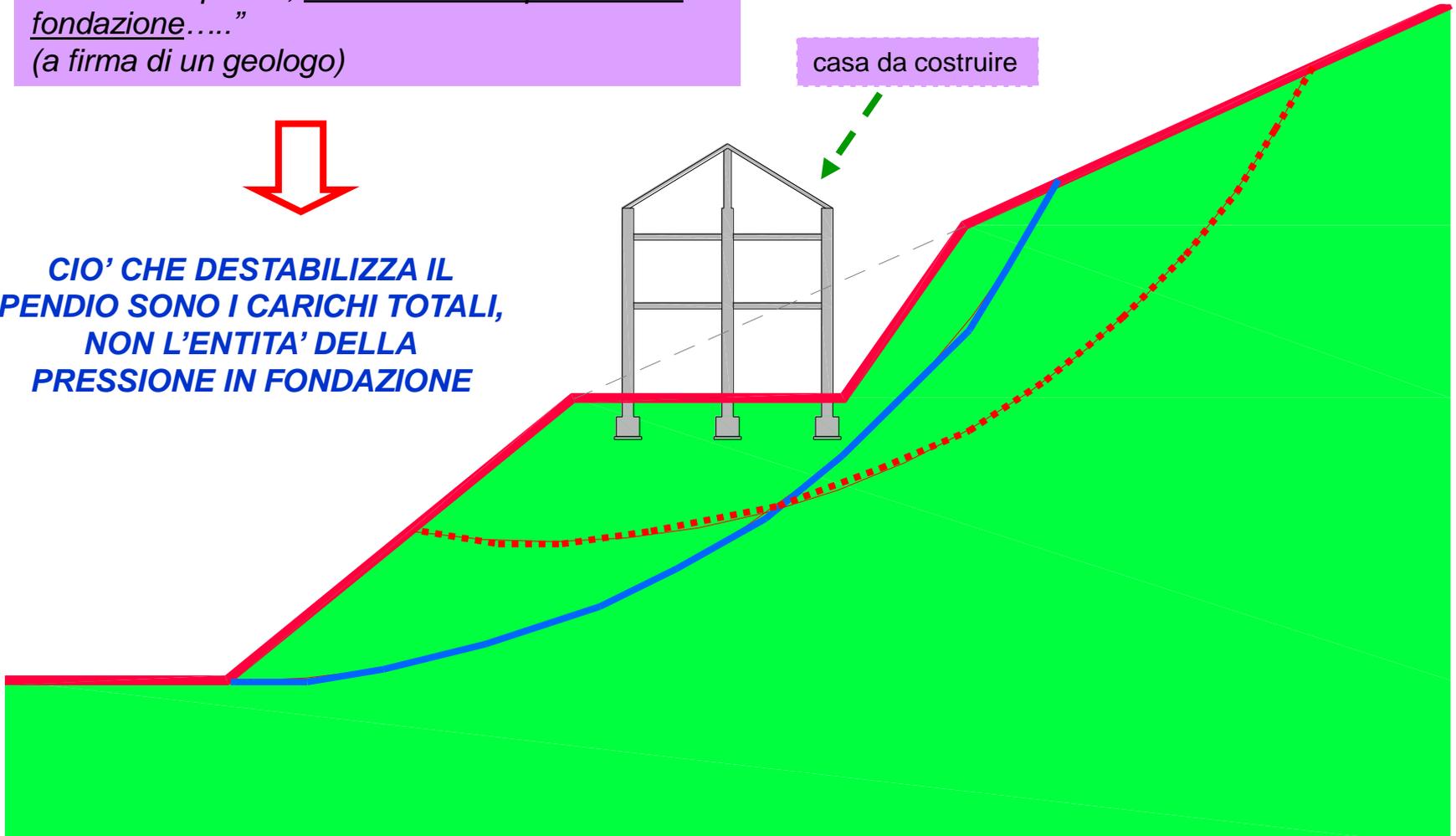
ESEMPIO DI MANCATA COMPRENSIONE DEL FENOMENO FISICO / 1

*“Considerando che il pendio è al limite della stabilità, si sconsigliano le fondazioni su plinti, dovendosi invece privilegiare quelle su travi rovesce o a platea, che riducono le pressioni in fondazione.....”
(a firma di un geologo)*



**CIO' CHE DESTABILIZZA IL
PENDIO SONO I CARICHI TOTALI,
NON L'ENTITA' DELLA
PRESSIONE IN FONDAZIONE**

casa da costruire



ESEMPIO DI MANCATA COMPRESIONE DEL FENOMENO FISICO / 2

da un libro di testo di scuola media :

"Le dighe sono soggette a pressioni enormi a causa della grande quantità d'acqua che trattengono."

P.S. Lo stesso concetto è stato enunciato durante una trasmissione TV della serie "MEGASTRUTTURE".

sentita in cantiere (dal carpentiere, con la superiore approvazione del geometra capo cantiere) :

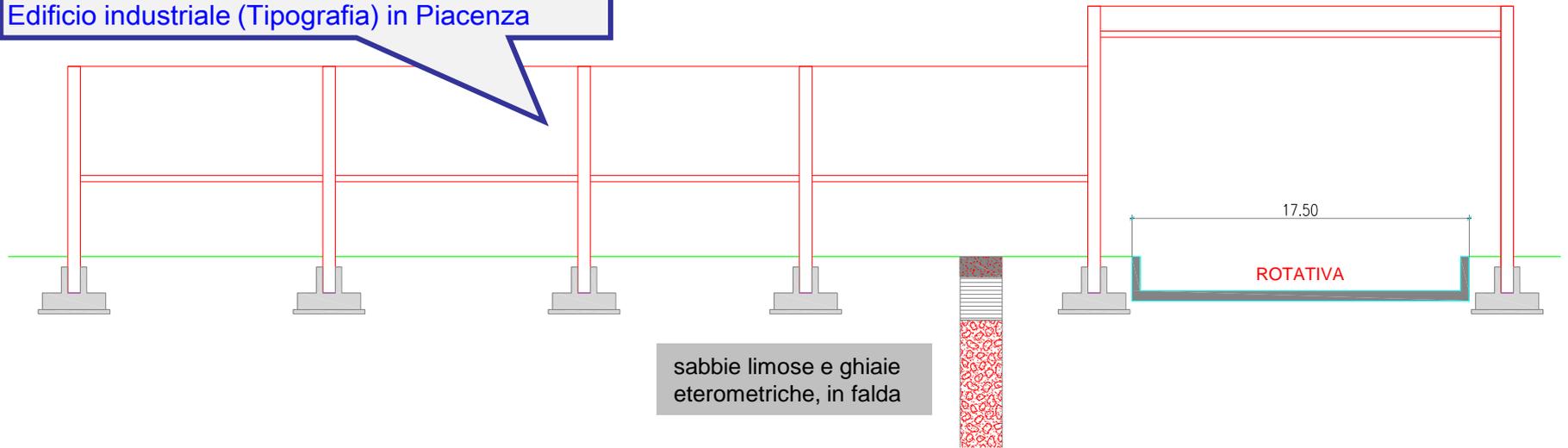
"La pressione esercitata in fase di getto dal calcestruzzo fluido sui casseri (nella fattispecie di un muro) non dipende dall'altezza del getto, ma è tanto maggiore quanto maggiore è lo spessore della parete."

P.S. Non sono riuscito a convincerli del contrario.

..... di un certo (quidam, non aliquis) geologo che calcolava i cedimenti di consolidazione del calcare di Bari

ESEMPIO DI MANCATA COMPRENSIONE DEL FENOMENO FISICO / 3

EDITORIALE LIBERTA'
Edificio industriale (Tipografia) in Piacenza

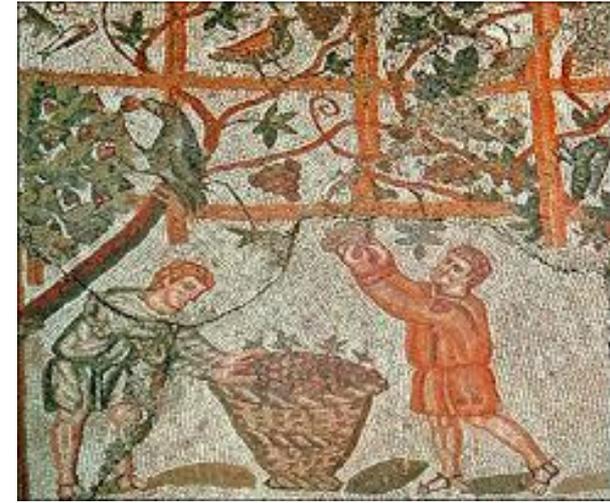


I «passi logici» (???) con cui [il geologo](#) aveva sviluppato la progettazione geotecnica:

1. Calcolo della capacità portante limite (in termini di pressioni) della platea di fondazione della rotativa :
 - naturalmente questa è molto elevata e di almeno un ordine di grandezza superiore allo scarico tensionale in esercizio (dove peraltro i pesi strutturali sono pari a 10 volte quelli della rotativa).
2. Calcolo dei cedimenti corrispondenti all'area di fondazione caricata con una pressione pari alla capacità portante limite:
 - questi risultano elevati, e quindi incompatibili con il buon esercizio dell'opera.
3. Conseguente decisione che si debba ricorrere ad una fondazione su pali, sia per la rotativa che per il capannone.

MANCATA COMPRENSIONE DEL FENOMENO FISICO / 4

*Felix qui potuit rerum
cognoscere causas
(Virgilio, Georgica 2,490)*

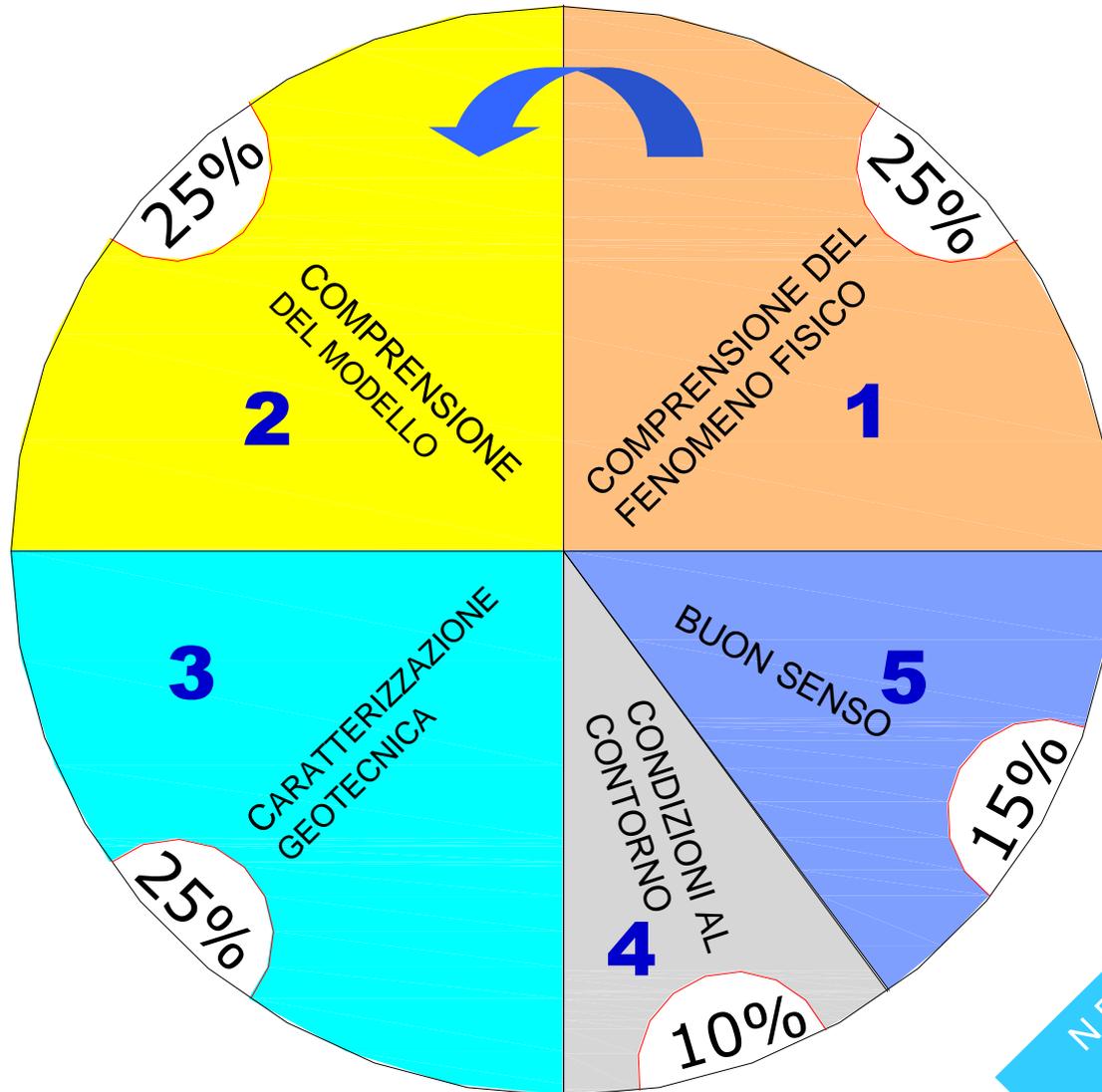


Virgilio tra le Muse Clio e Melpomene



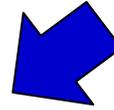
PROGETTAZIONE GEOTECNICA IN GENERALE

IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI

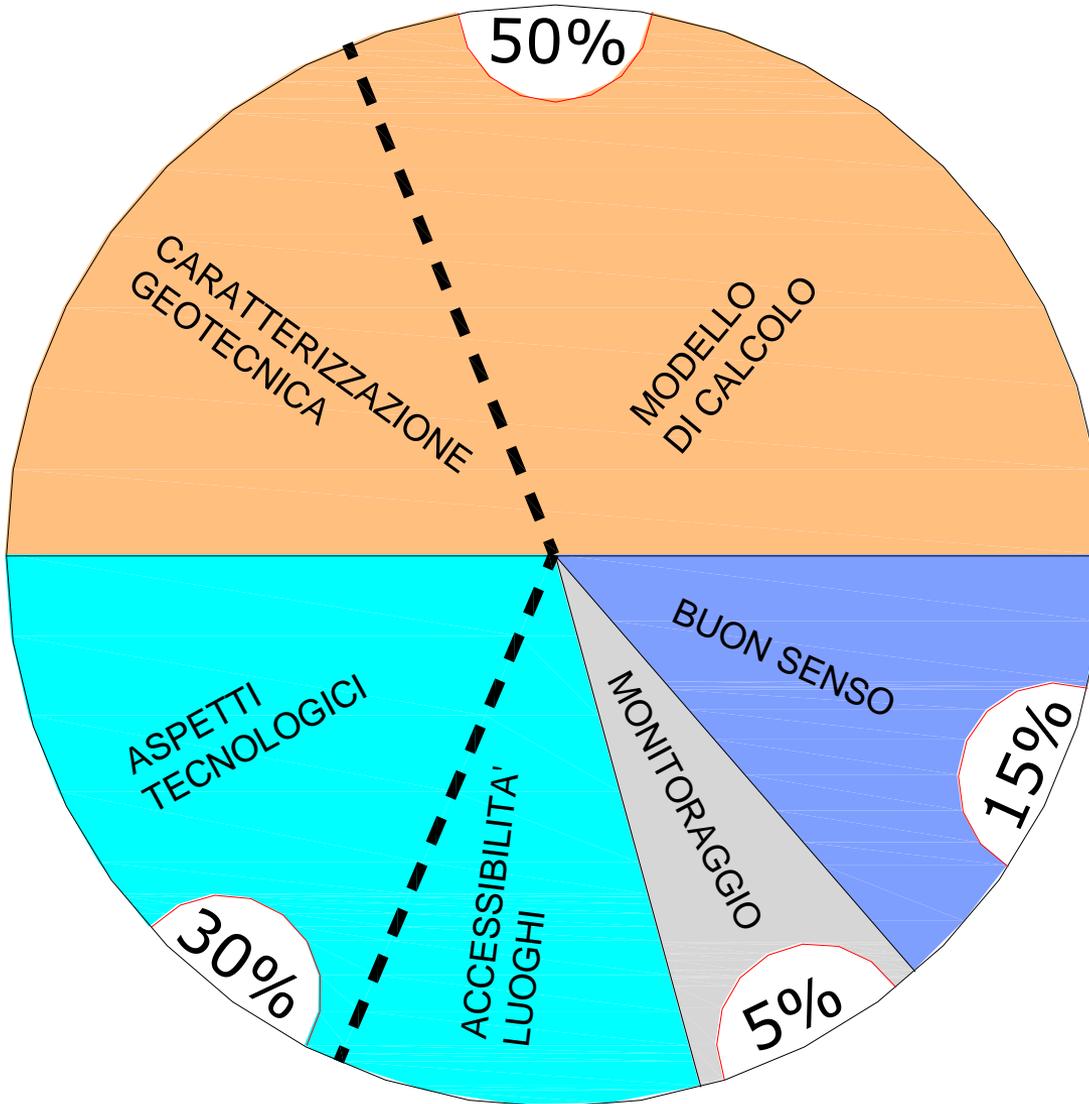


N.B. I PESI PONDERALI SONO INDICATIVI

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI



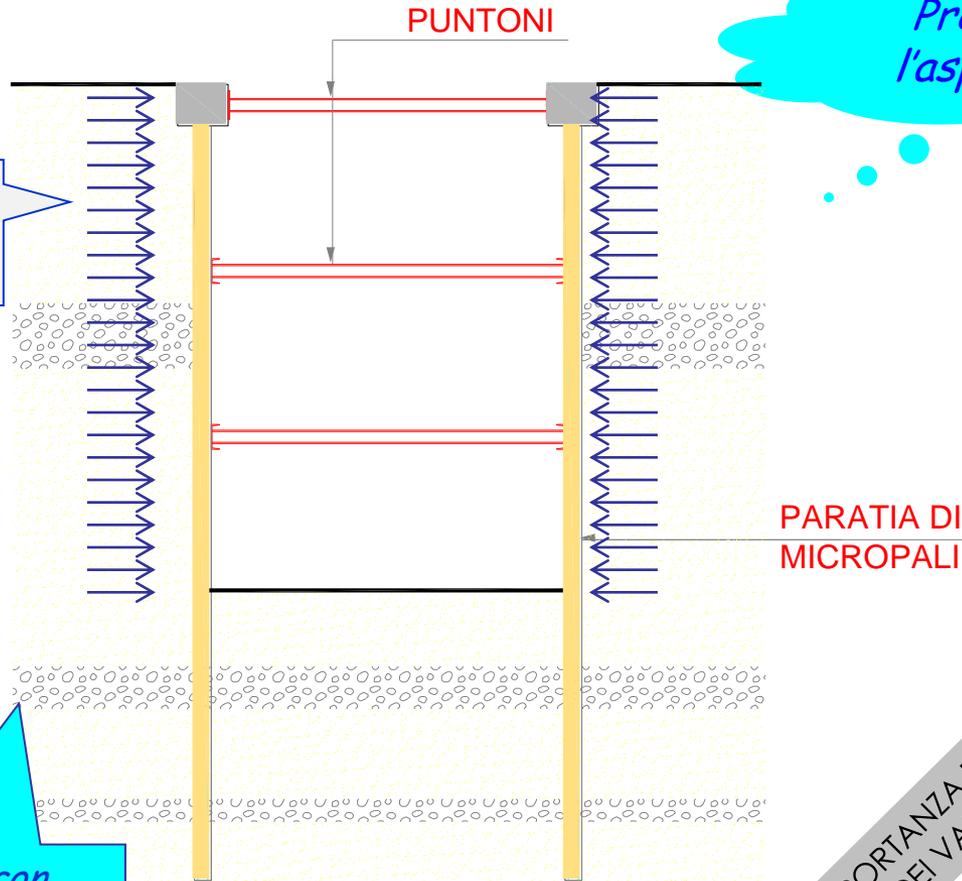
IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI



Nel prosieguo esamineremo 3 casi in cui i diversi aspetti della «torta» assumono, di volta in volta, importanza molto diversa.

CASO "A"

Paratie ravvicinate di micropali in alluvioni grossolane con lenti e strati di puddinghe (conglomerati tenacemente cementati)



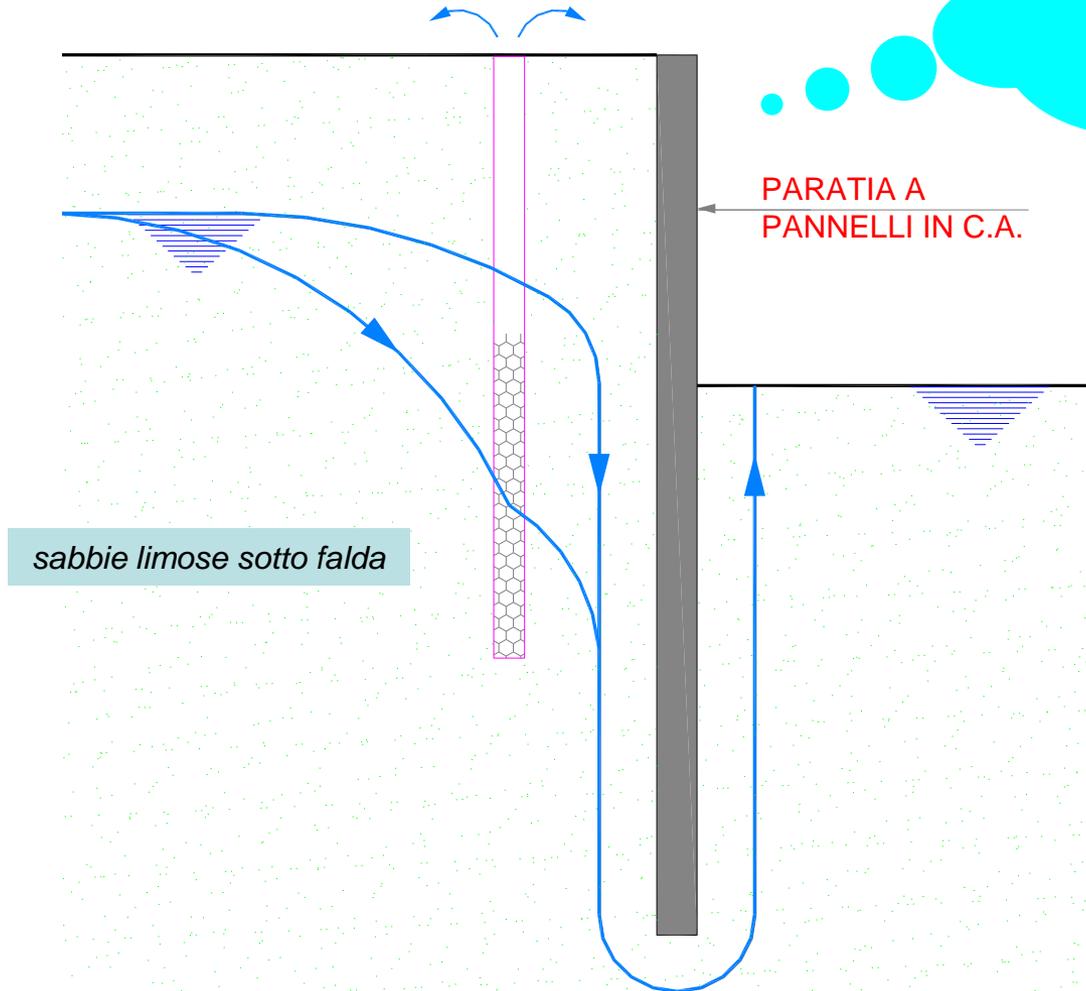
Diagrammi di spinta rettangolari o pseudo-rettangolari

Prevale nettamente l'aspetto tecnologico

Alluvioni grossolane con strati di conglomerato tenacemente cementati

IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI

CASO "B"
Paratia a pannelli in c.a. in sabbie
limose sotto falda.



PARATIA A
PANNELLI IN C.A.

*Assumono importanza
fondamentale gli aspetti
teorici (calcolo) e la
caratterizzazione
geotecnica*

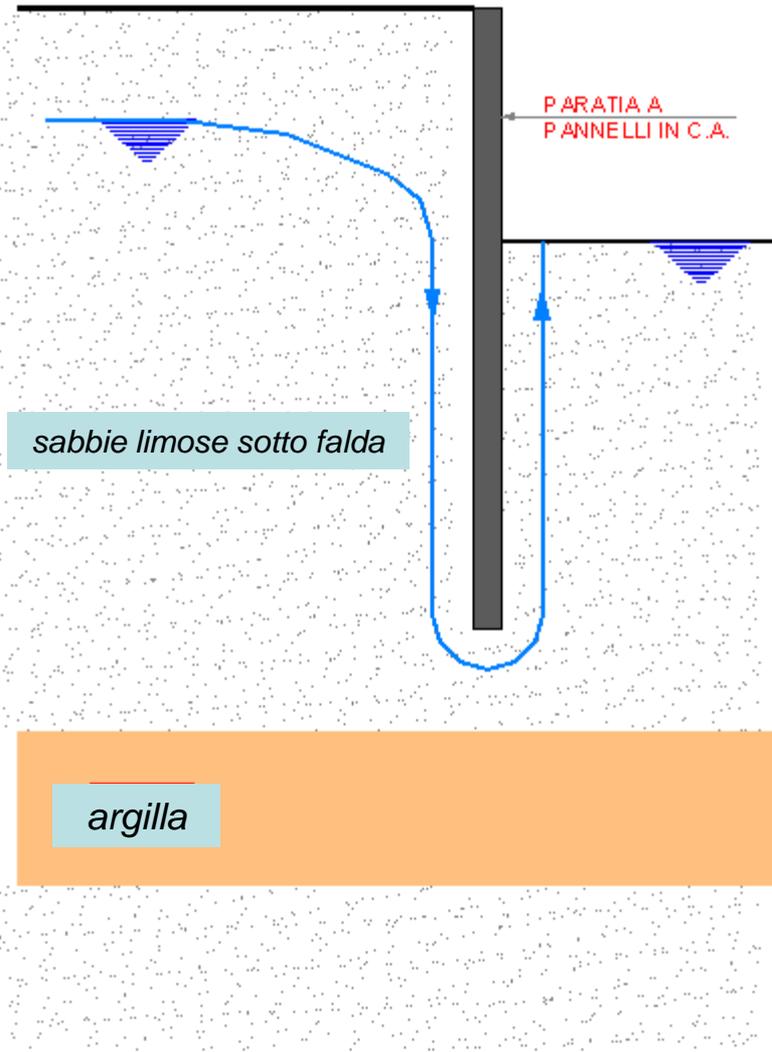
IMPORTANZA PONDERALE
DEI VARI ASPETTI

IMPORTANZA PONDERALE
DEI VARI ASPETTI

CASO B (seguito)

interazione tra:

- modello di calcolo
- indagini
- modello geotecnico



Modello di calcolo

calcolo agli stati limite
calcolo elasto-plastico

verifica al sifonamento
calcolo portate filtranti

incastro in argilla

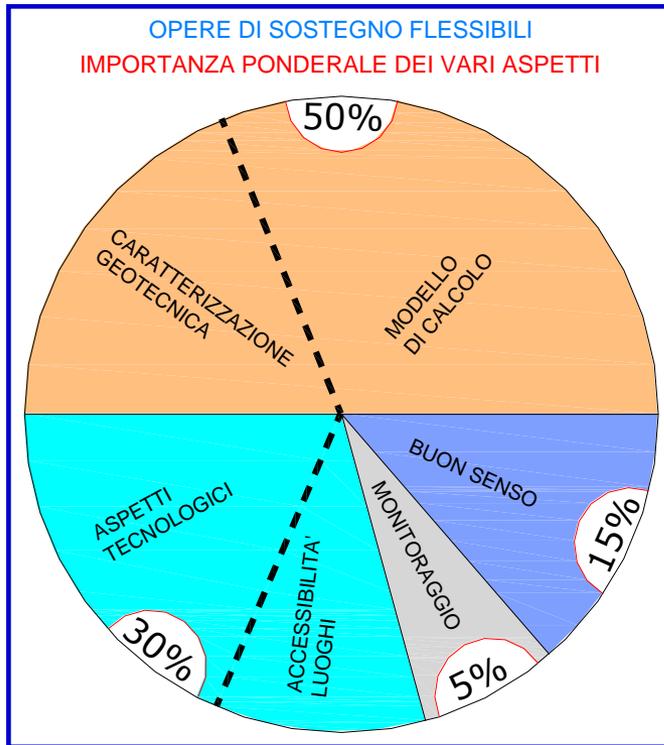
Modello geotecnico (parametri necessari)

stratigrafia
posizione falda

 $\gamma, \gamma', \phi', c'$
 $\gamma, \gamma', \phi', c' + \text{deformabilità}$

γ, γ'
 k (permeabilità) \Rightarrow la stima
 \Rightarrow la misura

nessun ulteriore parametro oltre
quelli necessari per le verifiche
strutturali



Abbiamo visto quanto sia importante saper individuare, caso per caso, gli aspetti critici del "progetto" (inteso in senso lato, includendo la fase di esecuzione dell'opera).

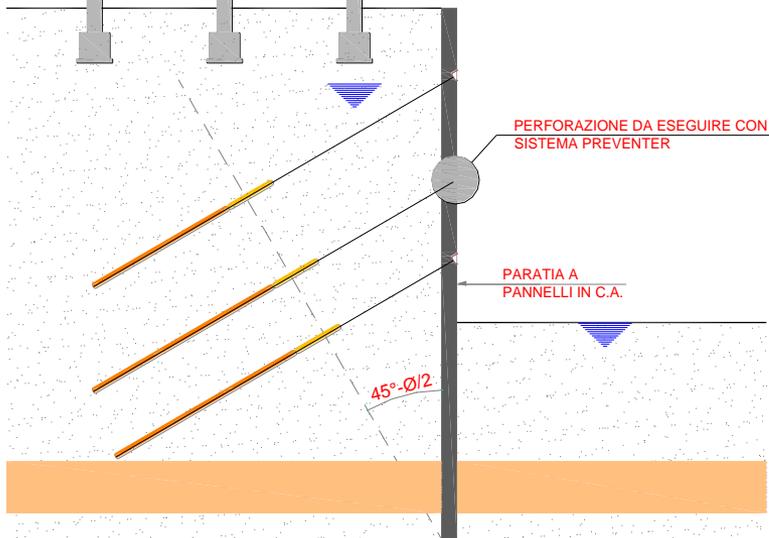
Tuttavia ciò non vuol dire che si possano trascurare gli altri aspetti necessari a definire compiutamente il progetto ed a garantirne la corretta esecuzione.



*"Bonum ex integra causa,
 malum a quovis defectu"*

(il bene scaturisce da cause tutte integre,
 il male nasce da un qualsivoglia difetto)

CASO "C"
Paratia a pannelli in c.a.
multiancorata in alluvioni sotto falda,
a sostegno di uno scavo in fregio ad
edifici esistenti.



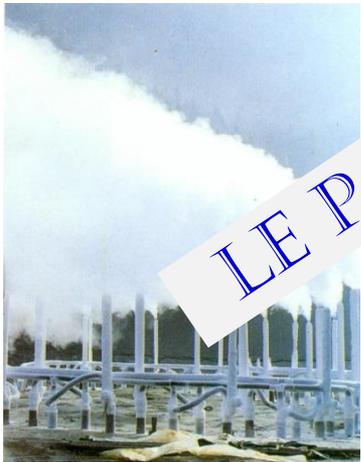
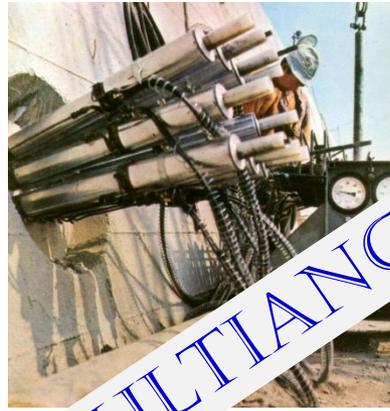
NON C'È UNA NECESSARIA
CORRELAZIONE TRA GLI ASPETTI
CRITICI DI UN PROGETTO ED IL
RICORSO A METODI DI
CALCOLO COMPLESSI
O TECNOLOGIE
PARTICOLARMENTE
SOFFISTICATE

PARATIE

TIRANTI

PALI

MICROPALI

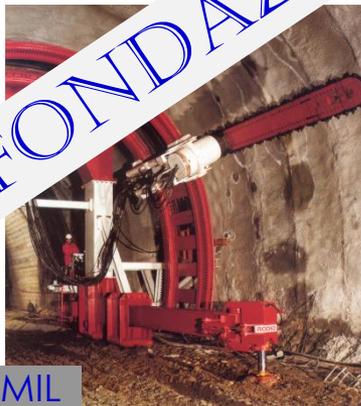


CONGELAMENTO

INFLAGGI

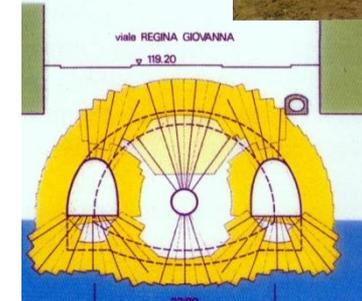
JET-GROUTING

PREMIL



SOIL MIXING

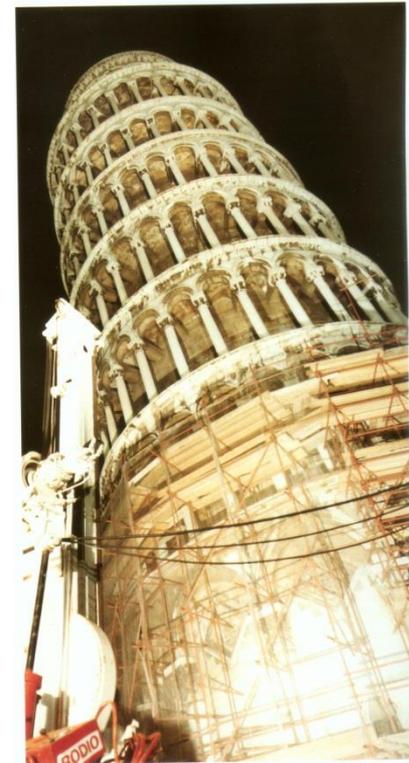
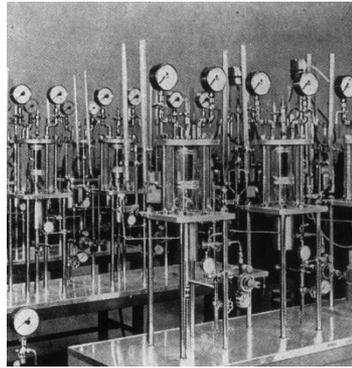
INIEZIONI



LE PARATIE MULTIANCORATE SONO "FONDAZIONI SPECIALI"



GEOTECNICA & FONDAZIONI SPECIALI UNA STORIA (ANCHE) ITALIANA



BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA

A.D. 1088

Nasce in Italia la prima Università
del mondo occidentale

... le fondamenta ...



L'ETÀ AUREA : QUANDO IMPRESE E MONDO ACCADEMICO COOPERAVANO



Ara Pacis Augustea – I secolo d.C.



Atto di costituzione di
Società in nome collettivo

L'anno 1921, nel atto 28. intestato
del mese di Febbraio in Milano.

I sottoscritti Sig. Giovanni Rodio
di Giovanni, nato a Sondrio, Sig.
Felix Heiser di Roberto nato a Aarau
(Svizzera) entrambi residenti in Brno, c.
concordano quanto segue:

1) E' costituita fra di essi una so-
cietà in nome collettivo con lo scopo di
eseguire qualsiasi lavoro attinente al-
l'industria civile, con esecuzione di
lavori edili, partecipazioni ad impianti
di fabbricazione, successi di prodotti
e di materiali da costruzione, sotto
la ragione sociale "Sig. Giovanni
Rodio & C. - Società Costituita".



L'ing. Giovanni Rodio
con Karl Terzaghi, nel 1953

L'atto costitutivo della
Rodio, anno 1921

L'ETÀ AUREA : QUANDO IMPRESE E MONDO ACCADEMICO COOPERAVANO



Politecnico di Milano
Facoltà di Ingegneria
Programma
di Istruzione Permanente

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI: diaframmi e palancolate

8 - 12 Ottobre 1979

Sede: **POLITECNICO**
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO

POLITECNICO DI MILANO
FACOLTA' DI INGEGNERIA
Programma di Istruzione Permanente
Corso di aggiornamento sul tema:

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI: diaframmi e palancolate

Il corso è organizzato dall'Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni del Politecnico di Milano.

DIRETTORE DEL CORSO:

prof. ing. GIANFELICE GATTI
Docente di Tecnica delle Fondazioni

PRESENTAZIONE

L'impiego di opere flessibili (diaframmi, palancolate) a sostegno di pareti di scavo è ormai pratica usuale. Le modalità di calcolo relative si sono da un lato codificate secondo schemi che si possono definire classici, dall'altro si sono sviluppate nell'ambito delle più avanzate metodologie. Anche gli aspetti tecnologici si sono andati affinando e perfezionando.

Il programma del corso, dopo l'esposizione di argomenti di carattere propedeutico, prevede la trattazione dei metodi di calcolo, da quelli tradizionali a quelli più avanzati, mentre ampio spazio verrà dedicato agli aspetti applicativi. Il corso si rivolge ai tecnici (laureati) di enti pubblici, studi di progettazione ed imprese che desiderino acquisire nozioni di base per il calcolo di opere di sostegno flessibili.

ARGOMENTI SVOLTI

- Indagine geotecnica in situ ed in laboratorio.
- Scelta dei parametri geotecnici.
- Calcolo delle spinte.
- Effetti dell'acqua.
- Metodi di calcolo tradizionali.
- Metodi di calcolo elastici.
- Metodi di calcolo elastoplastici.
- Metodi numerici.
- Aspetti tecnologici: diaframmi in c.a., palancolate, diaframmi plastici, tiranti.
- Strumentazione.
- Illustrazione di opere significative.
- Esempi di calcolo.

DOCENTI

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> → → → → → → → → | <p>ing. L. Belloni
ing. E. Botti
prof. A. Cancelli
ing. A. Cividini
ing. U. Croce
ing. E. Dietrich
ing. C. Fornaciari
ing. A. Garrasi
prof. G. Gatti
prof. G. Gioda
prof. M. Jamiolkowski
ing. L. Jurina
dott. E. Mongilardi
prof. R. Nova
prof. C. Viggiani</p> | <p>ELC - Milano
Metropolitana Milanese
Politecnico di Milano
Politecnico di Milano
INGEO - Milano
ICOS - Milano
Presspali - Milano
Rodio - Milano
Politecnico di Milano
Politecnico di Milano
Politecnico di Torino
Politecnico di Milano
Rodio - Milano
Politecnico di Milano
Università di Napoli</p> |
|--|--|---|

LEZIONI

- Le lezioni si terranno in un'aula del Politecnico di Milano.
- Prima dell'inizio del corso verrà effettuata, presso l'Ufficio Istruzione Permanente, la registrazione dei partecipanti.
- L'8 ottobre, giorno di apertura del corso, sarà osservato il seguente orario:
10,00 - 12,30 / 14,30 - 18,00
La giornata-tipo osserverà il seguente orario:
9,00 - 12,30 / 14,30 - 18,00
- Agli iscritti al corso verranno consegnate le dispense relative al corso stesso.

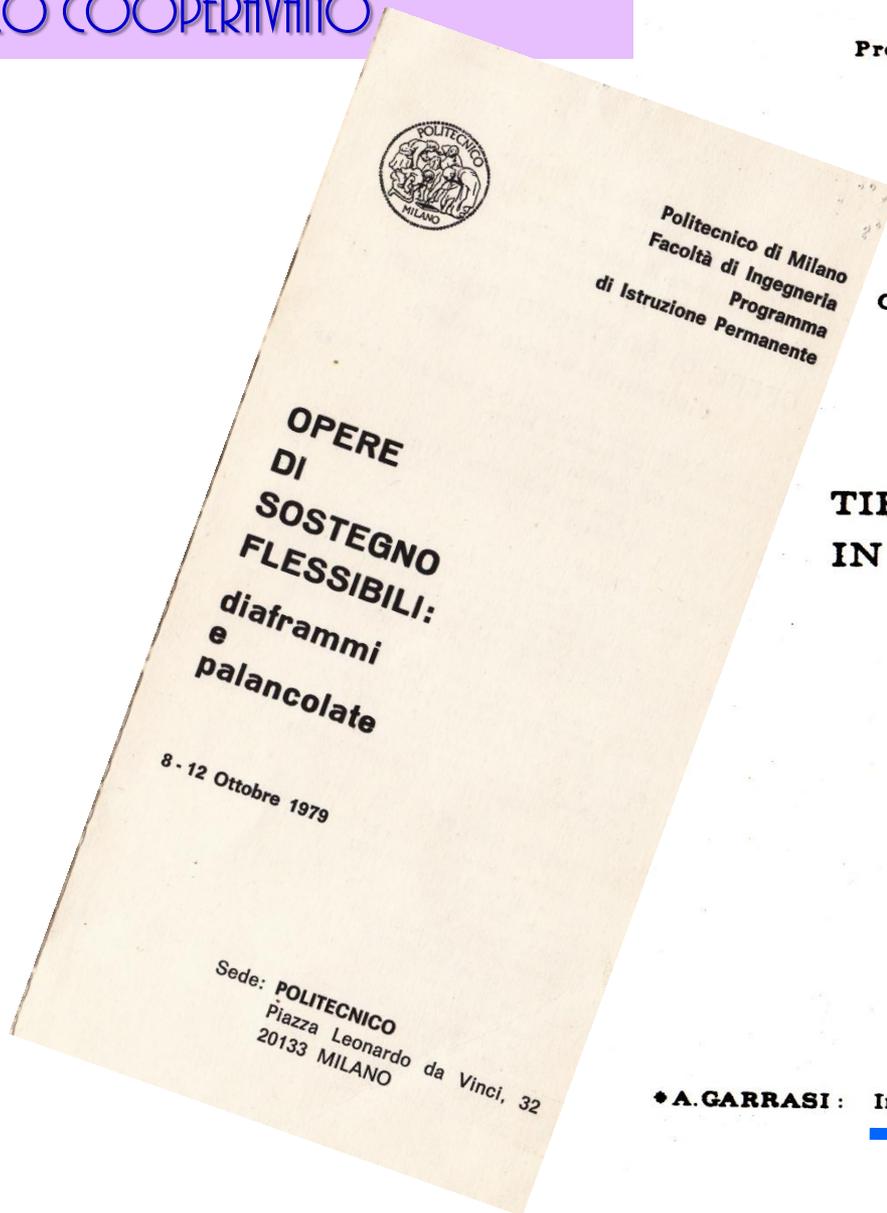
ISCRIZIONI

- La quota, comprensiva del costo delle dispense, è fissata in Lire 150.000,—.
- Modalità del versamento: su c/c postale n. 52192200, intestato a:
POLITECNICO DI MILANO - Istruzione Permanente
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 MILANO
- Per il versamento utilizzare moduli a 4 tagliandi per pagamenti ad enti pubblici.
- **Sul retro del versamento indicare chiaramente il titolo del corso ed il nome e cognome dell'iscritto.**
- **L'attestazione del versamento (4° tagliando) dovrà essere inviata assieme al modulo d'iscrizione all'indirizzo indicato a tergo del modulo stesso.**
- L'iscrizione ha effetto con la data del versamento postale.
- Data ultima di iscrizione: 1° ottobre 1979.

BORSE DI STUDIO E CERTIFICATI DI FREQUENZA

- Sono messe a disposizione di docenti e ricercatori del Politecnico di Milano cinque borse di frequenza gratuite. Le relative domande di assegnazione debbono pervenire al direttore del corso almeno venti giorni prima dell'inizio del corso.
- Ai partecipanti che ne facciano richiesta verrà rilasciato un attestato di frequenza, in carta legale, previo pagamento dei diritti di segreteria.

L'ETÀ AUREA : QUANDO IMPRESE E MONDO
ACCADEMICO COOPERAVANO



POLITECNICO DI MILANO
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Programma di istruzione permanente

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI
DIAFRAMMI E PALANCOLATE

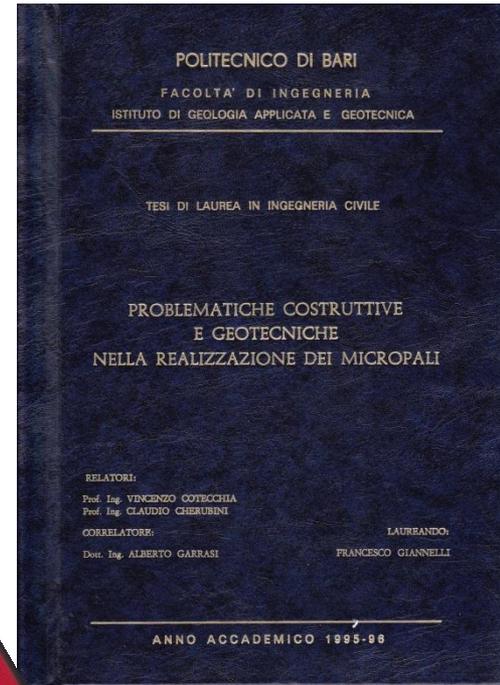
TIRANTI DI ANCORAGGIO
IN ROCCIA E NEI TERRENI
Stato dell'arte

Alberto Garrasi ♦

Ottobre 1979

♦ A. GARRASI: Ingegnere della Ing. G. Rodio & C. S.p.A. Milano

L'EPOCA DEL "BASSO IMPERO"



POLITECNICO DI BARI

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE
Indirizzi Geotecnica e Strutture

ISTITUTO DI GEOLOGIA APPLICATA E GEOTECNICA

DISPENSE DI FONDAZIONI

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI

aprile 1997

Prof. Ing. Claudio Cherubini - Dott. Ing. Alberto Garrasi

BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA

In ITALIA

- 1921 Giovanni RODIO fonda l'Impresa RODIO (prima impresa specializzata al mondo)
- 1932 l'Impresa RODIO si dota del primo laboratorio geotecnico in Italia. Qui saranno fatti i primi approfonditi studi sui terreni di fondazione della Torre di Pisa.
- 1938 Girolamo IPPOLITO fonda un Centro Geotecnico di Studi e Ricerche presso l'Università di Napoli : primo direttore è Arrigo CROCE.
- 1938 Carlo CESTELLI GUIDI istituisce a S. Pietro in Vincoli (Università di Roma) il primo laboratorio geotecnico universitario.
- 1942 Carlo CESTELLI GUIDI pubblica "*Meccanica dei terreni e stabilità delle fondazioni*".
- 1947 A Milano viene fondata l'AGI - Associazione Geotecnica Italiana - Presidente Giovanni Rodio
- Anni '50 il Centro Geotecnico di Napoli affronta lo studio dei terreni naturali e dei materiali granulari impiegati nella costruzione delle prime dighe in terra italiane.
- 1954 Nasce la rivista "GEOTECNICA" - direttore Arrigo Croce. Karl Terzaghi firma l'editoriale di apertura
- 1960 Viene bandito dall'Università di Napoli il primo concorso a cattedra per la geotecnica : Arrigo Croce è il primo professore straordinario di geotecnica in Italia.

CARLO CESTELLI-GUIDI

MECCANICA DEL TERRENO E STABILITÀ DELLE FONDAZIONI

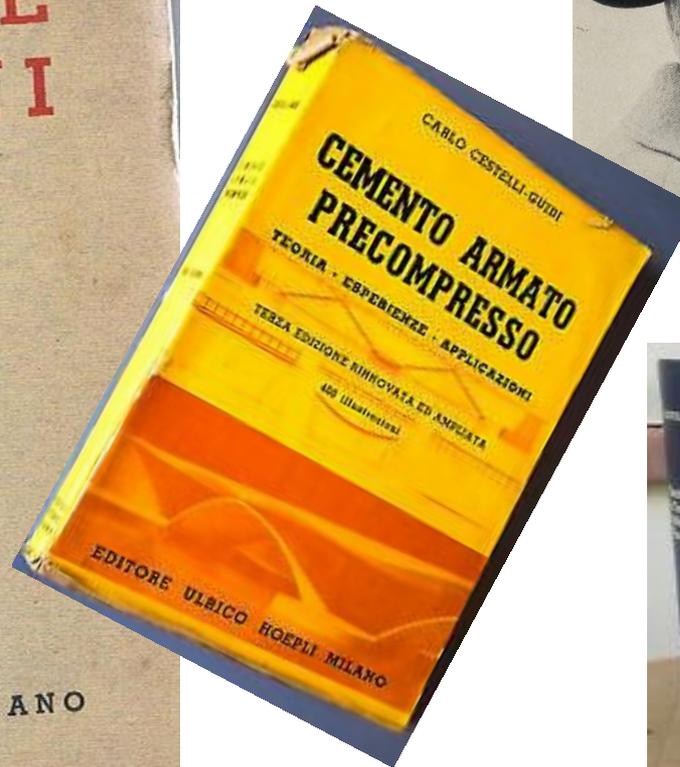
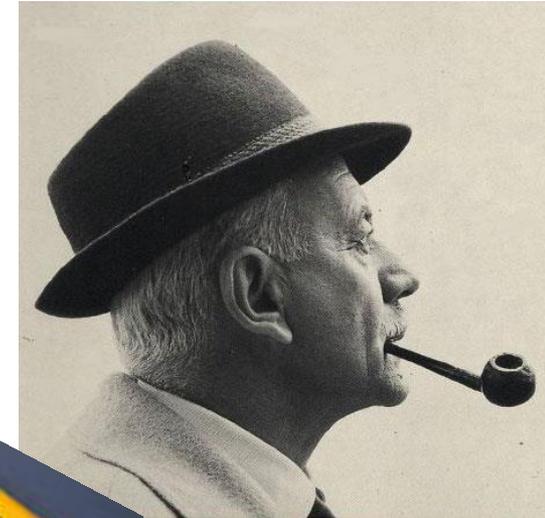
SECONDA EDIZIONE
TOTALMENTE RINNOVATA

con 303 illustrazioni e 21 tabelle



EDITORE **ULRICO HOEPLI** MILANO

Il primo testo di geotecnica italiano
anno 1942



1960

L'UNIVERSITÀ DI NAPOLI

ISTITUISCE LA PRIMA CATTEDRA DI GEOTECNICA
IN ITALIA

Arrigo Croce

è il primo "professore straordinario" di geotecnica
in Italia

ISTITUZIONE IN ITALIA DELLA PRIMA CATTEDRA DI INGEGNERIA GEOTECNICA

RIFLESSIONI DEI
PROTAGONISTI

(da Girolamo Ippolito)

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

..... avevamo iniziato bene

ISTITUZIONE IN ITALIA DELLA PRIMA CATTEDRA DI INGEGNERIA GEOTECNICA

RIFLESSIONI DEI
PROTAGONISTI

PLINIO

Ardua res ^{vetustis} novitatem docere, hominis
auctoritatem, fastiditiam quæritiam, dubiam
fidem

da un manoscritto di Arrigo Croce

IL "LASCITO" DEI FONDATORI DELLA GEOTECNICA ITALIANA

INDISSOLUBILITÀ DI FORMA E CONTENUTO IN GIROLAMO IPPOLITO

«Chi percorra le terre in destra del basso Volturno, dalla cerchia dei monti di Carinola scendendo verso il mare, noterà come, quasi senza transizione, a terreni ubertosissimi, fra i più feraci della pur feconda terra di Campania, succedano zone in cui anche in piena estate si vede luccicar l'acqua fra le erbe del pascolo, e dove incontrastato è il dominio delle mandrie bufaline.

Qua e là, con tenace lavoro, il contadino riesce ad ottenere, da sparsi appezzamenti di terreno meno soggiacenti, un certo prodotto da coltivazioni estive, ma, appena le acque autunnali minacciano di invadere le zone, egli fa in fretta la sua magra raccolta ed abbandona le terre al pantano fino alla nuova primavera»

La Bonifica Idraulica in destra Volturno
Girolamo Ippolito, 1930



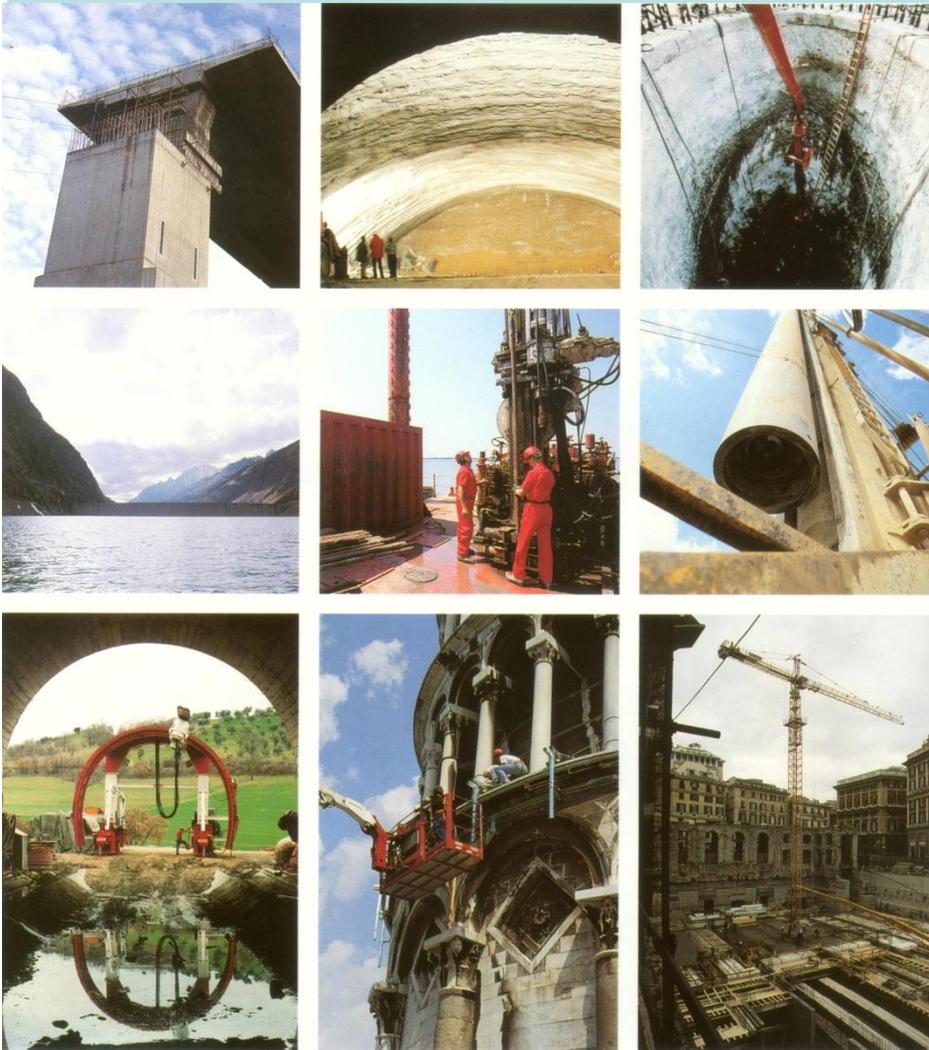
«Quel ramo del lago di Como, che volge a mezzogiorno, tra due catene non interrotte di monti, tutto a seni e golfi, a seconda dello sporgere e del rientrare di quelli, vien, quasi a un tratto, a restringersi, e a prender corso e figura di fiume, tra un promontorio a destra, e un'ampia costiera dall'altra parte; e il ponte, che ivi congiunge le due rive, par che renda ancor più sensibile all'occhio questa trasformazione, e segni il punto in cui il lago cessa e l'Adda ricomincia »

I Promessi Sposi
Alessandro Manzoni 1821-1842



FONDAZIONI SPECIALI

"Fondazione" è la parte di struttura che ne trasmette i carichi al terreno e con questo interagisce. Nel corso dei secoli le fondazioni - salvo casi eccezionali - venivano realizzate utilizzando le stesse tecniche costruttive del manufatto in elevazione, ed erano per le più di tipo diretto.



Con il termine "fondazioni speciali" si designarono inizialmente le fondazioni profonde, quali pali e pozzi.

Con lo sviluppo di nuove tecnologie (paratie, tiranti, micropali, trattamenti d'iniezione, etc), è invalso l'uso - ormai codificato anche formalmente - di includere tra le fondazioni speciali tutte quelle opere e gli interventi che sono realizzati entro il terreno, anche se non collegati ad una struttura.

Fondazioni
speciali



Imprese
specializzate



know-how
d'Impresa

PARATIE



TIRANTI



PALI



MICROPALI



FONDAZIONI SPECIALI



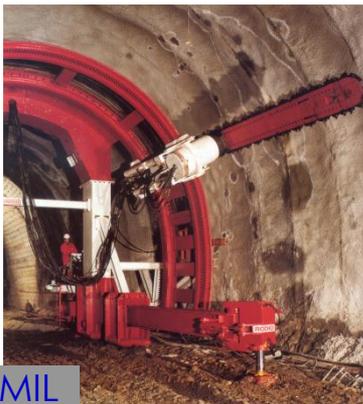
INFILAGGI



JET-GROUTING



CONGELAMENTO

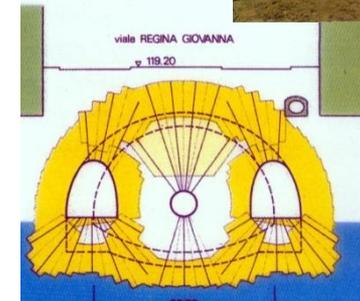


PREMIL

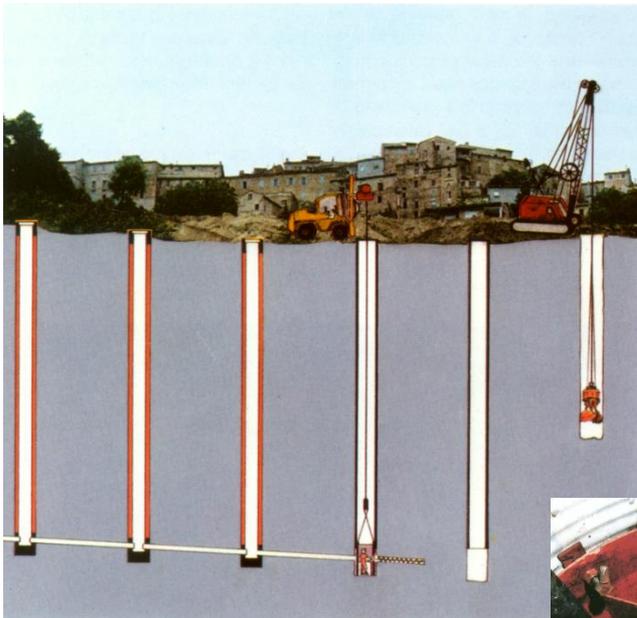


SOIL MIXING

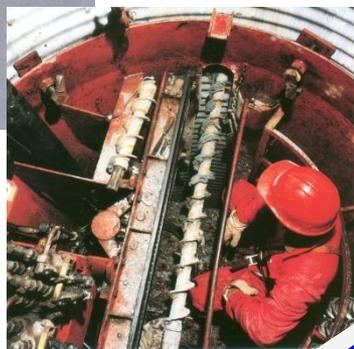
INIEZIONI



DRENAGGI PROFONDI

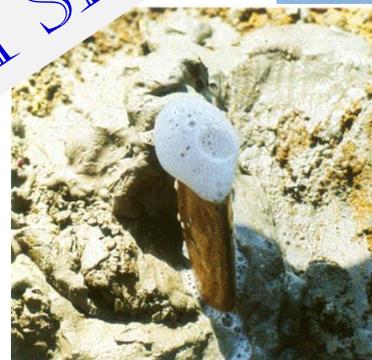


PALANCOLATE



VIBROFLOTTAZIONE

FONDAZIONI SPECIALI



GEODRAIN



CAMPI DI IMPIEGO

PARATIE IN C.A.
➤ gettate in opera
➤ prefabbricate



PALANCOLATE METALLICHE

PARATIE PLASTICHE

PALI GRANDE DIAMETRO

MICROPALI

Opere di sostegno

Fondazione nuove strutture

Schermi impermeabili

Opere di sostegno

Schermi impermeabili

Schermi impermeabili

Fondazione nuove strutture

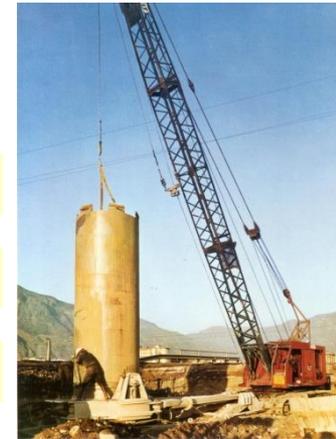
Opere di sostegno

(*Schermi impermeabili*)

Fondazione di nuove strutture

Sottofondazione di strutture esistenti

Opere di sostegno (berlinesi tirantate)



CAMPI DI IMPIEGO

TIRANTI



Incremento forze verticali

Opere di sostegno

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)

TRATTAMENTI D'INIEZIONE



INFILAGGI
PREMIL

Consolidamento

Impermeabilizzazione

Compensation-grouting



Pre-consolidamento del cavo (gallerie)

JET-GROUTING
SOIL-MIXING

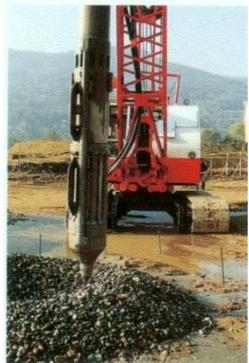
Consolidamento

Impermeabilizzazione



VIBROFLOTTAZIONE

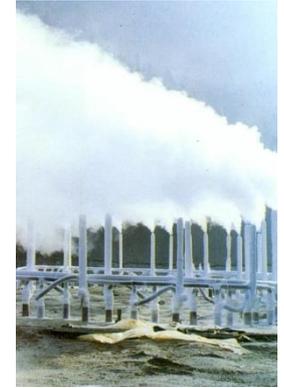
Consolidamento / sostituzione



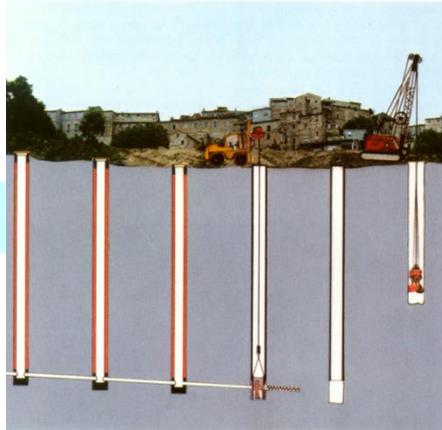
CONGELAMENTO / COTTURA

Consolidamento

Impermeabilizzazione



DRENAGGI



Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Drenaggio preventivo nello scavo di gallerie

Accelerazione dei tempi di consolidazione

ELETTROSMOSI

Consolidamento

Accelerazione dei tempi di consolidazione

**SVILUPPO
PARALLELO DELLE
"FONDAZIONI
SPECIALI" E DELLA
GEOTECNICA
(ultimi 70 anni)**

Progressi della ricerca teorico-sperimentale
nella meccanica delle terre e delle rocce e
sviluppo delle corrispondenti teorie

Evoluzione delle macchine e delle tecnologie nel
campo delle fondazioni speciali :

- fanghi bentonitici
- pali di grande diametro
- diaframmi
- micropali TUBFIX
- tiranti IRP
- iniezione nei terreni
- congelamento
- drenaggi profondi - geodrain
- diaframmi plastici
- jet grouting e miscelazione in situ
- premil
- idrofresa (paratie)
- TBM (gallerie)
- strumentazione di misura e monitoraggio

Evoluzione dei computer, del calcolo numerico e
della modellazione

tecnologie sviluppate

aspetti teorici invocati

STRADE E PONTI

- Paratie
- Pali - Micropali - Tiranti
- Jet Grouting /Soil Mixing
- Congelamento
- Strumentazione

- Indagini in situ e di laboratorio
- Capacità portante – Pali in gruppo
- Prove di carico di collaudo
- Stabilità pendii
- Monitoraggi

GALLERIE STRADALI e FERROVIARIE

- Iniezioni
- Infilaggi
- Jet Grouting /Soil Mixing
- Premil
- Drenaggi
- Congelamento
- Tiranti e micropali
- Strumentazione

- Indagini in situ e di laboratorio
- Metodi di analisi numerica sofisticati
- Stabilità globale (fronte di attacco)
- Spinte su opere di sostegno (fronte di attacco)
- Monitoraggi

METROPOLITANE

- Paratie multiancorate
- Idrofresa
- Iniezioni
- Jet Grouting/Soil Mixing
- Congelamento
- Micropali sottofondazione
- Strumentazione

- Indagini in situ e di laboratorio
- Metodi di analisi numerica sofisticati
- Spinte su opere di sostegno (stazioni e tratte in galleria artificiale)
- Valutazione degli effetti dello scavo su edifici esistenti
- Monitoraggi

tecnologie sviluppate

SERBATOI DI
STOCCAGGIO GAS
E IDROCARBURI

- *Geodrain*
- *Jet Grouting / Soil Mixing*

DIGHE
(con le relative
opere complementari)

Potenzialmente tutte

aspetti teorici invocati

- *Indagini in situ e di laboratorio*
- *Calcolo dei cedimenti*
- *Monitoraggi*

Potenzialmente tutti

SVILUPPO DELLE "FONDAZIONI SPECIALI" IN ITALIA : CRONOLOGIA/1

1921 : l'Ing. Giovanni RODIO fonda l'Impresa RODIO (prima impresa specializzata al mondo)

1938 : prima applicazione del congelamento dei terreni, per il recupero dell'Ara Pacis (RODIO)

Anni '40: brevetto Rodio - Marconi per i pali di grande diametro

Anni '60-'70: si supera ogni limite al diametro dei pali ed alla profondità delle paratie.

- ✓ Con i **Micropali TUBFIX** ed i **Tiranti TIRSOL IRP** (brevetti RODIO) si aumenta di quasi un ordine di grandezza la capacità portante dei micropali e dei tiranti tradizionali.
- ✓ La necessità di dotare i nuovi edifici di piani garage interrati ed i lavori di costruzione di linee e stazioni metropolitane a cielo aperto richiedono numerosissimi interventi di paratie multiancorate a sostegno di scavi che molto spesso raggiungono o superano i 20 m di profondità.
- ✓ Lo sviluppo della rete autostradale e delle metropolitane di Milano e Roma dà grande impulso alle tecniche di iniezione per il consolidamento dei terreni (in termini di miscele ed impianti).
- ✓ La Rodio mette a punto la tecnologia dei **DIAFRAMMI PLASTICI** e quella del **CONGELAMENTO DEI TERRENI**, che trovano ripetute applicazioni in importanti opere civili (dighe, ponti, gallerie).
- ✓ Le grandi imprese generali italiane **ASTALDI - IMPREGILO - COGEFAR - TORNO** si aggiudicano molte delle più importanti dighe nel mondo (Tarbela - Inga - Tigri) alla cui costruzione partecipano le imprese specializzate italiane, prima tra tutte la RODIO.

SVILUPPO DELLE "FONDAZIONI SPECIALI" IN ITALIA : CRONOLOGIA/2

Anni '80: trovano largo impiego il **JET- GROUTING** e le altre tecnologie di miscelazione in situ. La Rodio brevetta la tecnica del **PREMIL** (pretaglio) per il preconsolidamento sistematico dello scavo delle gallerie, e **l'IDROFRESA** che consente di eseguire lo scavo di paratie anche in presenza di rocce tenere o orizzonti litoidi e di raggiungere elevate profondità (sino a 100 m) con un efficace controllo della verticalità.

Nasce una nuova classe di centrali d'iniezione completamente automatizzate ed informatizzate, di elevatissimo livello tecnologico.

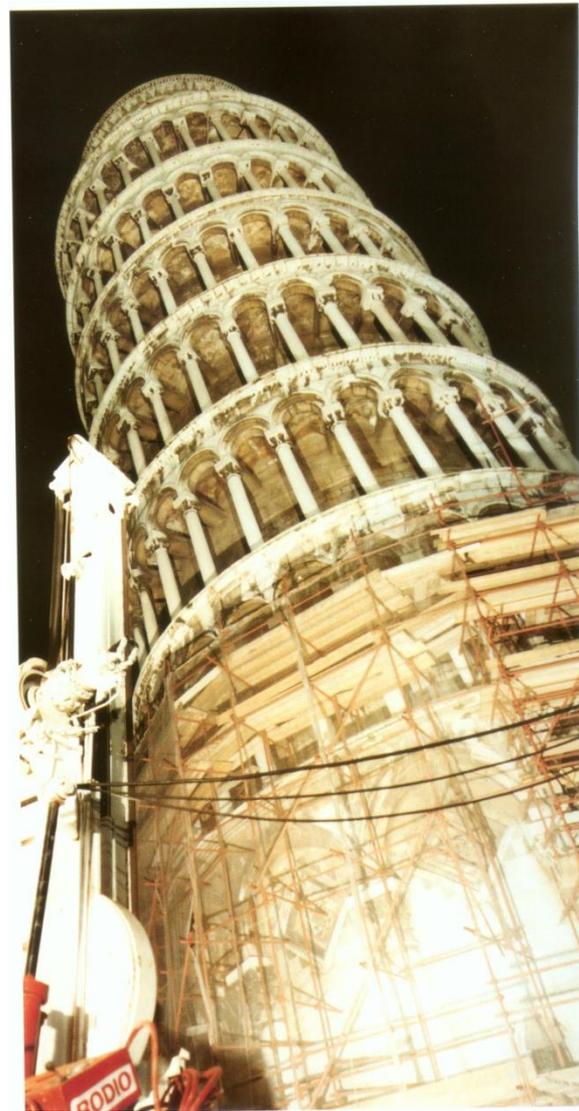
Anni '90: la formulazione di una **nuova legge sui LL.PP. (la cosiddetta legge Merloni)** blocca alla radice ogni possibilità di ulteriore sviluppo e segna l'inizio di un rapidissimo declino del livello tecnico delle fondazioni speciali, anche a seguito degli appalti basati di fatto esclusivamente sul massimo ribasso. Il blocco dei cantieri, attuato per circa 2 anni per ridurre il deficit corrente ed ottenere l'ingresso nell'UE, ha di fatto decretato la scomparsa delle medie-impresе, che costituivano un enorme patrimonio tecnico e sociale.

L'unica tecnologia che ha continuato a svilupparsi è la TBM per lo scavo di gallerie.

Anni 2000 : la qualità dei lavori di fondazioni speciali, in Italia, è mediamente scarsa e ben lontana dalle passate eccellenze. Tra le rare eccezioni l'Impresa **TREVI** che ha assorbito la **RODIO** e si pone tra i leader mondiali del settore.

LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA

RODIO



MINISTERO LL.PP.
COMMISSIONE DI VIGILANZA DELLA STABILITÀ
DEL CAMPANILE PENDENTE DI PISA
**SONDAGGI GEODINAMICI
CON CAMPIONAMENTO CONTINUO**
eseguiti dall'
ISTITUTO GEOTECNICO RODIO
VIA BONCOMPAGNI 45 MILANO

1953 : primo dettagliato studio stratigrafico dei terreni di fondazione della torre di Pisa, con campionamenti continui indisturbati lunghi 10 m.

LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA



Atto di costituzione di
Società in nome collettivo

L'anno 1921: ed all' 28. ventotto
del mese di Febbraio in Milano.

I sottoscritti Sigg. Giovanni Rodio
di Gorauini, nato a Brindisi, e Sigg.
Karl Terzaghi di Roberto nato a Baran
(Prussia) entrambi residenti in Brindisi,
convennero quanto segue:

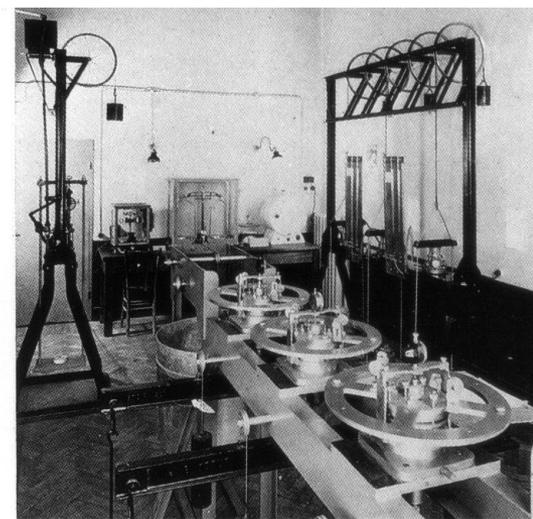
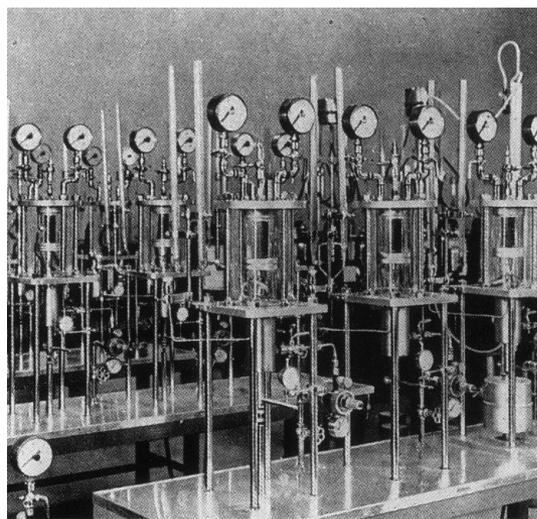
1) E' costituita fra di essi una so-
cietà in nome collettivo con lo scopo di
eseguire qualsiasi lavoro attinente al-
l'ingegneria civile, come esecuzioni di
lavori edili, partecipazioni ad impianti
di fabbricazioni, e lavoro di prodotti
e di materiali da costruzione, sotto
la ragione sociale "Sigg. Giovanni
Rodio & C. - Società costituzione".



L'ing. Giovanni Rodio con Karl Terzaghi, nel 1953



1921: nasce la RODIO
(prima Impresa Specializzata
al mondo)



L'atto costitutivo della Rodio, anno 1921

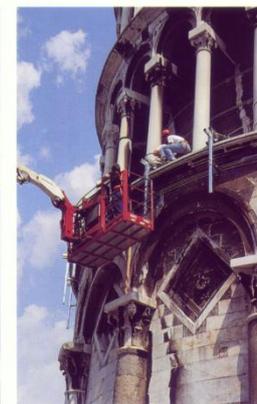
Il laboratorio geotecnico RODIO, istituito nel 1932,
in alcune foto dei primi anni '50

LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA

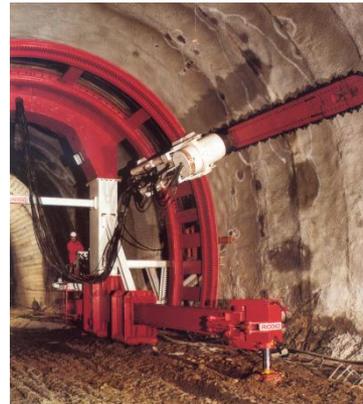
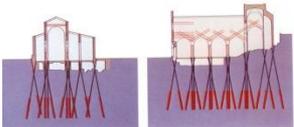
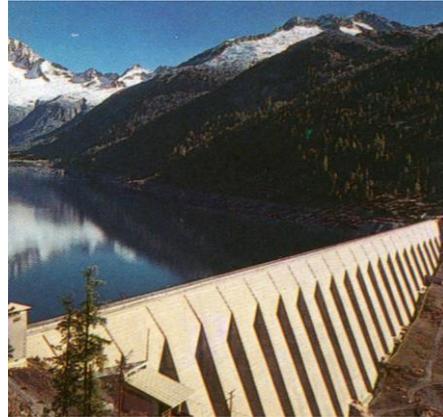
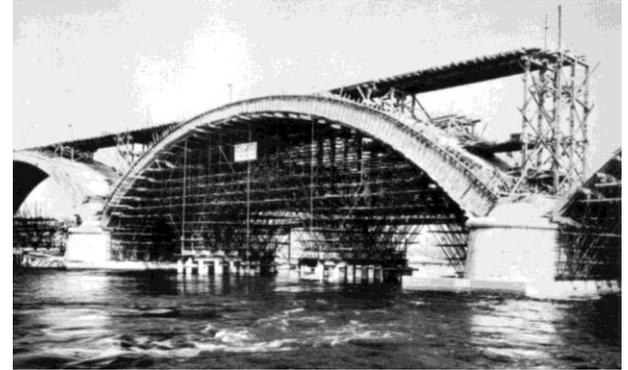
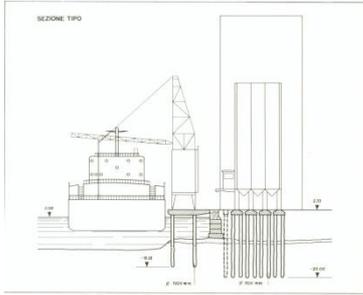
TECNOLOGIE SVILUPPATE DALLA RODIO

1. diaframmi con brevetto Rodio-Marconi
2. pali di grande diametro
3. messa a punto della tecnologia delle iniezioni ripetute in pressione (sistema IRP)
4. micropali Tufix (brevettati)
5. tiranti a trefoli TIRSOL IRP (brevettati)
6. messa a punto e diffusione del consolidamento dei terreni mediante iniezioni, con i primi studi sistematici di ampio respiro sulle caratteristiche reologiche delle miscele a base di cemento, di silicato e di resina
7. messa a punto di centrali d'iniezione sempre più sofisticate
8. messa a punto del "perfokelly" per le berlinesi di micropali
9. introduzione in Italia del micromulinello, del pressimetro, dell'inclinometro
10. introduzione e sviluppo della tecnica del CONGELAMENTO dei terreni
11. introduzione e messa a punto della tecnica dei FANGHI AUTOINDURENTI e quindi dei DIAFRAMMI PLASTICI
12. introduzione della tecnica degli INFILAGGI per il preconsolidamento nello scavo di gallerie
13. introduzione del sistema PREMIL per il preconsolidamento sistematico nello scavo di gallerie
14. messa a punto del sistema PA.PE.RO. per il monitoraggio in continuo dei parametri di perforazione
15. introduzione dell'IDROFRESA per lo scavo di diaframmi profondi, anche in terreni lapidei

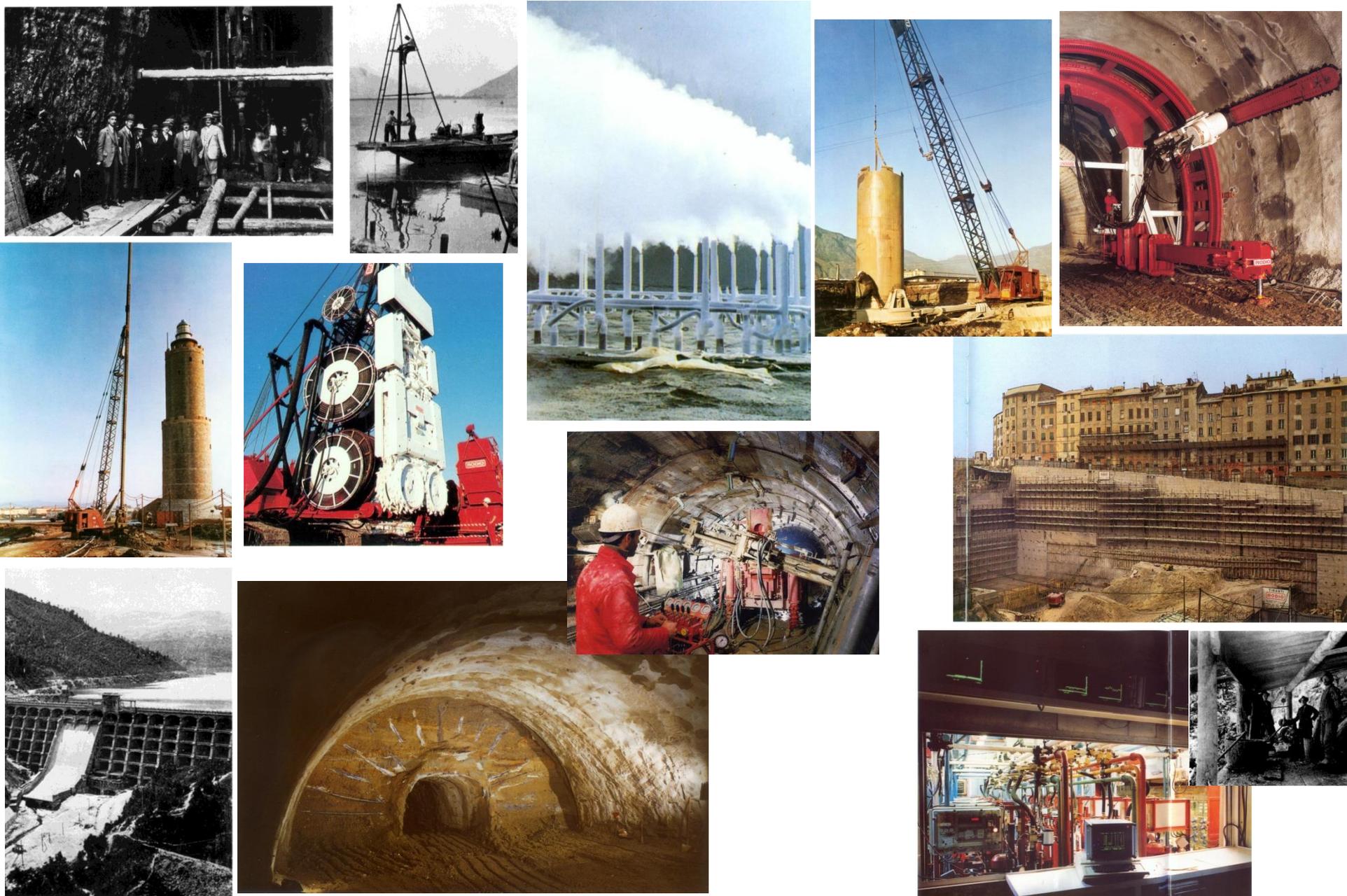
RODIO



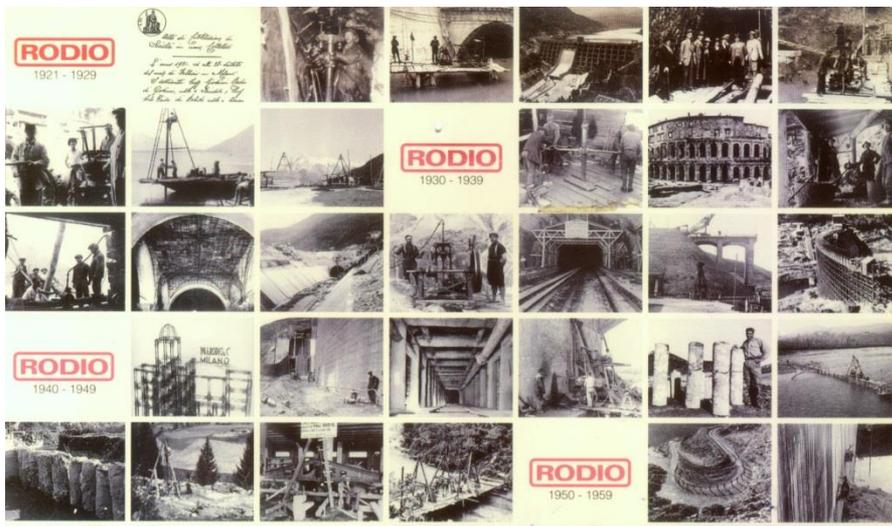
LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA



LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA



LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN' IMPRESA



DALLA RELAZIONE ILLUSTRATIVA AL BILANCIO RODIO DEL 1989

.... omissis ...

L'organico è rimasto invariato : 1165 unità, di cui 731 operai, 403 impiegati e 31 dirigenti. L'età media è di 34 anni. Per i dirigenti ed i quadri l'anzianità media in azienda è di 20 anni, con un'età media di 47 anni.

Il dato conferma una caratteristica importante delle risorse umane della Società : il forte senso di appartenenza alla matrice Rodio e di fedeltà alla sua tradizione di Impresa.



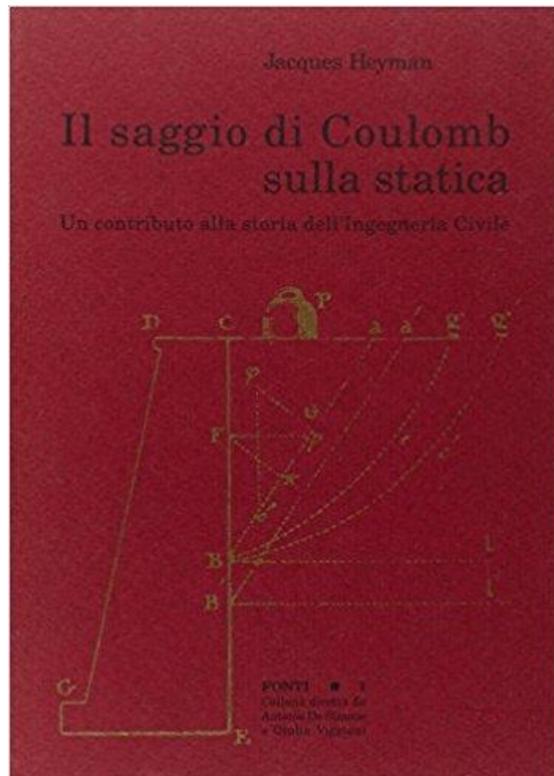
..... dalla storia passiamo al futuro.....

QUALE FUTURO PER LE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA ?

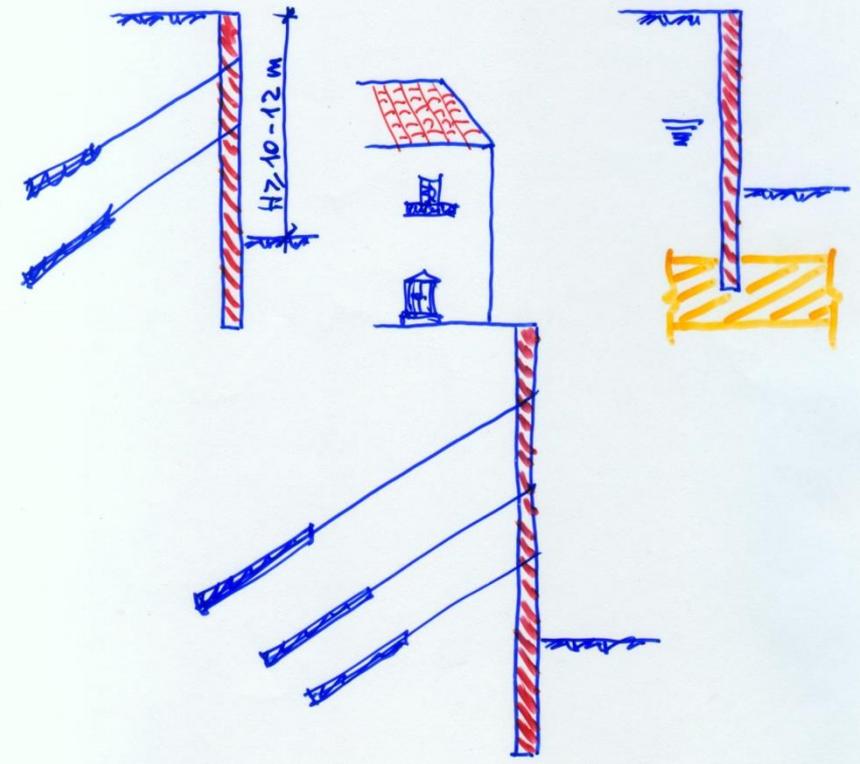
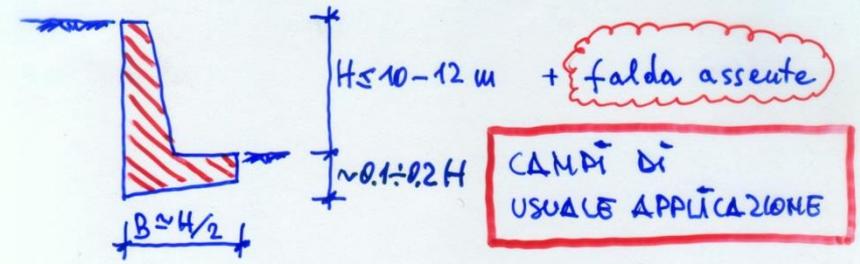
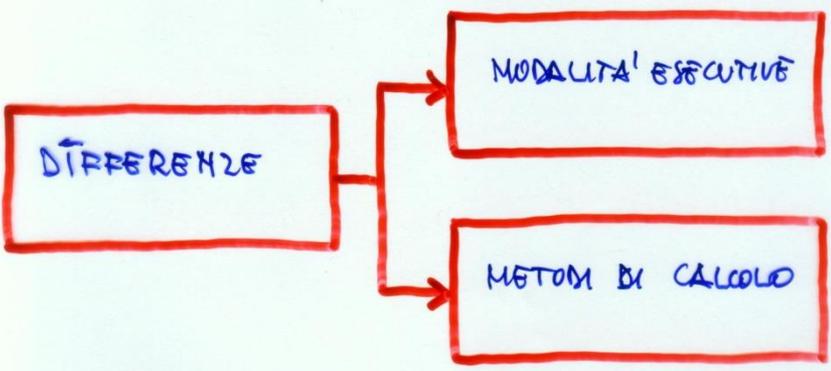
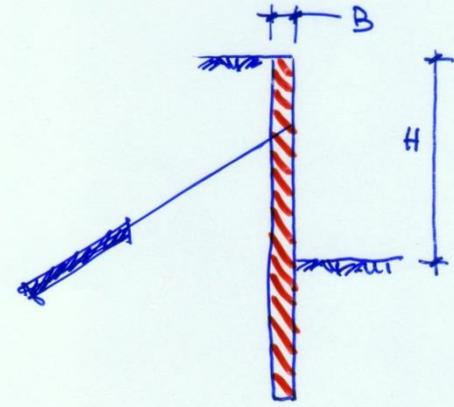
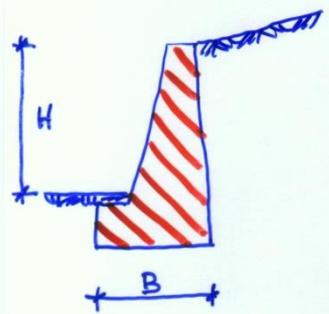
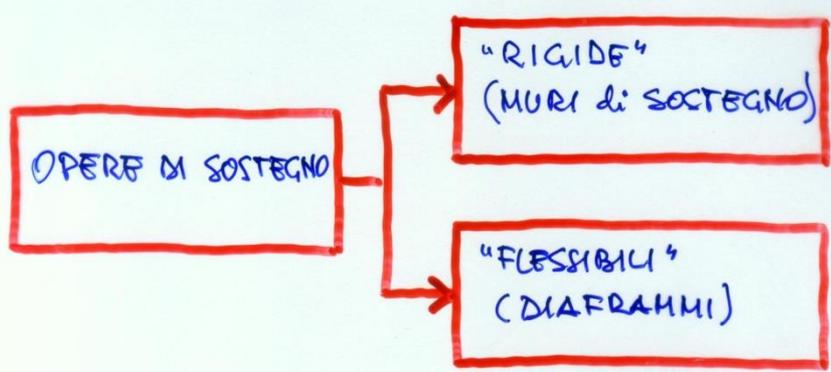
ANCHE IL CAMELLO (da osservatore esterno) SEMBRA MOLTO PERPLESSO



OPERE DI SOSTEGNO RIGIDE Vs OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI



M. Coulomb (1778)
Essai sur une application des règles de Maximis et Minimis à quelques problèmes de Statique, relatifs à l'Architecture.



MURI / PARATIE : CAMPI DI APPLICAZIONE

OPERE DI SOSTEGNO RIGIDE (MURI)

- a. Lo scavo di sbancamento precede sempre l'esecuzione del muro
- b. Il regime di spinta è del tipo perfettamente plastico (rigido-plastico) e, in un dato istante, si mantiene invariato lungo l'altezza del muro per ognuno dei due paramenti di monte e di valle
- c. Sono sufficienti le equazioni di equilibrio
- d. Le dimensioni trasversali dell'opera sono fondamentali ai fini della stabilità e sono confrontabili con l'altezza di scavo
- e. Le fasi transitorie, se presenti, non hanno in genere una rilevanza significativa nel dimensionamento dell'opera.

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI (PARATIE)

L'opera può essere considerata come una lastra verticale resistente a pressoflessione e taglio immersa in un mezzo di differenti caratteristiche, eventualmente contrastata su più livelli (tiranti o puntoni)

- a. L'elemento resistente verticale (gettato in opera o prefabbricato) viene realizzato e posto in opera sempre prima di dar corso agli scavi di sbancamento.
- b. Il regime di spinta può non essere perfettamente plastico e, in un dato istante, può variare da punto a punto lungo l'altezza del diaframma, sia a monte che a valle.
- c. Le equazioni di equilibrio possono non essere sufficienti per il dimensionamento dell'opera, e si deve ricercare anche la congruenza
- d. Le dimensioni trasversali dell'opera non hanno influenza significativa ai fini della stabilità e sono di almeno un ordine di grandezza inferiori all'altezza di scavo
- e. Le fasi transitorie hanno in genere una rilevanza fondamentale nel dimensionamento finale dell'opera.

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI

TIPOLOGIE
E CAMPI DI APPLICAZIONE

PARATIE IN C.A.

- gettate in opera
- prefabbricate

Opere di sostegno

Schermi impermeabili

Consolidamento pendii



PALANCOLATE METALLICHE



Opere di sostegno

Schermi impermeabili

DIAFRAMMI DI PALI

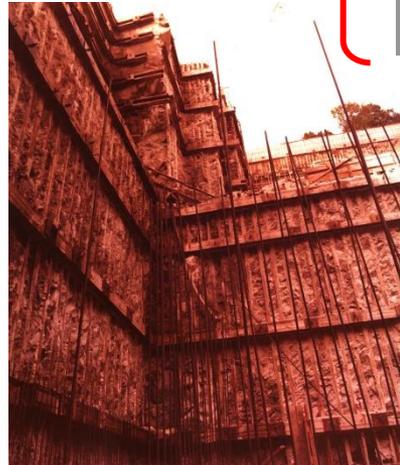
Opere di sostegno

Consolidamento pendii

(*Schermi impermeabili*)



BERLINESI DI MICROPALI



Opere di sostegno

Consolidamento pendii



PARATIE IN C.A. GETTATE IN OPERA
SEZIONE RETTANGOLARE

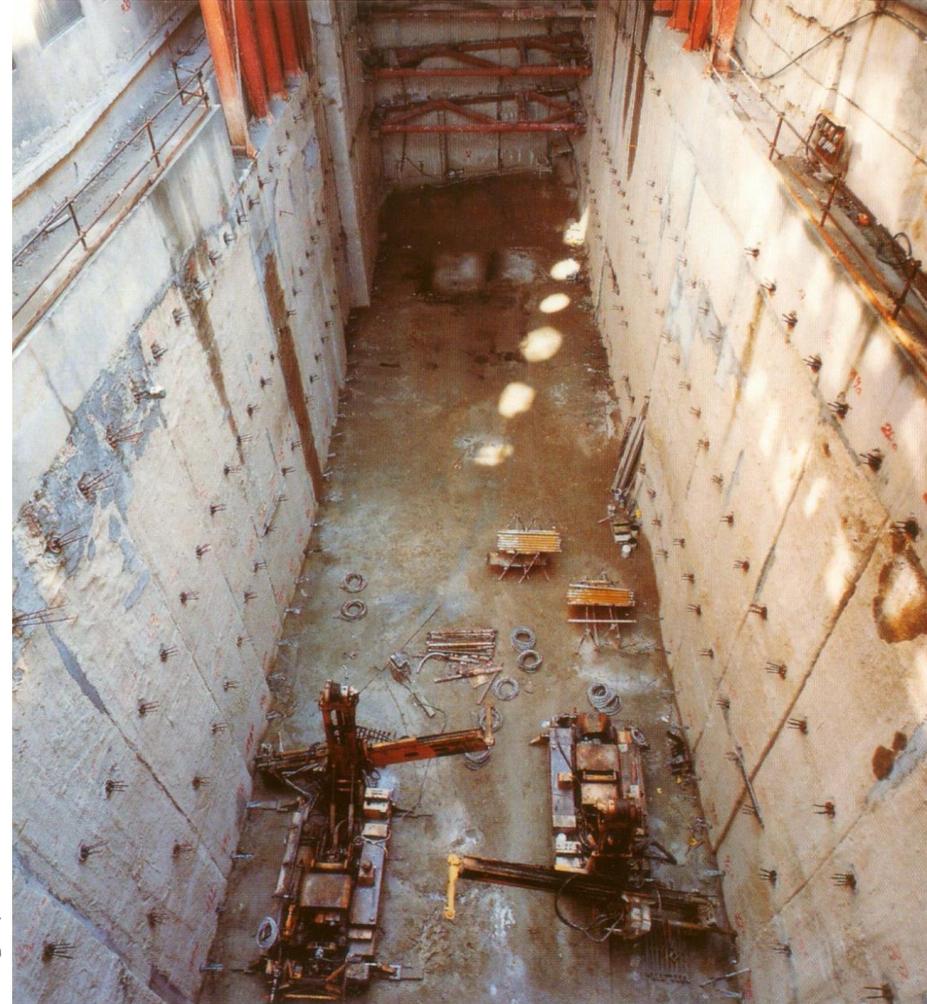
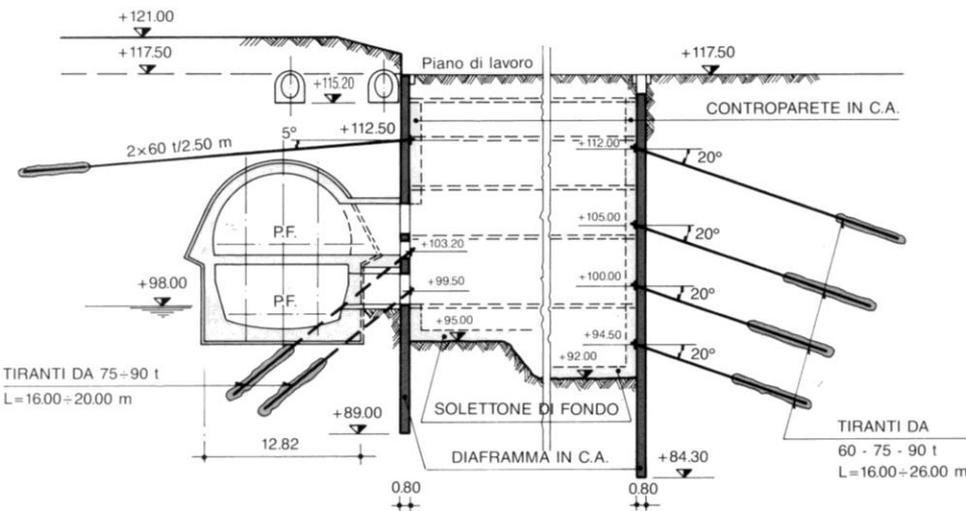




PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO

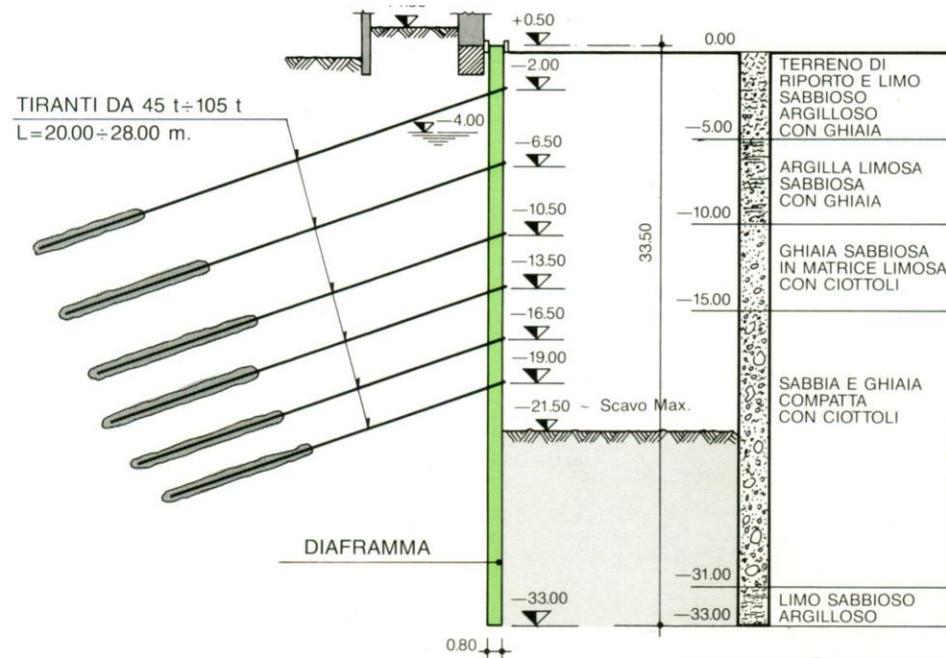
*Metropolitana di Milano – Stazione Duomo
Impresa ELSE - 1982*

SEZIONE TIPO



PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO

Bergamo
Parcheggio sotterraneo in Piazza della Libertà
Impresa ELSE – 1989-1990

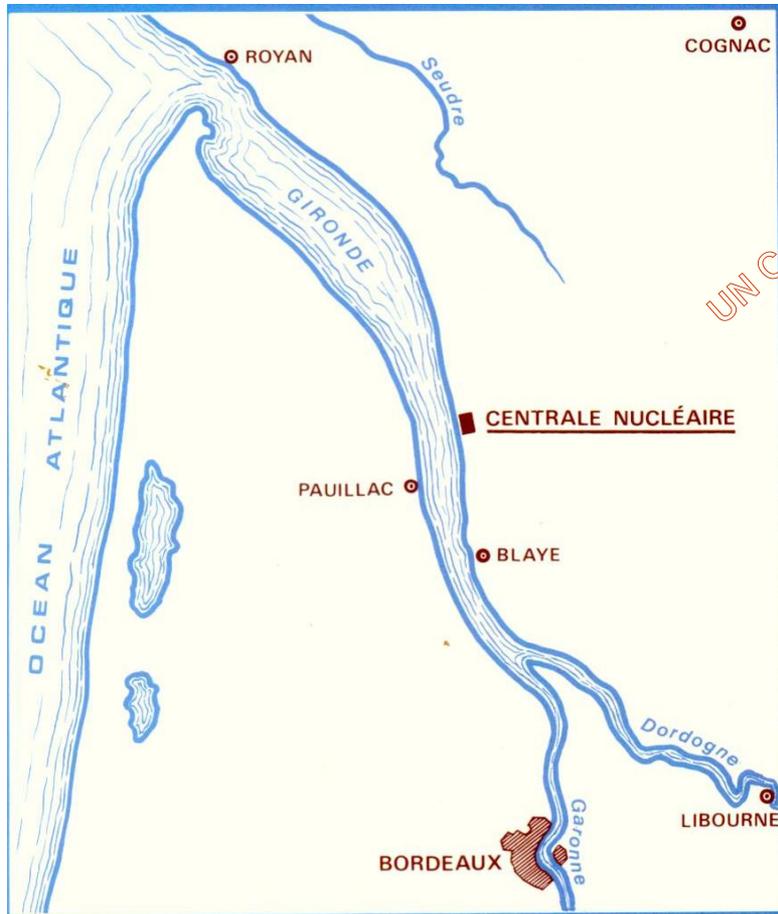




PARATIE IN C.A. GETTATE IN OPERA – SEZIONE A “T”

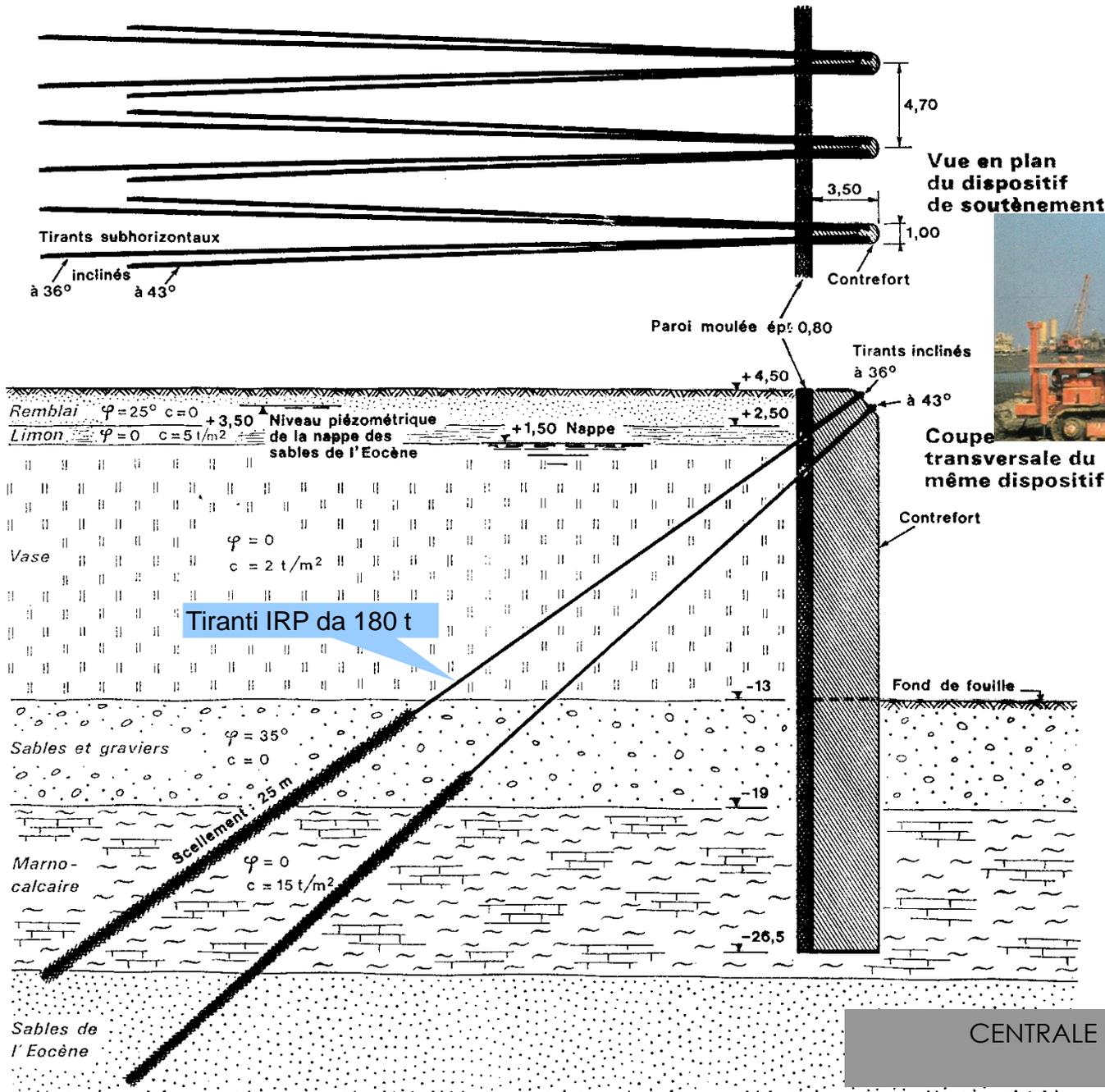
CENTRALE NUCLEAIRE DU BLAYAIS (FRANCE) SOLETANCHE / RODIO 1976

UN CASE HISTORY



L'estuario della Gironde è il più grande estuario dell'Europa occidentale, lungo 75 km e largo tra i 5 ed i 12 km. La Dordogna e la Garonna hanno una portata di $\sim 1000 \text{ m}^3$ /secondo. Le maree risalgono il corso del fiume sino a 150 km dall'imboccatura.



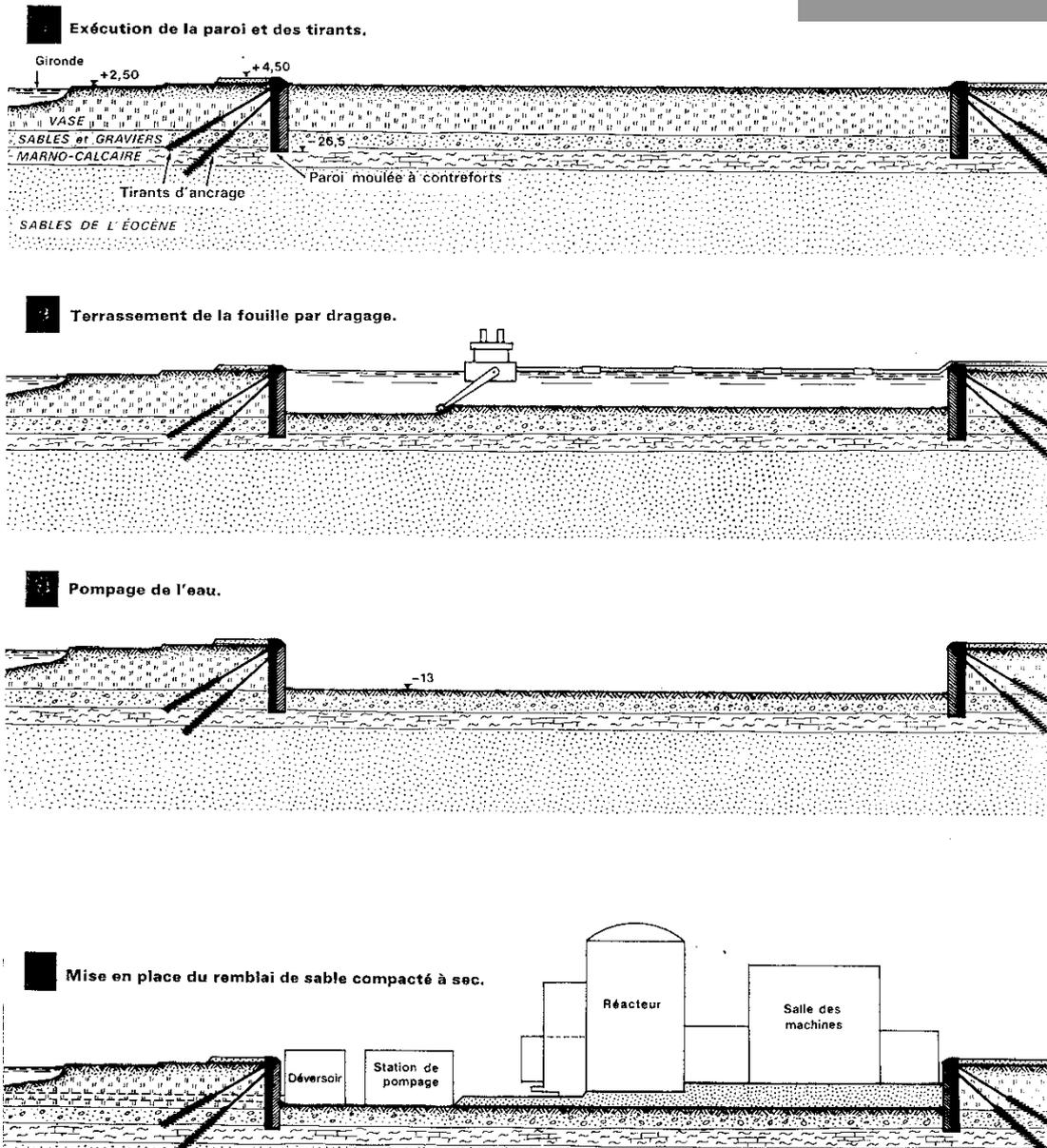


Coupe transversale du même dispositif

Contrefort

SCHÉMA D'EXÉCUTION

CENTRALE NUCLEAIRE DU BLAYAIS (FRANCE)
SOLETANCHE / RODIO 1976





TRAVAUX EXÉCUTÉS

Paroi moulée à contreforts **51.800 m²**

**Paroi moulée proprement dite,
épaisseur: 0,80 m** **30.200 m²**

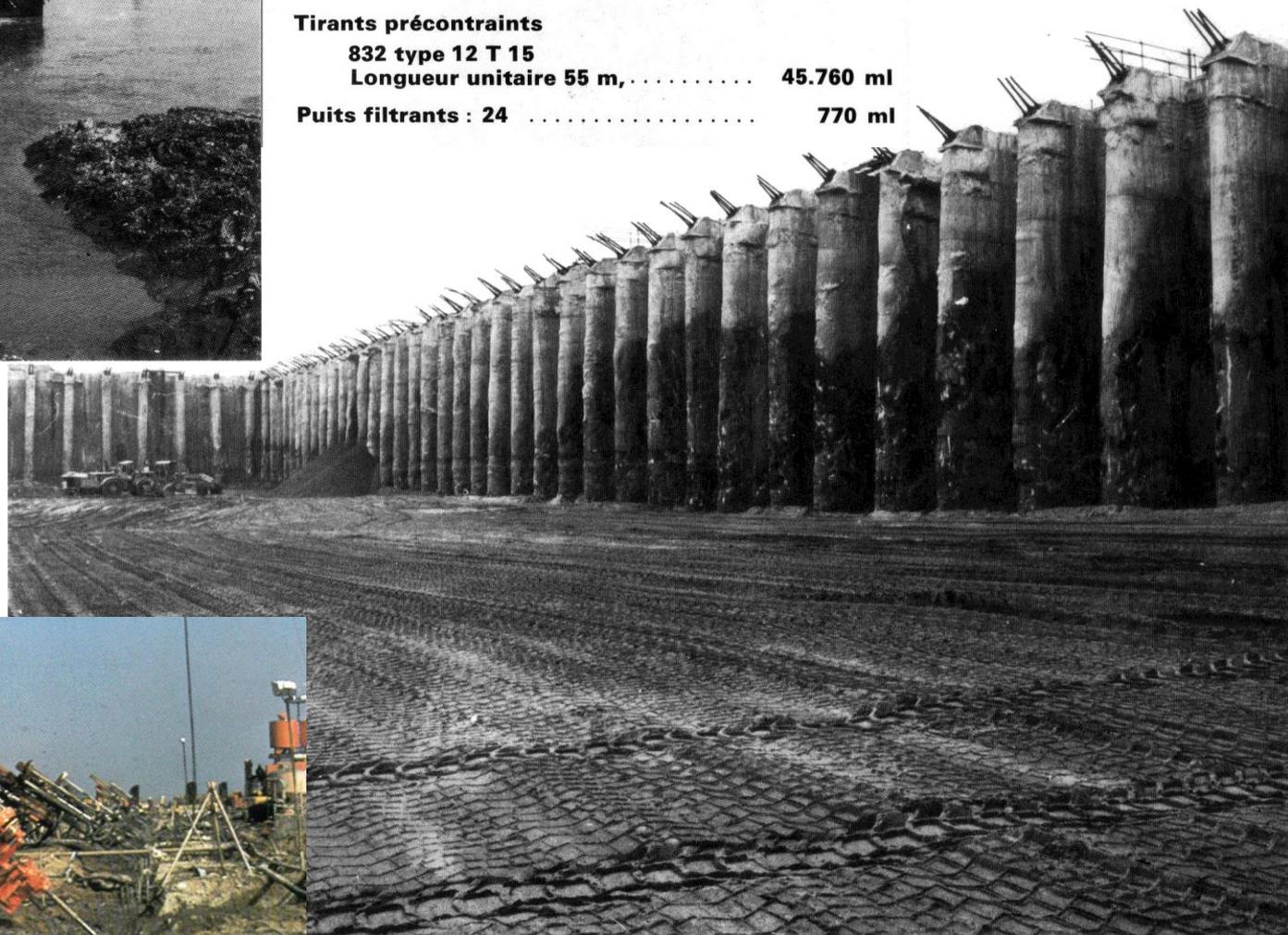
Contreforts, épaisseur: 1 m **21.600 m²**

Tirants précontraints

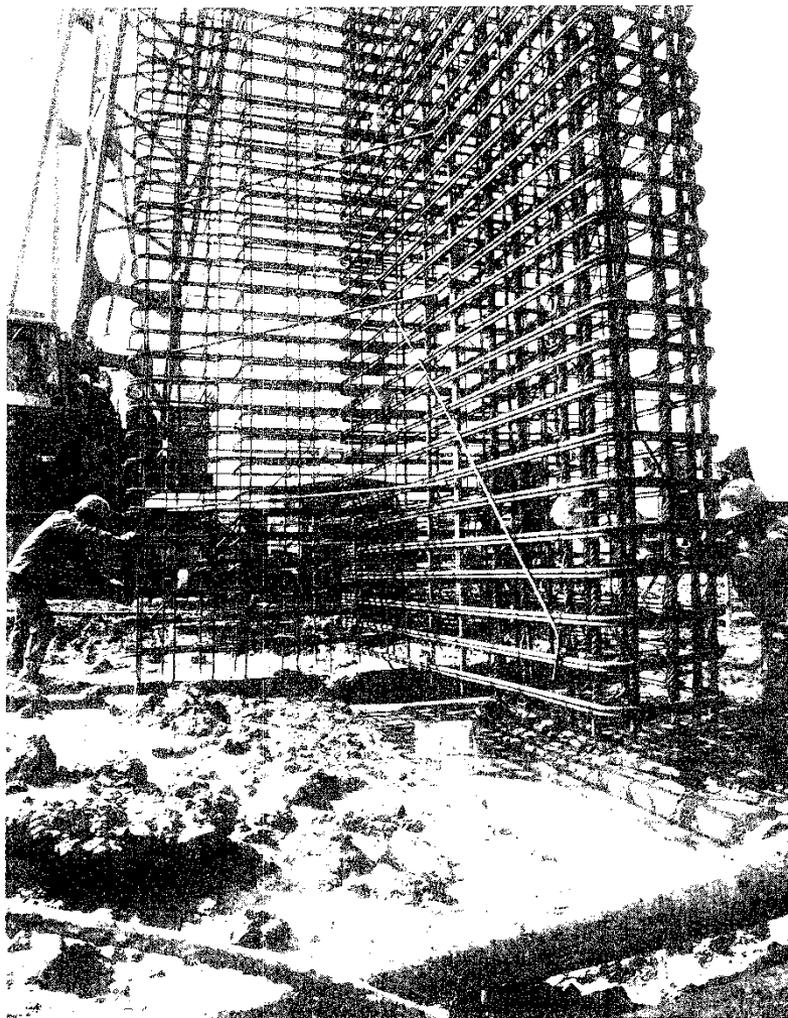
**832 type 12 T 15
Longueur unitaire 55 m,** **45.760 ml**

Puits filtrants: 24 **770 ml**

CENTRALE NUCLEAIRE
DU BLAYAIS (FRANCE)
SOLETANCHE / RODIO 1976



Descente d'une cage d'armatures



Mise en tension d'un tirant



Manipulation d'un tirant de 55 m de longueur



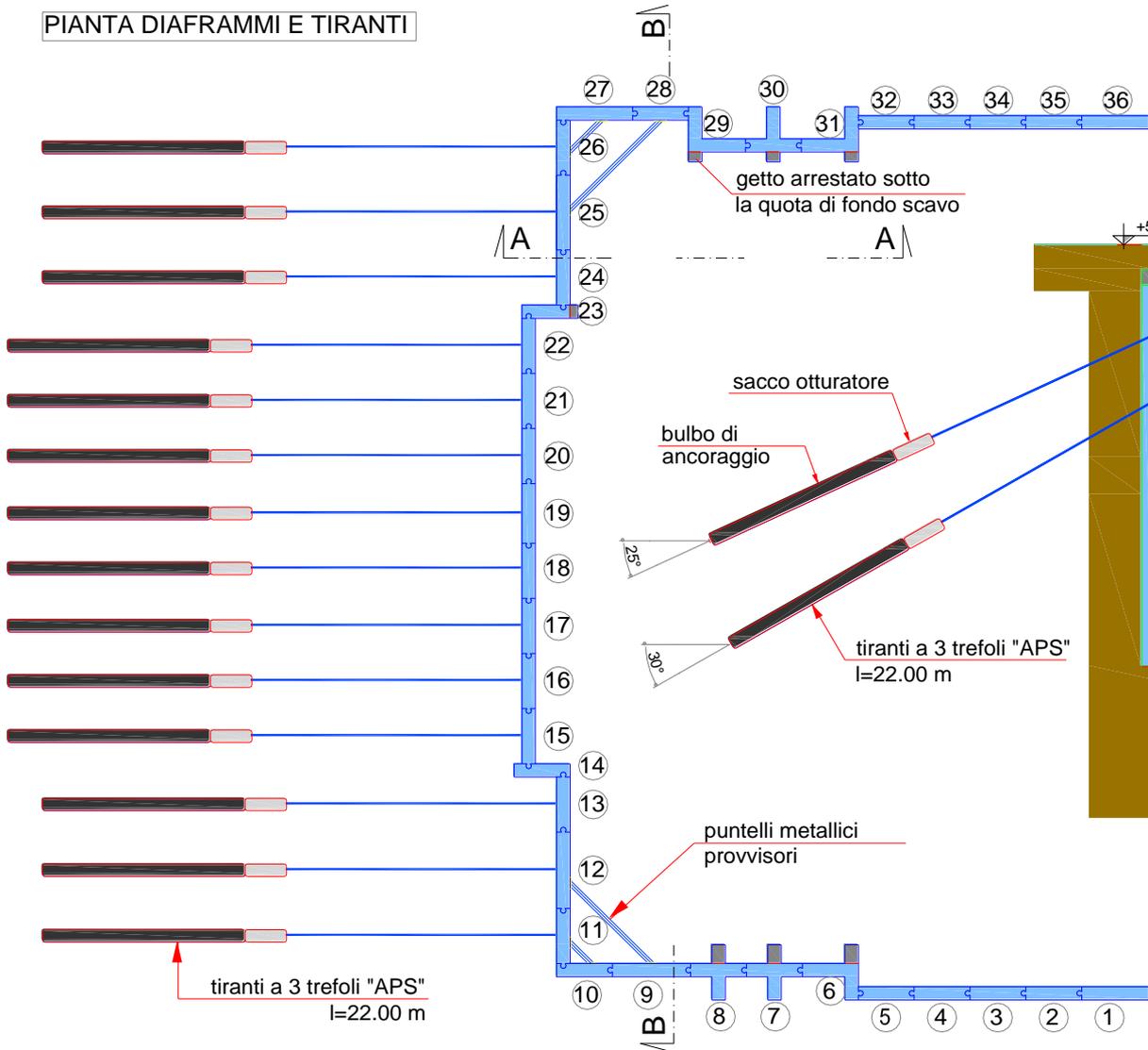
CENTRALE NUCLEAIRE
DU BLAYAIS (FRANCE)
SOLETANCHE / RODIO 1976

ESMPIO DI USO ABBINATO

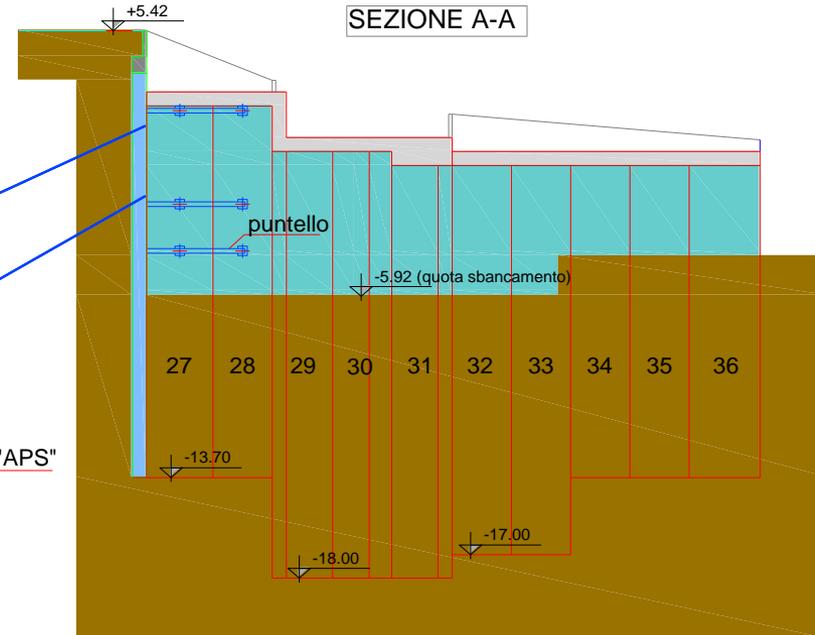
SEZIONE RATTANGOLARE + SEZIONE A T

RICCIONE : PARCHEGGIO INTERRATO IN VIA XIX OTTOBRE - Garrasi - 1998

PIANTA DIAFRAMMI E TIRANTI



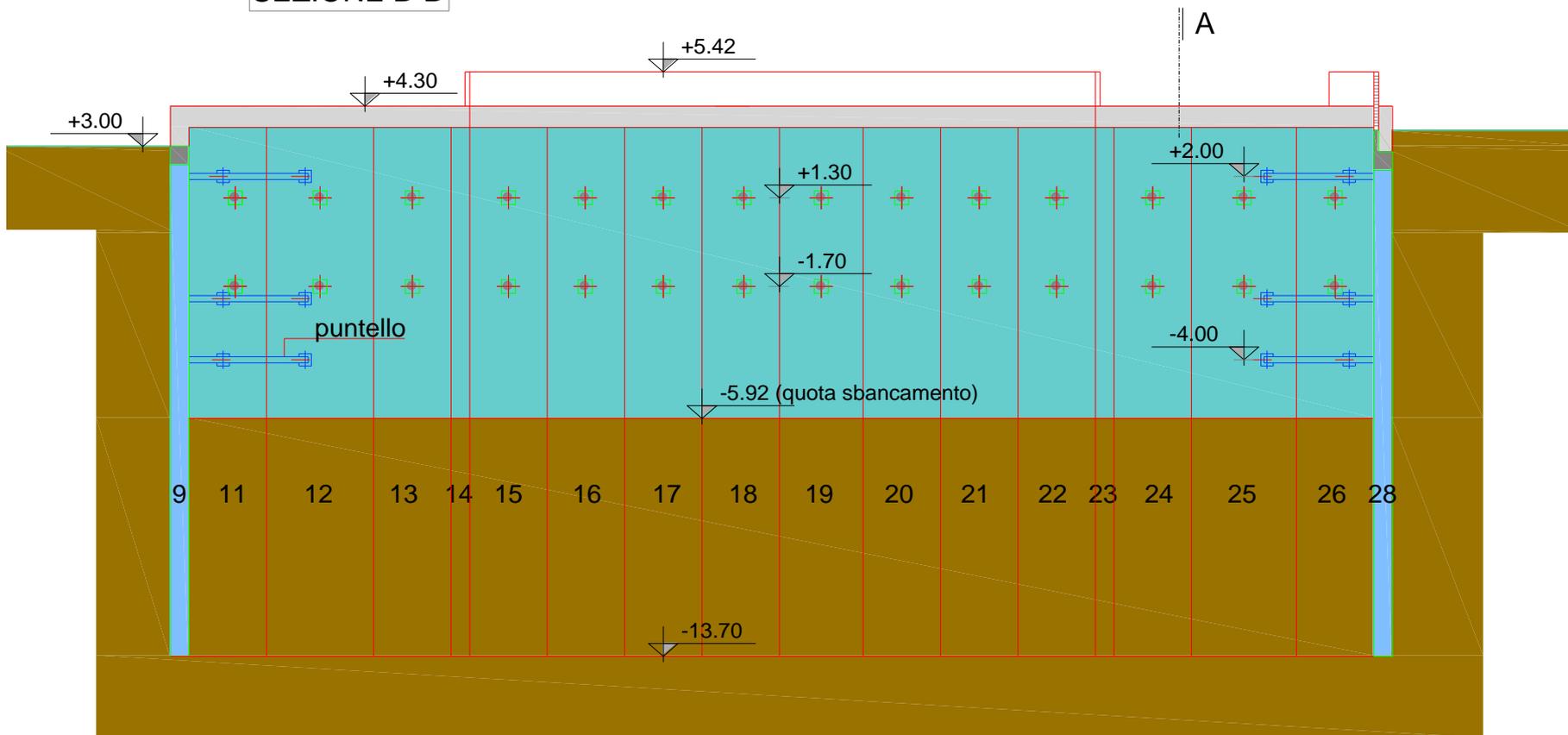
SEZIONE A-A



0 1 5 10 m

RICCIONE : PARCHEGGIO INTERRATO IN VIA XIX OTTOBRE - Garrasi - 1998

SEZIONE B-B



 Tiranti a 3 trefoli tipo "APS" - l = 22.00 m

PANNELLO TIPO 1
Pannelli n° 5-26-28-32



PANNELLO TIPO 2
Pannelli n° 11-15-16-17-18-24-33-34-35



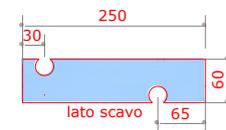
PANNELLO TIPO 2*
Pannelli n° 2-3-4-13-20-21-22



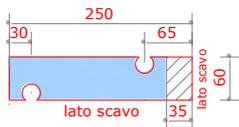
PANNELLO TIPO 3
Pannello n° 10



PANNELLO TIPO 4
Pannello n° 14



PANNELLO TIPO 4*
Pannello n° 23



PANNELLO TIPO 5
Pannello n° 19



PANNELLO TIPO 6
Pannello n° 1



PANNELLO TIPO 6*
Pannello n° 36



PANNELLO TIPO 7
Pannello n° 25



PANNELLO TIPO 8
Pannello n° 27



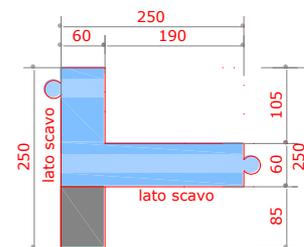
PANNELLO TIPO 9
Pannello n° 12



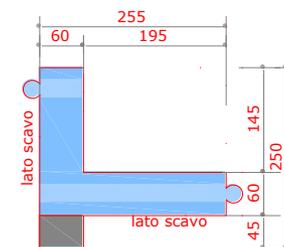
PANNELLO TIPO 10
Pannello n° 9



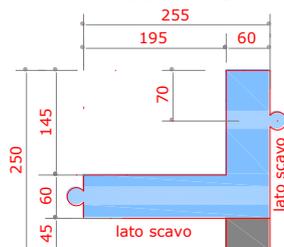
PANNELLO TIPO 11
Pannello n° 6



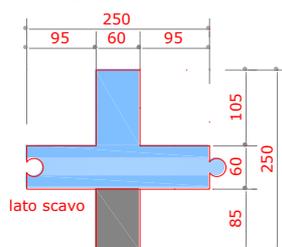
PANNELLO TIPO 12
Pannello n° 29



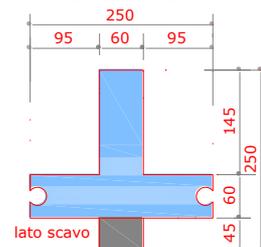
PANNELLO TIPO 13
Pannello n° 31



PANNELLO TIPO 14
Pannello n° 7-8



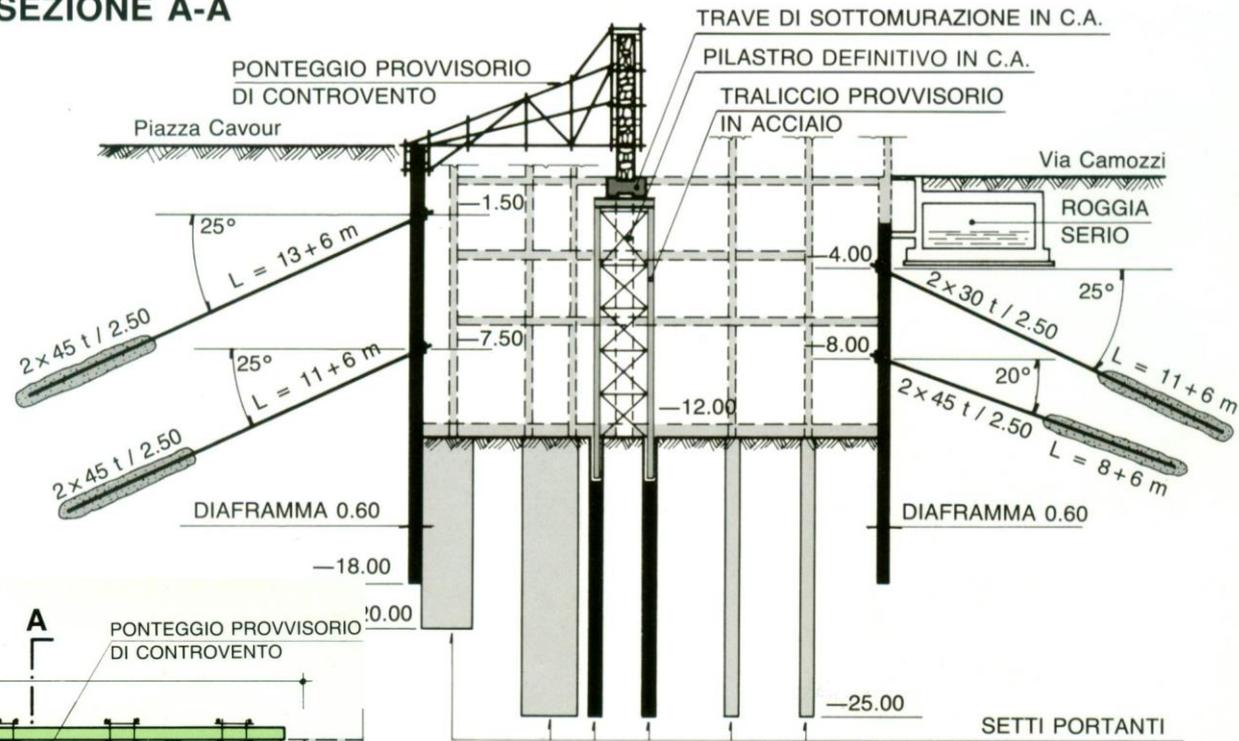
PANNELLO TIPO 15
Pannello n° 30



TIPOLOGIA PANNELLI

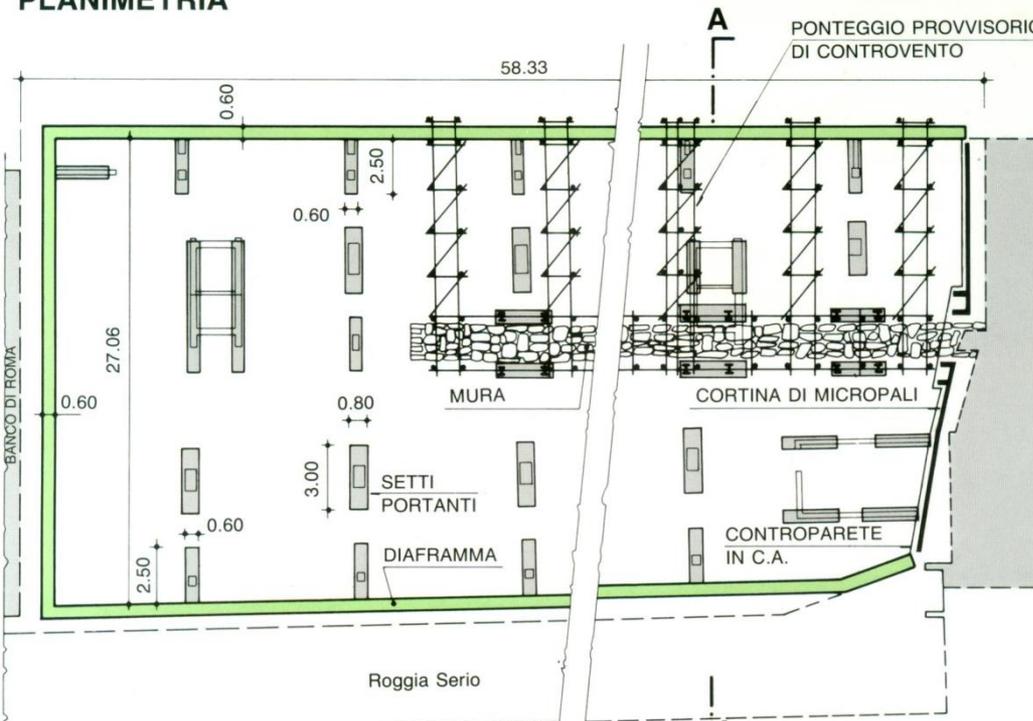


SEZIONE A-A



PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO + ELEMENTI DI FONDAZIONE

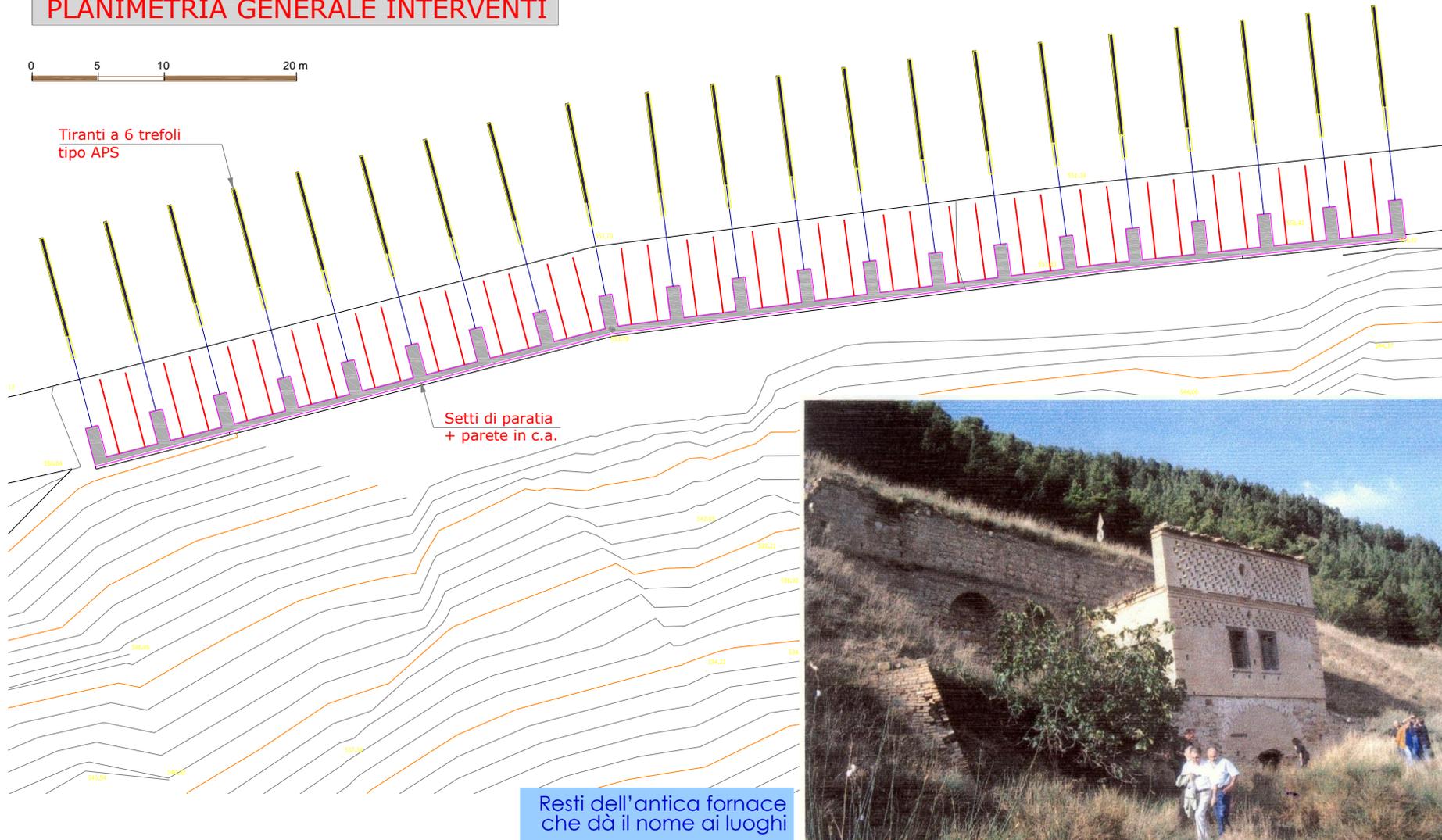
PLANIMETRIA



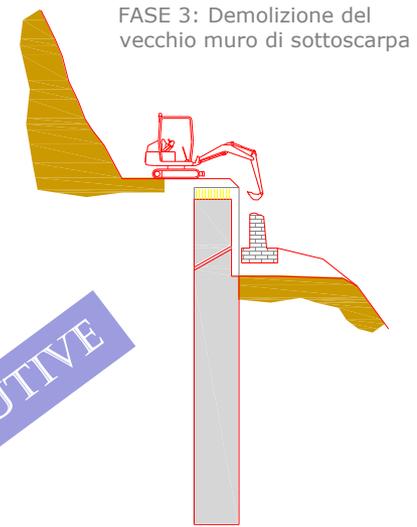
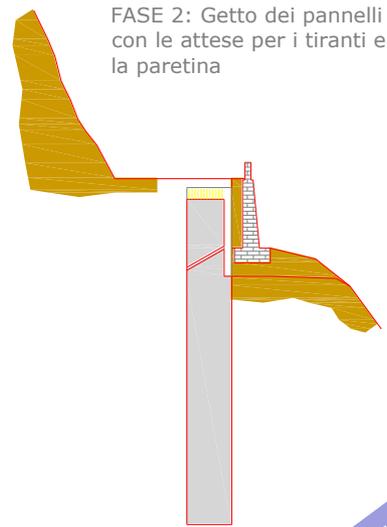
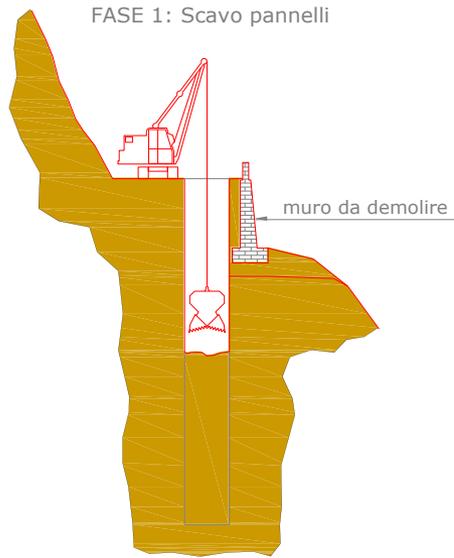
Bergamo - Banca Provinciale Lombarda
 Impresa ELSE - 1985-1986

USO DI PARATIE NEL CONSOLIDAMENTO DEI PENDII

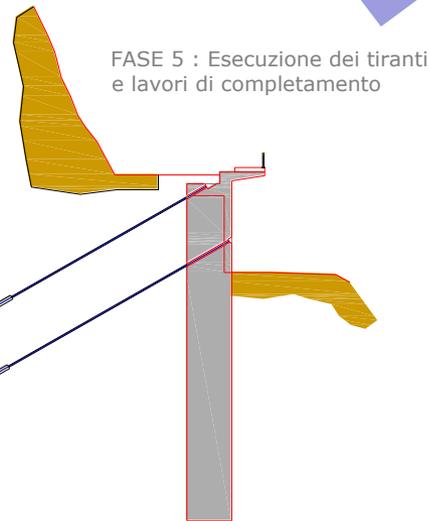
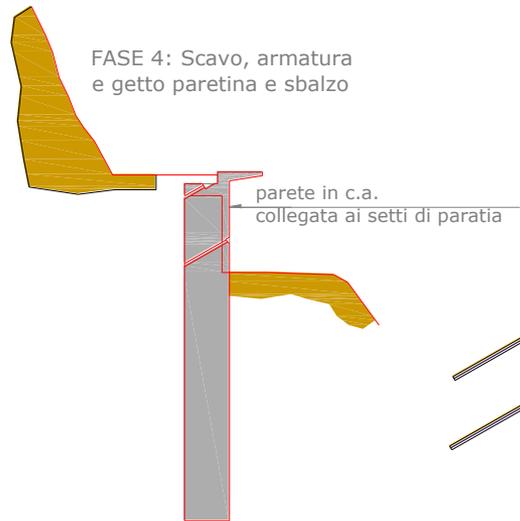
PLANIMETRIA GENERALE INTERVENTI



USO DI PARATIE NEL CONSOLIDAMENTO DEI PENDII



FASI ESECUTIVE

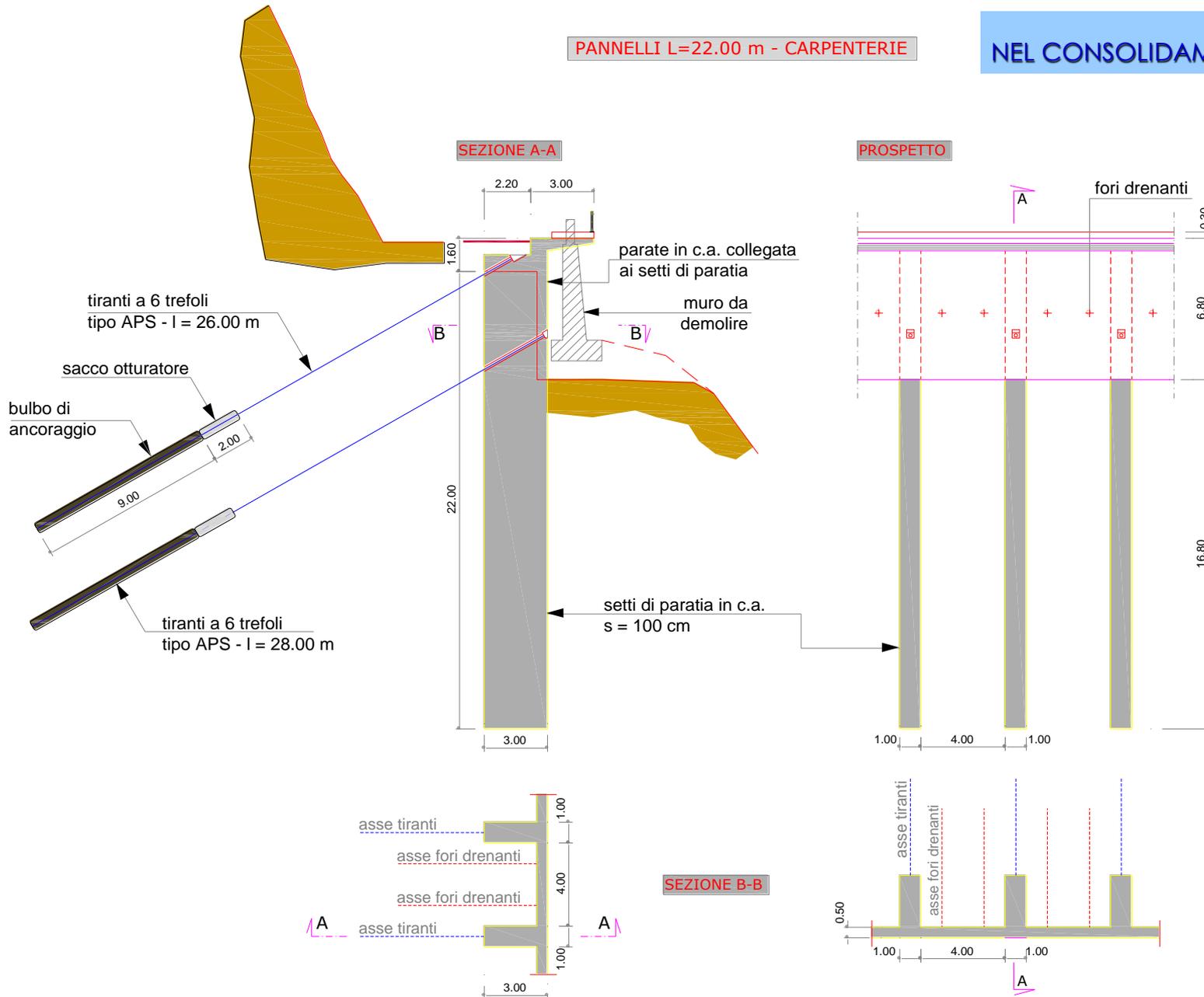


CANTIERE



**USO DI PARATIE
NEL CONSOLIDAMENTO DEI PENDII**

PANNELLI L=22.00 m - CARPENTERIE

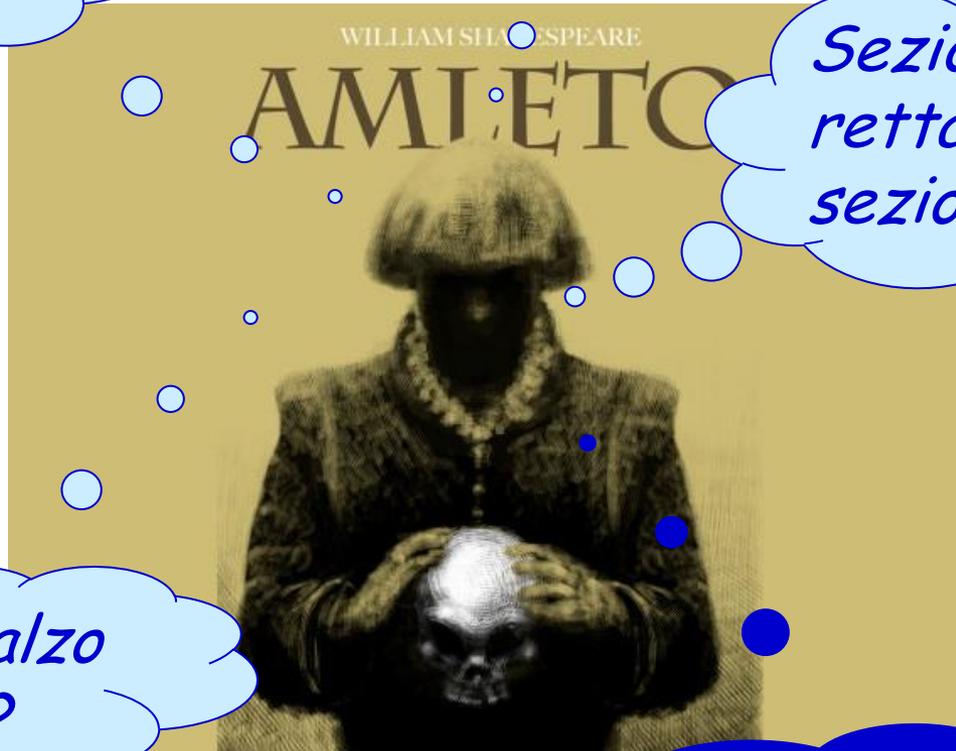


*Paratie o
palancole ?*

*Diaframma di pali o
berlinese di micropali ?*

*Sezione
rettangolare o
sezione a T?*

*Paratie a sbalzo
o tirantate ?*



*meh, teschio, come
faccio a scegliere ?*

COME SCEGLIERE : LIBERTÀ O LIBERO ARBITRIO ?

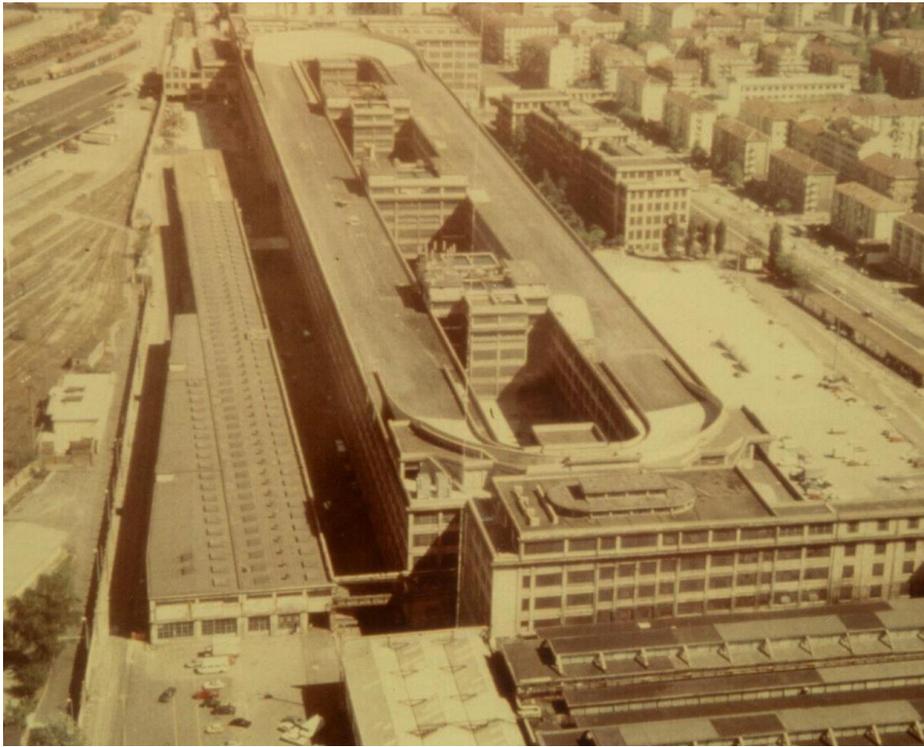
un esempio

MEMO

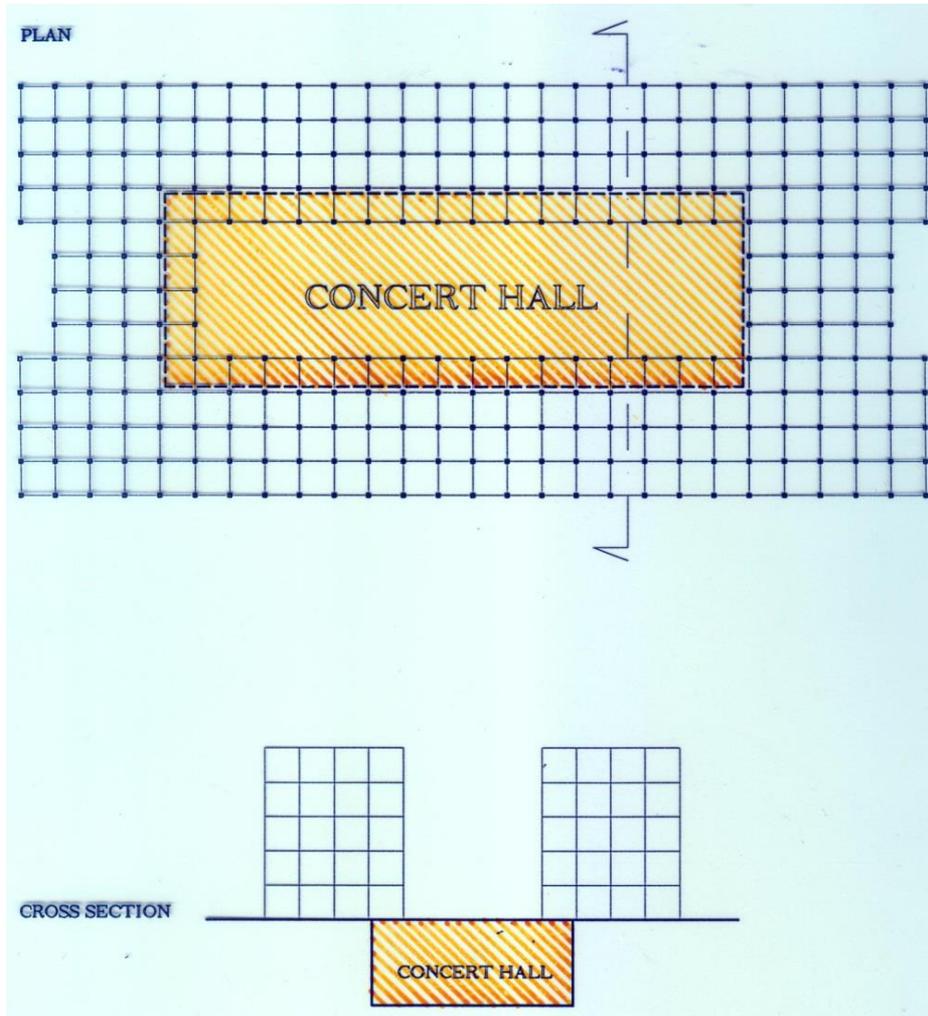
- ❑ Il "libero arbitrio" consiste nella possibilità di scegliere.
- ❑ La "libertà" (quella autentica) consiste nel fare un corretto uso del "libero arbitrio", cioè nel fare, in una determinata occasione, la scelta più giusta (ovviamente in base a determinati criteri veritativi).
- ❑ Molti, purtroppo, tendono a confondere tra libertà e libero arbitrio, ritenendo che si è liberi se ed in quanto si può fare e si fa ciò che si vuole.
E' lo stesso che confondere l'intelligenza con il suo corretto uso: se dico che $2+2 = 5$, questo vuol dire che certamente possiedo una intelligenza, ma che ne sto facendo un uso sbagliato.

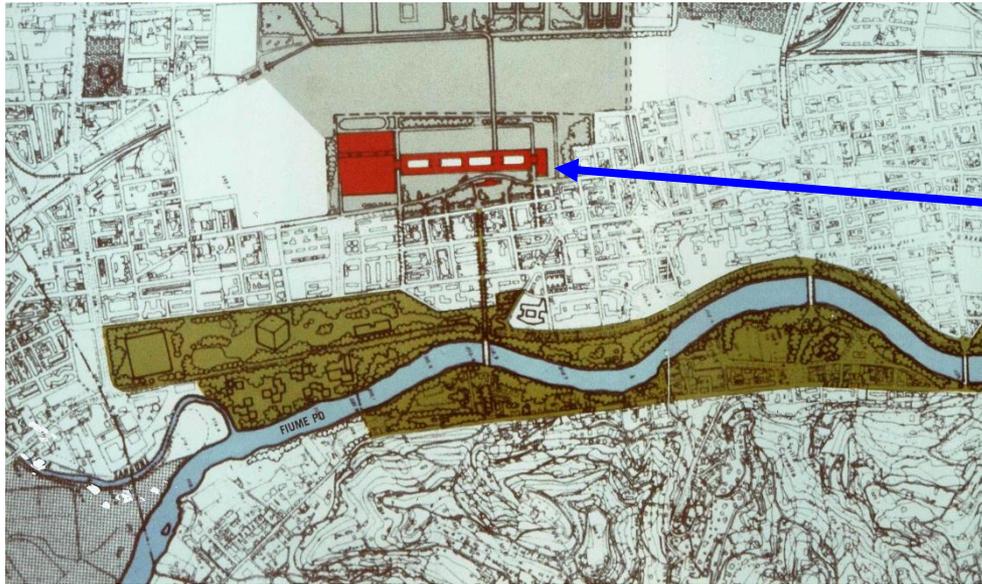
Con le paratie questo genere di confusione è sommamente dannoso.

COME SCEGLIERE : LIBERTÀ O LIBERO ARBITRIO ? UN ESEMPIO

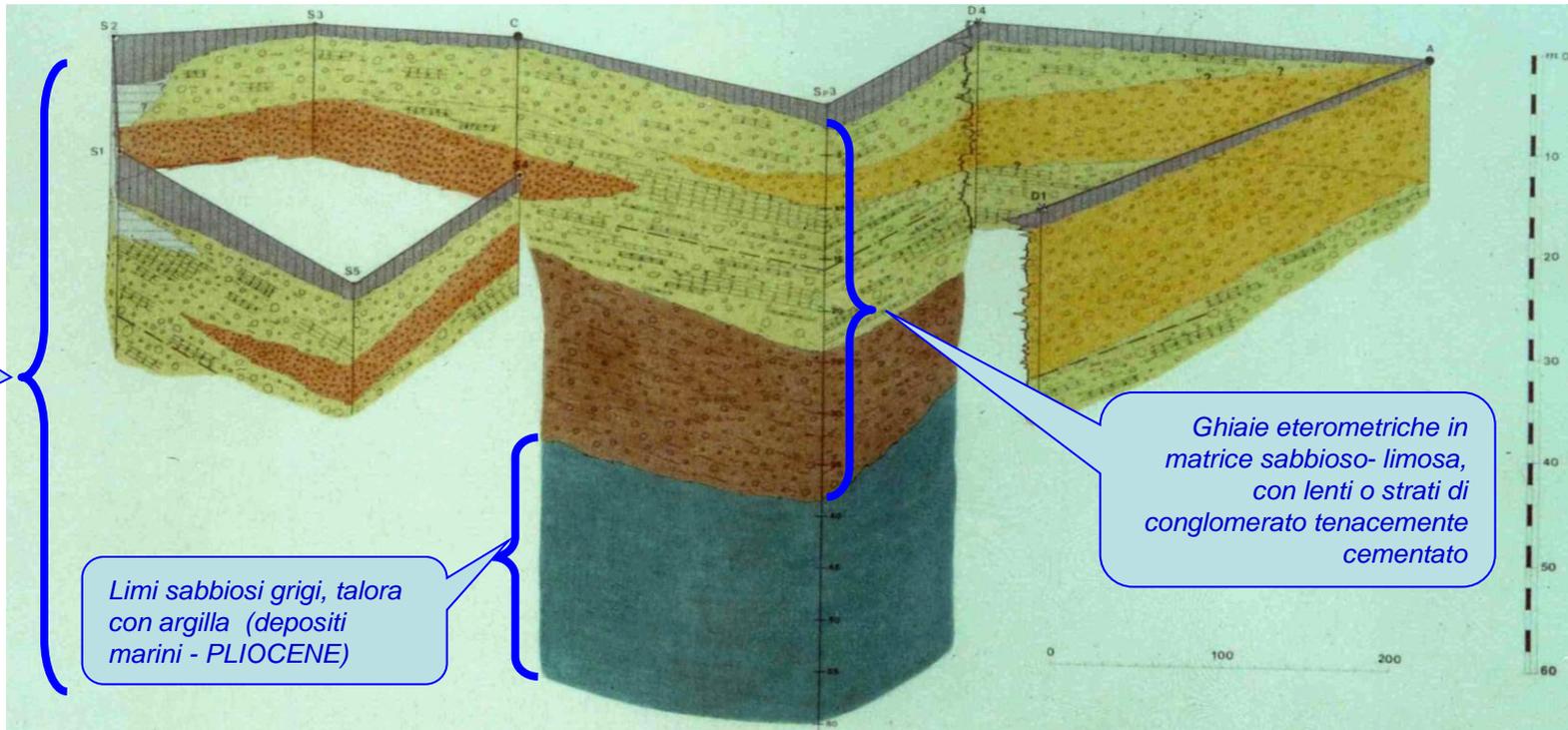


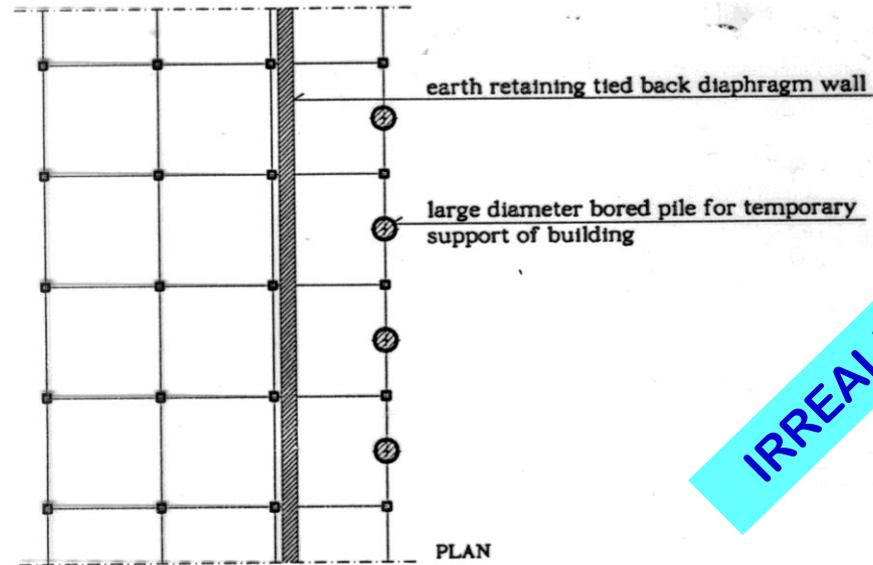
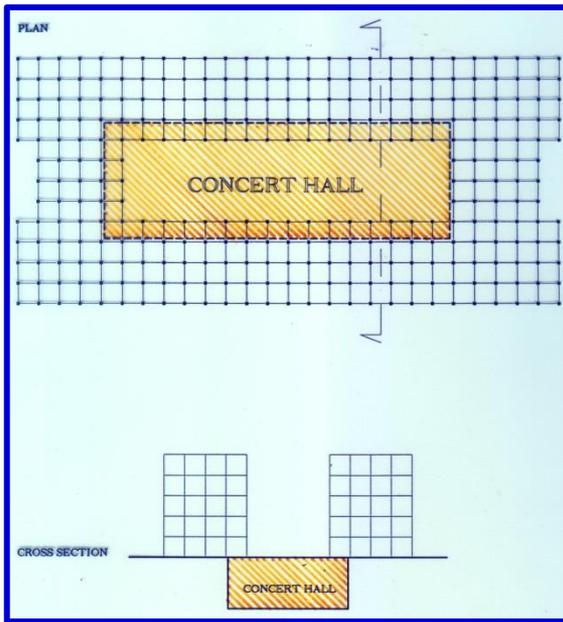
MAIN-HALL DEL CENTRO CONGRESSI LINGOTTO - TORINO
RENZO PIANO - VITONE & ASSOCIATI - GARRASI 1991-92





IL CONTESTO GEOLOGICO E GEOTECNICO



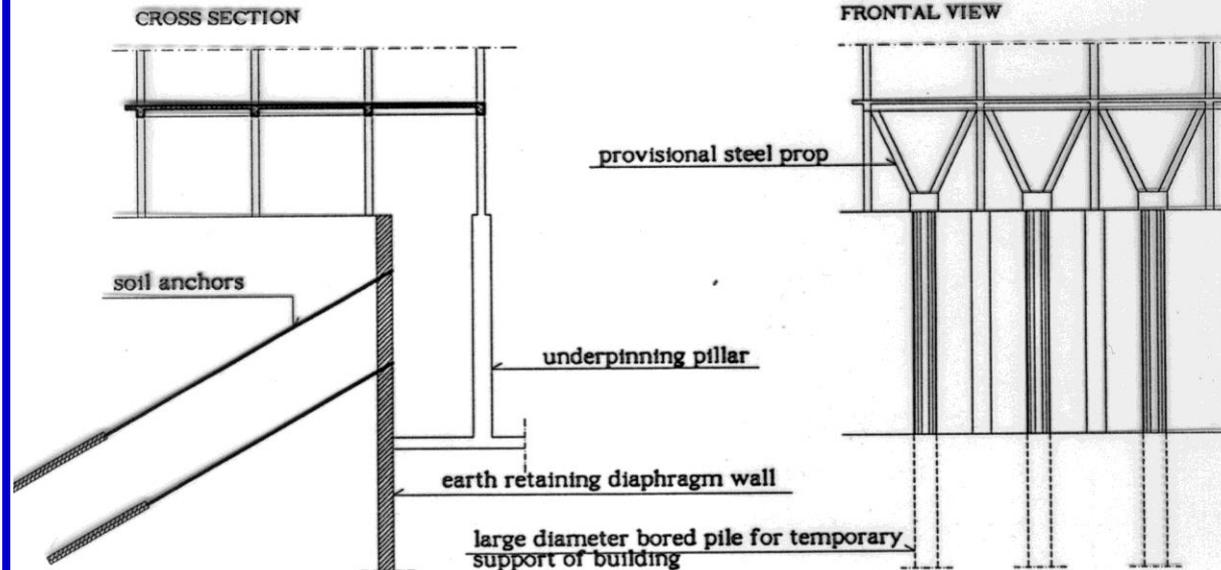


IRREALIZZABILE

FASI ESECUTIVE

1. Realizzazione pali di grosso diametro
2. Puntellatura provvisoria pilastri
3. Realizzazione paratia
4. Scavo e realizzazione tiranti (due fasi)
5. Scavo finale a quota fondazione
6. Solettone di fondazione e pilastri di "sottofondazione"
7. Rimozione puntellatura provvisoria
8. Demolizione parziale dei pali (tratto al di sopra della fondazione)

LA SOLUZIONE , PROPOSTA DA "OVE & ARUP" DI LONDRA





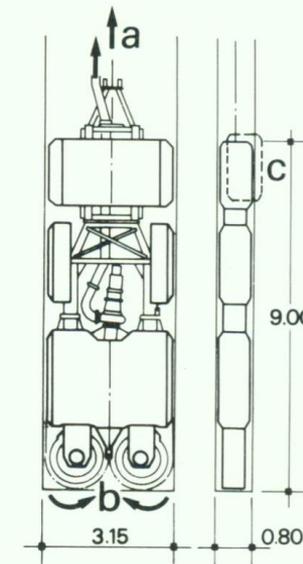
I
D
R
O
F
R
E
S
A



Romill milling machine

Il solo modo per attraversare con paratie gli strati di conglomerato e puddinghe tenacemente cementati.

(questo è il motivo per cui la soluzione proposta da Ove & Arup non è realizzabile)



- a Romill weight balancing
- b rotational speed of milling wheels control
- c shield displacement

La brillante ed audace soluzione
ideata dallo
Studio Vitone & Associati:
SOTTOFONDAZIONE
CON MICROPALI
+
SCAVO A SCARPATA



CENTRO CONGRESSI LINGOTTO (TORINO) - SOTTOFONDAZIONI PER GLI SCAVI DELLA MAIN-HALL
Renzo Piano – Vitone & Associati – Garrasi 1991-92



Vista delle sottofondazioni durante varie fasi di scavo



CENTRO CONGRESSI LINGOTTO (TORINO) - SOTTOFONDAZIONI PER GLI SCAVI DELLA MAIN-HALL - Renzo Piano - Vitone & Associati - Garrasi 1991-92

POSSIBILI CONDIZIONAMENTI (*) DELLA SCELTA PROGETTUALE PER UNA PARATIA MULTIANCORATA

(*) non necessariamente negativi

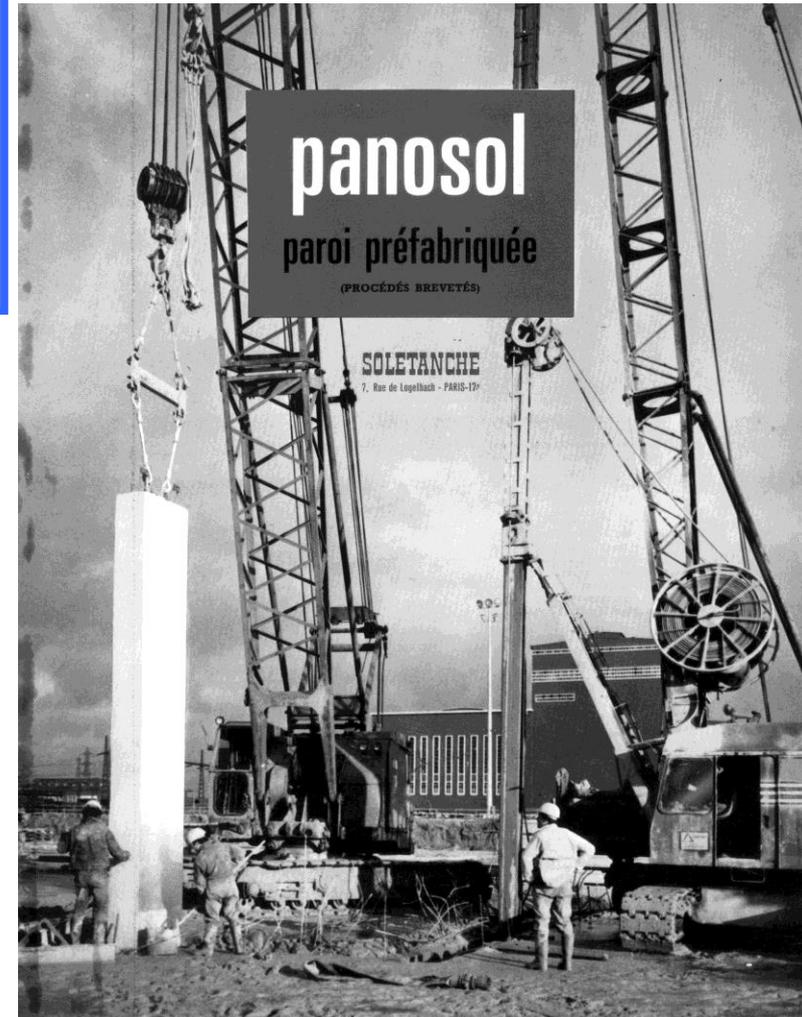
- a. Il know-how personale
- b. Le caratteristiche dell'opera:
 - sensibilità agli spostamenti orizzontali
 - accessibilità nel tempo alle testate dei tiranti
- a. La natura dei luoghi:
 - tipo di terreno
 - accessibilità
 - condizioni al contorno
- b. La situazione "di mercato" (prezzi adeguati, livello tecnico delle imprese, tasso di litigiosità, etc.)
- c. Le modalità di appalto
- d. La possibilità o meno di controllare l'esecuzione dell'opera

VANTAGGI

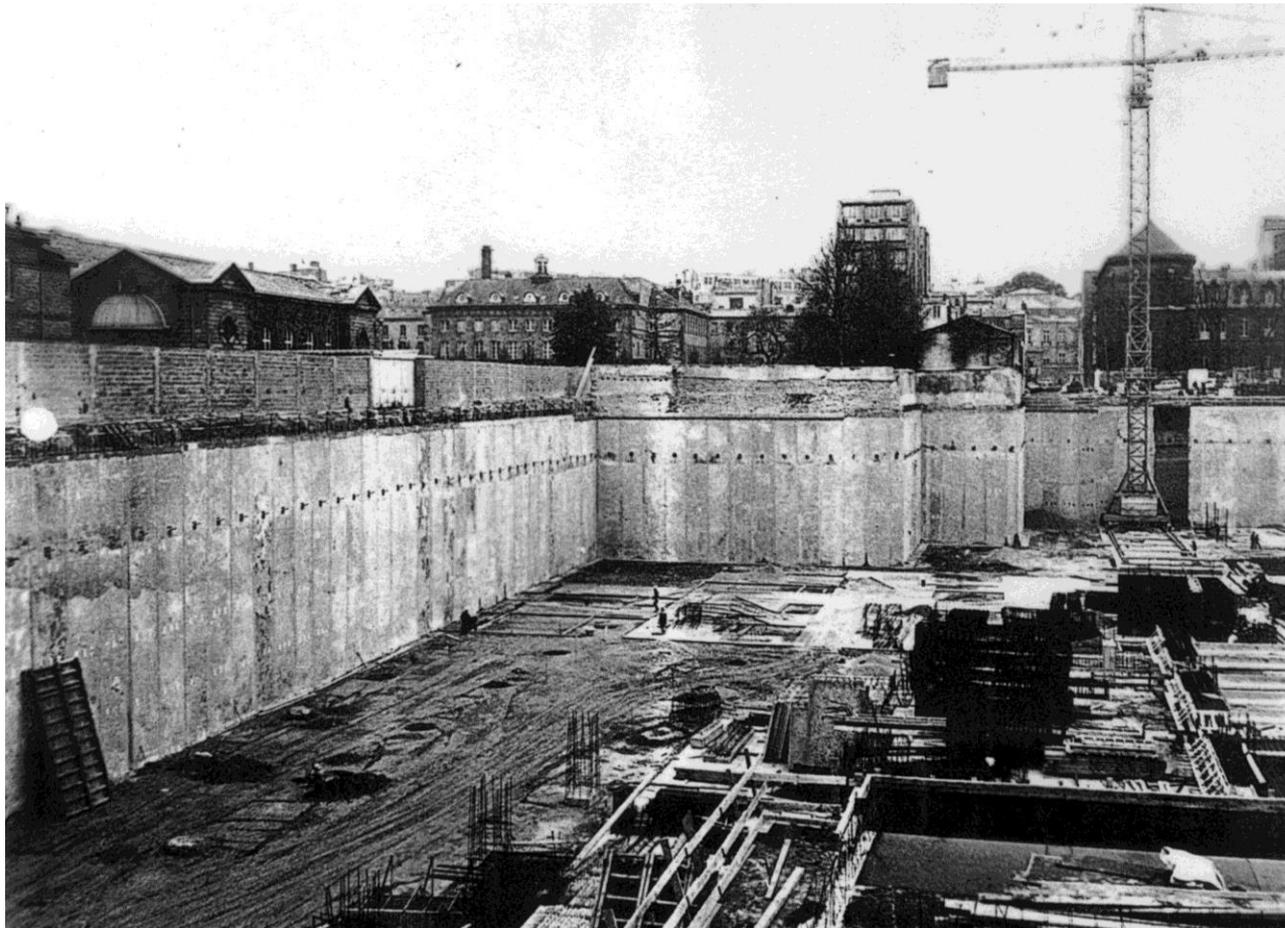
- ❑ Ottima finitura superfici scoperte – durabilità.
- ❑ Controllo assai più preciso delle dimensioni trasversali, della posizione dell'armatura e della qualità del cls.
- ❑ Minor ingombro trasversale, a parità di resistenza flessionale.
- ❑ Maggiori possibilità di inserire ferri d'attesa, nicchie, etc.
- ❑ **Ridotti tempi esecutivi** ←

SVANTAGGI

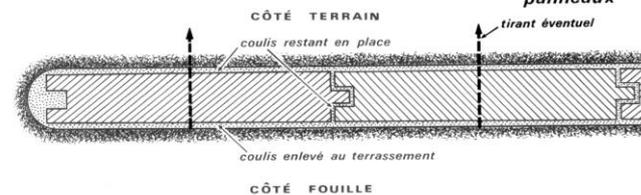
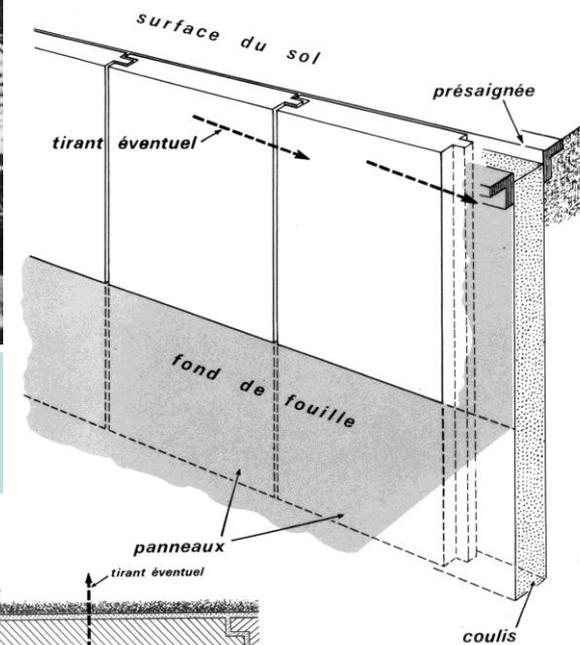
- ❑ Limiti nelle dimensioni per motivi di movimentazione.



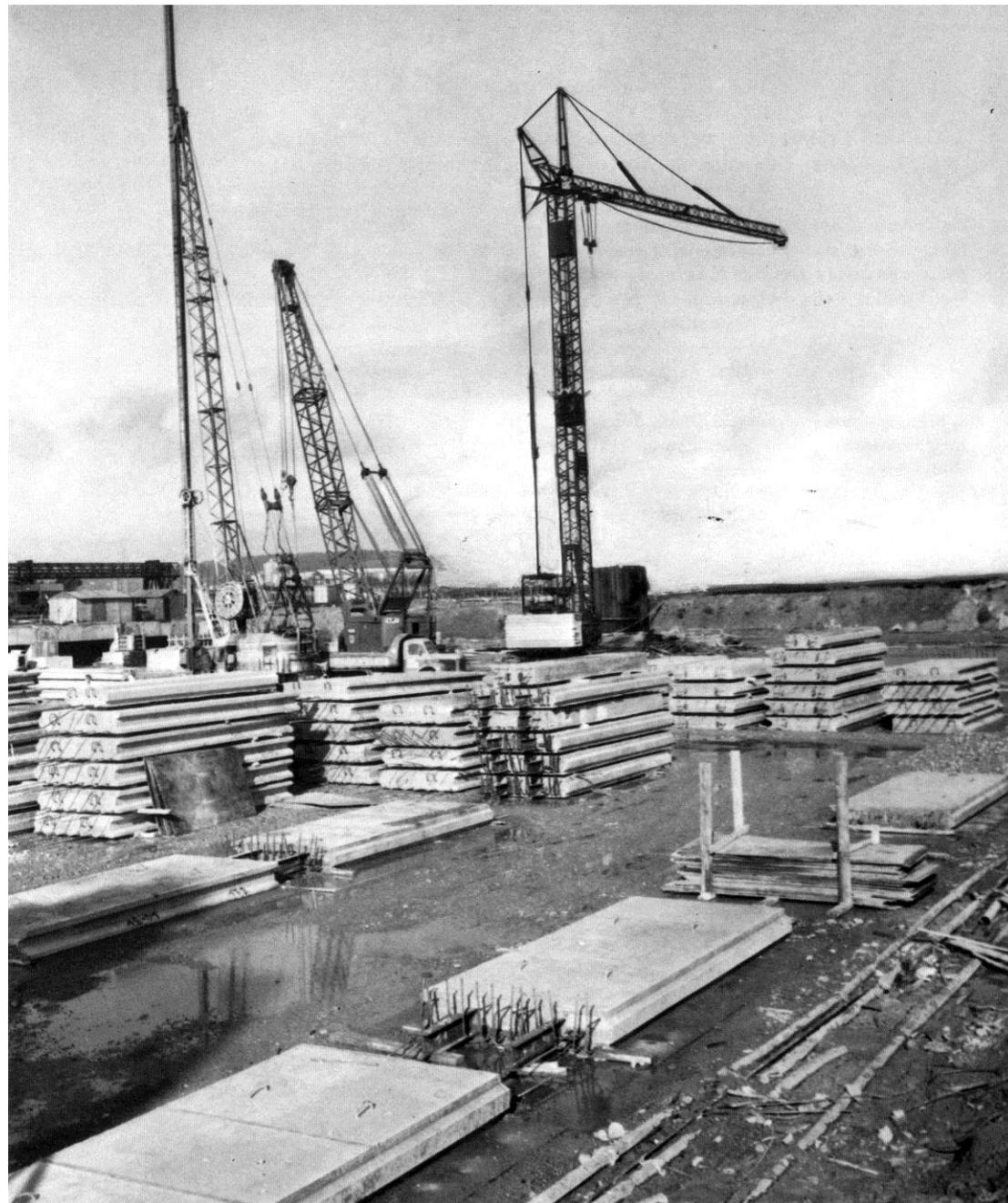
PARATIE PREFABBRICATE



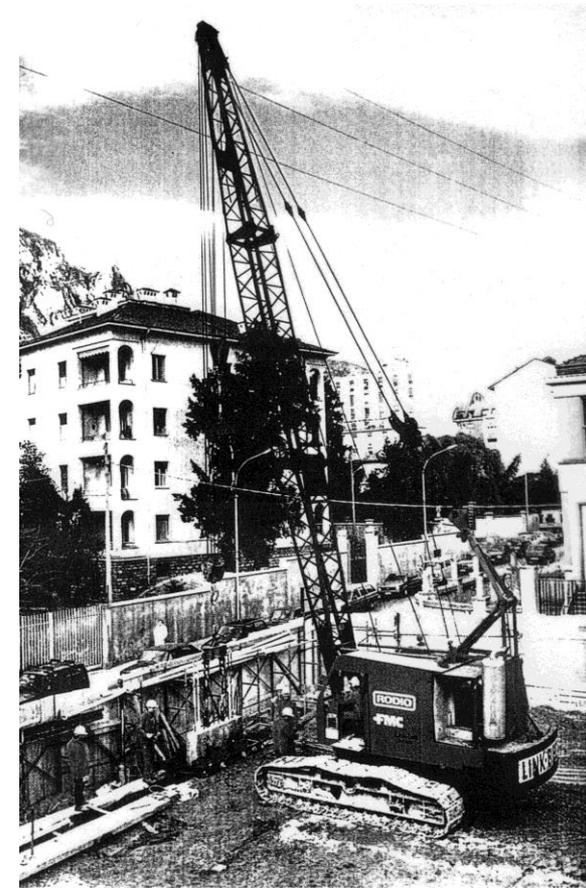
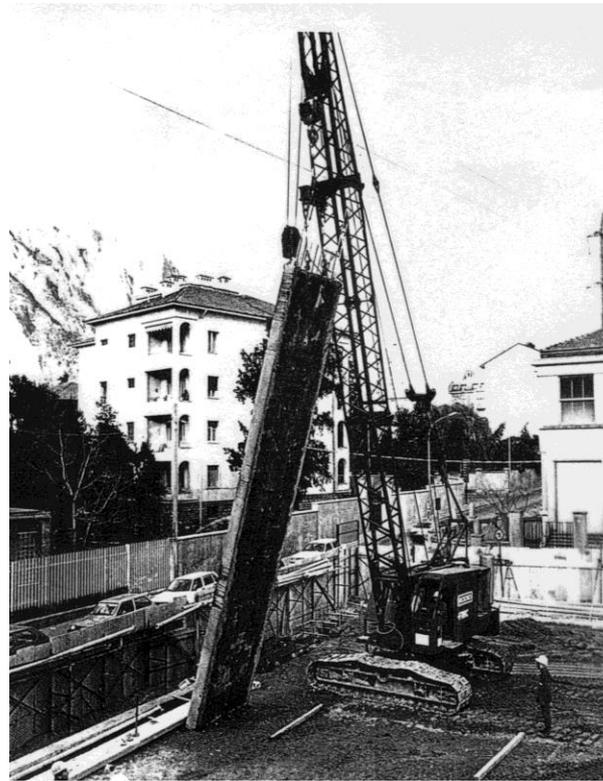
Paris – Rue du Faubourg St. Honoré
SOLETANCHE (RODIO) - 1971-72



PARATIE PREFABBRICATE



PARATIE PREFABBRICATE :
STOCCAGGIO DEI PANNELLI IN CANTIERE



PARATIE PREFABBRICATE : FASI ESECUTIVE

Centrale ENEL Bergamo – Impresa RODIO – 1975



**PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE COME
OPERA DI SOSTEGNO**

PALANCOLATE METALLICHE

CAMPO D'IMPIEGO

Opere di sostegno e schermi impermeabili

CAMPO D'IMPIEGO RELATIVAMENTE AL TERRENO

**Dalle argille normalconsolidate alle sabbie con
ghiaia fine.**

VANTAGGI

Rapidità di posa in opera

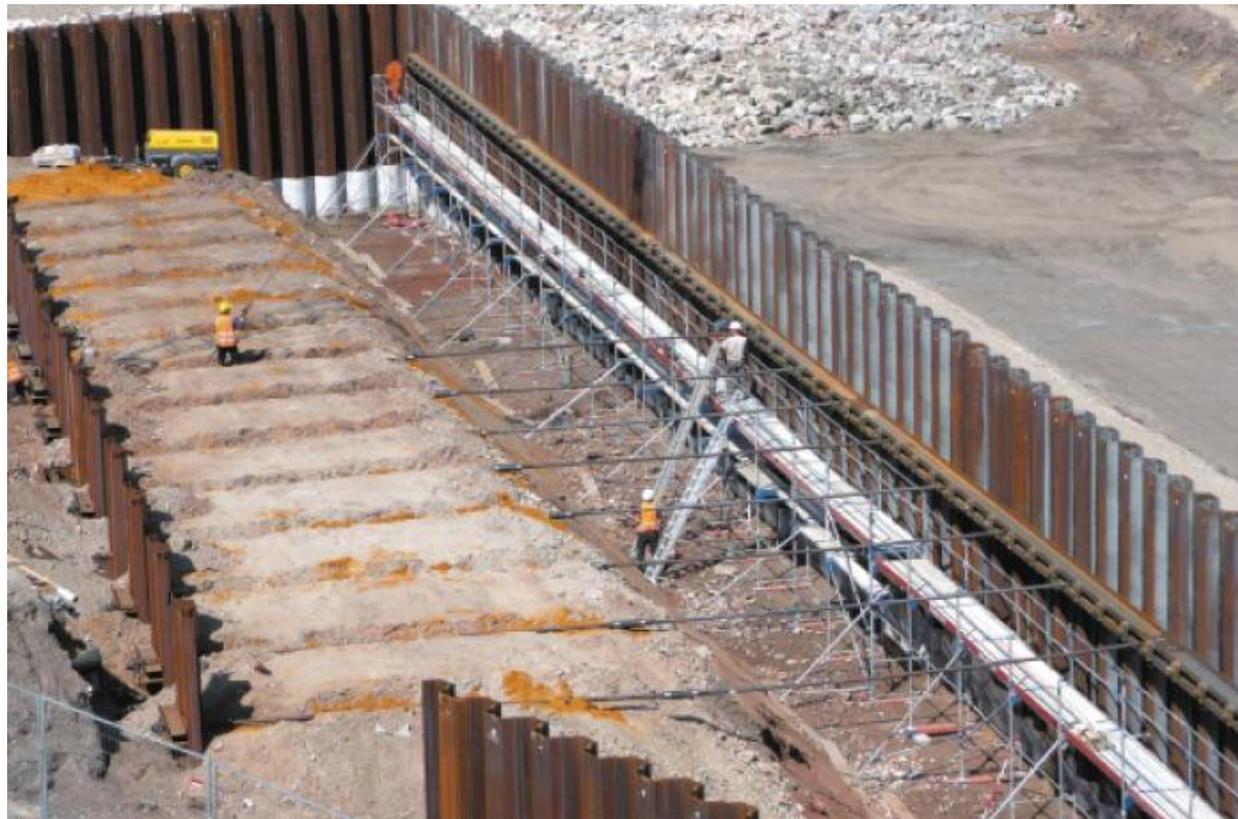
Ottima tenuta idraulica del giunto

Possibilità di recupero/riutilizzo

SVANTAGGI/LIMITI

Vibrazioni indotte durante l'infissione

**Limitata resistenza rispetto ad una paratia in c.a.
(il limite cessa – di fatto - per le palancolate con
tiranti)**



PALANCOLATE METALLICHE



PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE
COME OPERE DI SOSTEGNO



PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE COME OPERA DI SOSTEGNO + SCHERMO IMPERMEABILE

1. Si realizza il palancolato
2. Si fa la bonifica del fondo, asportando la melma
3. Si fa la colmata, causando l'automatico svuotamento dell'acqua
4. Si realizza il piano banchina

PALANCOLATE METALLICHE

PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE COME SCHERMO IMPERMEABILE (RINFORZO ARGINE)





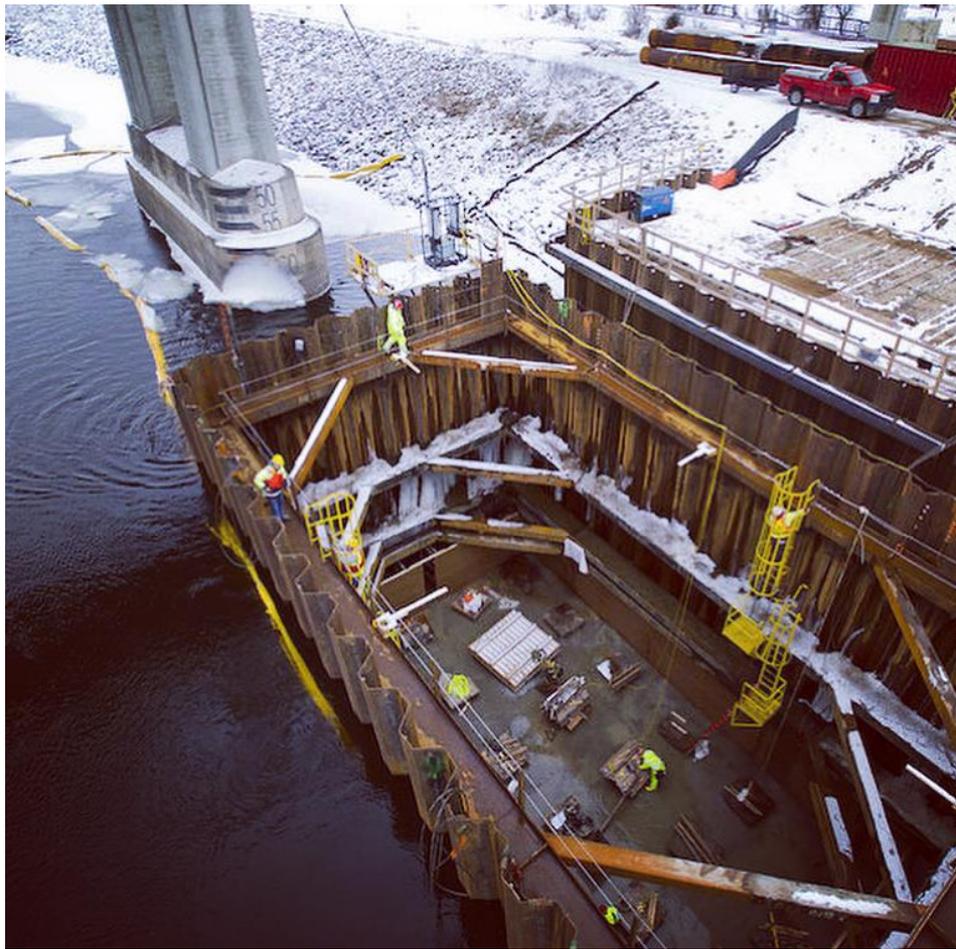
**PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE COME
SCHERMO IMPERMEABILE PROVVISORIO (COFFERDAM)**



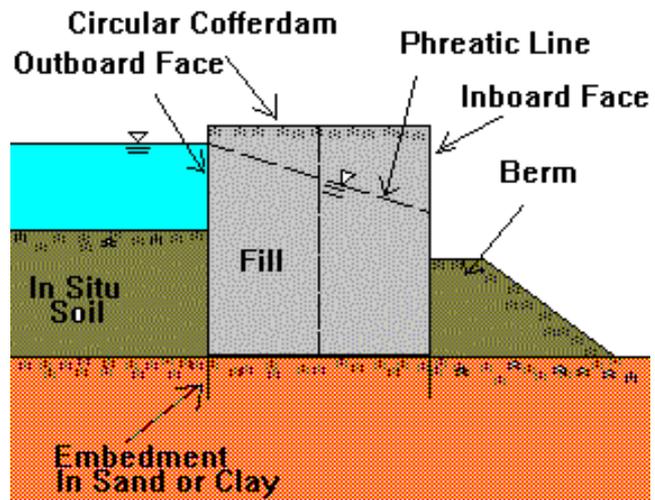
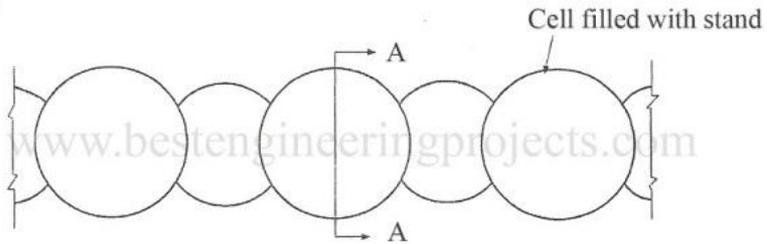
PALANCOLATE METALLICHE

PALANCOLATE METALLICHE

PALANCOLATE METALLICHE UTILIZZATE COME
SCHERMO IMPERMEABILE PROVVISORIO (COFFERDAM)



USO DEI COFFERDAM COME OPERE DI SOSTEGNO





USO DEI COFFERDAM CIRCOLARI COME OPERE DI SOSTEGNO : FASI ESECUTIVE



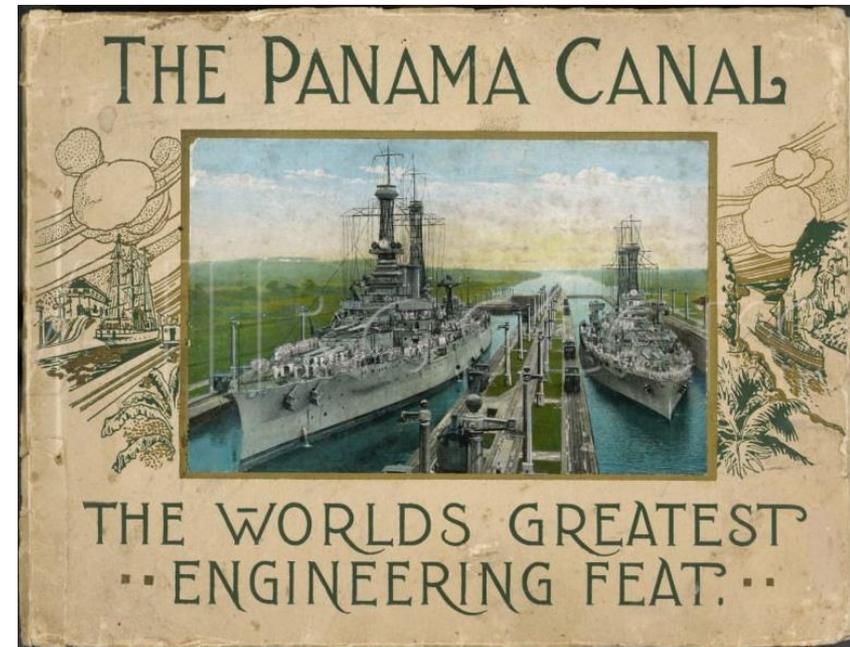


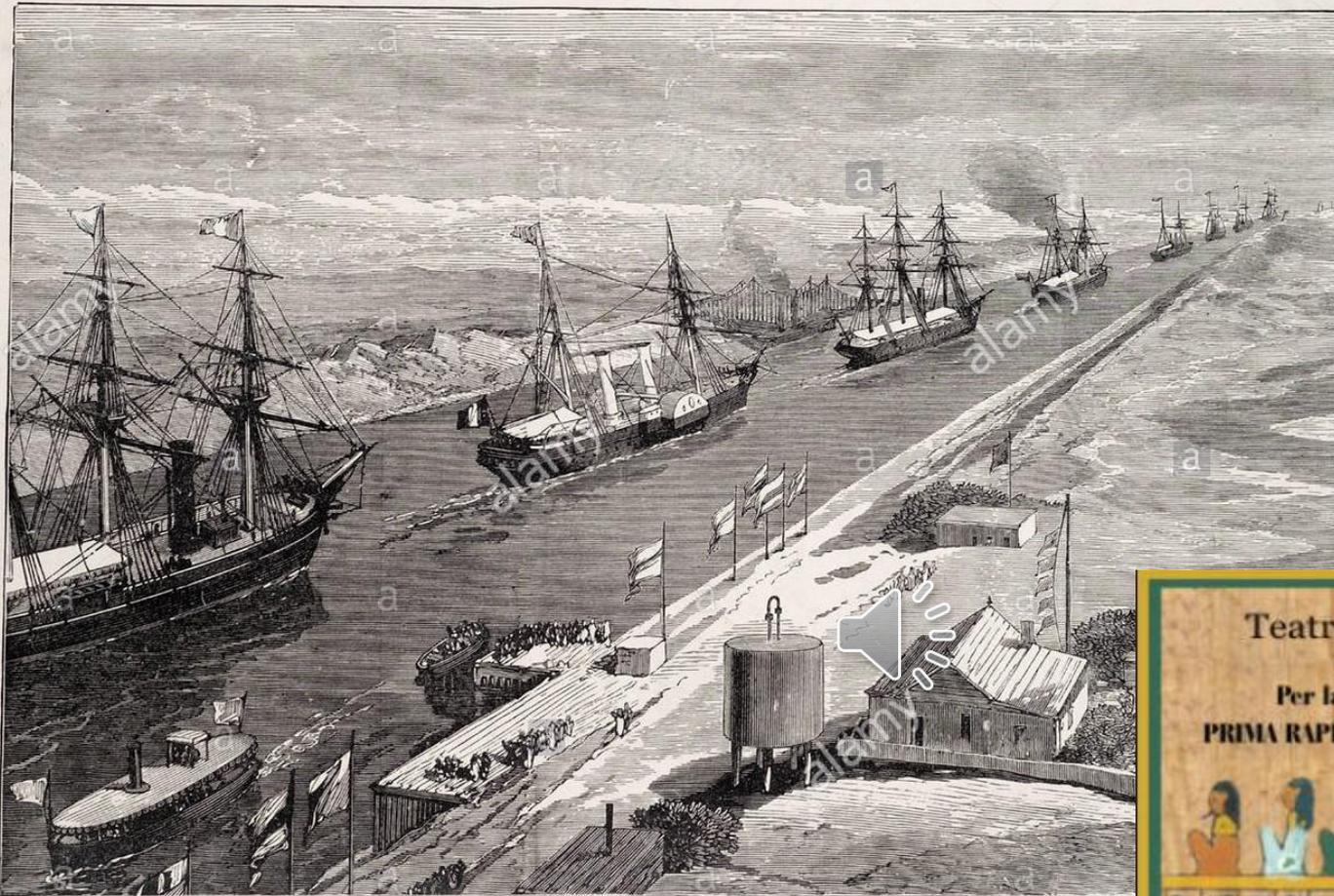
USO DEI COFFERDAM CIRCOLARI
COME OPERE DI SOSTEGNO



I COFFERDAM & LA STORIA

CANALE DI PANAMA (1870 - 1914)





OPENING OF THE SUEZ CANAL—PROCESSION OF SHIPS.



Teatro dell'Opera del Cairo

Per la sera del 24 dicembre 1871
PRIMA RAPPRESENTAZIONE DELL'OPERA NUOVA

AIDA

Libretto di Antonio Ghislanzoni
Musica di
GIUSEPPE VERDI

Personaggi:
Aida: Antonietta Pozzoni Anastasi
Radames: Pietro Mongini
Eleonora Grossi e Francesco Steller

Direttore GIOVANNI BOTTESINI

Soggetto da uno spunto di A. Mariette
rielaborato da C. Dulocle

IL CANALE DI PANAMA : L'ANTEFATTO
IL 17 NOVEMBRE 1869 VIENE INAUGURATO
IL CANALE DI SUEZ

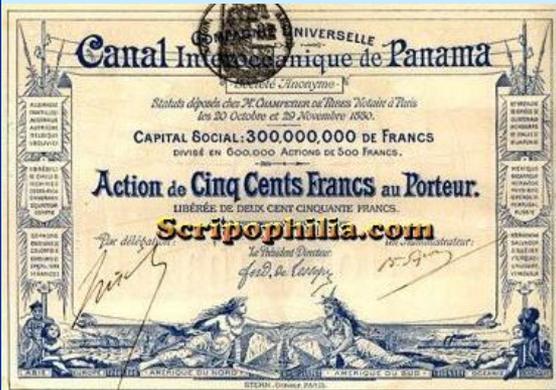
IL CANALE DI PANAMA



1870-1894 : il periodo francese

De Lesseps fonda la «Compagnie Universelle du Canal Interocéanique de Panama», ottiene dalla Colombia i diritti di attraversamento dell'istmo e nel 1881 inizia i lavori per la costruzione di un canale a livello del mare.

Ben presto le difficoltà tecniche ed ambientali fanno lievitare i costi oltre ogni previsione e nel 1886 la società dichiara il fallimento, coinvolgendo circa 800.000 azionisti. Al suo posto viene costituita la «Compagnie Nouvelle du Canal de Panama» che riprende i lavori per poi sospenderli definitivamente nel 1894 : sarà poi rilevata dagli Stati Uniti. Erano stati scavati circa 46 milioni di metri cubi di roccia, ed erano stati spesi più di 287 milioni di dollari. I morti erano più di 20.000.



1894-1904 : il periodo di transizione

Nel 1894 i francesi abbandonano definitivamente l'impresa, ed intessono contatti politici e finanziari con gli Stati Uniti, interessati a subentrare nell'impresa. Nel 1903 la Columbia rifiuta di concedere i diritti di costruzione del canale agli Stati Uniti, che sobillano la secessione di Panama garantendone l'indipendenza con la propria presenza militare. Il nuovo Stato concede agli USA i diritti di costruzione e gestione del canale per 100 anni : verrà restituito il 31 Dicembre 1999.

IL CANALE DI PANAMA

1904-1914 : lo sforzo americano

La costruzione del canale viene gestita direttamente dal governo federale USA ed avrà il suo più convinto ed efficace sostenitore in Theodore Roosevelt, presidente dal 1901 al 1909.

Gli americani iniziano i lavori nel 1904, affidandoli al Genio Militare (responsabile dei lavori civili riguardanti le vie d'acqua), e li completano nel 1914.

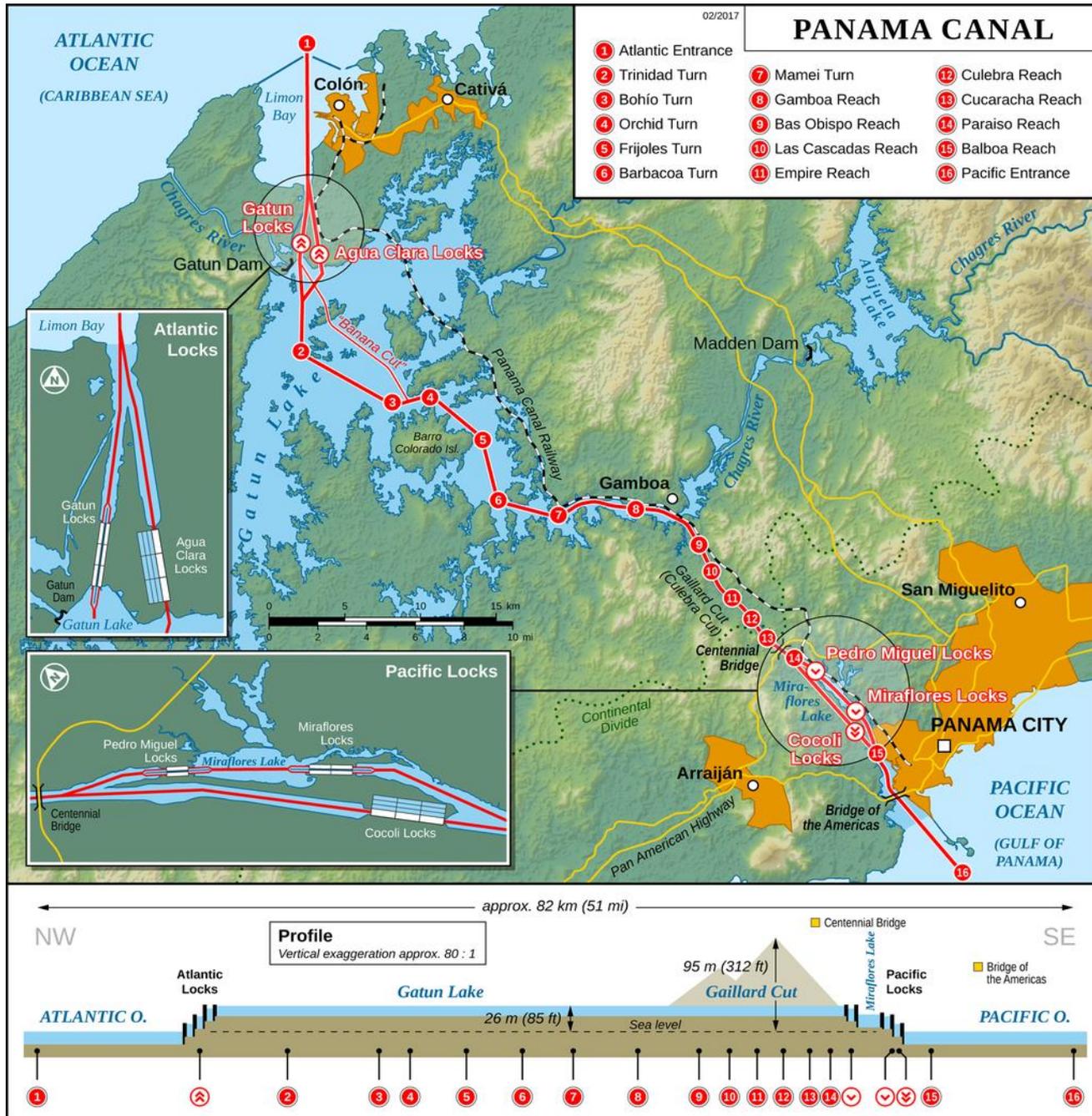
Per i primi due anni gli sforzi vengono concentrati sugli aspetti igienico-sanitari per il debellamento delle malattie tropicali, e sull'organizzazione generale dei cantieri.

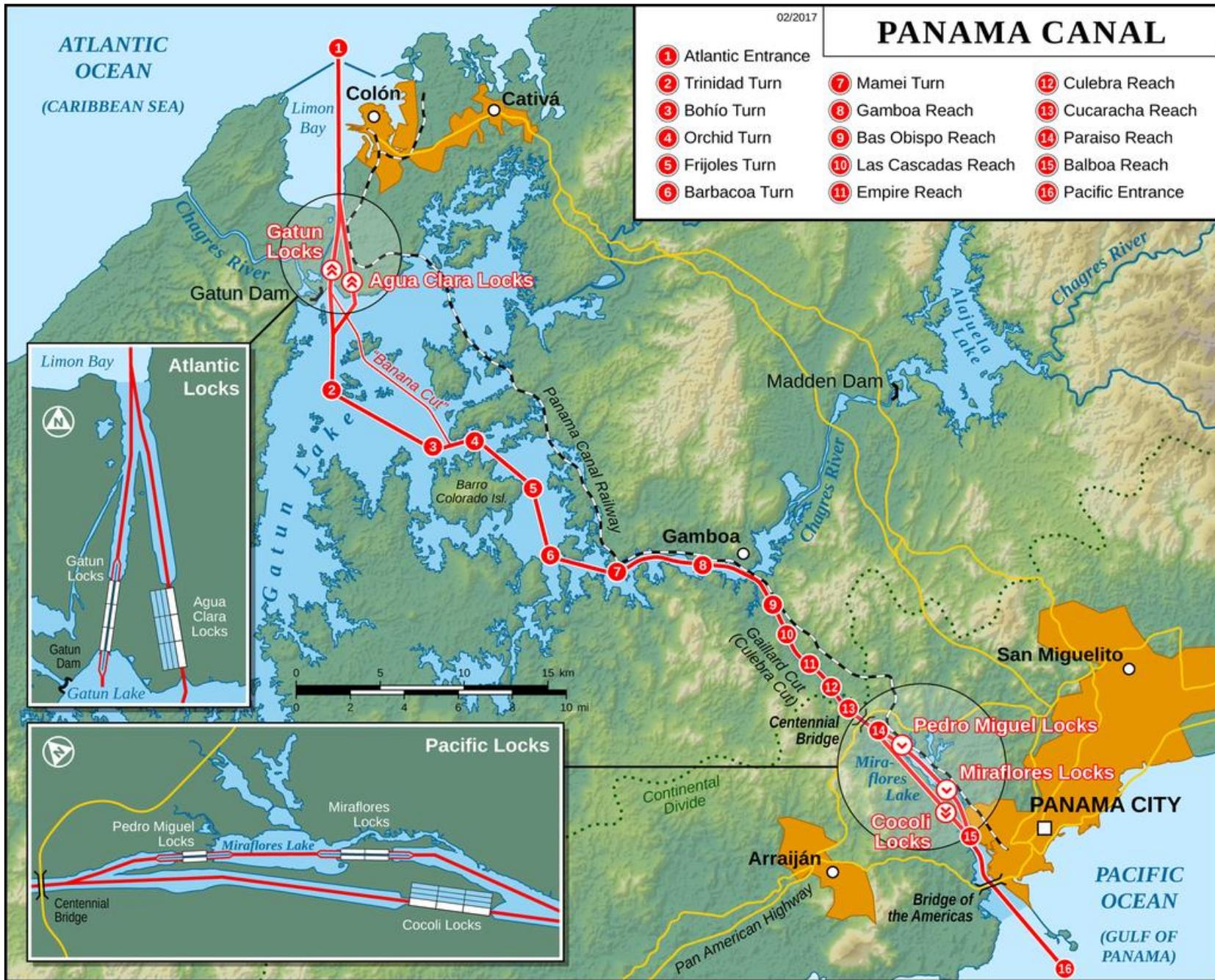
Nel 1906 viene approvato un progetto di canale con chiuse, per un costo stimato di 150 milioni di dollari (a consuntivo diventeranno più del doppio) e tempo di completamento di circa 10 anni. Tale soluzione prevede la creazione di tre laghi artificiali (quello di Gatun e Miraflores come vie d'acqua, e quello di Madden per alimentare le chiuse) : per questo furono sbarrati due fiumi e costruite 3 dighe, di cui quella di Gatun era allora la diga in terra più grande del mondo.

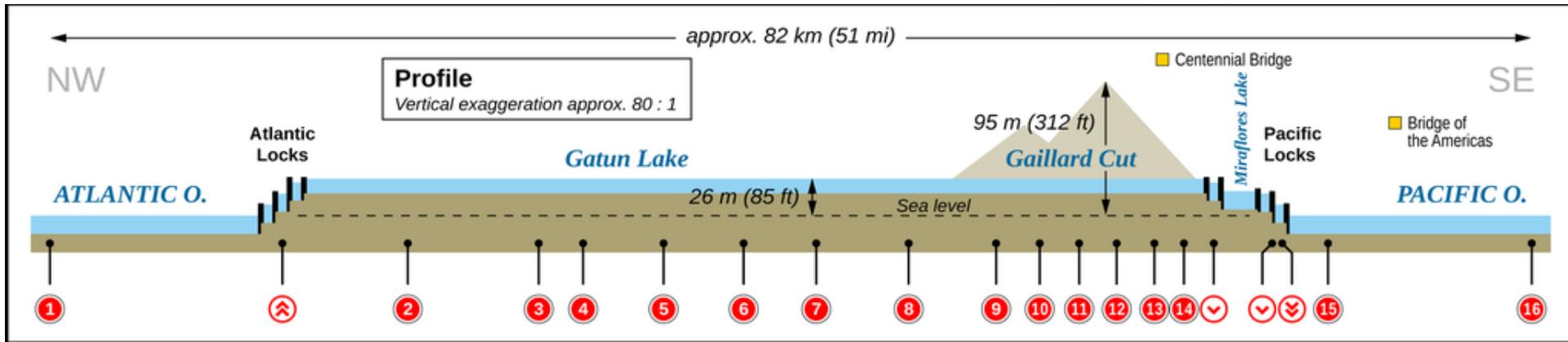
Il 15 agosto 1914 il Canale viene ufficialmente aperto alla navigazione: il viaggio inaugurale lo compie la nave **Ancona**, della società «Navigazione Generale Italiana di Genova».

VISTA D'INSIEME DEL CANALE DI PANAMA









PROGETTO FRANCESE

Canale a livello mare



Maggior volume di scavo

PROGETTO USA

Canale con chiuse + laghi artificiali

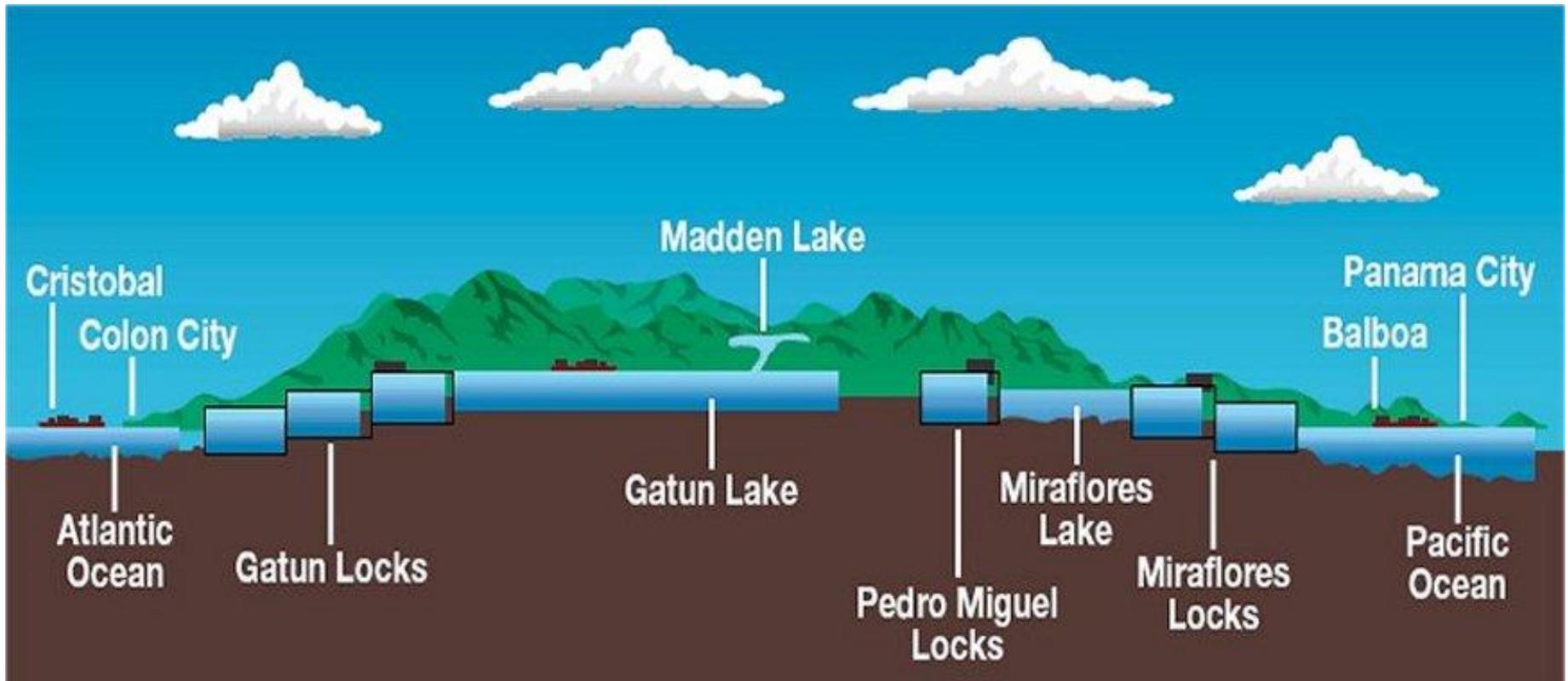


Minor volume di scavo

IL PROFILO ED IL SISTEMA DI CHIUSE DEL VECCHIO CANALE DI PANAMA

Il dislivello tra i due oceani ed il lago Gatun è di 26 m
Il Canale è lungo poco più di 80 km

(Il progetto francese, incompiuto per il fallimento della Compagnia, prevedeva di scavare il canale al livello del mare, con un battente di 9 m)



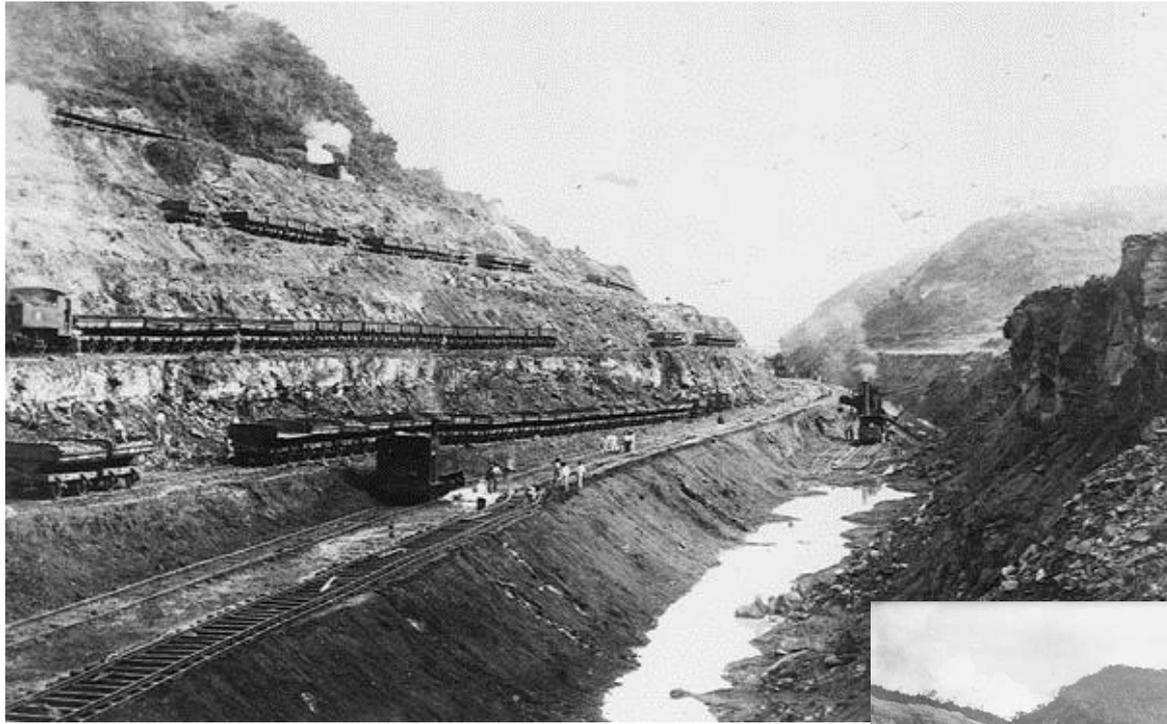


IL CANTIERE DEGLI AMERICANI

CULEBRA CUT (nota anche come GAILLARD CUT)

Per la trincea, lunga oltre 14 km e con profondità massima di ≈ 90 m, furono scavati in totale ≈ 74 milioni di metri cubi di materiale, utilizzando 68 escavatori a vapore Bucyrus ed un complesso sistema di treni su più binari paralleli ideato da John F. Stevens, ingegnere capo dei lavori.

In alcune sezioni gli escavatori erano dispiegati a sette diverse quote, mentre erano impiegati contemporaneamente sette treni su sette binari paralleli.



CULEBRA CUT

Il cantiere organizzato con più livelli di binari per lo scavo e l'allontanamento del materiale.



CULEBRA CUT

Trivellazioni dei fori da mina per l'approfondimento del fondo scavo. La produzione media mensile era di 100 km di fori da mina, con utilizzo di 182 tonnellate di esplosivo.





Un escavatore Bucyrus al lavoro nella trincea di Culebra. L'organizzazione del lavoro messa a punto da Stevens prevedeva il frequente spostamento dei binari a servizio degli escavatori e dei treni : in un anno-tipo venivano spostati più di 1.600 km di binari.



Il Presidente Teddy Roosevelt, in visita ai lavori, immortalato su un Bucyrus.



Un escavatore Bucyrus al lavoro mentre carica lo smarino sul treno.

Dalla trincea di Culebra furono scavati circa 74 milioni di metri cubi di materiale.



Draghe e pontoni al lavoro per completare lo scavo del canale, ormai parzialmente allagato dopo il completamento delle chiuse.



FRANE A CULEBRA CUT

Le frane furono il più serio problema tecnico nello scavo della trincea. Sui lati orientale ed occidentale se ne verificarono due del volume, rispettivamente, di 2.300.000 m³ e 4.600.000 m³. In totale si verificarono 22 grandi frane.





13-X97-Gaillard Cut. Culebra Slides, east and west banks. Looking south. Oct. 5, 1915.

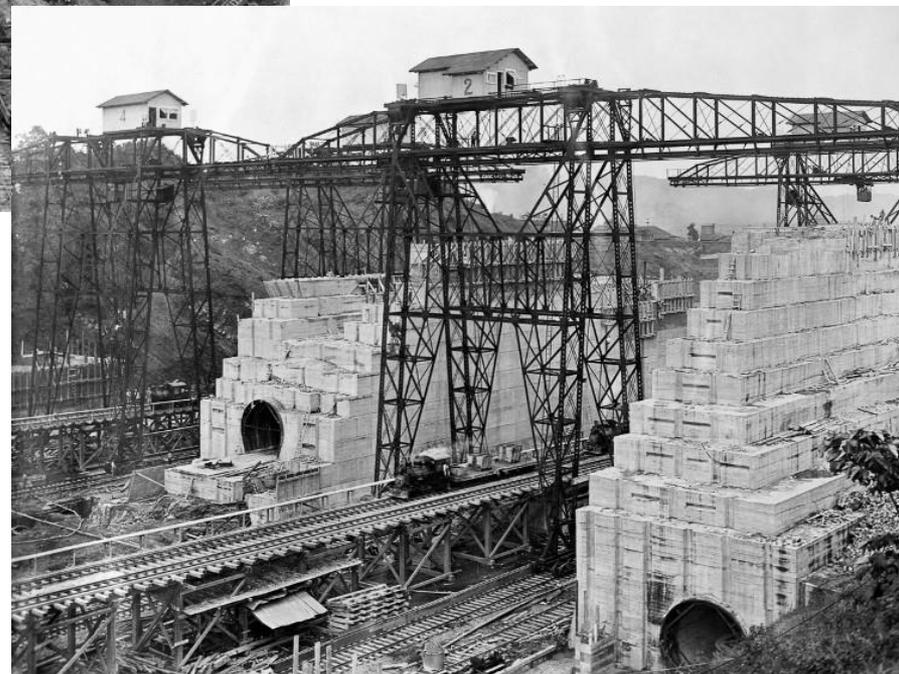
La frana del 1915, che causò la chiusura del canale per sette mesi.



I LAVORI ALLE CHIUSE

Il costo del canale impegnò per oltre 10 anni buona parte del bilancio federale degli Stati Uniti.

Prima del termine dei lavori la mano d'opera raggiunse il numero di 48.000 persone.



MONTAGGIO DI UNA PARATOIA : LA LUCE È DI 33.50 m



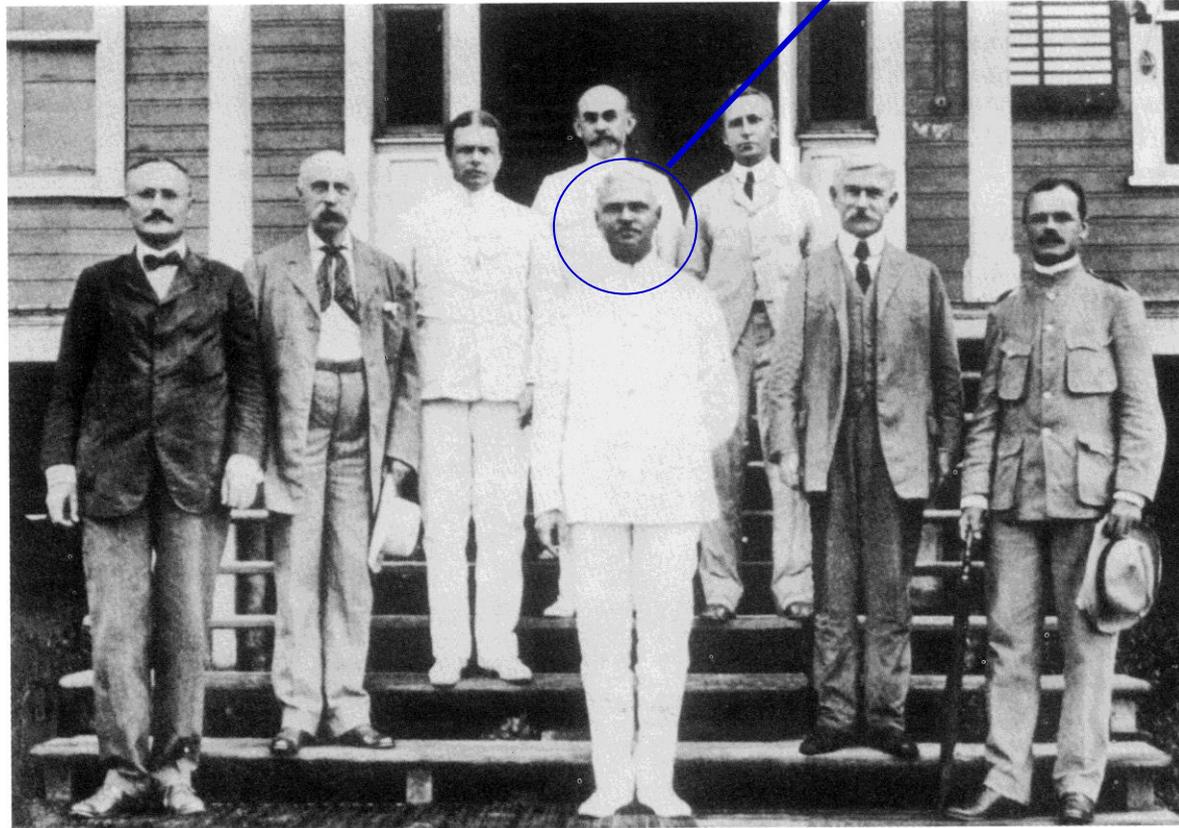
LO SFIORATORE DELLA DIGA DI GATUN

La capacità di sfioro è di ≈ 3920 mc./sec.

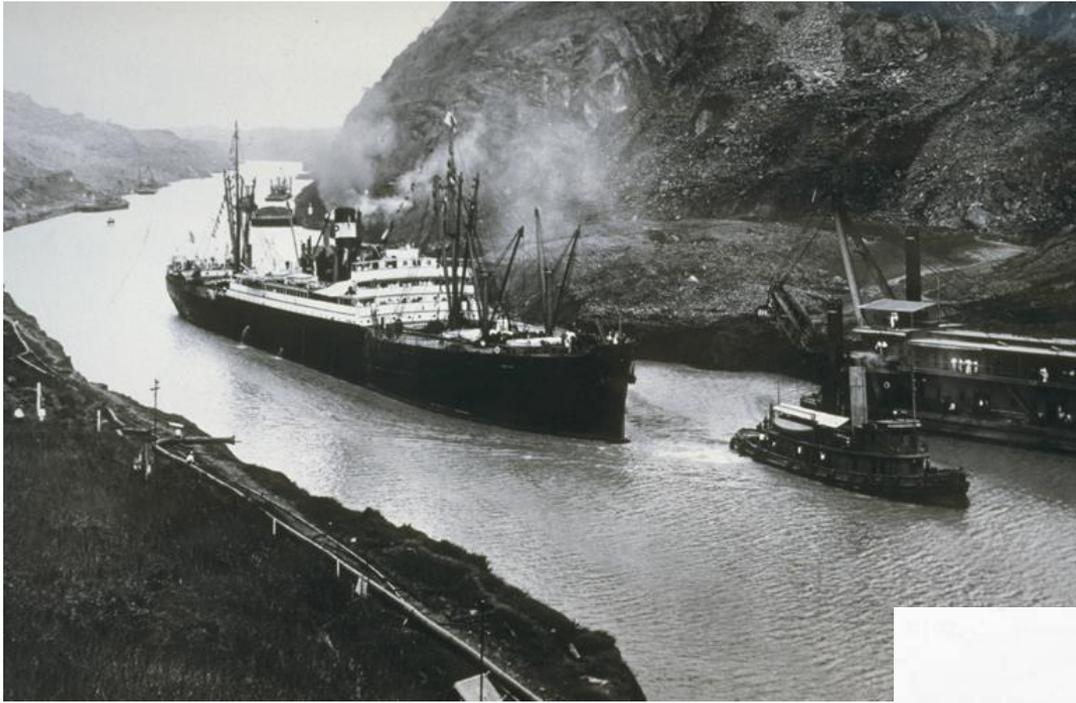
La diga di Gatun fu la più grande diga in terra dell'epoca. Sbarra il fiume Chagres formando un lago di 430 km².



ONORE AI COLLEGGI DEL CORPS OF ENGINEERS
CHE HANNO PROGETTATO E DIRETTO I LAVORI DEL
CANALE DI PANAMA



*Fig. 6. La squadra di Goethals (al centro, in primo piano),
in fila da sinistra: Sibert, ignoto, Ronescan, Bishop, Hodges, Gorgas, Gaillard*



INAUGURAZIONE DEL CANALE

15 AGOSTO 1914



IL PIROSCAFO ANCONA
COMPIE IL VIAGGIO INAUGURALE

Appartiene alla società
«Navigazione Generale Italiana di Genova»

www.agenziabozzo.it

IL CANALE DI PANAMA

Lago Gatun



Le 3 chiuse che dall'Atlantico (in basso nella foto) portano al lago Gatun (in alto) superando un dislivello di 26 m.

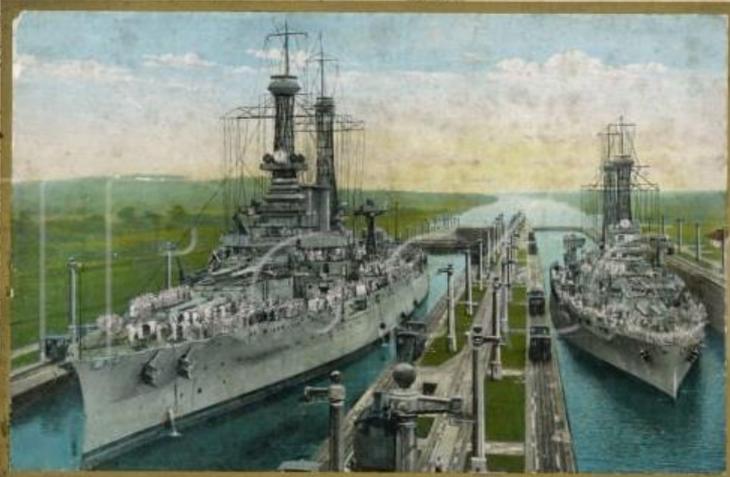


IL CANALE DI PANAMA



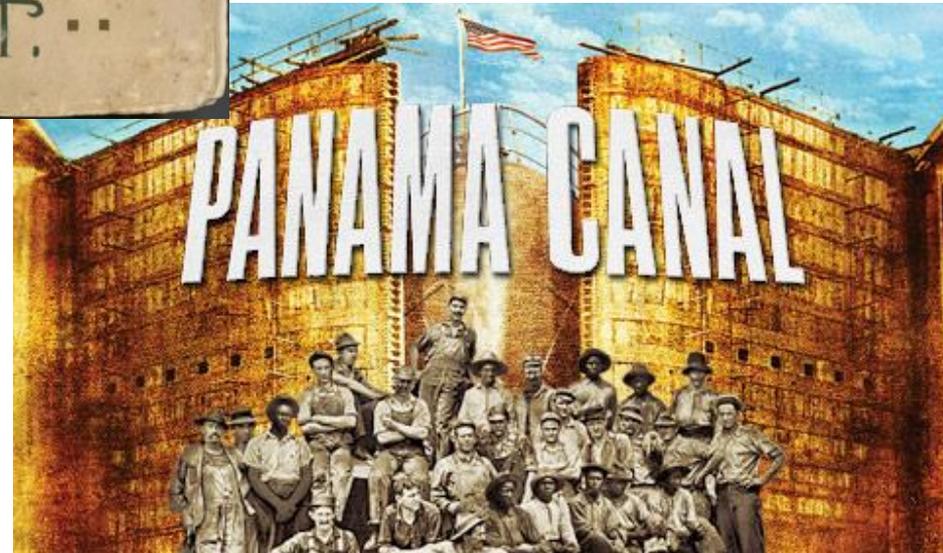
Le locomotive utilizzate per movimentare le navi dentro le chiuse : sono ancora quelle originali

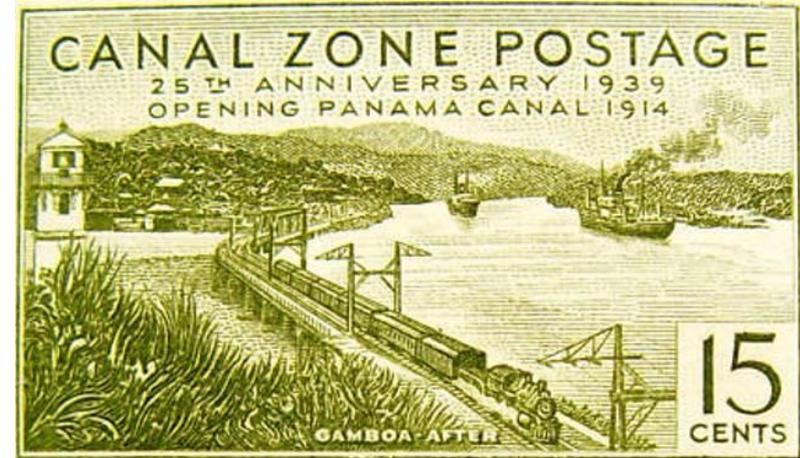
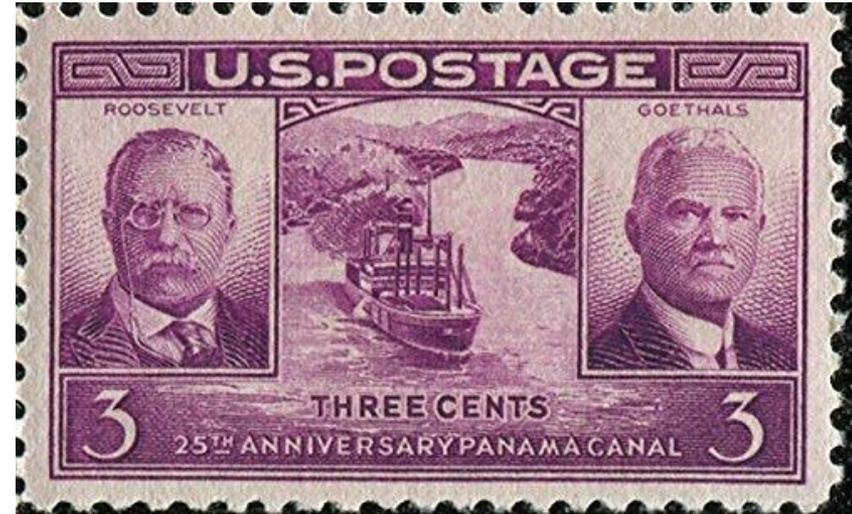
THE PANAMA CANAL



THE WORLDS GREATEST
.. ENGINEERING FEAT. ..

IL CANALE
NELL'IMMAGINARIO COLLETTIVO





IL CANALE NELL'IMMAGINARIO COLLETTIVO





La Domenica del Corriere del 26 Ottobre 1913

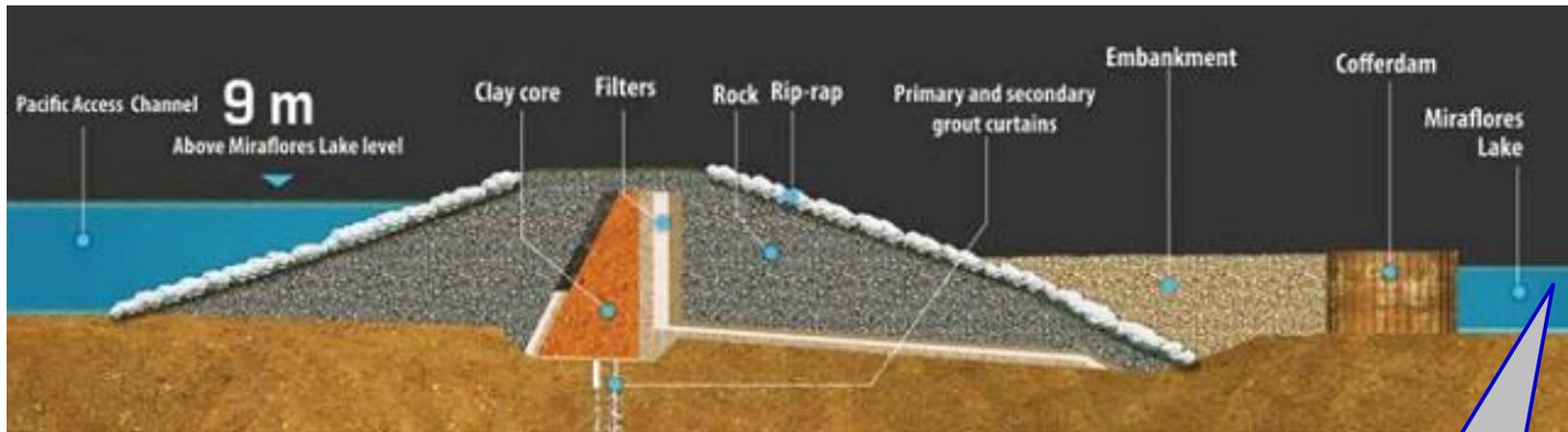
Il Presidente Wilson fa scattare la scintilla che manda in aria a quasi 600 km di distanza l'ultima barriera del Panama.

IL CANALE NELL'IMMAGINARIO COLLETTIVO

*Il «Panama»
uno dei cappelli più usati e famosi al mondo.*

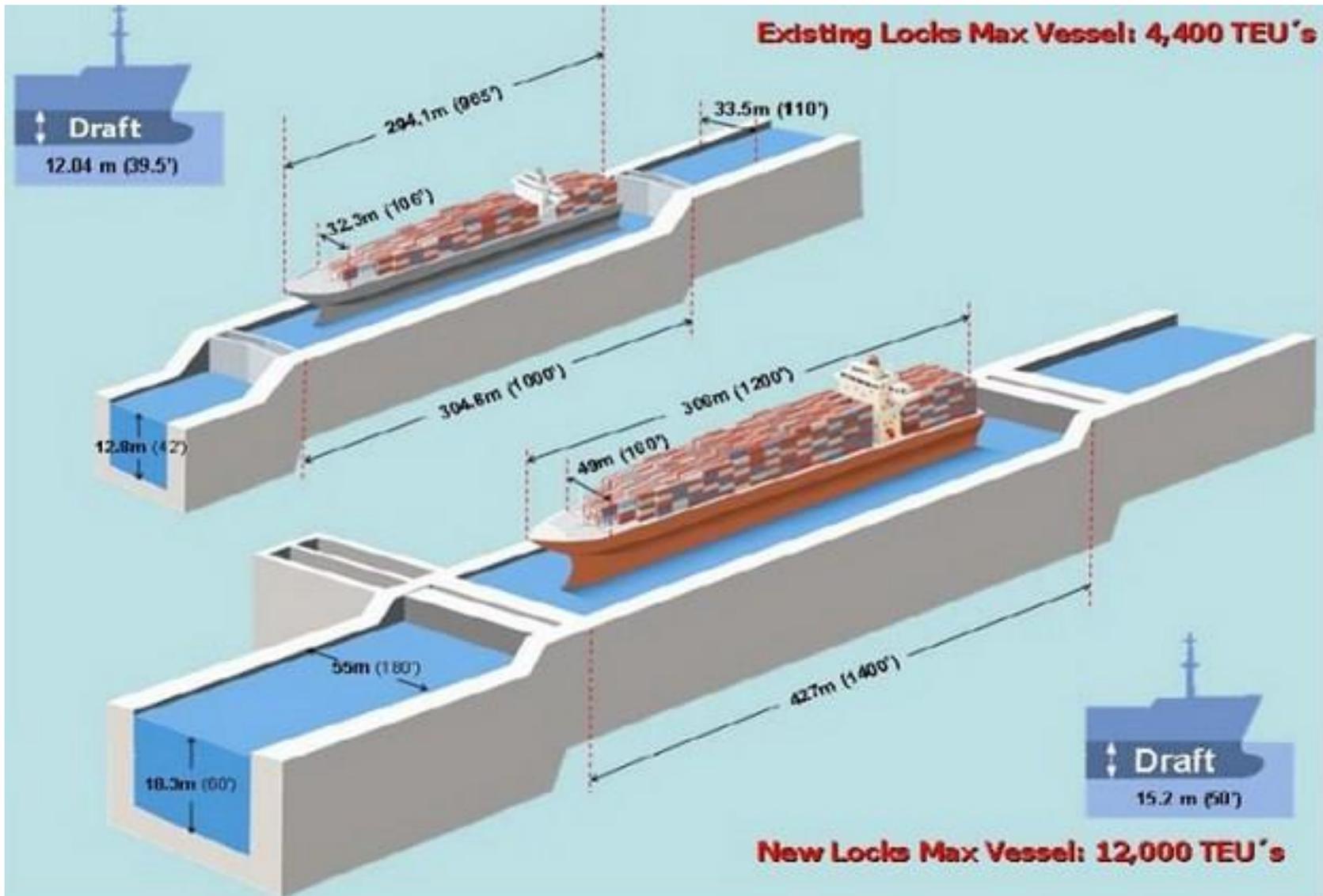


UTILIZZO DEI COFFERDAM NEL NUOVO CANALE DI PANAMA



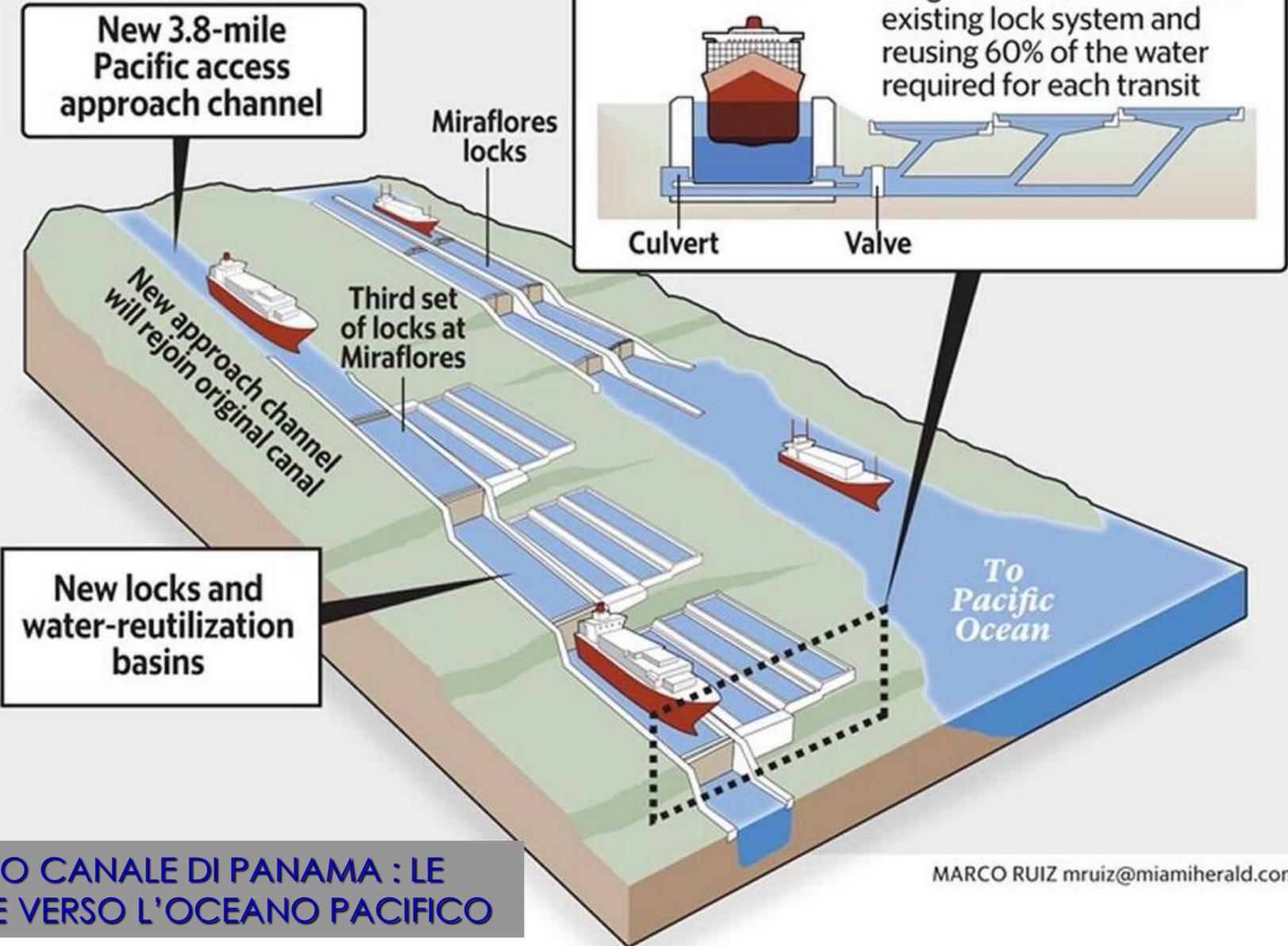
N.B. La sezione e la foto sono speculari

NUOVO CANALE DI PANAMA



Comparison of existing Panama Canal locks and new Panama Canal locks

Miraflores locks area



NUOVO CANALE DI PANAMA : LE CHUSE VERSO L'OCEANO PACIFICO

IL VECCHIO (A DX) ED IL NUOVO CANALE DI PANAMA (A SIN)
IN PROSSIMITA' DELL'OCEANO PACIFICO (IN BASSO).
SI PUÒ NOTARE CHE IL NUOVO CANALE BYPASSA IL LAGO MIRAFLORES



Lago Miraflores

OCEANO PACIFICO

IL VECCHIO (A SIN) ED IL NUOVO CANALE DI PANAMA (A DX) IN PROSSIMITA' DELL'OCEANO ATLANTICO (IN ALTO).

OCEANO ATLANTICO



LAGO GATUN

C'È UN PÒ D'ITALIA NEL NUOVO CANALE DI PANAMA





LE PARATOIE SONO STATE REALIZZATE DALLA CIMOLAI



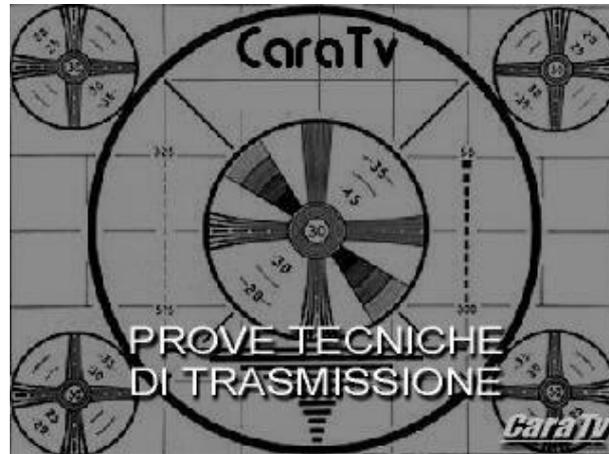


LE PARATOIE DELLA CIMOLAI



LAGO GATUN

SALINI-IMPREGILO
HA REALIZZATO LE CHIUSE
SUL VERSANTE ATLANTICO



BERLINESI DI MICROPALI COME OPERE DI SOSTEGNO

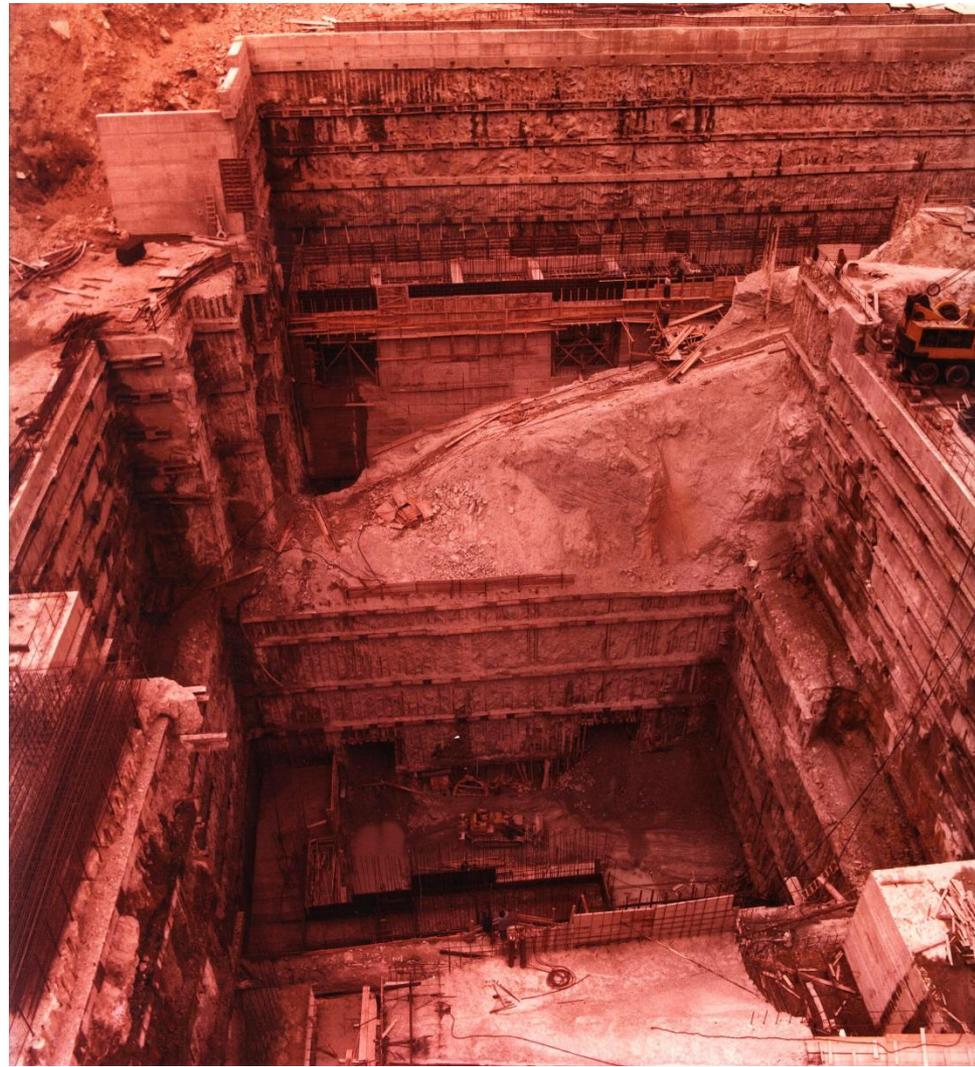
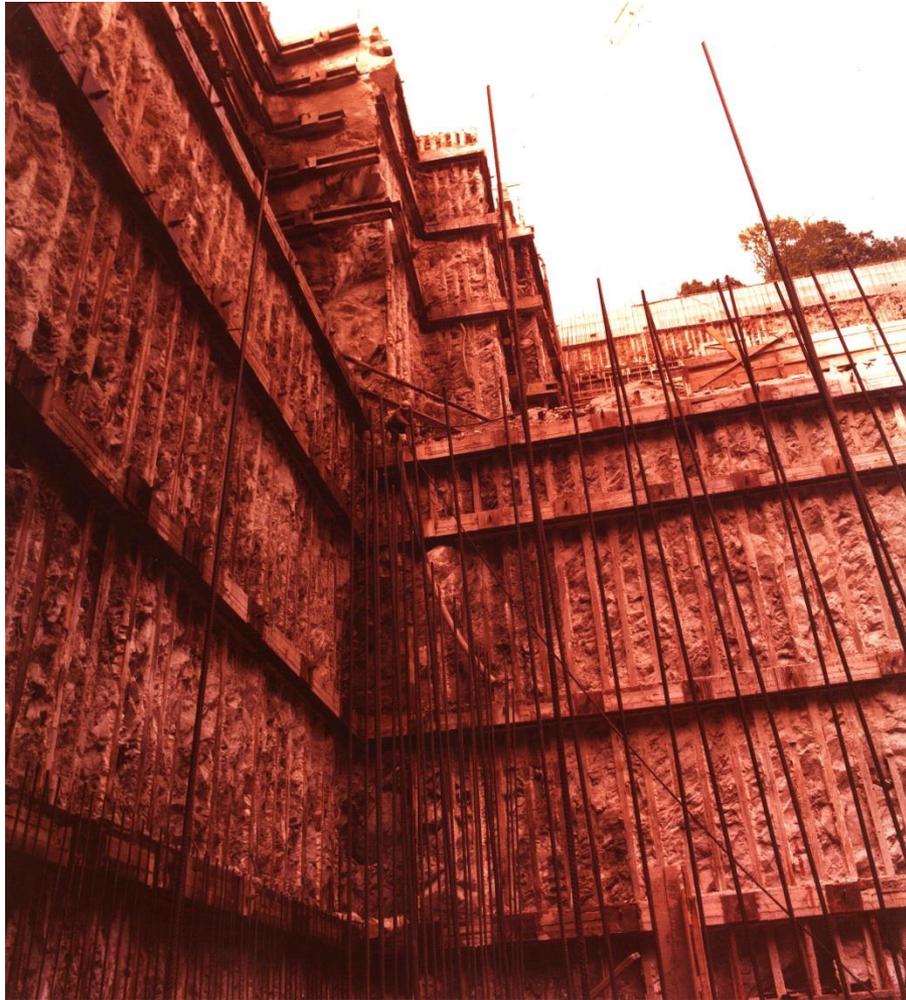
ENEL - Nuova centrale
idroelettrica di Orichella - Sila.
RODIO / Garrasi 1973 - 75

Scavo di 40 m di
profondità per aumento
del salto idraulico ed
alloggiamento turbine.

*..... se il progettista si fida, è
già un buon segno*



BERLINESI DI MICROPALI COME OPERE DI SOSTEGNO

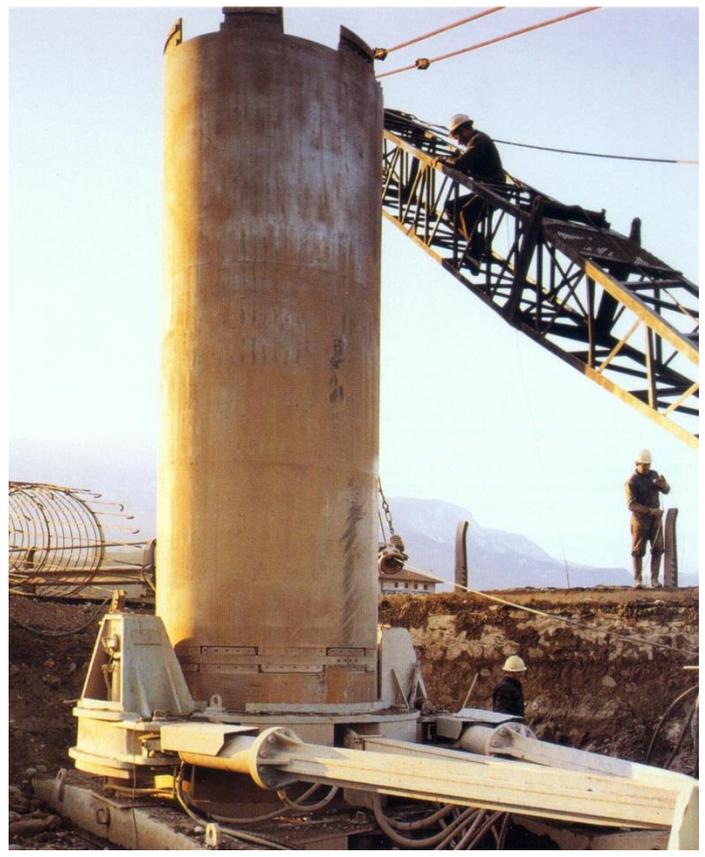
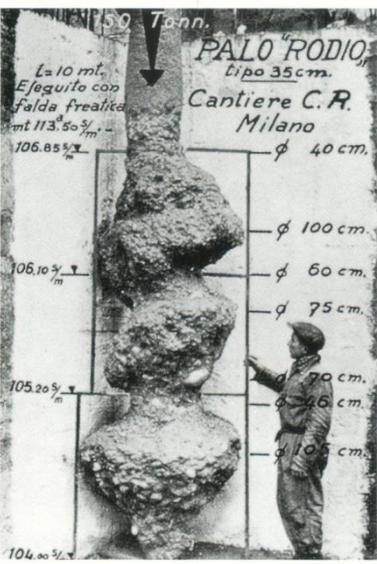


ENEL - Nuova centrale idroelettrica di Orichella -
Sila. Scavo di 40 m per aumento del salto idraulico
ed alloggiamento turbine.
RODIO / Garrasi 1973 - 75



Genova Madre di Dio. Scavo di 34 m in argille, argilliti, blocchi calcarei e calcare fratturato. Impresa RODIO - 1975

DIAFRAMMI DI PALI



DIAFRAMMI DI PALI COME OPERE DI SOSTEGNO

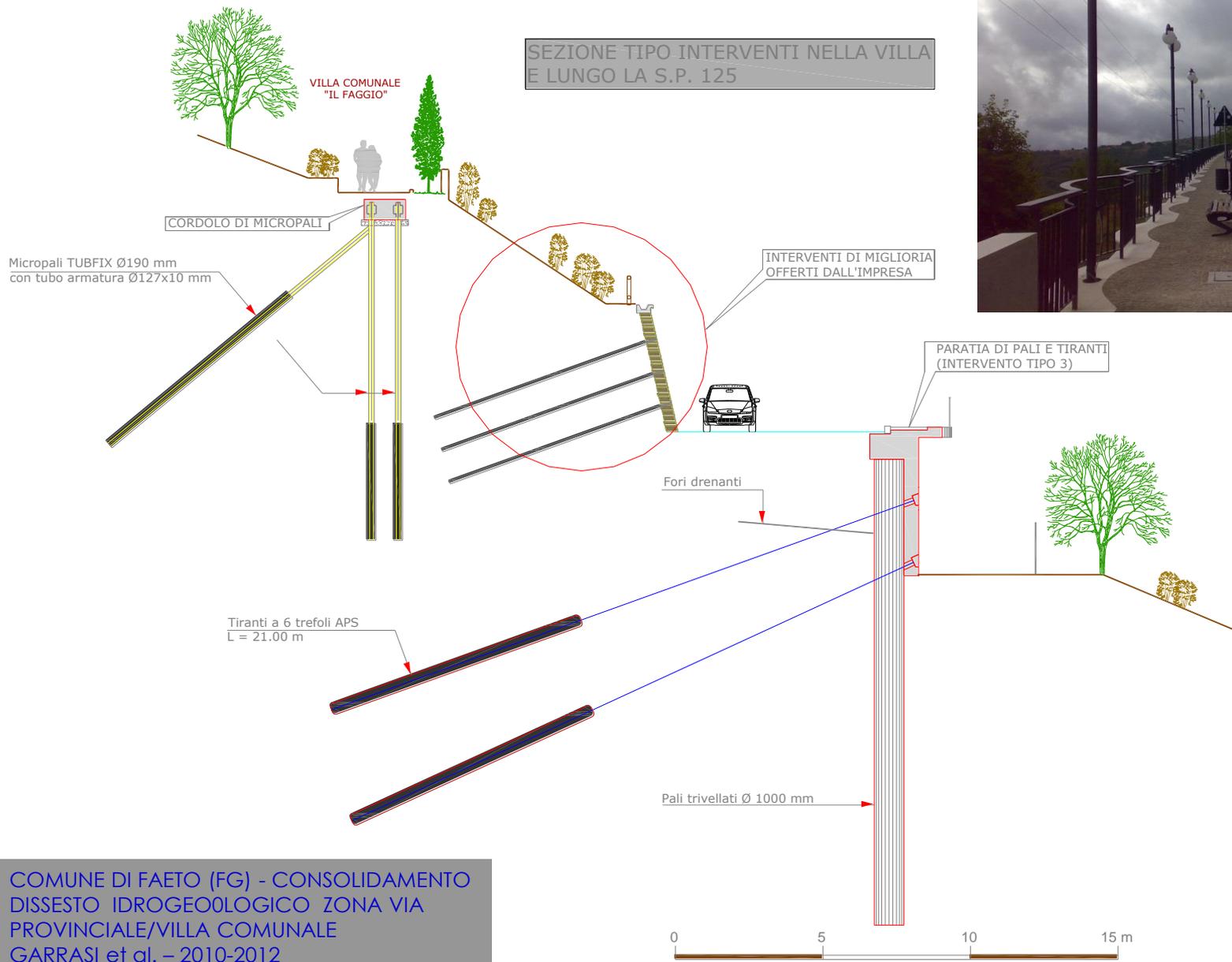
*Teatro Carlo Felice - Genova
Impresa RODIO - 1987-88*



DIAFRAMMI DI PALI COME OPERE DI SOSTEGNO

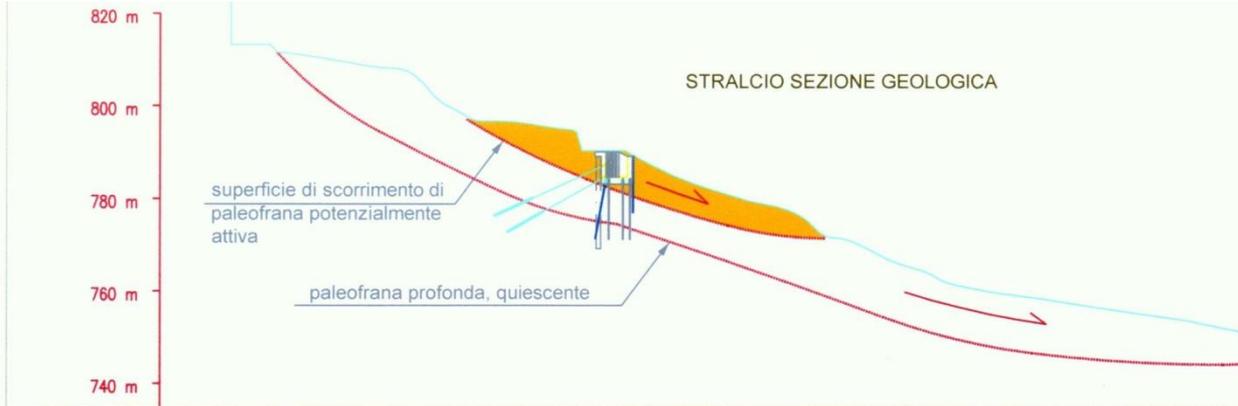


PARATIE DI PALI PER LA STABILIZZAZIONE PENDII IN FRANA

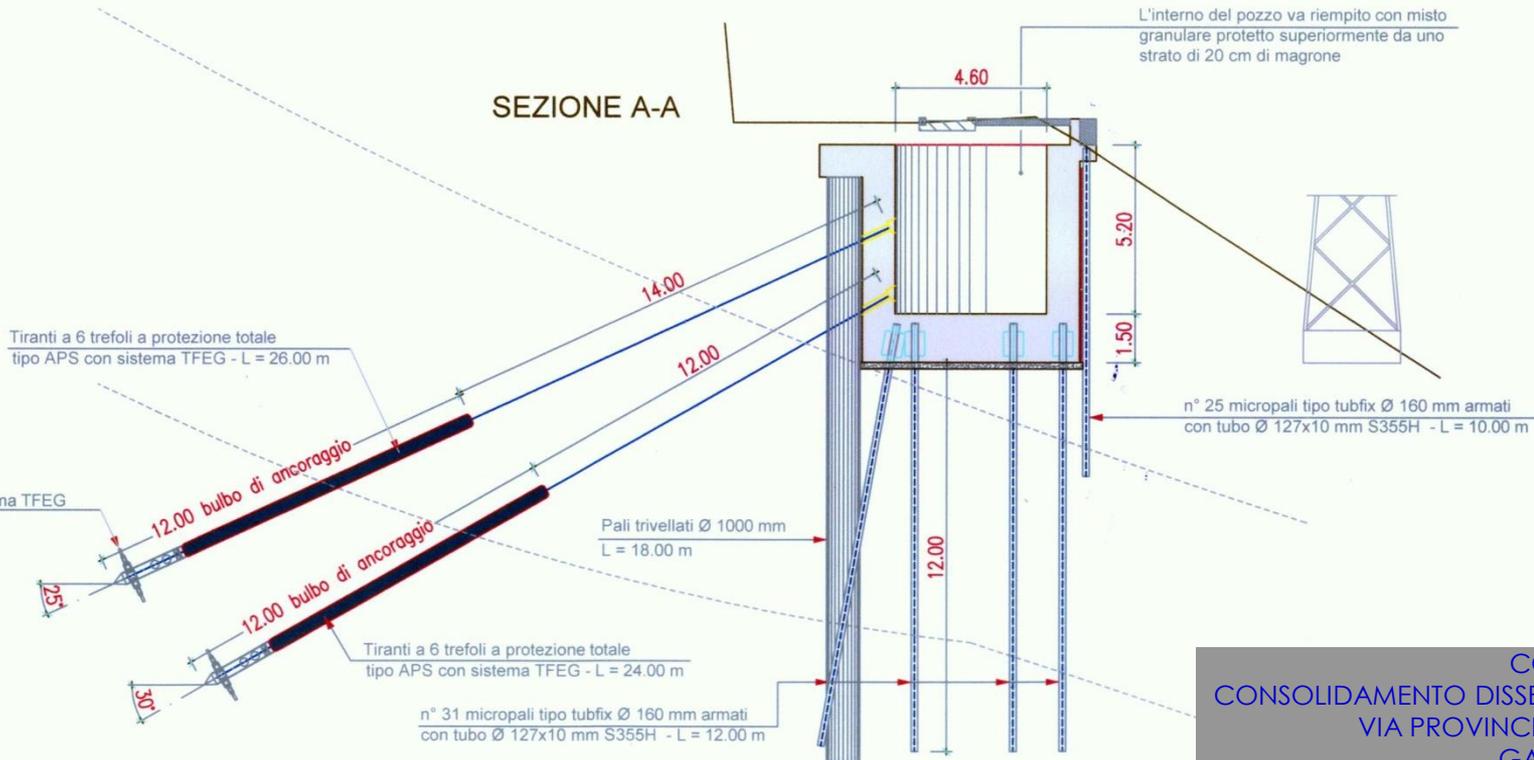


COMUNE DI FAETO (FG) - CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE
GARRASI et al. - 2010-2012

PARATIE DI PALI PER LA STABILIZZAZIONE PENDII IN FRANA



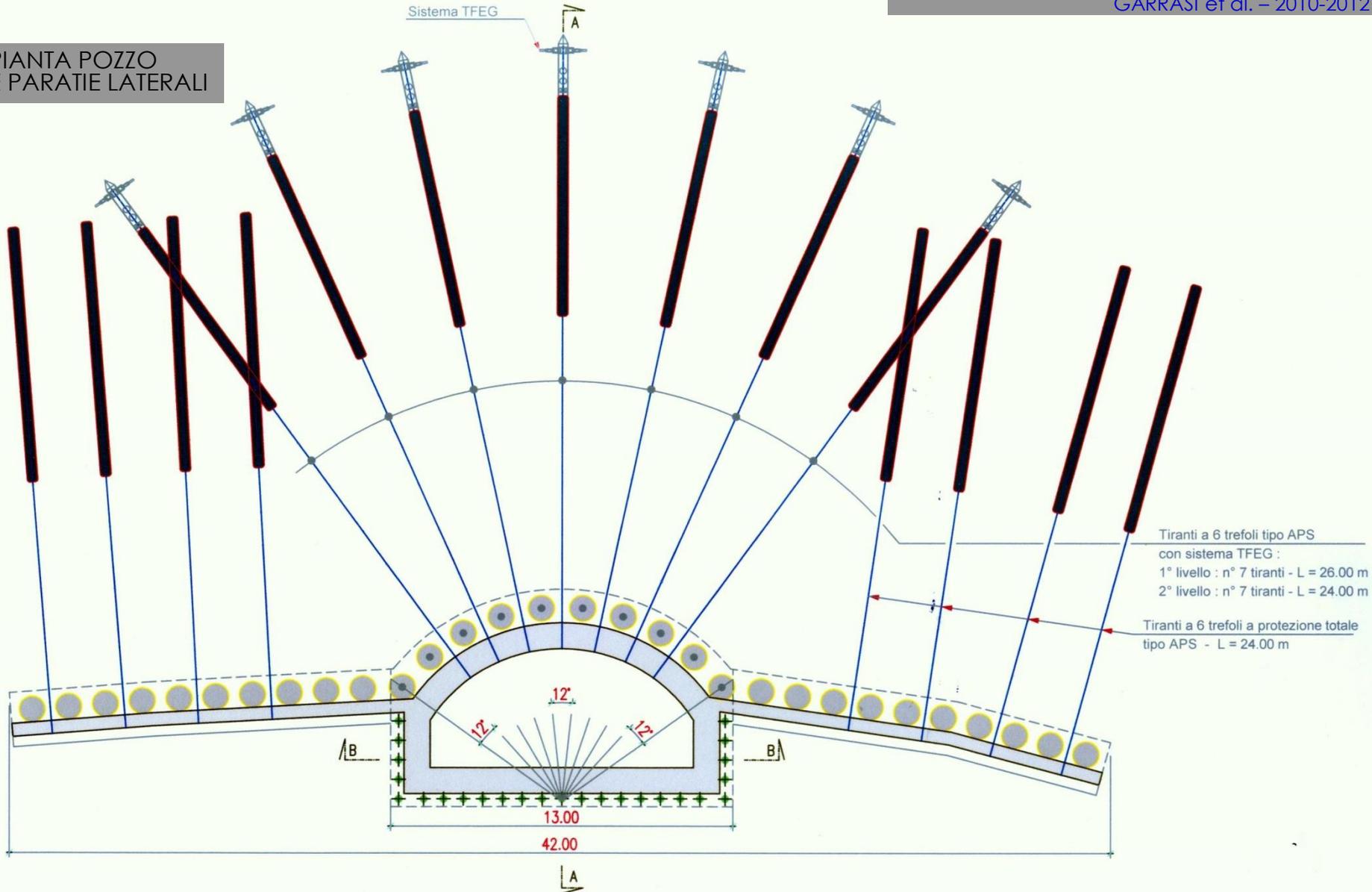
SEZIONE A-A



PARATIE DI PALI PER LA STABILIZZAZIONE PENDII IN FRANA

COMUNE DI FAETO (FG) -
 CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO
 VIA PROVINCIALE - VILLA COMUNALE
 GARRASI et al. - 2010-2012

PIANTA POZZO
 E PARATIE LATERALI



PARATIE MULTIANCORATE
NEI FRONTI DI IMBOCCO
DELLE GALLERIE

UNO SGUARDO RETROSPETTIVO I GRANDI TRAFORI ALPINI DEL XIX SECOLO

GALLERIA DEL FREJUS (1857-1871)

☐ $L = 13.336$ m

☐ collega il Piemonte con la Savoia (e quindi con Lione - Parigi - Ginevra)



GALLERIA DEL S. GOTTARDO (1872 - 1882)

☐ $L = 15.003$ m

☐ Italia (Milano) - Svizzera (Lucerna e Zurigo) - Germania - nord Europa

GALLERIA DEL SEMPIONE (1898 - 1906)

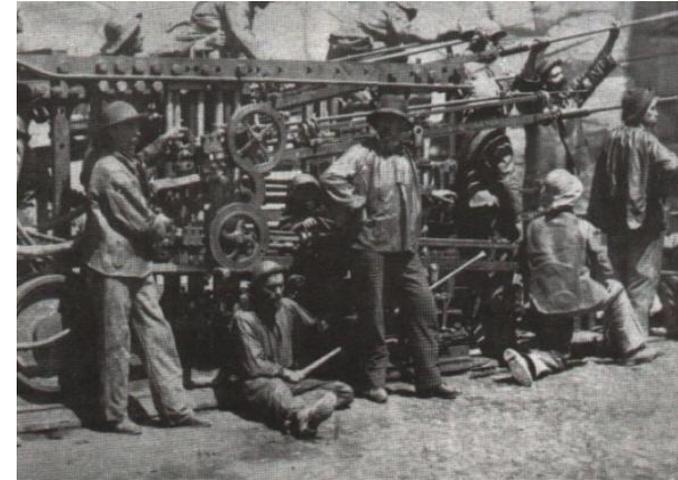
☐ $L = 19.823$ m

☐ Italia (Milano) — Svizzera (Berna e Ginevra) - Parigi - Londra





FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE : PORTALI STORICI



GALLERIA DEL FREJUS (1857-1871)

Imbocco francese  ed italiano 

La galleria è lunga 13.636 m





Imbocco francese (Nord), dismesso nel 1881



Imbocco italiano (Sud)

GALLERIA DEL FREJUS (1857-1871)

Fino alla metà del secolo XIX, le uniche vie di comunicazione con la Francia erano le strade dei valichi del Monginevro e del Moncenisio, percorse esclusivamente da diligence.

Il traforo del Frejus, al passo del Moncenisio, fu concepito dal Piemonte preunitario in un più ampio contesto che prevedeva, tramite l'alta Savoia, il collegamento con la Francia e l'Europa aprendo così il porto di Genova alla forte espansione dei mercati dovuta alla rivoluzione industriale.

Dopo alcuni decenni di studi preparatori, nel 1857 il Parlamento di Torino approvò il progetto del traforo, finanziandolo con 40 milioni di lire e nello stesso anno iniziarono i lavori, la cui durata prevista era di 14 anni.

Nel 1860 Nizza e la Savoia passarono alla Francia, che consentì la prosecuzione dei lavori del traforo lasciandone agli italiani la direzione tecnica, e si impegnò a versare 19 milioni di lire, a condizione che il tunnel fosse concluso entro 25 anni, più un premio per ogni anno di anticipo sulla scadenza. La somma finale a carico della Francia fu calcolata in 26,1 milioni, infatti il tunnel fu concluso in soli 9 anni dall'accordo. Il costo totale fu di circa 70 milioni di lire.

Il traforo fu inaugurato da Vittorio Emanuele II il 17 settembre 1871 ed aperto all'esercizio regolare il mese successivo.

Con grande lungimiranza, la galleria fu realizzata a doppio binario. Nel 1881 fu realizzata una variante dell'imbocco sul lato francese, interessato da dissesti di frana, con il che il traforo raggiunse l'attuale lunghezza di 13.636 m

FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE : PORTALI STORICI

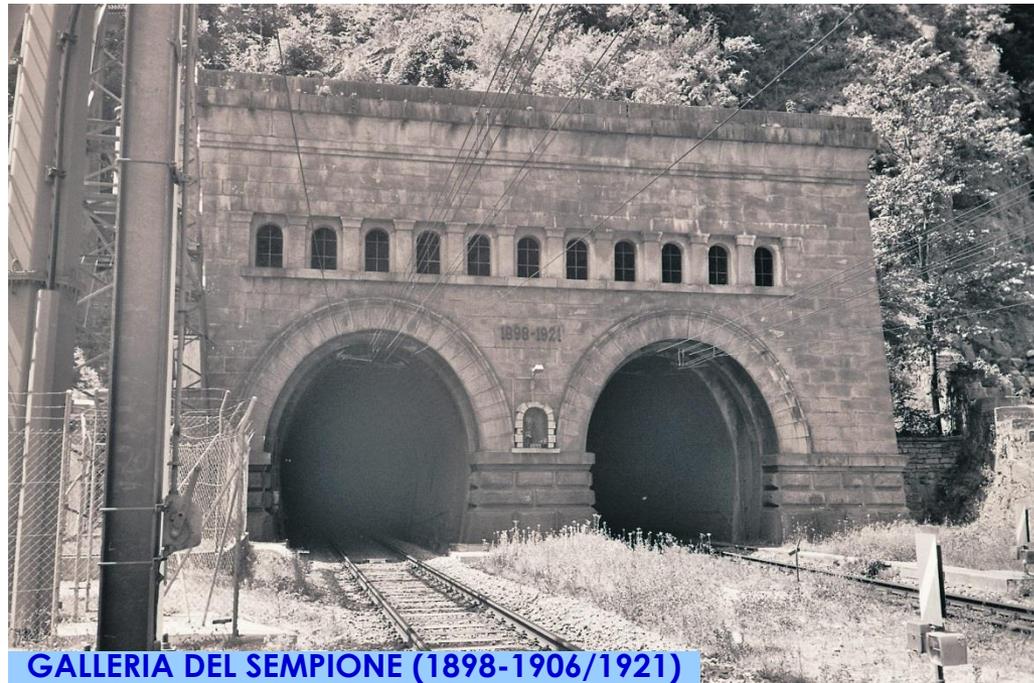


La galleria, di 15.003 m, è stata la più lunga galleria ferroviaria del mondo sino al 1906, quando è stata superata dalla galleria del Sempione.

Fu realizzata per collegare in modo diretto l'Italia alla Germania ed al Nord Europa, attraverso la Svizzera.



FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE : PORTALI STORICI



GALLERIA DEL SEMPIONE (1898-1906/1921)



La galleria, di 19.823 m, è stata per 76 anni la più lunga galleria ferroviaria del mondo



FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE : PORTALI STORICI



GRANDE GALLERIA DELL'APPENNINO
(1923-1934 L = 18.507 km)

PORTALE DI UNA IGNOTA GALLERIA
ORMAI DISMESSA



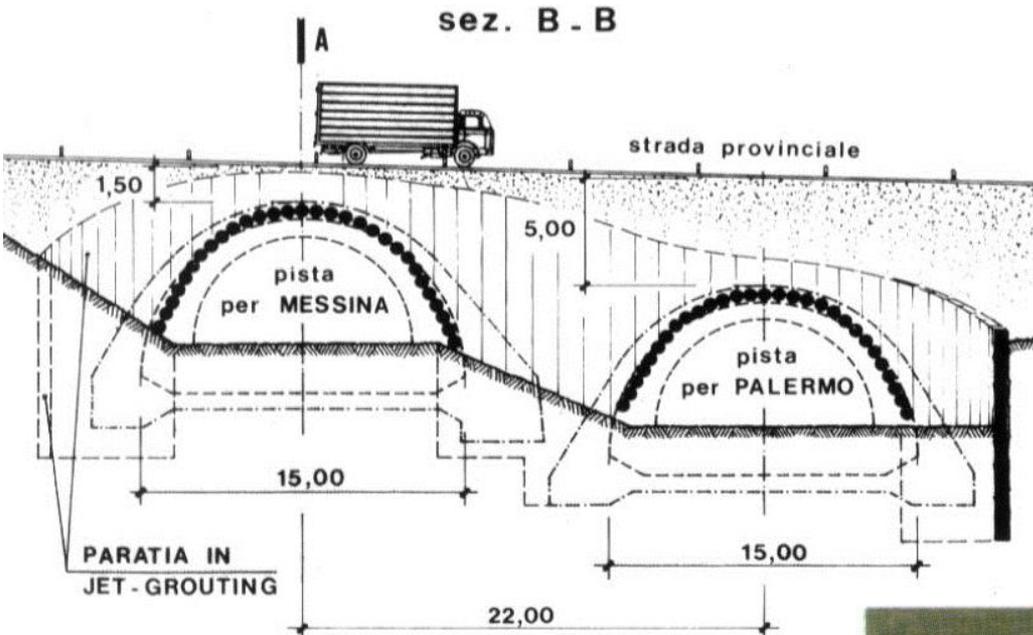
MYRICAE

"Non omnes arbusta iuvant humilesque Myricae" – Virgilio (IV Ecl.)

FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE



FRONTI DI IMBOCCO DELLE GALLERIE (approcci alternativi)



AUTOSTRADA MESSINA - PALERMO
Galleria S. Elia



METODI DI CALCOLO
PARTE PRIMA

PREMESSE : IL PROCESSO DI
PROGETTAZIONE GEOTECNICA

PER MOTIVI DI PRIORITÀ TRA I VARI ARGOMENTI DEL CORSO,
NEL SEGUITO VENGONO ILLUSTRATI SOLO GLI ASPETTI PRINCIPALI DEL
PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA.

TUTTAVIA DATA L'IMPORTANZA DEL TEMA, UNA SUA PIÙ COMPLETA
TRATTAZIONE VIENE RIPORTATA IN «APPENDICE 1»

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

PRESUPPOSTI

1. Approfondita conoscenza del progetto (con le condizioni al contorno) ed individuazione con il progettista delle principali problematiche che devono essere affrontate con la progettazione geotecnica.
2. Analisi geotecnica preliminare : individuazione qualitativa del "modello" (modello geotecnico + codici di calcolo) su cui basare la progettazione geotecnica.
Consequente individuazione :
 - del volume significativo a cui estendere le indagini
 - dei parametri geotecnici necessari alla definizione del modello, e delle indagini più adeguate allo scopo (esempio : fondazioni a platea o su pali)
3. Conoscenza del tempo disponibile per le indagini e dei costi sostenibili per il Committente.
4. Approntamento (**eventualmente d'intesa col geologo**) del programma di indagini in situ e di laboratorio.

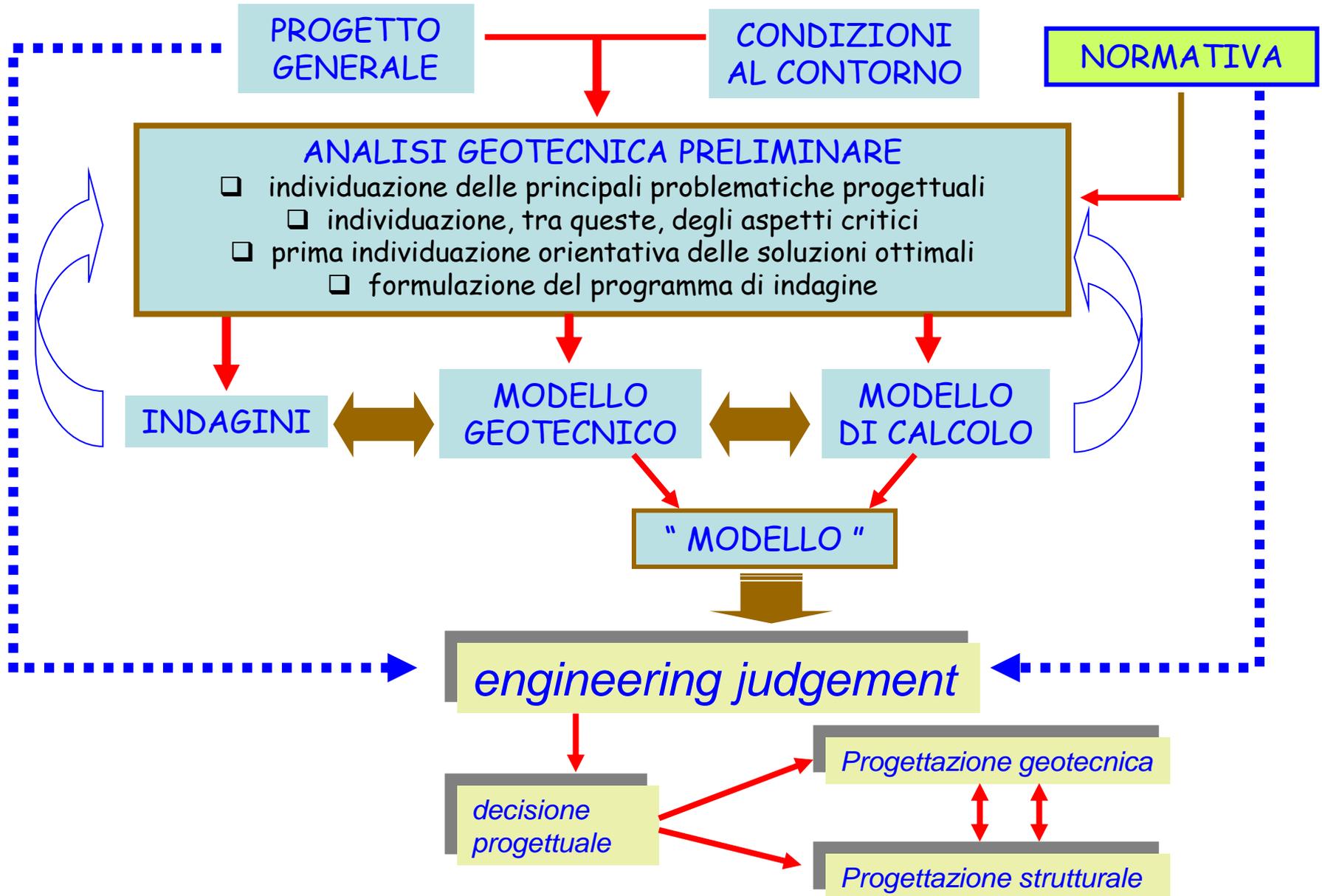
NE CONSEGUE CHE



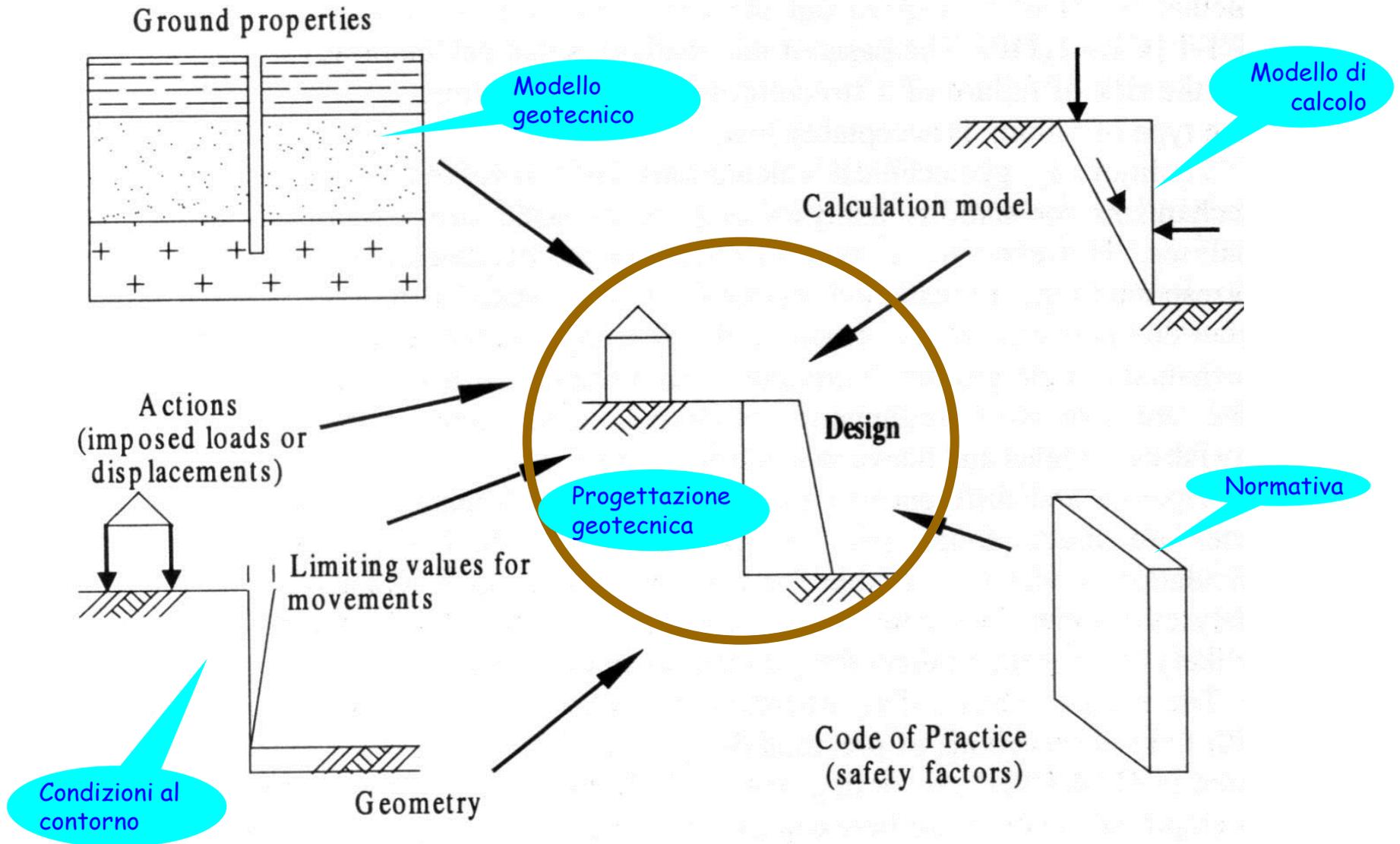
Il progetto "precede" l'indagine e ne determina i contenuti

L'indagine è solo una fase della progettazione geotecnica, e questa è molto di più della mera caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere.

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA



COMPONENTI DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA : SCHEMA SEMPLIFICATO



IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA/2

PRIMA

QUALCUNO RICEVE L'INCARICO DI PROGRAMMARE ED ESEGUIRE LE INDAGINI (SENZA AVERE ALCUNA CONOSCENZA DEL PROGETTO)

INDAGINI

MODELLO GEOTECNICO "ASETTICO"

sovente ridotto a :
stratigrafia + φ' - c' - γ

unico "varco" alla incomunicabilità

la linea rossa continua indica incomunicabilità

Questo è invece quello che viene fatto quasi sempre, e che non si dovrebbe mai fare

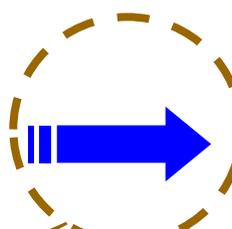
DOPO

INSERIMENTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI IN UN CODICE DI CALCOLO

- il più delle volte il codice è quello del calcolo strutturale, che in coda alla risoluzione della struttura in elevazione esegue le verifiche geotecniche;
- per tal motivo quasi sempre è lo strutturista che utilizza direttamente i risultati delle indagini
- come conseguenza viene "saltata" di fatto tutta la fase di analisi e progettazione geotecnica propriamente detta.

PROGETTO

(i risultati numerici del calcolo vengono acquisiti nel progetto)



SISTEMA GEOTECNICO

il "sistema geotecnico" è composto
da una porzione di terreno e
dall'opera che a questo è vincolata



SISTEMA STRUTTURALE



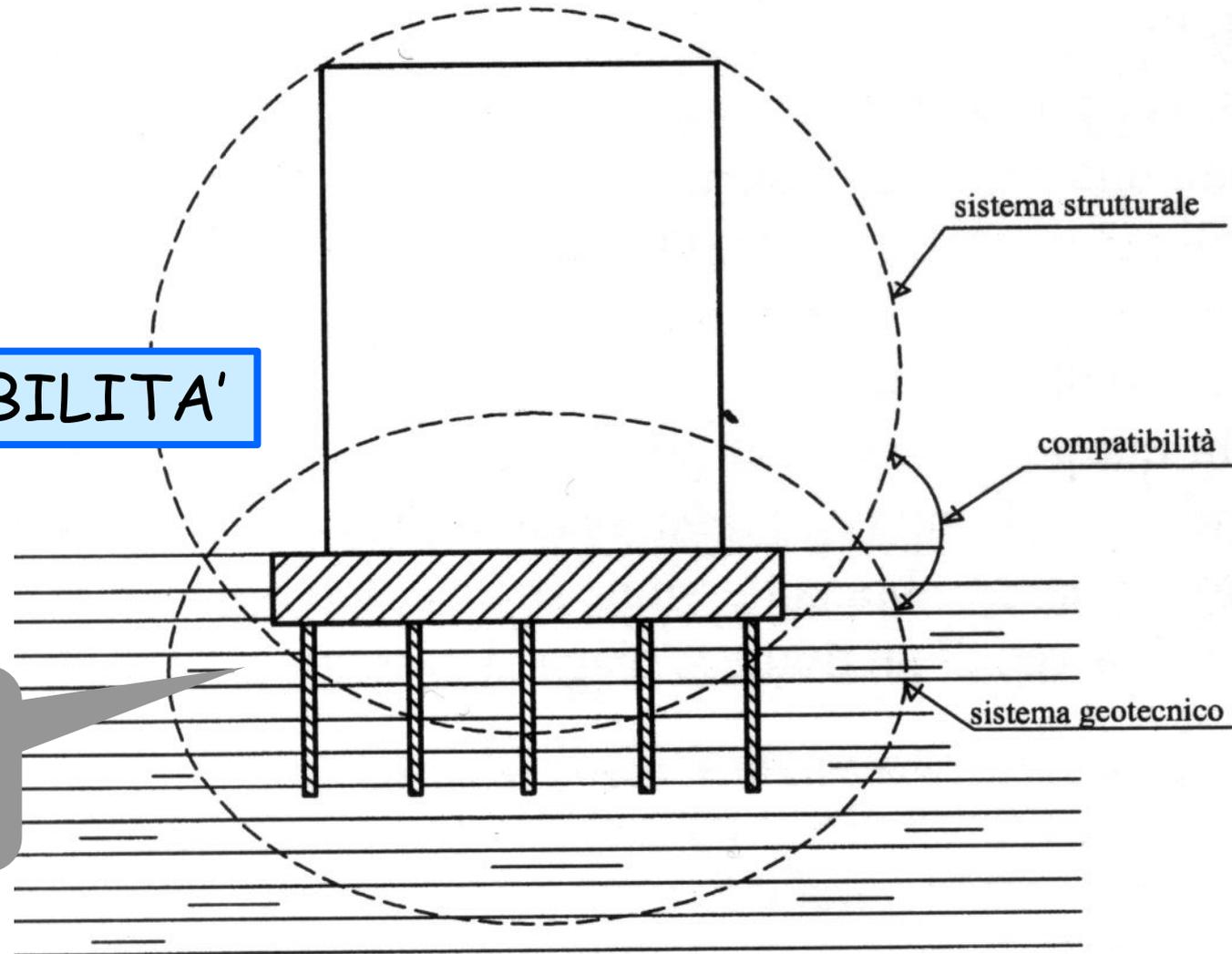
VOLUME SIGNIFICATIVO

è il volume di terreno
coinvolto nella interazione
con la struttura

La frequenza con la quale ancora viene rivolta la disarmante domanda:
"a quanto posso caricare questo terreno?" dimostra che il concetto di
sistema geotecnico è molto meno diffuso di quanto si creda.

Ruggero Jappelli

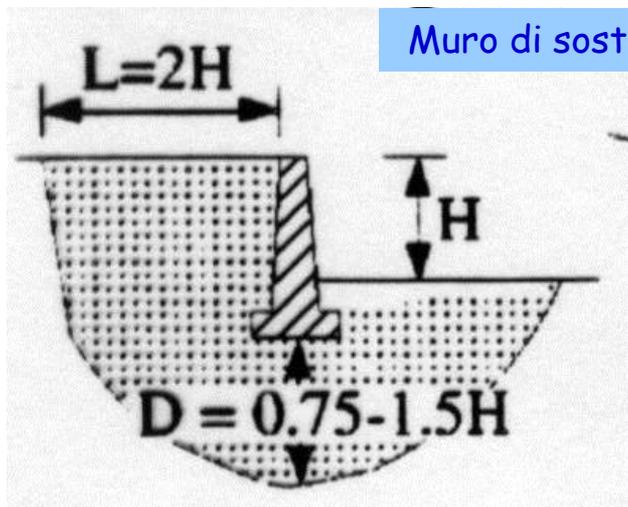
COMPATIBILITA'



Il "sistema strutturale"
ed il "sistema geotecnico"
devono essere compatibili
sotto ogni aspetto

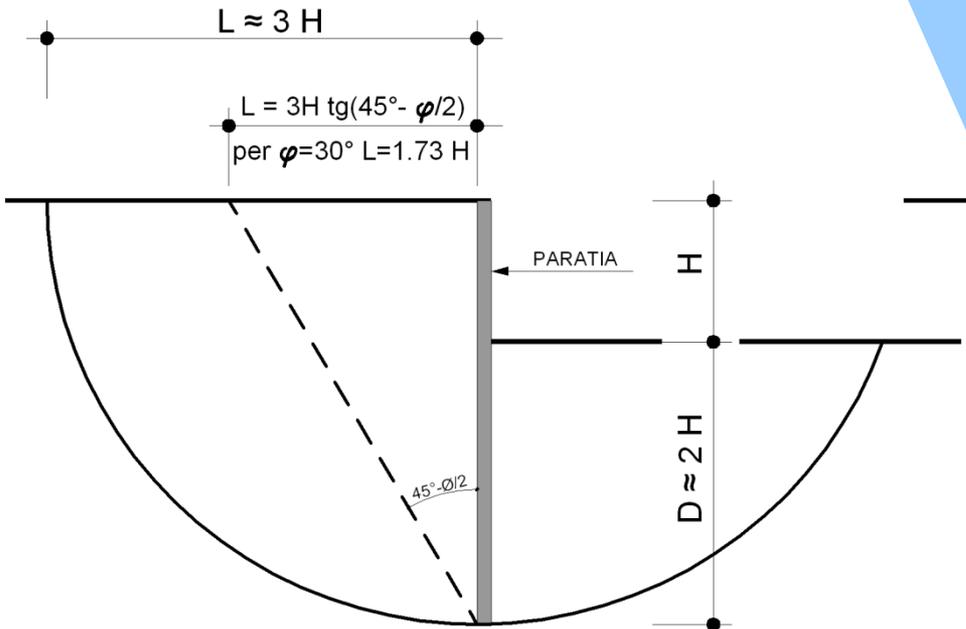
VOLUMI SIGNIFICATIVI PER LE OPERE DI SOSTEGNO

Muro di sostegno

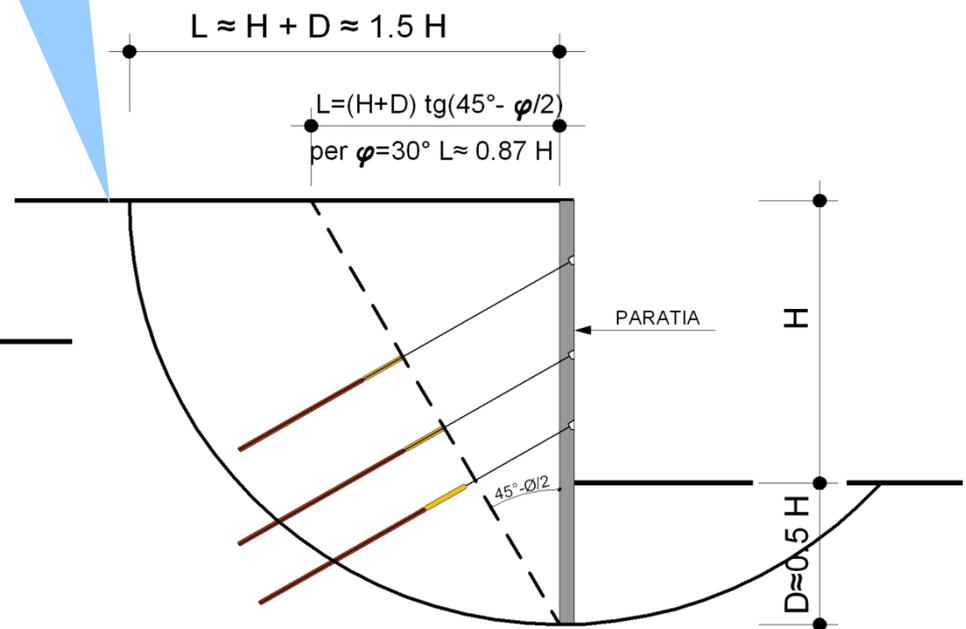


Piano di riferimento per il calcolo di V_{s30}

Paratia a sbalzo



Paratia multiancorata



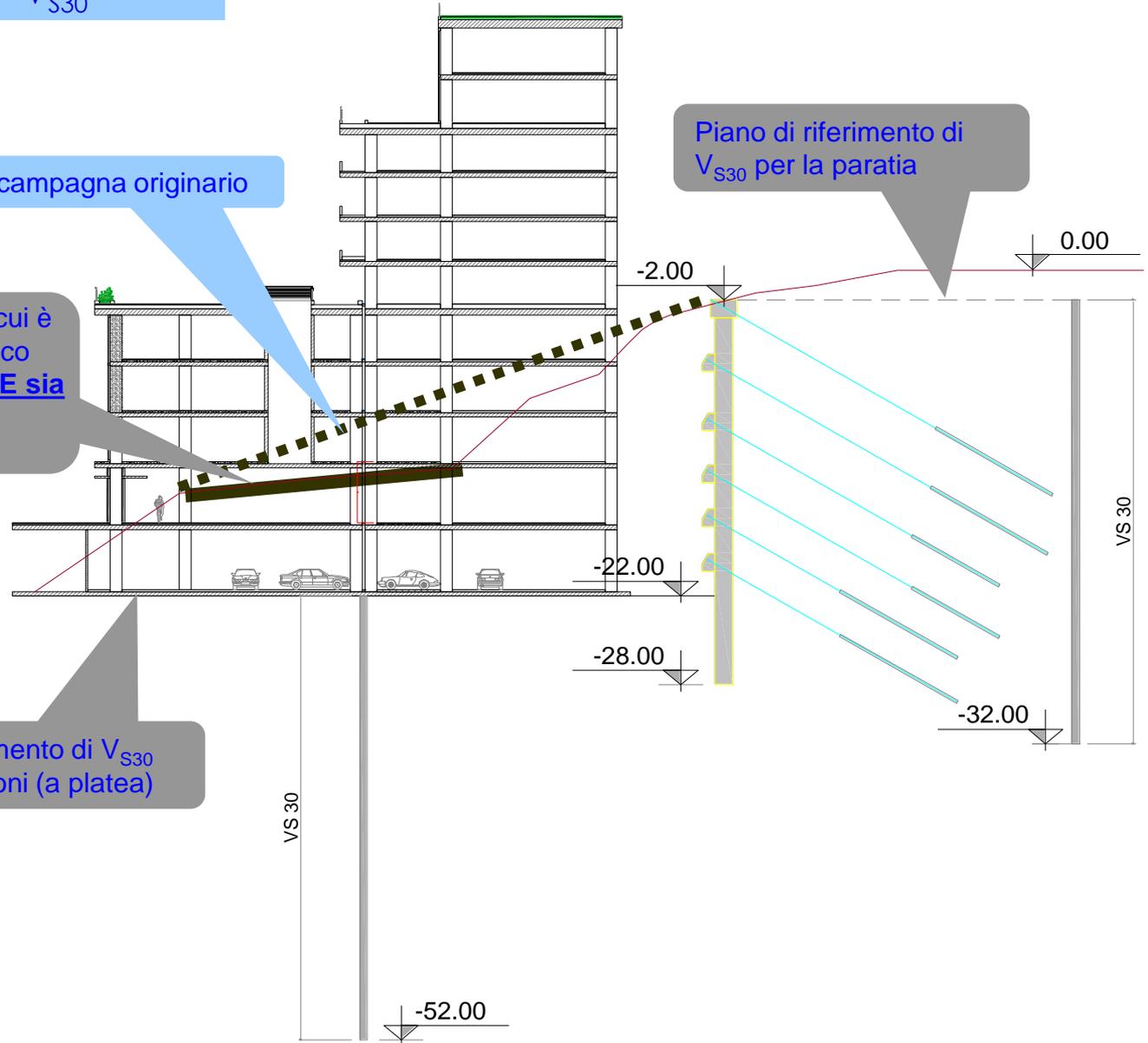
ESEMPIO DI INTERDIPENDENZA
 PROGETTO ↔ V_{S30}

Piano campagna originario

Questo è invece il piano da cui è stato fatto il sondaggio sismico $L = 30$ m, che risulta **INUTILE** sia per la paratia che per le fondazioni.

Piano di riferimento di V_{S30} per le fondazioni (a platea)

Piano di riferimento di V_{S30} per la paratia



VS 30

VS 30

-52.00

-28.00

-22.00

-2.00

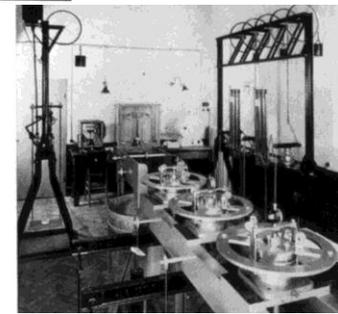
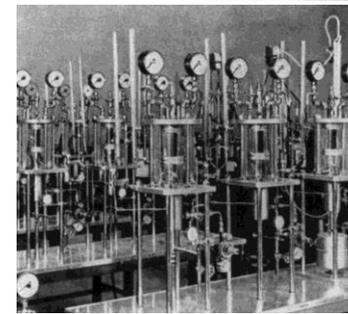
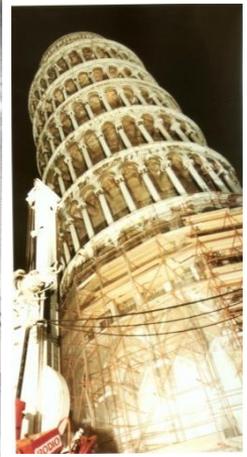
0.00

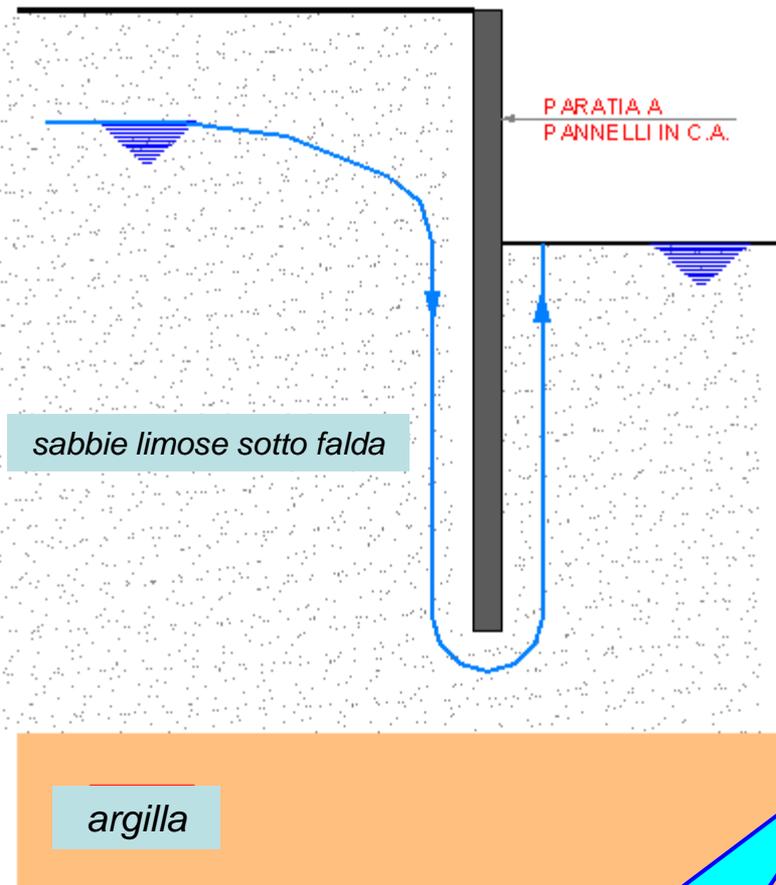
-32.00



LA PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI CRITERI PER UN CORRETTO APPROCCIO INGEGNERISTICO

Il progetto "precede" l'indagine
e ne determina i contenuti





PROGETTO DI PARATIE

ESEMPIO DI INTERAZIONE TRA:

- modello di calcolo/analisi geotecnica
- indagini
- modello geotecnico

Modello di analisi

calcolo agli stati limite
calcolo elasto-plastico

verifica al sifonamento
calcolo portate filtranti

incastro in argilla

Modello geotecnico

(parametri necessari)

stratigrafia
posizione falda

$\gamma, \gamma', \phi', c'$
 $\gamma, \gamma', \phi', c' + \text{deformabilità}$

γ, γ'
 k (permeabilità) \Rightarrow la stima
 \Rightarrow la misura

nessun ulteriore parametro

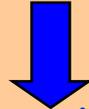
La programmazione delle indagini è subordinata alle scelte progettuali, che devono essere fatte in via previa.

QUANDO L'INDAGINE NON BASTA DA SOLA

monitoraggio e sperimentazione preliminare
nella progettazione geotecnica

L'INDAGINE
PUO' RISULTARE
INSUFFICIENTE
A PROGETTARE

Per motivi oggettivi
o scelte progettuali



necessità di
monitoraggio

Elevati cedimenti attesi
(consolidazione)

Gallerie progettate col NATM
"metodo osservazionale"

Vibrazioni indotte su edifici in
fase di scavo (conseguente
adattamento delle tecnologie
di scavo)

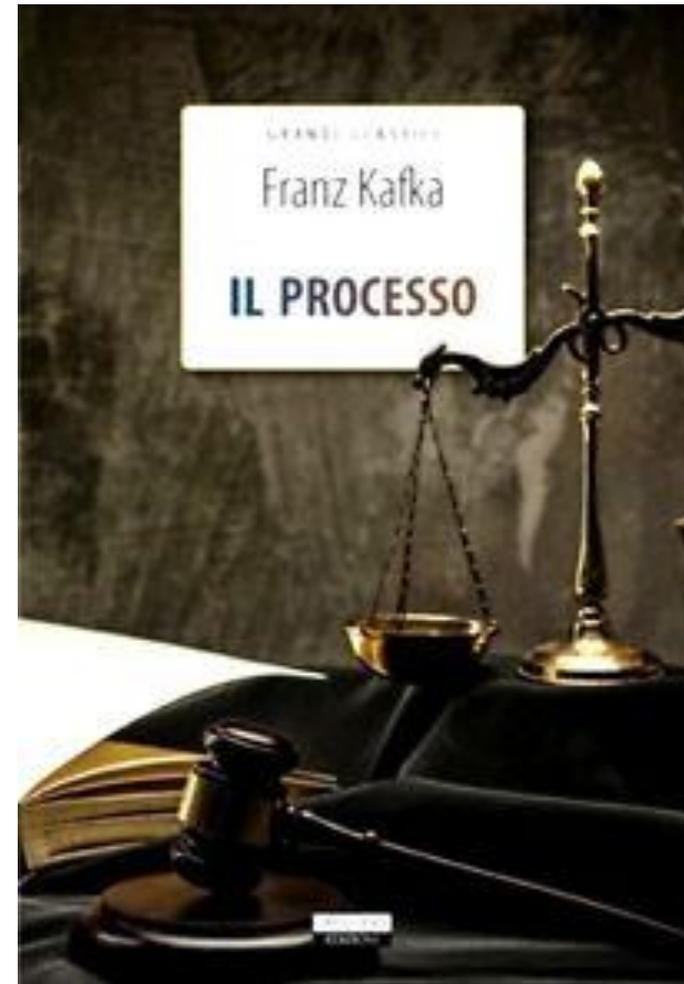
Per la normativa



necessità di prove
preliminari

Tiranti (sempre)

Pali (facoltativo)



INSCINDIBILITA' DI PROGETTO ED INDAGINE
SECONDO F. KAFKA

ANTEFATTO

L'Impresa CROLLATUTTO ha vinto l'appalto per la costruzione di un lotto di una galleria ferroviaria artificiale, in area urbana (Via Roma, nel Comune di Utopia).

È previsto uno scavo di 10 m di profondità sostenuto da una paratia di pali e quindi la costruzione della struttura scatolare con elementi prefabbricati.

INSCINDIBILITA' DI PROGETTO ED INDAGINE SECONDO F. KAFKA

L'AVVIO DELLA CANTIERIZZAZIONE

1° uomo d'impresa : *dobbiamo fare il progetto di cantierizzazione*

2° uomo d'impresa: *si, però ci servono le indagini perché quelle già fatte sono insufficienti*

1° uomo d'impresa : *allora chiama il geologo e digli che abbiamo fretta*

Il 2° uomo d'impresa chiama al telefono il geologo

- 2° uomo d'impresa: *buongiorno dottore, ci servono delle indagini per il cantiere di Via Roma*
 - Geologo : *cosa dovete fare ?*
 - 2° uomo d'impresa: *dei pali di grosso diametro*
 - Geologo : *a che profondità sta il piano di fondazione ?*
 - 2° uomo d'impresa: *a 10 m dalla strada*
-

Geologo (al telefono con Vito, il sondatore) : *allora Vito, devi farmi 4 sondaggi di 30 m , ma i primi 10 m li puoi fare a distruzione di nucleo perché è tutto scavo.*

Vito : *vabbè dottore, ci penso io. State tranquillo.*

Viene da ridere, ma è successo veramente

METODI DI CALCOLO
PARTE PRIMA

TEORIA DELLA SPINTA DELLE TERRE

RICHIAMI

TEORIA DELLA SPINTA DELLE TERRE : RICHIAMI/1

CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR-COULOMB

$$\tau = c + \sigma_v \operatorname{tg} \varphi$$

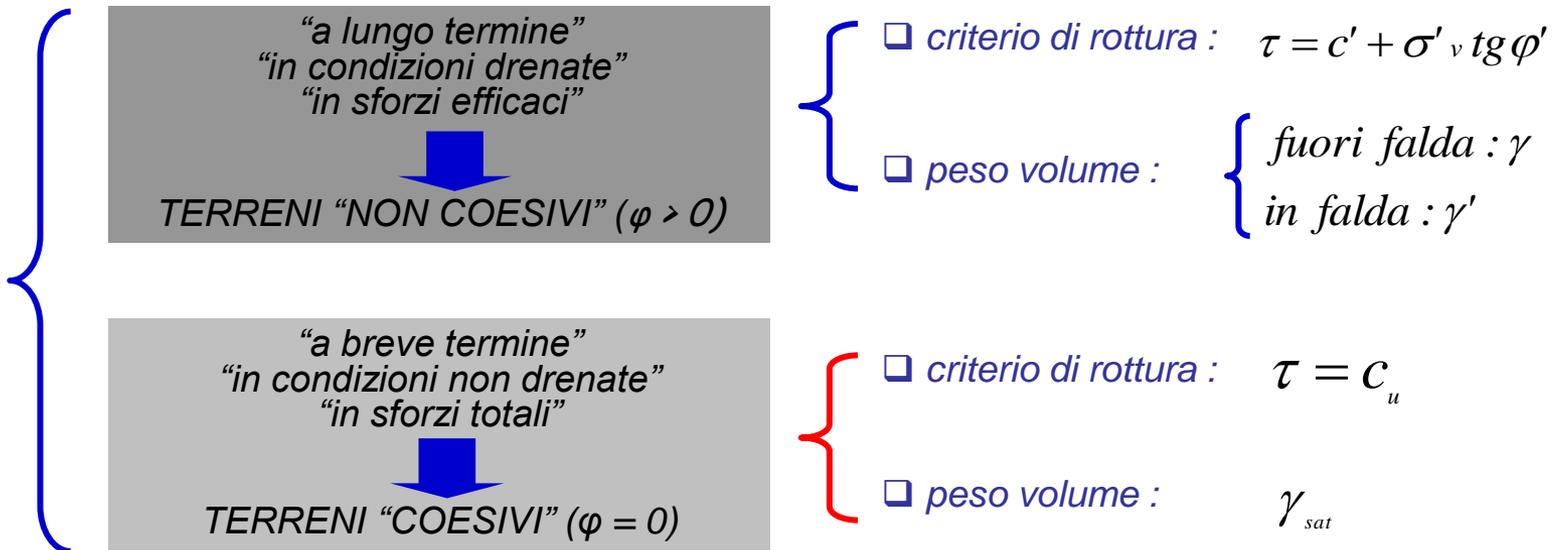
PRINCIPIO DEGLI SFORZI EFFICACI DI TERZAGHI
(terreni in falda)

$$\tau = c' + (\sigma_v - u) \operatorname{tg} \varphi' \equiv c' + \sigma'_v \operatorname{tg} \varphi'$$

N.B. Il principio degli sforzi efficaci risulta correttamente applicabile, in termini matematici, anche ai terreni fuori falda ($u = 0$) purché si usi il peso-volume naturale

3 tipi di peso-volume	γ_{sat}	■ saturo	■ $S_r\% = 100\%$	■ $19 \div 21 \text{ kN/m}^3$
	γ	■ naturale	■ $S_r\% < 100\%$	■ $18 \div 19 \text{ kN/m}^3$
	$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$	■ immerso	■ $S_r\% = 100\%$	■ $9 \div 11 \text{ kN/m}^3$

2 tipi di verifica



TEORIA DELLA SPINTA DELLE TERRE : RICHIAMI/2

TEORIA DI RANKINE

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{coefficiente di spinta attiva di Rankine } (\delta = 0)$$

$$k_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad \text{coefficiente di spinta passiva di Rankine } (\delta = 0)$$

$$\text{per } \varphi = 0 \Rightarrow k_a = k_p = 1$$

Terreni
con $\varphi > 0$

$$\sigma_a = \sigma'_v k_a - 2c' \sqrt{k_a} \Rightarrow \text{spinta attiva}$$

$$\sigma_p = \sigma'_v k_p + 2c' \sqrt{k_p} \Rightarrow \text{spinta passiva}$$

$$\text{essendo: } \sigma'_v = \sum \gamma_i z_i \quad \text{pressione verticale efficace}$$

terreni fuori falda : $\gamma_i \equiv \gamma$ (peso-volume naturale)

terreni in falda : $\gamma_i = \gamma'$ (peso-volume immerso)

Verifiche in
"sforzi efficaci"

Terreni
con $\varphi = 0$
($k_a = k_p = 1$)

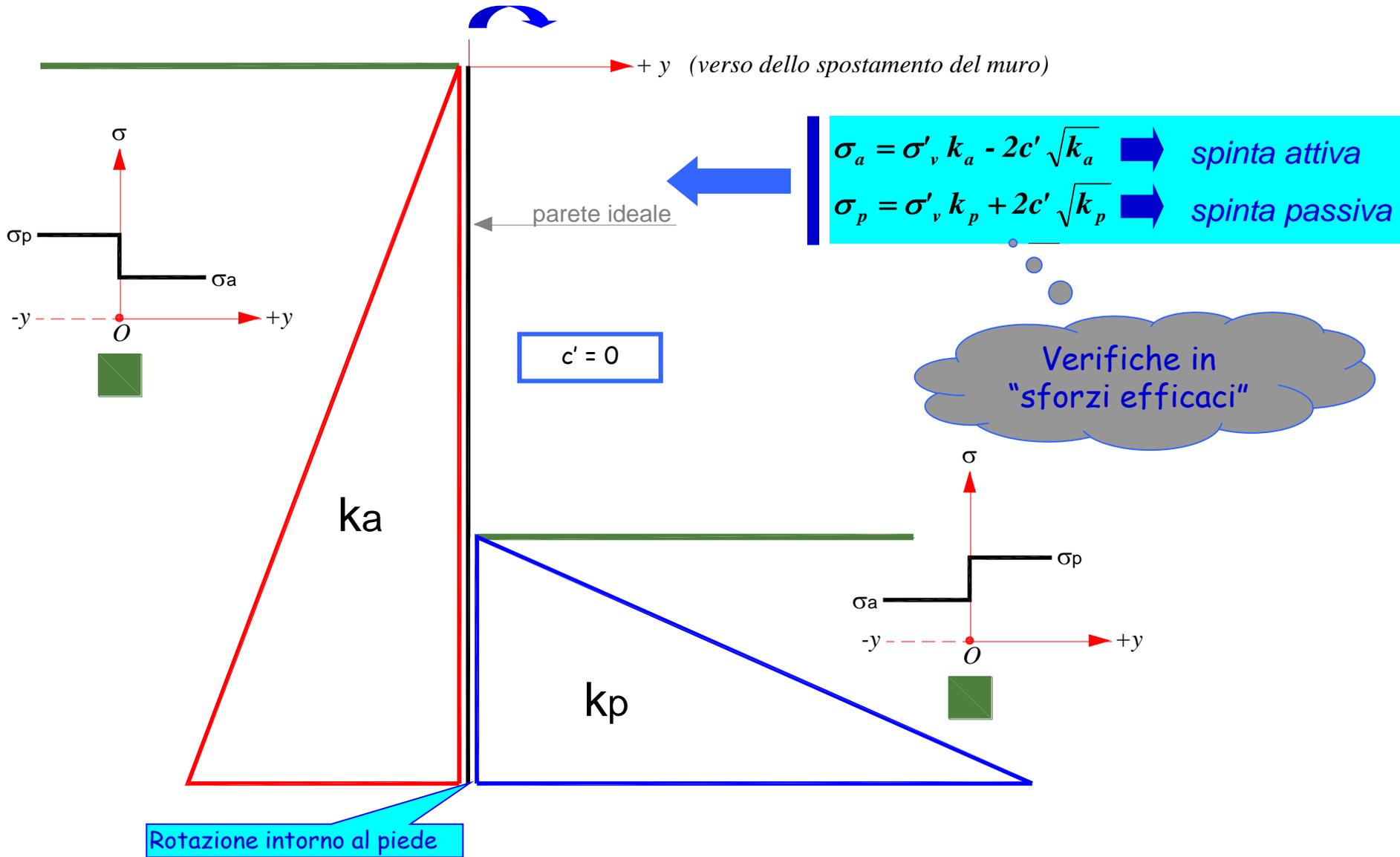
$$\sigma_a = \sigma_v k_a - 2c_u \sqrt{k_a} = \sigma_v - 2c_u \Rightarrow \text{spinta attiva}$$

$$\sigma_p = \sigma_v k_p + 2c_u \sqrt{k_p} = \sigma_v + 2c_u \Rightarrow \text{spinta passiva}$$

$$\text{essendo: } \sigma_v = \sum \gamma_{i \text{ sat}} z_i \quad \text{pressione verticale totale}$$

Verifiche in
"sforzi totali"

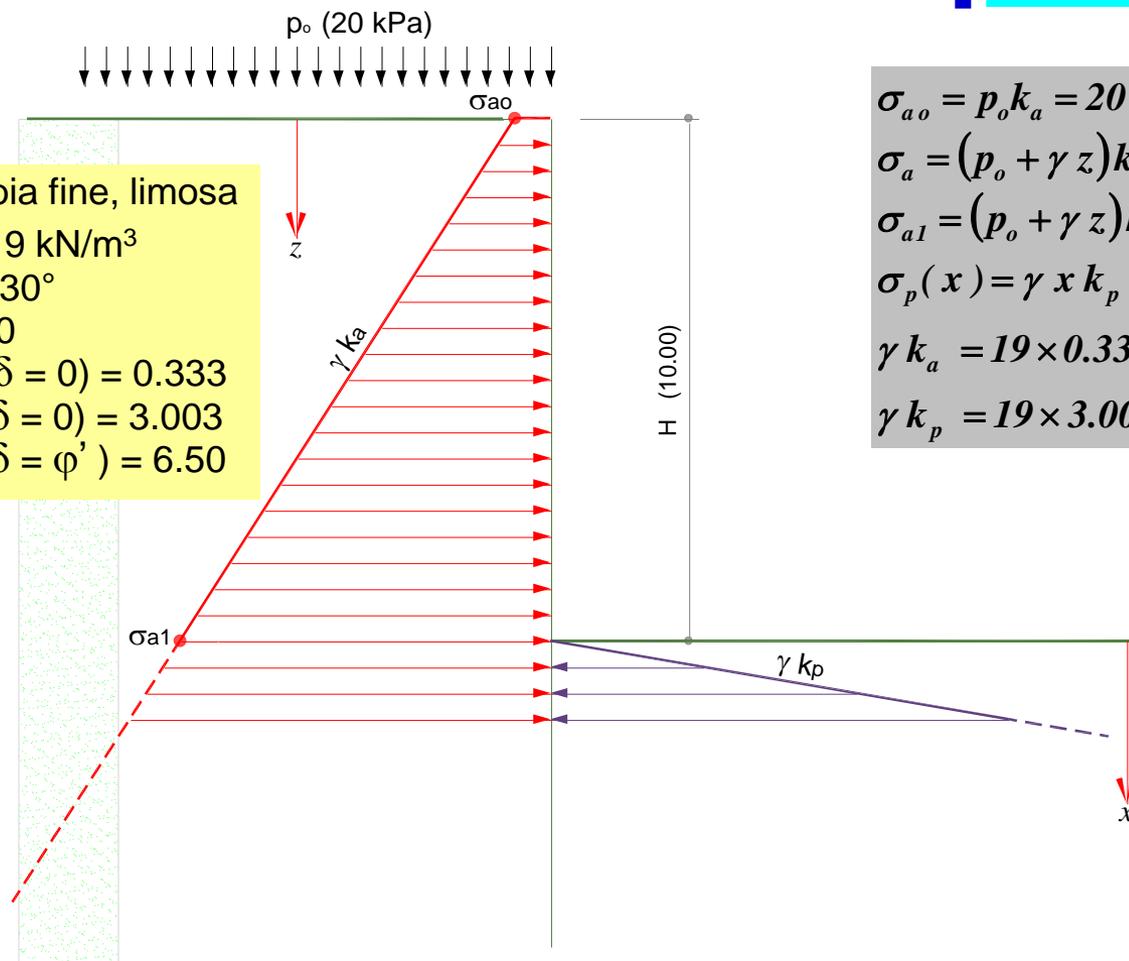
SPINTA DELLE TERRE : MODELLO DI TERRENO RIGIDO-PLASTICO



SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 1- TERRENO NON STRATIFICATO FUORI FALDA

$$\sigma_a = \sigma'_v k_a - 2c' \sqrt{k_a} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta attiva}$$

$$\sigma_p = \sigma'_v k_p + 2c' \sqrt{k_p} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta passiva}$$



Sabbia fine, limosa

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 30^\circ$$

$$c' = 0$$

$$K_a (\delta = 0) = 0.333$$

$$K_p (\delta = 0) = 3.003$$

$$K_p (\delta = \phi') = 6.50$$

$$\sigma_{a0} = p_o k_a = 20 \times 0.333 = 6.66 \text{ kPa}$$

$$\sigma_a = (p_o + \gamma z) k_a$$

$$\sigma_{a1} = (p_o + \gamma z) k_a = (20 + 19 \times 10.00) \times 0.333 = 69.93 \text{ kPa}$$

$$\sigma_p(x) = \gamma x k_p$$

$$\gamma k_a = 19 \times 0.333 = 6.33 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma k_p = 19 \times 3.003 = 57.06 \text{ kN/m}^3$$

Verifica in
"sforzi efficaci"

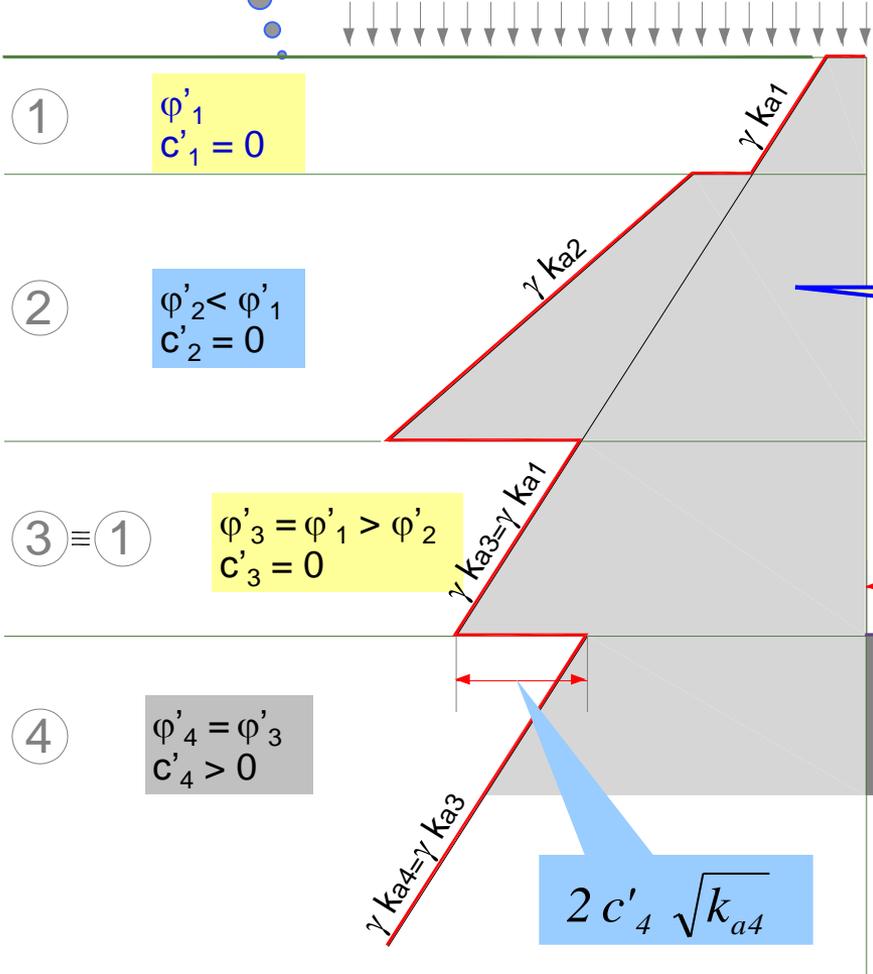
SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 2 - TERRENO STRATIFICATO FUORI FALDA

Verifiche in "sforzi efficaci"

$$\sigma'_a = \sigma'_v k_a - 2c' \sqrt{k_a} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta attiva}$$

$$\sigma'_p = \sigma'_v k_p + 2c' \sqrt{k_p} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta passiva}$$

promemoria



Spinta attiva

$$2 c'_4 \sqrt{k_{p4}}$$

N.B.
 $\gamma, \gamma', \gamma_{sat}$
uguali per tutti gli strati

$$2 c'_4 \sqrt{k_{a4}}$$

Spinta passiva

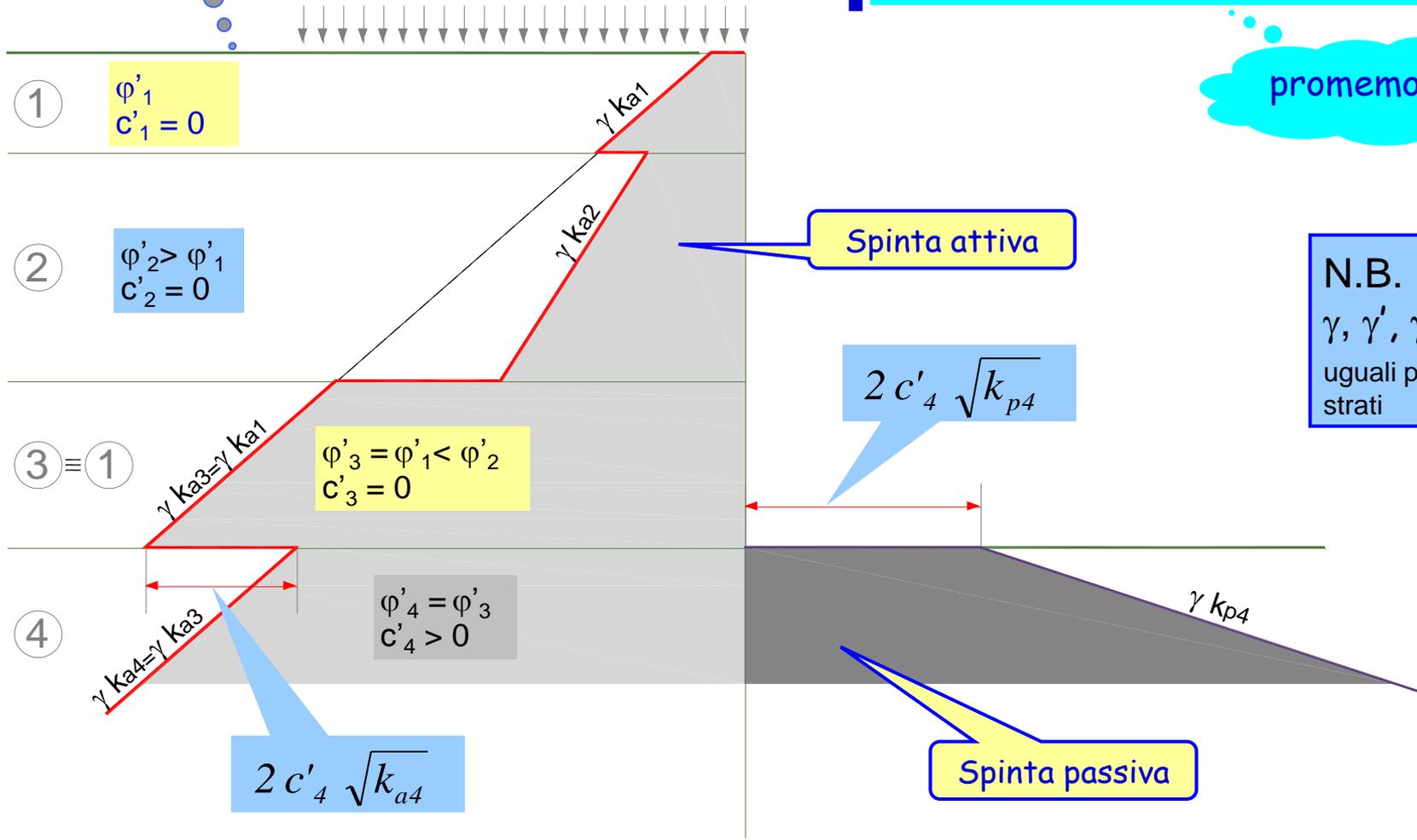
SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 2 bis - TERRENO STRATIFICATO FUORI FALDA

Verifiche in "sforzi efficaci"

$$\sigma'_a = \sigma'_v k_a - 2c' \sqrt{k_a} \rightarrow \text{spinta attiva}$$

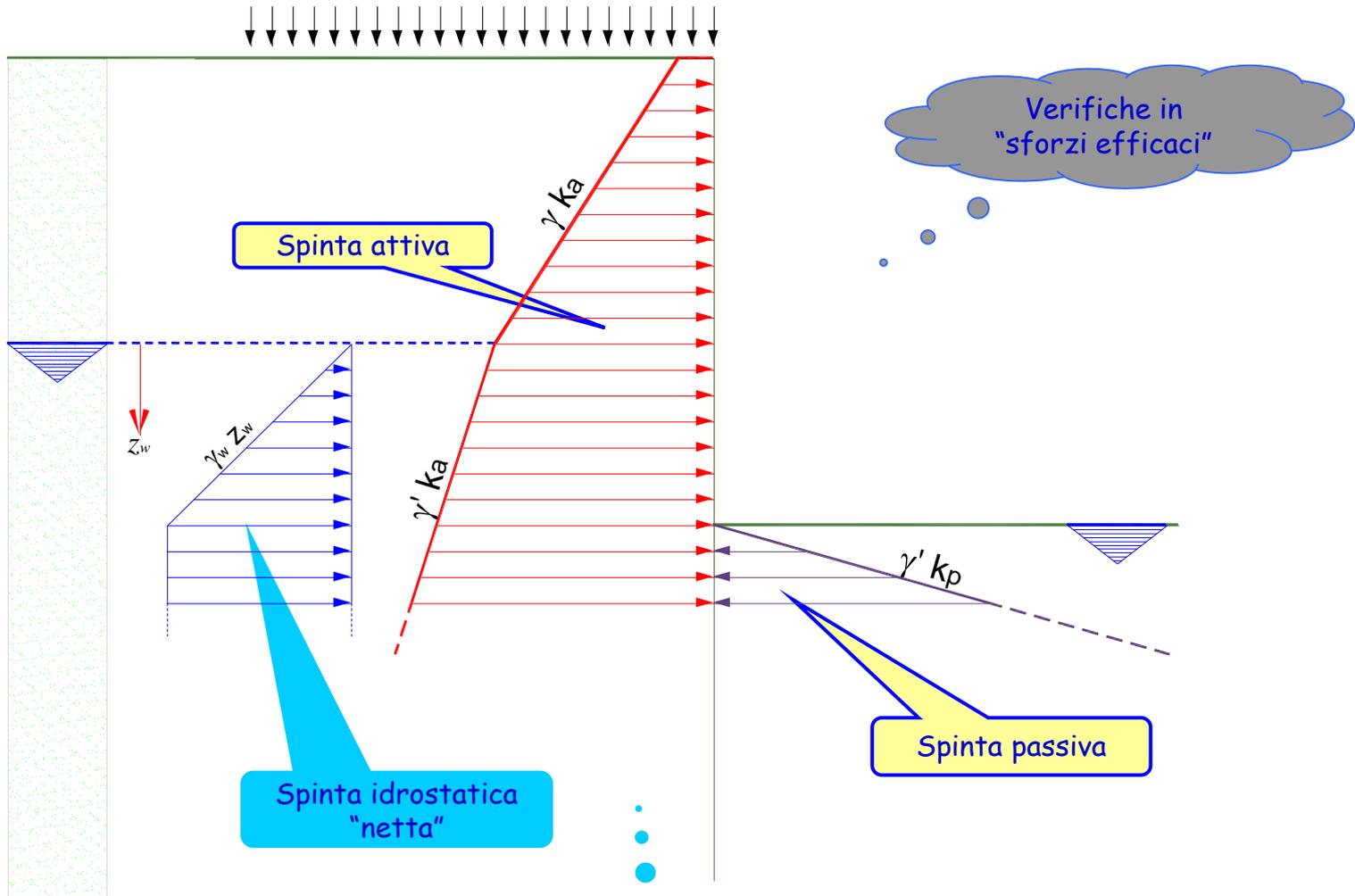
$$\sigma'_p = \sigma'_v k_p + 2c' \sqrt{k_p} \rightarrow \text{spinta passiva}$$

promemoria



N.B.
 $\gamma, \gamma', \gamma_{sat}$
uguali per tutti gli strati

SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 3 - TERRENO IN FALDA



N.B. E' stato assunto implicitamente che i due acquiferi di monte e di valle siano isolati (assenza di filtrazioni)

SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 4 - DIAGRAMMA DELLE "SPINTE NETTE"

Verifiche in "sforzi efficaci"

Al di sotto del fondo scavo:

$$\sigma(x) = \sigma_a(x) - \sigma_p(x) = [p_o + \gamma(H+x)]k_a - \gamma x k_p =$$

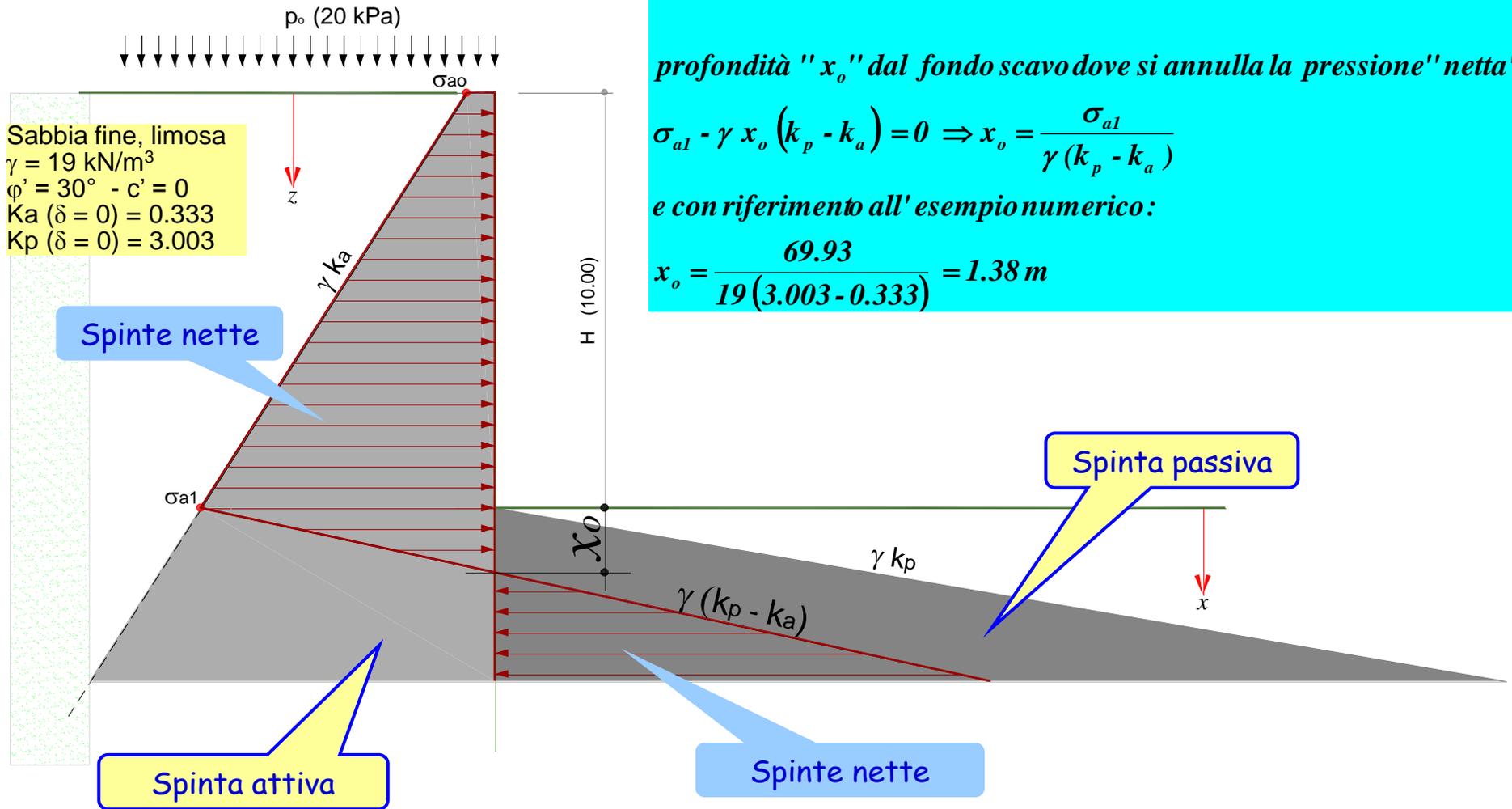
$$= (p_o + \gamma H)k_a + \gamma x k_a - \gamma x k_p = \sigma'_{a1} - \gamma x (k_p - k_a)$$

profondità "x_o" dal fondo scavo dove si annulla la pressione "netta"

$$\sigma_{a1} - \gamma x_o (k_p - k_a) = 0 \Rightarrow x_o = \frac{\sigma_{a1}}{\gamma (k_p - k_a)}$$

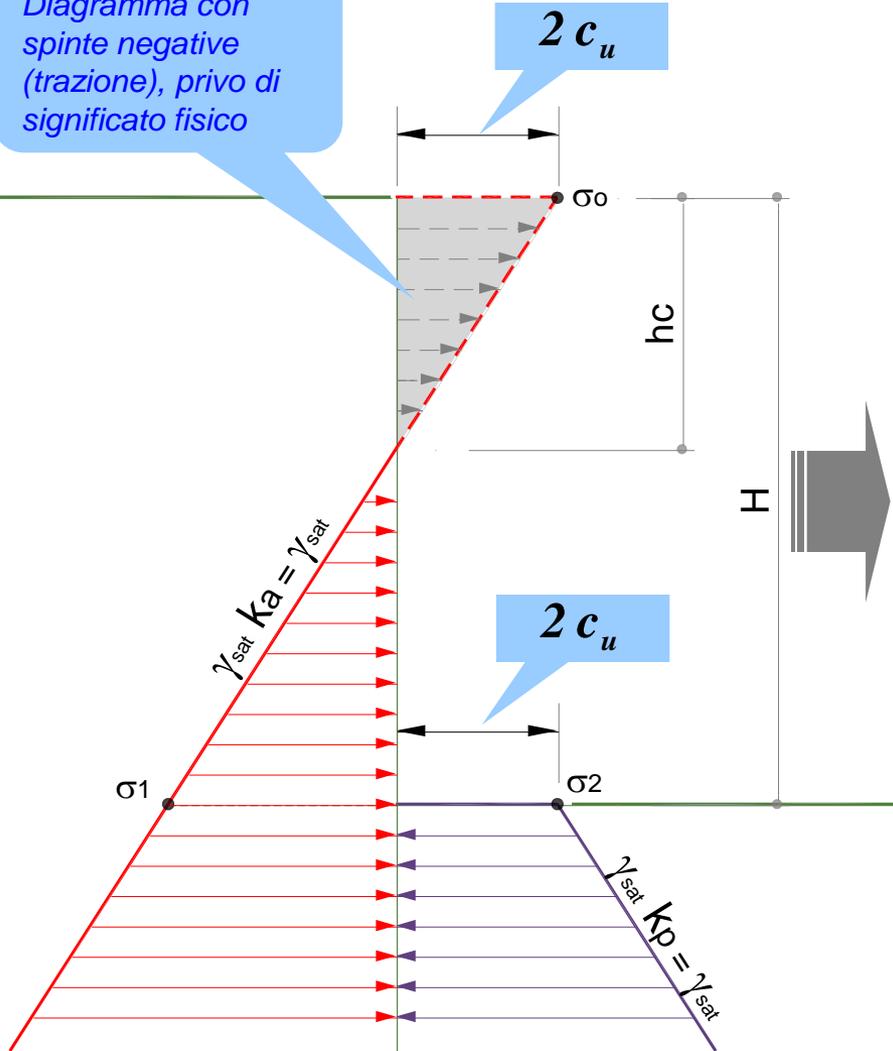
e con riferimento all' esempio numerico:

$$x_o = \frac{69.93}{19 (3.003 - 0.333)} = 1.38 \text{ m}$$



SPINTA DELLE TERRE : ESEMPIO 5 - TERRENI PURAMENTE COESIVI ($\varphi = 0$)

Diagramma con spinte negative (trazione), privo di significato fisico



$$\sigma_a = \sigma_v k_a - 2c_u \sqrt{k_a} = \sigma_v - 2c_u \quad \rightarrow \text{spinta attiva}$$

$$\sigma_p = \sigma_v k_p + 2c_u \sqrt{k_p} = \sigma_v + 2c_u \quad \rightarrow \text{spinta passiva}$$

Verifiche in "sforzi totali"
 $K_a = K_p = 1$

$$\sigma_a = \sigma_v k_a - 2c_u \sqrt{k_a} = \gamma_{sat} h - 2c_u$$

$$\sigma_a = 0 \text{ quando } \gamma_{sat} h_c - 2c_u = 0 \Rightarrow h_c = \frac{2c_u}{\gamma_{sat}}$$

$$\sigma_1 = \gamma_{sat} H - 2c_u$$

$$\sigma_2 = 2c_u$$

$$\text{instabilità per } \sigma_1 \geq \sigma_2 \text{ cioè per } \gamma_{sat} H \geq 4c_u \Rightarrow H \geq \frac{4c_u}{\gamma_{sat}}$$

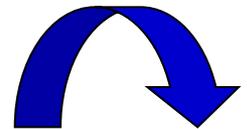
È fondamentale un'accurata determinazione della c_u

Nel prossimo incontro
esamineremo nel dettaglio i due
approcci più largamente utilizzati
per il calcolo delle paratie
(a sbalzo o ancorate)

CALCOLO
"AGLI STATI LIMITE"

CALCOLO
"ELASTO - PLASTICO"

..... un anticipo nella slide seguente.....



MODELLO TERRENO

MODELLO DI ANALISI

MODELLO GEOTECNICO (PARAMETRI NECESSARI)

RIGIDO-PLASTICO

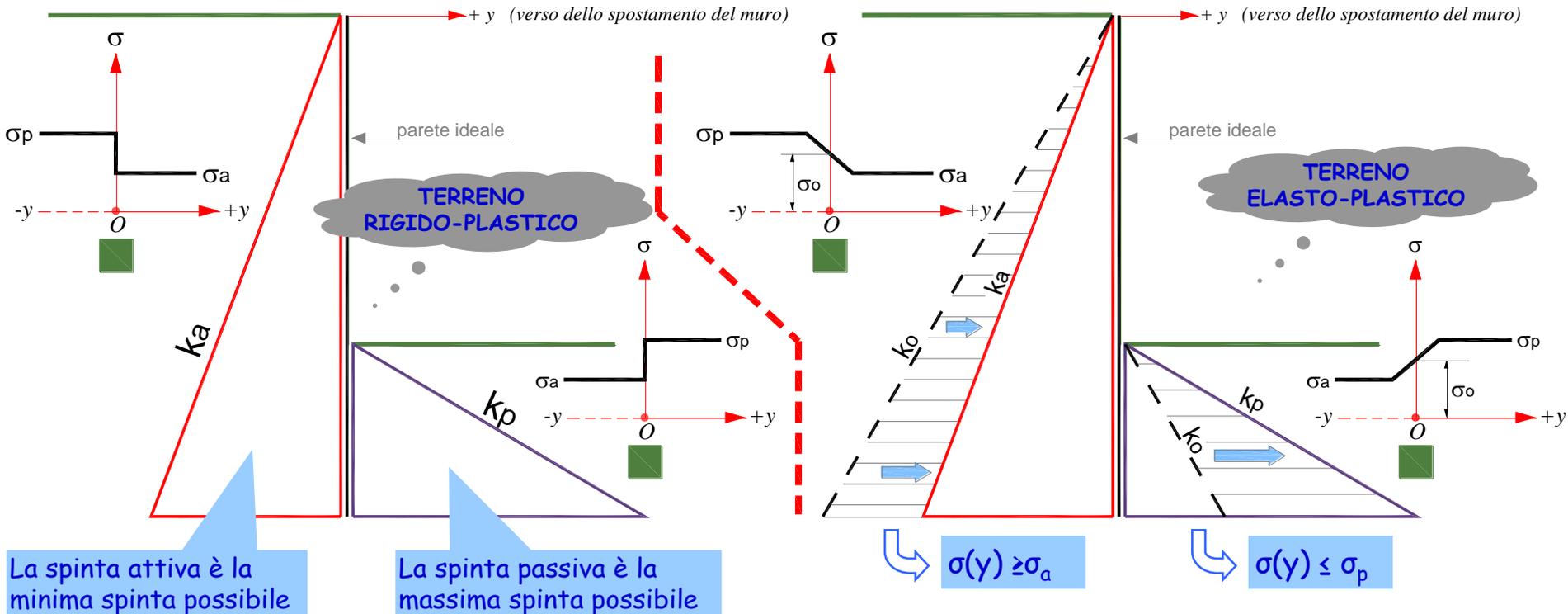
metodi di calcolo "a rottura" o "all'equilibrio limite" (LEM) o "agli stati limite"

- stratigrafia e posizione falda
- pesi volume : $\gamma, \gamma_{sat}, \gamma'$,
- resistenza al taglio : ϕ', c', c_u

ELASTO-PLASTICO DISCRETO

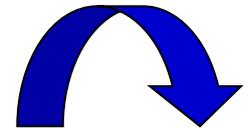
metodi di calcolo in fase elasto-plastica, con terreno discreto (non continuo)

- stratigrafia e posizione falda
- pesi volume : $\gamma, \gamma_{sat}, \gamma'$,
- resistenza al taglio : ϕ', c', c_u
- deformabilità



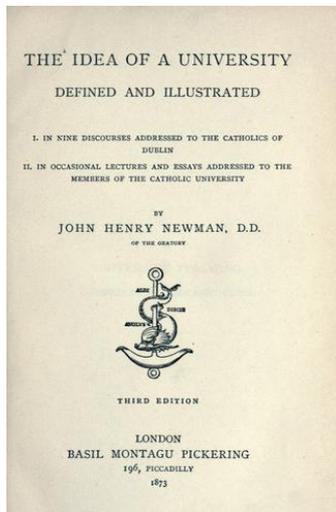
PER
CONCLUDERE

..... cosa abbiamo visto oggi.



1

IL CORSO È STATO PENSATO
ED ARTICOLATO PER FORNIRE UNO
"STATO DELL'ARTE CRITICO"
SULLA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE
DELLE PARATIE MULTIANCORATE



" voglio teste ben fatte,
non teste ben piene "

John Henry Newman

OBIETTIVI DEL CORSO



2

1. CONCEPIRE IL PROGETTO COME UN TUTTO ORGANICO

2. CONOSCERE I PRESUPPOSTI PER UNA CORRETTA PROGETTAZIONE

3. SAPER INDIVIDUARE GLI ASPETTI CRITICI DEL PROGETTO

4. APPROCCIO CRITICO ALLA NORMATIVA

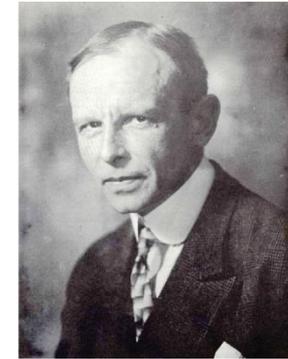
5. CONCEPIRE IL PROGETTO COME PARTE DEL BENE COMUNE

3

INTRODUZIONE AL CORSO



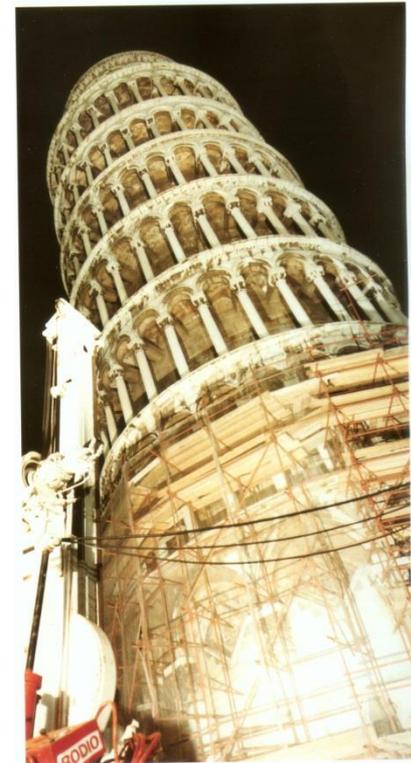
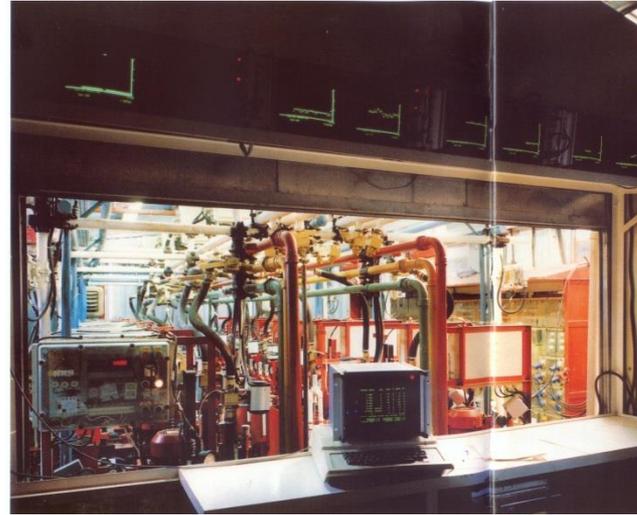
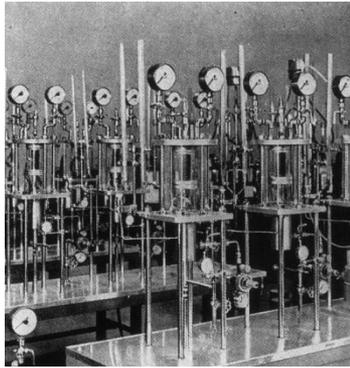
COMPRESIONE DEL FENOMENO FISICO & CAPACITÀ CRITICA : da Cato Major a Karl Terzaghi



GEOTECNICA & FONDAZIONI SPECIALI : una storia anche italiana

3 bis

GEOTECNICA E FONDAZIONI SPECIALI UNA STORIA (ANCHE) ITALIANA



4

TIPOLOGIE E CAMPI DI PPLICAZIONE

PARATIE IN C.A.

- gettate in opera
- prefabbricate

Opere di sostegno

Schermi impermeabili

Consolidamento pendii



PALANCOLATE METALLICHE



Opere di sostegno

Schermi impermeabili

DIAFRAMMI DI PALI

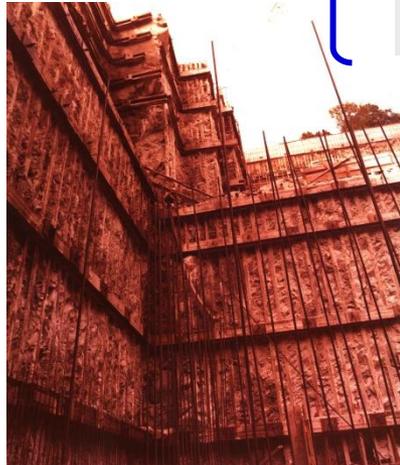
Opere di sostegno

Consolidamento pendii

(*Schermi impermeabili*)



BERLINESI DI MICROPALI

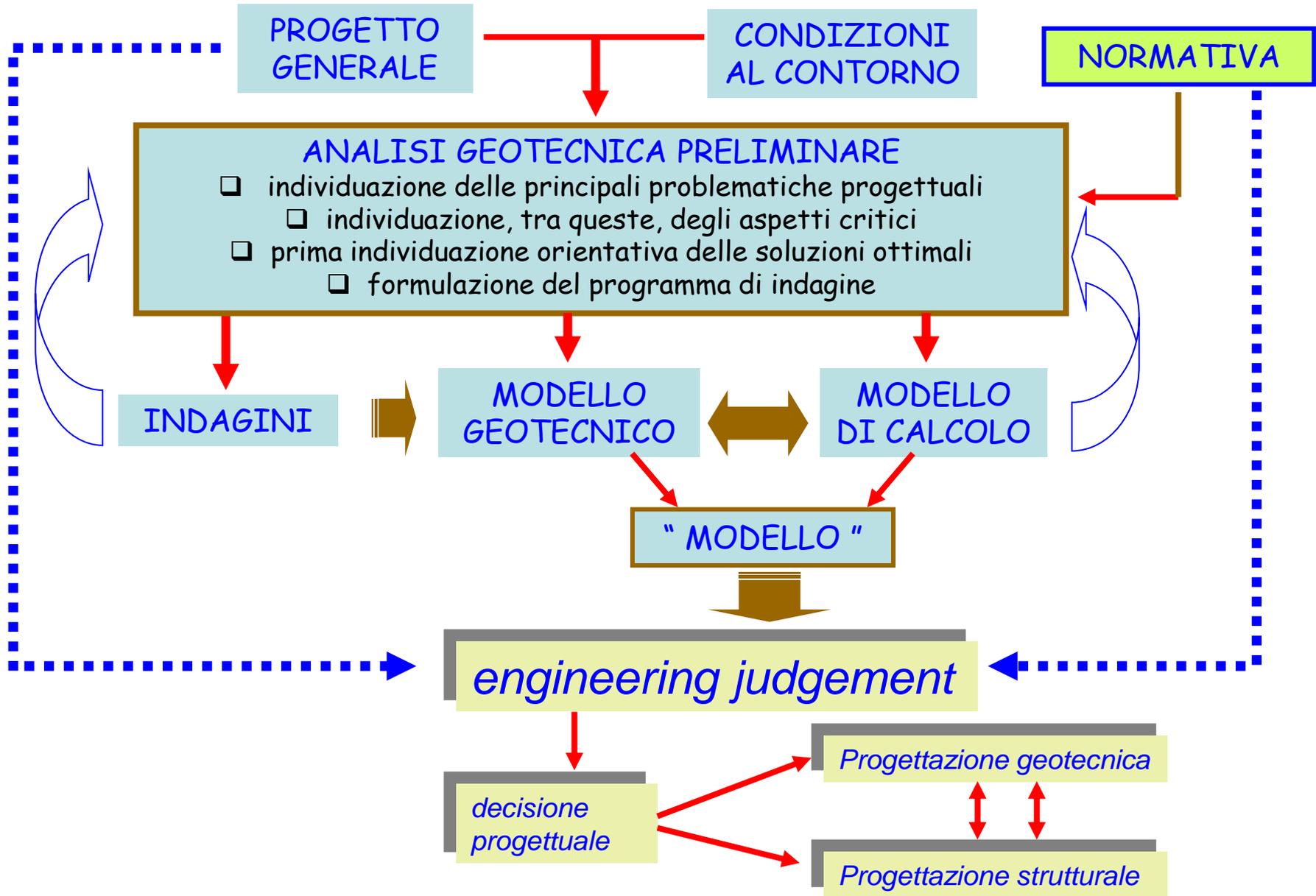


Opere di sostegno

Consolidamento pendii

5

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

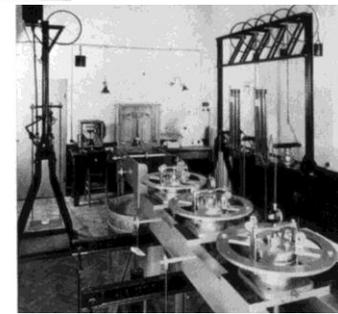
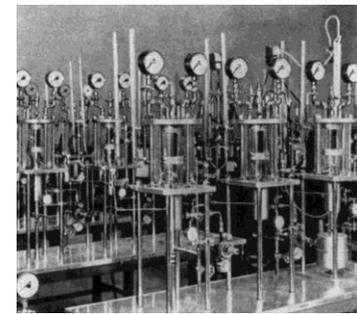




5 bis

LA PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI CRITERI PER UN CORRETTO APPROCCIO INGEGNERISTICO

Il progetto precede
l'indagine e ne determina
i contenuti



6

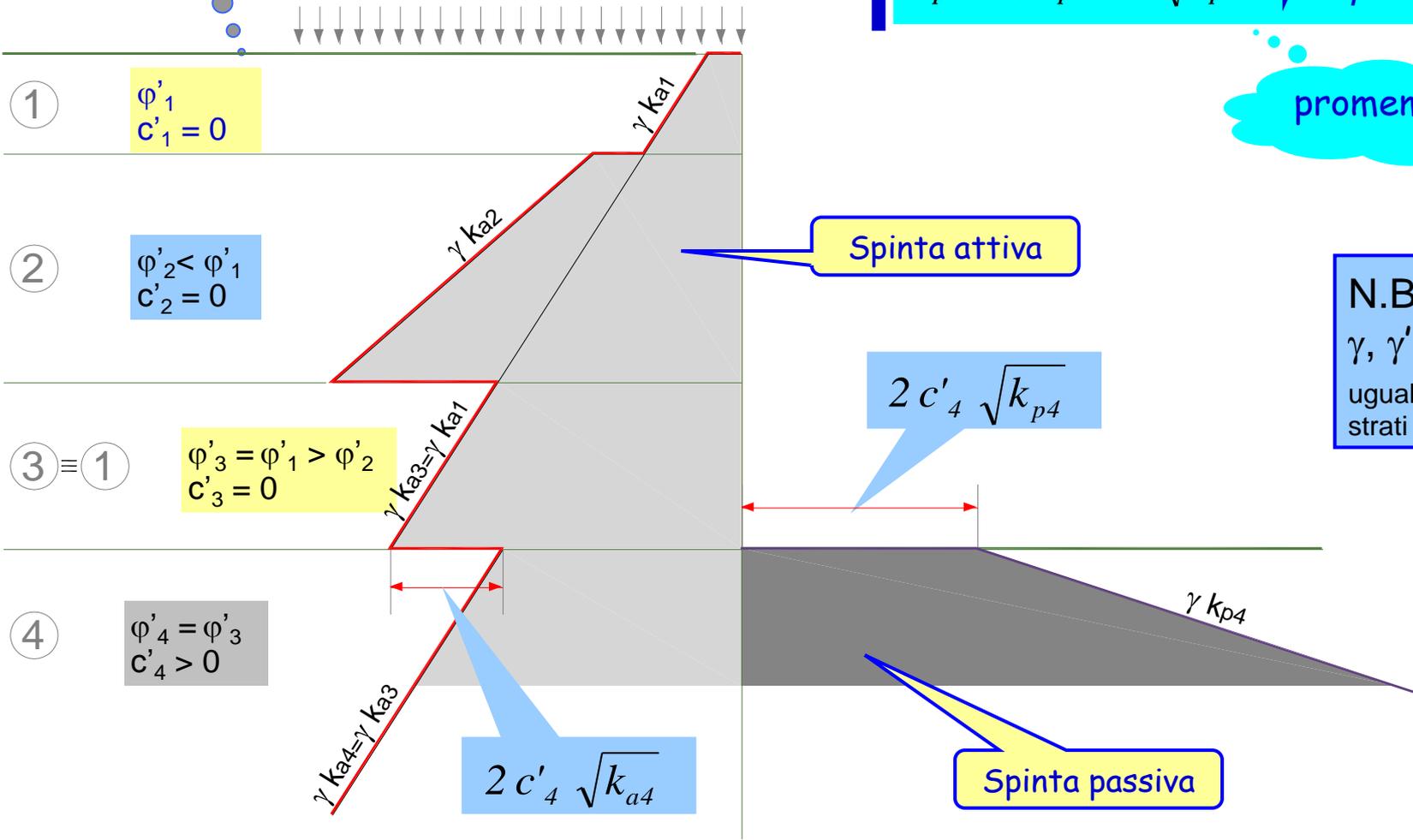
SPINTA DELLE TERRE : RICHIAMI

Verifiche in "sforzi efficaci"

$$\sigma'_a = \sigma'_v k_a - 2c' \sqrt{k_a} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta attiva}$$

$$\sigma'_p = \sigma'_v k_p + 2c' \sqrt{k_p} \quad \Rightarrow \quad \text{spinta passiva}$$

promemoria

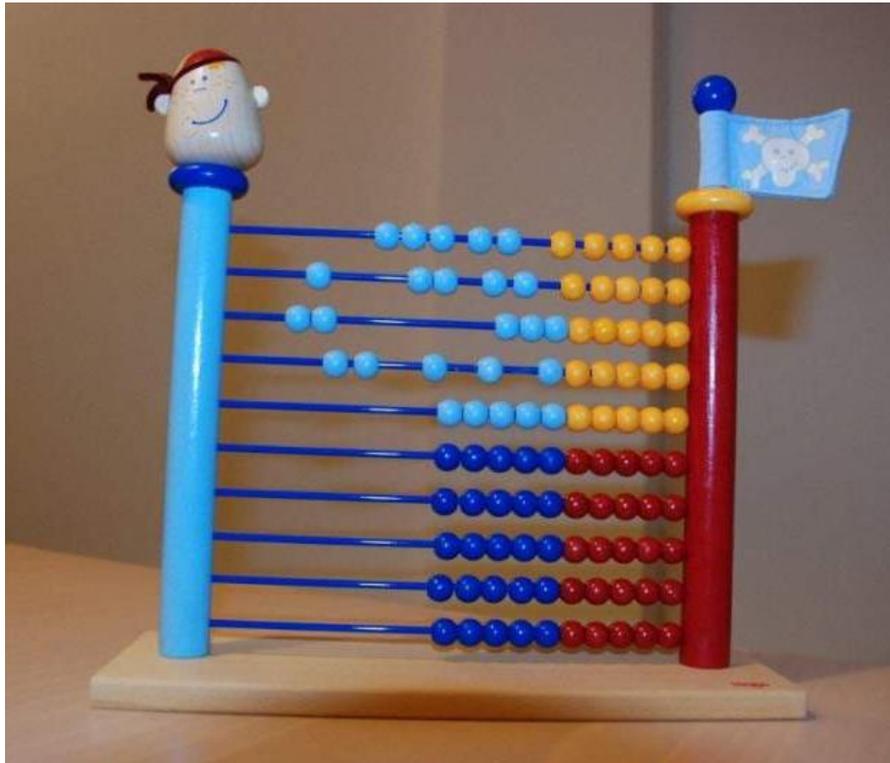


N.B.
 $\gamma, \gamma', \gamma_{sat}$
uguali per tutti gli strati

IL PROSSIMO INCONTRO

2ª SESSIONE

Metodi di calcolo/2 - Software di calcolo
Bari, 29 Gennaio 2019



FINE



APPENDICE 1

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA



Centrifuga geotecnica
utilizzata nello studio della
stabilizzazione della Torre
di Pisa (ISMES - Bergamo)

.... ho risparmiato un poco sulle
fondazioni, ma nessuno se ne
accorgerà mai.....



IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

PRESUPPOSTI

1. Approfondita conoscenza del progetto (con le condizioni al contorno) ed individuazione con il progettista delle principali problematiche che devono essere affrontate con la progettazione geotecnica.
2. Analisi geotecnica preliminare : individuazione qualitativa del "modello" (modello geotecnico + codici di calcolo) su cui basare la progettazione geotecnica.
Consequente individuazione :
 - del volume significativo a cui estendere le indagini
 - dei parametri geotecnici necessari alla definizione del modello, e delle indagini più adeguate allo scopo (esempio : fondazioni a platea o su pali)
3. Conoscenza del tempo disponibile per le indagini e dei costi sostenibili per il Committente.
4. Approntamento (**eventualmente d'intesa col geologo**) del programma di indagini in situ e di laboratorio.

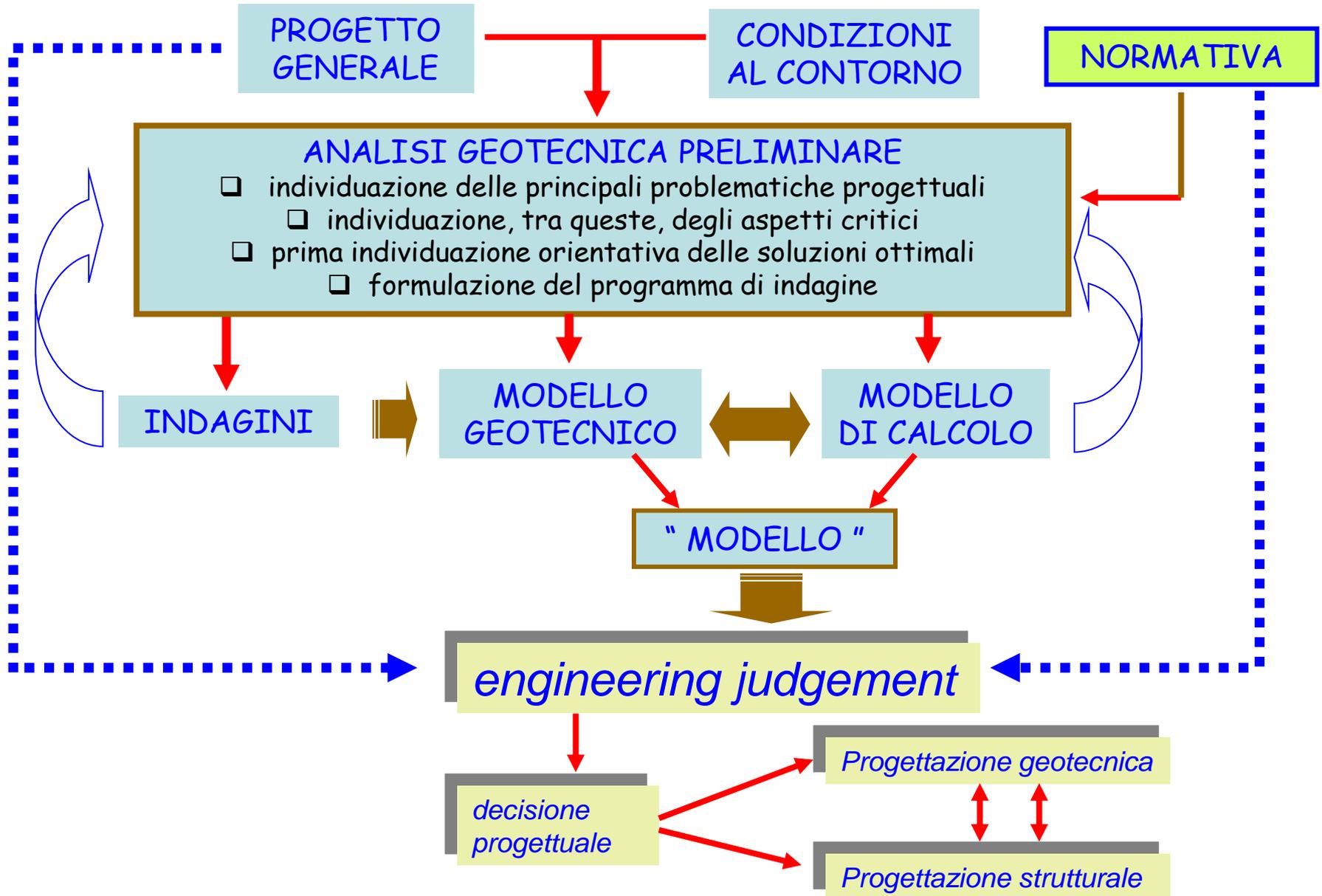
NE CONSEGUE CHE



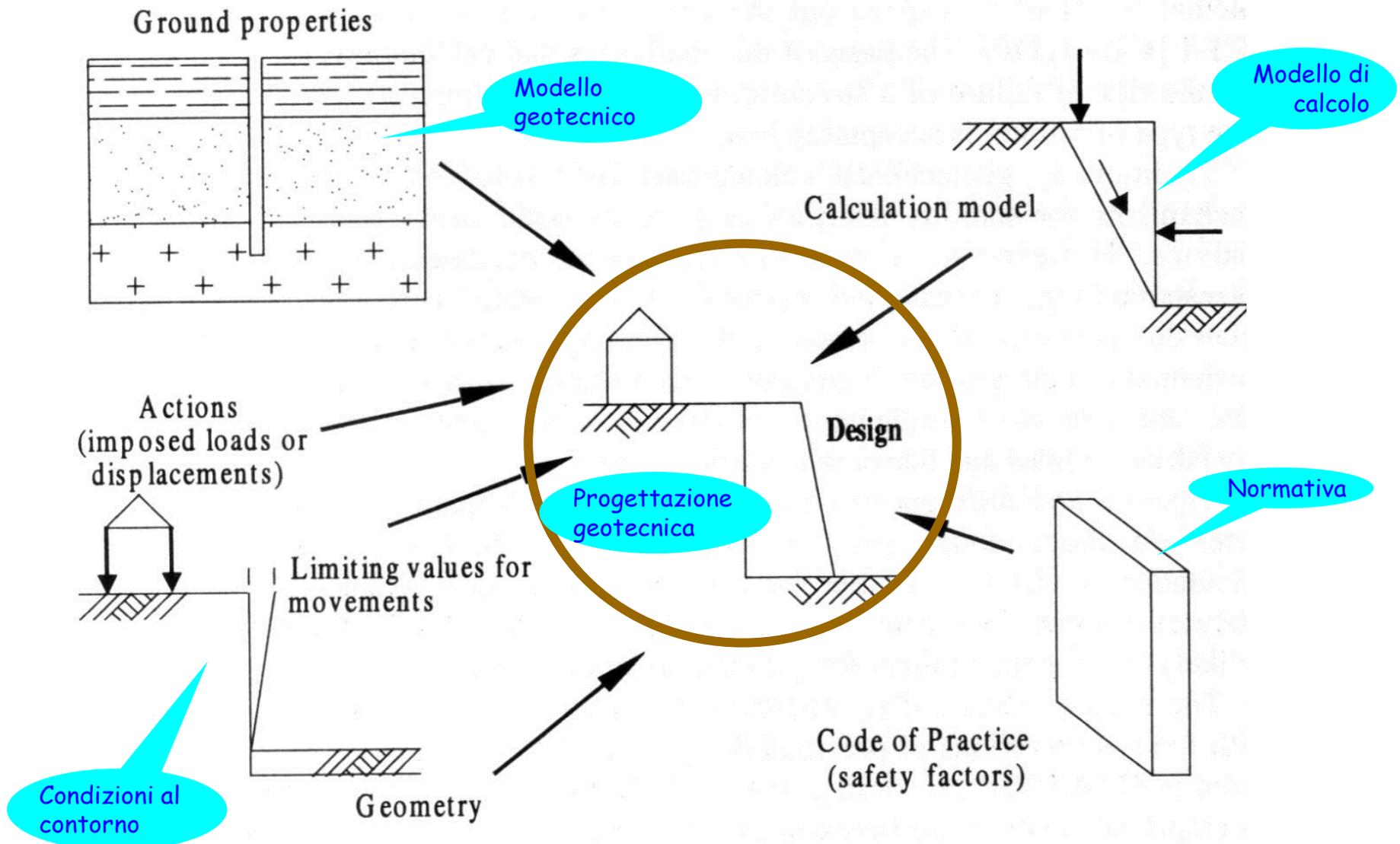
Il progetto "precede" l'indagine e ne determina i contenuti

L'indagine è solo una fase della progettazione geotecnica, e questa è molto di più della mera caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere.

IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA



COMPONENTI DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA : SCHEMA SEMPLIFICATO



IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA/2

PRIMA

QUALCUNO RICEVE L'INCARICO DI PROGRAMMARE ED ESEGUIRE LE INDAGINI (SENZA AVERE ALCUNA CONOSCENZA DEL PROGETTO)



INDAGINI

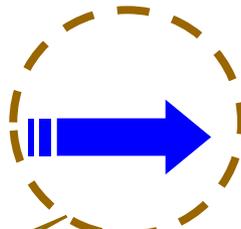


MODELLO GEOTECNICO "ASETTICO"

sovente ridotto a :
stratigrafia + φ' - c' - γ

unico "varco" alla incomunicabilità

la linea rossa continua indica incomunicabilità



Questo è invece quello che viene fatto quasi sempre, e che non si dovrebbe mai fare

DOPO

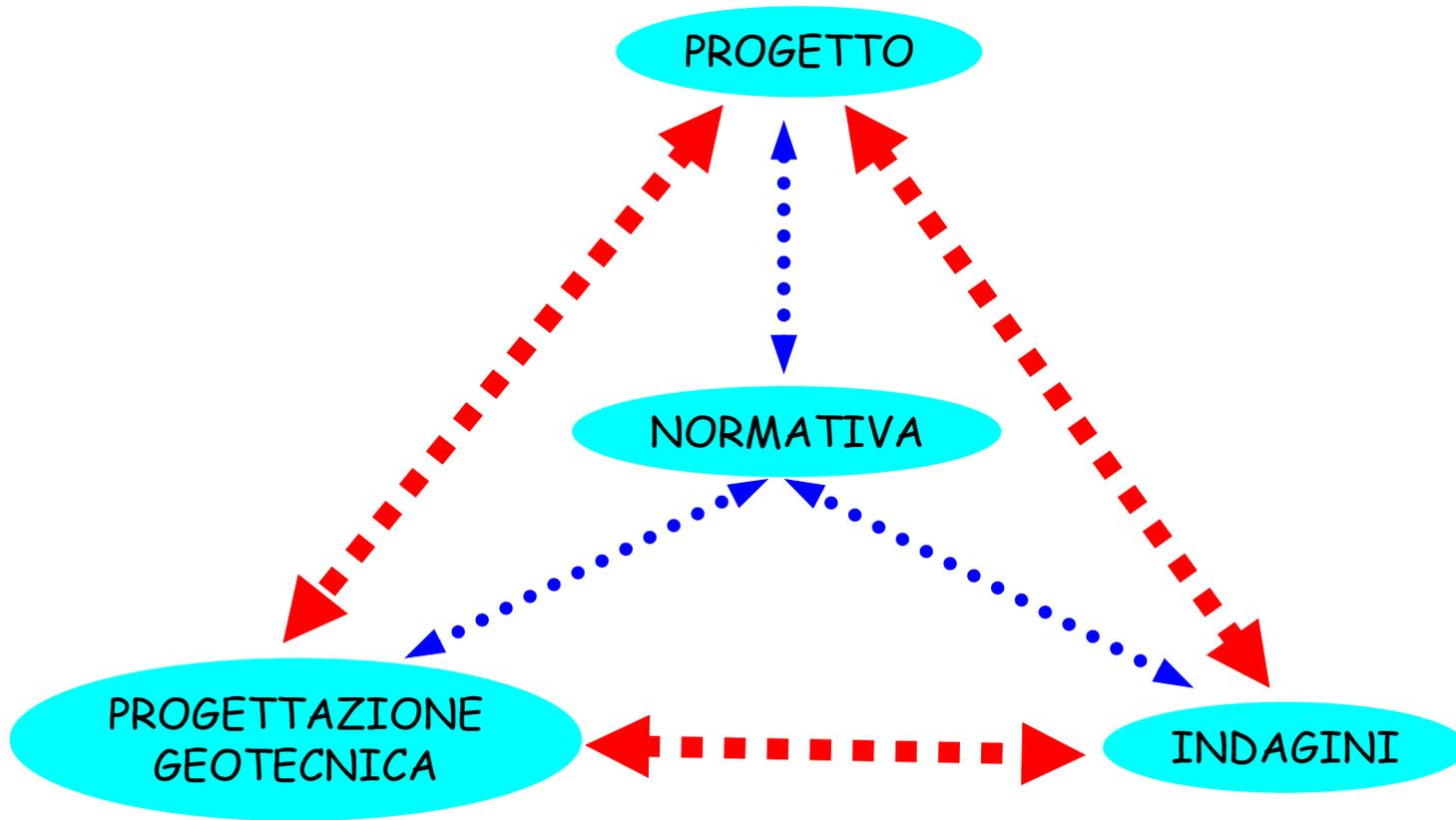
INSERIMENTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI IN UN CODICE DI CALCOLO

- il più delle volte il codice è quello del calcolo strutturale, che in coda alla risoluzione della struttura in elevazione esegue le verifiche geotecniche;
- per tal motivo quasi sempre è lo strutturista che utilizza direttamente i risultati delle indagini
- come conseguenza viene "saltata" di fatto tutta la fase di analisi e progettazione geotecnica propriamente detta.



PROGETTO

(i risultati numerici del calcolo vengono acquisiti nel progetto)



IL "SISTEMA GEOTECNICO"

(il "sistema geotecnico" è composto da una porzione di terreno e dall'opera che a quest'ultimo è collegata o vincolata)



IL "SISTEMA STRUTTURALE"

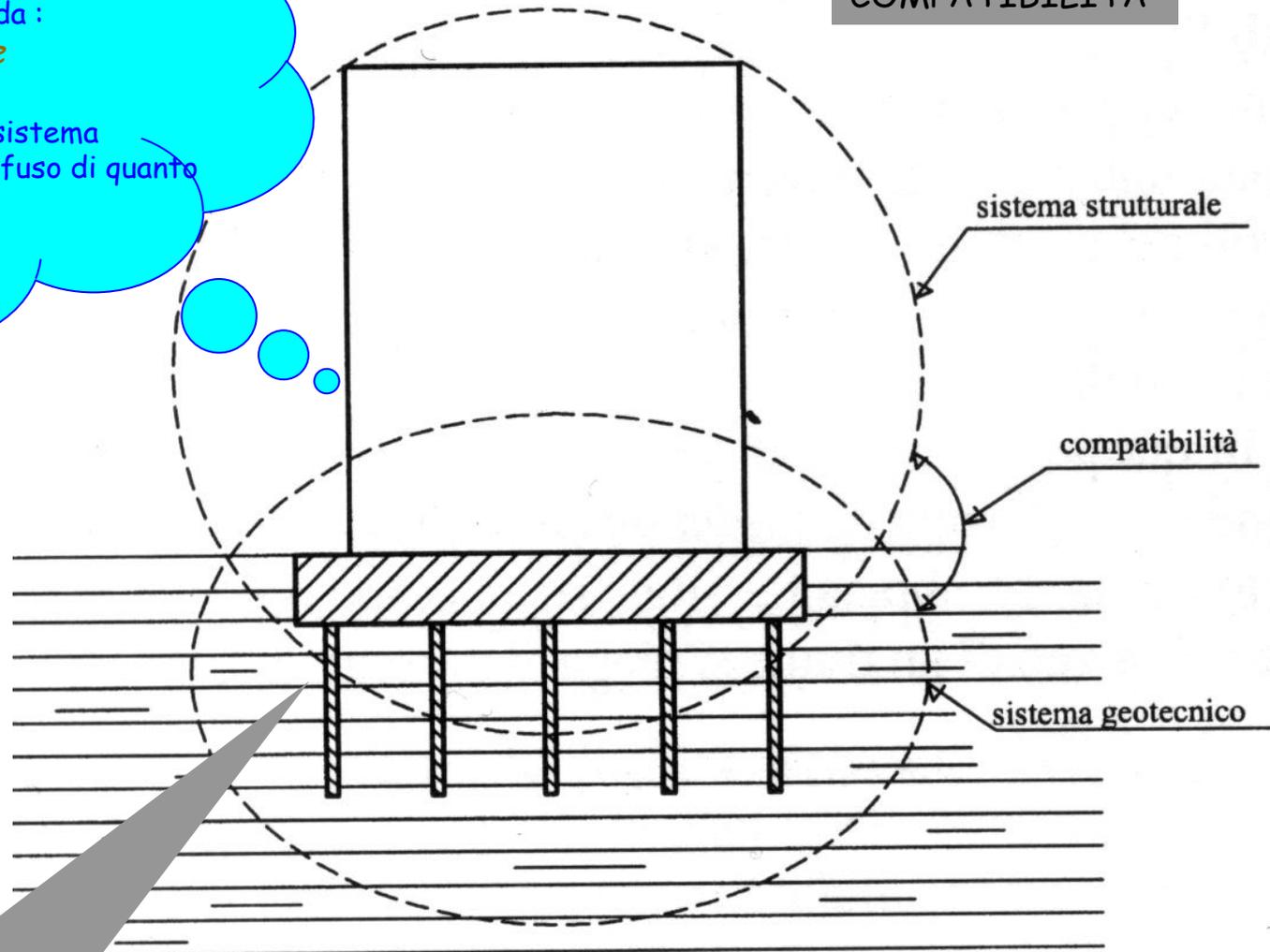
La frequenza con la quale ancora viene rivolta la disarmante domanda :

"a quanto posso caricare questo terreno ?"

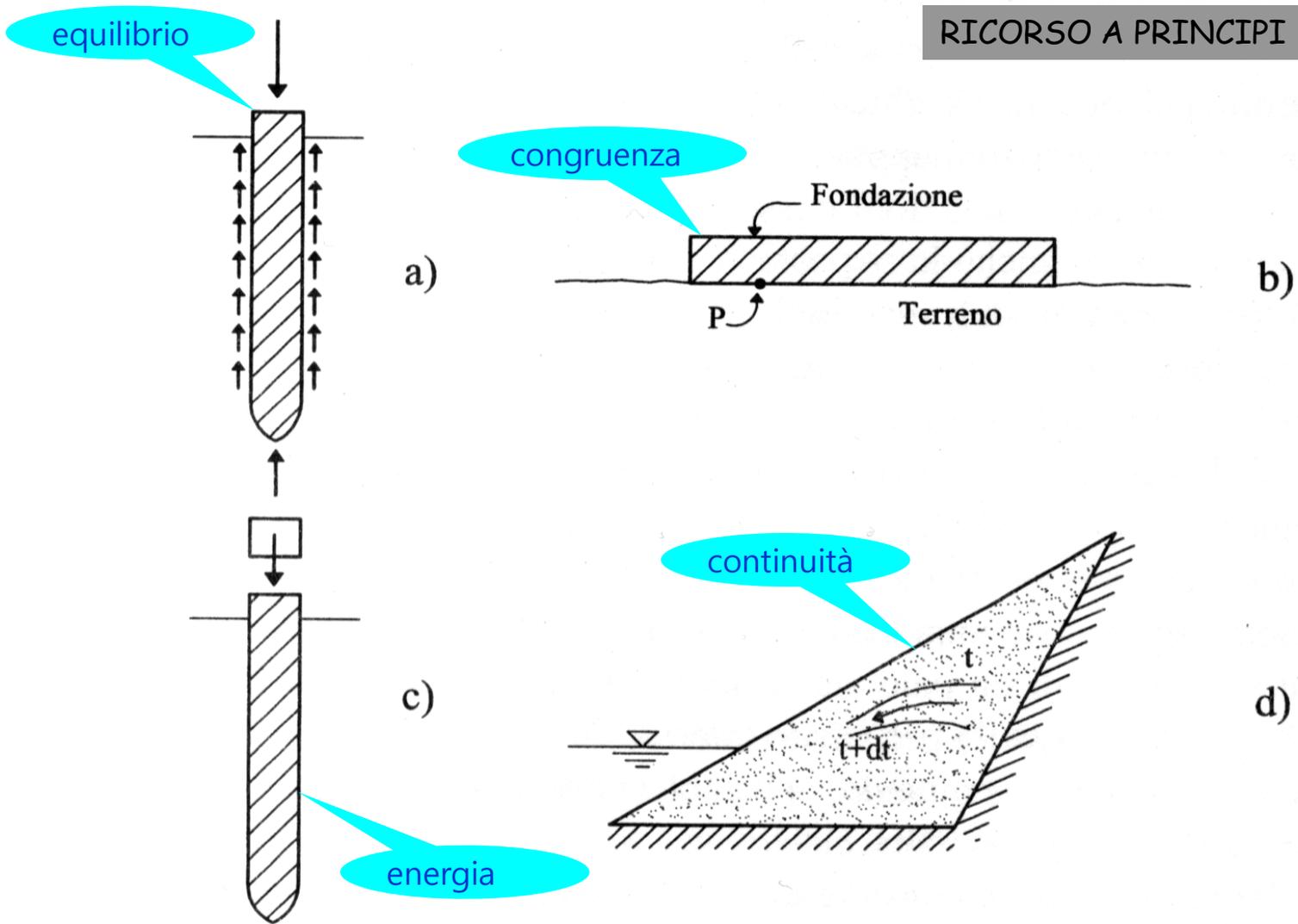
dimostra che il concetto di sistema geotecnico è molto meno diffuso di quanto si creda.

Ruggero Jappelli

COMPATIBILITA'

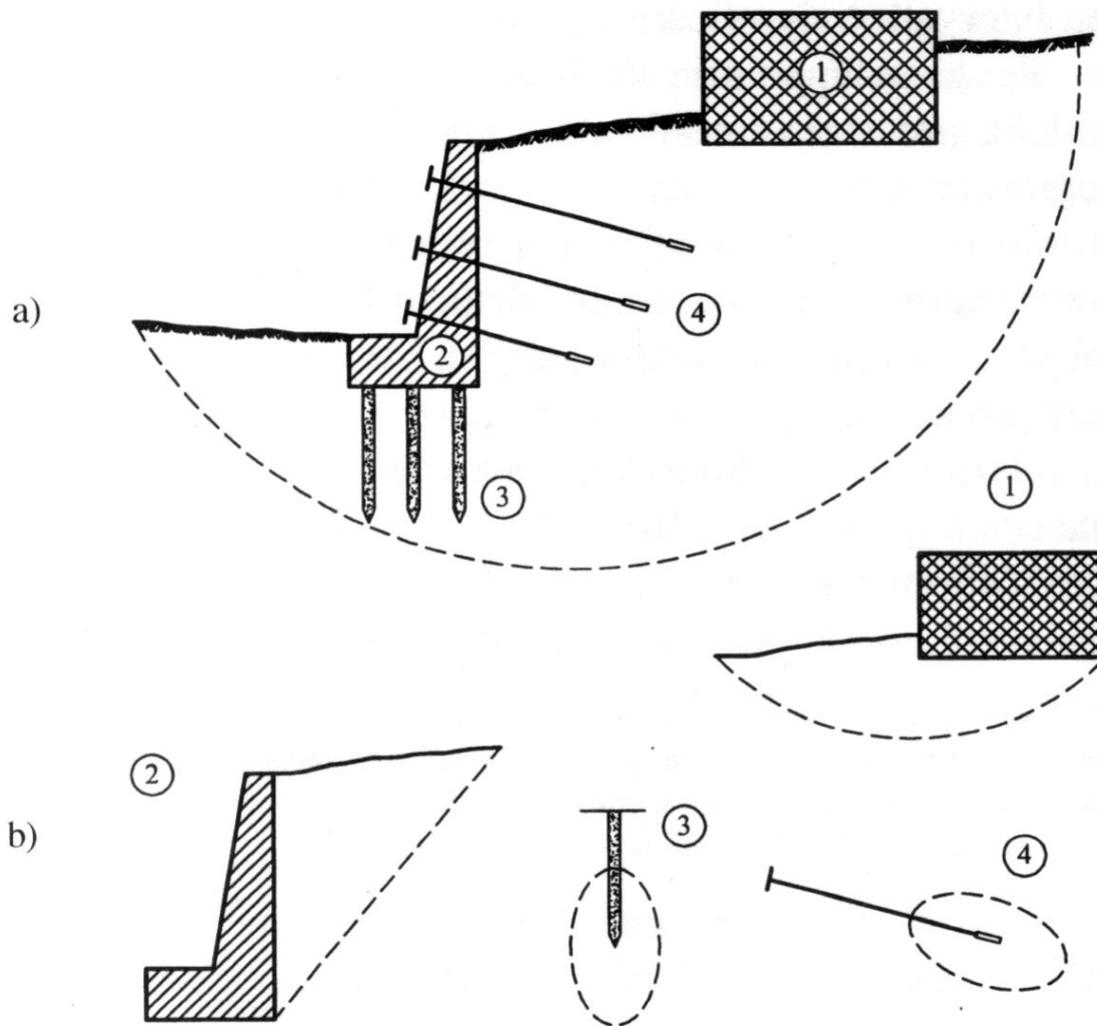


Il "sistema strutturale" ed il "sistema geotecnico" devono essere compatibili sotto ogni aspetto



Esempi del ricorso a principi nella trattazione dei problemi geotecnici:
a) equilibrio b) congruenza c) energia d) continuità

SOTTOSISTEMI
E MECCANISMI

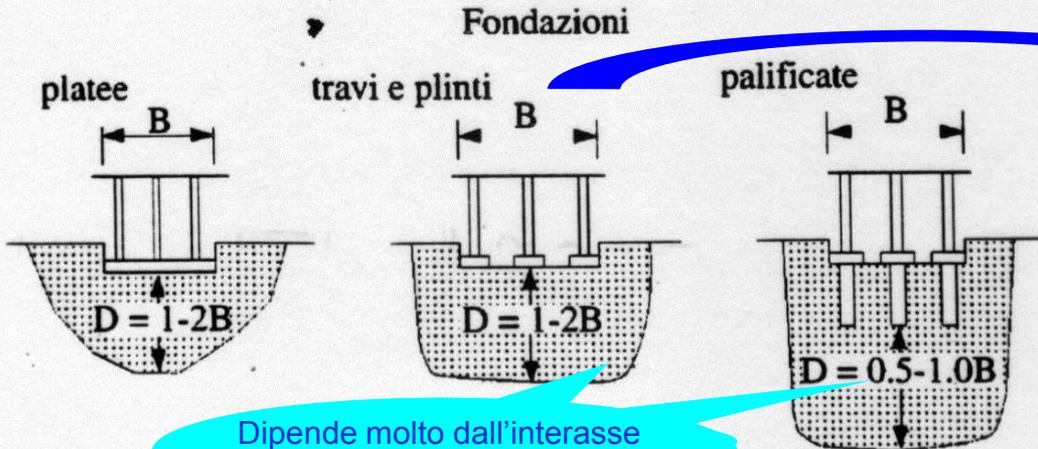


Esempi di meccanismi in un sistema geotecnico :

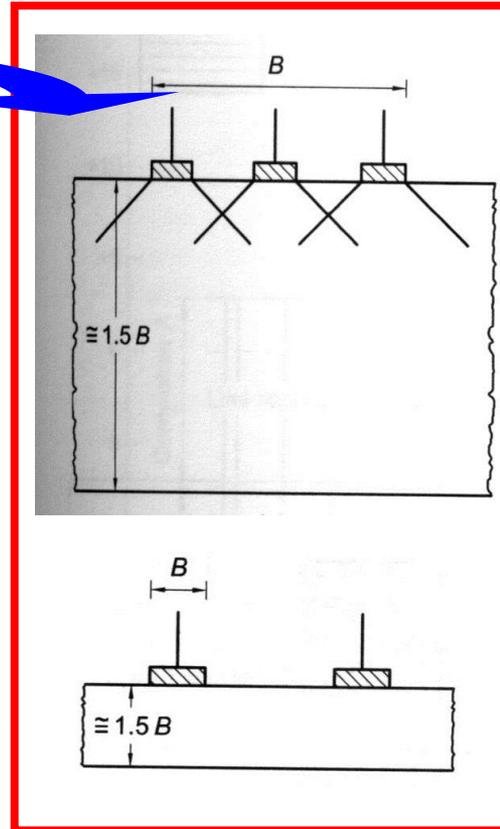
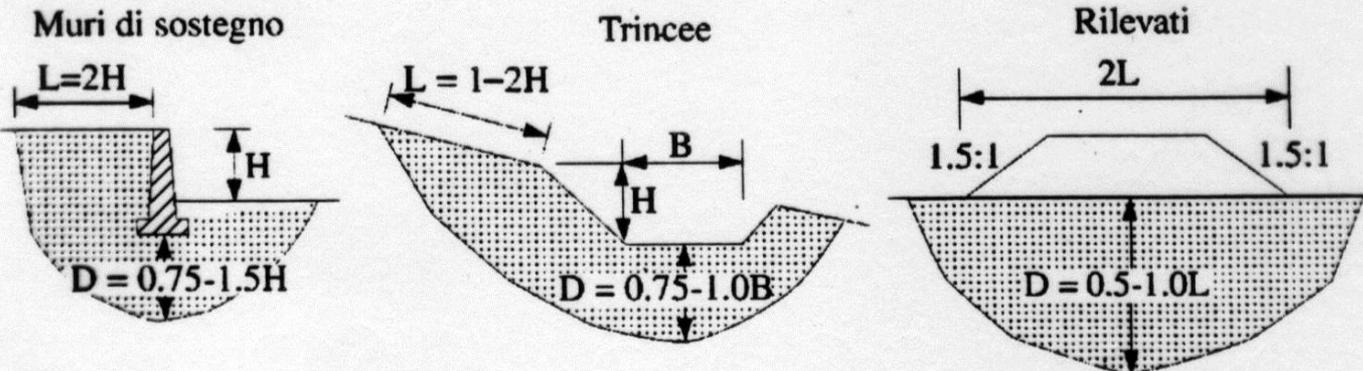
a) globale

b) Parziale : nella struttura ? nella connessione ? nel terreno ?

ESEMPI ORIENTATIVI DI "VOLUMI SIGNIFICATIVI" NEI SISTEMI GEOTECNICI

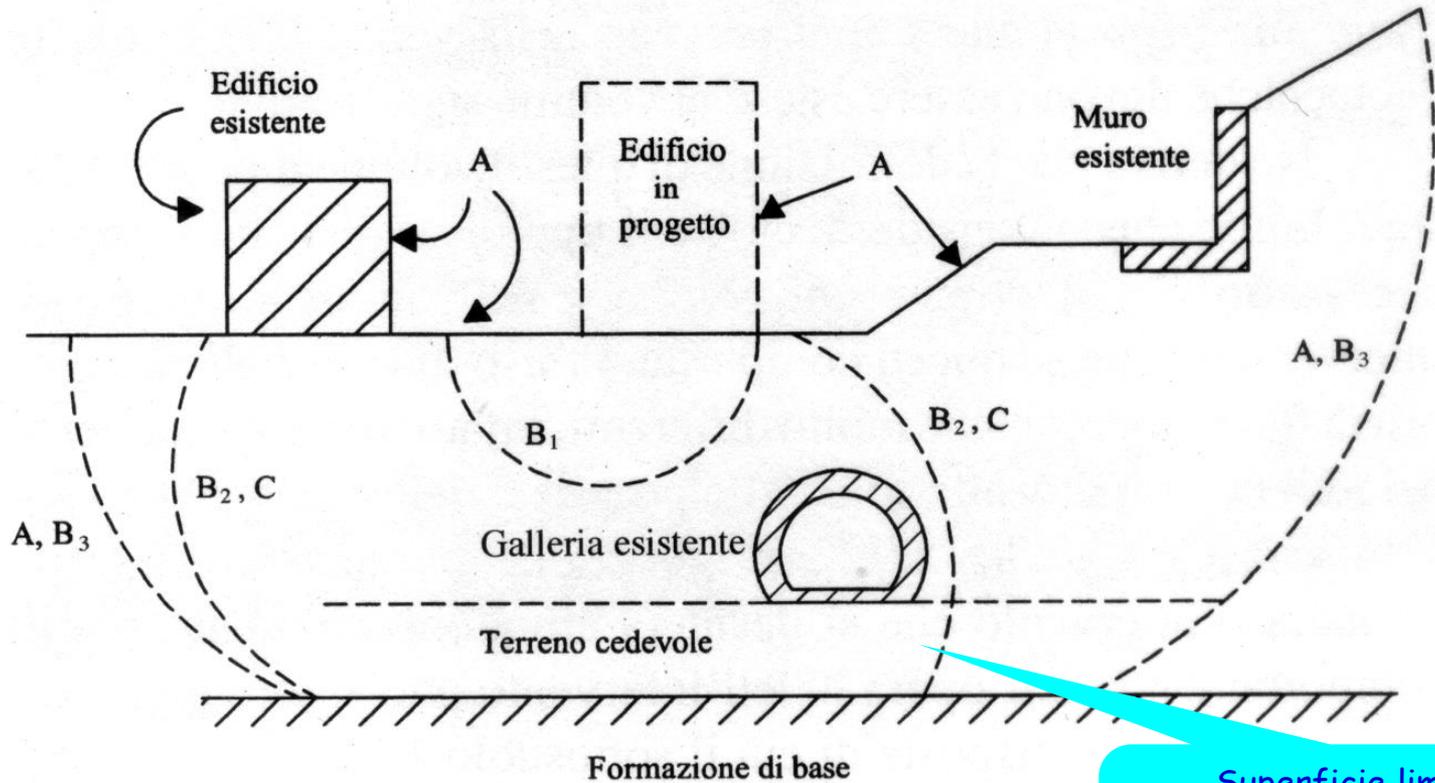


Dipende molto dall'interasse dei plinti e dei pali



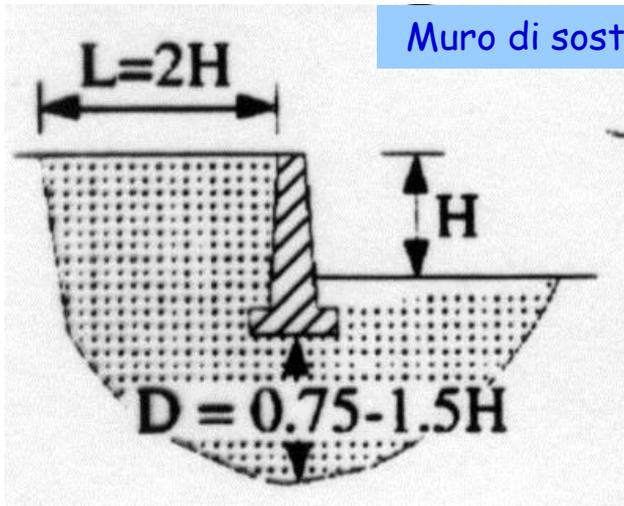
Indicazioni sul volume significativo di sottosuolo per vari tipi di opere, nel caso di terreno omogeneo

UN ESEMPIO DI SISTEMA GEOTECNICO, VOLUMI SIGNIFICATIVI, TERRENO DI FONDAZIONE



- A superficie limite del sistema geotecnico
- B volumi significativi
- B₁ nelle verifiche al Q_{lim}
- B₂ nelle verifiche ai cedimenti
- B₃ nelle verifiche di stabilità del pendio
- C terreno di fondazione dell'edificio in progetto

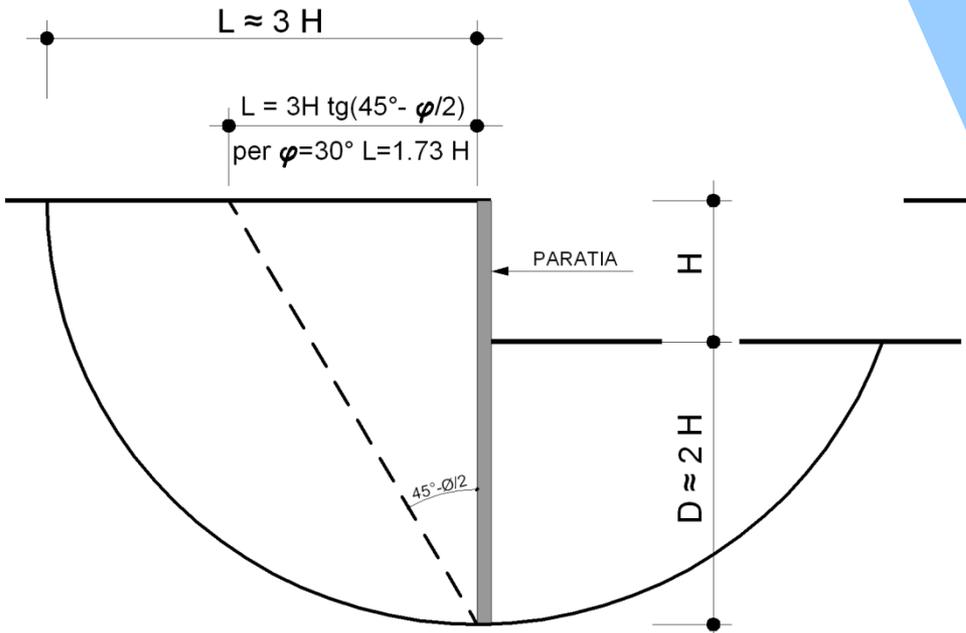
Superficie limite e volume significativo dipendono dal tipo di verifica (e dalle condizioni al contorno)



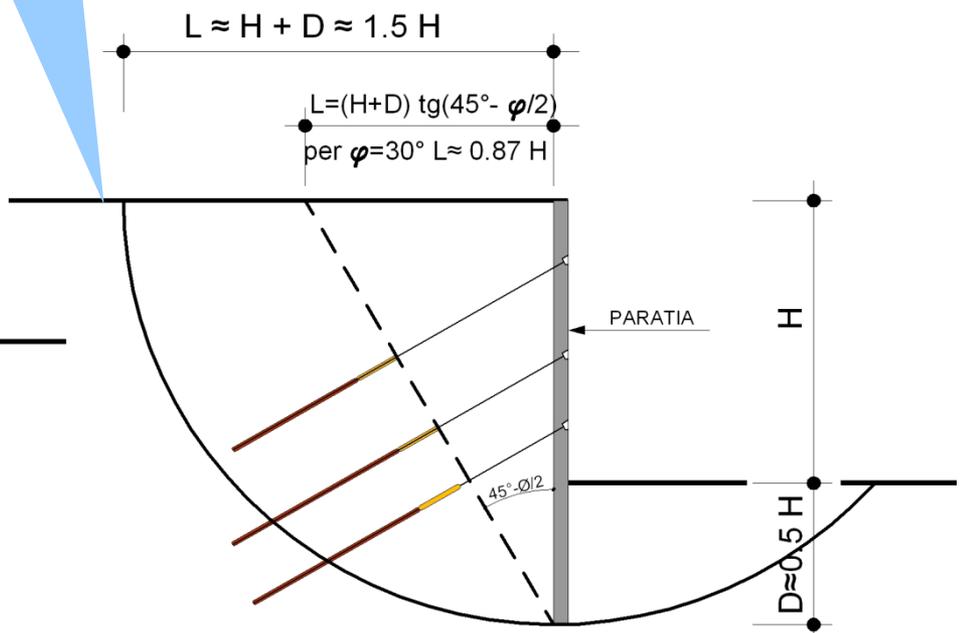
VOLUMI SIGNIFICATIVI
PER LE OPERE DI SOSTEGNO

Piano di riferimento per
il calcolo di V_{s30}

Paratia a sbalzo



Paratia multiancorata



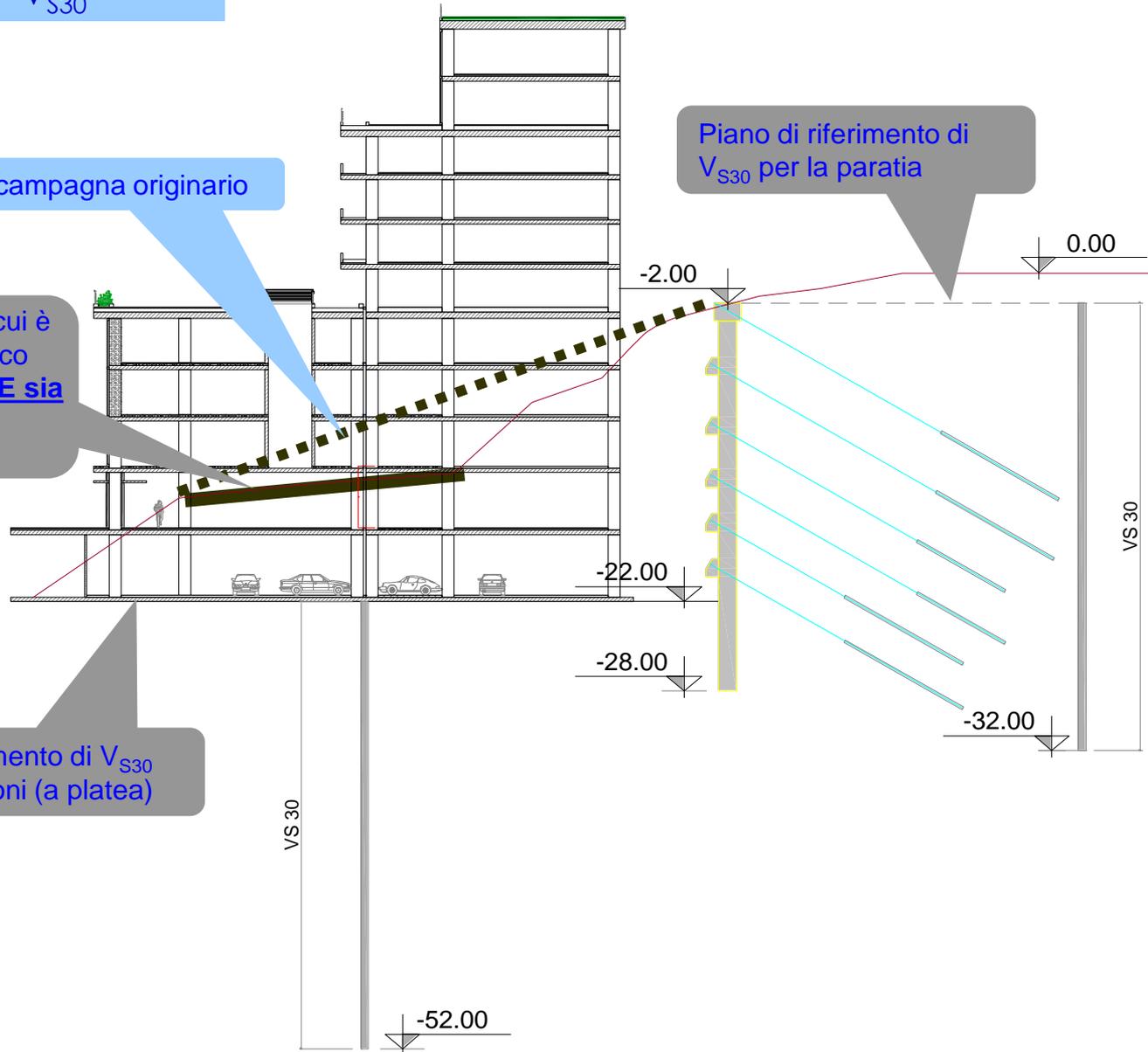
ESEMPIO DI INTERDIPENDENZA
 PROGETTO ↔ V_{S30}

Piano campagna originario

Questo è invece il piano da cui è stato fatto il sondaggio sismico $L = 30$ m, che risulta **INUTILE** sia per la paratia che per le fondazioni.

Piano di riferimento di V_{S30} per le fondazioni (a platea)

Piano di riferimento di V_{S30} per la paratia



VS 30

VS 30

-52.00

-2.00

-22.00

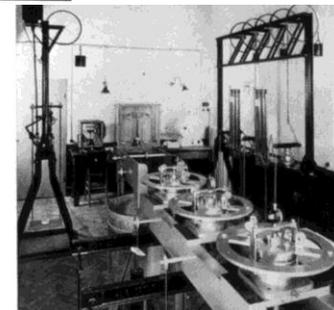
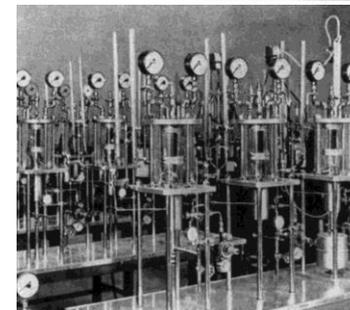
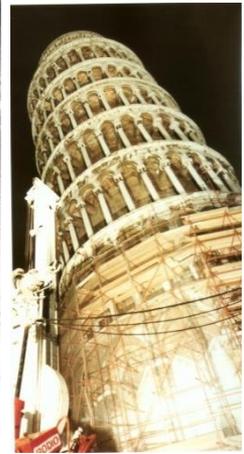
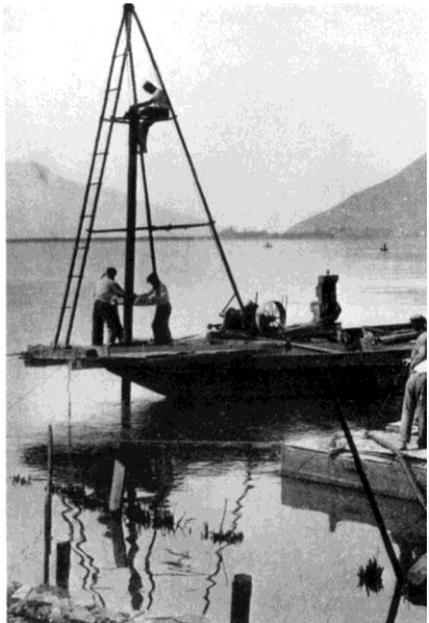
-28.00

-32.00

0.00



LA PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI CRITERI PER UN CORRETTO APPROCCIO INGEGNERISTICO



INSCINDIBILITA' DI PROGETTO ED INDAGINE

La programmazione e lo sviluppo delle indagini presuppongono la conoscenza delle principali questioni legate al tema della progettazione.

Le indagini sono utili, infatti, solo se precedute da valutazioni o ipotesi preliminari, che permettano di condurre una ricerca orientata all'interpretazione del fenomeno.

Alla raccolta ed all'elaborazione dei risultati delle indagini segue la fase dell'interpretazione, che si conclude con un atto di sintesi per la caratterizzazione meccanica dei terreni e delle rocce.

Questa caratterizzazione, che presuppone una chiara conoscenza delle finalità e del grado di affinamento del progetto, delle modalità di applicazione delle azioni esterne e dell'influenza dei procedimenti costruttivi, costituisce l'atto di sintesi più importante ed impegnativo della progettazione geotecnica.

Sulla base dei dati disponibili, ed introdotte le necessarie ipotesi semplificative, si costruisce quindi un modello di calcolo con il quale si determina il grado di sicurezza del sistema ed eventualmente si procede al dimensionamento dell'intervento.

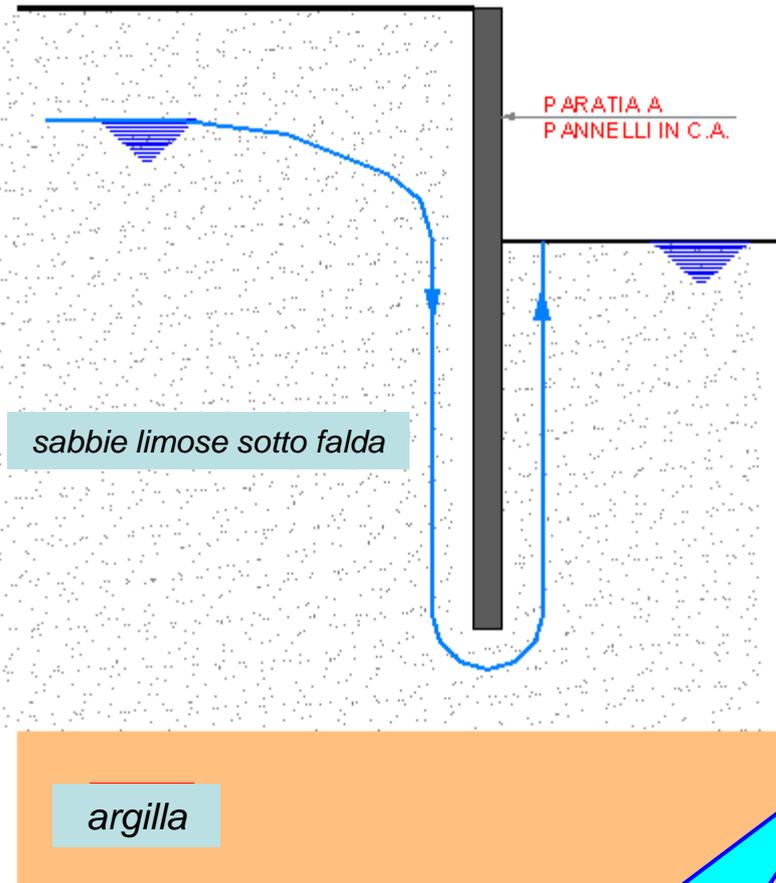
Ruggero Jappelli "L'Ingegneria Geotecnica in Italia" - RIG 4/93

Il progetto "precede" l'indagine e ne determina i contenuti

PROGETTO DI PARATIE

ESEMPIO DI INTERAZIONE TRA:

- modello di calcolo/analisi geotecnica
- indagini
- modello geotecnico



Modello di analisi

calcolo agli stati limite
calcolo elasto-plastico

Modello geotecnico

(parametri necessari)

stratigrafia
posizione falda

$\gamma, \gamma', \phi', c'$
 $\gamma, \gamma', \phi', c' + \text{deformabilità}$

verifica al sifonamento
calcolo portate filtranti

γ, γ'
 k (permeabilità) \Rightarrow la stima
 \Rightarrow la misura

incastro in argilla

nessun ulteriore parametro

La programmazione delle indagini è subordinata alle scelte progettuali, che devono essere fatte in via previa.

INSCINDIBILITA' DI PROGETTO ED INDAGINE

E' ASSURDO

- COME PURTROPPO FANNO MOLTE AMMINISTRAZIONI -

DISACCOMPIARE DAL PROGETTO LO STUDIO GEOTECNICO E LE INDAGINI GEOTECNICHE, AFFIDANDOLE A PROFESSIONISTI CHE NULLA HANNO A CHE FARE CON I PROGETTISTI.

NELLA QUASI TOTALITA' DEI CASI, ANCHE LO STUDIO GEOLOGICO DEVE ESSERE ORGANICAMENTE INQUADRATO NEL PROGETTO, E QUINDI ANCHE IL GEOLOGO DEVE FAR PARTE DEL GRUPPO DI PROGETTAZIONE.

Indagini geognostiche

Indagini geologiche

Indagini geotecniche

programma delle indagini geotecniche

Importanza e caratteristiche dell'opera da progettare, anche con riferimento alle condizioni al contorno

Tempo disponibile per la progettazione / tempo per le indagini

Costi sostenibili

Cosa posso attendermi, in termini di reale incremento della affidabilità progettuale :

- 1. da un maggior numero di indagini*
- 2. da una maggiore sofisticazione delle indagini*
- 3. da un modello geotecnico con minori margini di incertezza*
- 4. da un modello di calcolo e da una progettazione geotecnica più sofisticata*

Conoscenza dei codici di calcolo che saranno utilizzati

Normativa (non solo tecnica)



- livello di progettazione*
- validazione del progetto*
- modalità di appalto*
- gestione dell'appalto*
- riserve dell'Impresa*

LA VALUTAZIONE COSTI / BENEFICI

INDAGINI SEMPRE
INUTILI (e spesso costose)

Peso specifico dei grani
Schiacciamento di provini di roccia (spesso)

Il dato misurato non ha alcun pratico utilizzo nell'analisi geotecnica

INDAGINI INUTILI
PERCHE' INATTENDIBILI

Tomografie / Georadar
Prove CPT ed SPT in terreni non adatti
Stendimenti sismici senza sondaggi di taratura

Le correlazioni con cui si passa dal dato misurato al dato geotecnico sono inattendibili, o poco attendibili

prove di laboratorio
in numero
insufficiente

Indagini al di sopra del piano di sbancamento, in assenza di opere di sostegno.
Indagini in quantità eccessivamente limitata, nello spazio o nel tempo.
Indagini volte a ricavare parametri geotecnici inutili per lo specifico problema progettuale.
Indagini eseguite in numero eccessivo, nel vano tentativo di ricavare valori medi significativi in terreni intrinsecamente eterogenei.
Prove di laboratorio mal programmate.

INDAGINI INUTILI
PERCHE' MAL PROGRAMMATE

INDAGINI FUORVIANTI

Forniscono false informazioni perché non idonee al caso in esame : ad esempio la sismica di superficie in situazioni stratigrafiche con strati superiori più rigidi dei sottostanti.

PROVE IN SITU : IL GIUSTO APPROCCIO

1. Il passaggio dal dato misurato al parametro geotecnico non è univocamente determinato, né univocamente determinabile.
2. Tale passaggio implica delle scelte ragionate e rientra quindi necessariamente tra le attività proprie della progettazione geotecnica.
3. Ciò è ancor più vero poiché una corretta elaborazione delle prove in situ richiede quasi sempre un trattamento statistico del dato di misura - la cui scelta è ampiamente discrezionale.
4. E' pertanto segno quanto meno di imprudenza (eufemismo) affidarsi in modo acritico e fideistico alle elaborazioni prodotte dai software collegati alle apparecchiature di prova, che vengono rese disponibili come corollario – e talora sconsideratamente come parte integrante - dei risultati delle indagini.
5. Nel caso delle “fondazioni speciali” (quali le paratie multiancorate) appare altrettanto imprudente – a parere di chi scrive - disaccoppiare lo studio geotecnico dalla progettazione dell’opera, ricorrendo a due differenti professionisti.
In tale ottica non si prende neanche in considerazione l’evenienza di affidare lo studio geotecnico ad un geologo, a prescindere dal fatto che ciò sia stato da tempo consentito da un dissennato legislatore, poco attento al Bene Comune.

ACQUISIZIONE DELLE PROVE IN SITU : UN POSSIBILE APPROCCIO

Gli esecutori delle indagini in situ, sfruttando la situazione di grande confusione venutasi a creare sulle competenze geotecniche, nel produrre il rapporto sui risultati di prova sono soliti abbinare al dato misurato la sua elaborazione per ricavarne i parametri geotecnici ad esso correlabili.

A prescindere dalla loro attendibilità, è evidente che tali elaborazioni rientrano a pieno titolo tra le attività progettuali, ancorché il soggetto che le svolge non sia il progettista.

Se quindi il progettista geotecnico, come auspicabile, non intende rinunciare a svolgere compiutamente il proprio ruolo e di conseguenza procede in piena autonomia ad elaborare il dato misurato per ricavarne i parametri geotecnici di progetto, potrebbero nascere problemi di congruenza - **ancorché solo formali** - tra i vari elaborati progettuali.

ESEMPIO DI DICITURA DA APPORRE SUL RETRO-COPERTINA DEL FASCICOLO DELLE INDAGINI, AL FINE DI SALVAGUARDARE LA CONGRUENZA TRA I VARI ELABORATI PROGETTUALI.

LA STESSA DICITURA ANDREBBE RIPORTATA, COME PRIMO CAPOVERSO, NEL PARAGRAFO DELLA RELAZIONE GEOTECNICA CHE TRATTA DELLA ELABORAZIONE DELLE PROVE IN SITU

In merito all'utilizzo dei dati contenuti nel citato fascicolo delle indagini si osserva che è prassi comune che l'esecutore premetta ai risultati delle stesse una breve descrizione della metodologia di prova, accompagnandola da elaborazioni che correlano il dato misurato al dato geotecnico, generalmente prodotte in modo automatico (e quindi acriticamente) dallo stesso software di acquisizione dei dati di campagna.

Ancorché talora utili e/o appropriate, tali informazioni non possono in alcun modo configurarsi come attività progettuale, per cui si ribadisce che il passaggio dal dato misurato al parametro di progetto viene fatto solo ed esclusivamente nell'ambito della relazione geotecnica, che potrà anche far proprie, in tutto o in parte, le elaborazioni che accompagnano i rapporti di prova.

ESEMPIO DI ELABORAZIONE DI PROVE SCPT (penetrometriche dinamiche continue a punta conica)

TABELLA 5.D : ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

DIN 1 (SCPT)									Shior & Fukui (1982)		Hatanaka & Uchida (1996)	Valore medio	Media per strato	Sabbia (Bowles-1, 1991)	Sabbia (Bowles-2, 1991)	Sabbia (Stroud 1989)	Sabbia limosa (Mayne)	Valore medio	Media per strato	
									RBS	JNR										
z	N_{30}	β_t	$N_{SPT} = \beta_t N_{30}$	ER	N_{60}	Falda	σ'_{vo}	$(N_i)_{60}$												
(m)	(colpi / 30cm)	(-)	(colpi / 30cm)	(%)		(m)	(kPa)		°				MPa							
2,15	19	0,930	18	70	21	5,3	40,85	32	37	37	39	38	38,2	23,6	52,1	32,3	38,6	36,7	37,7	sabbie LITOTIPO 2
2,45	22	0,930	20	70	24	5,3	46,55	35	38	37	40	39		25,0	53,3	35,0	40,0	38,3		
2,75	23	0,930	21	70	25	5,3	52,25	35	38	37	40	38		24,8	53,1	34,5	39,8	38,0		
3,05	24	0,930	22	70	26	5,3	57,95	34	38	37	40	38	34,0	24,6	53,0	34,2	39,6	37,9	30,1	limi argillosi LITOTIPO 3
3,35	23	0,930	21	70	25	5,3	63,65	31	37	36	39	37		23,1	51,6	31,3	38,1	36,1		
3,65	19	0,930	18	70	21	5,3	69,35	25	34	34	37	35		19,9	48,1	24,8	34,9	31,9		
3,95	17	0,930	16	70	18	5,3	75,05	21	33	33	35	34		18,1	45,9	21,3	33,1	29,6		
4,25	14	0,930	13	70	15	5,3	80,75	17	31	32	33	32		16,0	42,4	16,9	31,0	26,6		
4,55	16	0,930	15	70	17	5,3	86,45	19	32	33	34	33		16,8	43,9	18,7	31,8	27,8		
4,85	13	0,930	12	70	14	5,3	92,15	15	30	31	32	31		14,8	40,3	14,7	29,8	24,9		
5,15	15	0,930	14	70	16	5,3	97,85	16	31	32	33	32	15,7	42,0	16,5	30,7	26,2			
5,45	16	0,930	15	70	17	5,3	102,20	17	31	32	33	32	30,7	16,1	42,6	17,2	31,1	26,7	24,3	argille grigie LITOTIPO 4
5,75	15	0,930	14	70	16	5,3	105,20	16	30	32	33	32		15,4	41,5	15,9	30,4	25,8		
6,05	13	0,930	12	70	14	5,3	108,20	14	29	31	31	31		14,3	39,1	13,6	29,3	24,1		
6,35	12	0,930	11	70	13	5,3	111,20	12	29	31	31	30		13,7	37,7	12,3	28,7	23,1		
6,65	13	0,930	12	70	14	5,3	114,20	13	29	31	31	30		14,1	38,7	13,2	29,1	23,8		
6,95	14	0,930	13	70	15	5,3	117,20	14	30	31	32	31		14,5	39,6	14,0	29,5	24,4		
7,25	13	0,930	12	70	14	5,3	120,20	13	29	31	31	30		13,9	38,3	12,9	28,9	23,5		
7,55	12	0,930	11	70	13	5,3	123,20	12	28	31	30	30		13,4	36,9	11,7	28,4	22,6		

Scelta del valore caratteristico:

a) $x_k = \ddot{x} - \sigma$ essendo σ la deviazione standard ed \ddot{x} il valor medio

b) $x_k = \ddot{x} \left(1 - \frac{CV}{2}\right)$ essendo $CV = \frac{\sigma}{\ddot{x}}$ il coefficiente di variazione Cherubini ed Horr (1999)

Ma non è finita

Inoltre per $\varphi'_p \leq 35^\circ$ $\Rightarrow \varphi'_{cv} = \varphi'_p$
 per $\varphi'_p > 35^\circ$ \Rightarrow il maggiore tra i due valori: $\varphi'_{cv} = 35^\circ$
 $\varphi'_{cv} = 0.90 \varphi'_p$

ESEMPIO DI ELABORAZIONE DI PROVE CPT (penetrometriche statiche)

TABELLA 5.C/1.1 : ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (Nc = 20)

CPT 1							Mayne, 2001	Media per strato	Media per strato	Mayne, 2001	Media per strato	Mayne, 2001	Dermers & Leroueil, 2001	Media per strato	Bellotti et al., 1989	Media per strato	Lunne & Christophersen 1983	Eslaamizaad & Robertson, 1996	Valore medio	Media per strato	
z (m)	q _c (kg/cm ²)	f _s (kg/cm ²)	q _{c1} (-)	σ _{vo} (kPa)	σ' _{vo} (kPa)	K _m (-)	φ' (°)	c _u (kPa)	OCR (-)	σ' _p (kPa)		K _o (-)	E _s (MPa)	E _{ed} (MPa)							
2,0	30,0	1,5	49	38,0	38,0	100	39	148		3	111	871	0,7	15,3		12,0	8,2	10,1			
2,2	26,0	1,6	40	41,8	41,8	100	38	128		12	487	752	1,0	13,0		10,4	8,4	9,4			
2,4	45,0	5,3	67	45,6	45,6	100	41	223	160	8	376	1310	1,0	24,0	16,6	18,0	8,5	13,3	10,7		
2,6	32,0	1,6	46	49,4	49,4	100	38	158		12	589	927	1,0	16,2		12,8	8,7	10,7			
2,8	29,0	1,5	40	53,2	53,2	100	37	142		14	748	837	1,0	14,5		11,6	8,8	10,2			
3,0	28,0	2,4	37	57,0	57,0	100	37	137		2	106	807	0,6	13,9		11,2	8,9	10,1			
3,2	29,0	2,7	37	60,8	60,8	100	36	142		16	997	835	1,0	14,4		11,6	9,1	10,3			
3,4	34,0	2,9	42	64,6	64,6	100	37	167		15	998	981	1,0	17,1		13,6	9,2	11,4			
3,6	39,0	3,0	47	68,4	68,4	100	38	192		15	1009	1127	1,0	19,8		15,6	9,3	12,4			
3,8	48,0	3,9	56	72,2	72,2	100	38	236		13	956	1391	1,0	25,0		19,2	9,4	14,3			
4,0	53,0	4,0	61	76,0	76,0	100	39	261		13	985	1536	1,0	27,9		21,2	9,5	15,3			
4,2	56,0	4,1	63	79,8	79,8	100	39	276	255	13	1046	1624	1,0	29,6	27,2	22,4	9,6	16,0	15,1		
4,4	61,0	4,4	67	83,6	83,6	100	39	301		13	1078	1770	1,0	32,5		24,4	9,6	17,0			
4,6	59,0	4,5	63	87,4	87,4	100	39	291		14	1219	1710	1,0	31,2		23,6	9,7	16,7			
4,8	62,0	4,1	65	91,2	91,2	100	39	305		14	1282	1797	1,0	32,9		24,8	9,8	17,3			
5,0	66,0	4,9	68	95,0	95,0	100	39	325		14	1330	1913	1,0	35,3		26,4	9,9	18,1			
5,2	66,0	5,1	66	98,8	98,8	100	38	325		15	1447	1912	1,0	35,2		26,4	10,0	18,2			
5,4	72,0	4,9	71	102,7	101,7	100	39	355		14	1435	2087	1,0	38,8		28,8	10,0	19,4			

**sabbie
LITOTIPO 2**
**limi argillosi
LITOTIPO 3**

Sono gli stessi terreni delle prove SCPT

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_c} \quad \text{ove} \quad N_c = 10 \div 15 \text{ per terreni N.C. ed } N_c = 15 \div 25 \text{ per terreni S.C.}$$

$$\varphi' = \arctg\left(0.1 + 0.38 \ln \frac{q_c}{\sigma'_{vo}}\right)$$

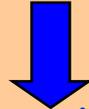
Anche in questo caso bisogna decidere come passare dal valor medio al valore caratteristico.

QUANDO L'INDAGINE NON BASTA DA SOLA

monitoraggio e sperimentazione preliminare
nella progettazione geotecnica

L'INDAGINE
PUO' RISULTARE
INSUFFICIENTE
A PROGETTARE

Per motivi oggettivi
o scelte progettuali



necessità di
monitoraggio

Elevati cedimenti attesi
(consolidazione)

Gallerie progettate col NATM
"metodo osservazionale"

Vibrazioni indotte su edifici in
fase di scavo (conseguente
adattamento delle tecnologie di
scavo)

Per la normativa



necessità di prove
preliminari

Tiranti (sempre)

Pali (facoltativo)



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari

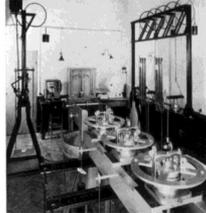
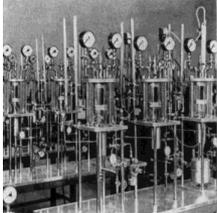
Dall'indagine al progetto

..... o viceversa ?

Dott. Ing. Alberto Garrasi

Consulente in geotecnica e fondazioni speciali

Bari, 13 Aprile 2015



**IL PROGETTO "PRECEDE" L'INDAGINE
E NE DETERMINA I CONTENUTI**

DISTINZIONE TRA GEOLOGIA E GEOTECNICA

1. Studio geologico e studio geotecnico sono entrambi indispensabili per progettare un'opera di ingegneria di una qualche rilevanza.
2. Geologia e Geotecnica appartengono a due aree disciplinari differenti.
3. Conseguentemente è diverso il know-how del geologo e dell'ingegnere.
4. Tale differenza, se riconosciuta e valorizzata, potenzia la capacità progettuale; se invece viene misconosciuta o negata, arreca un vulnus ± grave (e talora esiziale) al progetto.
5. Il termine "indagini geognostiche" include sia le indagini geologiche (finalizzate allo studio geologico) che quelle geotecniche propriamente dette, che concettualmente sono differenti. Spesso, nella pratica corrente, le due indagini vengono eseguite contestualmente per ottimizzare tempi e costi : in tal caso è fondamentale che il programma

GEOTECNICA

non è

GEOLOGIA

**PROGRAMMARE UNA
CAMPAGNA DI INDAGINI
GEOTECNICHE**

non è

**ESEGUIRE LE
INDAGINI**

**LA RELAZIONE
GEOTECNICA**

- richiede conoscenza del progetto e capacità progettuale
- deve comprendere la "progettazione geotecnica"

non è

**LA RELAZIONE
SUI RISULTATI
DELLE INDAGINI**

solo i dati
di prova ?

anche le
elaborazioni?

IL MODELLO GEOTECNICO

non coincide

**COL MODELLO
GEOLOGICO**

**LA SCALA DELLA
GEOTECNICA**

non è

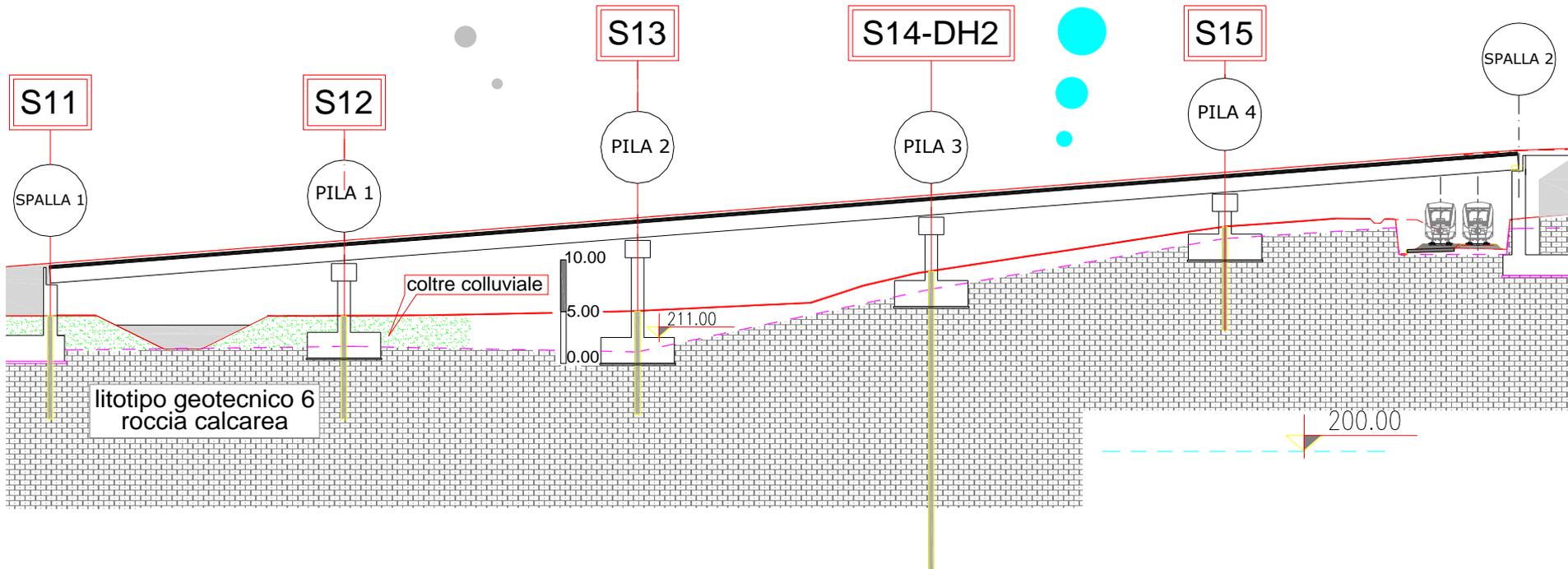
**LA SCALA DELLA
GEOLOGIA**

ESEMPIO DI DIFFERENZA TRA LA SCALA GEOLOGICA E QUELLA GEOTECNICA

Raddoppio ferrovia Bari - Barletta (Ferrovie Bari-Nord) - Tratta RUVO - CORATO:
 attraversamento di una lama (alveo) con viadotto su fondazioni in roccia

Ai fini del profilo geologico non ha alcuna rilevanza definire esattamente la profondità della roccia sotto le singole pile

Ai fini del profilo geotecnico, immediatamente finalizzato alla progettazione, è fondamentale definire esattamente la profondità della roccia sotto le singole pile (con **approssimazione decimetrica**), per fornire allo strutturista la quota esatta del piano di fondazione



“Deve sgombrarsi il campo dalla inaccettabile scissione tra professionista abilitato ad effettuare determinati accertamenti e professionista abilitato a sottoscrivere la relativa relazione L'affermazione che la geotecnica è una disciplina dell'ingegneria è indiscutibile ... ma non dice nulla circa la specifica questione se il geologo sia abilitato a meno ad effettuare le indagini geotecniche”

V Sez. Consiglio di Stato – Voto 4 maggio 1995 n° 701 :

*chiaro (e tragico) esempio di
confusione mentale*

ERRORI CONCETTUALI CONTENUTI NEL VOTO:

1. si postula che le indagini siano svincolate dal progetto;
2. non avendo alcuna cognizione della distinzione tra geologia e geotecnica, non si distingue tra indagini geologiche ed indagini geotecniche;
3. si identifica erroneamente nel geologo (o nell'ingegnere) il soggetto che può eseguire le indagini, laddove queste vengono eseguite da un'impresa specializzata. Questa può anche appartenere ad un geologo o ad un ingegnere, che in tal caso opera come società e non in quanto professionista;
4. si ritiene che i risultati di un'indagine siano un dato asettico ed oggettivo (come l'analisi del sangue o delle urine), laddove invece richiedono elaborazioni ed interpretazioni che presuppongono una profonda conoscenza non solo della geotecnica, ma anche dello specifico problema progettuale a cui è finalizzata l'indagine.
5. Si fa confusione tra *"relazione sulle indagini"* e *"relazione geotecnica"* *Ultimo cavallo di Troia con cui i geologi hanno acquisito il titolo a disquisire di progettazione geotecnica.*

CONSEGUENZE DEL VOTO

1. Insanabile ferita al Bene Comune.
2. Progettazioni assurde (anche per colpevole ignoranza delle Amministrazioni e degli ingegneri)
3. Sperpero di soldi, potenziali morti e crolli

“La concezione, la progettazione, e la realizzazione di opere civili (in una parola, l’Ingegneria Civile) si confronta con numerosi e svariati problemi connessi all’interazione con i terreni, nella loro sede naturale o usati come materiali da costruzione..... omissis...

Nell’affrontare questi problemi l’ingegnere adotta il familiare schema razionalistico consistente nel **sostituire alla realtà fisica un modello** più o meno semplificato della stessa, e quindi sottoporlo ad analisi con metodi quantitativi analitici, numerici, empirici, utilizzando valori dei parametri determinati con apposite indagini. **Questo complesso di teorie, procedimenti di analisi, metodi sperimentali, esperienza accumulata e tecnologie in rapida evoluzione costituisce la GEOTECNICA.**

Si tratta di un’area propria dell’Ingegneria, appunto in quanto strumento dell’ingegnere per operare. L’appartenenza – diremmo intrinseca – della Geotecnica all’Ingegneria è analoga a quella di altre grandi aree applicative : l’Idraulica, le Strutture...omissis..

In effetti la modellazione e l’analisi del modello sono operazioni non scindibili, e l’una influenza profondamente l’altra. In Geotecnica, l’importanza della modellazione è molto maggiore che in altri settori dell’Ingegneria per la complessità delle situazioni naturali, per la variabilità delle caratteristiche e dello stesso comportamento dei terreni, per l’influenza dei fattori ambientali..... omissis ...

Il contributo di uno studio geologico alla caratterizzazione del sottosuolo ed alla sua modellazione è sempre molto utile e spesso indispensabile, per la capacità propria della Geologia di inquadrare e descrivere il sottosuolo in base alla conoscenza della geologia regionale, della tettonica, della morfologia..... omissis lo studio geologico precede quello geotecnico; il geologo individua le strutture del sottosuolo descrivendo i differenti tipi litologici, la loro genesi ed i loro rapporti; sulla base di tali elementi l’ingegnere finalizza le indagini geotecniche vere e proprie, circoscrivendone l’estensione..... omissis

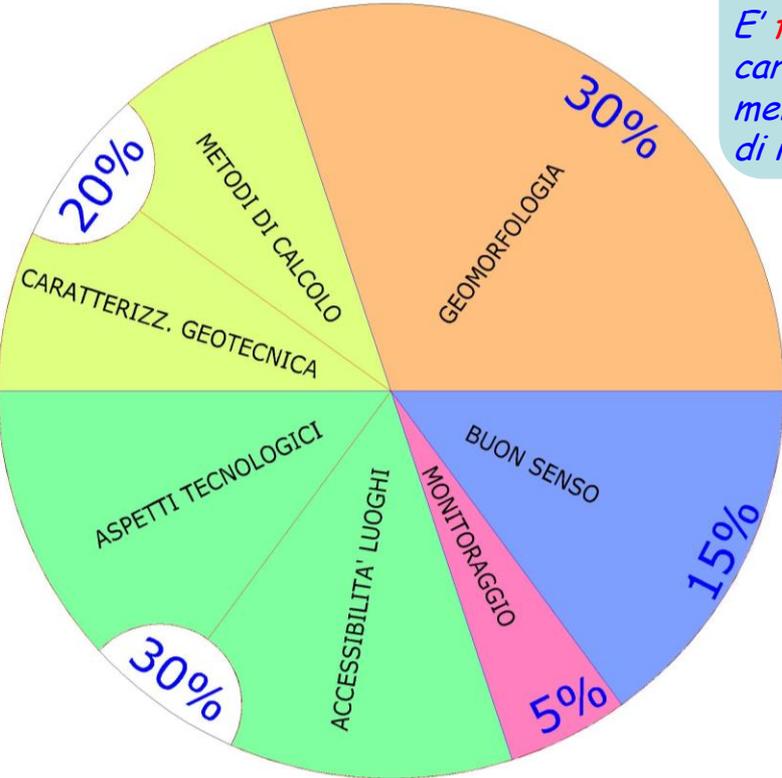
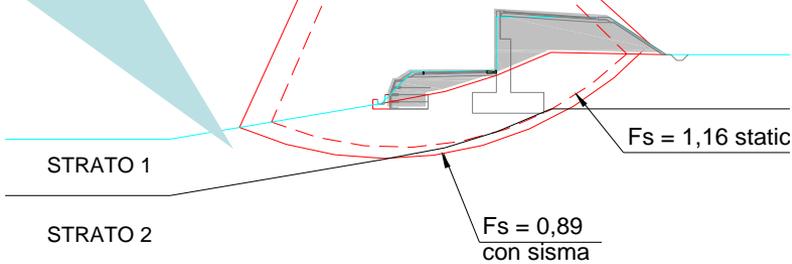
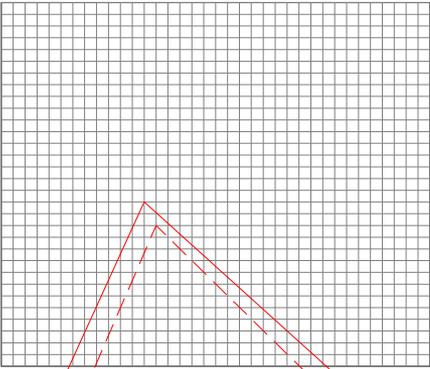
Se si riesce a liberarsi da un’ottica meramente corporativa, **non si può non riconoscere che studiare la geologia di un sito e riferirne in una relazione è – ovviamente – un fatto di Geologia; caratterizzare dal punto di vista meccanico un sottosuolo oppure analizzare il comportamento di una fondazione ai fini del suo progetto è – alquanto ovviamente – un atto di Ingegneria.** Come si è detto si tratta di cose ovvie. Riconoscerle non risolve tutti i problemi, perché questi derivano dal modo di procedere nella pratica; tuttavia aiuta certamente a metterli nella giusta prospettiva e quindi contribuisce ad avviarli a soluzione.

Non giova a nessuno, infatti, che un TAR o un Consiglio di Stato affermino cose manifestamente infondate; la realtà ha una sua cocciutaggine con la quale, alla fine occorre confrontarsi.”

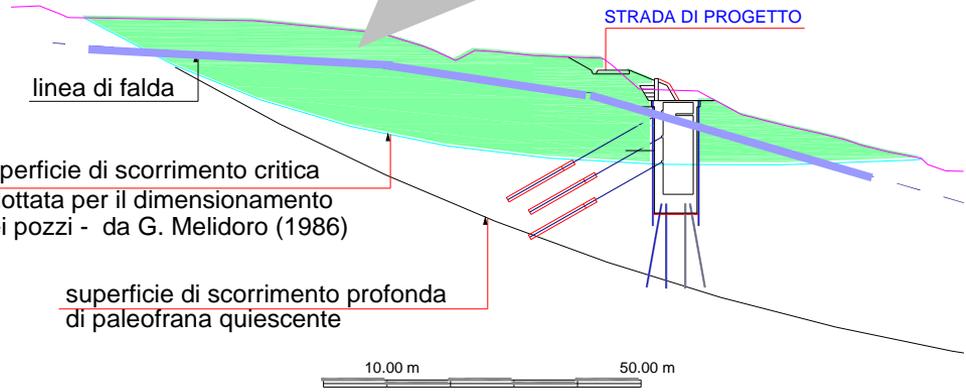
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DELLE FRANE

IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI

Pendio senza superfici di scorrimento predefinite. E' fondamentale la caratterizzazione geotecnica, mentre lo studio geologico è privo di importanza.



Pendio con superfici di scorrimento predefinite (paleofrana)



Esempio di studio geomorfologico indispensabile per poter progettare



per
concludere

GEOLOGIA

GEOTECNICA

❑ Geologia e Geotecnica appartengono a due aree disciplinari differenti.

❑ La Geotecnica presuppone un corpo di conoscenze che è proprio ed esclusivo dell'ingegnere.

❑ Studio geologico e studio geotecnico sono entrambi indispensabili per progettare un'opera di ingegneria di una qualche rilevanza.

❑ La "scala geologica" è diversa dalla "scala geotecnica".

❑ Profilo geologico e profilo geotecnico devono essere compatibili, ma non coincidenti.

❑ Tali differenze, se riconosciute e valorizzate, potenziano la capacità progettuale; se invece vengono misconosciute o negate, con improprie confusioni dei ruoli, si arreca un vulnus grave (e talora esiziale) al progetto.

FINE APPENDICE 1