



BAGNOREGIO - AUDITORIUM V. TAMBORRA 31 OTTOBRE 2015  
AGI SIGEA COMUNE DI BAGNOREGIO AdB TEVERE

IDEE PER SALVARE CIVITA DI BAGNOREGIO

EVOLUZIONE MORFOLOGICA DI PLACCHE RIGIDE SU  
BASAMENTI IN ARGILLE CONSOLIDATE.  
STUDI SU ABITATI E CENTRI STORICI  
DELLA BASILICATA E DELLA PUGLIA

SPILOTRO G. <sup>(1)</sup>, FIDELIBUS MD. <sup>(2)</sup>, PELLICANI R. <sup>(1)</sup>, QERAXHJU L. <sup>(1)</sup>, ARGENTIERO I. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> -UNIBAS, DICEM; <sup>(2)</sup> POLIBA, DICATEC

Similitudine dei paesaggi e degli ambienti geologici  
Della Basilicata dei calanchi e la media valle del Tevere

civita



Aliano

## INDICE:

DOVE

DEFINIZIONI GEOMETRICHE E STRUTTURALI

IL RUOLO DELL'ACQUA:

- AZIONI FISICHE, FORZE DI FILTRAZIONE, ARRICCHIMENTO GRANULOMETRICO X DILAVAMENTO DELLE FRAZIONI FINI; EROSIONE INTERNA E DI SUPERFICIE
- INTERAZIONI CHIMICHE DELLE ARGILLE CON I FLUIDI INTERSTIZIALI; FLUIDI INTERSTIZIALI ESTRAZIONE ED ANALISI
- INNESCO ED EVOLUZIONE DEL PROCESSO DI INSTABILITA'- ROTTURA PROGRESSIVA

OPERE NON STRUTTURALI DI MITIGAZIONE:

CONTROLLO DELLE ACQUE DI SUPERFICIE

ACQUE SOTTERRANEE: CONTROLLO DELLA FILTRAZIONE, DRENAGGIO, EVT

VARIAZIONE INDOTTA DEI FLUIDI INTERSTIZIALI

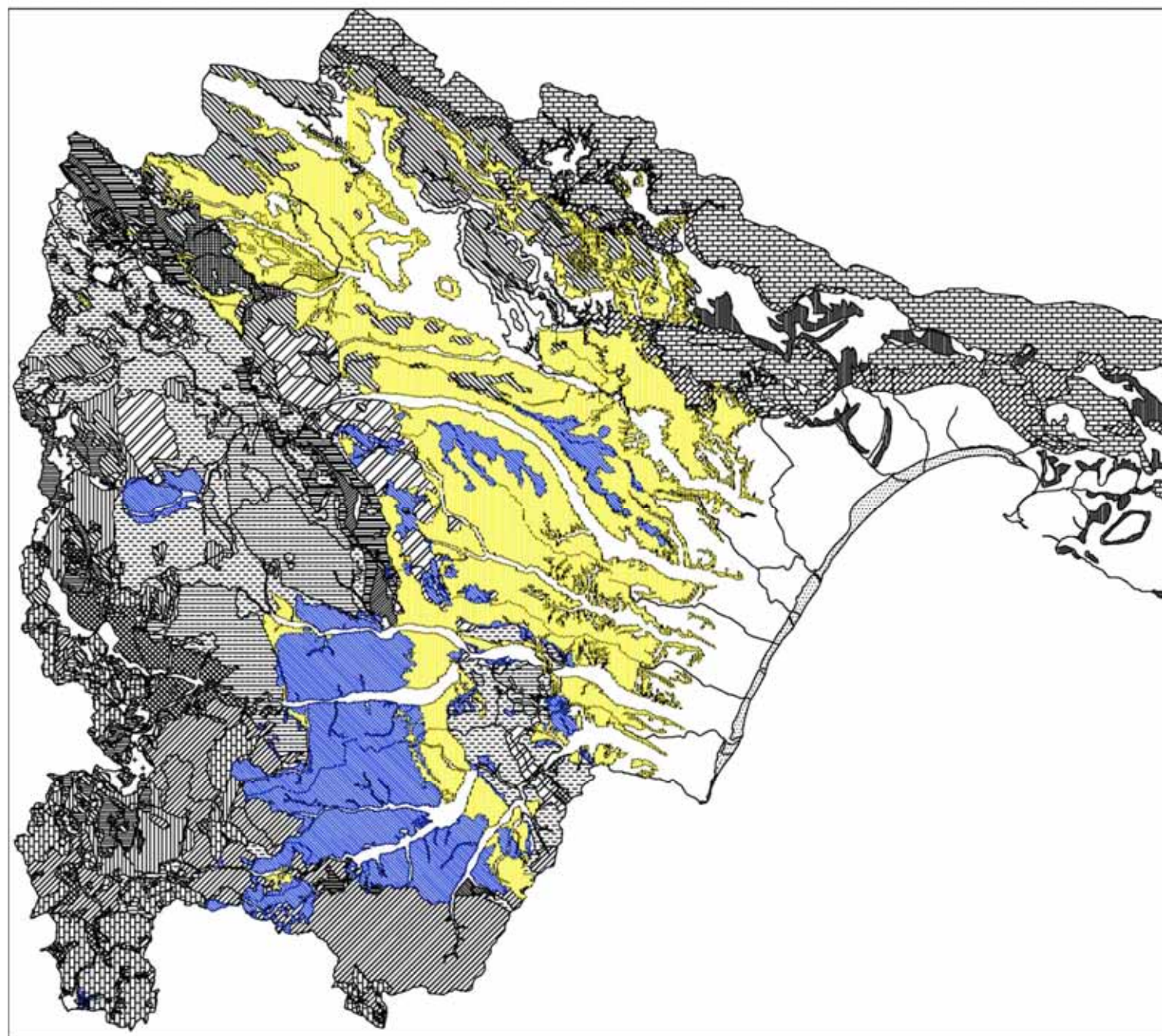
OPERE STRUTTURALI (RINFORZO DEI TERRENI, TRASFERIMENTO DELLE TENSIONI)



**DOVE** (luoghi caratterizzati da placche rigide calcarenitiche o in sabbie cementate su argille grigie plio-pleistoceniche)







LEGENDA

- Argille subappennine (Piacenza sup. - Polesine inf.)
- Sabbie di Porto Tolle e conglomerati di Goro (Polesine inf.)
- Dacuri (Orfido sup.)
- Dacuriti di Goro (Polesine inf. - Polesine medio-sup.)
- Dacuri con sabbie oligocene
- Sabbie e Dacuri dacuriti (Lega inf. - Trisa sup.)
- Argille verucchi (Piacenza inf. - Orfido)
- Flysch rosso oligocene - Orfido sup.)
- Flysch Salsorio (Orfido inf.)
- Sassi Mili (Gorussolo)
- Formazione di Porto Tolle (Trisa medio-inf.)
- Formazione di Serrapallese (Torbiana inf.-Lungione sup.)
- Formazione di Serrapallese (Torbiana inf.-Serrapallese)
- Formazione di Porto Tolle (Serrapallese-Lungione)
- Formazione del Giarlo (Torbiana-Serrapallese)
- Rive e spiagge costiere (Garoni)
- Aluerti, sedimenti lacustri e lagunari (Garoni)
- Scleriti di Fido (Polesine sup.)
- Complesso Colaninno (Orfido-Gorussolo sup.)
- Formazione Sassi (Gorussolo-Lungione)



**PISTICCI 1976**



# PISTICCI

record storici dei vari eventi franosi

1505 rione casalnuovo (f.so la salsa)

1555 0613 80 case

1661

1668 0209 rione dirupo 400 morti

1954

1959

1965 rione croci

1972 0315

1972 0821

1976 1121 rione croci 155 case

Pisticci, frana Rione Croci, Novembre 1976



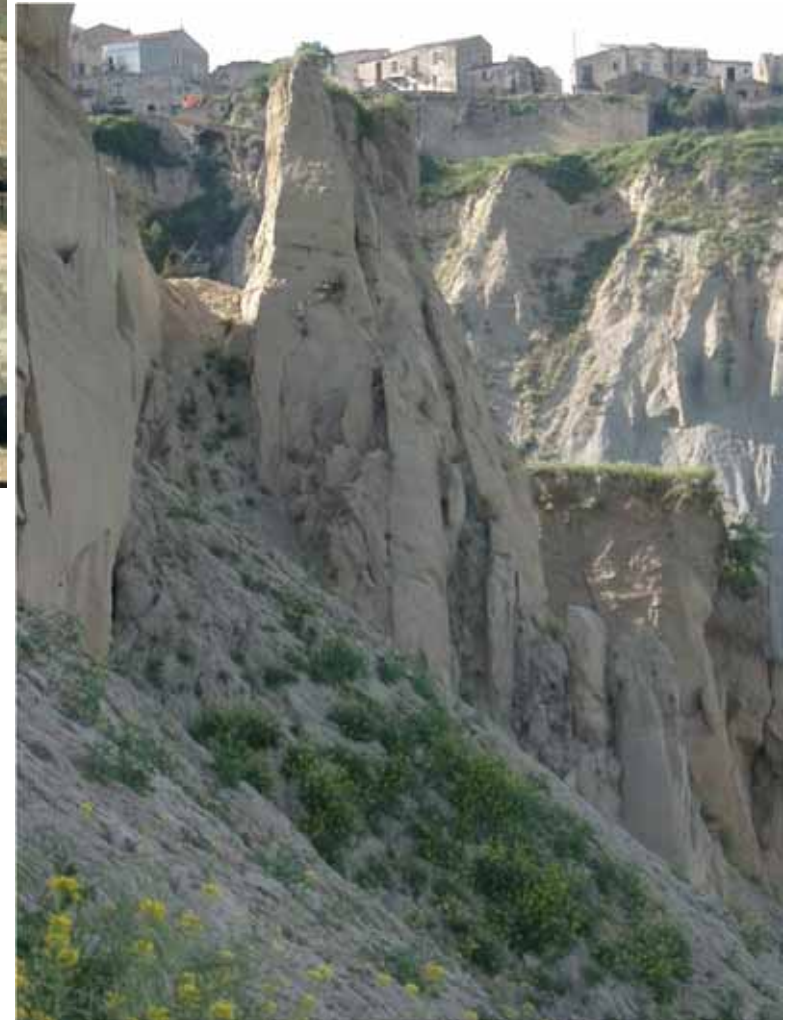
In assenza di interventi, si configura un tempo di ritorno degli eventi franosi variabile con l'intensità del fenomeno e comunque dell'ordine della decina di anni



## ALI ANO



Placche di sabbie cementate su argille; l'intero pacco è tiltato per tettonica distensiva, con svuotamento delle falde al contatto dei due termini e scivolamento delle sabbie sulle argille





## CRACO VECCHIA



## SPINAZZOLA

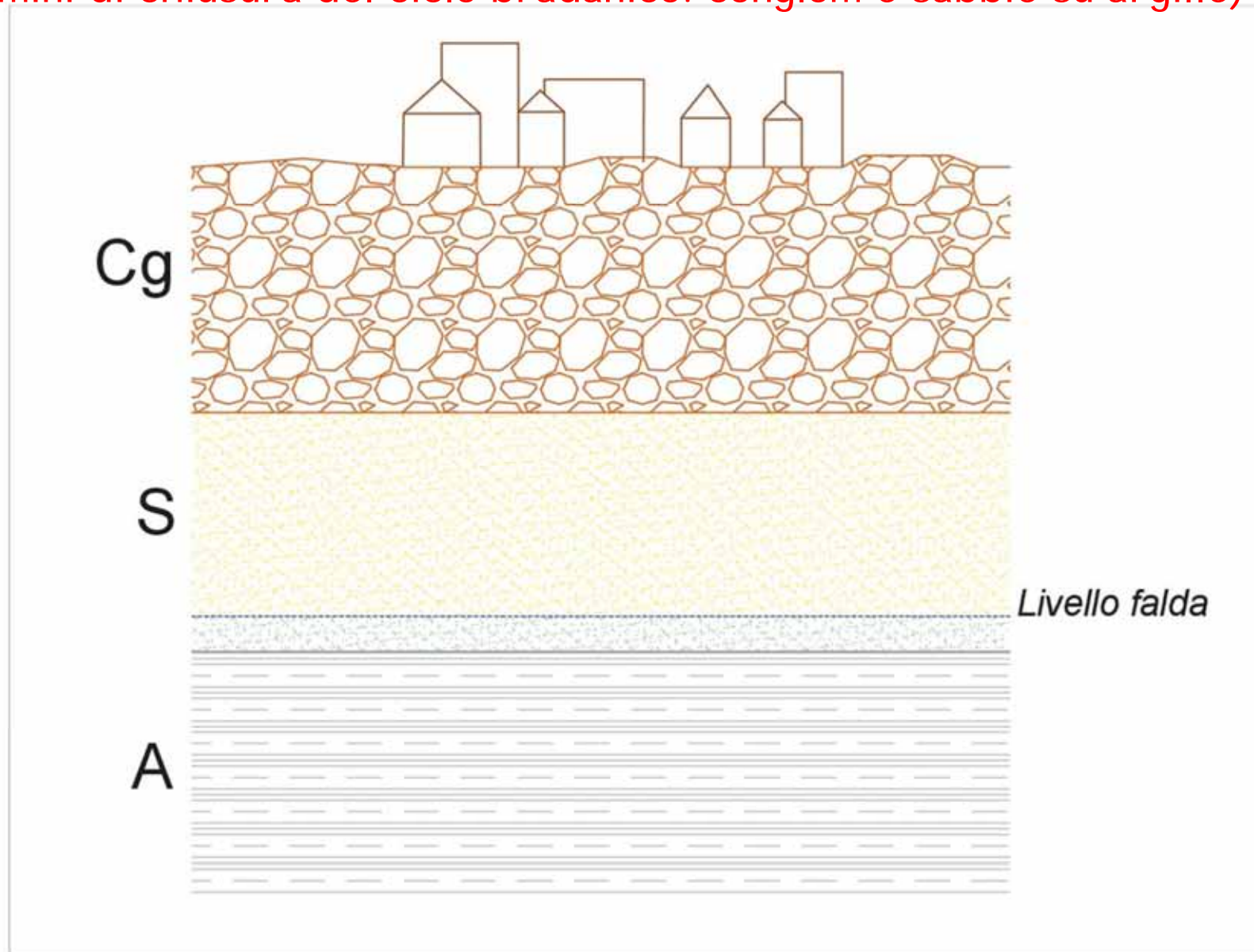
Residui del castello e area di un antico rione progressivamente distrutto dall'arretramento del fronte in sabbie cementate. Visibili le sistemazioni operate dal Genio Civile negli anni 1930 circa.



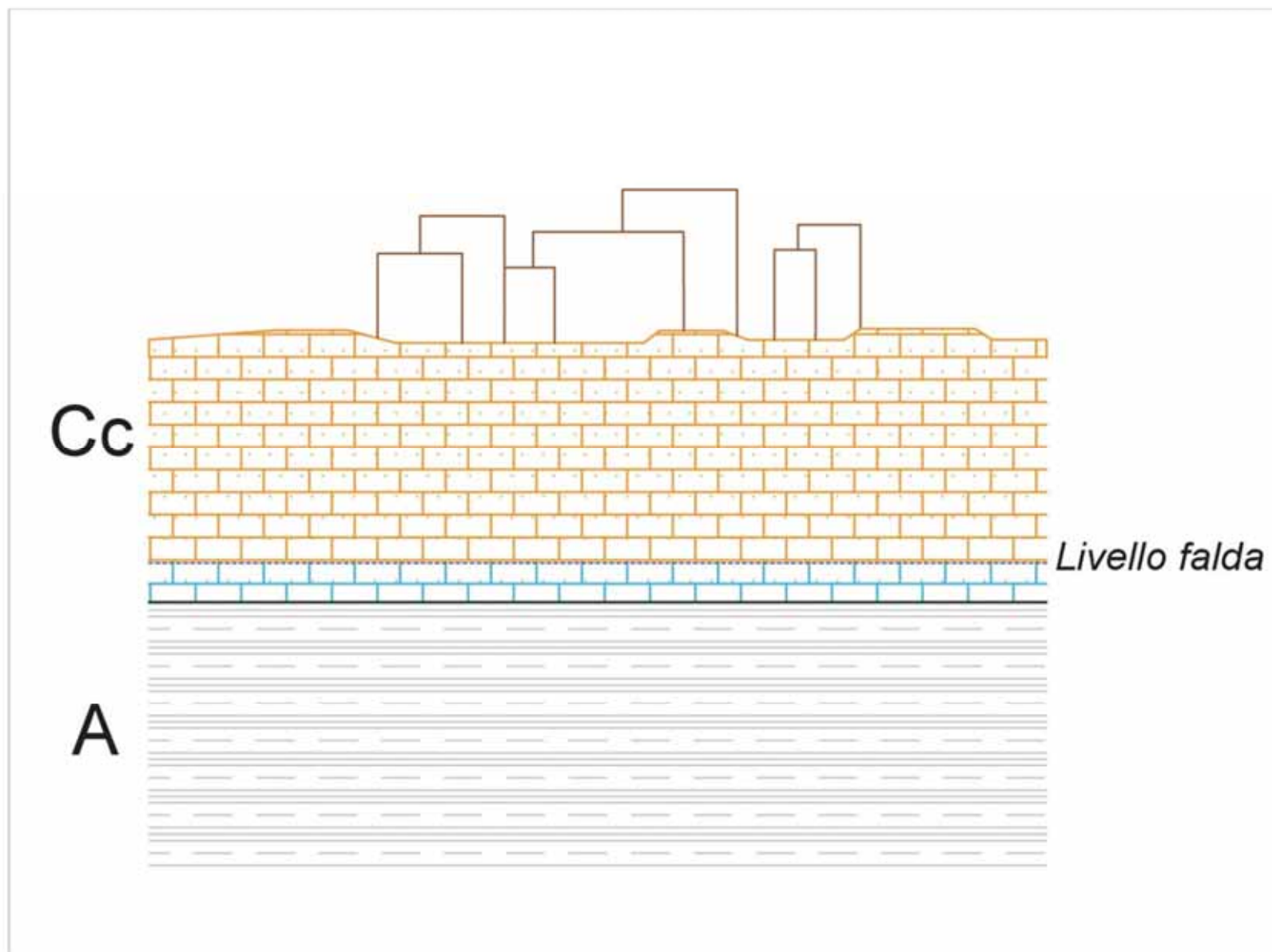


## DEFINIZIONI GEOMETRICHE E STRUTTURALI

Termini di chiusura del ciclo bradanico: conglom e sabbie su argille)



Bordo W della Murgia: calcareniti su argille plio-pleistoceniche





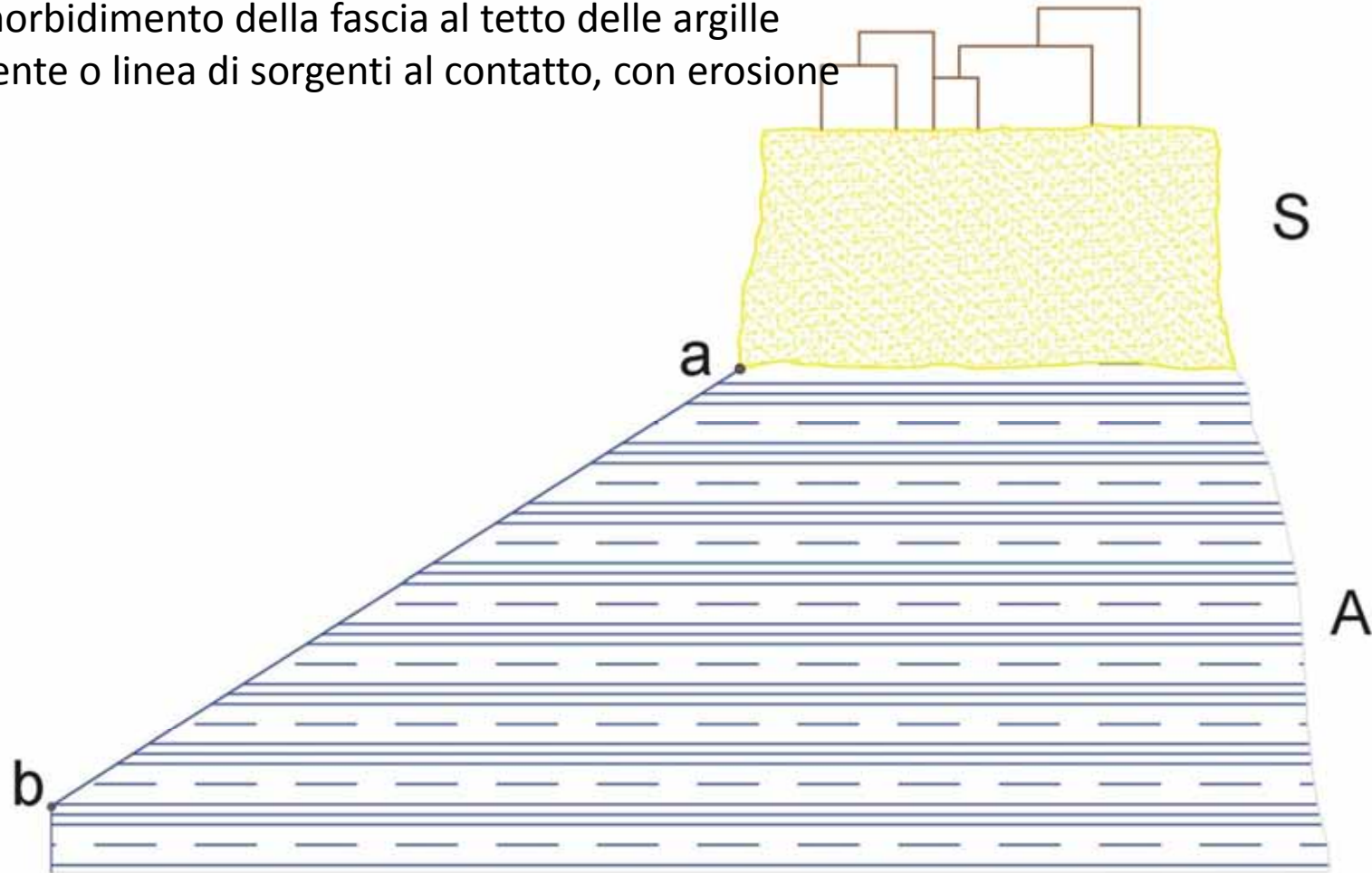
Evoluzione del versante con abitato alla sua sommità

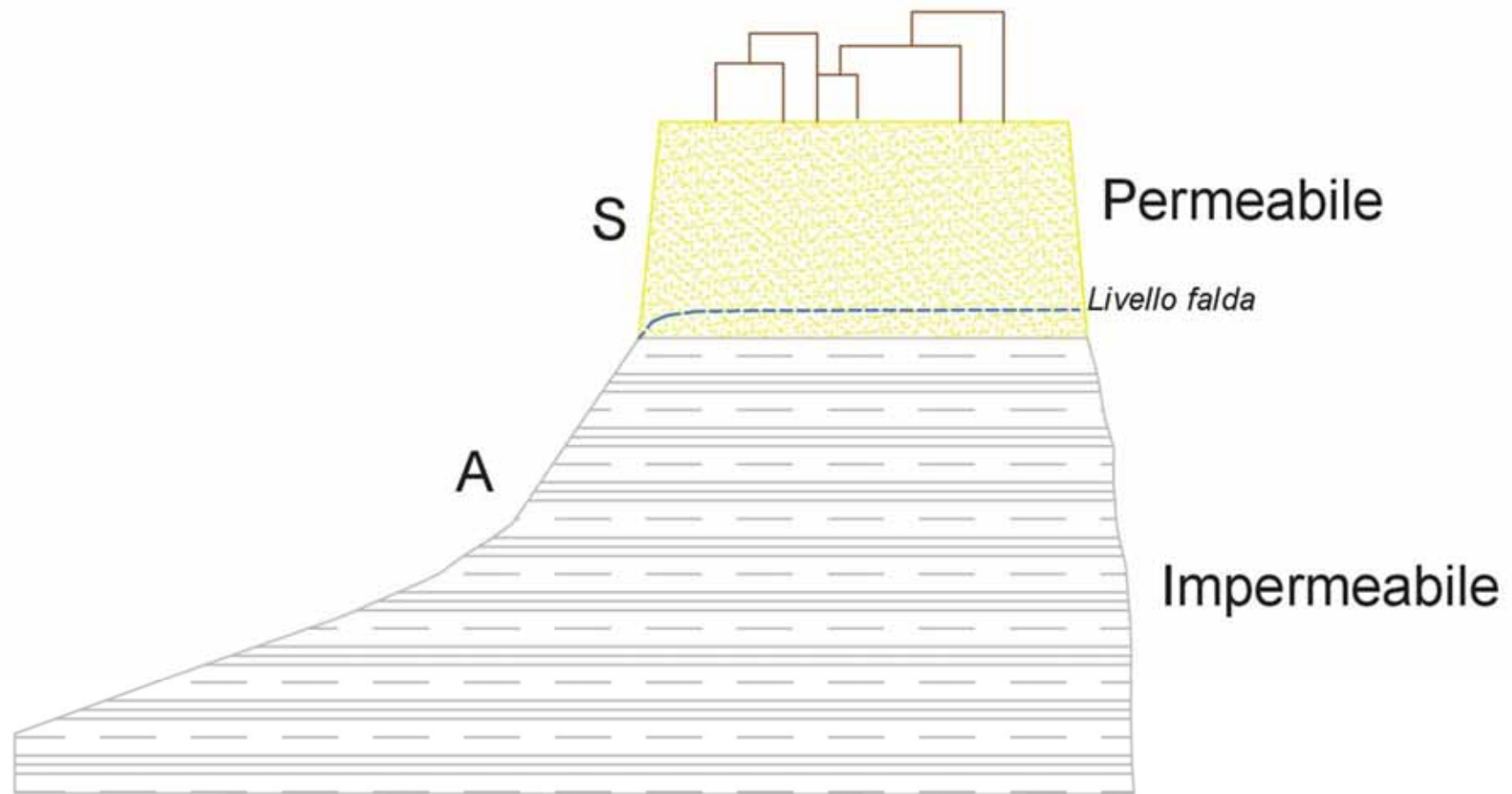
1 – situazione geometrica di partenza

2- insediamento di una falda idrica al contatto sabbie/argille

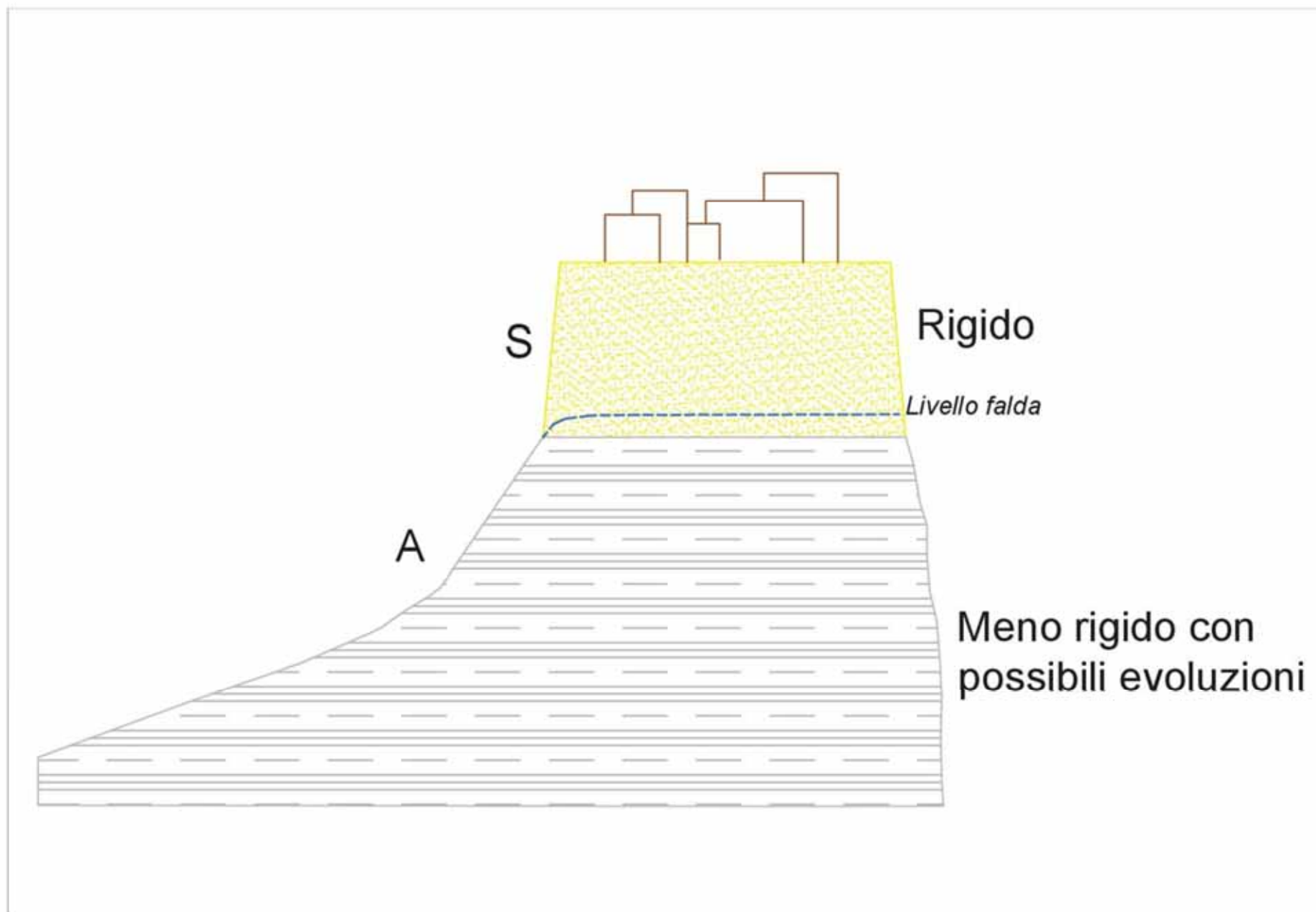
3- ammorbidimento della fascia al tetto delle argille

4- sorgente o linea di sorgenti al contatto, con erosione









## IL RUOLO DELL'ACQUA:

- AZIONI FISICHE, FORZE DI FILTRAZIONE,
- ARRICCHIMENTO GRANULOMETRICO X LAVAMENTO DELLE FRAZIONI FINI;
- EROSIONE INTERNA E DI SUPERFICIE

Erosione interna / pseudocarsismo





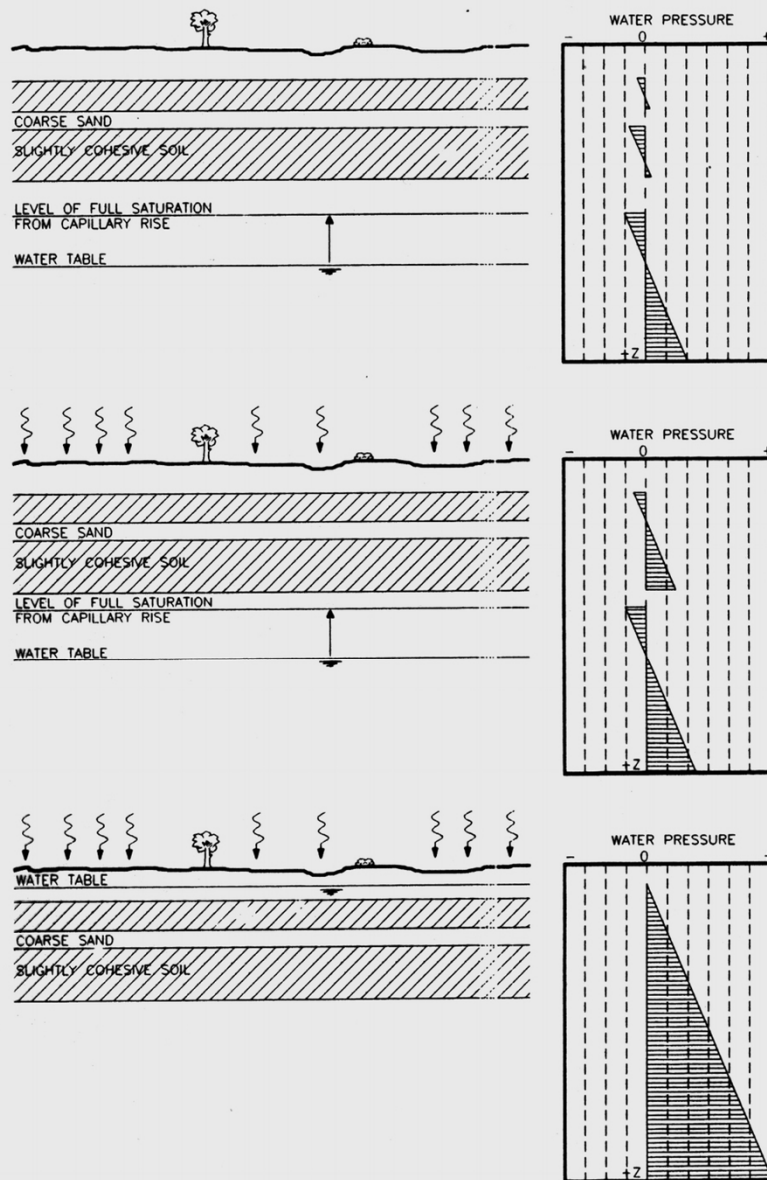
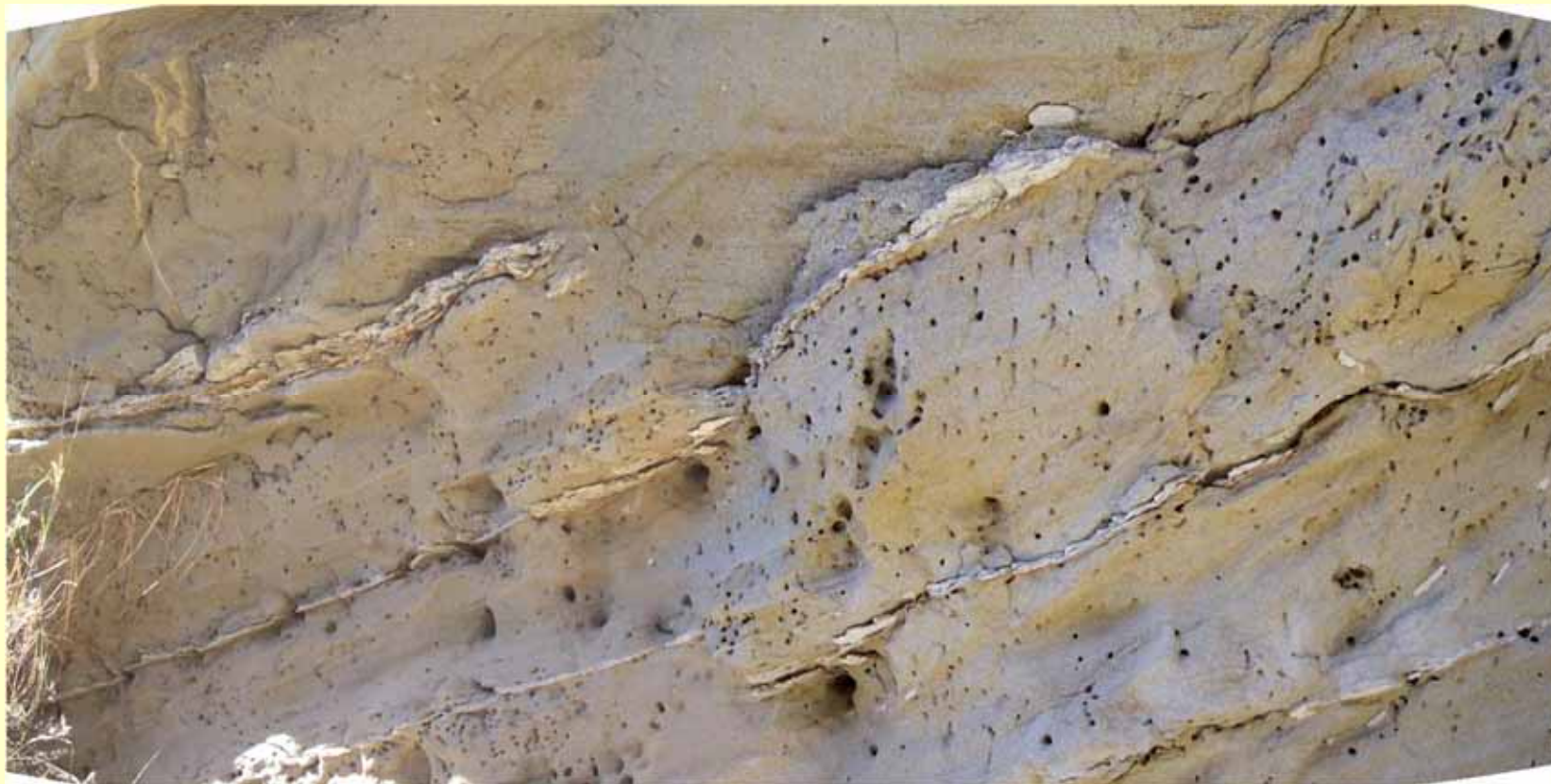


FIG. Evolution of negative water pressures in hydrostatic pressures after continuous infiltration.

Simulazione  
dell'evoluzione da regime  
capillare a idrostatico  
per saturazione da pioggia di  
strati inizialmente parzialmente  
saturi.

Nb:  
in regime capillare sono  
probabili anche processi di  
precipitazione dei Sali  
contenuti nelle soluzioni  
interstiziali, con effetti di  
rinforzo (cementazione) dei  
terreni

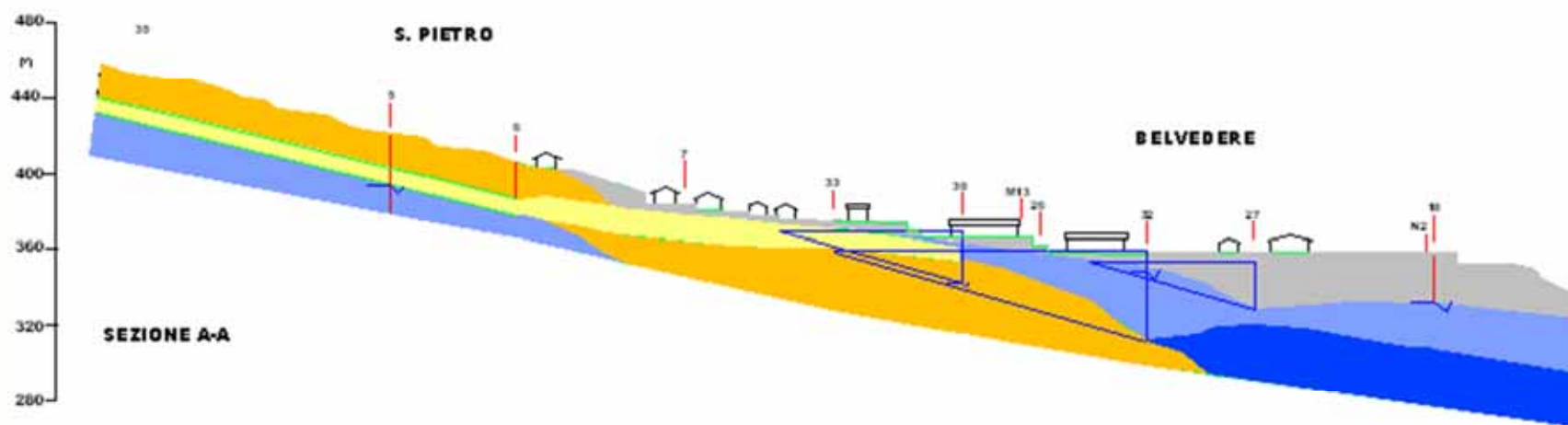


Strutture nelle sabbie della formazione di Aliano presso Senise:

- inclinazione degli strati derivante dall'assetto monoclinale fagliato distensivo
- precipitazioni carbonatiche al letto degli strati
- frattura distensiva ricementata

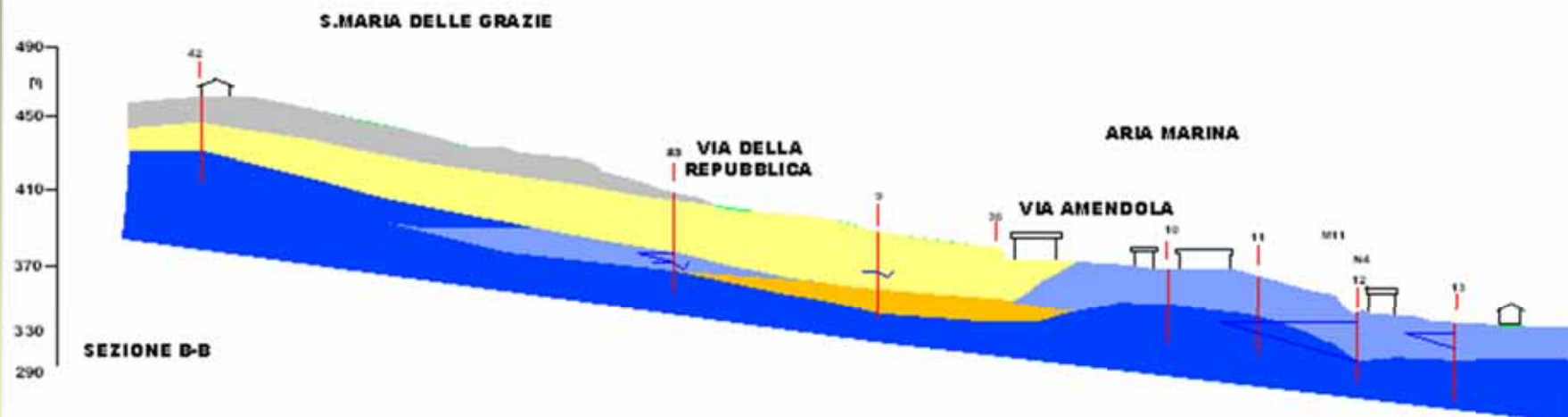
## Sezione geologica dell'area urbana di Senise:

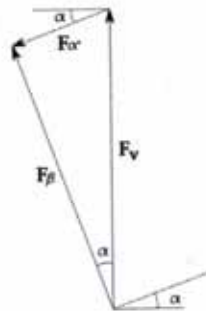
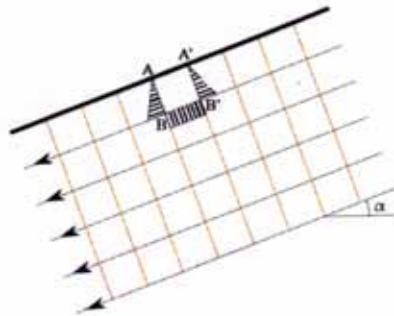
strati decimetrici di sabbie cementate con sottili partizioni impermeabili, su argille pleistoceniche. Giacitura monoclinale da tettonica distensiva con angolo di  $20 - 25^\circ$ . Le acque sotterranee saturano l'acquifero sabbioso frazionato determinando nelle zone di piede del versante pressioni misurate dell'ordine di 40 m .





# Sezione B-B





$$\vec{F}_\beta = \vec{F}_\alpha + \vec{F}_V$$

$$F_\beta = L^2 \cos \alpha \times \gamma_w$$

$$F_V = \frac{F_\beta}{\cos \alpha} = L^2 \times \gamma_w$$

Forza di Archimede

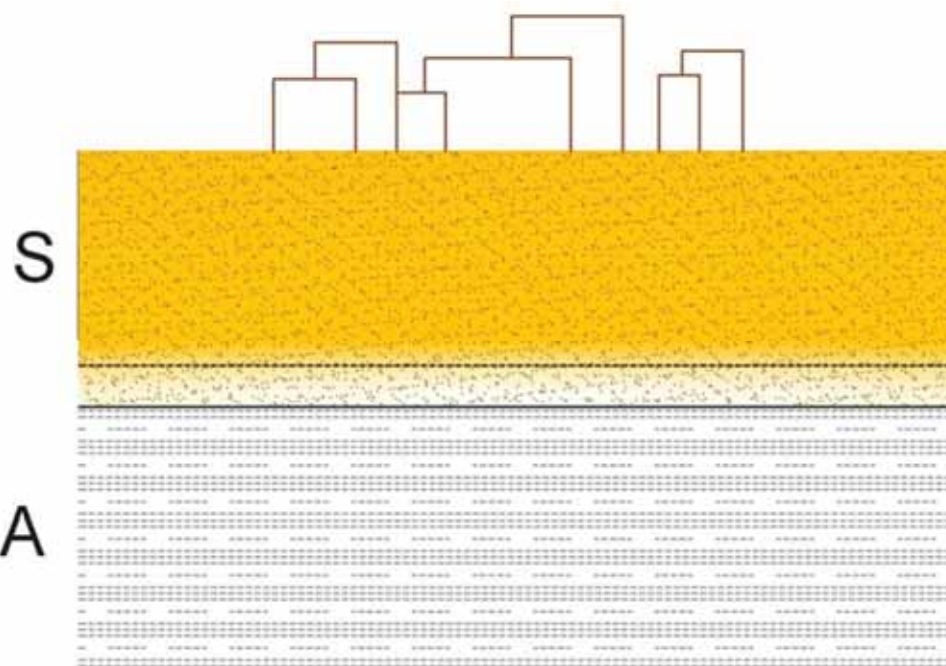
$$F_\alpha = F_V \sin \alpha = L^2 \sin \alpha \times \gamma_w$$

Forza di filtrazione<sup>(\*)</sup>

(\*) - Forza di filtrazione:  $\text{Vol} \times i \times \gamma_w$   
 $L^2 \sin \alpha \times \gamma_w = L^2 \sin \alpha \times \gamma_w$

Forze di filtrazione





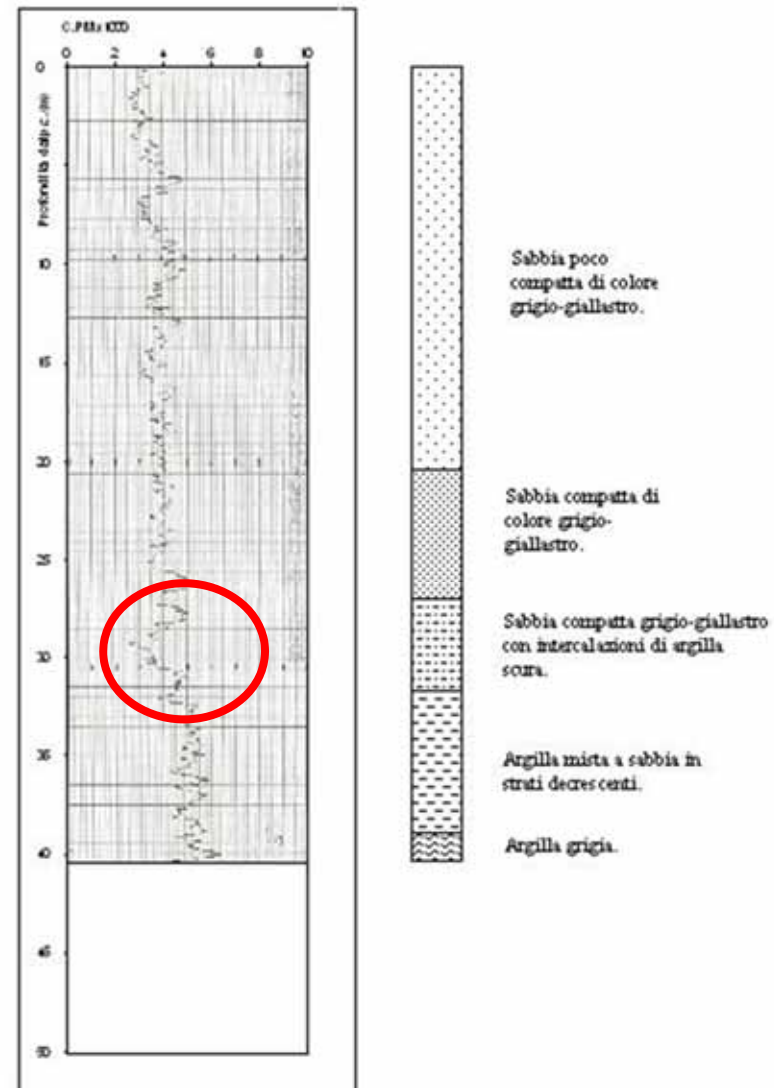
*Fascia di arricchimento granulometrico  
per asportazione delle particelle argillose*

aliano

## Profilo di radioattività naturale (Y-log)

Al contatto sabbia argilla (permeabile/impermeabile) si evidenzia la tipica lacuna granulometrica di fini generata da prolungata filtrazione.

Si genera quindi una fascia di terreni non coesivi, arricchiti percentualmente in silt, scarsamente addensati e privi di cementazione.





# INTERAZIONI CHIMICO FISICHE DELLE ARGILLE CON I FLUIDI INTERSTIZIALI

i fluidi interstiziali all'interno delle argille in ragione del loro contenuto salino (tipi e concentrazione) concorrono a determinare una condizione di equilibrio volumetrico in rapporto allo stato tensionale agente.

la sola variazione della salinità dei fluidi interstiziali, secondaria a processi di diffusione, è quindi in grado di produrre variazioni volumetriche o di stato tensionale in caso di confinamento rigido.

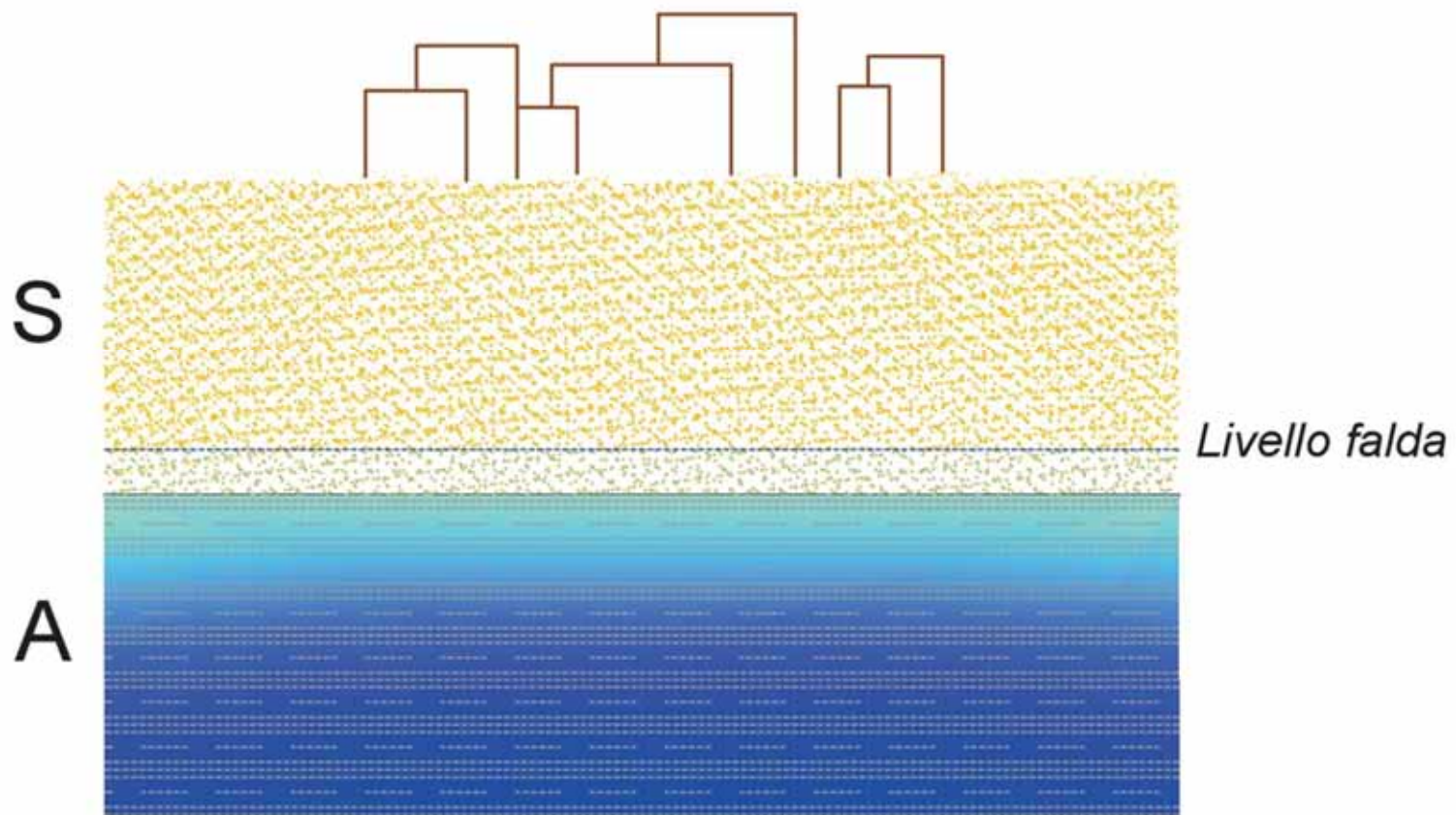
variazioni volumetriche, cioè del peso specifico (dell'indice dei vuoti), nella fascia di terreno che risente della diffusione ionica, comportano quindi variazione della resistenza e soprattutto della deformabilità dei terreni.

il comportamento è ben descritto dalle prove edometriche in acqua distillata, che forzano il processo nelle fasi di carico o di scarico a basse pressioni, evidenziando comportamenti espansivi o, se contrastati, elevate pressioni di rigonfiamento. Nelle argille azzurre pleistoceniche della fossa bradanica è facile misurare pressioni di rigonfiamento fino a 500 kpa.

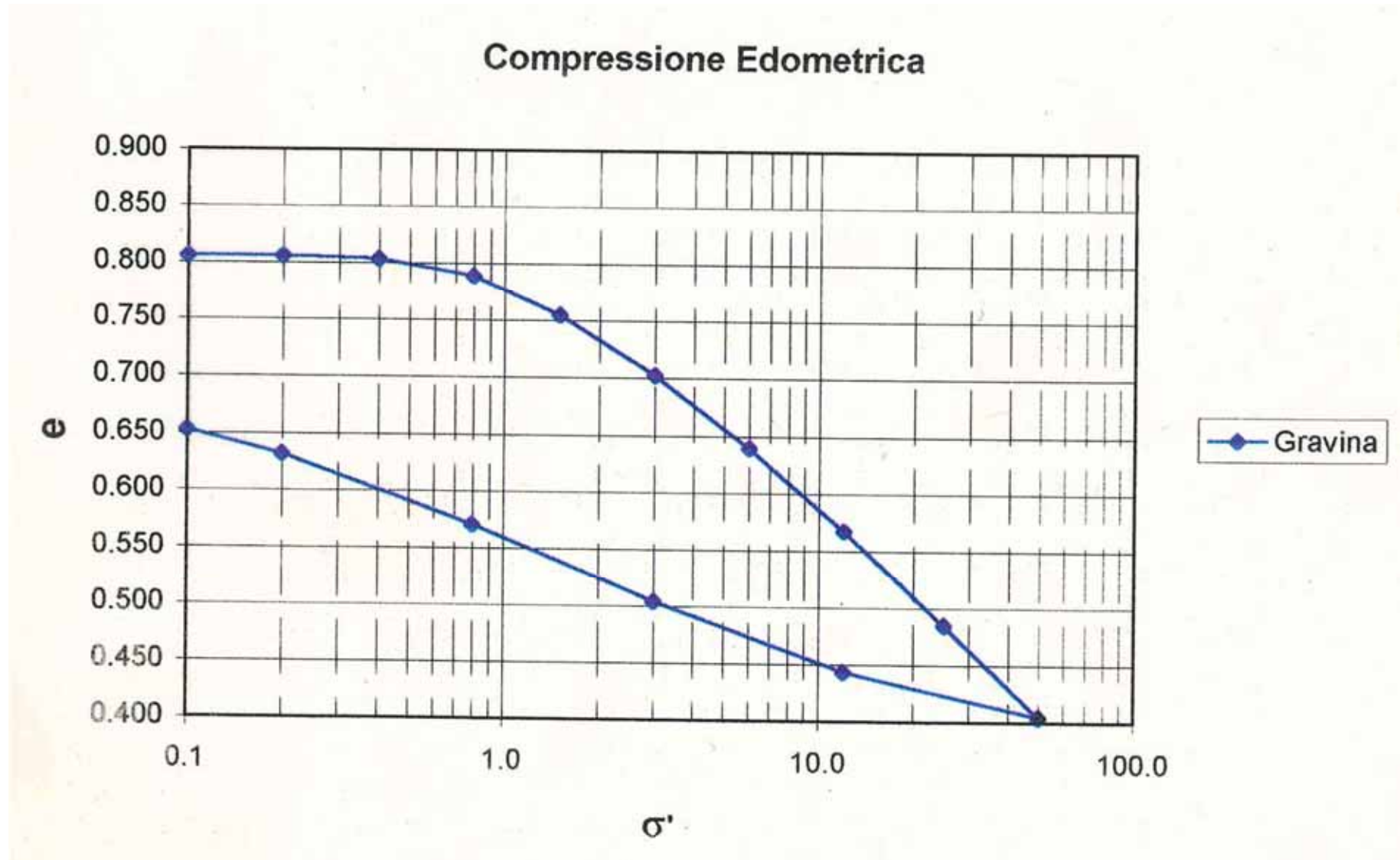
quando il processo ha distribuzione spaziale non omogenea, strati rigidi sovrastanti possono soffrire di ridistribuzioni tensionali, con generazione di fratturazione e inizio di insidiose fenomenologie di rottura progressiva

Variazioni della concentrazione salina al tetto della  
formazione delle argille marine a contatto perenne  
con falda di acqua dolce.

Valori tipici →



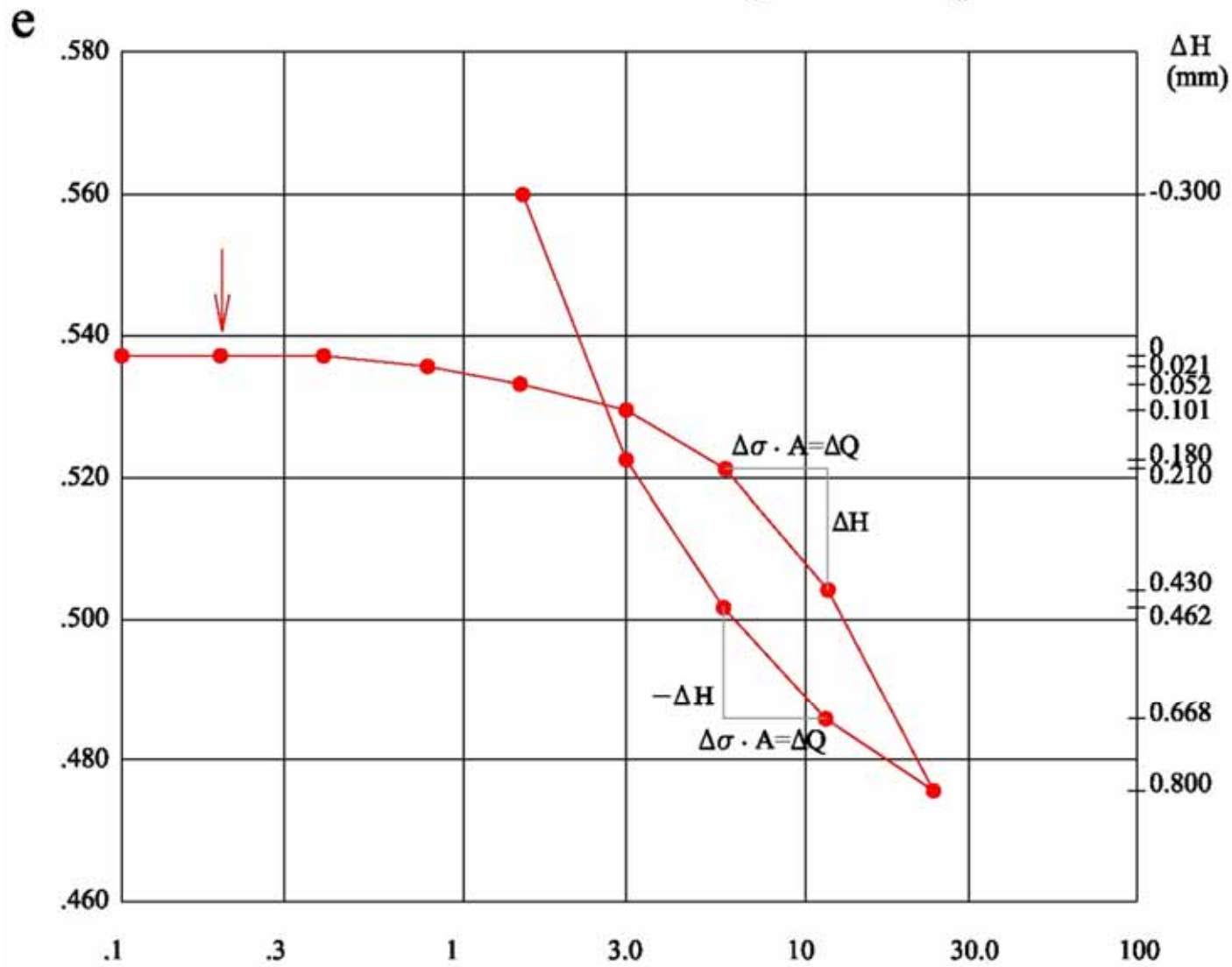
Non rigonfiante





# SOND. 4 CAMP. 9

## COMPRESSIONE EDOMETRICA a rigonfiamento impedito



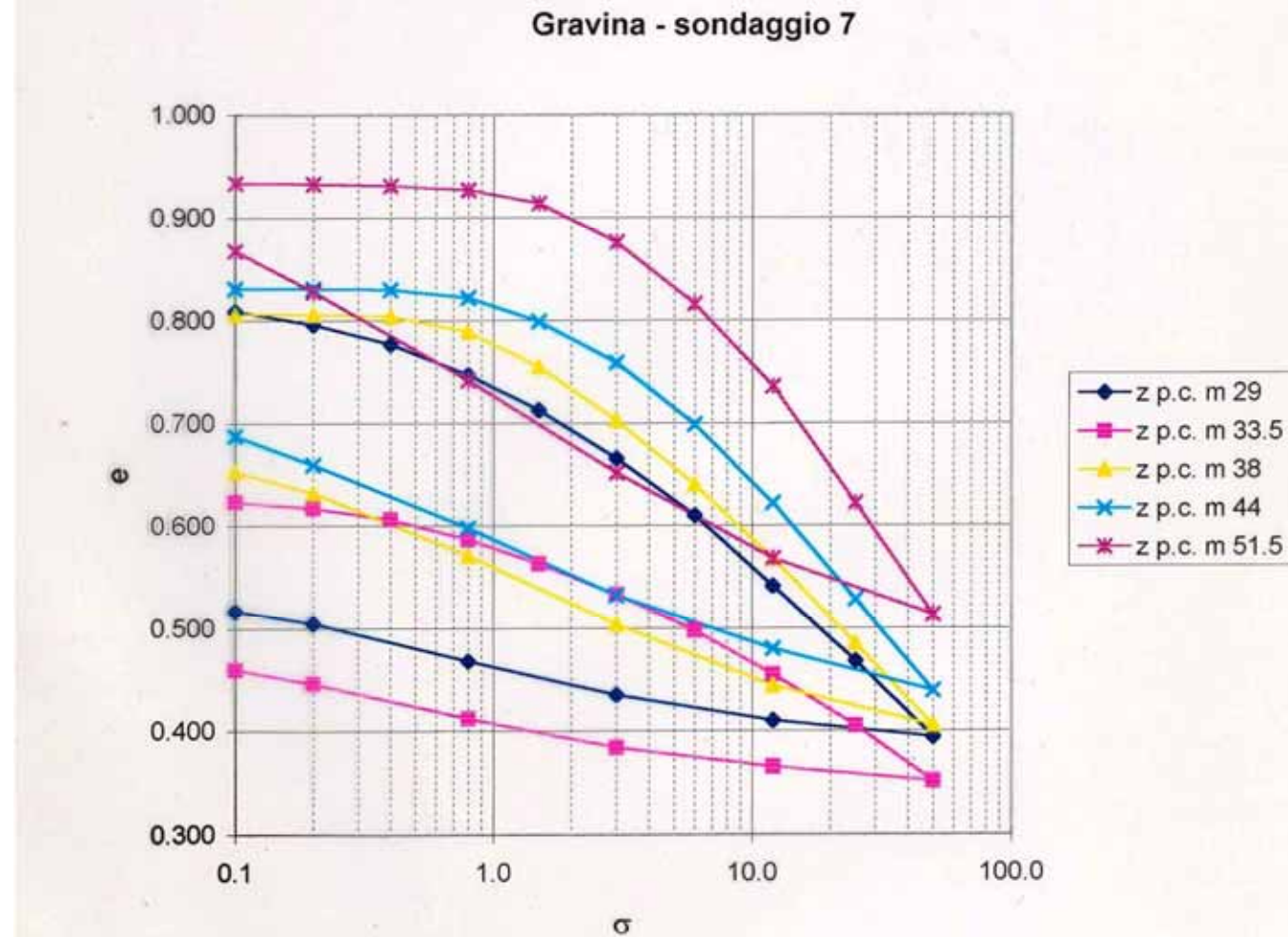
$$W_c = \Delta Q \cdot \Delta H \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$W_s = -\Delta Q \cdot \Delta H \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$\sigma_v \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Variazione del rigonfiamento in fase di scarico con la profondità del campione.

Il diverso comportamento è ascrivibile alla diversa penetrazione del processo di diffusione ionica.



## FLUIDI INTERSTIZIALI: ESTRAZIONE ED ANALISI

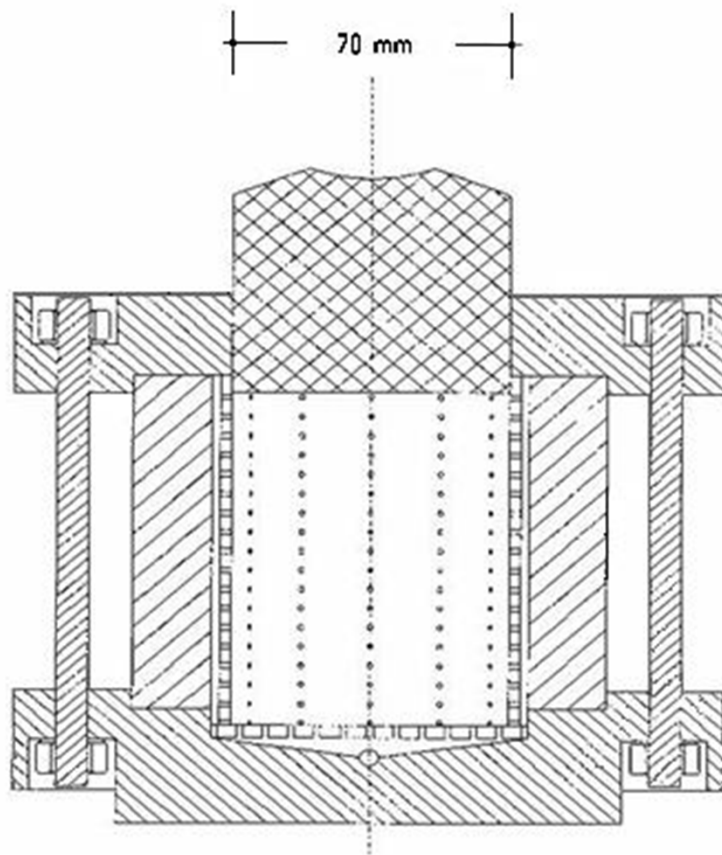
Le correlazioni tra comportamento tenso-deformativo e proprietà dei fluidi interstiziali sono state istituite attraverso il prelievo e l'analisi dei fluidi con una specifica attrezzatura in grado di estrarli.

NB1 un provino cilindrico di argilla azzurra di diametro 7 cm e altezza 15 cm rilascia qualche cubico a 15000 Kpa, ed in funzione di  $e$  iniziale

NB2 la procedura è preferibile ai metodi di analisi di acqua distillata in cui si stempera un campione di argilla per i notevoli errori che tale procedura genera, inserendo sali non partecipanti al processo



## Cella per estrazione di fluidi interstiziali ad elevata pressione (fino a 200 Bar)

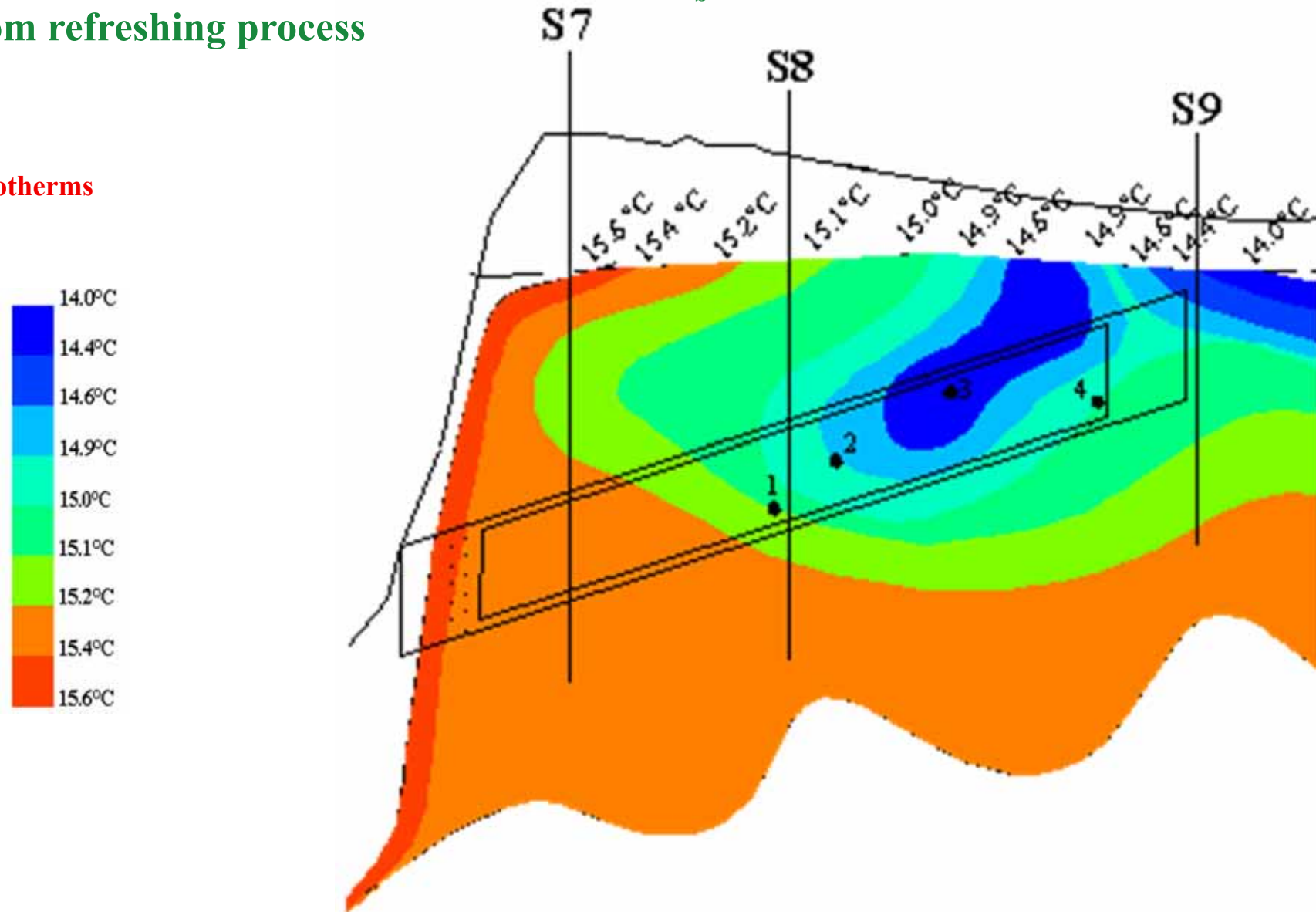


DIFFUSIONE SPAZIO-TEMPORALE DELL'INTRUSIONE DOLCE;  
VARIABILITA' NEL TEMPO E NELLO SPAZIO DELLA  
DEFORMABILITA' DEL SUBSTRATO

Analisi seguite su campioni provenienti da una galleria

Distribuzione della temperatura; Facies  $F_b$  (fresh brackish) is from refreshing process

Isotherms

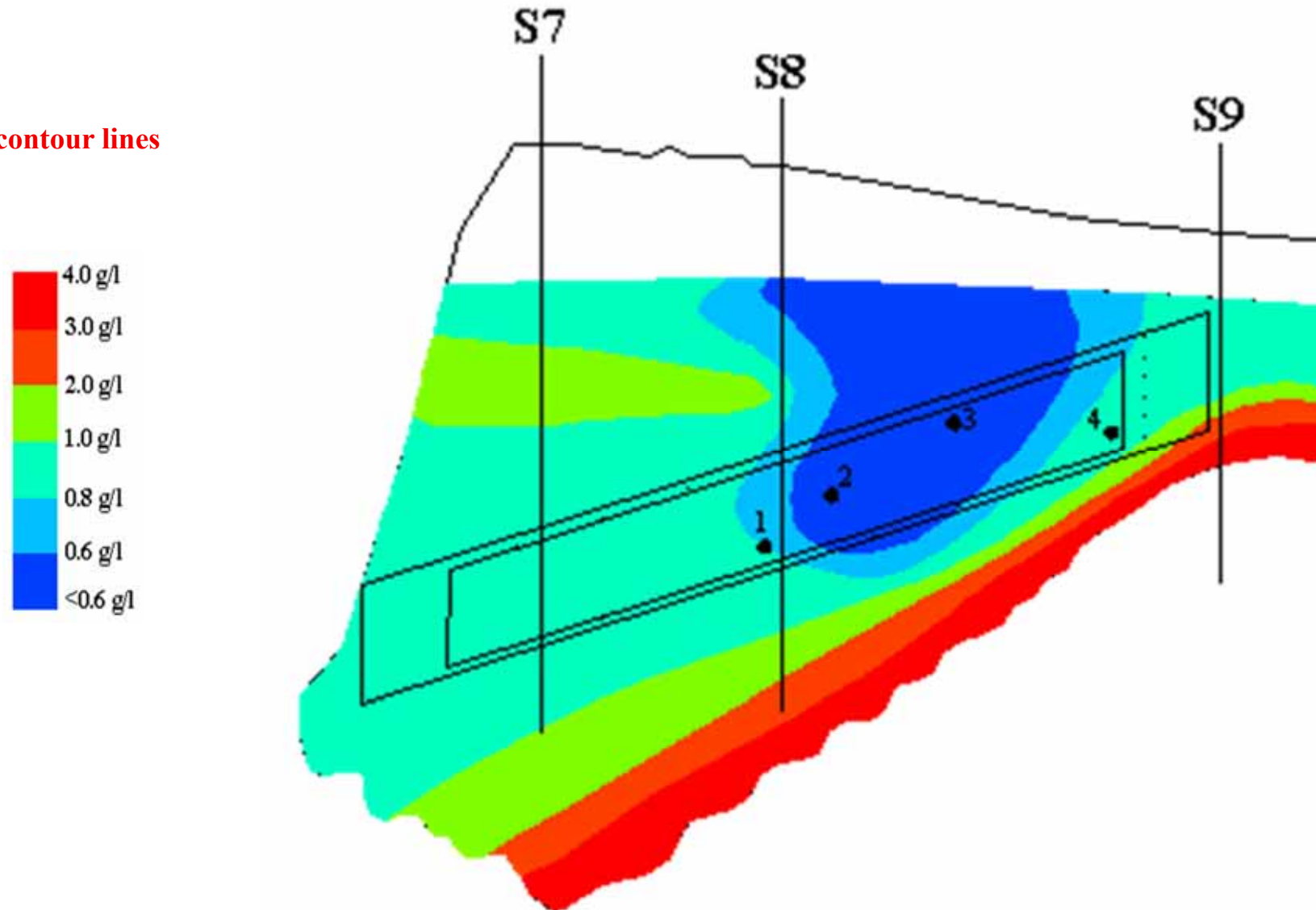




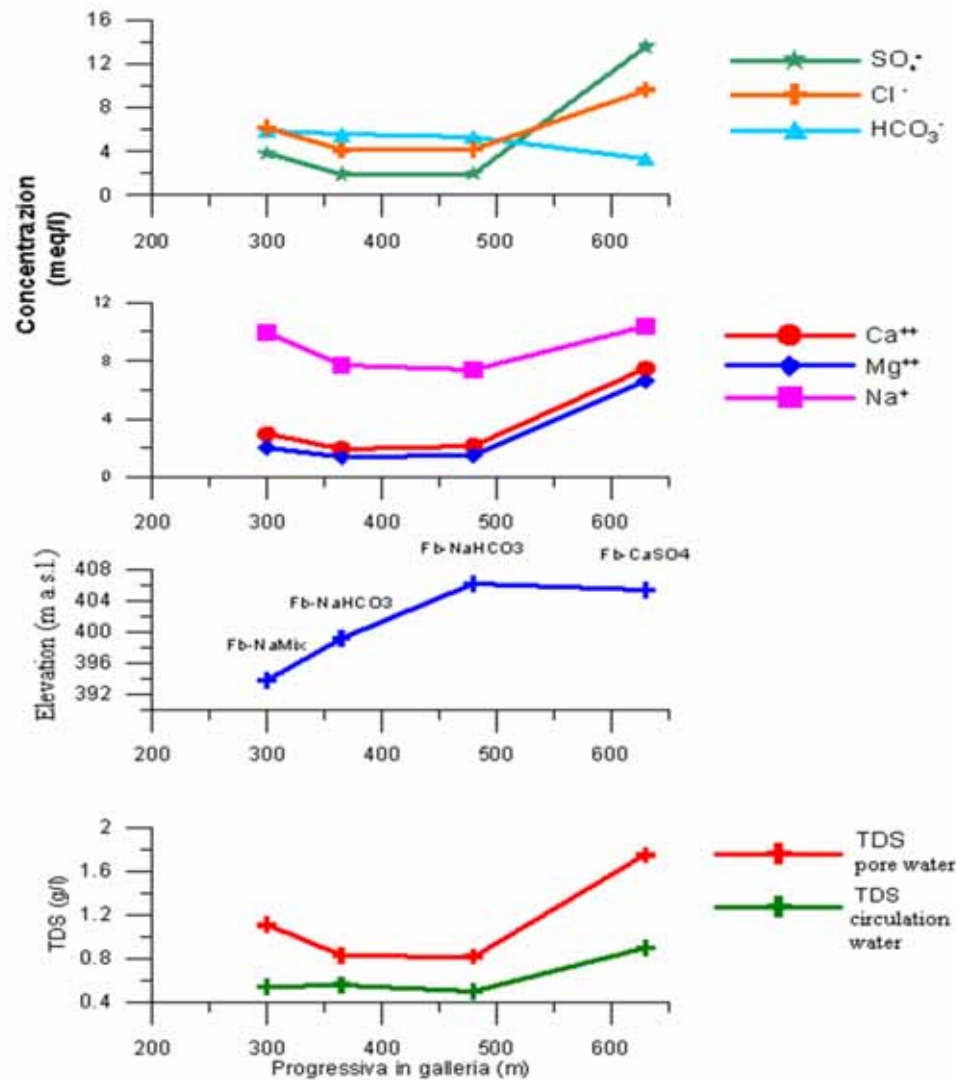
## Distribuzione della salinità nell'ammasso

Facies  $F_b$  (fresh brackish) is from refreshing process

TDS contour lines

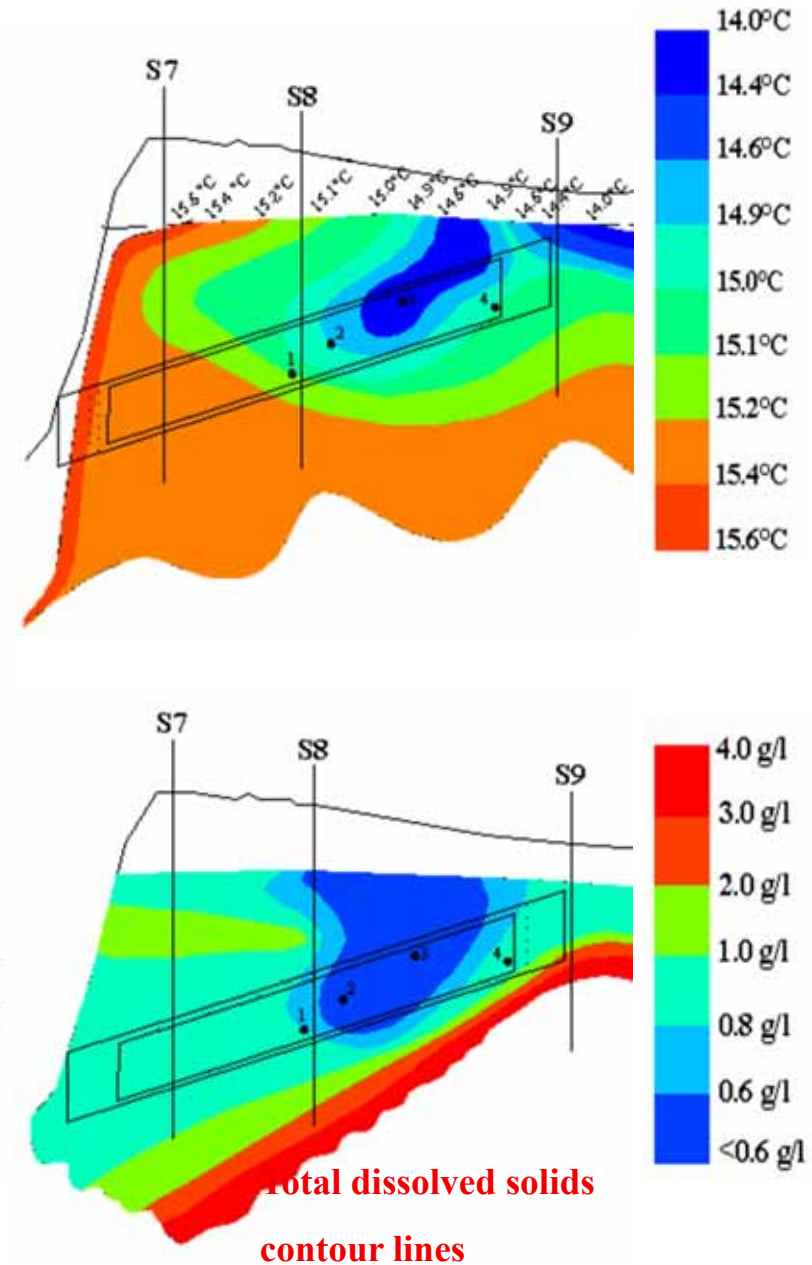


**Facies  $F_b$  (fresh brackish)  
is from refreshing process**



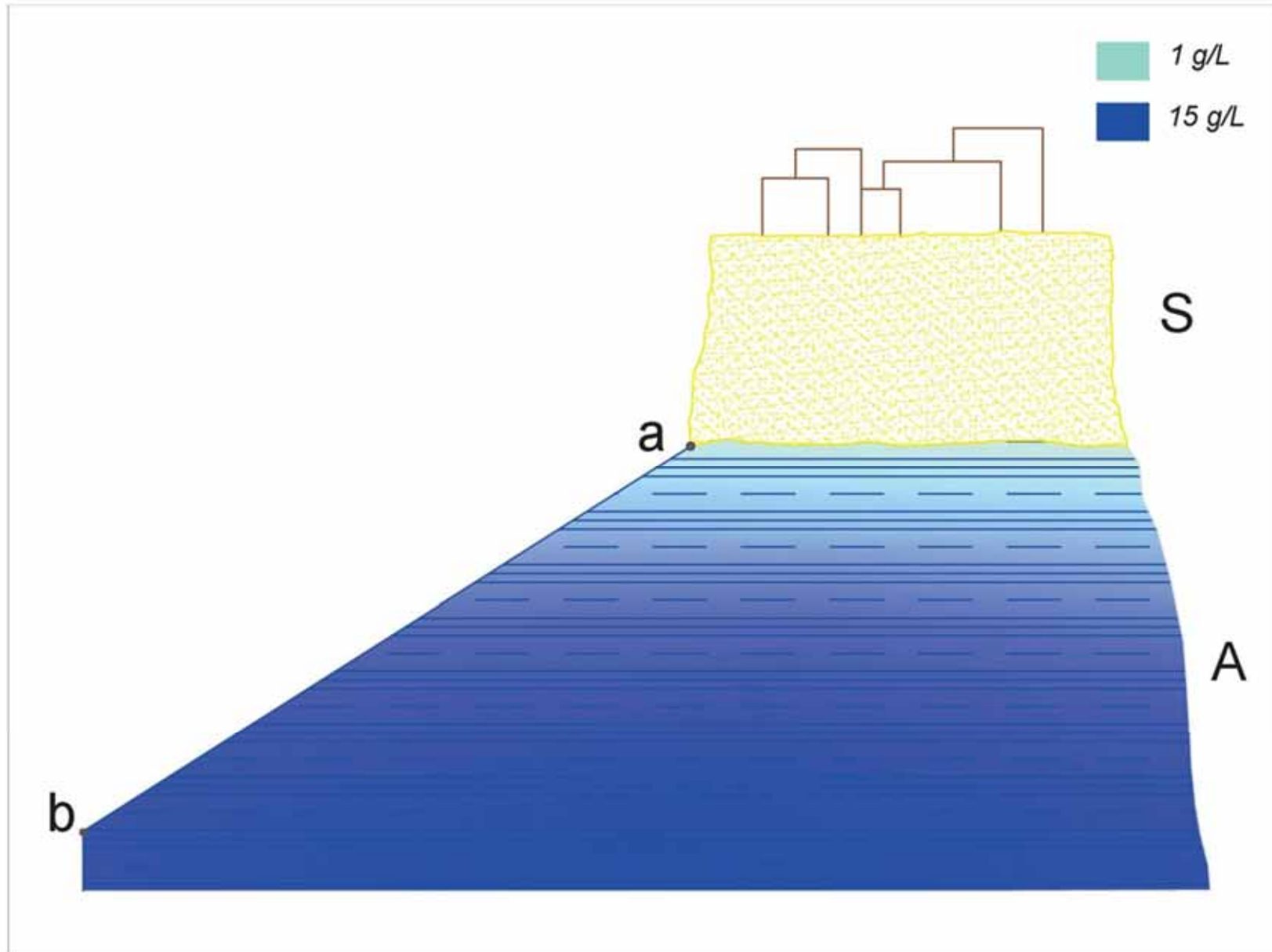
**Salinity of interstitial waters is only slightly higher  
than that characterizing free circulating water**

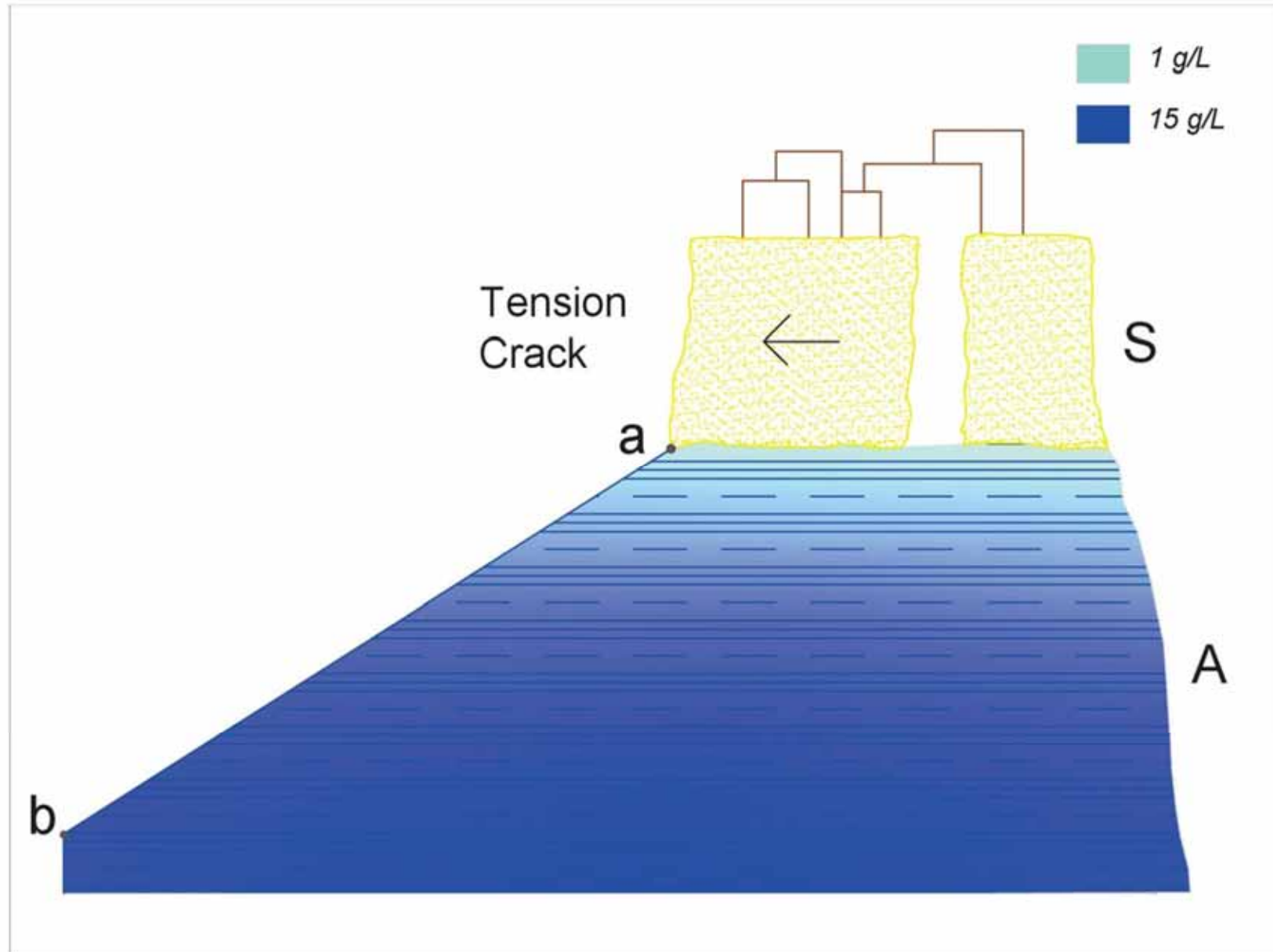
**Isotherms**

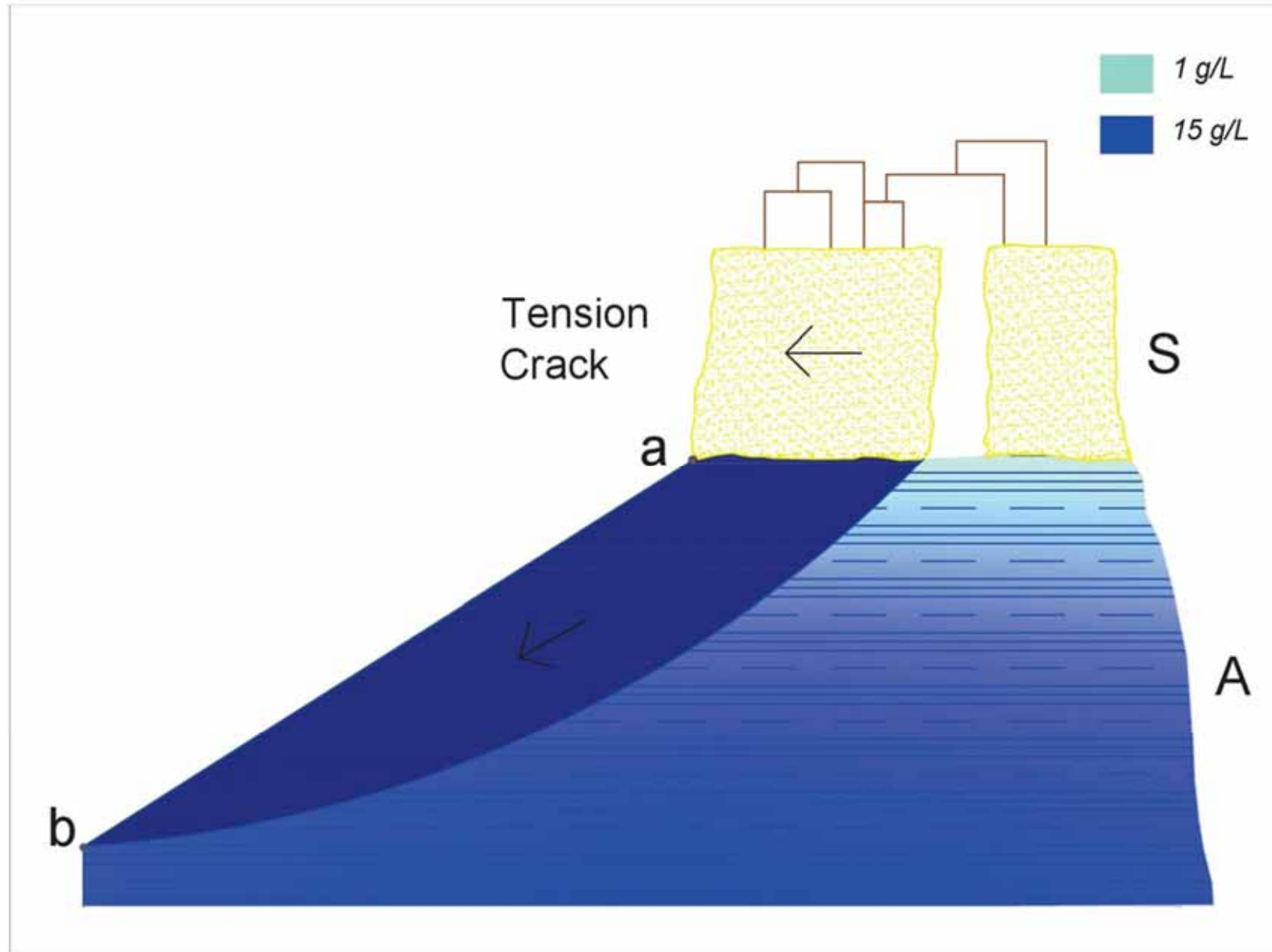


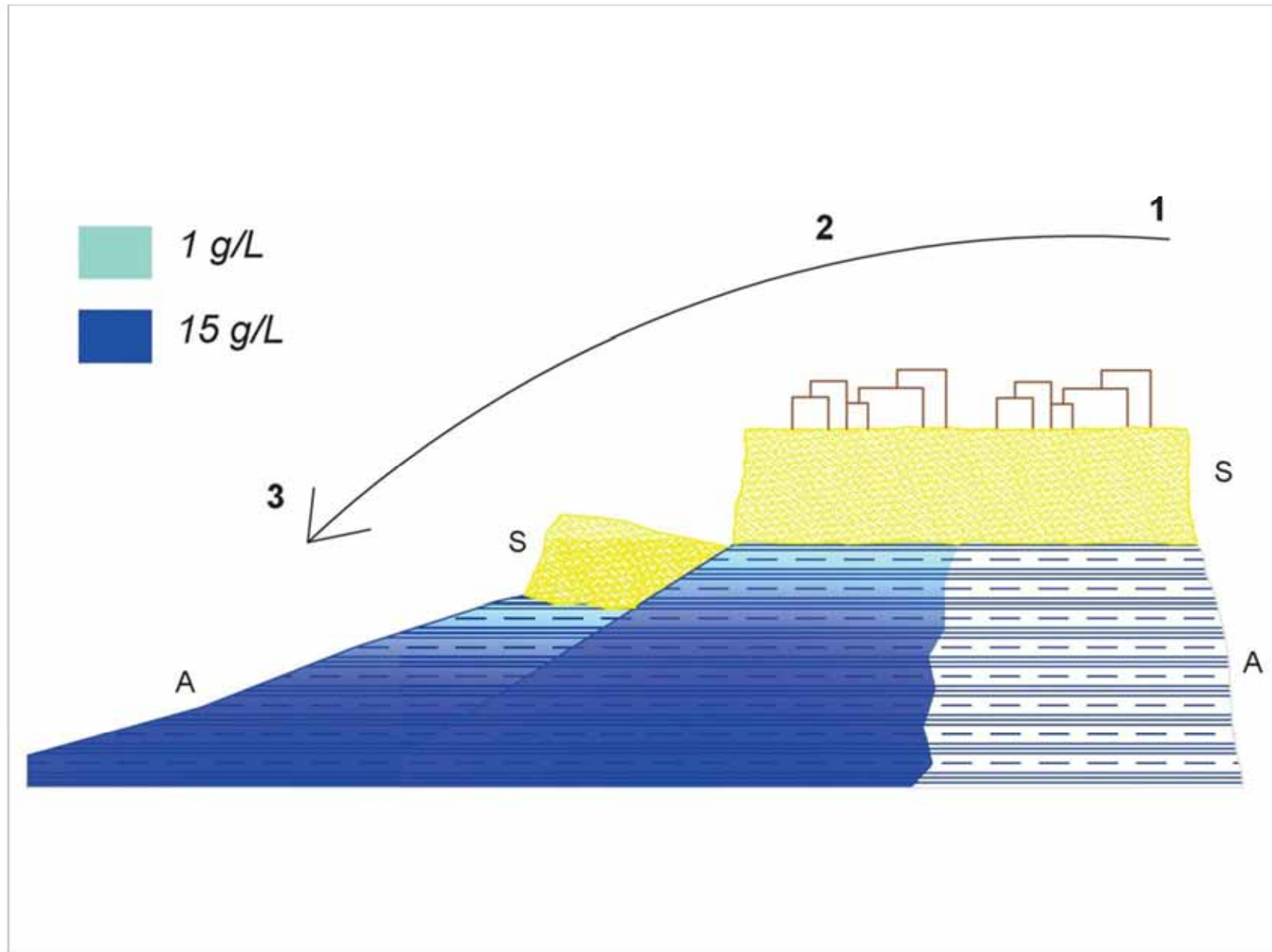
INNESCO ED EVOLUZIONE DEL PROCESSO DI INSTABILITA'-  
ROTTURA PROGRESSIVA





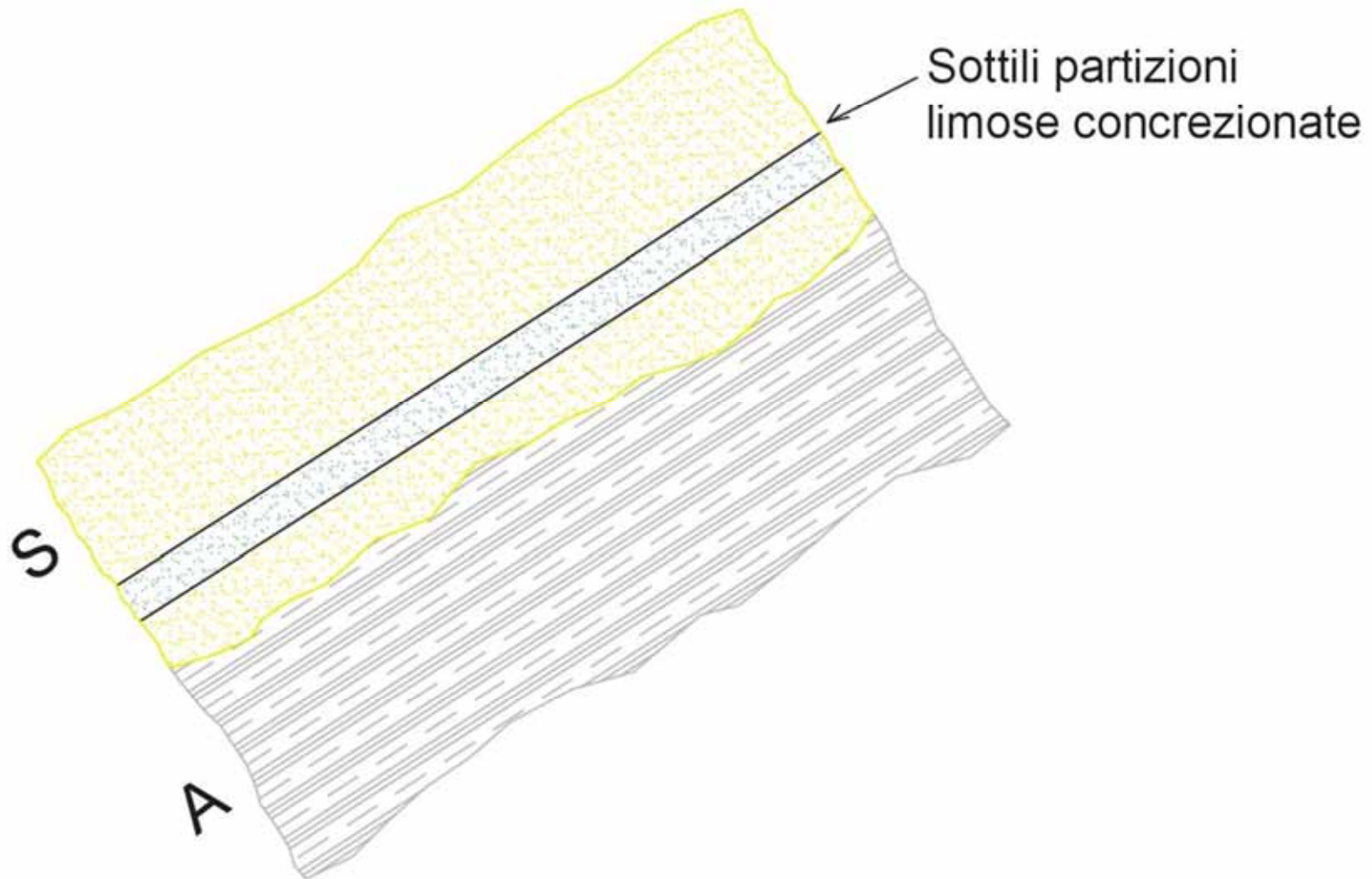


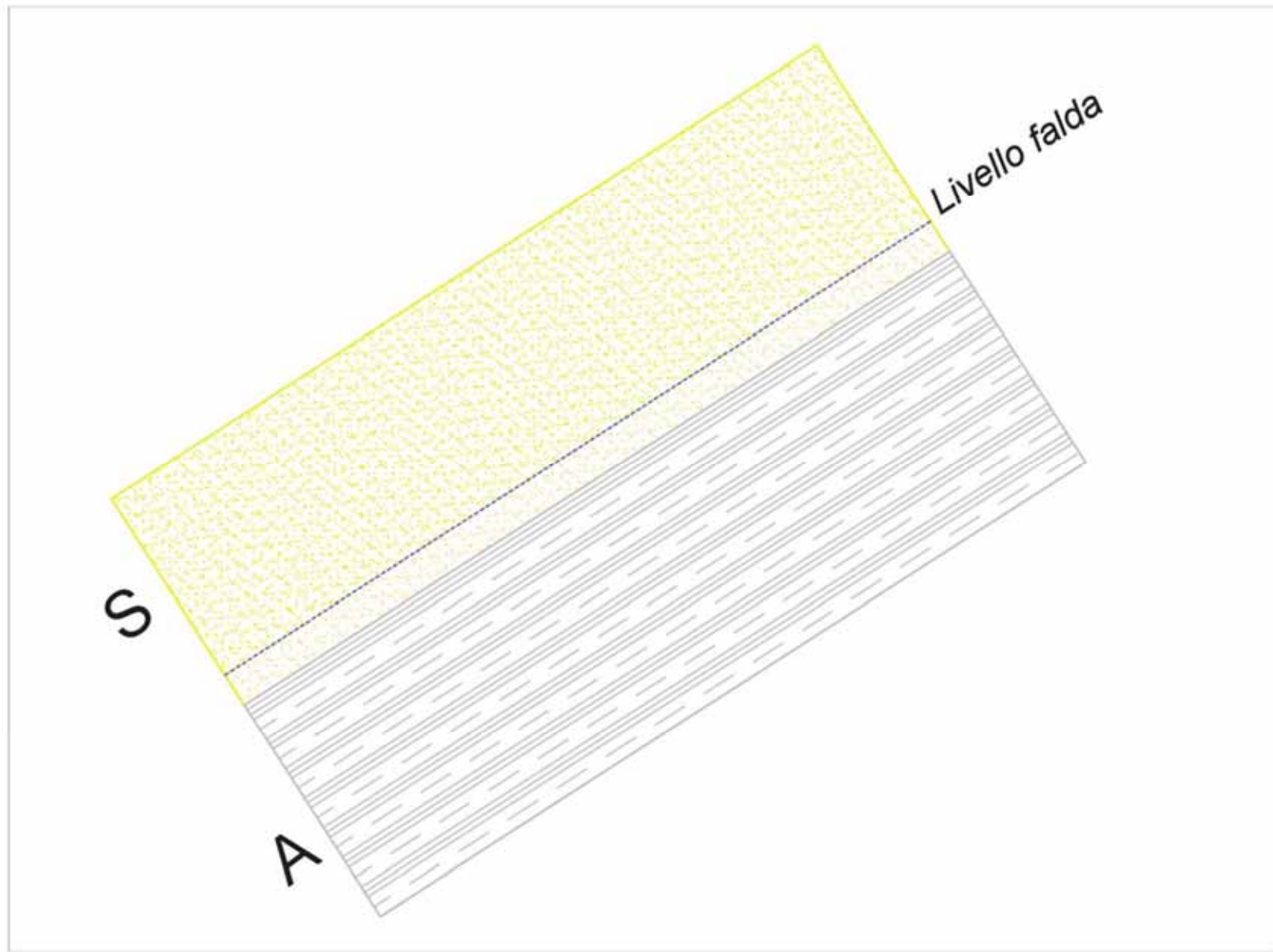




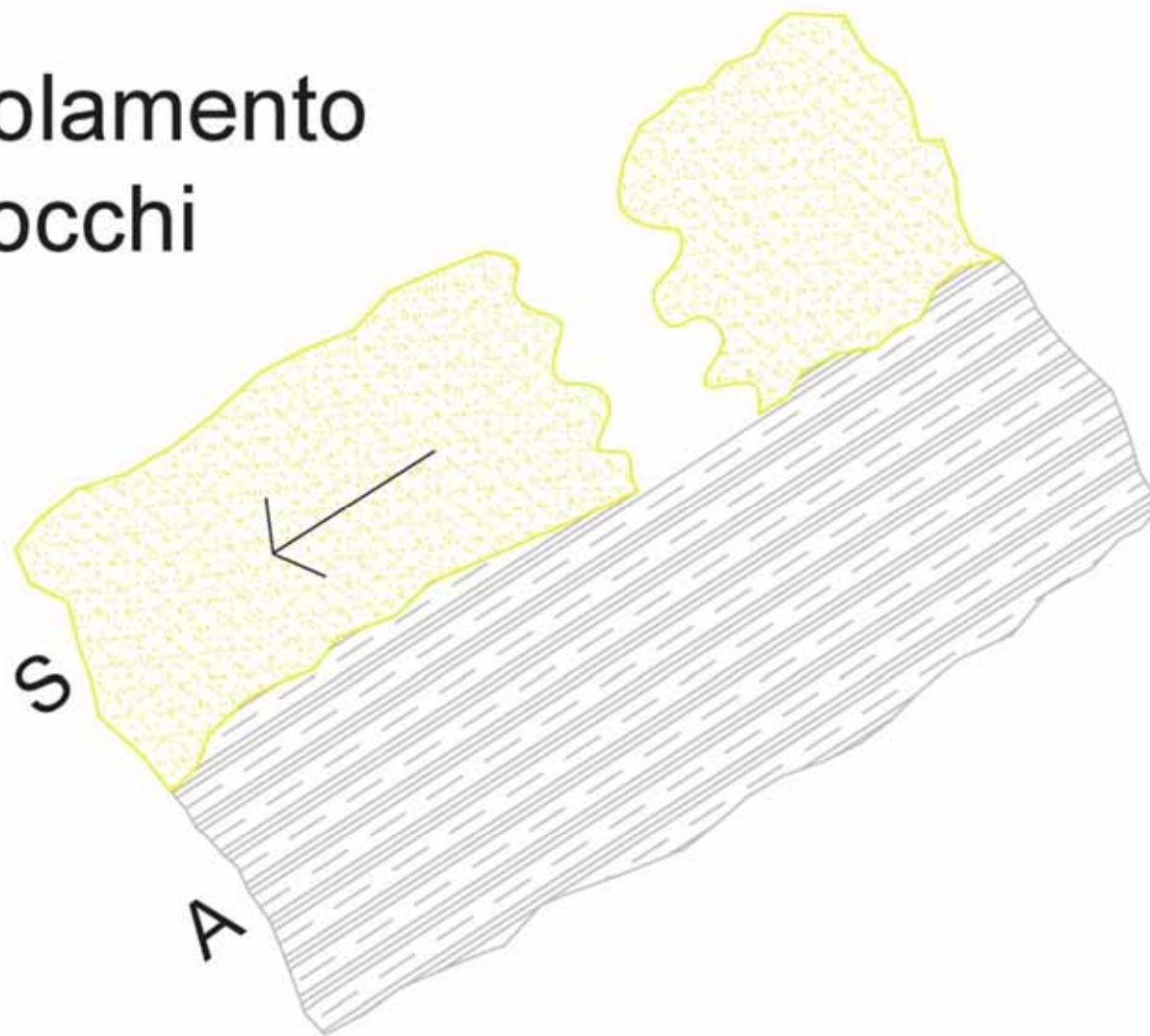


## Meccanismo di instabilità delle placche rigide su basamento argilloso in assetto monoclinale





## Scivolamento di blocchi



## RIMEDI

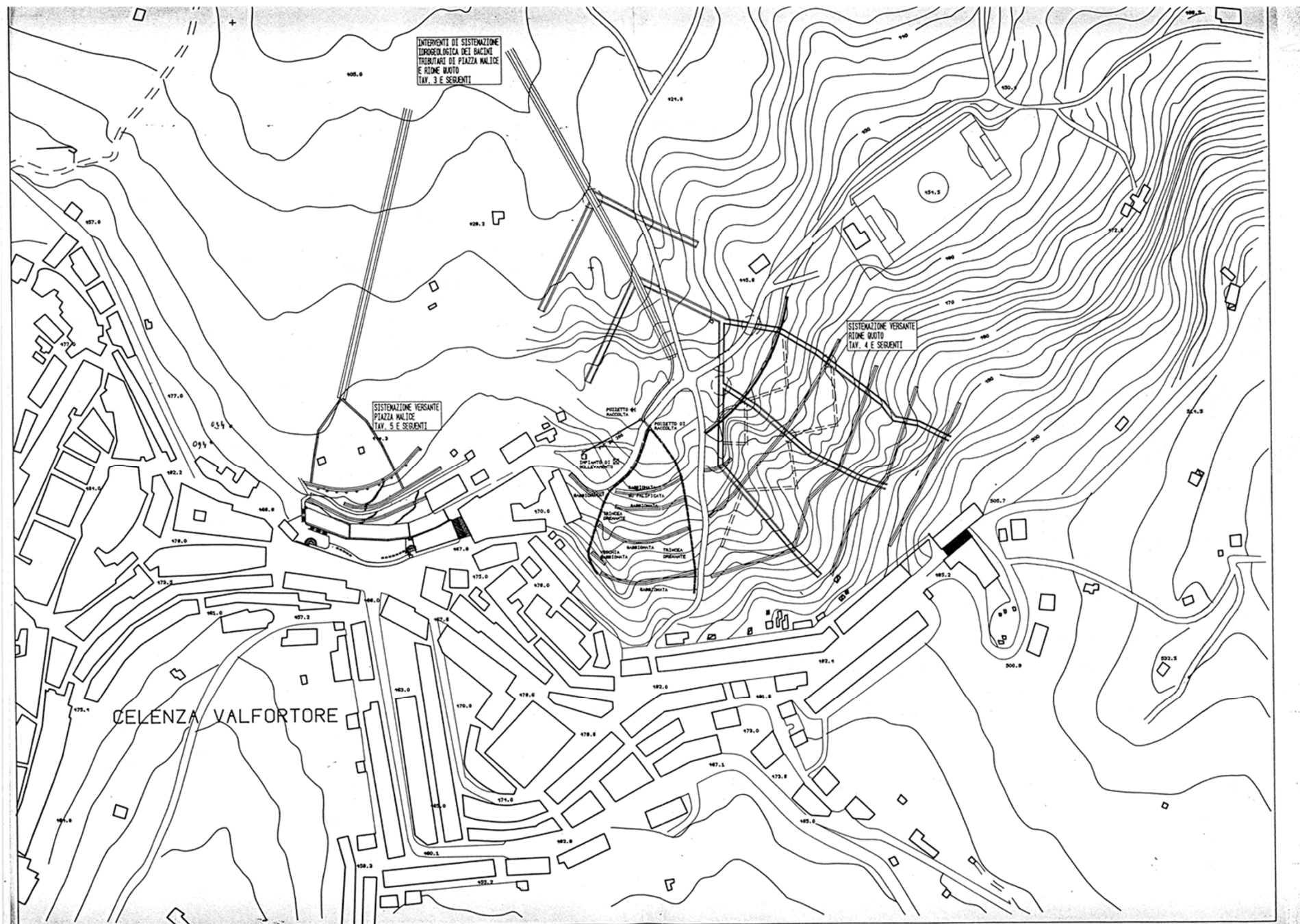
### CONTROLLO DELLE ACQUE DI SUPERFICIE

ACQUE SOTTERRANEE: CONTROLLO DELLA FILTRAZIONE, DRENAGGIO, EVT

VARIAZIONE INDOTTA DEI FLUIDI INTERSTIZIALI

OPERE STRUTTURALI (RINFORZO DEI TERRENI, TRASFERIMENTO DELLE TENSIONI)









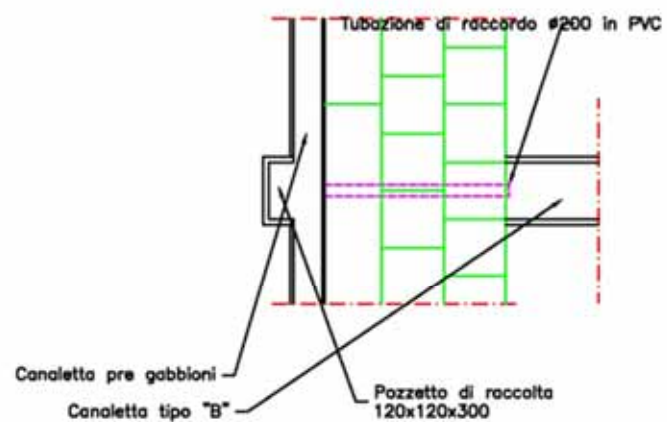




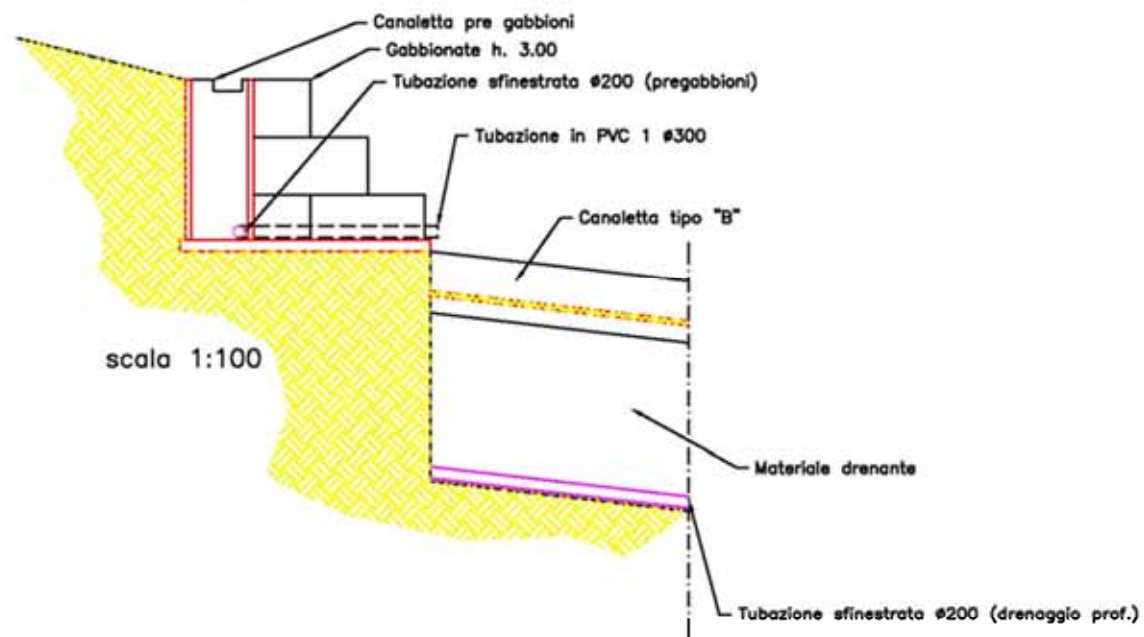


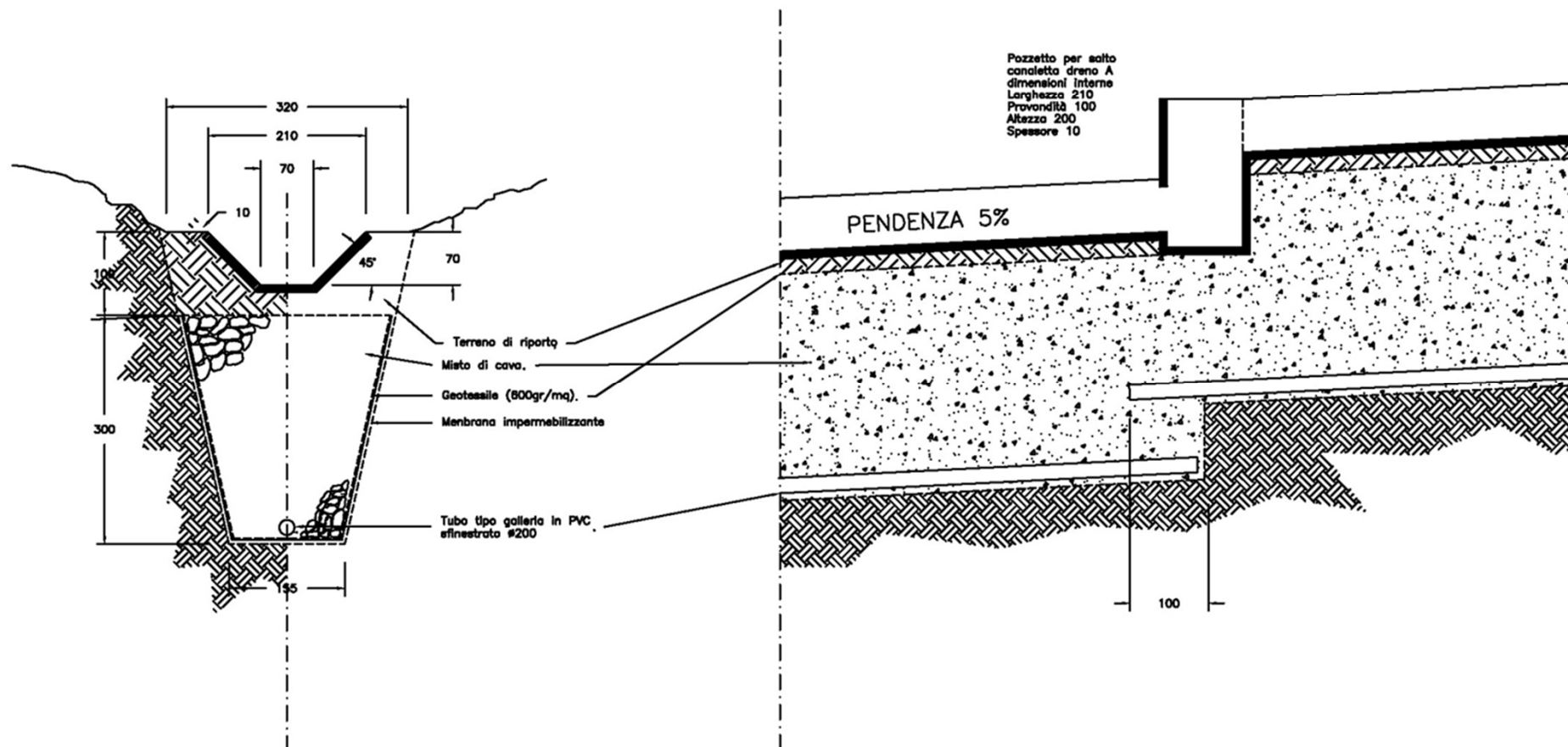


Pianta

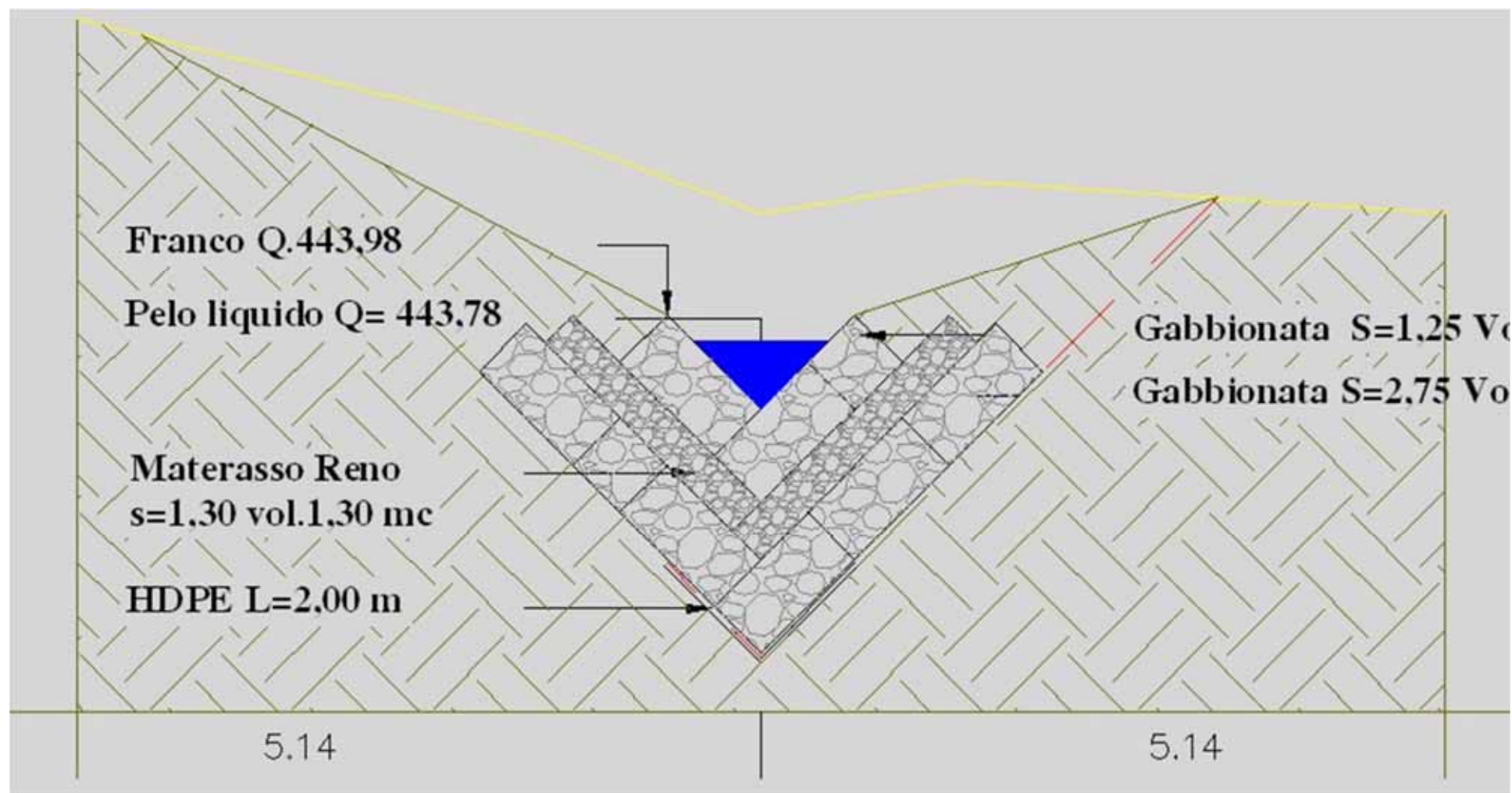


Sezione Tipo



















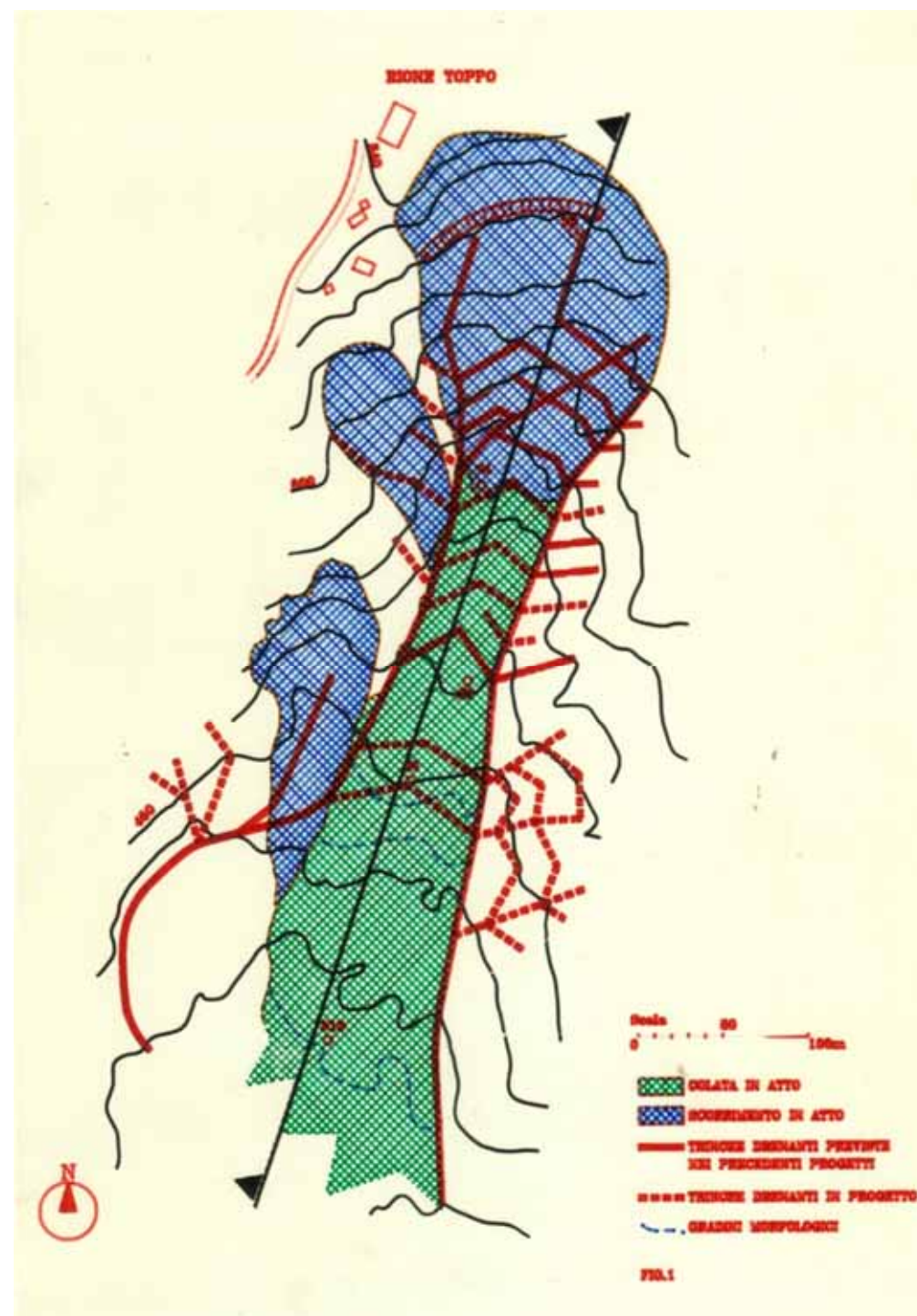


















Potenziamento del drenaggio tramite EVT; allargamento della fascia capillare



# Opere di mitigazione e/o stabilizzazione

ACQUE SOTTERRANEE: CONTROLLO DELLA FILTRAZIONE,  
DRENAGGIO, EVT

RIASSETTO TENSIONALE:

OPERE STRUTTURALI E/O VARIAZIONI DELLE GEOMETRIE

RINFORZO DEI TERRENI

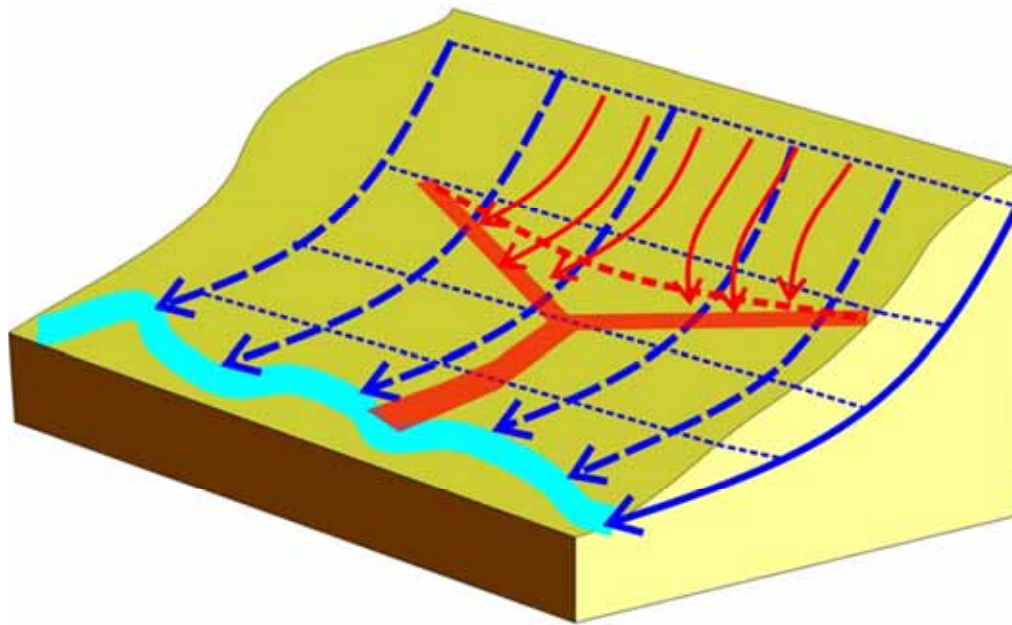
DRENAGGIO DELL'AMMASSO

VARIAZIONE INDOTTA DELLE CONCENTRAZIONI DEI FLUIDI

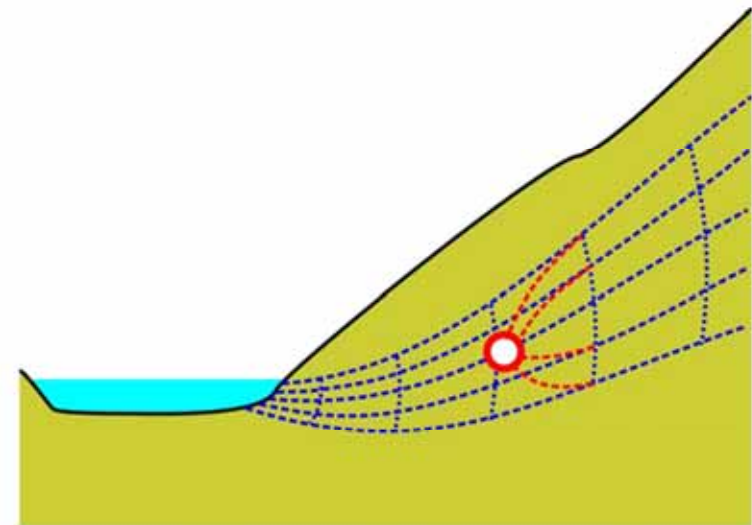
INTERSTIZIALI



***Variazione della direzione di filtrazione (e delle forze di filtrazione) in un pendio***



a) con trincea drenante a Y



b) con inserimento di galleria drenante



## SPI NAZZOLA







Ripristino delle funzionalità di drenaggio delle acque di superficie delle vecchie opere distrutte per mancanza di manutenzione con un by-pass costituito da un pozzo conferente in una galleria

L'aspetto più rilevante delle esperienze di salvaguardia degli antichi centri storici della Basilicata e della Puglia

risiede nella prevedibile constatazione

che oltre all'investimento in opere e lavori

è necessaria

manutenzione periodica (quindi non saltuaria) programmata

(quindi non casuale)

delle opere e del territorio



