



Appunti didattici di teoria e tecnica costruttiva dei muri a gravità

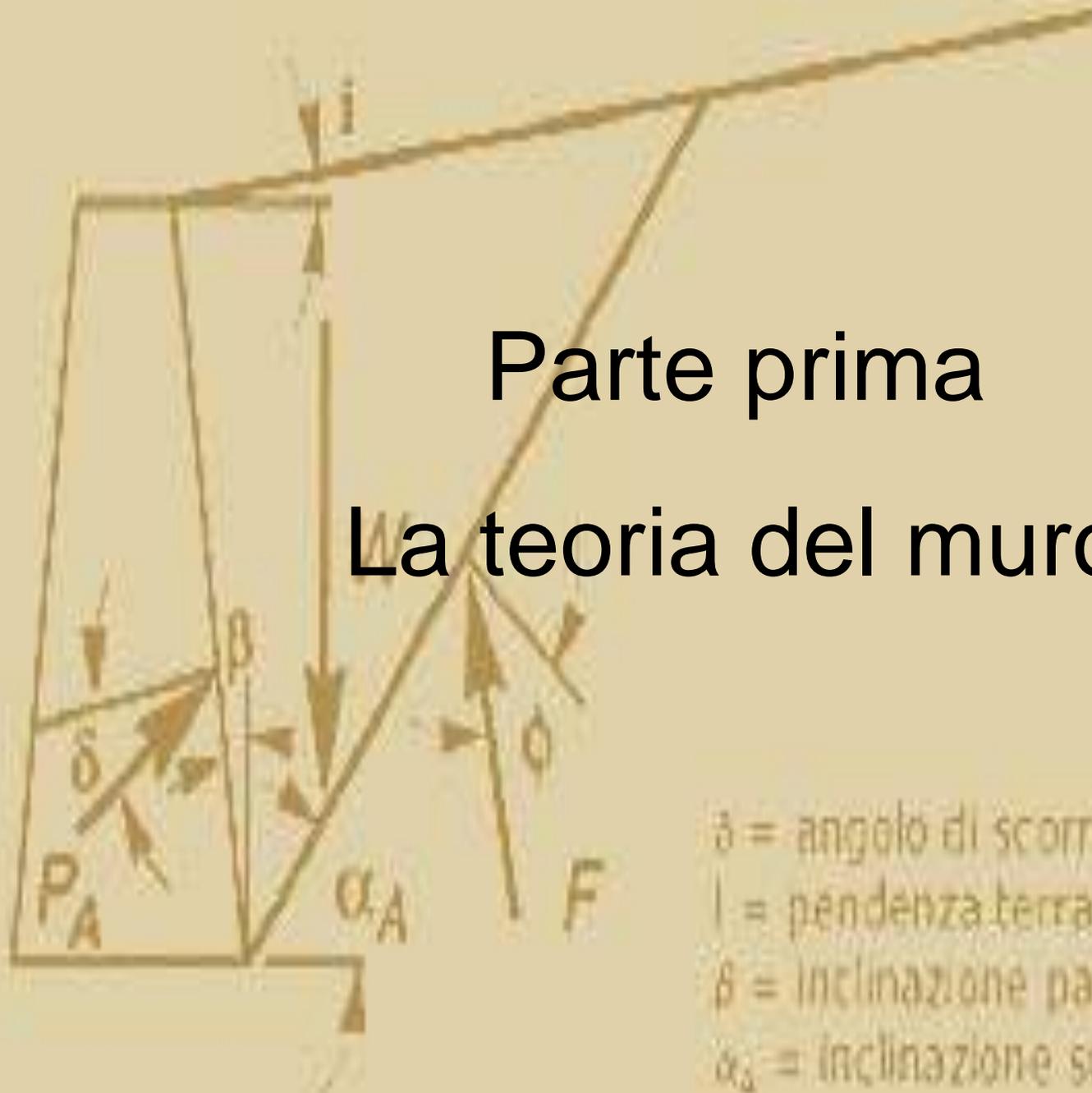
Andrea Scotti
Gianluca Longhi & Vincenzo Sturla,
Luca Viscuso



Eremo di Niasca 2024

Parte prima

La teoria del muro



δ = angolo di scorrimento terra-muro

i = pendenza terrapieno

θ = inclinazione paramento

α_A = inclinazione superficie critica

Sommario (1)

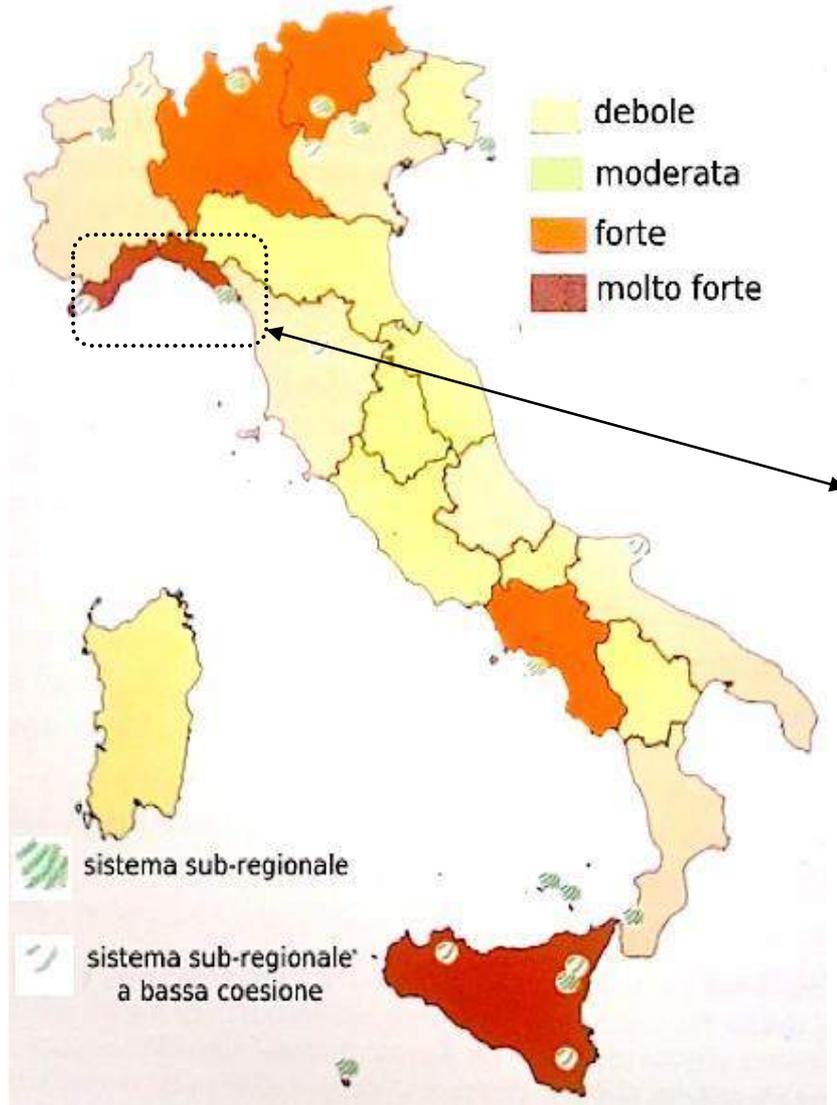
Parte prima - La teoria del muro

0. Introduzione

1. Brevi cenni di cinematica dei muri

- a. Elementi strutturali del muro
- b. Cause del crollo del muro
- c. Meccanica del muro con il piede
- d. Principi di resistenza e dissipazione della massiciata
- e. Caso particolare Acquidoccio e canali di recupero acque

0. Introduzione - A



Mappa della densità dei muri a secco sul territorio nazionale

Secondo gli studi di Varotto (1) in base ad una proiezione fatta sui 40.000 km/l conosciuti l'estensione dei muri a secco nella sola Liguria potrebbe andare dai 450.000 agli 800.000 mila km/l dipendentemente da quale tipologia di muro si considera.

(1) L. Bonardi, M. Varotto, *Paesaggi Terrazzati d'Italia* a Milano, 2016, p.51.

0. Introduzione - B

Cosa serve ripristinare i muri a secco ?

- a. Ripristinare i muri NON è tornare alla *ruralità perduta...* ma è inventarne una nuova e sostenibile.
- b. Serve a conservare e sviluppare una economia consapevole dei rischi idro-geologici ed evitare che essi aumentino nel tempo.
- c. Serve a mantenere e distribuire un sapere e una consapevolezza della fragilità del territorio per creare un modello di investimento e sviluppo circolare che sia in grado di vedere e sfruttare la complessità sistemica del territorio rurale.

0. Introduzione - C

Tipologie di muri a secco:

- a. Divisione delle proprietà
- b. Limitazione dei pascoli
- c. Cigli degli acquidocci (rii, canali etc.)
- d. Cigli delle carrerecce e dei sentieri
- e. Sostentamento delle terrazze (fasce).

Noi ci occuperemo qui solo dei tipi (c ,e)

0. Introduzione - D

Abbandono è eguale a ri-naturalizzazione ?

- a. L'antropizzazione di un certo territorio implica la trasformazione della sua morfologia e quindi anche del suo assetto idro-geologico.
- b. Questa trasformazione è **IRREVERSIBILE**.
- c. L'abbandono è la causa dell'erosione del suolo e del suo dissesto.
- d. La ri-naturalizzazione è un pensiero romantico che non ci possiamo permettere. E` pianificare il disastro ambientale.

1. Brevi cenni di cinematica dei muri - A

Definizione di cinematica

La cinematica è quel capitolo della meccanica che in fisica studia il movimento dei corpi (cioè il *moto*). Un corpo si dice *in movimento* quando le sue coordinate cambiano nel tempo. La traiettoria è la linea continua costituita dagli infiniti punti m che rappresentano le successive posizioni occupate da un corpo in movimento.

Noi ci occuperemo qui appunto delle **traiettorie** alle quali sono soggette le pietre nei muri a gravità.

1. Brevi cenni di cinematica dei muri - B

a. Elementi strutturali del muro (1)

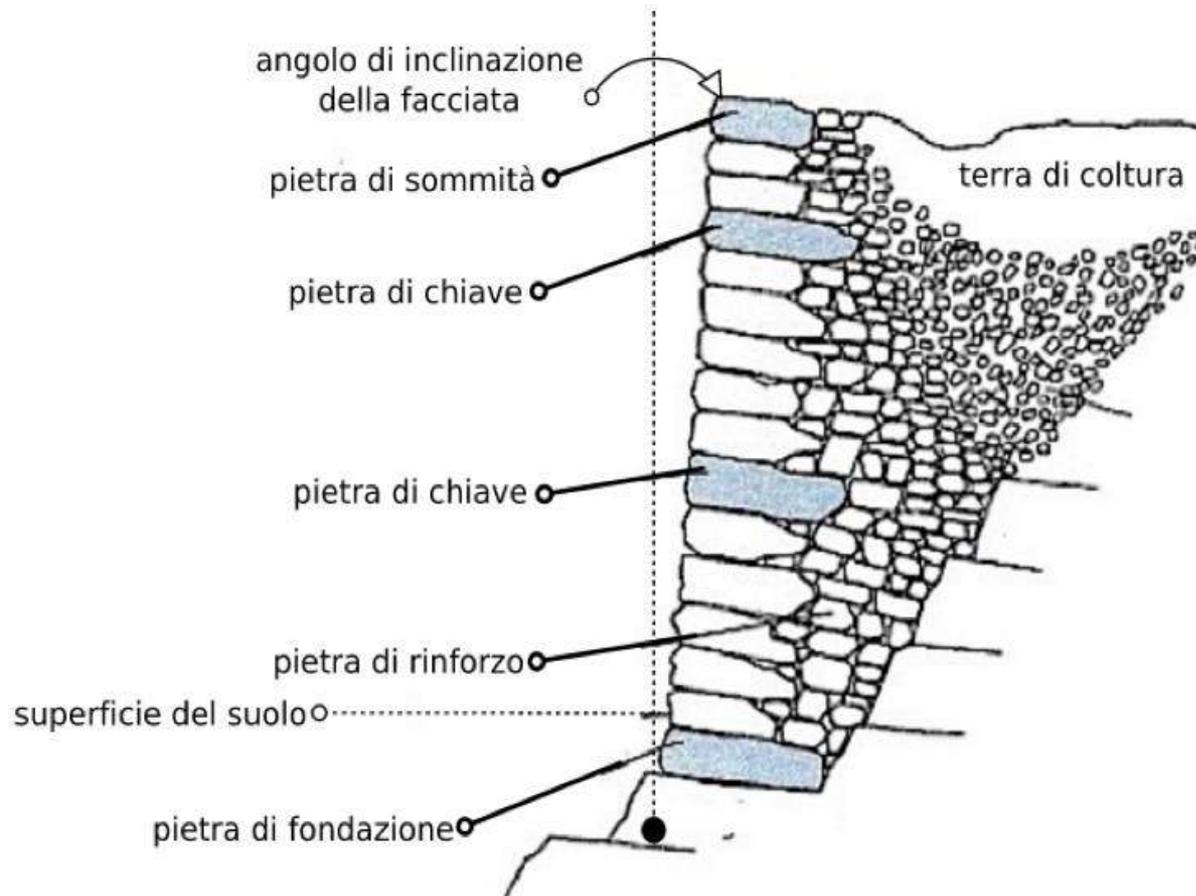
Le tipologie strutturali si possono schematicamente dividere in due:

1. Muro con facciata sul margine della fondazione.
2. Muro con facciata appoggiata sul *piede*.

Le componenti strutturali intrinseche al muro sono identiche ma il loro cinematismo differisce e non di poco.

a. Elementi strutturali del muro (2)

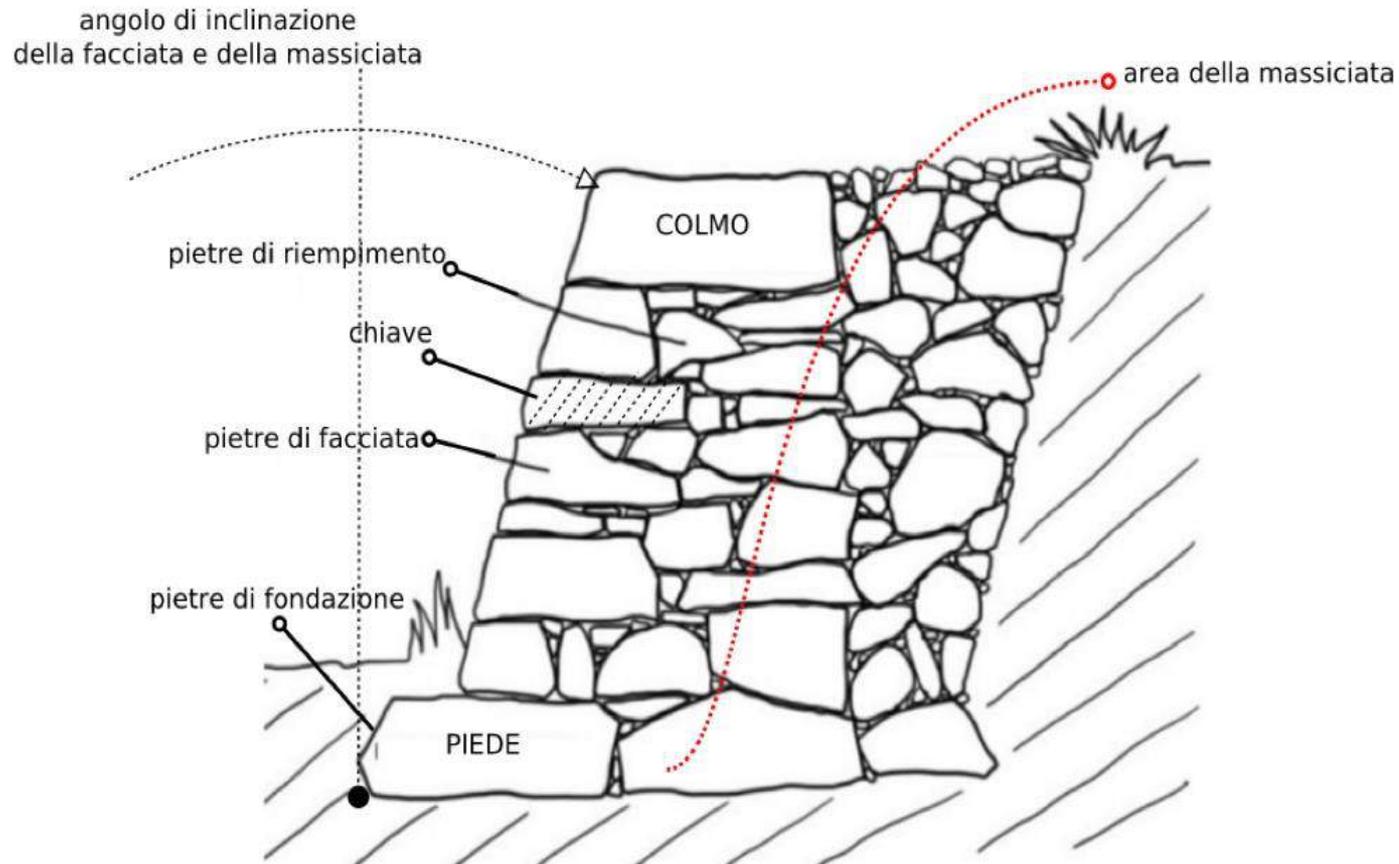
Facciata sul margine della fondazione



a. Elementi strutturali del muro (3)

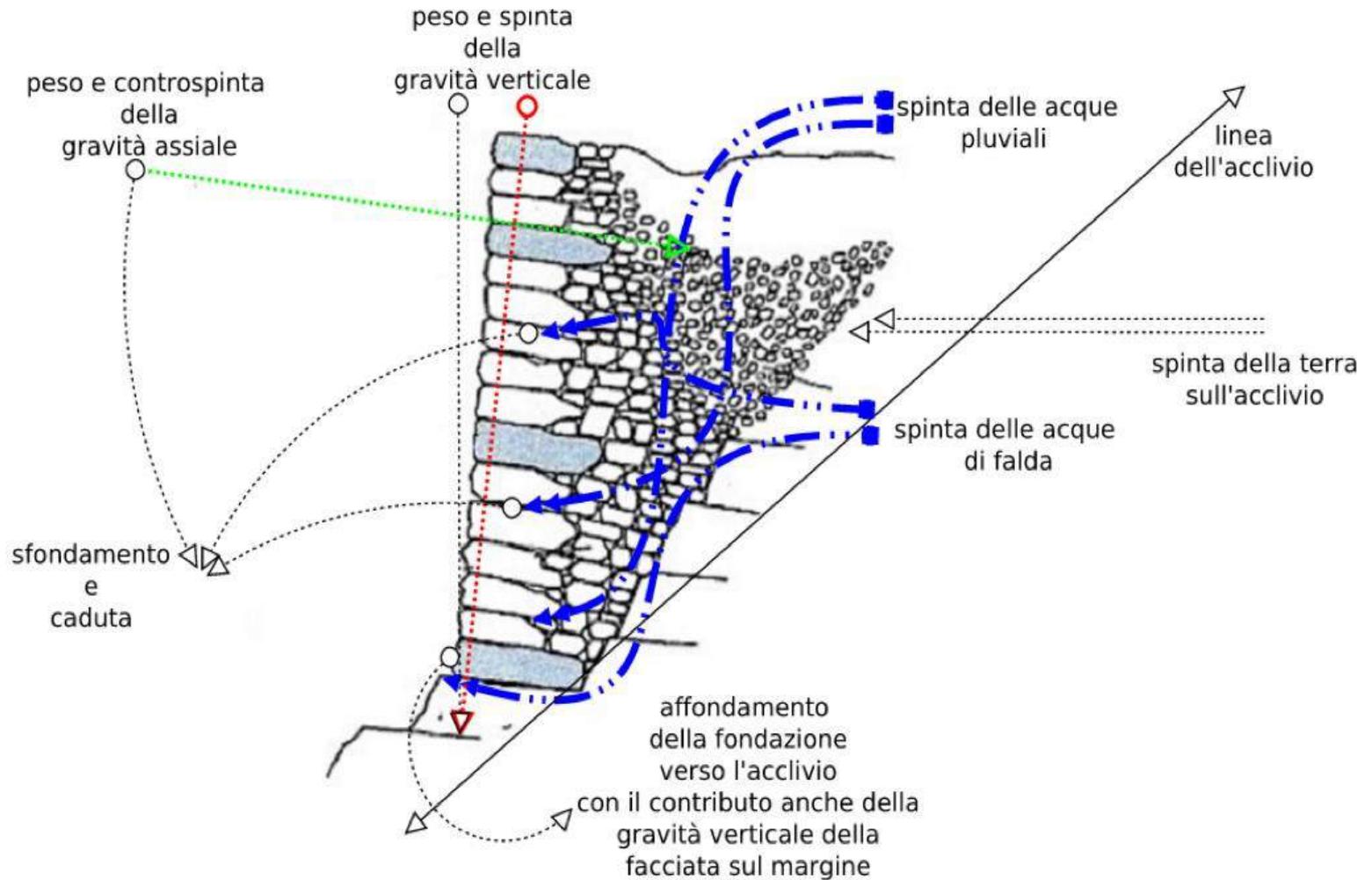
Muro con l'uso della tecnica del piede

Il muro come viene ricostruito da noi



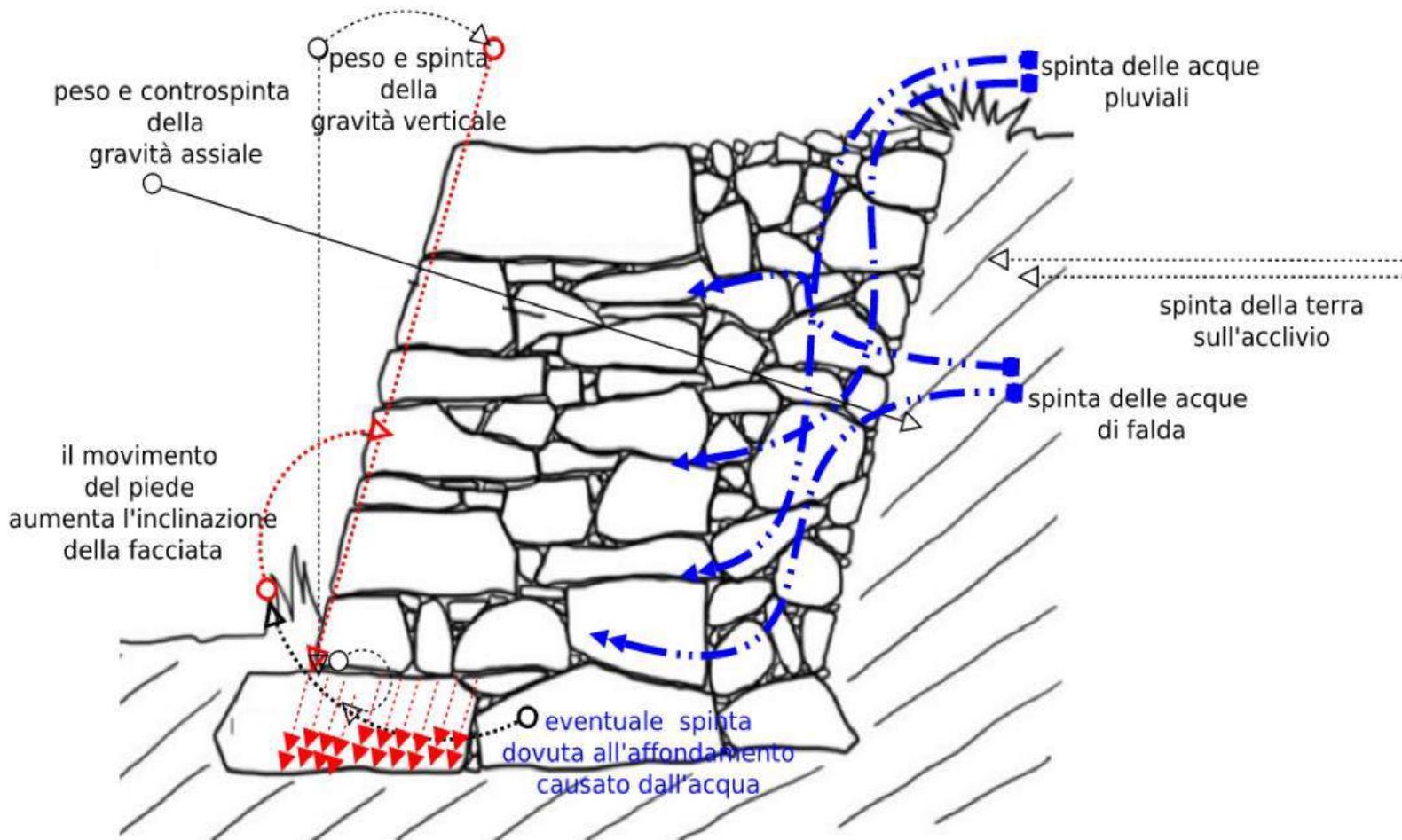
b. Cause del crollo del muro

Meccanica del muro a gravità



c. Meccanica del muro con il piede

Reintroduzione della antica tecnica del piede



d. Principi di resistenza e dissipazione della massciata (1)

La massciata: schema elementare di meccanica delle forze di spinta



d. Principi di resistenza e dissipazione della massciata (2)

Tipi di attrito

- a. **Attrito radente:** quando due corpi strisciano l'uno sull'altro, nel nostro caso l'aderenza di una pietra sulla roccia o su un'altra pietra.
- b. **Attrito volvente:** quando un corpo rotola sulla superficie di un altro, nel nostro caso il crollo di una o più pietre.
- c. **Attrito viscoso:** quando un corpo si muove in un fluido, nel nostro caso la terra nell'acqua.

d. Principi di resistenza e dissipazione della massciata (3)

Definizione

Nella *meccanica del continuo* la dissipazione è una *grandezza estensiva* definita come il *lavoro* di deformazione dello *sforzo di taglio* che causa una conversione di *energia meccanica* in *energia interna*. Corrisponde nella meccanica newtoniana al *lavoro di attrito*: si tratta di una forma di lavoro e non di calore poiché non dipende né direttamente né attraverso una legge costitutiva dalla temperatura.

Definizione della funzione della massicciata

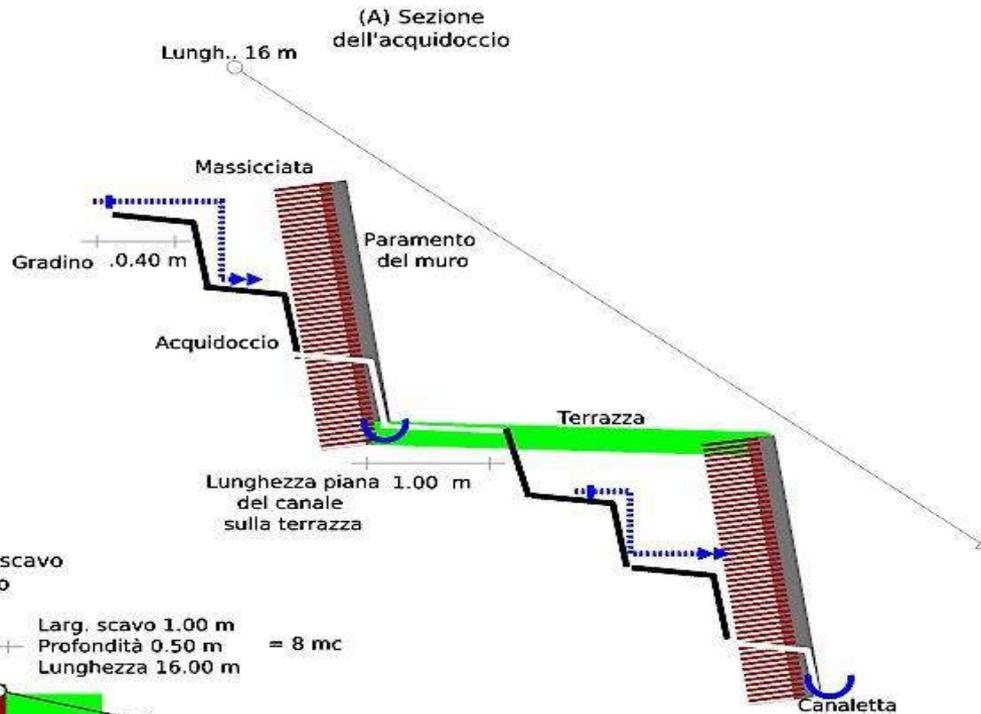
La funzione principale della massicciata, che segue l'inclinazione decisa per la facciata, è quella di **dissipatore delle forze di spinta della terra e di altri agenti di pressione**. Poiché secondo la legge di Pascal ⁽¹⁾, la pressione è da intendersi come una forza per unità di superficie (F/S), **tanto più disuniforme e non estesa è la superficie sulla quale si esercita quella forza**, tanto meno essa tende a far raggiungere il punto critico di rottura della somma dei punti d'attrito della superficie stessa.

(1) Vedi: B. Pascal, Sur l'equilibre des liqueurs, Paris, 1653.

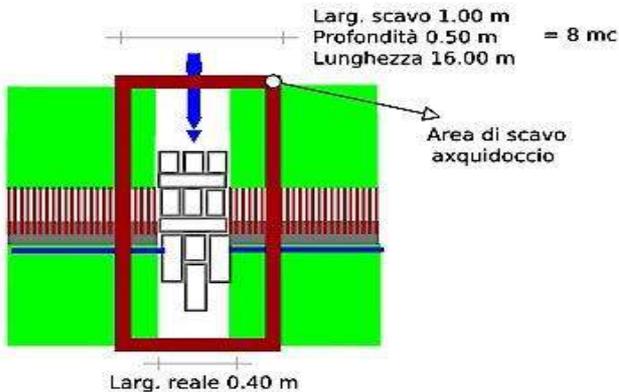
Caso particolare

Acquidoccio e canali di recupero acque

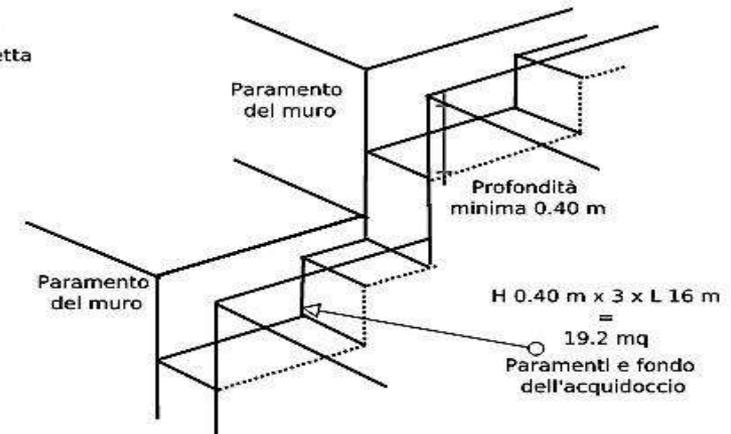
Schizzi dei muri
con acquidoccio



(B) Pianta e area di scavo dell'acquidoccio



(C) Schizzo assometrico dell'acquidoccio



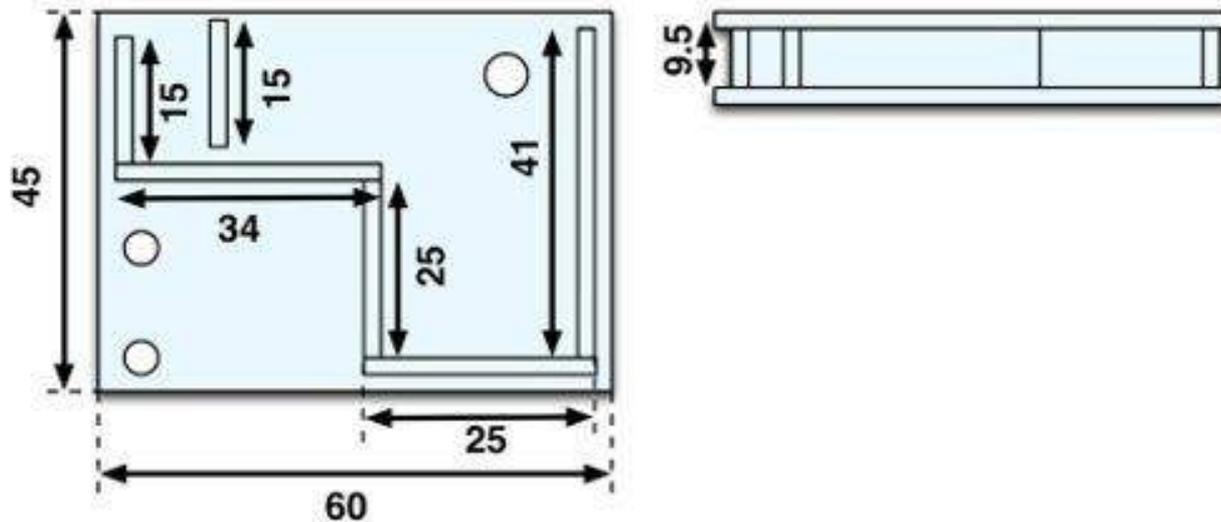
Elementi di un acquidoccio

1. Definizione dell'ampiezza: carico massimo previsto
2. Definizione dei gradini leonardeschi: salti, intrevalli, vasche
3. Definizione dell'inclinazione del fondo
4. Definizione dell'inclinazione dei muri laterali
5. Geometria dell'andamento delle acque: presa e sfogo dell'acqua

Elementi di un acquidoccio (1)

Definizione dell'ampiezza: portata massima previsto

1. Per ogni caso di portata, calcolare la velocità di ingresso, V_1 , dalla portata volumetrica. $V_1 = \dot{V}/(H_1 W)$ dove \dot{V} è la portata volumetrica e W è la larghezza del canale.
2. Valutare il numero di Froude in ingresso () e la $Fr_1 = V_1/\sqrt{gH_1}$ profondità teorica del liquido a valle per ciascun caso (Eqn. 4). Confronta questi valori con le profondità di salto a valle misurate.



A photograph of a construction site. In the foreground, a worker in a blue jacket and white cap is seen from the side, looking towards a stone wall. Another worker in a white shirt and cap is visible behind the wall. A third worker in a blue jacket and cap is on the right, looking towards the wall. The wall is made of rough-hewn stones and has several vertical rebar rods protruding from it. The background shows a steep, rocky hillside with some sparse vegetation.

Parte seconda

Le tecniche costruttive

Sommario (2)

Parte seconda - Le tecniche costruttive

2. Note e appunti sulle tecniche costruttive del muro

- a. Preparazione dell'area cantiere
- b. Verifica della fondazione
- c. Realizzazione della fondazione
- d. Realizzazione di un corso del muro
- e. Realizzazione della testa del muro
- f. Esempio di muro strutturale
 - g. Note su I terreni dell'Eremo di Niasca

a. Preparazione dell'area cantiere (1)

- a. pietre di grossa pezzatura (la cui rimozione richiede molto spesso l'uso di leve);
- b. pietre di media pezzatura che devono essere separate da quelle grandi e quindi possono essere messe ad una certa distanza dallo scavo
- c. pietre ad uso della massiciata (ossia senza una faccia usabile sul paramento esterno) che possono essere medie, medio piccole e piccole – anche questa selezione dovrebbe tener separati questi materiali.

a. Preparazione dell'area cantiere (2)

a. Scenario (1):

Accertarsi che le pietre della fondazione siano:

1. ancora integre;
2. stabili (ferme);
3. inclinate verso monte.

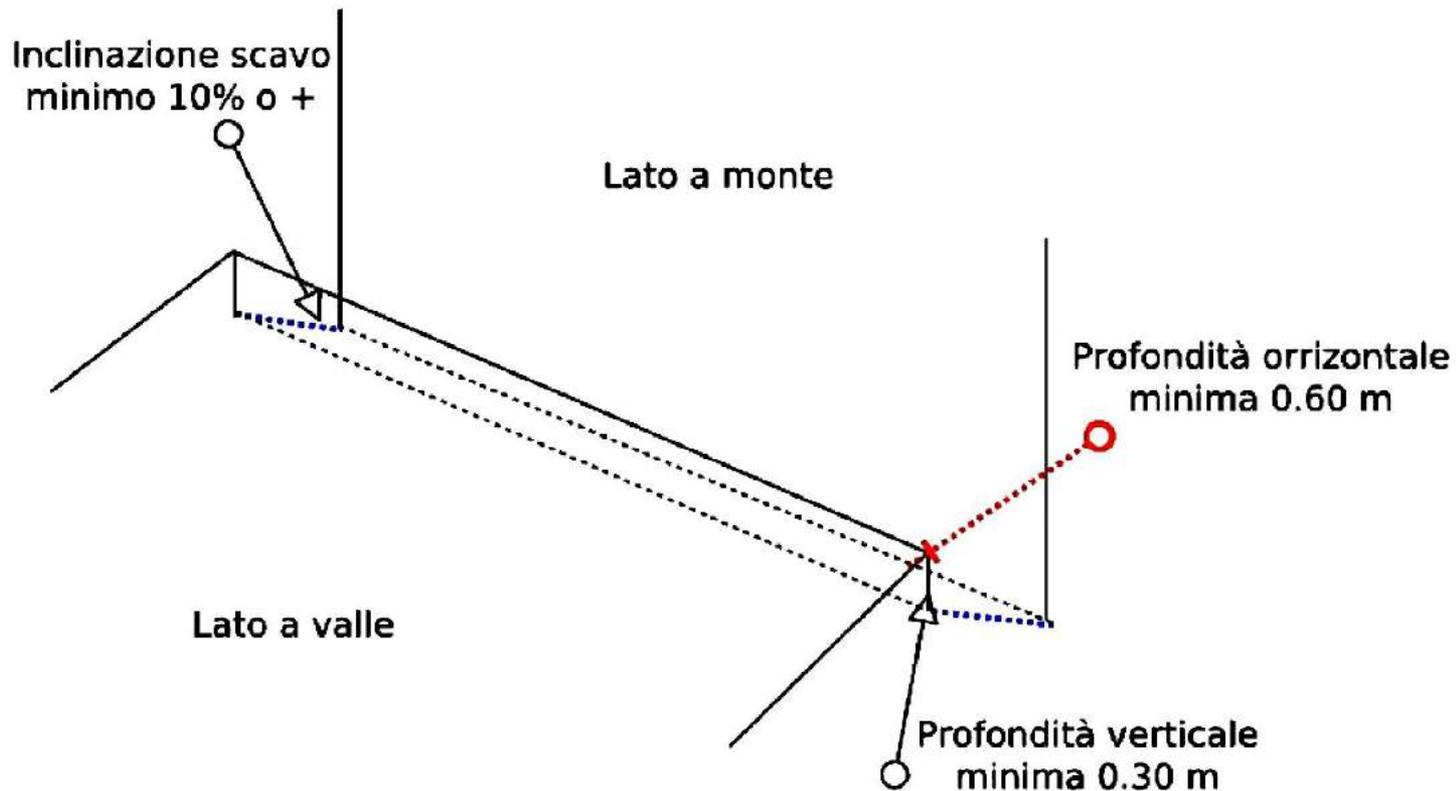
Ciò implica che possiamo costruire sulla fondazione esistente il ripristino del muro.

- a. Preparazione dell'area cantiere (3)
- b. Scenario (2) - la verifica conclude che:
 - 1. le pietre non sono integre
 - 2. le pietre sono instabili
 - 3. le pietre sono o conficcate verticalmente nella terra o sono allineate all'acclivio.

Ciò implica che dobbiamo estrarre tutte le pietre e rifare la fondazione ex novo.

3. Realizzazione della di fondazione (1) Lo scavo

Schema di una fondazione



. Realizzazione della fondazione (2) Lo scavo - Esempio



Realizzazione della fondazione (3)

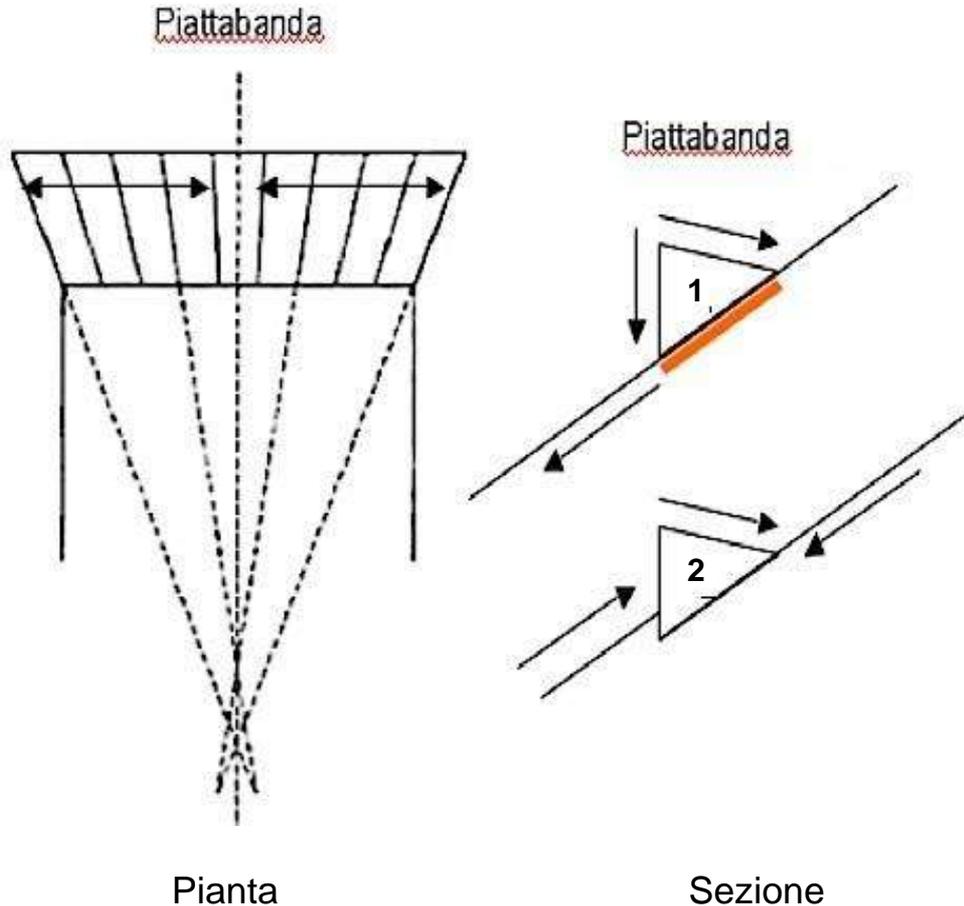
Lo scavo

Nella realizzazione dello scavo possiamo andare incontro ad almeno a tre tipologie di terreno:

- a. troviamo solo roccia (normalmente inclinata verso valle);
- b. troviamo roccia e terra;
- c. troviamo solo terra.

Realizzazione della fondazione (4)

Lo scavo - Caso (a): troviamo roccia con forte acclivio



Siamo costretti a creare con le pietre a taglio un piano inclinato sulla roccia, usando la piattabanda, ossia un arco a sesto sbassato, dunque un arco a freccia nulla.

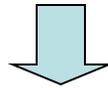
1 .Metodo a pressione superficiale.

2. Metodo a incastro

Realizzazione della fondazione (5)

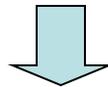
Lo scavo - Caso (b): troviamo roccia e terra

x - La roccia si trova sulla parete di scavo



si costruisce seguendone la morfologia

y - La roccia si trova sul piano di fondazione



sarà necessario lavorare con la mazza per raggiungere la necessaria inclinazione

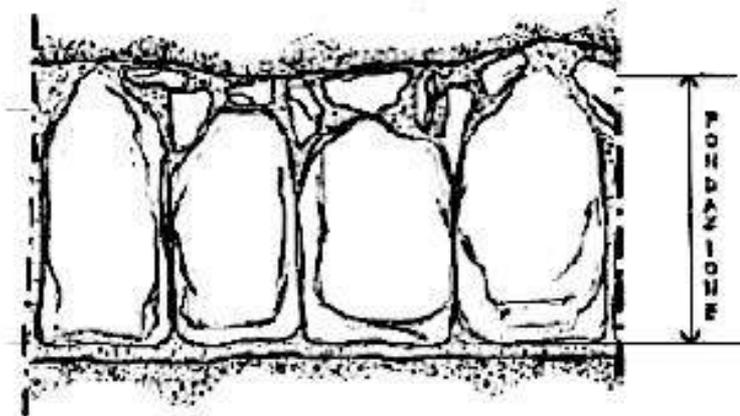
Realizzazione della fondazione (6)

Lo scavo - Caso (c): troviamo terra

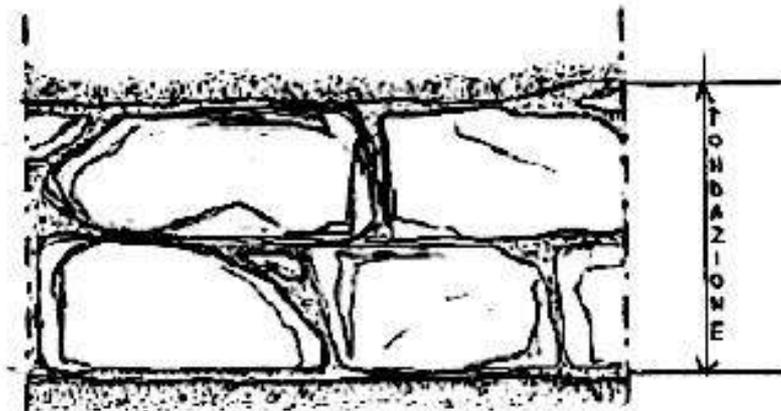
Se alla profondità di ***trenta centimetri non si è ancora trovata una terra compatta a sufficienza*** sarà necessario andare ad una profondità ulteriore. Infatti posare la fondazione sulla terra morbida è determinare la certezza del fallimento statico del muro stesso.

Realizzazione della fondazione (7)

Posa delle pietre di fondazione



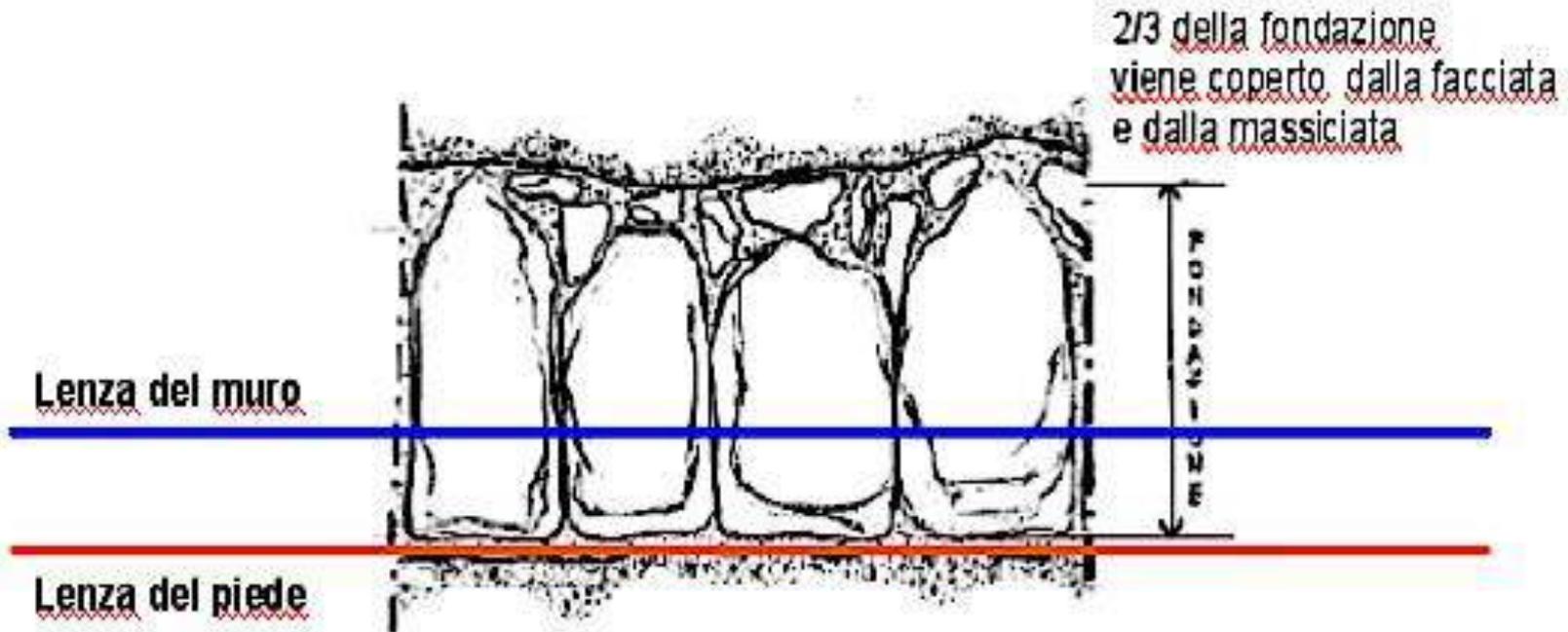
Posa corretta



Posa errata

Realizzazione della fondazione (8)

Definizione del *piede di fondazione*



Realizzazione della fondazione (9)

Esempio di fondazione con dislivelli



Realizzazione della fondazione (10)

Esempio di piede di fondazione



4.Posa delle pietre di facciata e massiciata (1)

La calandra o i calandri - a

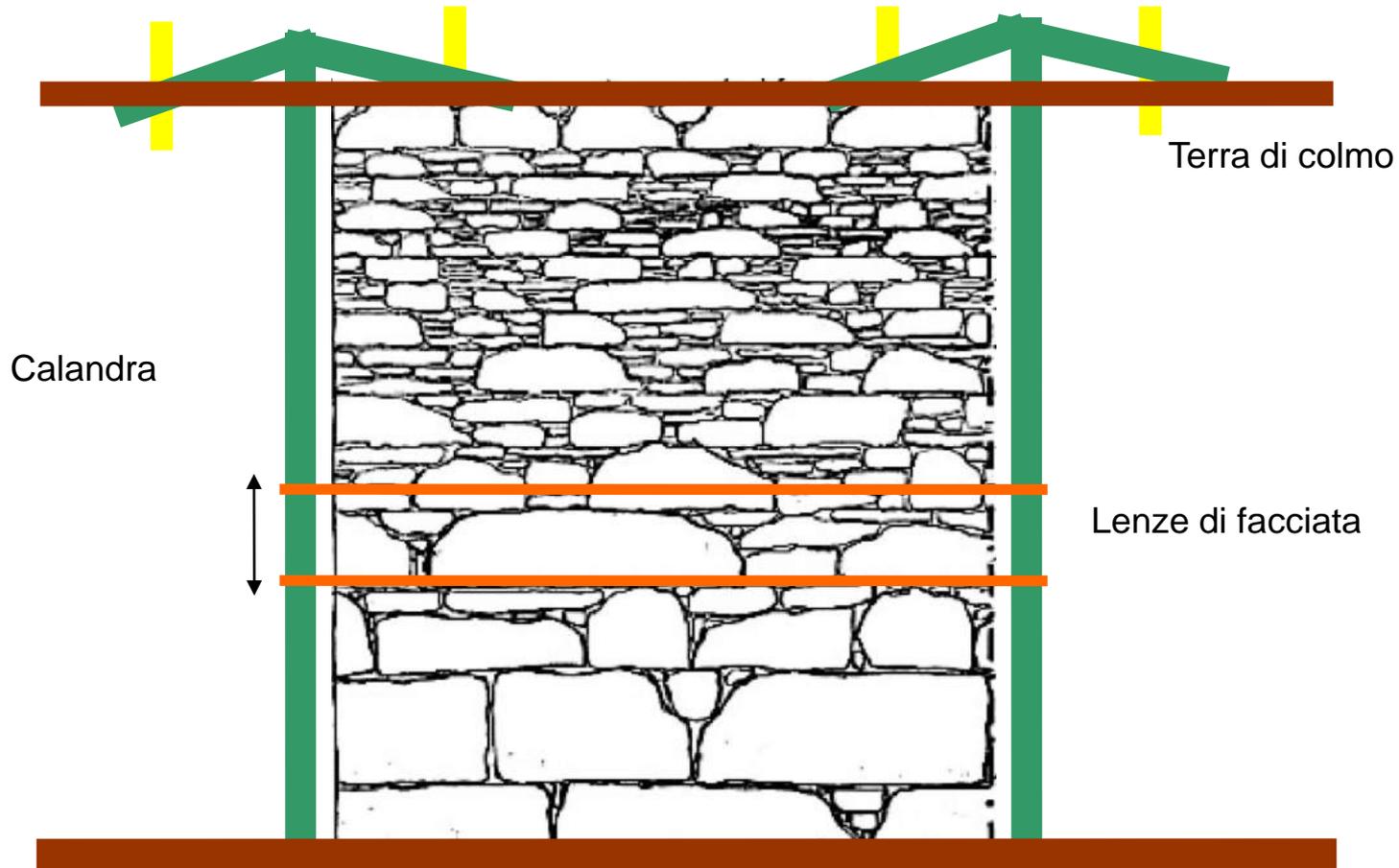
Prima di posare qualsiasi pietra di facciata è necessario costruire la calandra. Questo sistema determina:

- a. L'inclinazione del muro che da una base del 10% può arrivare al 17-20 % dipendentemente dall'altezza:
- b. Con l'aiuto delle lenze di facciata si controlla l'allineamento orrizzontale delle pietre e ci consente, creando un piano tra le due, di traguardare dall'alto la posizione della singola pietra.
- c. Le lenze seguono l'inclinazione della calandra e quindi si è obbligati a posare le pietre secondo quella regola.

Posa delle pietre di facciata e massiciata (2)

La *calandra* o i *calandri* - b

Ancore e picchetti



Terra di colmo

Calandra

Lenze di facciata

Terra di base

Posa delle pietre di facciata e massiciata (3)

Realizzazione dei corsi - a

a. il primo corso, e a volte anche il secondo, devono essere realizzati con pietre di grande dimensione: (1) perché questi corsi sostengono il massimo carico; (2) perché sarà difficile alzare a mano quel tipo di pietre ai corsi superiori;

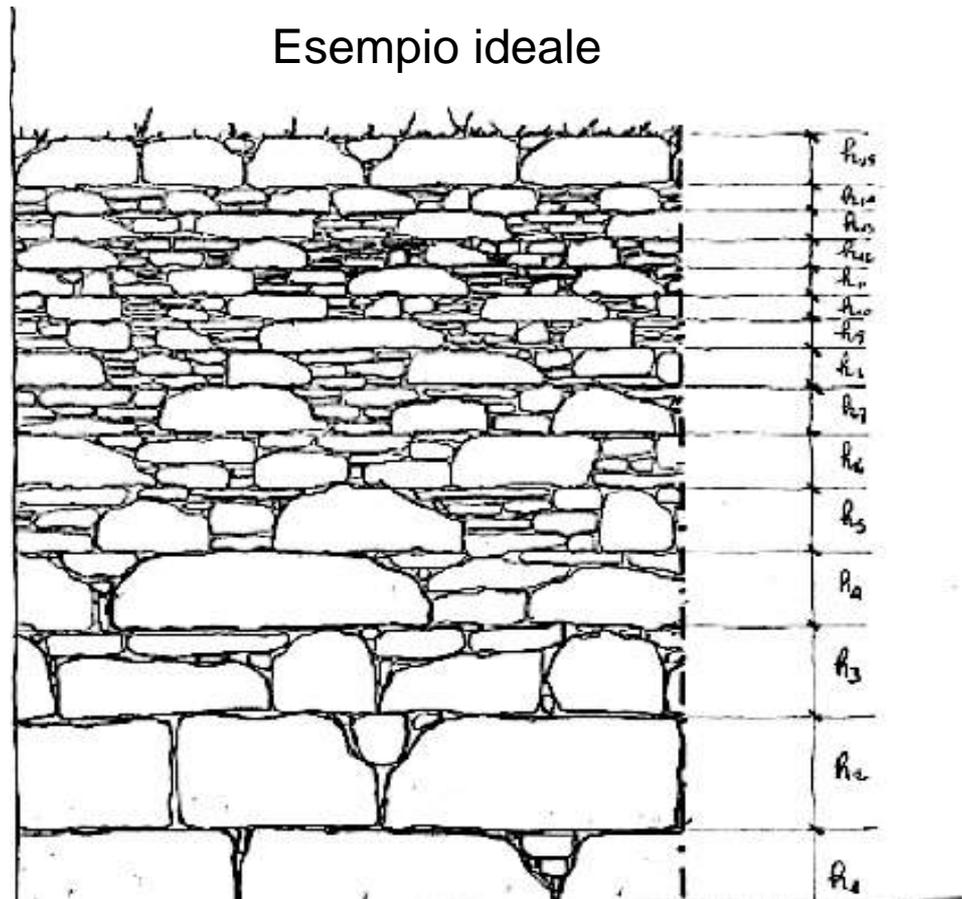
b. la cernita delle pietre di facciata deve essere effettuata considerando la faccia geometricamente più regolare della latitudine della pietre stesse;

c. la posa deve essere sempre essere fatta con il metodo 2+1 che vuol dire che la pietra superiore deve interrompere la frattura che esiste tra le due inferiori; in tal modo si evita di generare le cosiddette gemmelle e al contempo non si allunga la frattura tra i corsi, cosa che può ingenerare una debolezza statica del muro stesso.

d. Le pietre di massiciata vanno posate e allineate al corso in opera e non gettate , in quanto sono queste ultime che devono svolgere il lavoro di dissipazione delle forze di spinta dell'acclivio naturale.

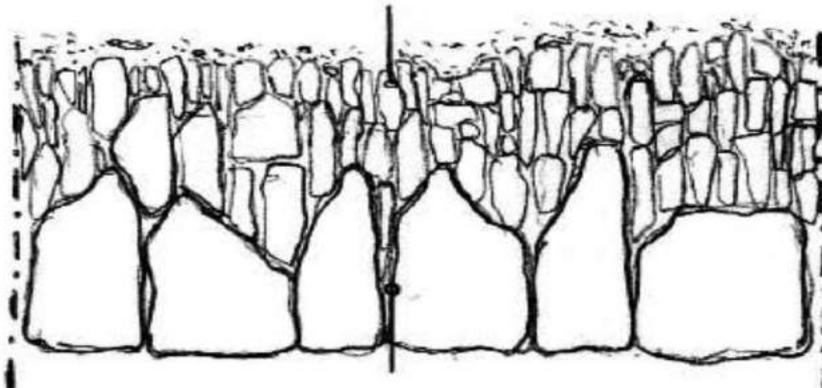
Posa delle pietre di facciata e massiciata (4)

Realizzazione dei corsi - b

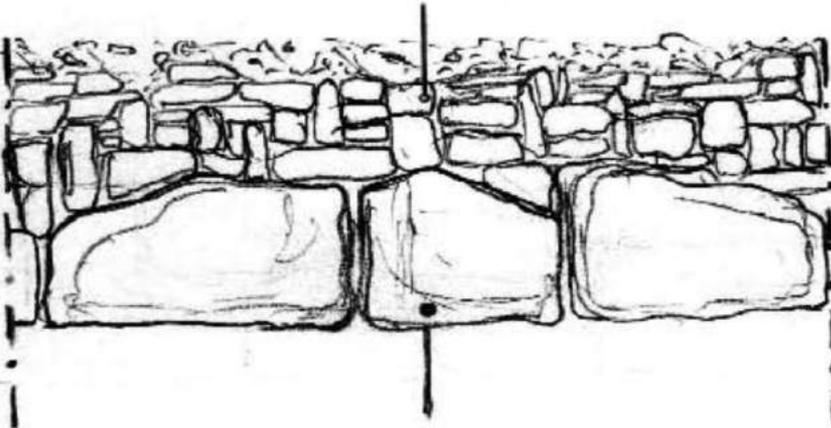


Posa delle pietre di facciata e massiciata (5) Realizzazione dei corsi - c

La posa delle pietre di facciata è dipendente da quella delle pietre di massiciata in quanto le prime si appoggiano sulle seconde. Perciò la massiciata deve seguire un andamento simile a quello della facciata:



Posa Corretta



Posa Errata

Posa delle pietre di facciata e massciata (6)

Realizzazione dei corsi - d

Il principio detto 2+1 e la scelta della **faccia**



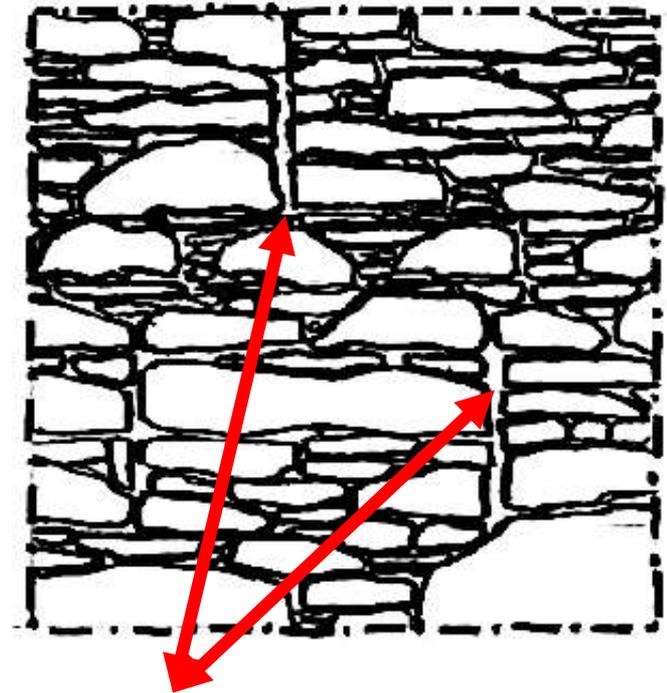
Posa delle pietre di facciata e massiciata (7) Realizzazione dei corsi - e

Le fratture



Nessuna frattura

Corretto

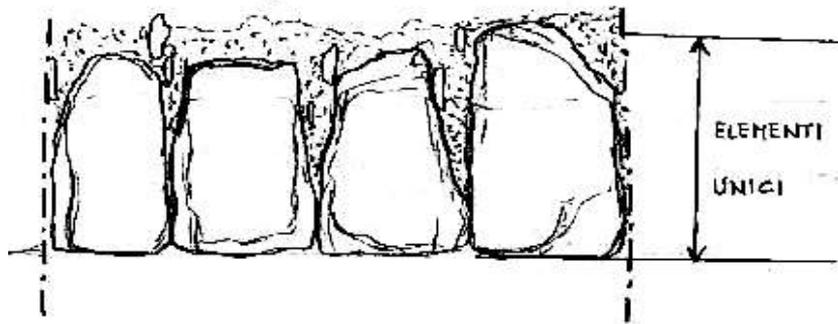


Fratture continue

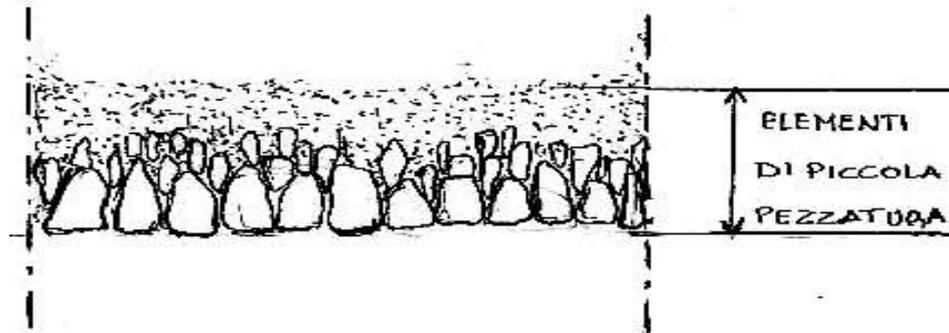
Errato

5. Posa delle pietre di colmo

La situazione ideale del colmo è quella in cui pietre di media-grande dimensione chiudono la sommità del muro e della massiciata. Così che avremo due possibili situazioni:



Corretto



Errato

Nota sui muri strutturali



Nota sui terreni di Niasca (1)

Il suolo a diverse scale



Nota sui terreni di Niasca (2)

Caratteristiche del versante e del suolo

- Presenza di roccia affiorante e suolo (profondità bassa)
- Suscettività al dissesto elevata e media
- Pendenza media di circa 50%
- Tessitura argillo-sabbiosa
- Alta capacità drenante
- Buona resistenza al collasso

Nota sui terreni di Niasca (3)

Tipici cigli inerbiti della valle di Niasca



Grazie per l'attenzione!