

**L'Ingegneria Naturalistica  
nel Contrasto al Dissesto Idrogeologico e nella Difesa delle Coste  
in Ambito Mediterraneo  
GIORNATA di STUDIO**

**Venerdì 18 Maggio 2018, ore 9:00**

**SALA ANTONELLI c/o HOTEL SAVOY di PESARO**

**Viale della Repubblica, 22**



Via Venezia, Cagli (PU)

Archivio Fotografico di Alta Scuola,  
ph E. Martini



Eremo di Fonte Avellana

"Archivio fotografico Provincia di Pesaro e Urbino  
ph A. Gamberini"



Campo sperimentale di I.N.  
JemBuild (Albano Laziale)

Archivio Fotografico di JemBuild  
ph E. Marrone

# GLI EFFETTI DELLA VEGETAZIONE SULLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA SUPERFICIALE

**Ing. Giuseppe CARDILE**  
Università Mediterranea  
di Reggio Calabria

[giuseppe.cardile@unirc.it](mailto:giuseppe.cardile@unirc.it)

con il patrocinio di



#ItaliaSicura  
Presidenza del Consiglio  
dei Ministri



Unione Montana  
Catria e Nerone



evento in convenzione, partecipazione e sostegno con



Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
di Pesaro e Urbino





E COMED



JemmBuild

# GLI EFFETTI DELLA VEGETAZIONE SULLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA SUPERFICIALE

Pesaro, 18 Maggio 2018

*L'Ingegneria Naturalistica nel contrasto al Dissesto Idrogeologico e nella difesa delle Coste in Ambito Mediterraneo*

Ing. Giuseppe CARDILE – [giuseppe.cardile@unirc.it](mailto:giuseppe.cardile@unirc.it)  
Università *Mediterranea* di Reggio Calabria





1 Ottobre 2009, Giampilieri (Messina)  
37 Morti  
50 Milioni di Euro di interventi necessari

## FRANE SUPERFICIALI COLATE DETRITICHE

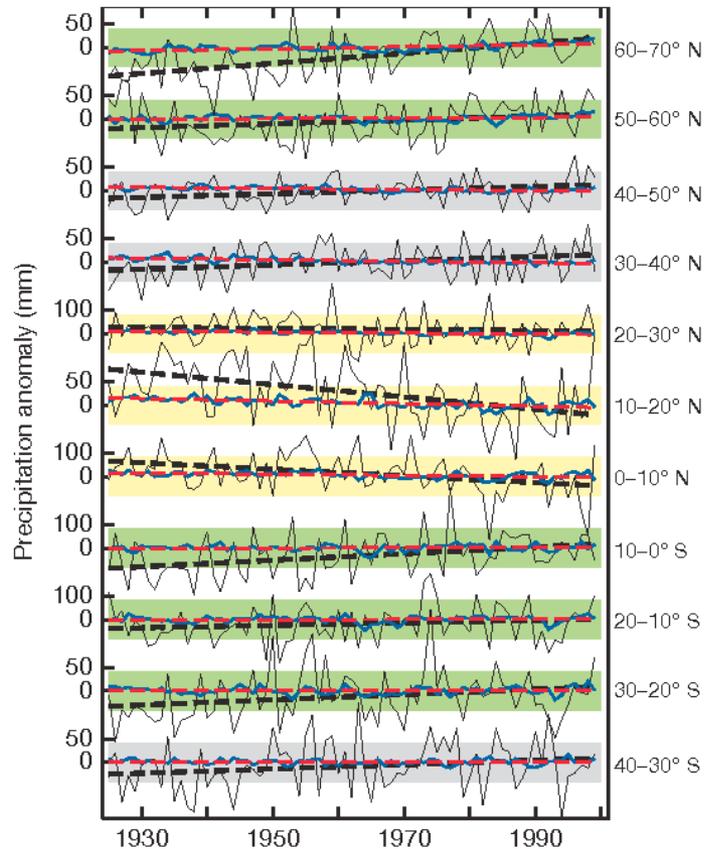
- alto *potere distruttivo*
- *velocità* molto elevata
- mancanza di *preavviso*
- difficoltà nel *monitoraggio*

## MITIGAZIONE





*“Per rendere reale la parola sostenibile dobbiamo offrire alle comunità le conoscenze e gli strumenti per difendere sé stesse.” (Ikal Angelei, vincitrice del Goldman Prize 2012)*



Zhang et al. (2007)

**NECESSITÀ DI INTERVENTI SOSTENIBILI**



## AUMENTO DELLA RESISTENZA AL TAGLIO

Azione di Tipo  
GEOMECCANICO

Rinforzo  
terreno

Ancoraggio

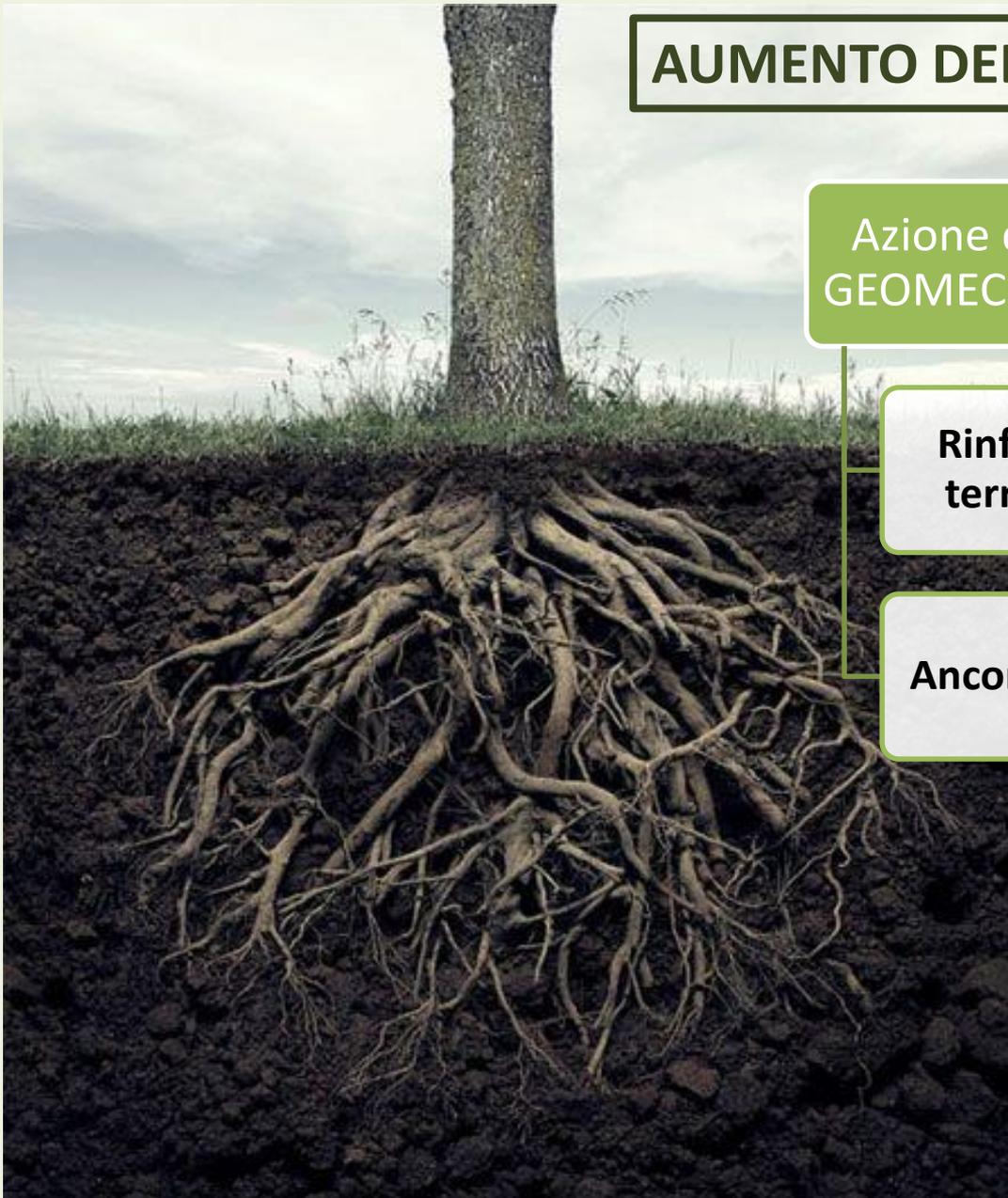
Azione di Tipo  
IDROLOGICO

Diminuzione  
grado di  
saturazione

Assorbimento,  
traspirazione ed  
evaporazione

Intercettazione  
delle piogge

Regolazione  
dell'infiltrazione





## POSSIBILI ASPETTI NEGATIVI

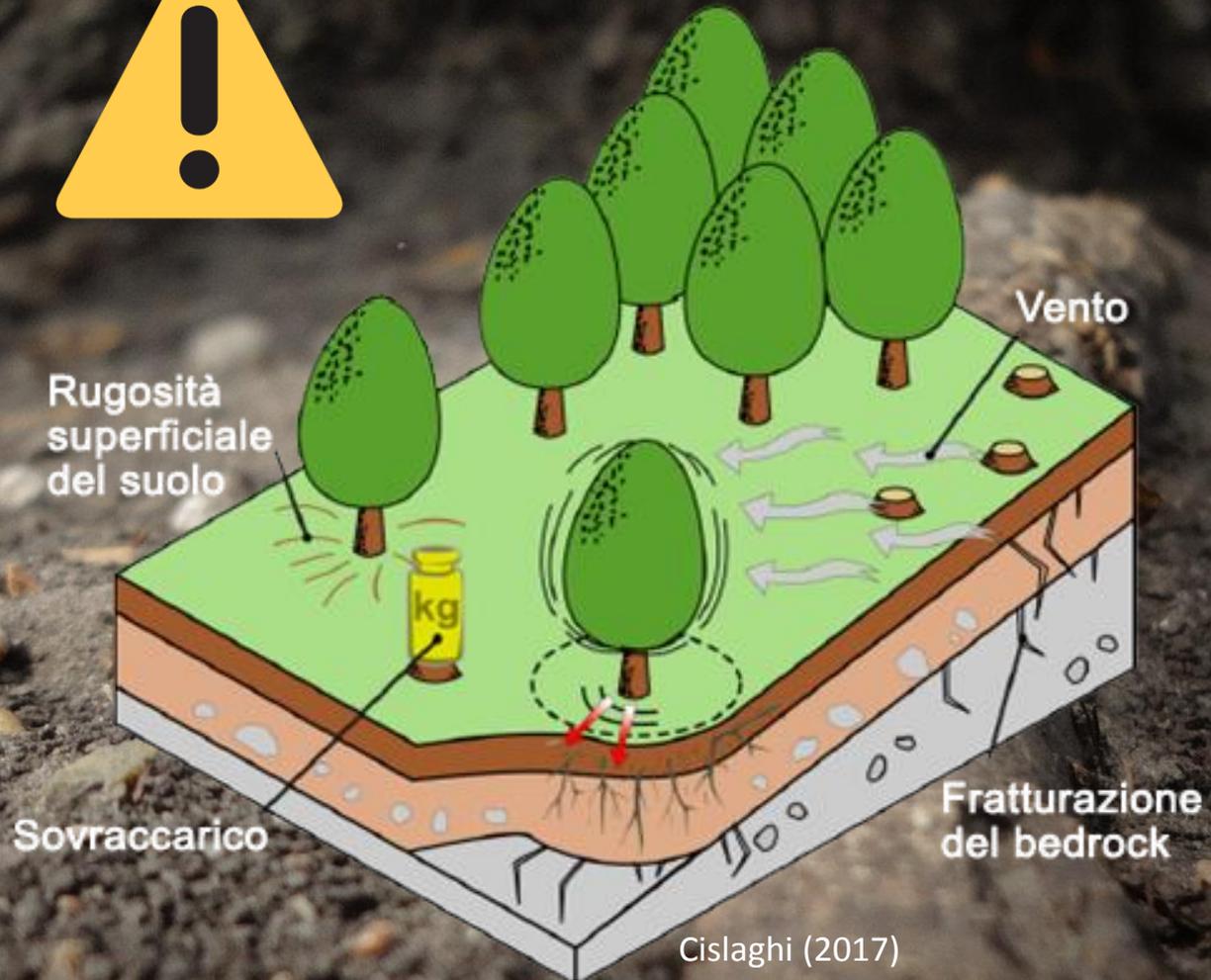
Possibile aumento della capacità di infiltrazione

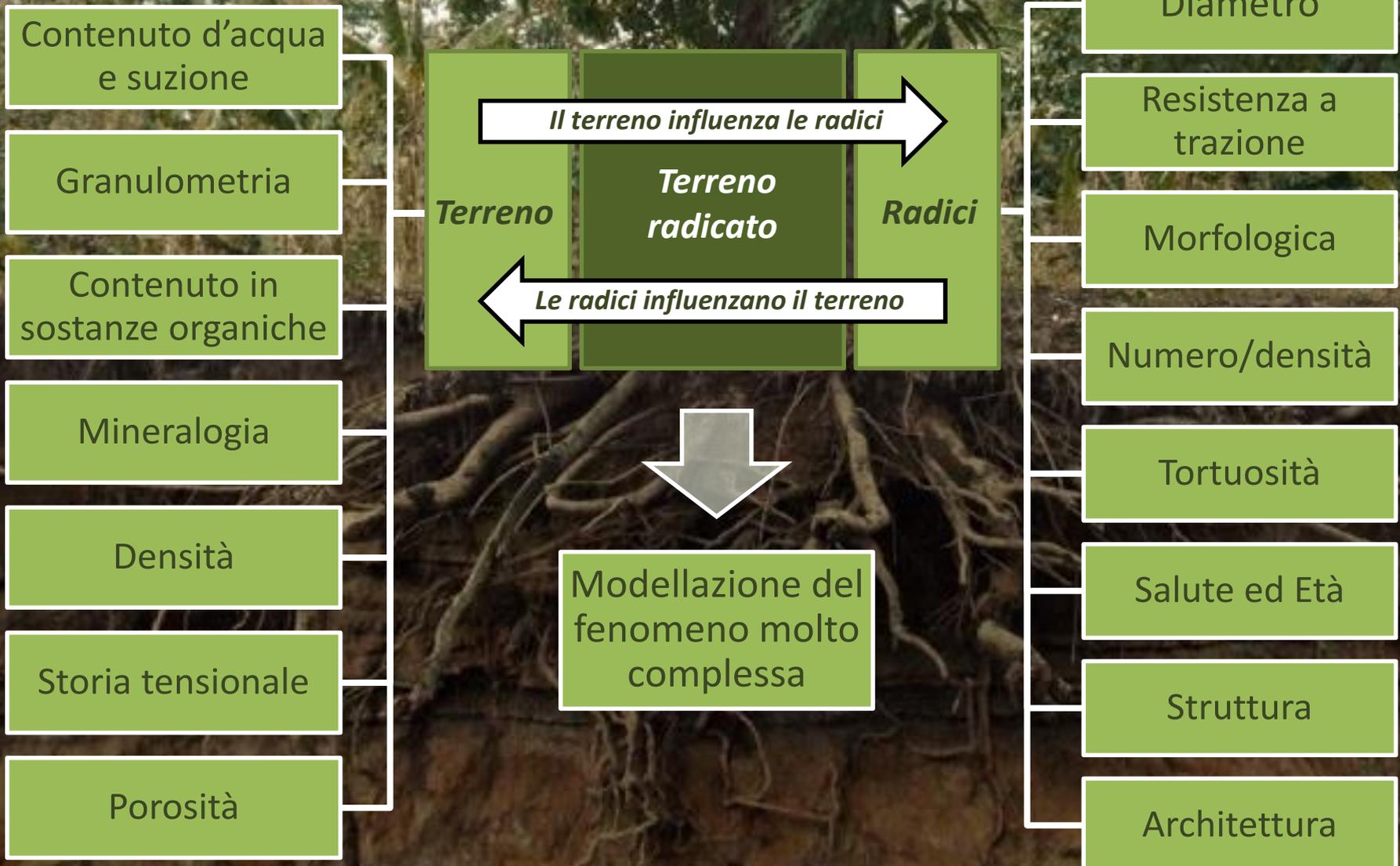
Incremento delle fessure per disseccamento

Sovraccarico dovuto al peso degli alberi

Trasmissione forze dinamiche dovute al vento

Incremento della rugosità superficiale







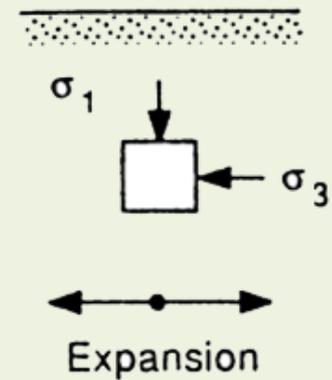
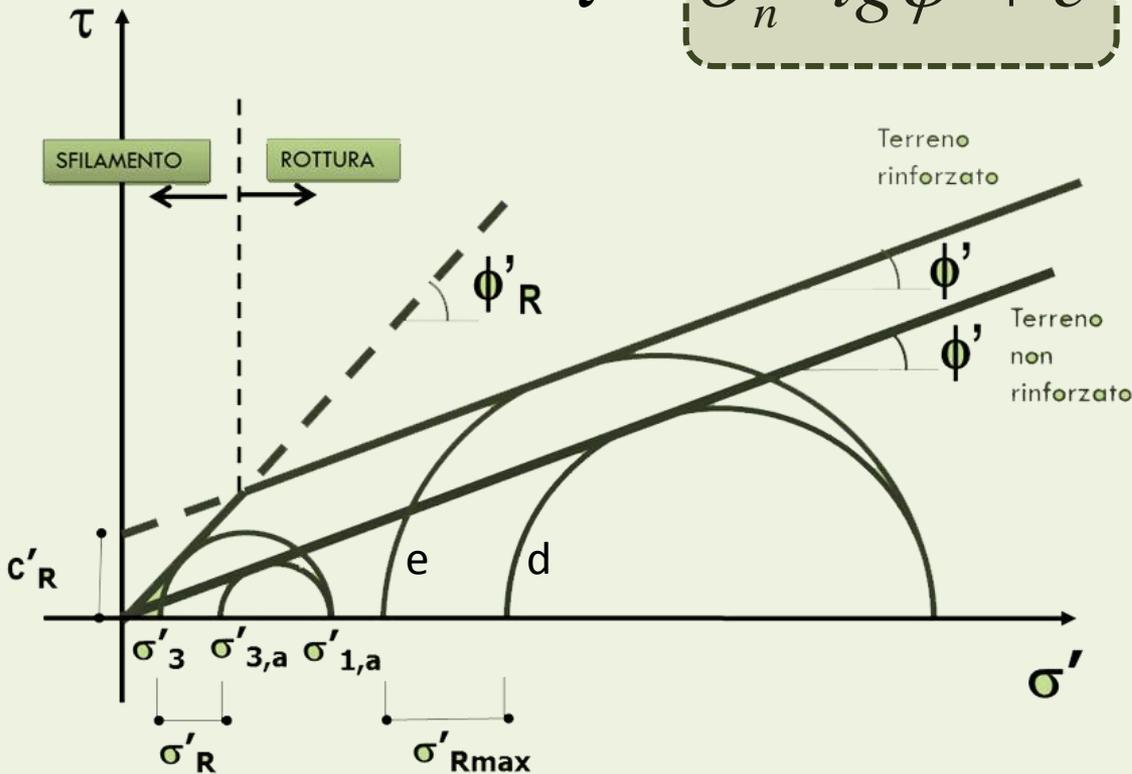
# COMPORTAMENTO TERRENO RINFORZATO

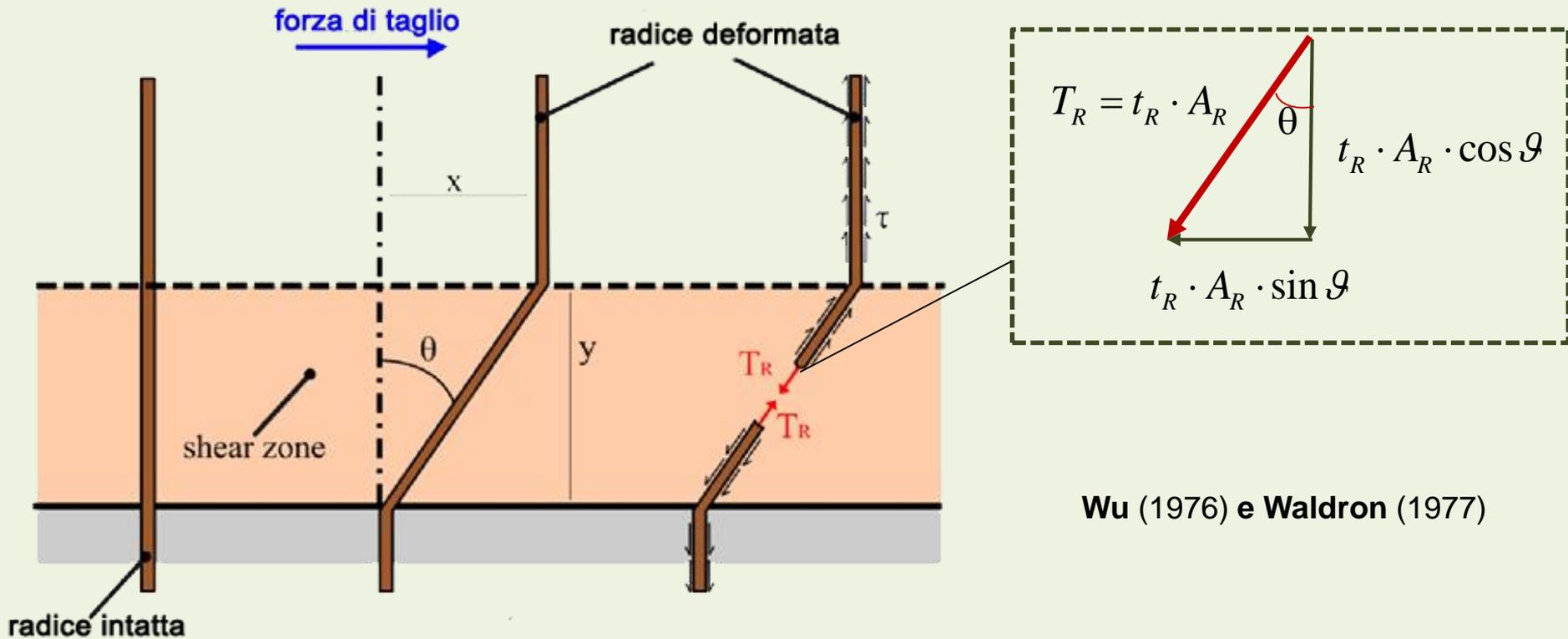
CONTRIBUTO TERRENO



CONTRIBUTO RADICI

$$\tau = \sigma'_n \cdot \operatorname{tg} \phi' + c' + c'_R$$





$$c'_R = \left[ t_R A_R (\sin \vartheta + \cos \vartheta \tan \phi') / A \right] = \left[ t_R (\sin \vartheta + \cos \vartheta \tan \phi') \right] \cdot (A_R / A)$$

$k''$  Fenomeni di rottura progressiva

Considerando  $N$  classi di diametro differente

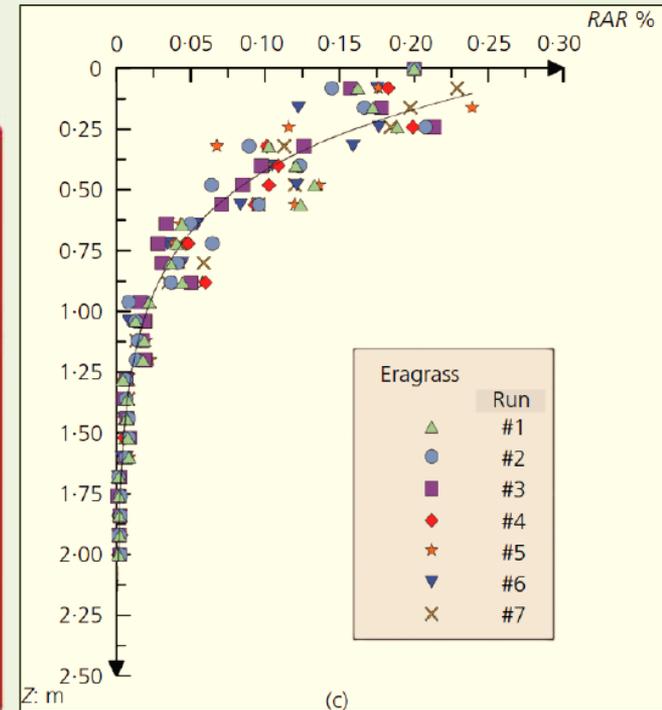
$$\bullet \cdots \rightarrow c'_R = 0,5 \cdot k' \cdot \sum_{i=1}^N \left[ t_{R_i} \cdot \frac{A_{R_i}}{A} \right]$$

$k' \cong 1.2$



z

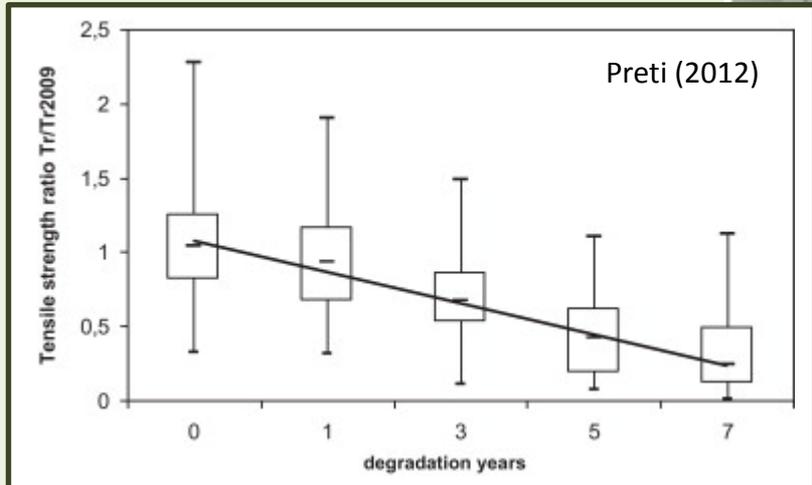
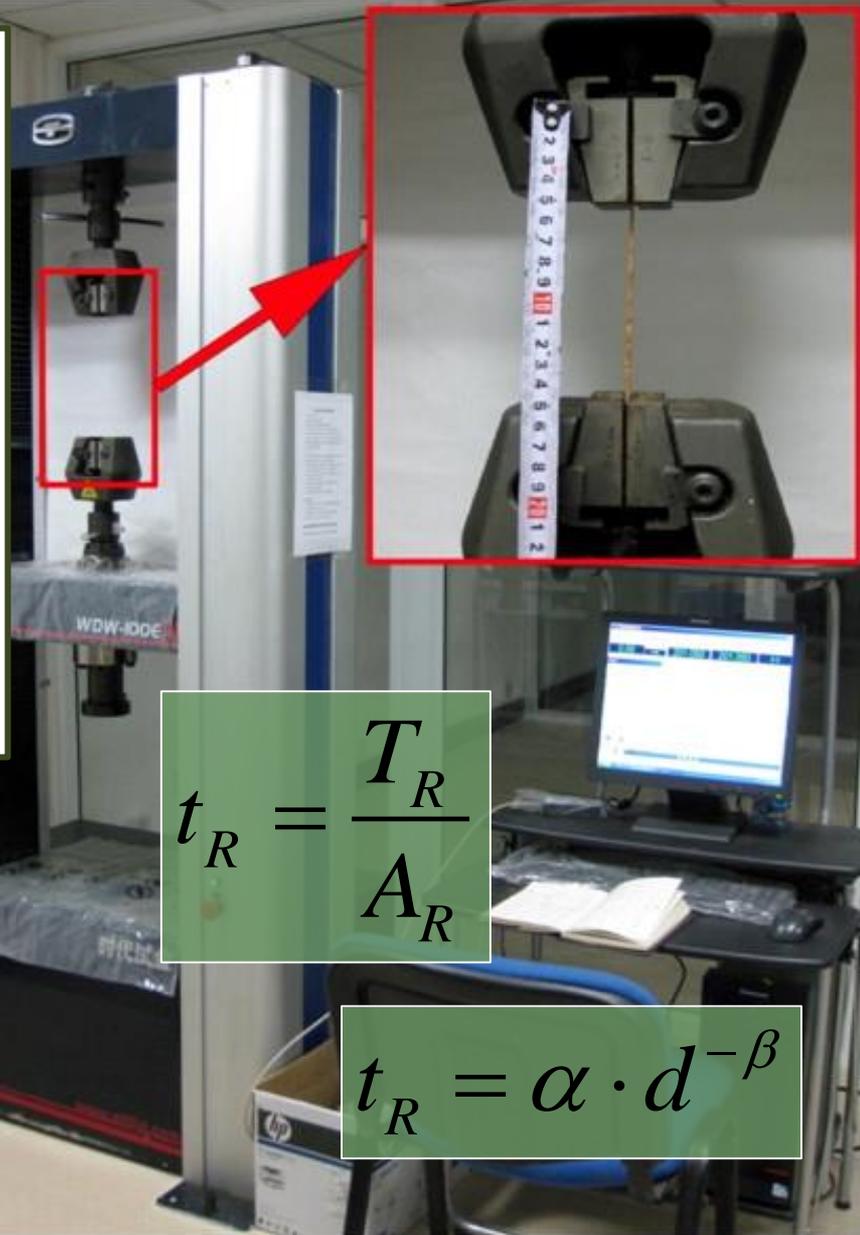
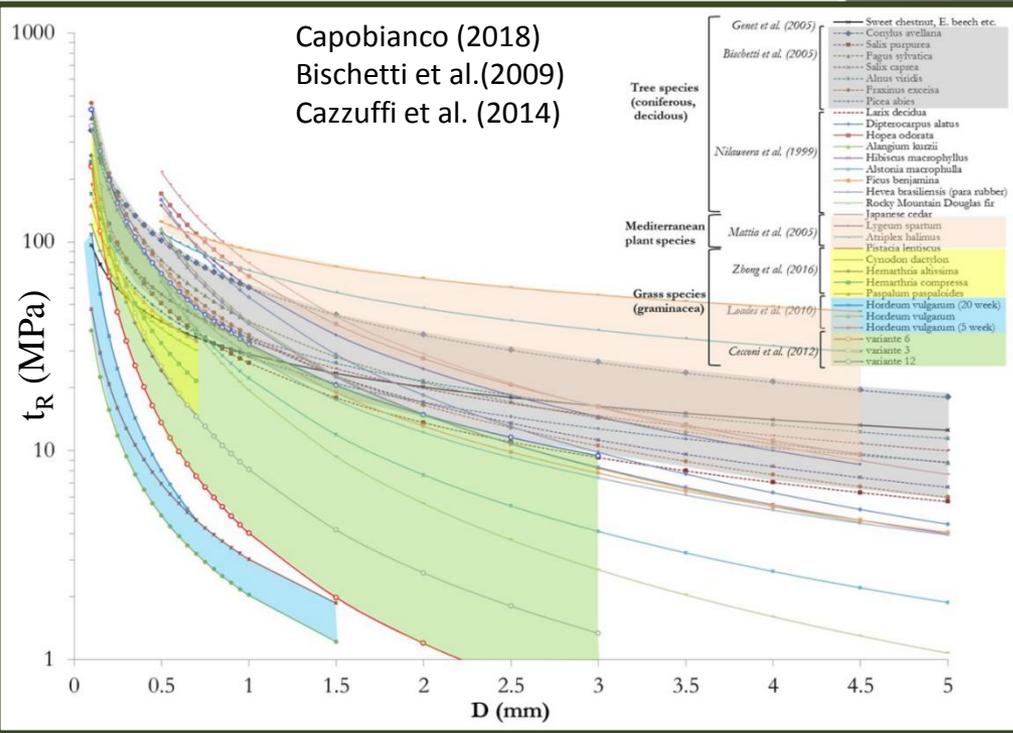
$$RAR(z) = \frac{A_{R_i}}{A}$$



Epis (2010)



Capobianco (2018)  
Bischetti et al.(2009)  
Cazzuffi et al. (2014)



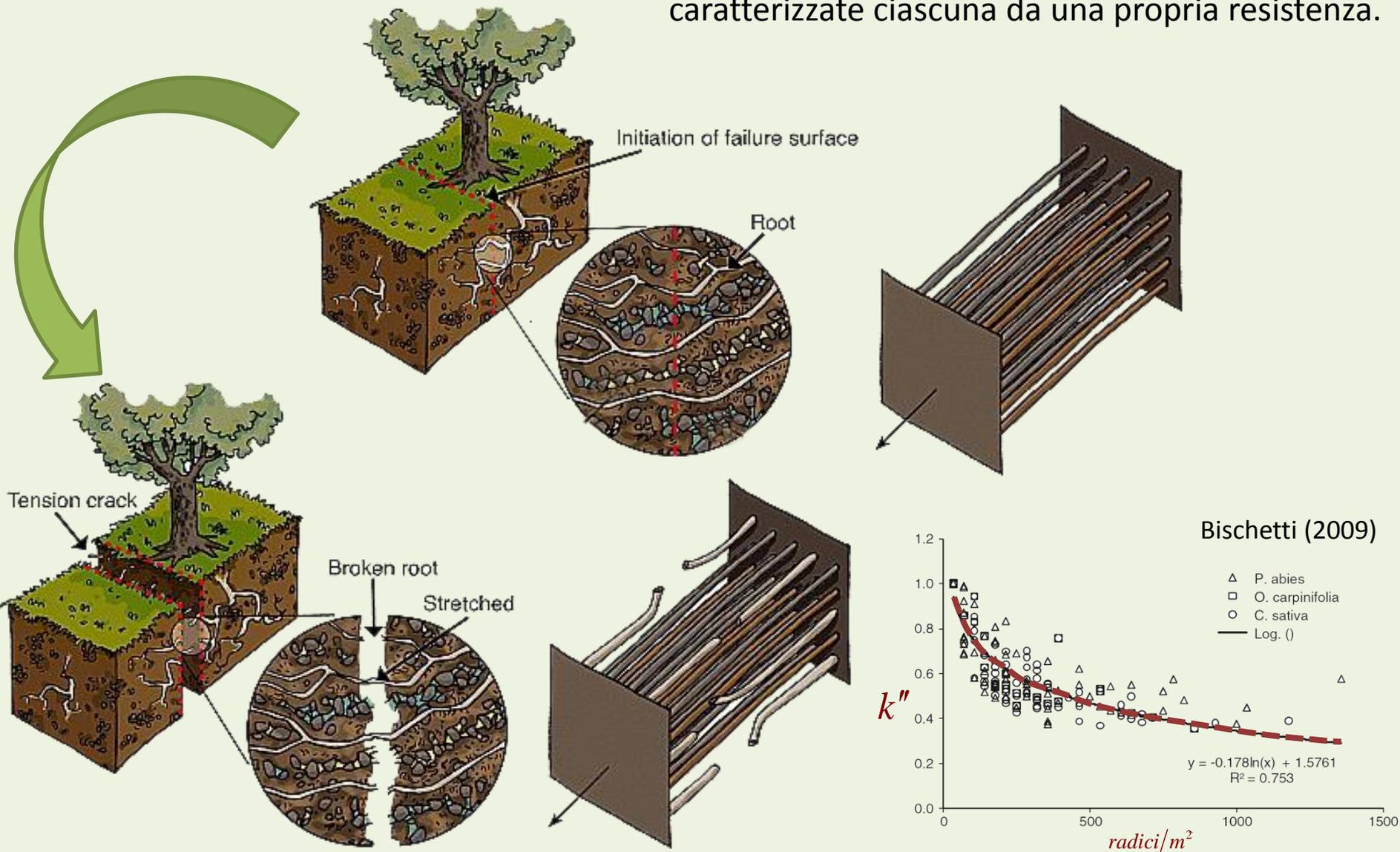
$$t_R = \frac{T_R}{A_R}$$

$$t_R = \alpha \cdot d^{-\beta}$$



Pollen e Simon (2005)  
Cohen, D., et al. (2009)

L'impiego del **Fiber Bundle Model (FBM)** assume le singole radici come **elementi appartenenti ad un fascio di fibre**, caratterizzate ciascuna da una propria resistenza.

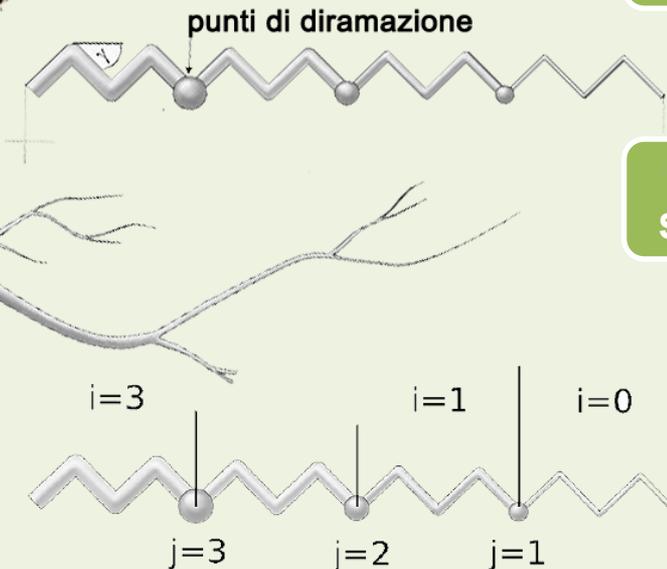
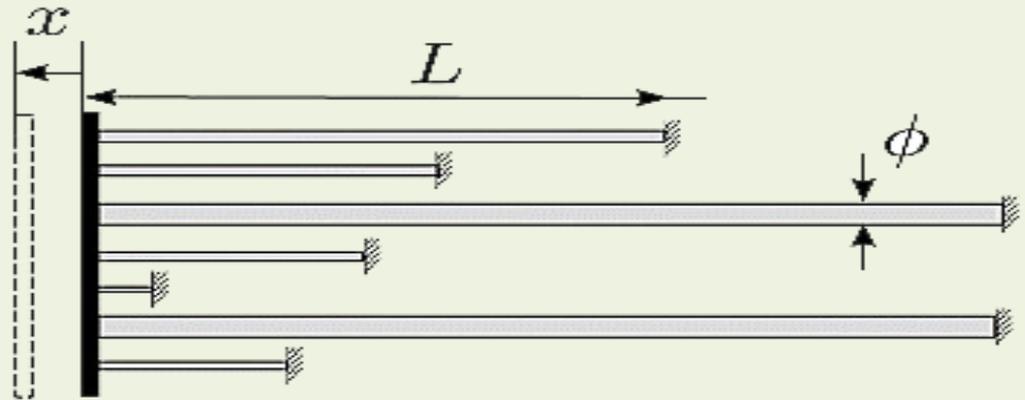
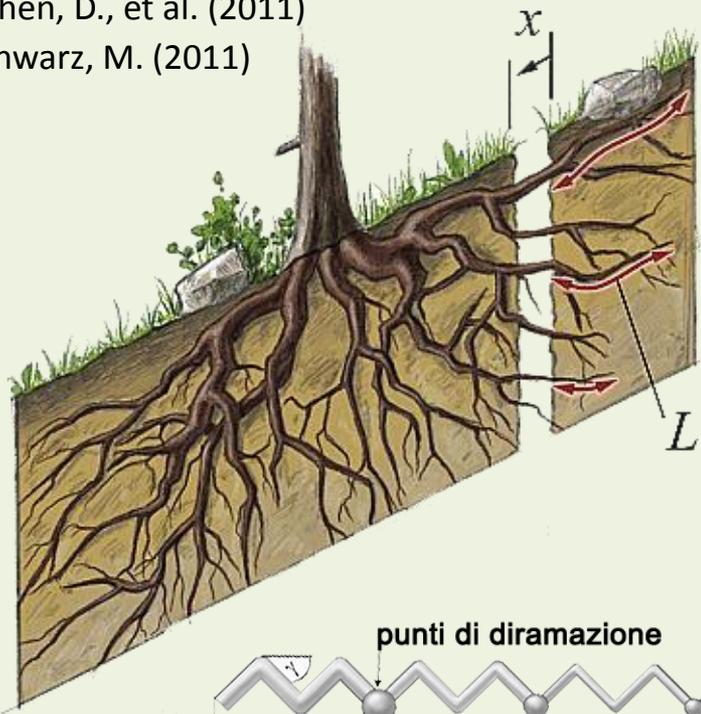




Schwarz, M., et al. (2010)

Cohen, D., et al. (2011)

Schwarz, M. (2011)

Resistenza allo  
sfilamentoResistenza a  
trazione

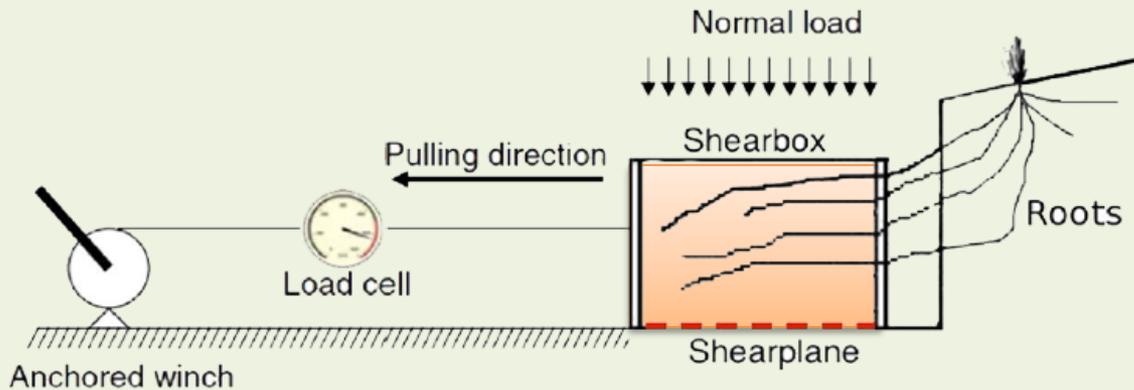
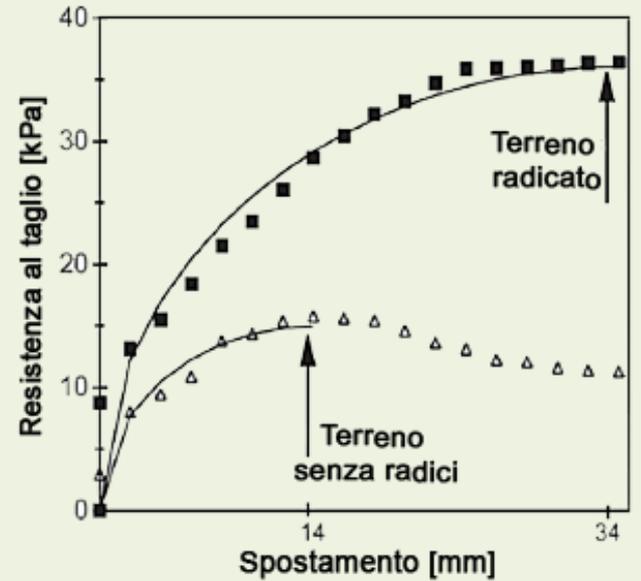
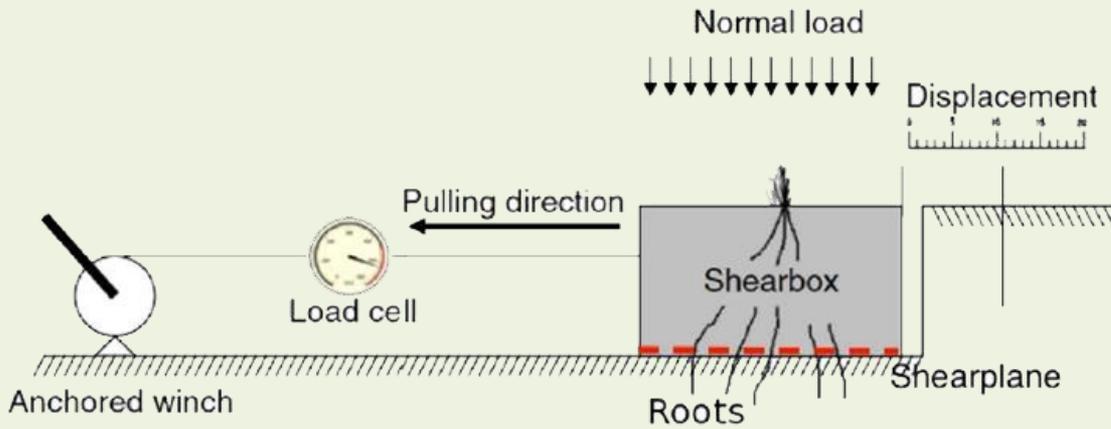
Tortuosità

Punti di  
diramazioneNECESSITÀ DI  
TARARE MOLTI  
COEFFICIENTI  
EMPIRICIGrado di  
saturazioneFattore di  
scalaModulo  
di YoungLungh. di  
ancoraggio

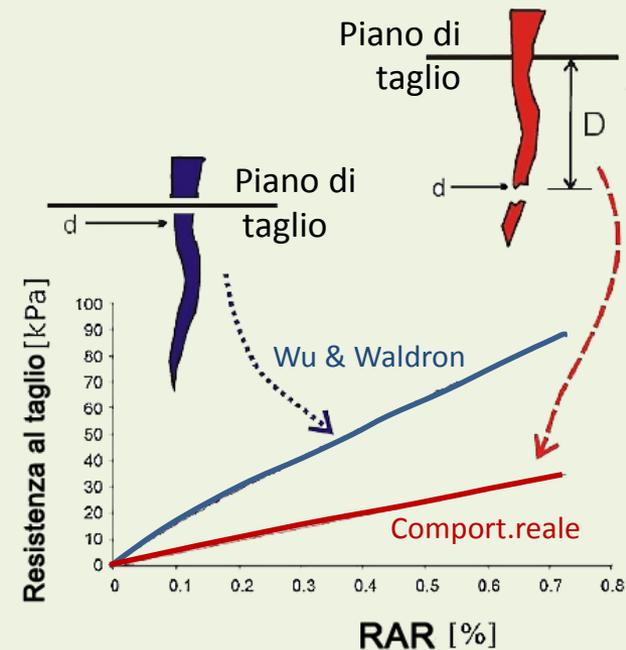
Diametro



Mickovski and van Beek (2009)



Hubble et al. (2010)  
 Docker and Hubble (2008)





- ✓ L'utilizzo della **vegetazione** per la mitigazione da **frane superficiali** rappresenta una tecnica **efficace e sostenibile**.
- ✓ È possibile **incrementare** sensibilmente il **margin**e di **sicurezza** del pendio.
- ✓ Emerge la necessità di **standardizzare** le modalità di prova e di progettazione.
- ✓ La **ricerca scientifica** avrà un ruolo fondamentale nel miglioramento dei modelli esistenti e degli approcci progettuali.



**Grazie per l'attenzione !**

Ing. Giuseppe CARDILE – [giuseppe.cardile@unirc.it](mailto:giuseppe.cardile@unirc.it)  
Ricercatore dell'Università *Mediterranea* di Reggio Calabria

**L'Ingegneria Naturalistica  
nel Contrasto al Dissesto Idrogeologico e nella Difesa delle Coste  
in Ambito Mediterraneo  
GIORNATA di STUDIO**

**Venerdì 18 Maggio 2018, ore 9:00**

**SALA ANTONELLI c/o HOTEL SAVOY di PESARO**

**Viale della Repubblica, 22**



Via Venezia, Cagli (PU)

Archivio Fotografico di Alta Scuola,  
ph E. Martini



Eremo di Fonte Avellana

"Archivio fotografico Provincia di Pesaro e Urbino  
ph A. Gamberini"



Campo sperimentale di I. N.  
Jembuild (Albano Laziale)

Archivio Fotografico di JemBuild  
ph E. Marrone

con il patrocinio di



#ItaliaSicura  
Presidenza del Consiglio  
dei Ministri



ASL  
Assessorato Regionale  
Agricoltura e Ambiente



Unione Montana  
Catria e Nerone



LEGAMBIENTE  
Ente Nazionale di Gestione Ambientale

evento in convenzione, partecipazione e sostegno con



ORDINE REGIONALE  
DEI DOTTORI AGRONOMI E  
DEI DOTTORI FORESTALI  
DELLE MARCHE



COLLEGIO INTERPROVINCIALE  
DELLE MARCHE  
PERITI AGRARI E LAUREATI



Collegio Provinciale  
Geometri e Geometri Laureati  
di Pesaro e Urbino



AGI  
Associazione  
Geometrica  
Italiana



LAND  
monitoring



ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
RICERCA IN  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA



REGIONE  
MARCHE



AIAPP



CATAP



Esonda  
CLIMETECH coast



Centro Nazionale Costruzioni e Finanziarie

# GLI EFFETTI DELLA VEGETAZIONE SULLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA SUPERFICIALE

**Ing. Giuseppe CARDILE**  
Università Mediterranea  
di Reggio Calabria

[giuseppe.cardile@unirc.it](mailto:giuseppe.cardile@unirc.it)