

Un'iniziativa



ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI
E DEI DOTTORI FORESTALI DI MILANO
PROVINCE DI MILANO, LODI, MONZA E BRIANZA, PAVIA

Con il patrocinio di



ALBERI: IMPARARE A CONOSCERE LE RADICI

21 febbraio 2018

Rho (MI) - Myplant&Garden 2018

Sala Convegni, Corsia L, Padiglione 20, Fiera Milano Rho

Alessio Fini

professore associato di Arboricoltura e Coltivazioni Arboree, Università degli Studi di Milano

Danni da scavi alle radici delle piante ed effetti sulla fisiologia e sulla stabilità

Atti pubblicati da
IL VERDE EDITORIALE
www.ilverdeeditoriale.com

La storia struggente degli **alberi le cui radici furono tagliate**

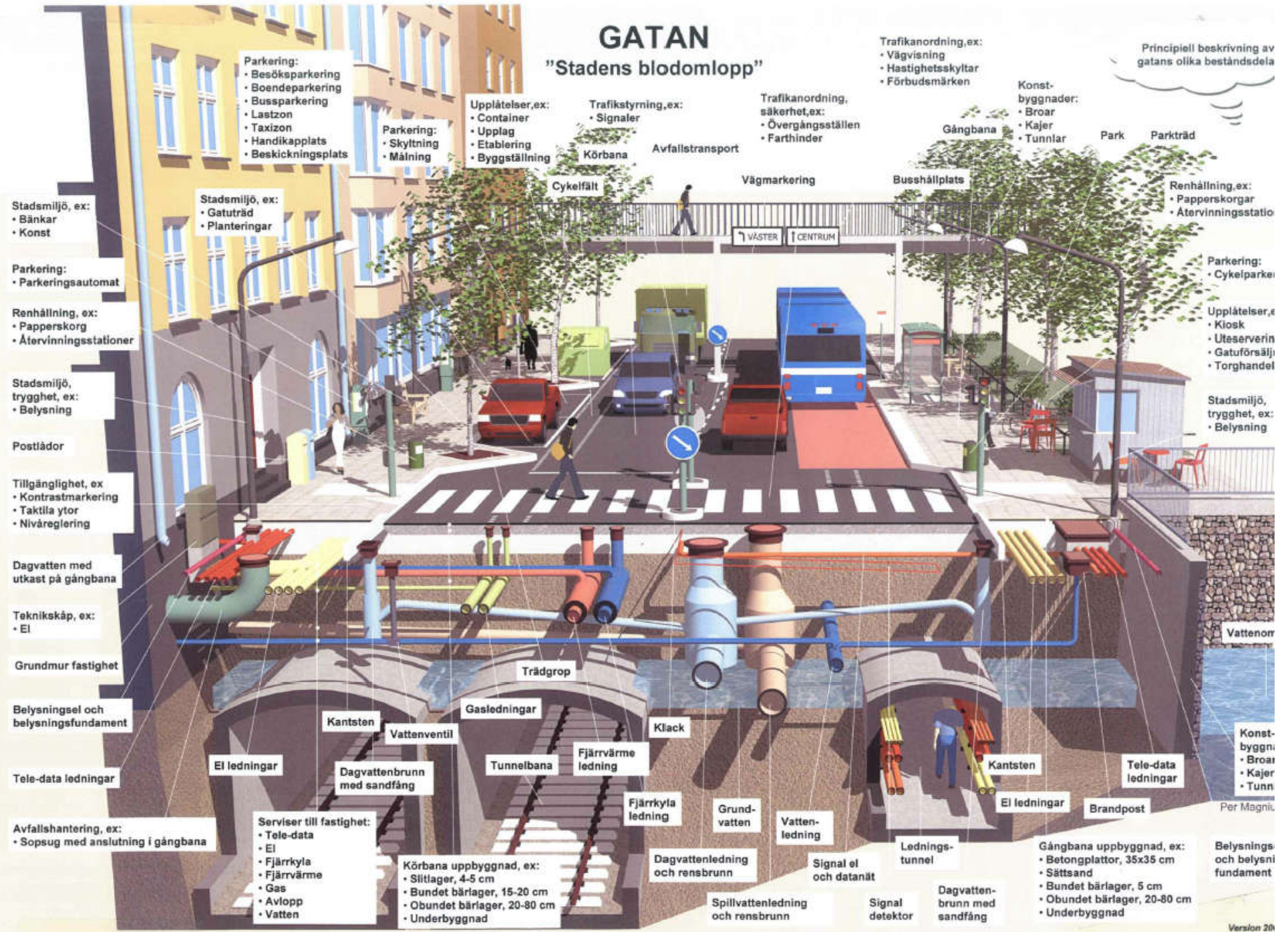


A. Fini¹, P. Frangi², L. Sani³, F. Ferrini⁴

- ¹ **University of Milan – DISAA**, via Celoria 2, 20100, Milano
- ² **Fondazione Minoprio - MiRT**; viale Raimondi, 54, 22070, Vertemate con Minoprio (Como)
- ³ **Laboratorio di Studi sull'Albero**, via del Parione 1, 50123, Firenze, Italy
- ⁴ **University of Florence – DiSPAA**; Viale delle Idee, 30, 50019 - Sesto Fiorentino (Firenze)

GATAN

"Stadens blodomlopp"



MILANO. Quercia rossa di piazza XXIV Maggio

La storia speciale dell'albero che ricorda i soldati della Grande Guerra.

di Paola Pastacaldi

Milano. La Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio di Milano ha approvato l'ampliamento e il ripristino dell'aiuola della quercia rossa di piazza XXIV Maggio, uno dei più importanti monumenti storico arborei della città. L'aiuola, che era stata ridotta nei primi anni Settanta al ristretto spazio del marciapiede, verrà ampliata sino a recuperare anche una buona parte dell'attuale strada. Un modo originale per ricordare il 150°

Potatura acrobatica per salvare la quercia di piazza XXIV Maggio

01/2018



Nuova Zelanda

**Non tutti sono così
fortunati...**

Firenze

Como

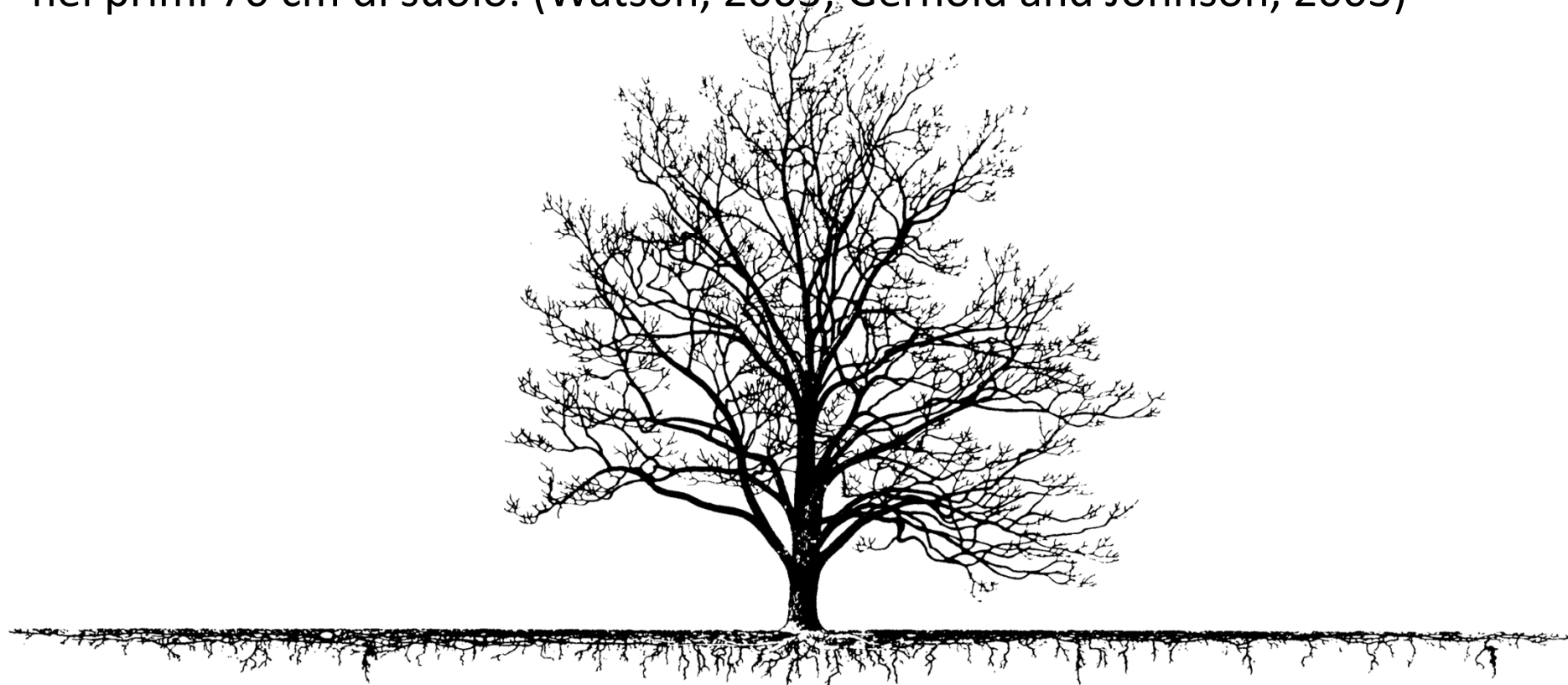
Colorado

Copenhagen

C. De

Le radici degli alberi in città

- Le radici possono espandersi lateralmente 1,4-4,4 (mediamente 2,9) volte oltre la proiezione della chioma (*Gilman, 1988*)
- Le radici sono superficiali: circa il 90% della superficie assorbente è localizzata nei primi 70 cm di suolo. (Watson, 2003; Gerhold and Johnson, 2003)

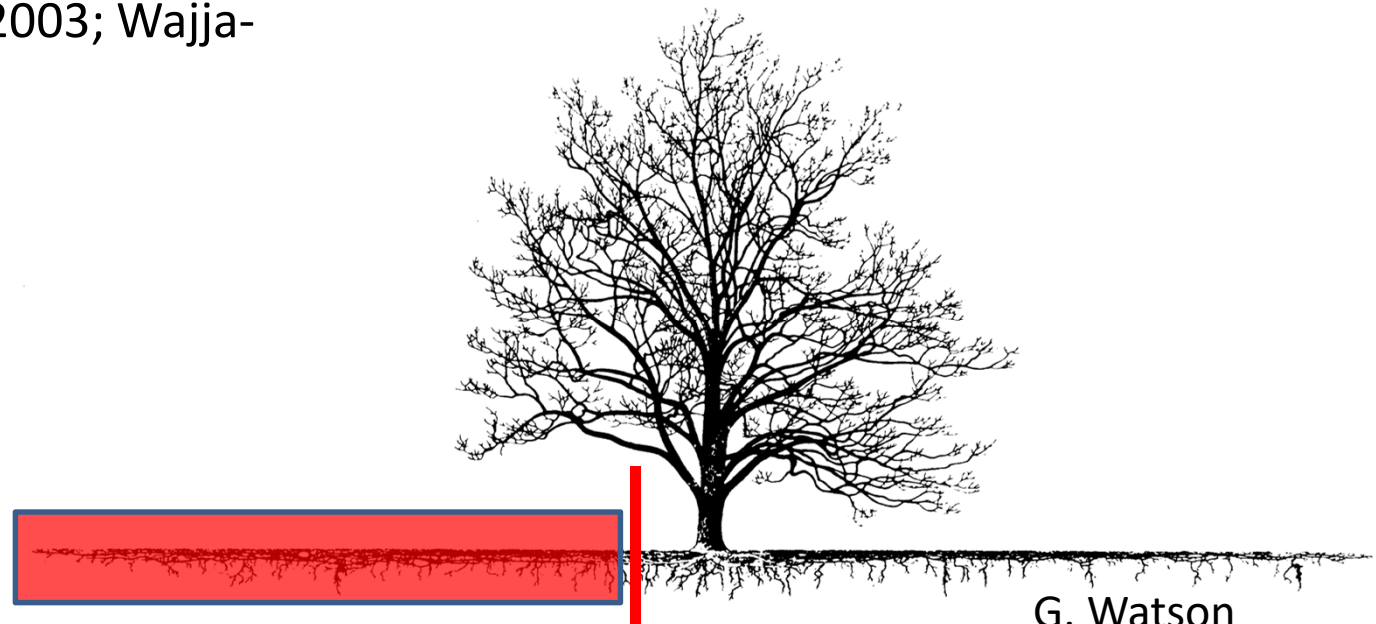


G. Watson

- Una singola trincea scavata in prossimità del colletto può rimuovere dal 18% al 50% delle radici (Watson, 1998; Wajja-Musukwe et al., 2008)
- Tale danno aumenta la mortalità, osservata 8 anni dopo lo scavo, del 18-22% (Hauer et al., 1994)
- I sintomi possono non manifestarsi per anni, poi l'albero declina improvvisamente (Watson, 1998; Despot and Gerhold, 2003; Wajja-Musuke et al., 2008)



Perchè?



G. Watson

Il taglio delle radici può innescare il ribaltamento

Uno



Due



...e tre!



E.F. Gilman



E.F. Gilman

Queste cose succedono
solo negli Stati Uniti,
dove hanno uragani
con venti a 150 km

CRESPI D'ADDA, UNESCO WORLD HERITAGE



L'aumento della frequenza degli eventi meteorici estremi favorisce il ribaltamento di piante con radici mal conformate o danneggiate



Gli obiettivi di questo studio:

1. Valutare quali sono gli effetti di lungo periodo dei danni da scavo sulla salute degli alberi
2. Valutare gli effetti sulla propensione al ribaltamento e sulla capacità di recupero



Le specie utilizzate

48 piante di *Tilia x europaea* e 48 di *Aesculus hippocastanum* (14-16 cm circ) sono state piantate in un suolo franco-sabbioso presso la Fondazione Minoprio, nel 2004 e lasciate crescere indisturbate per 5 anni

Tilia è ipotizzato avere una maggior tolleranza alla manipolazione delle radici rispetto ad *Aesculus* (Matheny, 2005)

2004



2009





Metodi: gli scavi



Controllo - **C**



1 trincea, a un lato
della pianta - **MD**



2 trincee, su due lati
speculari rispetto al
colletto - **SD**

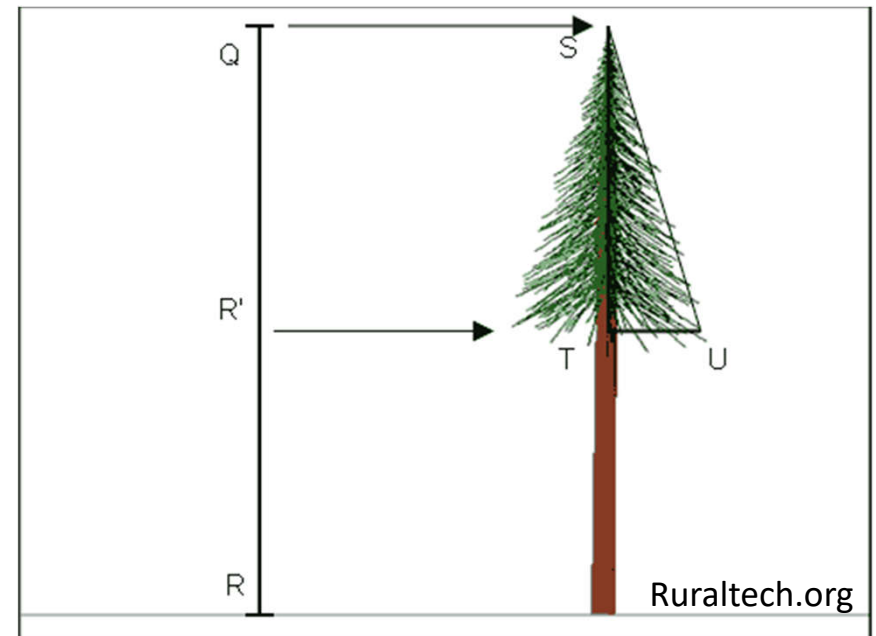
Tutte le trincee (profonde 70 cm) sono state scavate a 40 cm dal colletto in giugno 2009.

Il disegno sperimentale è a blocchi randomizzati con 4 blocchi

Metodi: parametri misurati

Crescita:

- **Accrescimento dei germogli**, misurato su 480 germogli per specie prima dello scavo e nei successivi 4 anni
- **Diametro del fusto**: misurato a 1.3 m prima dello scavo e nei successivi 4 anni
- **Altezza e dimensioni della chioma**: misurato prima dello scavo e nei successivi 4 anni



Methods: measurements

FISIOLOGIA:

- **Scambi gassosi fogliari:** Sono un indice diretto dello stato di salute della pianta. **Fotosintesi** = quanta CO₂ è assimilata dalla pianta; **Traspirazione** = quanta acqua è persa attraverso gli stomi.
- **Relazioni idriche (Ψ_w , MPa):** misurate di notte, forniscono un'idea dello stato di idratazione dei tessuti. **Potenziale idrico prima dell'alba** = la tensione che devo applicare per estrarre acqua dalla pianta, se misurato di notte una misura sulla singola foglia è indicativa dell'intera pianta.



Metodi: lo studio degli apparati radicali



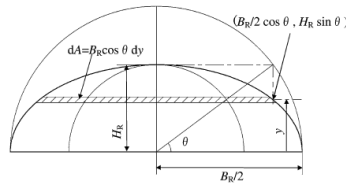
Metodi: lo studio degli apparati radicali

Abbiamo calcolato un indice teorico di propensione al ribaltamento (URI) come descritto da Koizumi et al., 2007

$$URI = G_R / MF$$

G_R è il contributo che la geometria delle radici fornisce alla stabilità, calcolato in funzione delle dimensioni della placca radicale (Koizumi et al., 2007):

$$G_R = (H_R^2 * B_R) / 3$$



MF è il momento che tende a far ribaltare la pianta, calcolato in base alle dimensioni e alla permeabilità al vento della chioma (Koizumi et al., 2007):

$$MF = C_D * A * H_w$$

C_D (drag) = 0.25 in tiglio e 0.35 in ippocastano (Horacek, 2003)

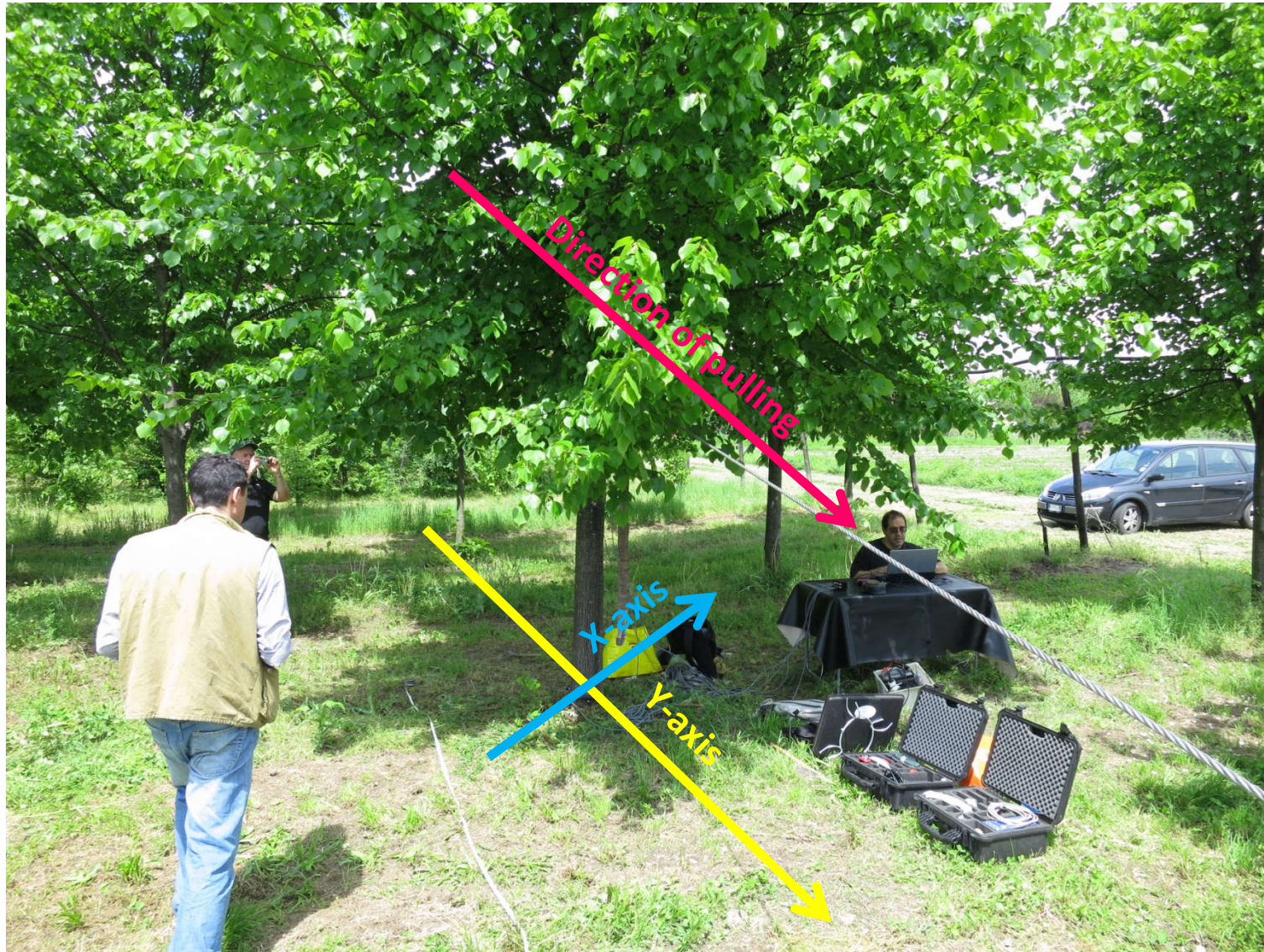
Metodi: le prove di trazione

Sono state effettuate 3 settimane e 4 mesi dopo lo scavo, come descritto in Sani et al. (2012).



Methods: the pulling test

Il test è stato effettuato applicando progressivamente e costantemente la forza create dall'avanzamento di 56 mm del cavo applicato al Tirfor.





In qualche caso,
abbiamo tirato un po' di
più..



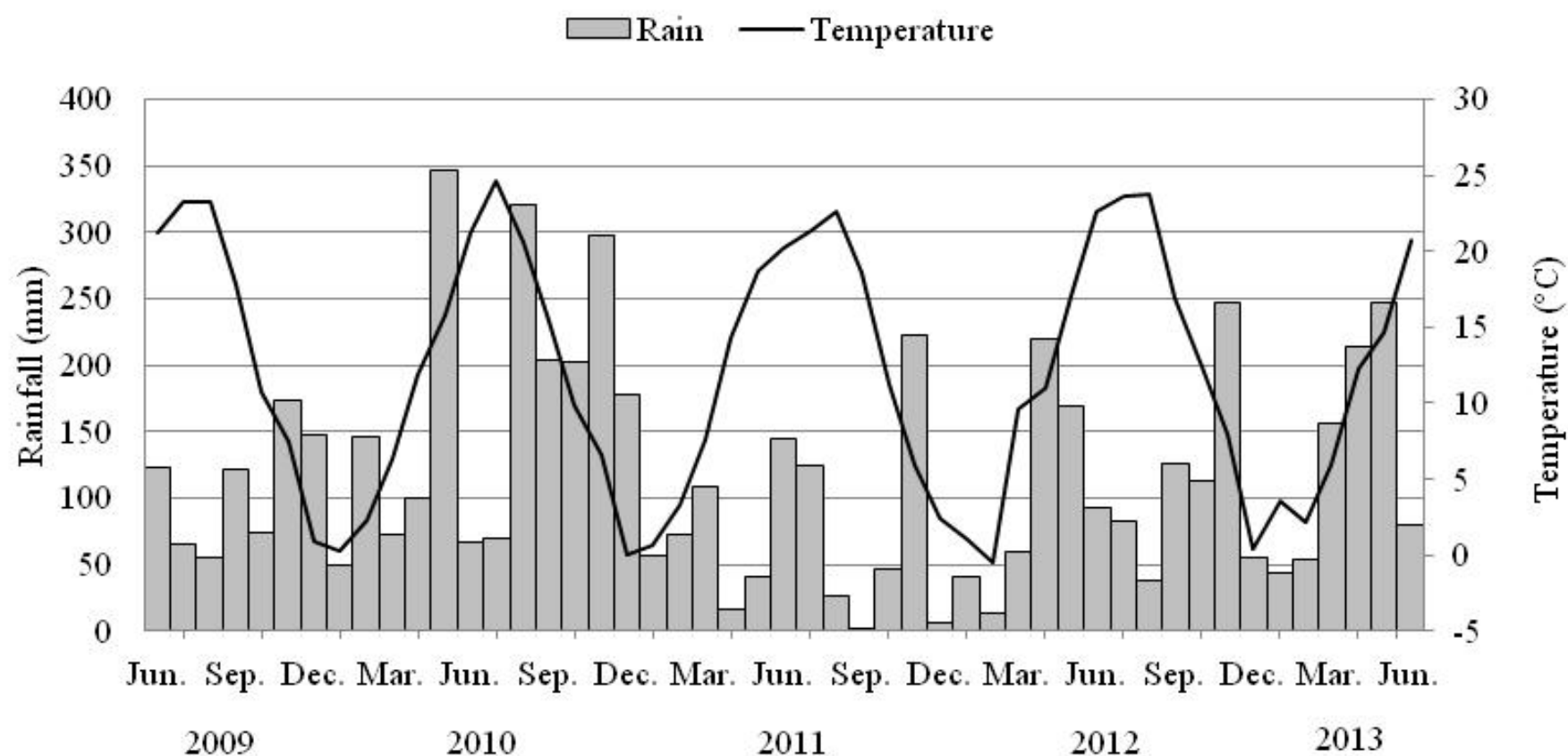
Per non danneggiare le
piante, si è rimasti nel limite
elastico ($0,2^\circ$ inclinazione
del colletto)

E ora le risposte!



**Dottore,
sopravvieranno
?**



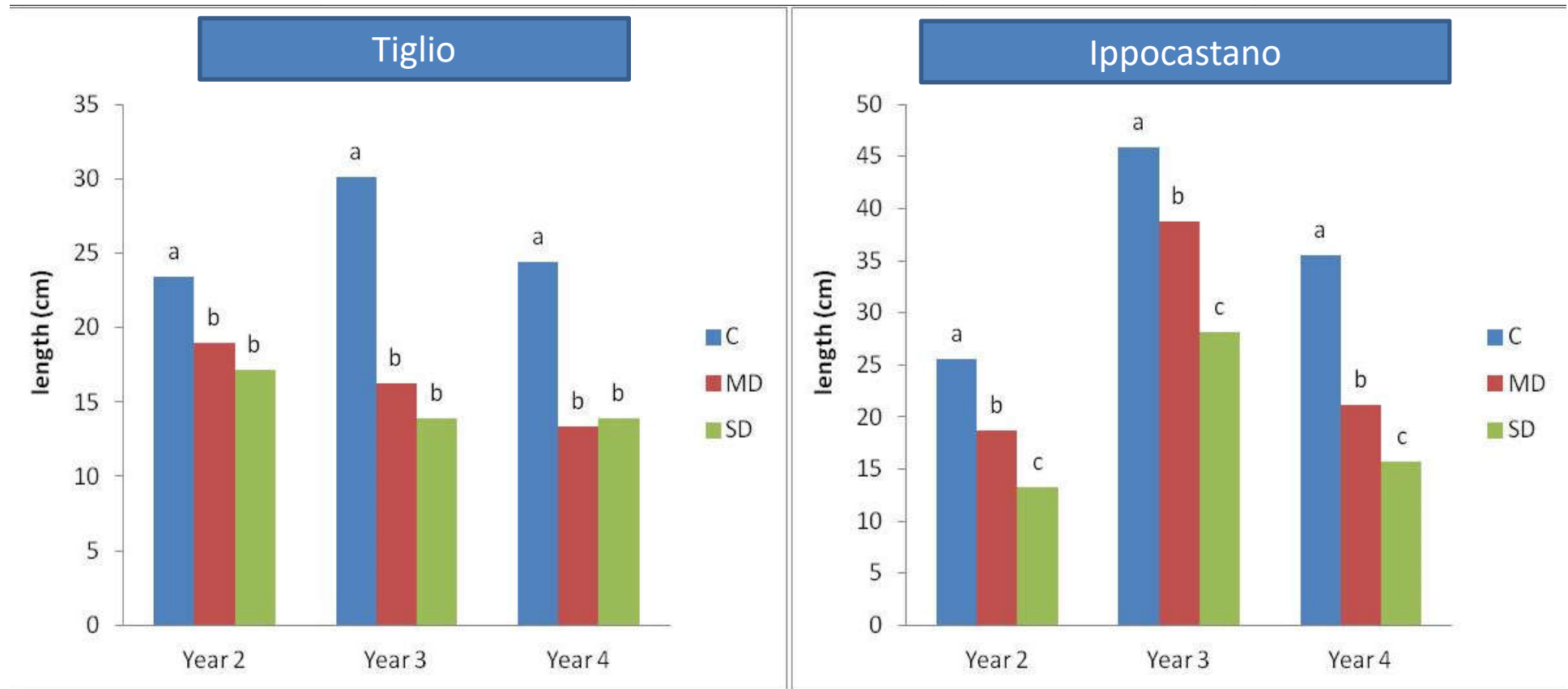


Pioggia totale (mm/anno)					
Anno 1 (2009)	Anno 2 (2010)	Anno 3 (2011)	Anno 4 (2012)	Anno 5 (Ge- lu 2013)	Media (30 anni)
1450	1806	867	1259	794	1086

Crescita diametricale del fusto

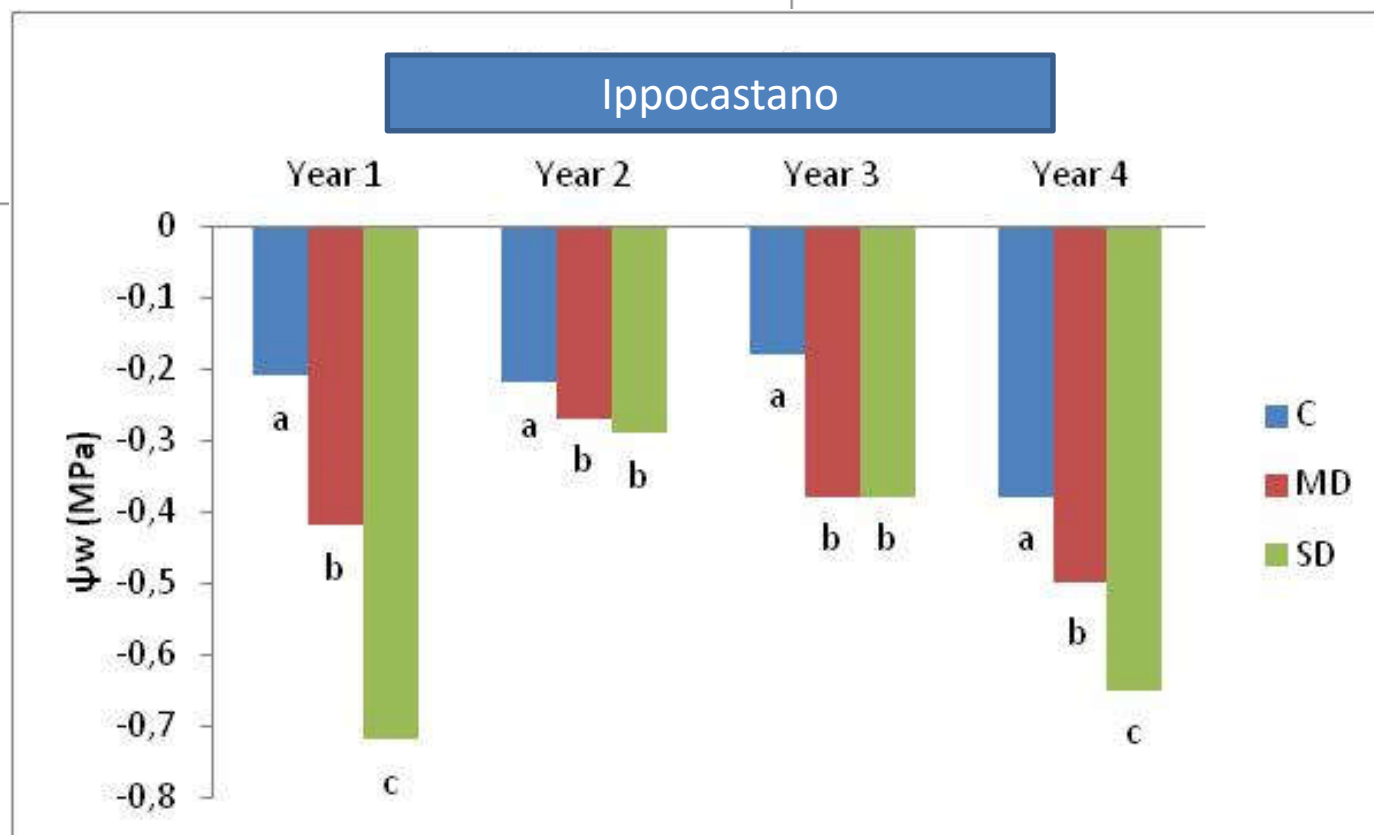
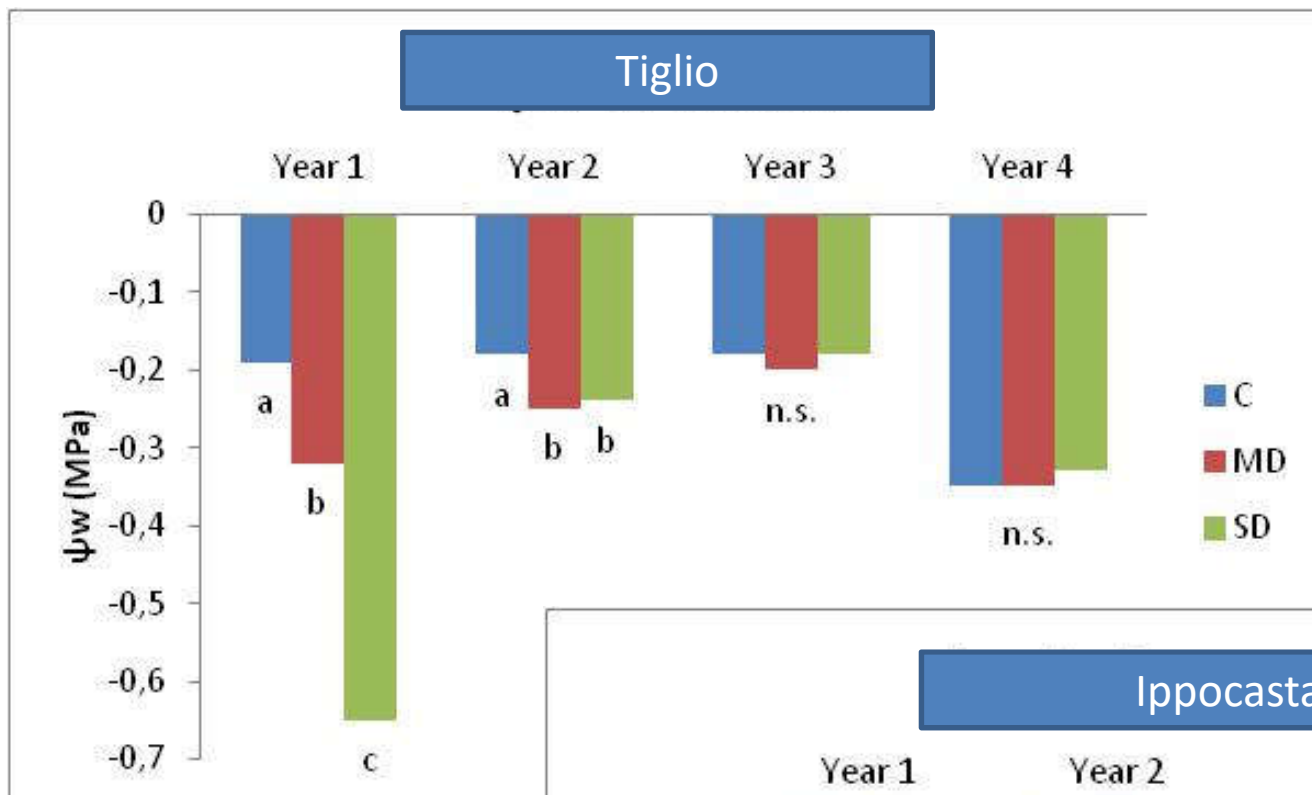
	Ø prima dello scavo (cm)	ΔØ anno 1 (cm)	ΔØ anno 2 (cm)	ΔØ anno 3 (cm)	ΔØ anno 4 (cm)
<i>Effetto dello scavo</i>					
Controllo	9.7 a	1.4 a	1.3 a	1.1 a	1.8 a
MD	10.0 a	1.5 a	1.0 b	0.8 b	1.3 b
SD	8.9 a	0.9 b	0.9 b	0.8 b	1.3 b
P	n.s.	**	**	*	*
<i>Effetto della specie</i>					
<i>Tilia</i>	10.0 a	1.5 a	1.1 a	0.9	1.5
<i>Aesculus</i>	9.0 b	1.0 b	1.2 a	1.0	1.4
P	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Interazione Scavo x Specie</i>					
P	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.

Crescita dei germogli

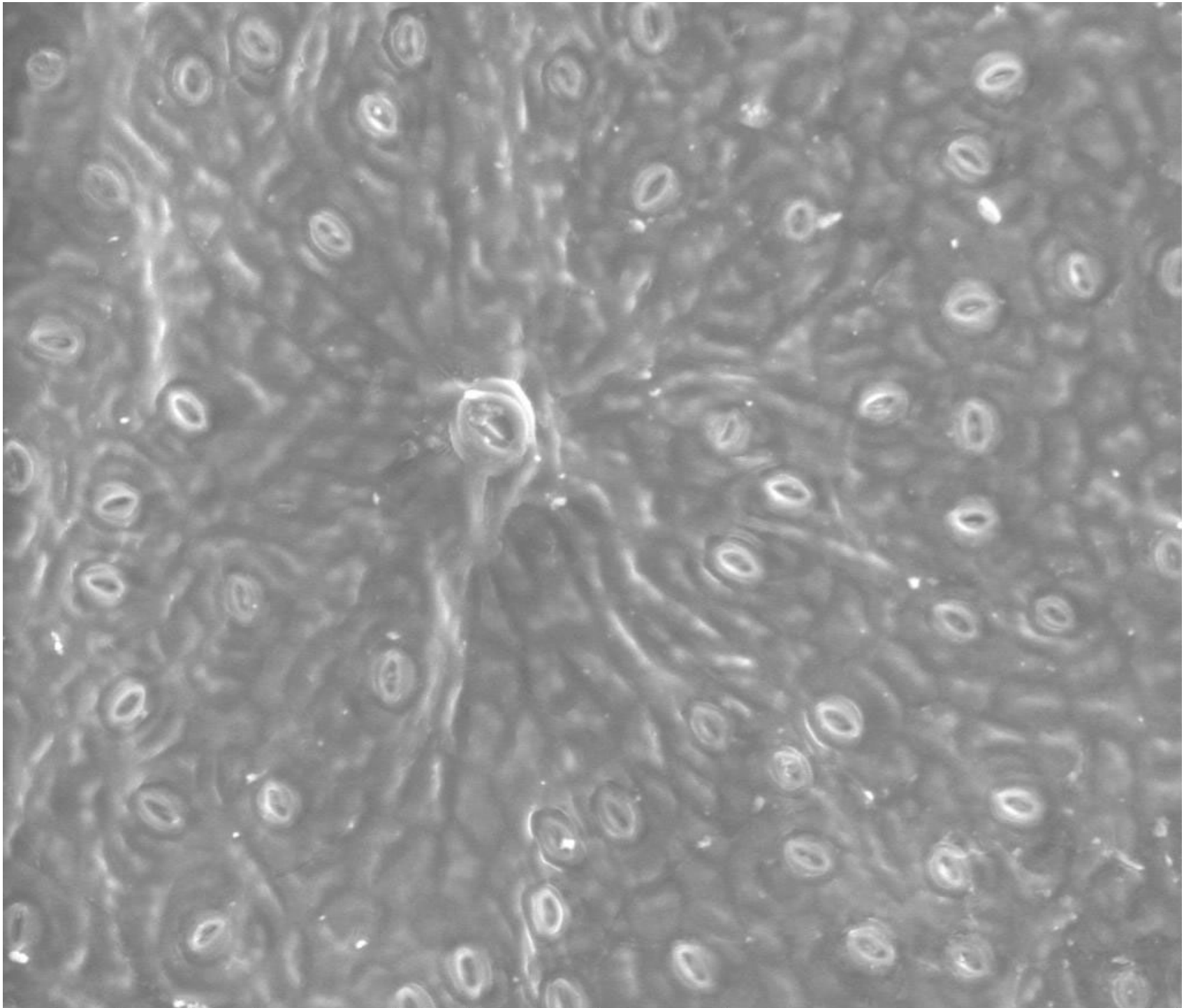


<i>Interazione Scavo x Specie</i>				
P	n.s.	*	*	*

Il potenziale idrico prima dell'alba
 è una misura dell'idratazione dell'intera pianta: meno è negativo, più la pianta è idratata

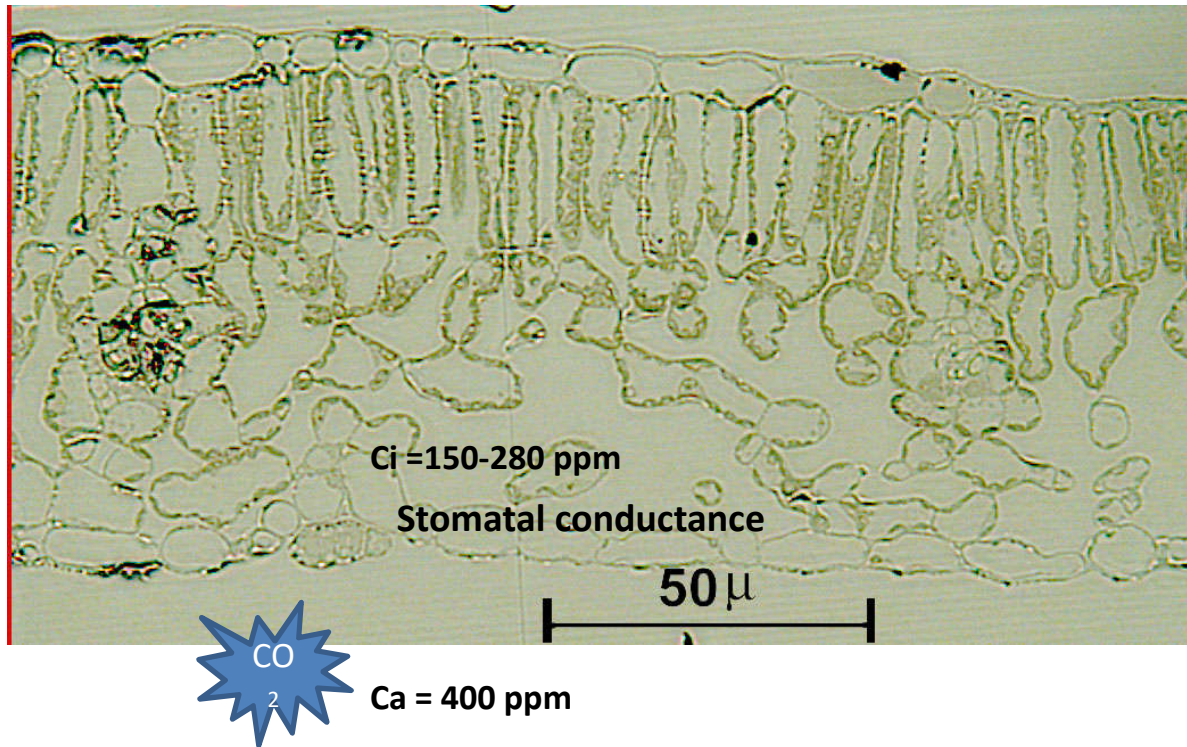


$P_{\text{time} \times \text{sev} \times \text{sp}} : ***$



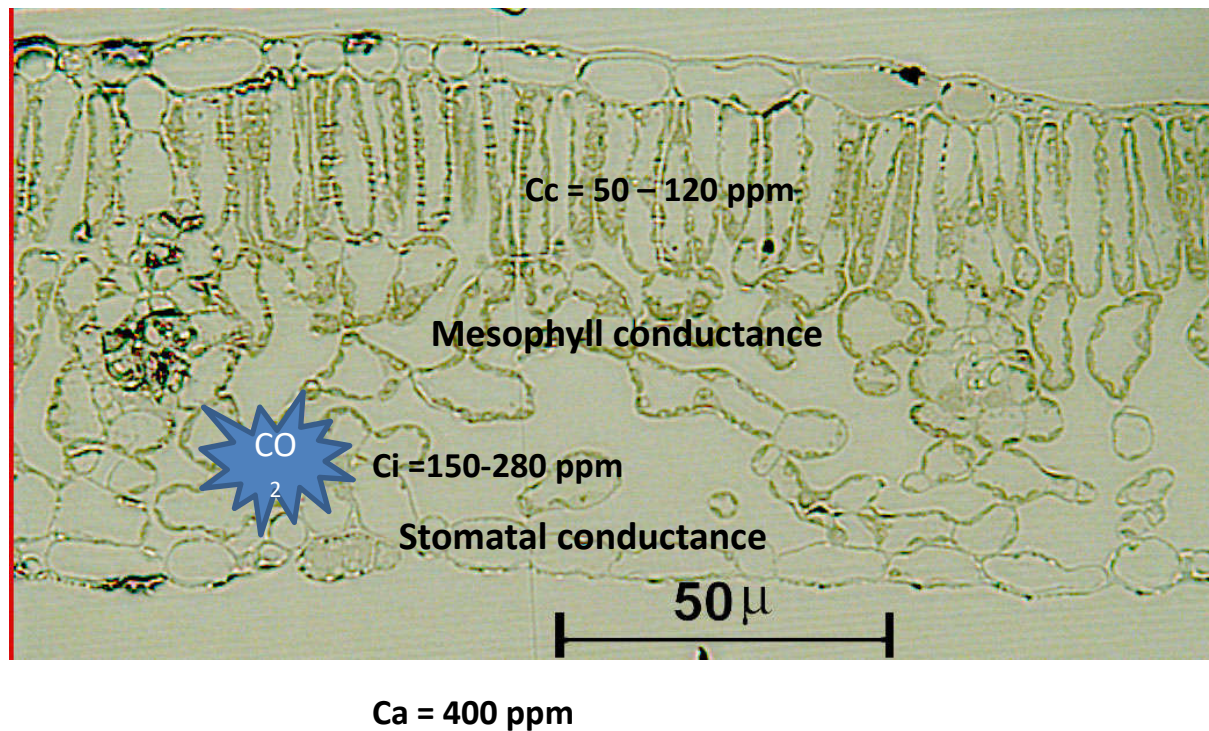
Gli stomi devono essere aperti abbastanza per permettere alla CO_2 esterna (C_a) di entrare nella foglia (C_i).

Se non lo sono abbastanza, e la pianta consuma più CO_2 di quella che entra dagli stomi, C_i si abbassa

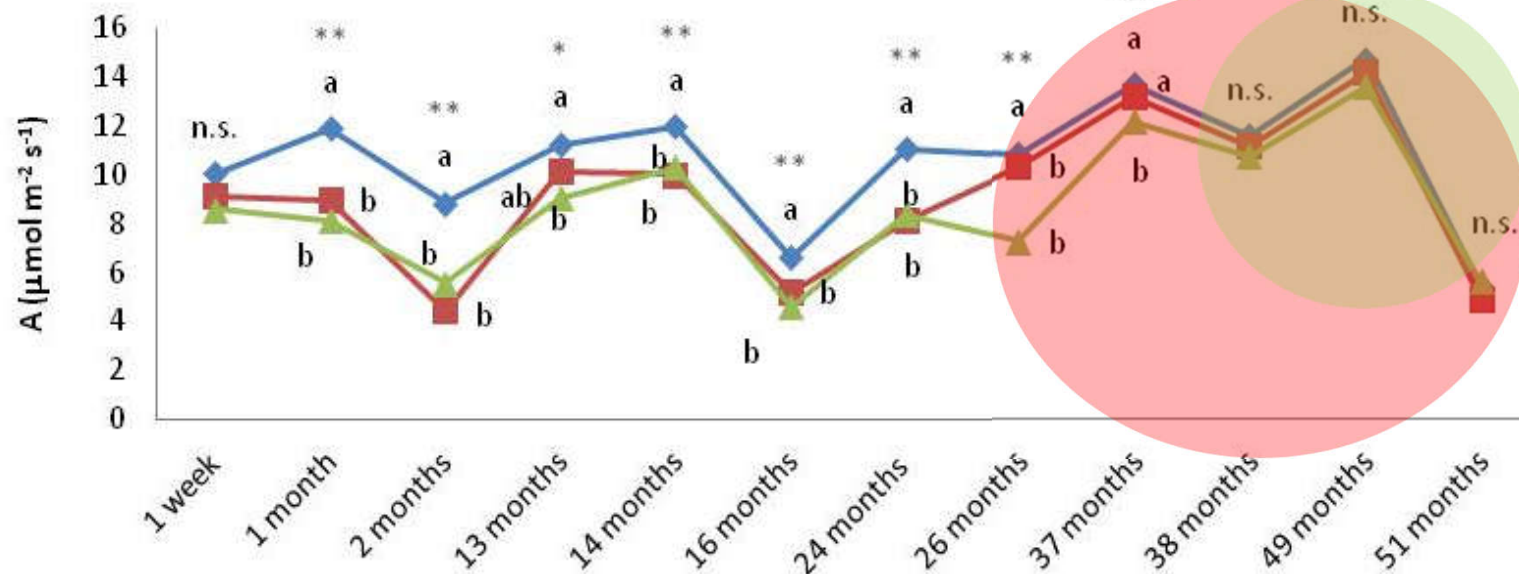


Poi, la CO₂ deve diffondere nel mesofillo fino ai cloroplasti, ove viene fissata dalla rubisco

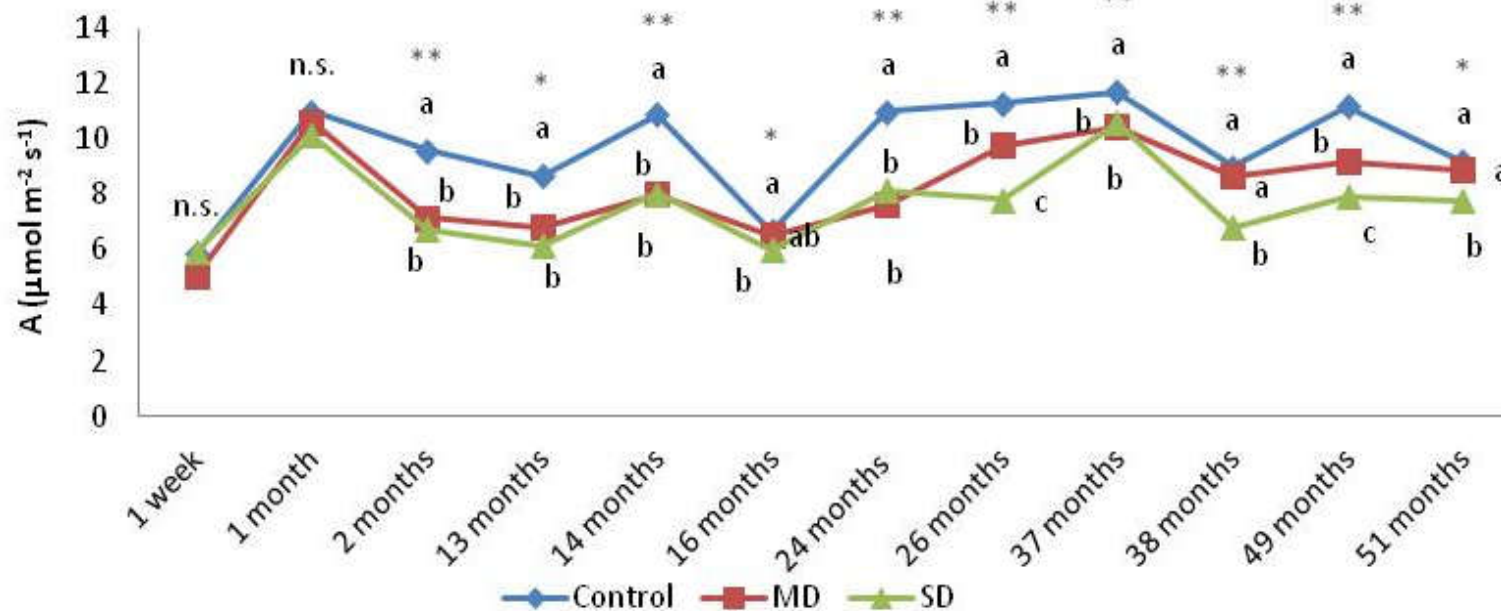
Se l'attività della Rubisco non è sufficiente a consumare tutta la CO₂ che entra dagli stomi, C_i si alza.



Fotosintesi in tiglio



Fotosintesi in ippocastano



La **fotosintesi** è la quantità di CO₂ convertita in zuccheri ogni secondo da 1 m² di foglie

La diminuzione del rapporto C_i/C_a indica che la fotosintesi non è limitata da cause metaboliche, ma solo dalla scarsità di CO_2 disponibile per la fissazione, chiaro **indice di stress lieve** (Fini et al., 2012, J. Plant Physiol.)

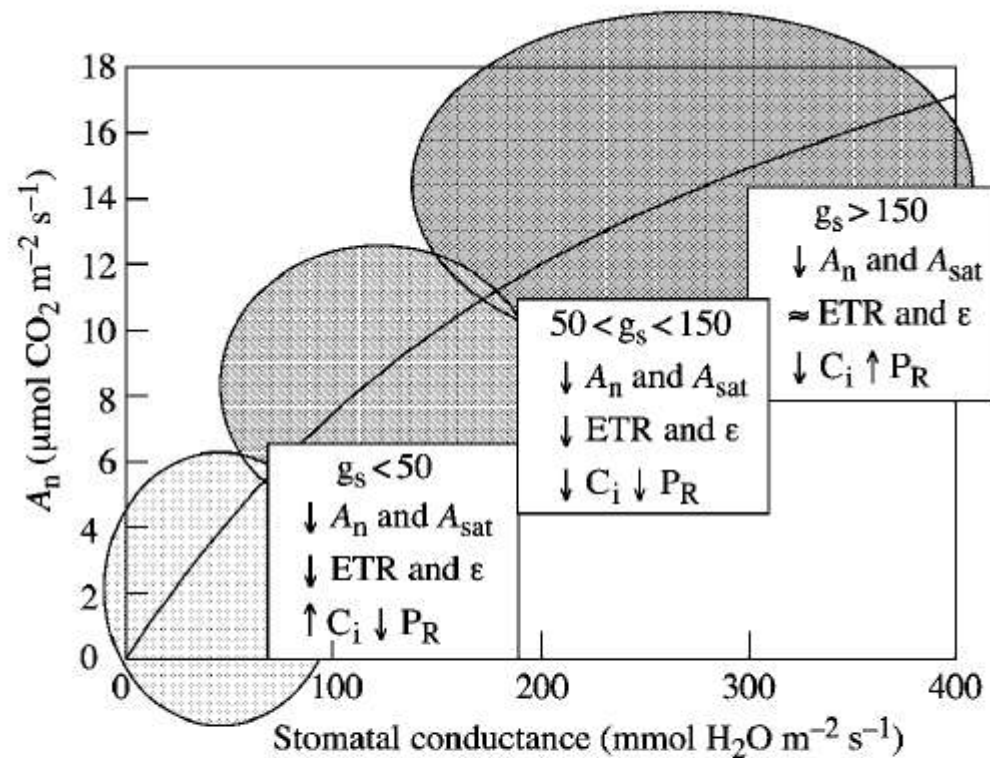


FIG. 3. Schematic pattern of response of photosynthesis in grapevines to drought, using g_s as a reference parameter. Three main regions are distinguished, and the down-regulation of different photosynthetic parameters is indicated for every region.

Sopravviveranno?

- I danni alle radici di giovani alberi inducono uno stress molto simile a uno stress idrico lieve
- Tuttavia, tale stress si manifesta in modo cronico, anche in condizioni di buona disponibilità idrica
- Le specie tolleranti manifestano un lento recupero, quelle sensibili non recuperano mai del tutto
- Lo scavo non uccide direttamente l'albero, ma agisce da fattore predisponente nei confronti di altri fattori scatenanti e complementari (Manion, 1991)

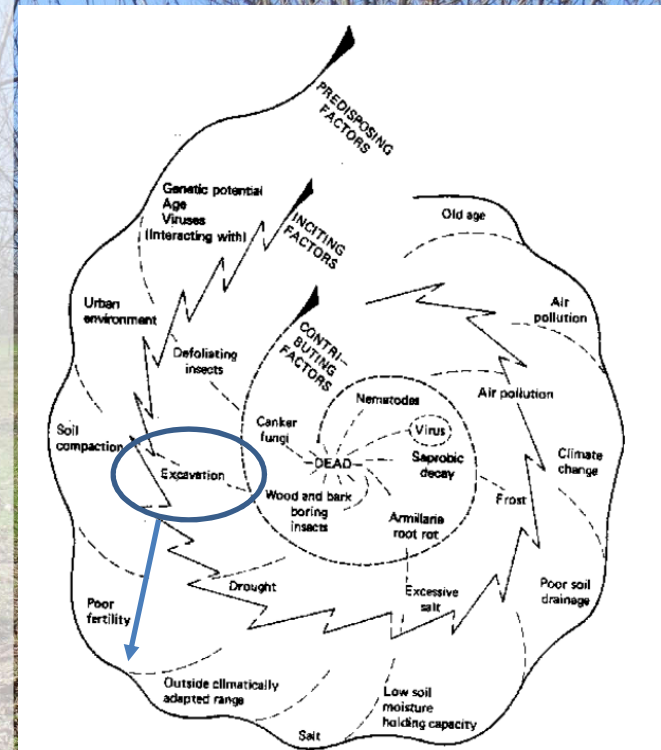


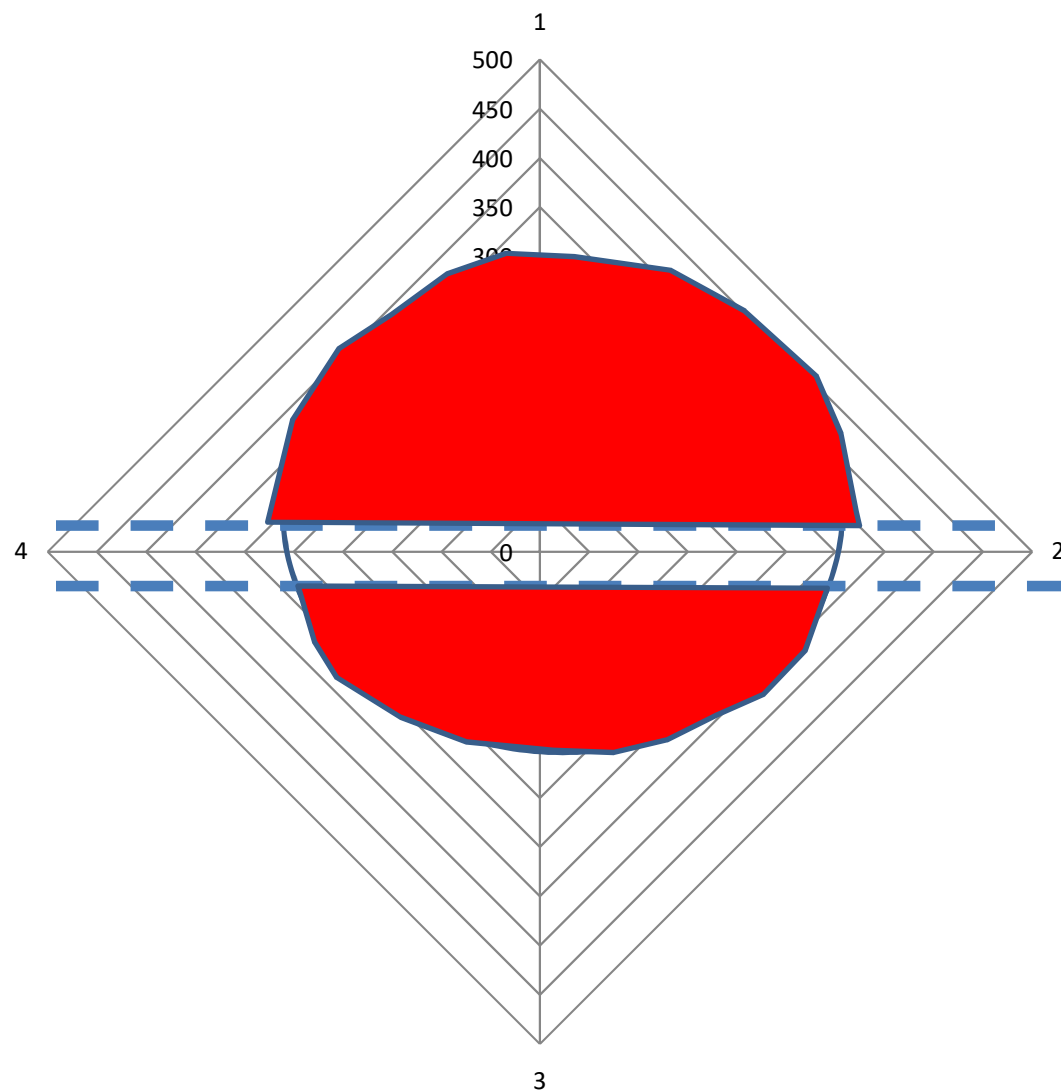
Fig. 1. Decline disease spiral (Reprinted with permission from Tree Disease Concepts by Paul D. Manion c 1991, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ).

Rimarranno in piedi?

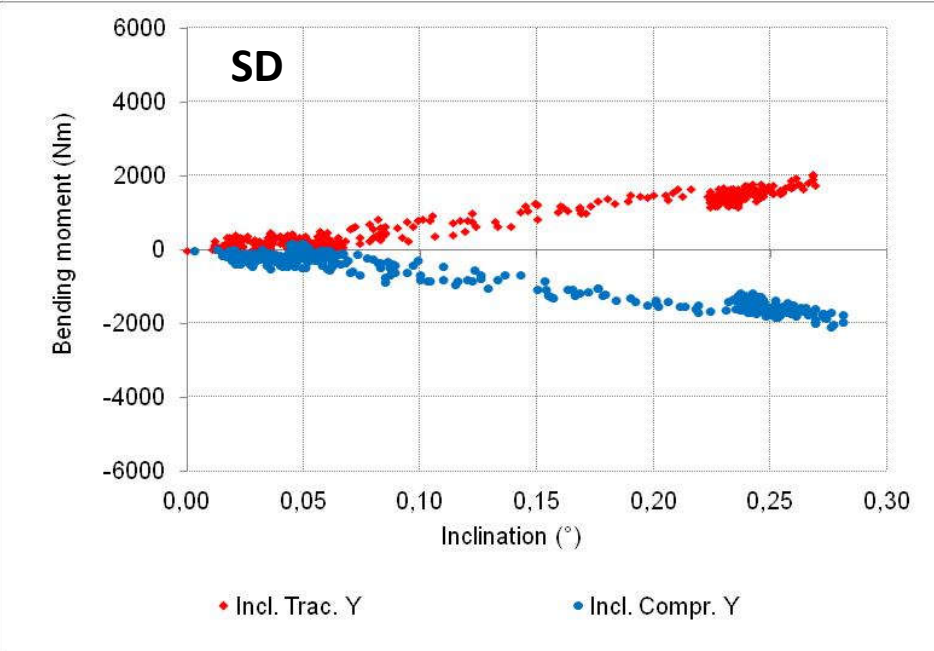
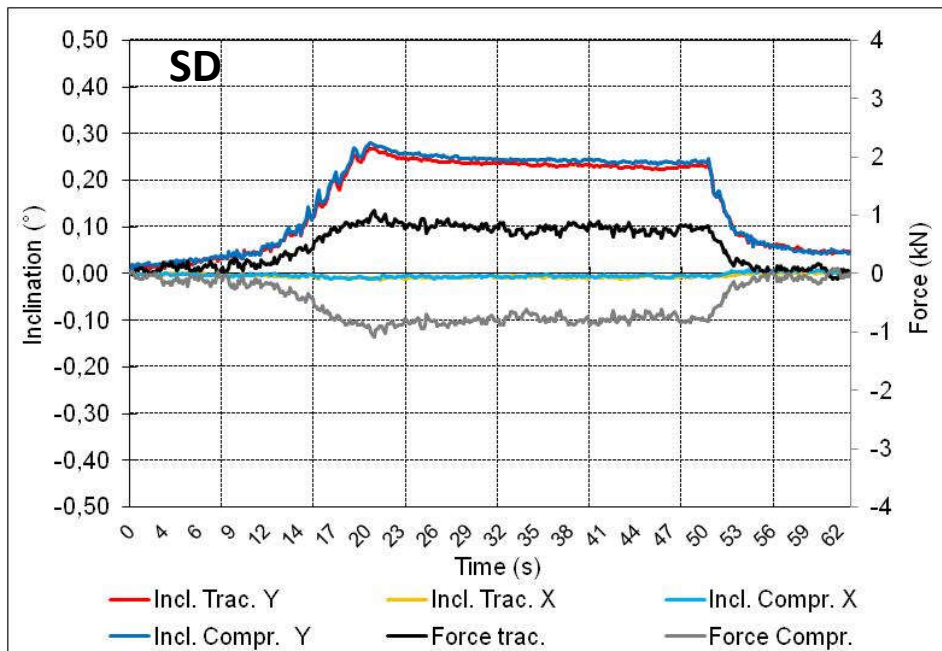
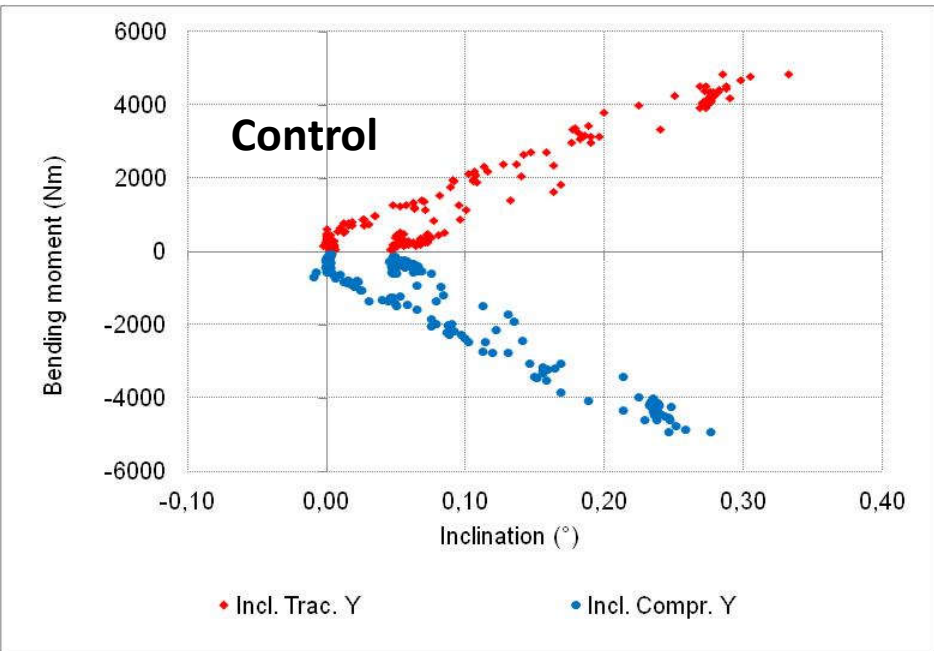
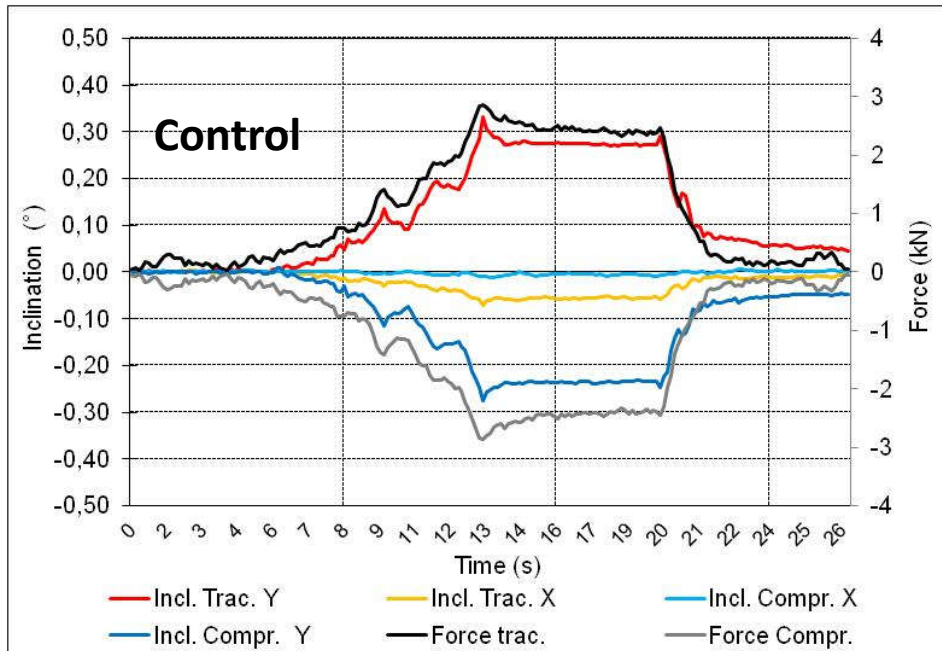


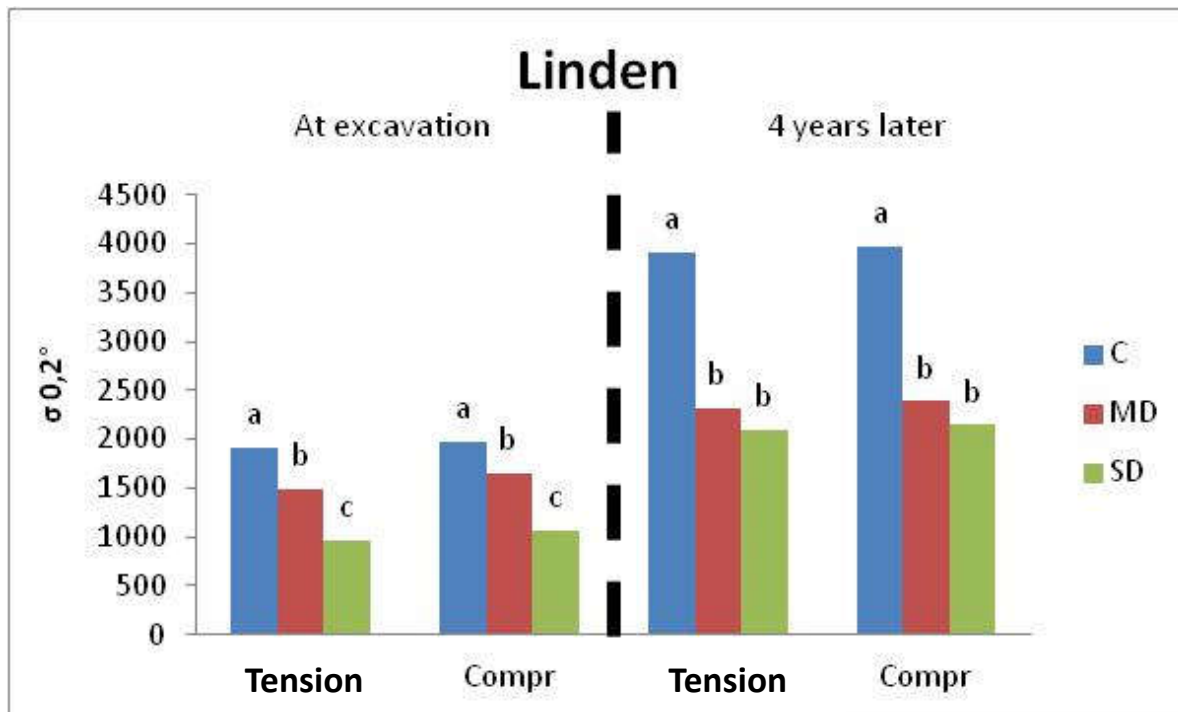
Effetti degli scavi sulle radici

Apparato radicale di taglio nel 2009

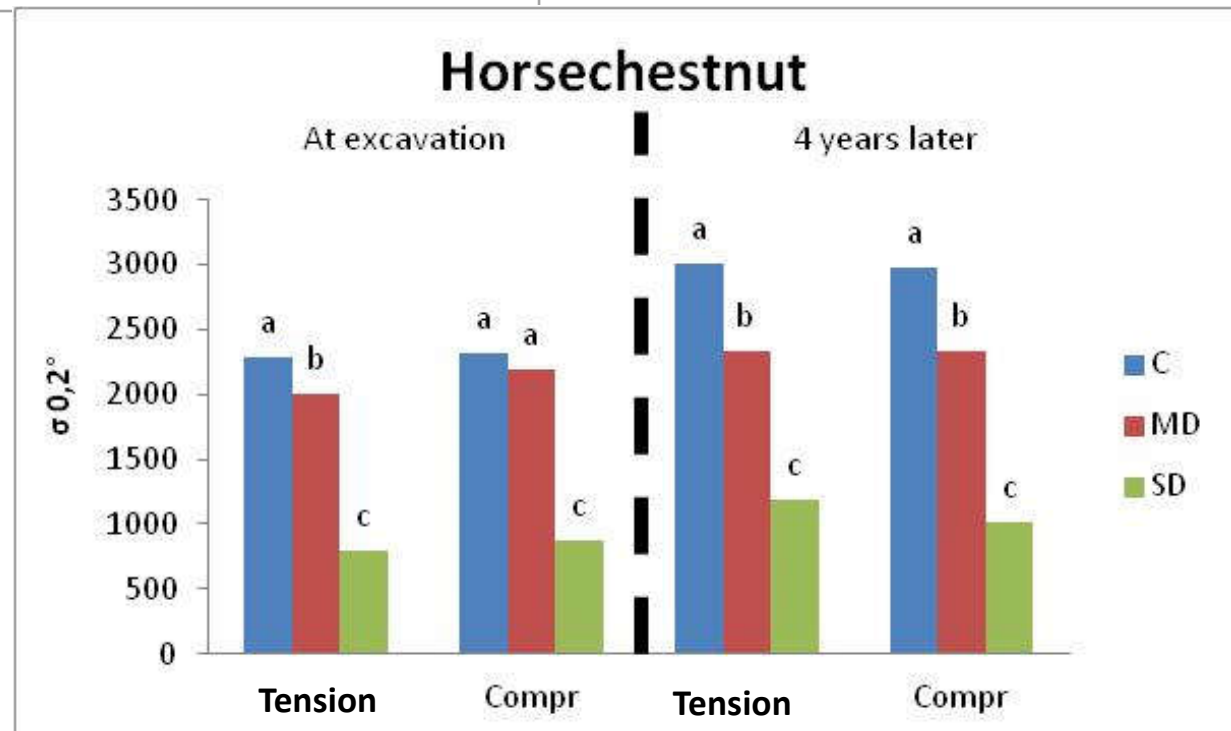


Pulling test in taglio – 4 anni dopo lo scavo

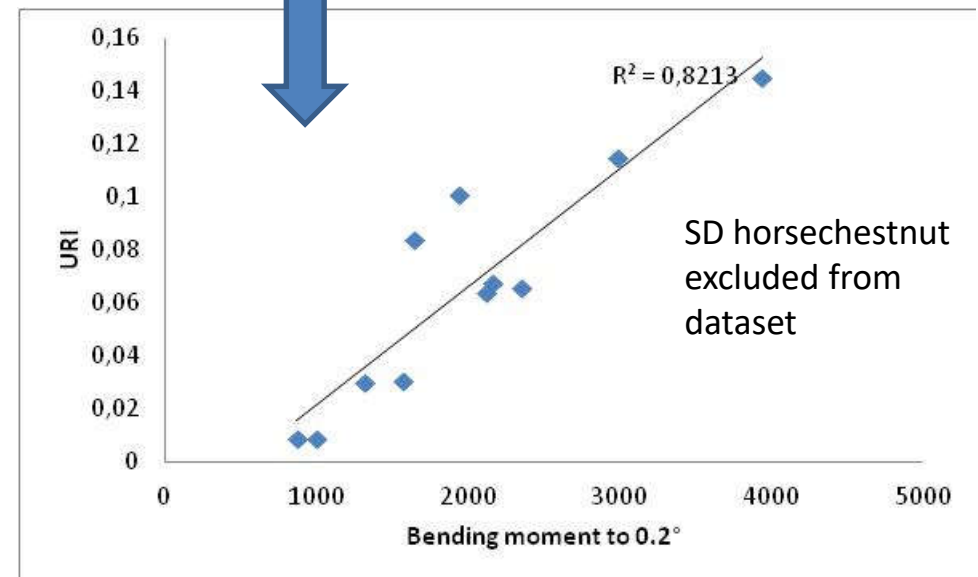
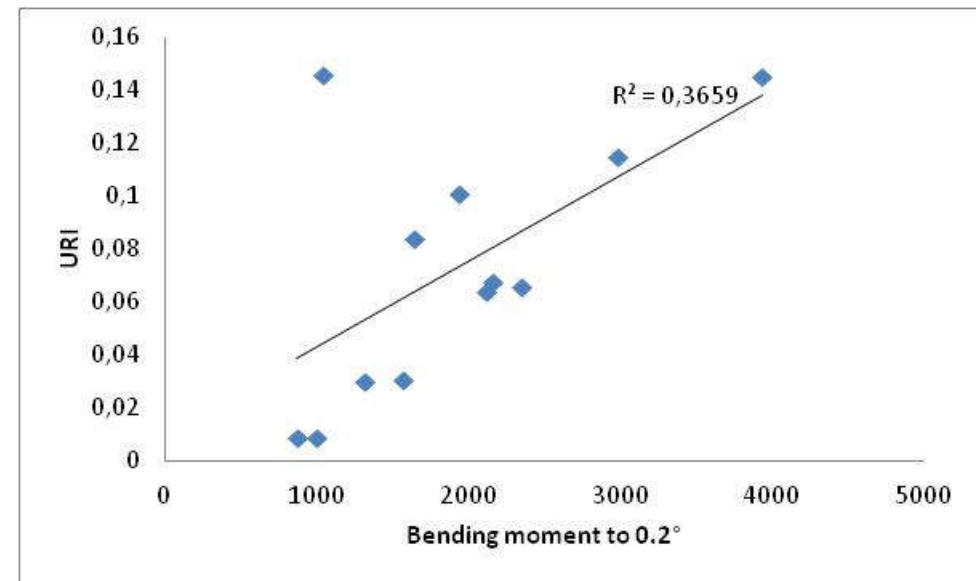
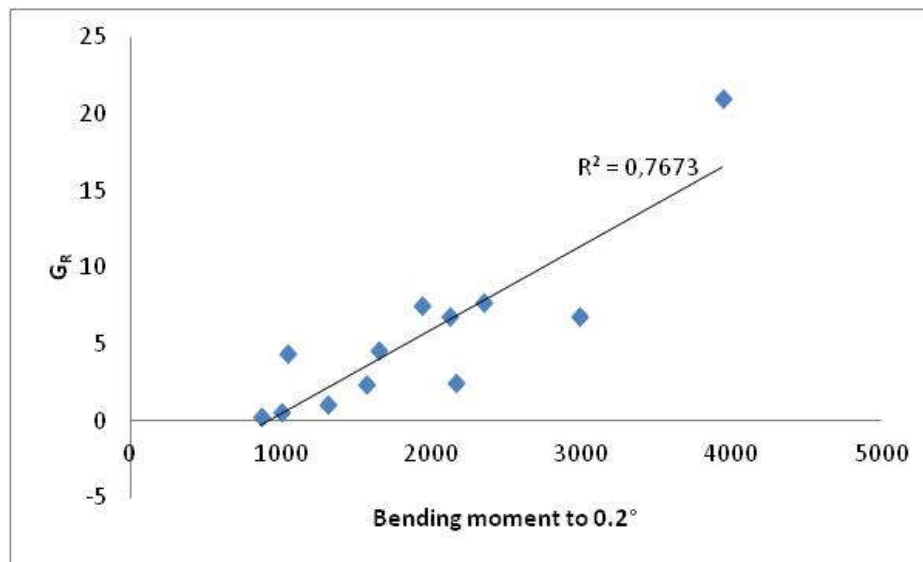




Riassunto del **pulling test**: momento necessario per inclinare il colletto di 0.2° : **più è basso più la pianta è suscettibile al ribaltamento**



Propensione al cedimento, calcolata e stimata



Resistenza al ribaltamento calcolata

Specie	Tesi	Geometria delle radici (m ³)		Momento (m ³)		Indice di resistenza al ribaltamento	
		2009	2013	2009	2013	2009	2013
Linden	C	7,5 a	21,0 a	74,4	145,6 a	0,10 a	0,15 a
	MD	2,4 b	7,7 b	77,6	116,1 b	0,03 b	0,07 b
	SD	0,6 c	6,8 b	70,0	105,4 b	0,01 c	0,06 b
	<i>p</i>	**	*	n.s.	*	**	**
Horsechestnut	C	2,5 a	6,8 a	36,9	59,1 a	0,07 a	0,12 a
	MD	1,11 b	4,6 b	36,6	54,3 a	0,03 b	0,08 b
	SD	0,25 c	4,4 b	27,7	30,4 b	0,01 c	0,14 a
	<i>p</i>	**	*	n.s.	*	**	**

The theoretical (calculated) resistance to uprooting was reduced in most of severed treatments. Only SD horsechestnut underwent greater reduction in MF than in GR, 4 years after trenching, resulting in similar URI than control.

Rimarranno in piedi?

- I danni da scavo hanno aumentato la propensione al ribaltamento in entrambe le specie. Anche in questo caso, il recupero della capacità di ancoraggio pre-scavo non è completa anche dopo 5 anni, ed è quasi inesistente in specie sensibili.
- Paradossalmente, specie sensibili subiscono tanto danno fisiologico da ridurre sensibilmente la crescita della parte aerea, quindi l'effetto vela nei confronti del vento.

Limitazioni

Questo studio è effettuato su alberi relativamente giovani (circa **30 cm di circonferenze all'inizio dell'esperimento**). Piante più vecchie possono mostrare una diversa risposta e sarebbero necessari finanziamenti e opportunità per studiare il fenomeno su piante mature e senescenti.



**Tree
Protection
Zone**



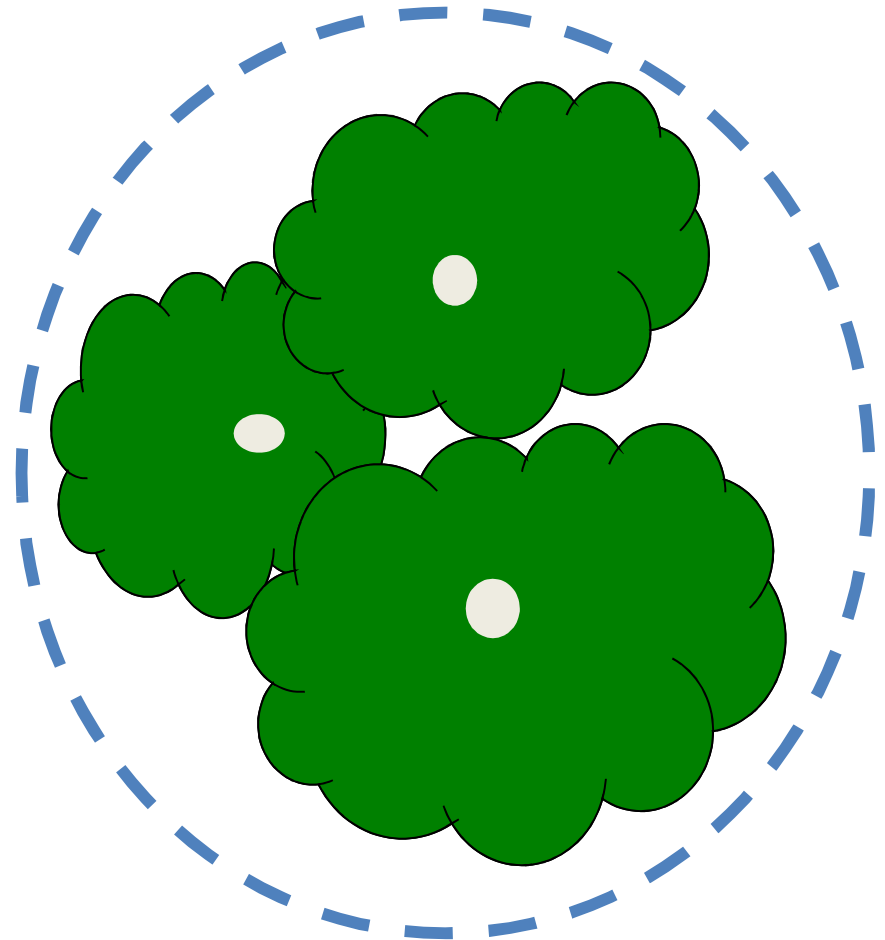
NO ACCESS

Contact: **Boulderstone site office**
Tel: 8168 6668

La zona di protezione dell'albero

Dimensione a maturità	Raggio della PRZ
$h > 18 \text{ m}$	4 m
$12 \text{ m} < h < 18 \text{ m}$	3 m
$h < 12 \text{ m}$	2 m

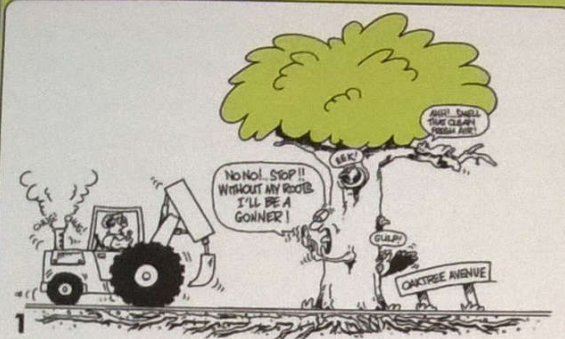
Regione Lombardia, 2003



A GUIDE TO

CABLE TRENCHING AND STREET TREES

One way to install and maintain cable without killing trees



1

THE LIFE OF THE TREE IS IN YOUR HANDS

Even the biggest trees have nearly all their roots just below the surface; they're the tree's life support system. If the roots get chopped, the tree will be damaged and may die!



2

PLAN WELL AHEAD

Street trees need special treatment - cable trenching should be planned well ahead.



3

NO MACHINERY

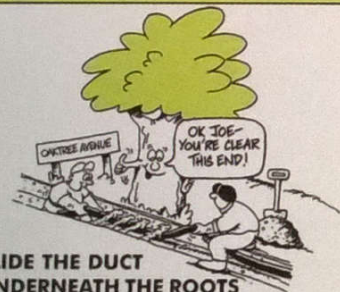
Mechanical diggers, power drills and slab cutters all damage roots without you noticing. Don't use machines where there are branches overhead.



4

DIG CAREFULLY BY HAND

Take care with roots thicker than your thumb. Don't break or scuff the roots. Don't let the roots dry out: cover them with damp sacking or spray with water.



5

SLIDE THE DUCT UNDERNEATH THE ROOTS

Shallow cables may need to be buried deeper than normal.



6

BACKFILL CAREFULLY

Use sand as backfill around the roots. Hand tamp around and between the roots. Don't use a whacker, except on the very top layer of tarmac. If you're not sure what to do, ask the boss!

Nel Regno Unito, sono diffusi due standard:

BS5837 (2005):

Alberi a fusto singolo:

$$PRZ = [(\phi_{1,5m} * 12)/1000] * \pi$$

Alberi policormici:

$$PRZ = [(\phi_{5cm} * 10)/1000] * \pi$$

NJUNG 10:

$$PRZ = 4 * \text{circonferenza}$$

Solo scavo manuale o tecniche che non prevedano lo scavo di trincee sono attuabili nella PRZ

© Produced by

National Urban Forestry Unit

The Science Park, Stafford Road, Wolverhampton, W10 9RT Web: www.nufu.org.uk

In association with
Endorsed by

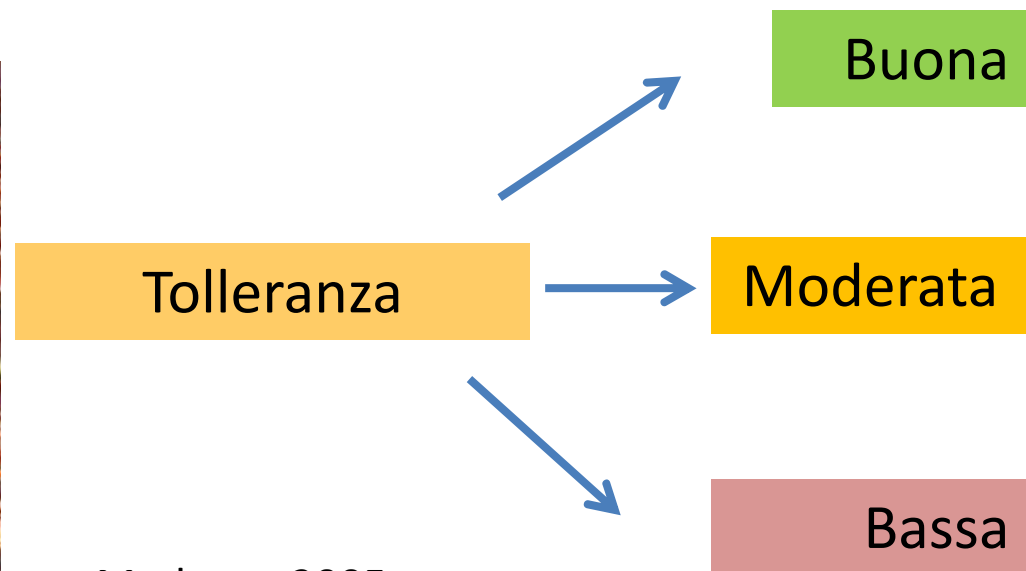
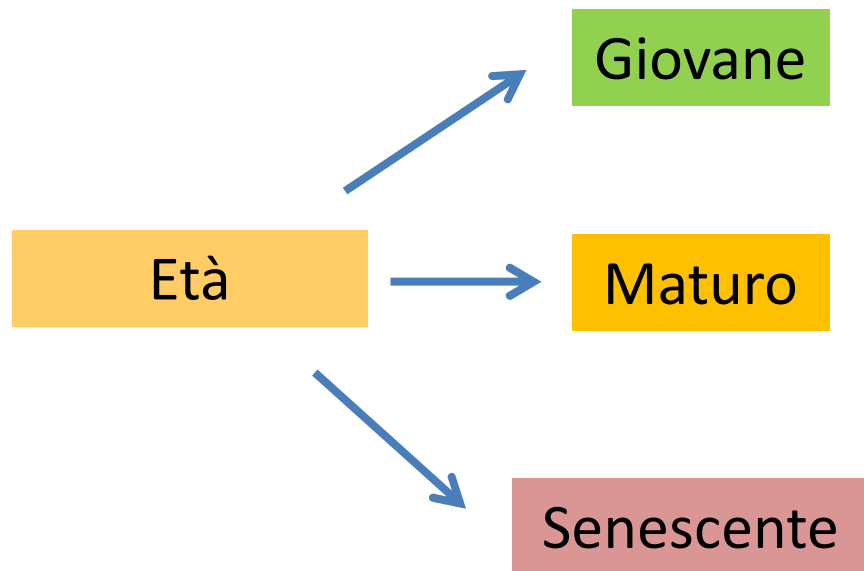
Department of the Environment

Arboricultural Association, Cable TV Association and The Tree Council

© Illustrations by

Darby Roberts

La zona di protezione dell'albero



Matheny, 2005

Tolleranza della specie	Età della pianta	Raggio PRZ (m cm ⁻¹ diametro)
Buona	Giovane	0.06
	Maturo	0.09
	Senescente	0.12
Moderata	Giovane	0.09
	Maturo	0.12
	Senescente	0.15
Bassa	Giovane	0.12
	Maturo	0.15
	Senescente	0.18

Matheny, 2005



Alcuni esempi di specie con diversa tolleranza

Facile	Difficile
Ontano	Pecan
Olmo	Noce
Bagolaro	Sassafrasso
Tiglio	Nyssa
Platano	Querce europee
Pioppo	Faggio
Salice	Araucaria
Tasso	Carrubo
Gleditsia	Liquidambar
Querce rosse	Nocciolo di Costantinopoli
Peri ornamentali	

Tecniche che non prevedono trincee

- Installare in fase progettuale vie d'accesso per i sottoservizi
- Il directional drilling è una tecnica per riparare e gestire i sottoservizi senza scavare trincee (Jim, 2003)
- L'uso di escavatori ad aria permette la rimozione del suolo senza danneggiare le radici
- Contattare arboricoltori certificati prima di iniziare i lavori
- **Superare l'inerzia, mettere in pratica ricerca e innovazione**

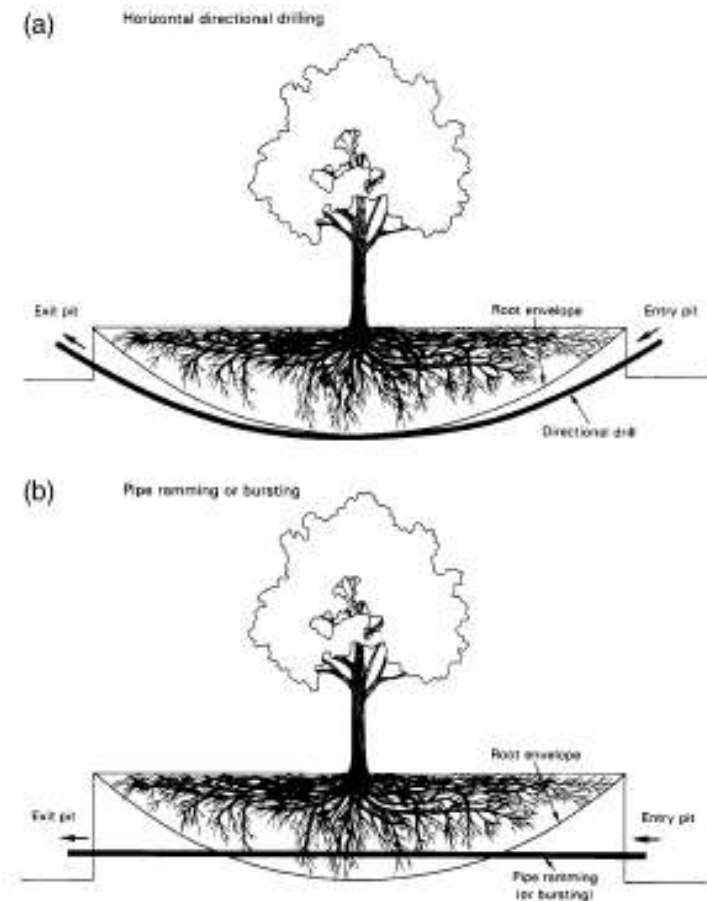


Figure 4 Trenchless methods can avoid damaging tree roots. (a) Horizontal directional drilling with a precision guidance system can bore under the root envelope and hence avoid any damage. Due to the relatively short distance involved in such tree protection work, it is suitable for the installation of flexible utility lines such as cables rather than rigid pipes. (b) Pipe ramming can be adopted to drive a metal pipe, either close- or open-end, largely under the root envelope. Pipe bursting or other analogous techniques without the need to open a trench can rehabilitate an existing pipe

Table 2. Comparing the costs of boring and removal of trees damaged by trenching (adapted from Morell [3])

	Trenching	Boring
Base project cost	\$320,000	\$320,000
Boring costs	\$0	\$32,000
Trees killed	44%	none
Tree removal & replacement costs	\$29,000	\$0
Actual direct project costs	\$349,000	\$352,000
Value of lost trees	\$137,000	\$0

Costo netto
del boring:
3000\$

Se includiamo i
costi indiretti:
134000\$
risparmiati

Watson, 1995

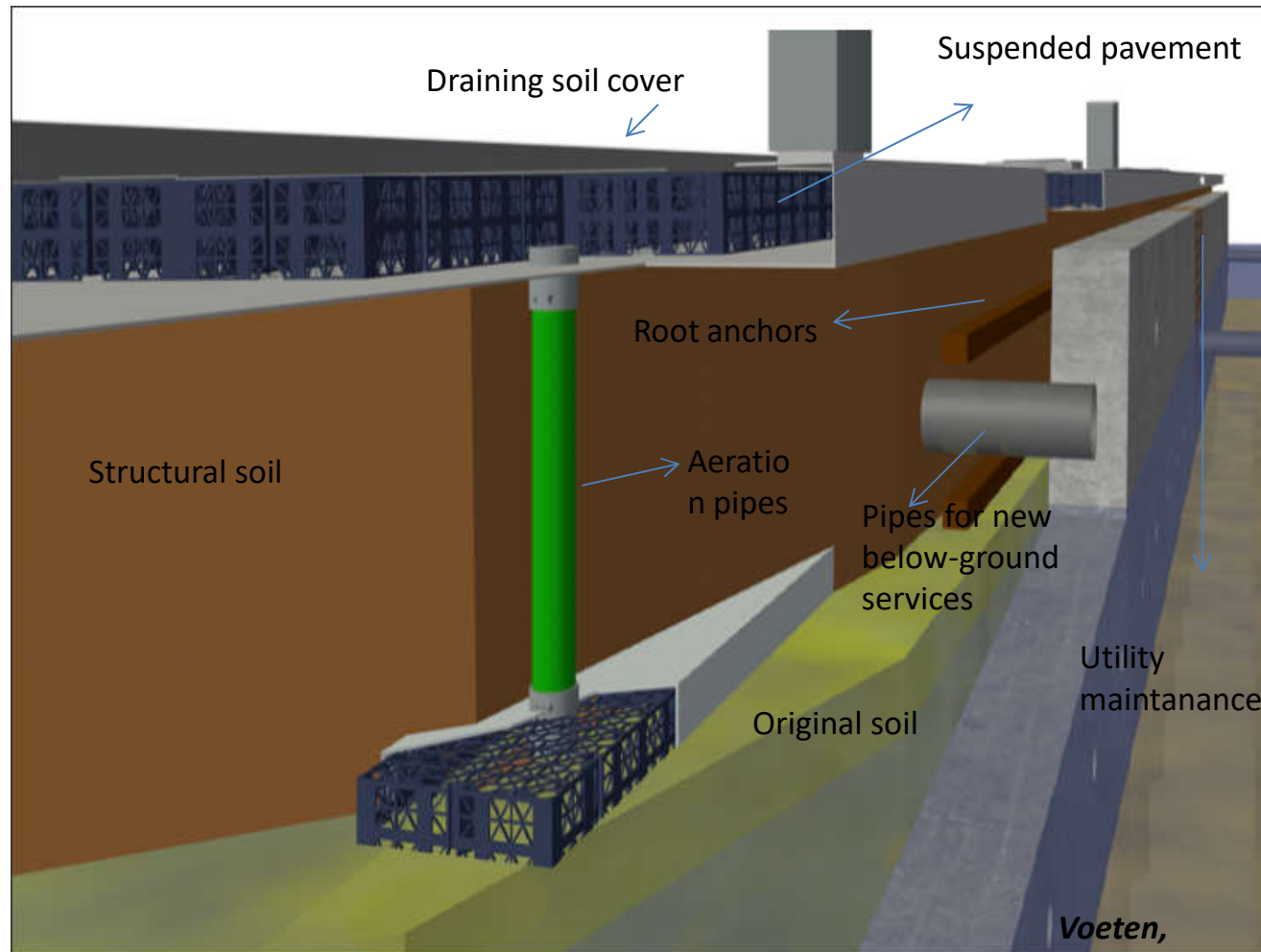
Figure 8.20 A typical self-contained rig for horizontal direct drilling.



Figure 8.21 Installation of new water mains using trenchless techniques. The old pipe is broken by a device operated from an access hole. Excavation near to tree roots will be minimised.

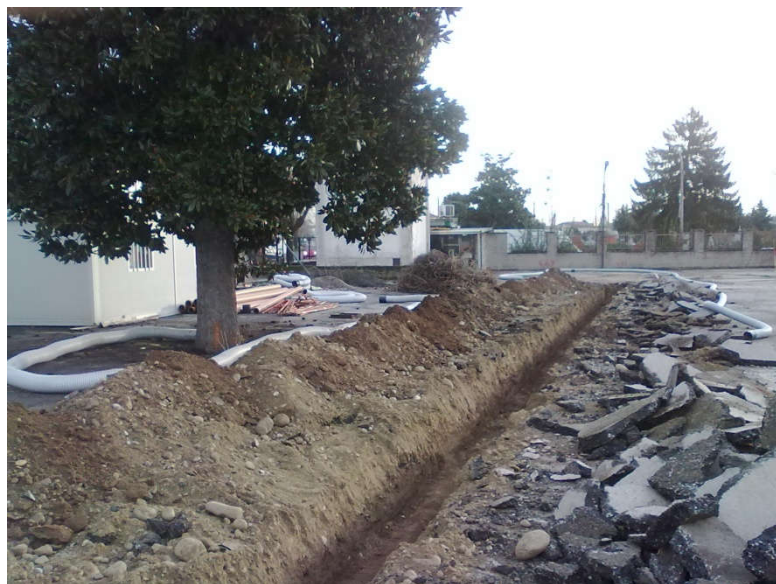


Riprogettazione del sito d'impianto per massimizzare infiltrazione e traspirazione



Voeten,
2014

Zone di protezioni dell'albero...





Regione Lombardia



Authors are grateful to Regione Lombardia - Agricultural Department for partially funding this experiment, according to the Plan of Research and Development 2009, as a part of the Research Project “Miglioramento delle tecniche produttive e della qualità del prodotto nel vivaismo ornamentale” (TECPRO); and to the Tree Fund 2011 Jack Kimmel International Grant “Effects of root severance by excavation on growth, physiology and uprooting resistance of two urban tree species”.