

Webinar

Principali impatti dei Cambiamenti Climatici
sui sistemi forestali naturali e semi-naturali

IL DEPERIMENTO DELLE FORESTE IN ITALIA: cause, meccanismi e ipotesi di gestione per migliorare la loro resilienza

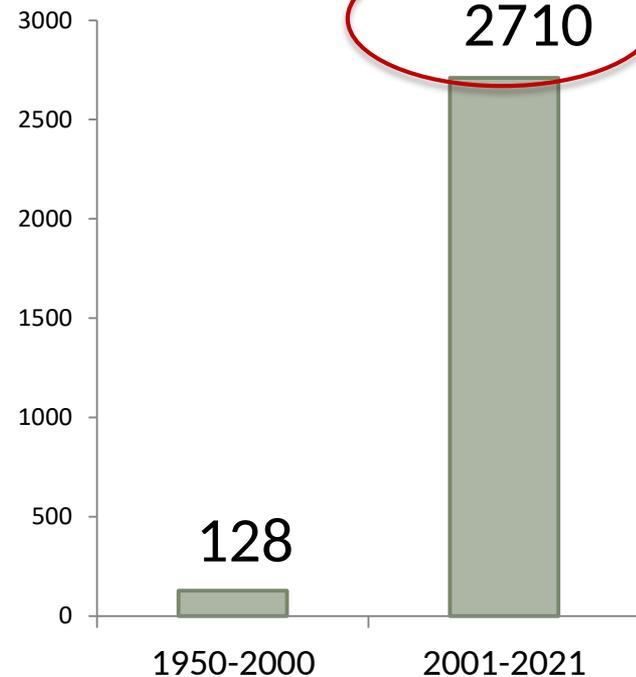
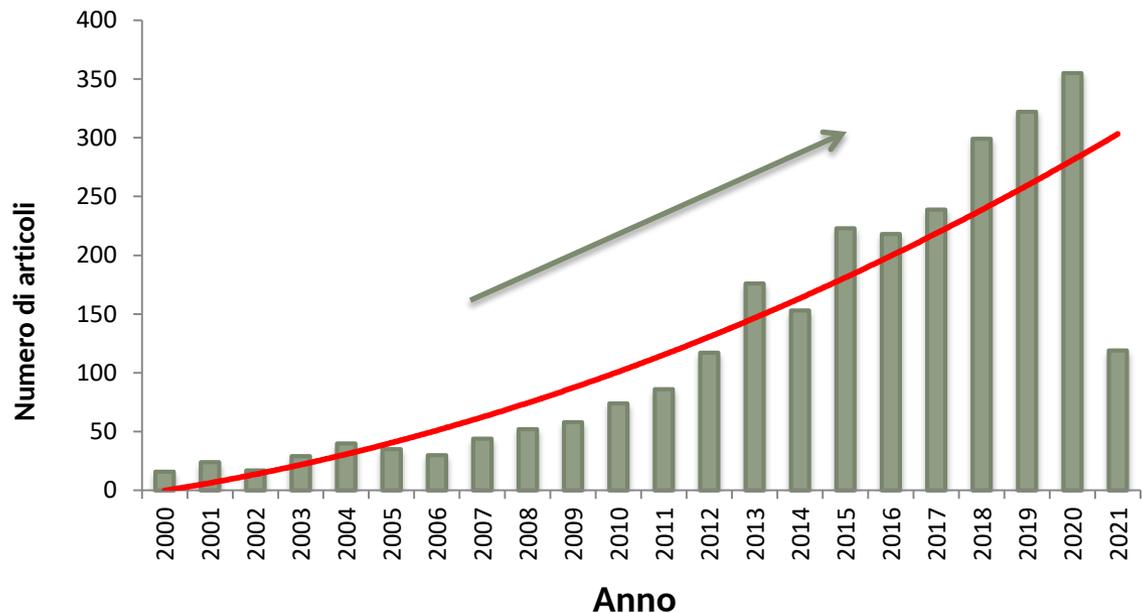
Francesco Ripullone

Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed
Ambientali
Università degli Studi della Basilicata



Search on ISI Web of Knowledge

Key words: *Forest, drought, mortality*



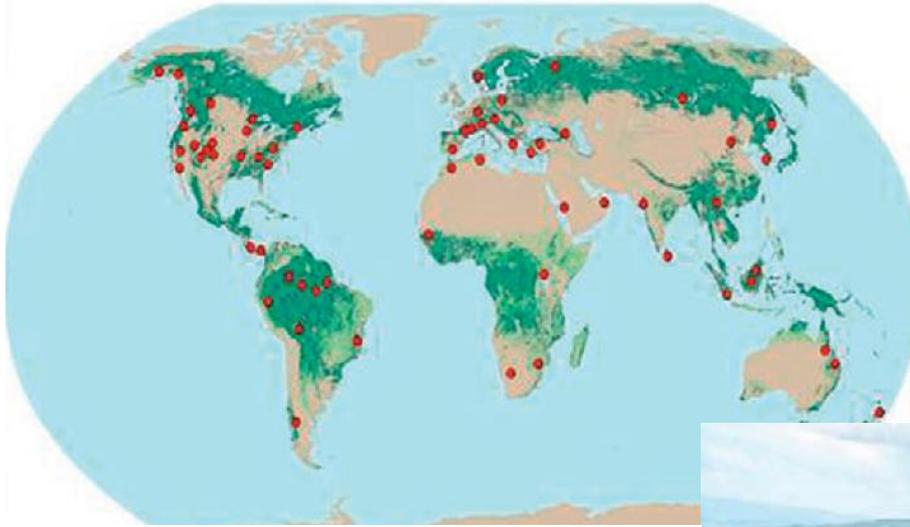
Citazioni Scopus: **3851**

Forest Ecology and Management 259 (2010) 660–684

A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests

Craig D. Allen^{a,*}, Alison K. Macalady^b, Haroun Chenchouni^c, Dominique Bachelet^d, Nate McDowell^e, Michel Vennetier^f, Thomas Kitzberger^g, Andreas Rigling^h, David D. Breshearsⁱ, E.H. (Ted) Hogg^j, Patrick Gonzalez^k, Rod Fensham^l, Zhen Zhang^m, Jorge Castroⁿ, Natalia Demidova^o, Jong-Hwan Lim^p, Gillian Allard^q, Steven W. Running^r, Akkin Semerci^s, Neil Cobb^t

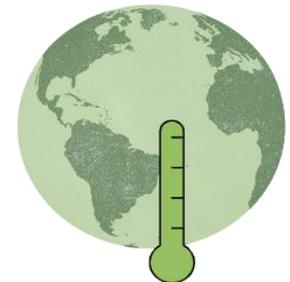
Fenomeni di deperimento forestale sono stati ampiamente segnalati in tutto il mondo



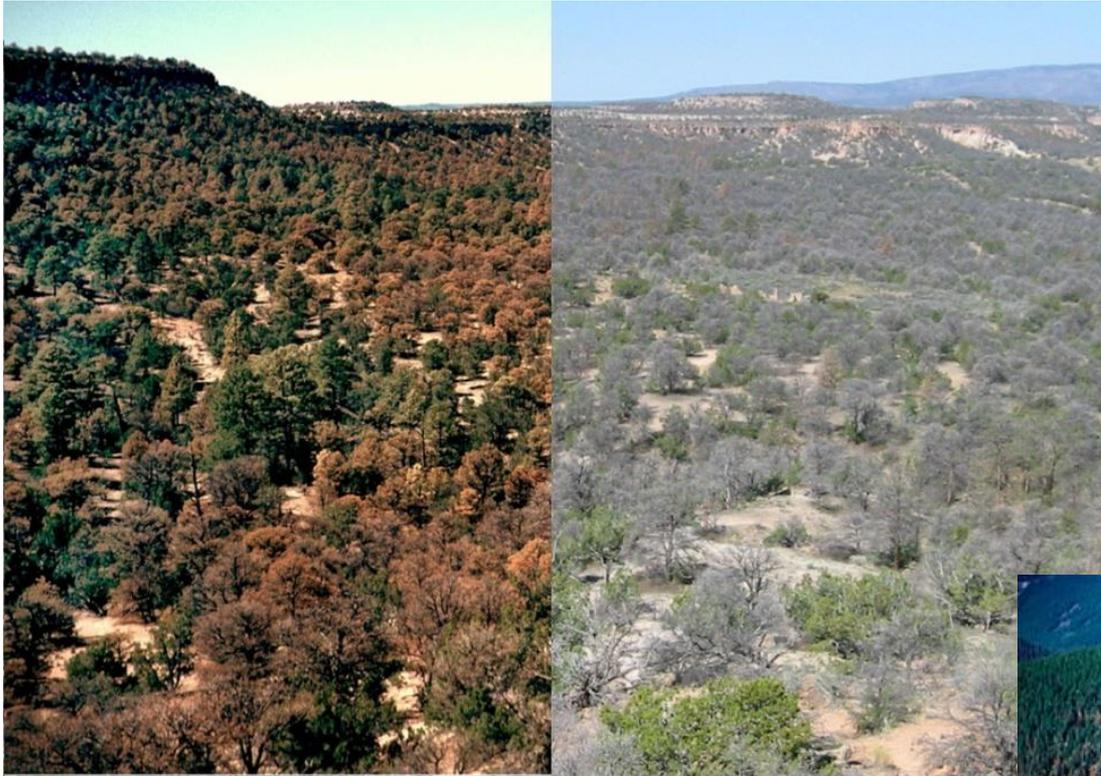
Distribuzione geografica (punti rossi) su copertura forestale globale (aree verdi)



Aumento della suscettibilità e ridotta capacità di adattamento dei popolamenti forestali ad eventi di stress climatico



Fenomeni di deperimento forestale sono stati ampiamente segnalati in tutto il mondo

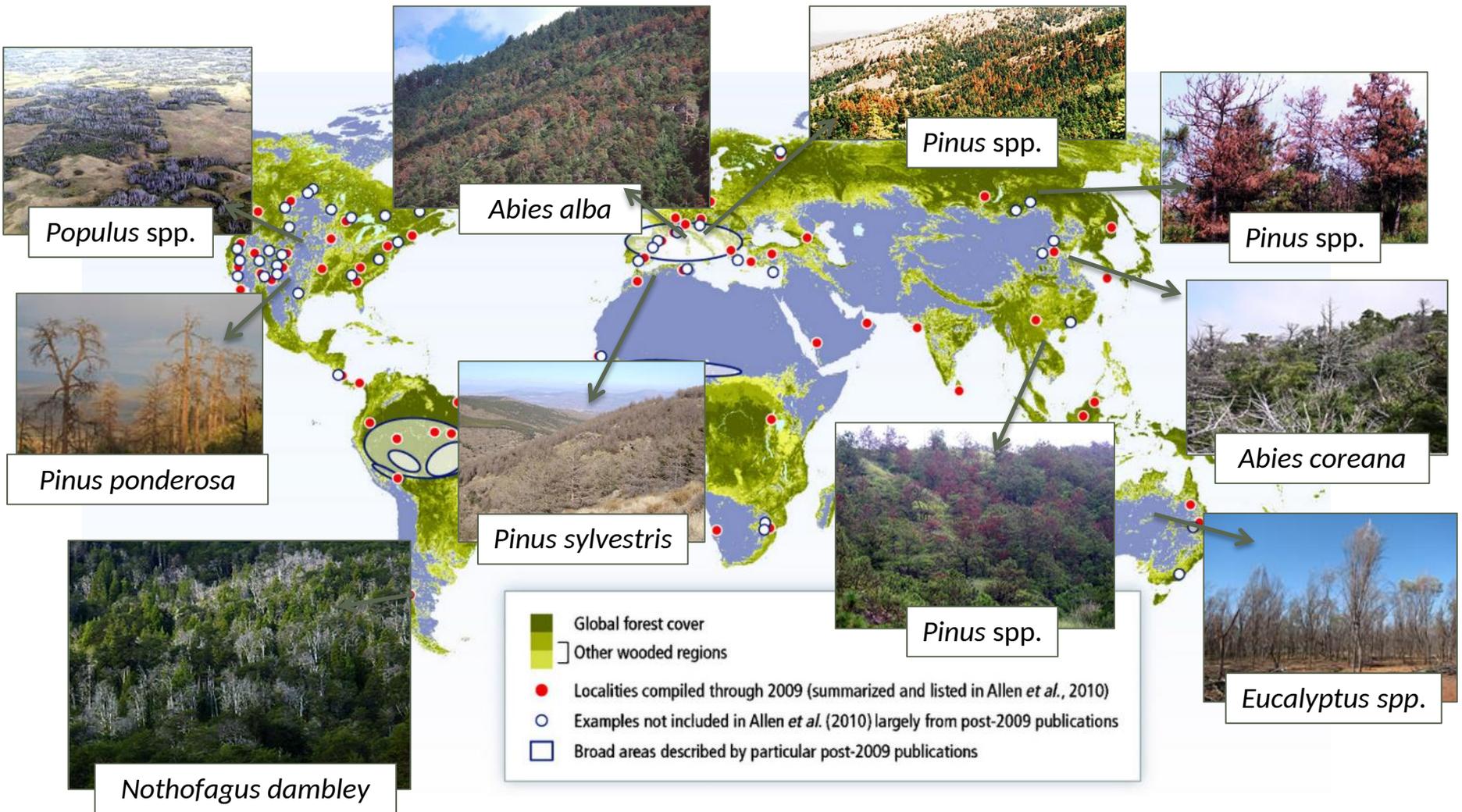


Los Alamos, New Mexico (Craig D. Allen 2010)

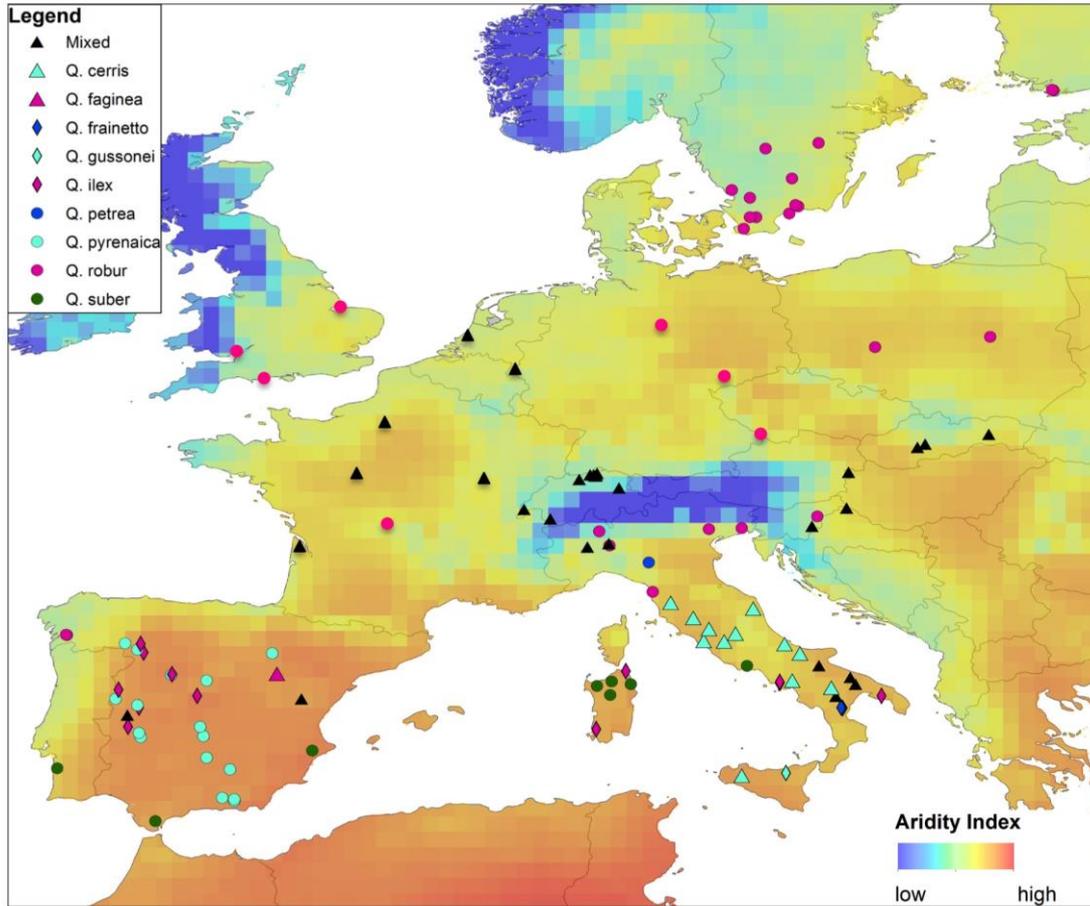
Impatto su composizione, struttura e funzionamento degli ecosistemi forestali



Deperimento forestale nel mondo



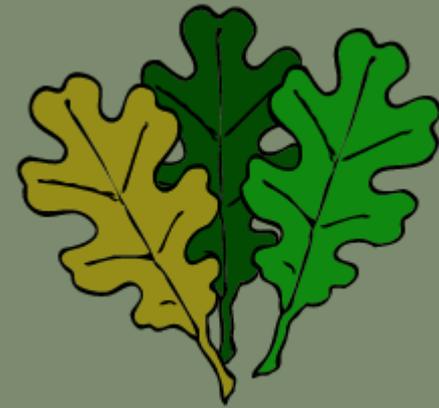
Fenomeno del declino delle querce in Europa



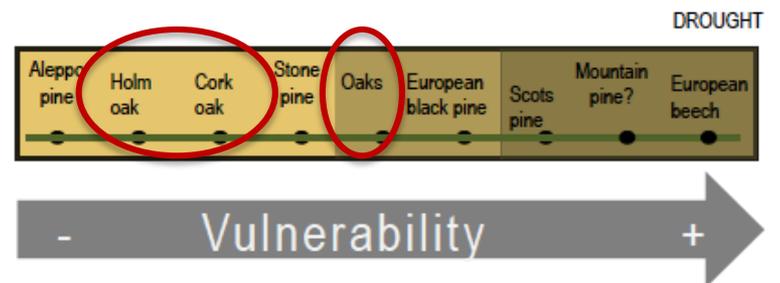
- Popolamenti misti di querce (30 siti)
- Q. robur (30 siti)
- Q. pyrenaica (16 siti)
- Q. ilex (12 siti)
- Q. cerris (12 siti)
- Q. suber (8 siti)
- Q. frainetto (2 siti)
- Q. gussonei (1 sito)
- Q. petraea (1 sito)

Gentilesca T., Camarero J.J., Colangelo M., Nolè A., Ripullone F. (2017). "**Oak decline**: an overview on current evidences, mechanisms and management options to improve the resilience of stands". iForest

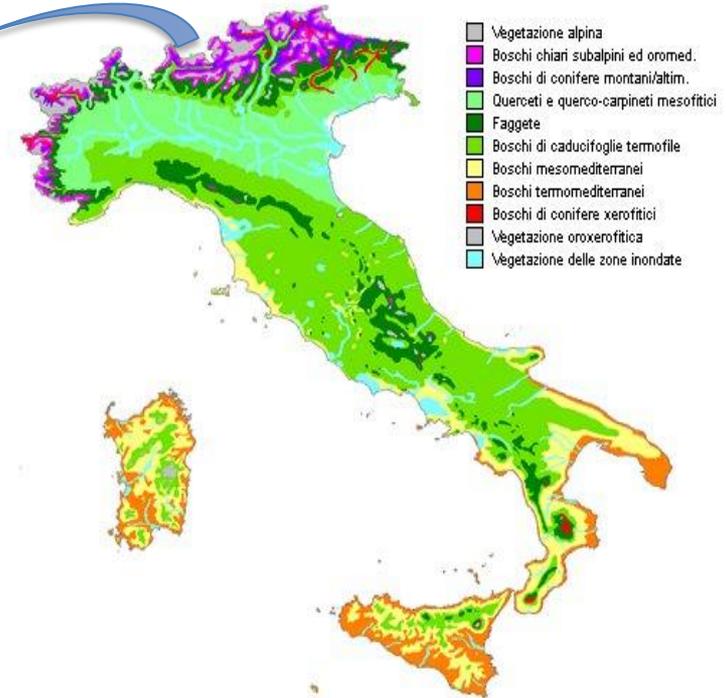
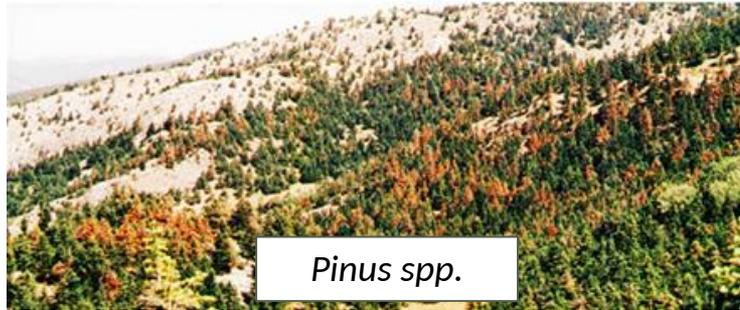
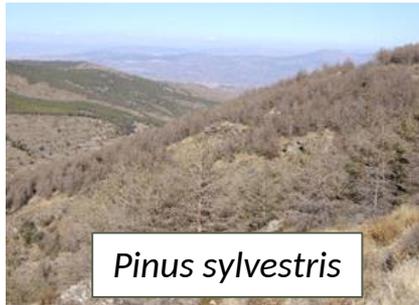
Brasier C.M. (1992) "**Oak tree mortality in Iberia**". Nature, 360: 539



I sintomi più comuni del deperimento delle querce



Fenomeni di deperimento forestale in Italia



Global Change Biology

Global Change Biology (2016) 22, 2125–2137, doi: 10.1111/gcb.13227

Wood anatomy and carbon-isotope discrimination support long-term hydraulic deterioration as a major cause of drought-induced dieback

ELENA PELLIZZARI¹, J. JULIO CAMARERO², ANTONIO GAZOL², GABRIEL SANGÜESA-BARRERA² and MARCO CARRER¹

¹Dip. TeSAF, Università degli Studi di Padova, Agripolis I-35020, Legnaro, Italy, ²Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Avda Montañana 1005, Zaragoza 50059, Spain

Declino delle querce in Italia – Casi di studio



Gorgoglione

- Specie prevalenti : *Q. pubescens* *Q. cerris*
- Medio-alta sensibilità alla siccità
- Superficie colpita (ha) : 450
- Alberi in deperimento : 40%
- Alberi morti : 5%



Ticino

- Specie prevalenti : *Q. robur*
- Alta sensibilità alla siccità
- Superficie colpita (ha) : 9000
- Alberi in deperimento : 60%
- Alberi morti : 30%



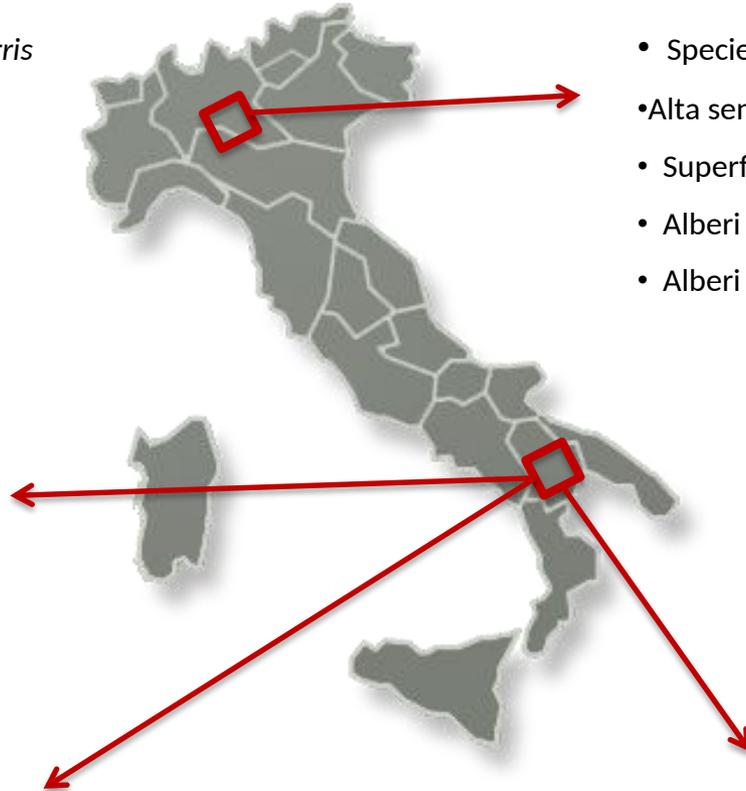
Oriolo

- Specie prevalenti : *Q. frainetto*
- Media sensibilità alla siccità
- Superficie colpita (ha) : 600
- Alberi in deperimento : 40-50 %
- Alberi morti : 8%



San Paolo Albanese

- Specie prevalenti : *Q. frainetto*
- Media sensibilità alla siccità
- Superficie colpita (ha) : 250
- Alberi in deperimento : 80%
- Alberi morti : 15%



Gorgoglione (MT)

Bosco comunale Pergamo-Le Manche

Caratteristiche del sito

Specie prevalenti: *Quercus cerris* L. (71%), *Quercus pubescens* Willd. (25%)

Forma di governo: fustaia

Densità media: 600 piante/ettaro

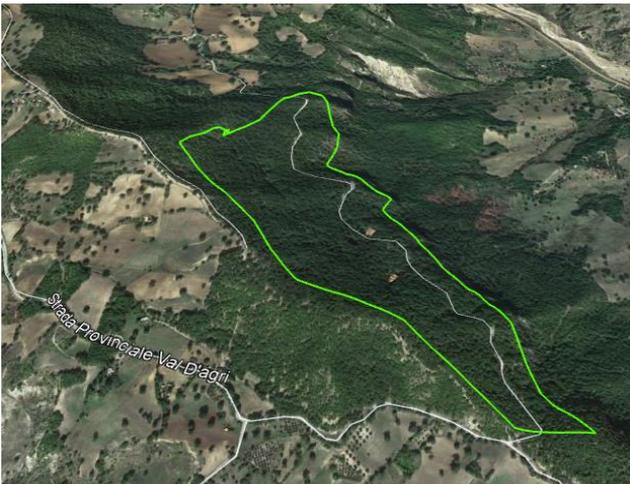
Anno di segnalazione: 2002-2003

Superficie colpita (ha): 450

% alberi in deperimento: 40

% alberi morti: 5

Sensibilità alla siccità: medio-alta



San Paolo Albanese (PZ) – Parco del Pollino

Caratteristiche del sito

Specie prevalenti : *Quercus frainetto* Ten.

Forma di governo: fustaia

Densità media: **348 piante/ettaro**

Anno di segnalazione: **2000-2001**

Superficie colpita (ha): **250**

% alberi in deperimento: **80**

% alberi morti: **15**

Sensibilità alla siccità: **medio-alta**



Oriolo (CS)

Caratteristiche del sito

Specie prevalenti : ***Quercus frainetto* Ten.**

Forma di governo: **fustaia**

Densità media: **444 piante/ettaro**

Anno di segnalazione: **2000**

Superficie colpita (ha): **600**

% alberi in deperimento: **40-50**

% alberi morti: **15**

Sensibilità alla siccità: **medio-alta**



Parco del Ticino

Caratteristiche del sito

Specie prevalenti : *Quercus robur*

Forma di governo: fustaia

Densità media: 800 piante/ettaro

Anno di segnalazione: 2004

Superficie colpita (ha): 9000

% alberi in deperimento: 40-50

% alberi morti: 10

Sensibilità alla siccità: medio-alta



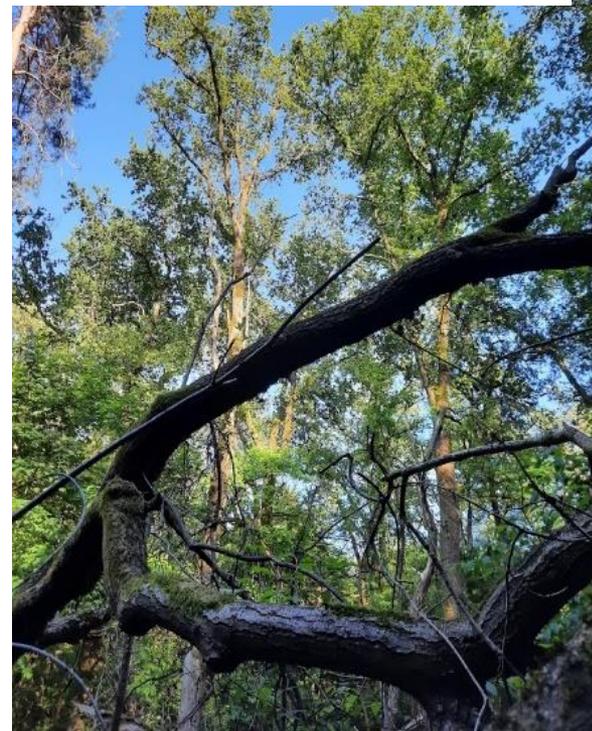
Regione Lombardia
Agricoltura

**PROGETTO
DEPFAR**



MAB
Parco Ticino

**Indagini diagnostiche sul deperimento della
farnia nei boschi della Valle del Ticino**



Declino delle querce: fenomeno complesso

Struttura del popolamento

Altro

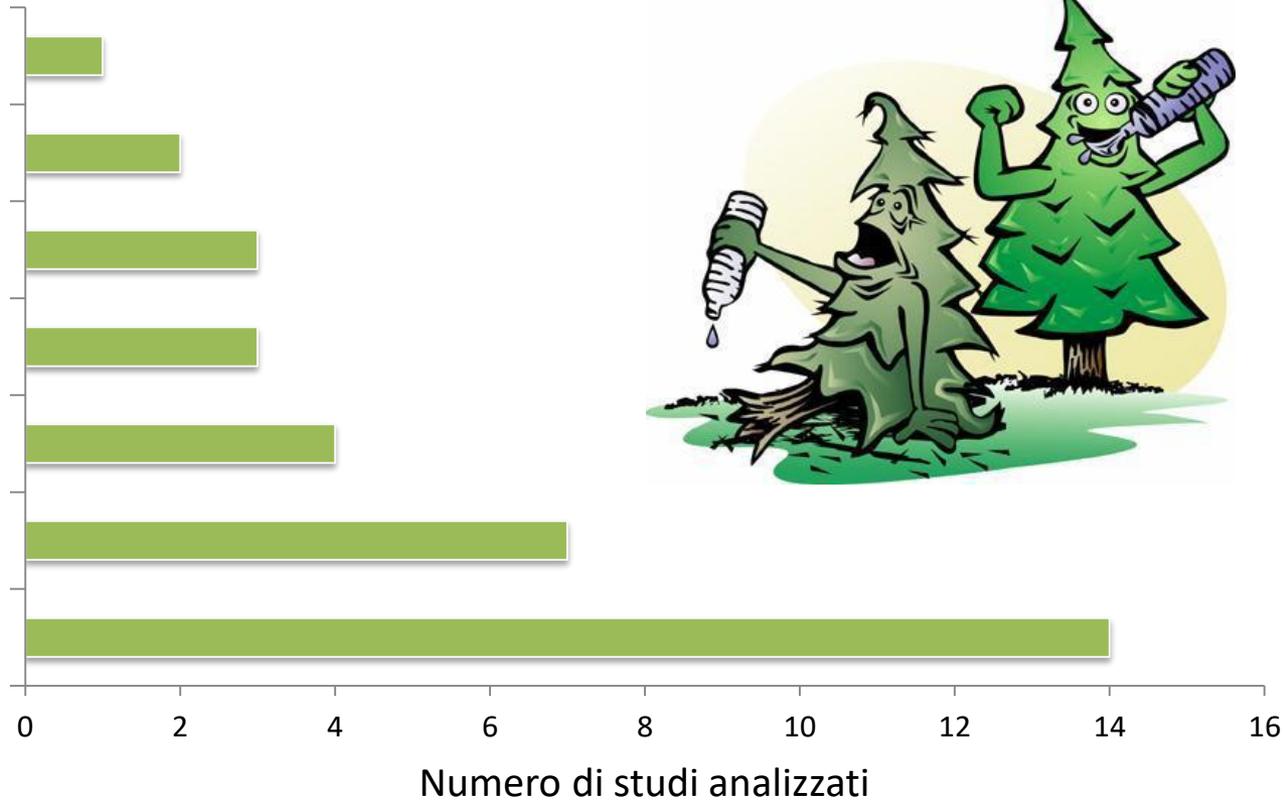
Interazione dei fattori

Carenza di nutrienti

Temperature

Patogeni

Stress idrico



Pilgrin et al. (2008). **Drought** and forest decline in the Iberian Peninsula: A simple explanation for a complex phenomenon? A review.

Rozas V, Garcia-Gonzales I (2012). Too wet for oaks? **Inter-tree competition** and recent **persistent wetness** predispose oaks to rainfall-induced dieback in Atlantic rainy forest. Global and Planetary Change.

Gea-Izquierdo et al. (2013). Growth projections reveal local vulnerability on Mediterranean oaks with **rising temperatures**. Forest, Ecology and Management.

A complex phenomenon with no single causes (Manion 1981, Wargo and others 1983)

INCITING FACTORS

DROUGHT

HEATWAVES

FROST

STAND DISTURBANCE

CONTRIBUTING FACTORS

INSECTS

FUNGI

ROOT DISEASE

PREDISPOSING FACTORS

CLIMATIC TREND

COMPETITION

PHYSIOLOGICAL AGE

SOIL DEPTH

TEXTURE

FERTILITY

GENOTYPES

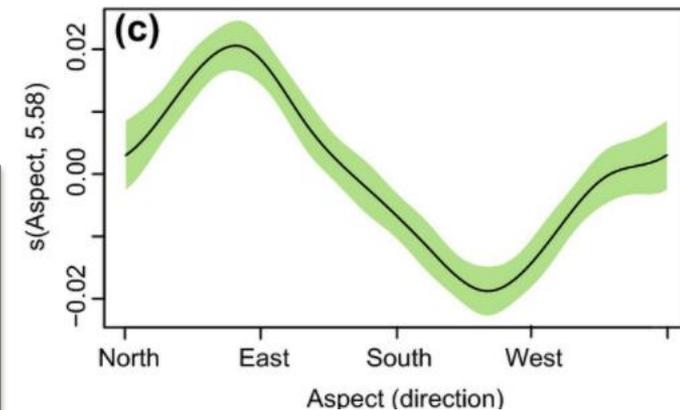
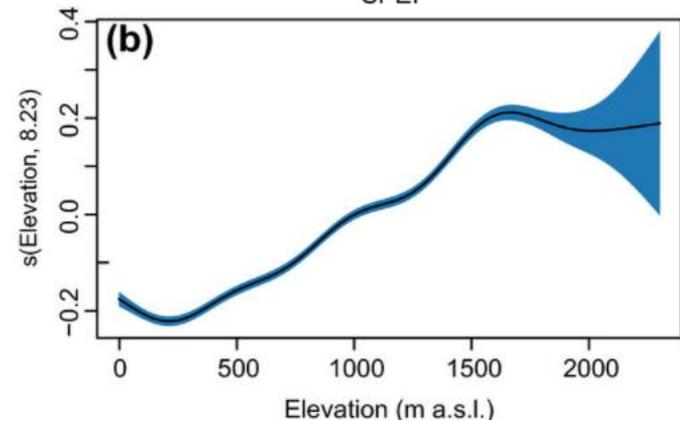
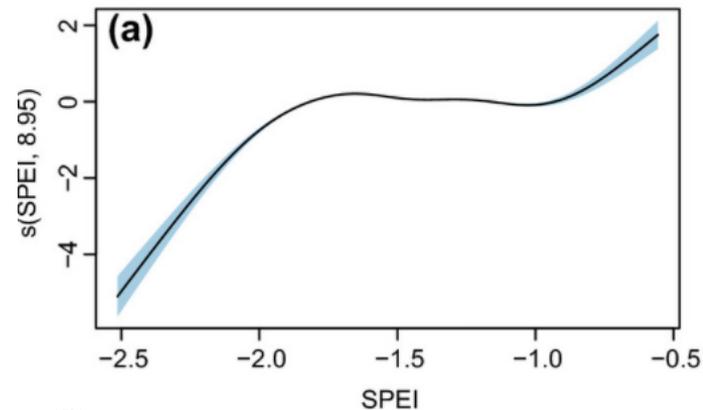
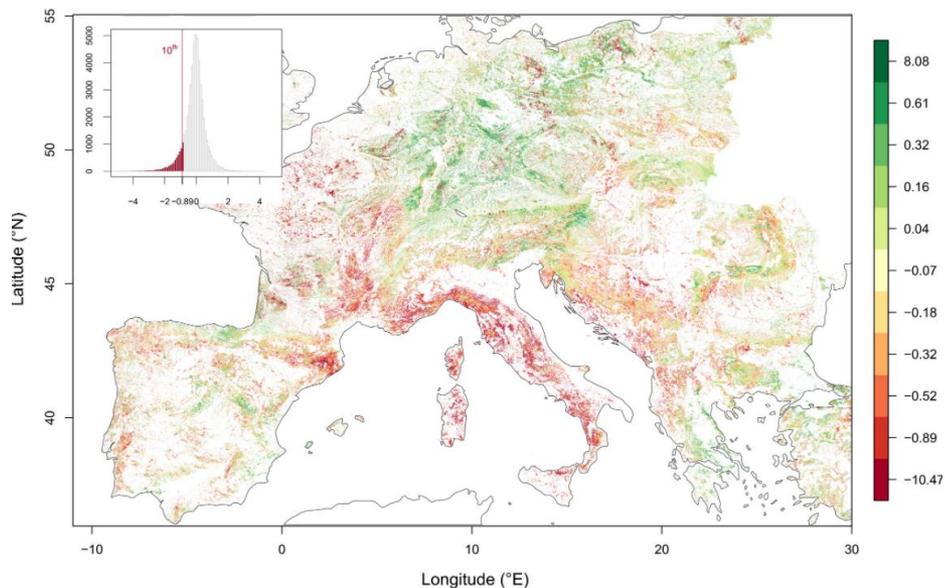
TOPOGRAPHY



The oak decline

The impact of drought spells on forests depends on site conditions: The case of 2017 summer heat wave in southern Europe

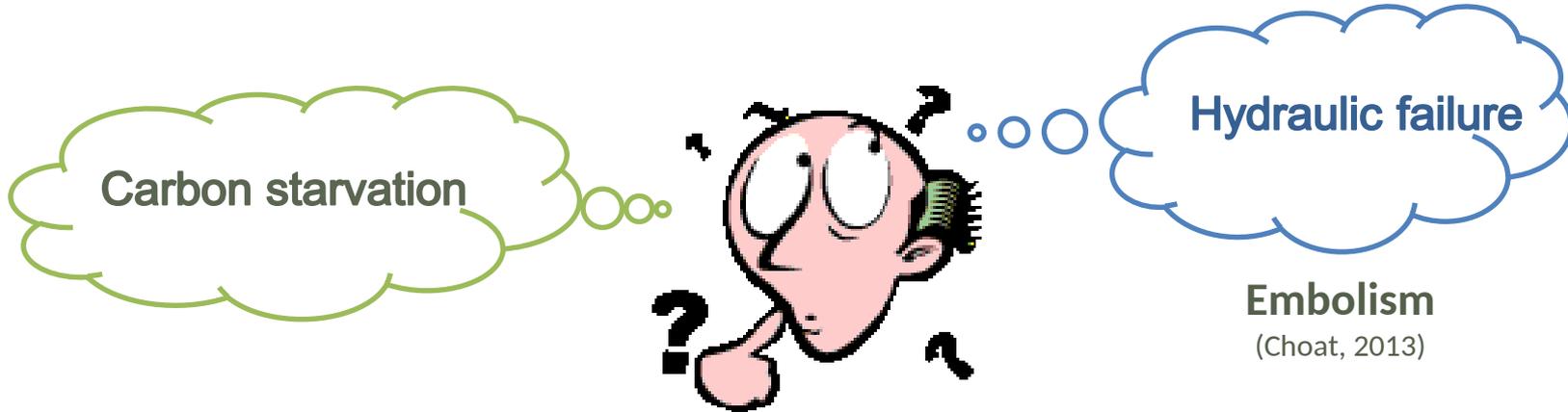
Angelo Rita , Jesus Julio Camarero, Angelo Nolè, Marco Borghetti, Michele Brunetti, Nicola Pergola, Carmine Serio, Sergio M. Vicente-Serrano, Valerio Tramutoli, Francesco Ripullone



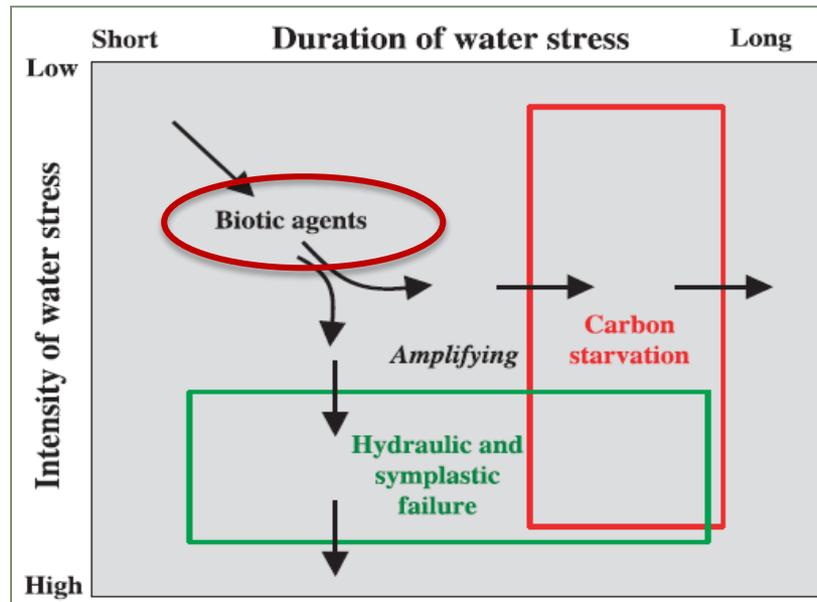
In base alle variabili topografiche, l'impatto della siccità sull'NDVI si riduce con l'altitudine

Foreste che crescono su pendii esposti a est-nord-est hanno sperimentato effetti meno dannosi della siccità sui loro valori NDVI

Mechanisms drought-induced mortality



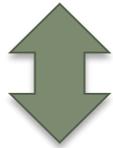
Role of phloem failure, pests
(Mencuccini et al. 2015)



I meccanismi di mortalità sono legati alla **capacità di regolare l'equilibrio di carbonio e acqua** in condizioni di siccità di diversa intensità e durata

Interazione tra carboidrati e dinamiche idrauliche

Carbon starvation



Hydraulic failure



Phloem transport failure

A multi-species synthesis of physiological mechanisms in drought-induced tree mortality

Henry D. Adams^{1*}, Melanie J. B. Zeppel^{2,3}, William R. L. Anderegg⁴, Henrik Hartmann⁵, Simon M. Landhäusser⁶, David T. Tissue⁷, Travis E. Huxman⁸, Patrick J. Hudson⁹, Trenton E. Franz¹⁰, Craig D. Allen¹¹, Leander D. L. Anderegg¹², Greg A. Barron-Gafford^{13,14}, David J. Beerling¹⁵, David D. Breshears^{16,17}, Timothy J. Brodrick¹⁸, Harald Bugmann¹⁹, Richard C. Cobb²⁰, Adam D. Collins²¹, L. Turin Dickman²¹, Honglang Duan²², Brent E. Ewers²³, Lucia Gallano²⁴, David A. Galvez⁶, Nürja García-Fórner²⁵, Monica L. Gaylord^{26,27}, Matthew J. Germino²⁸, Arthur Gessler²⁹, Uwe G. Hacke⁶, Rodrigo Hakamada³⁰, Andy Hector³¹, Michael W. Jenkins³², Jeffrey M. Kane³³, Thomas E. Kolb²⁶, Darin J. Law¹⁶, James D. Lewis³⁴, Jean-Marc Limousin³⁵, David M. Love⁴, Alison K. Macalady³⁶, Jordi Martínez-Vilalta^{37,38}, Maurizio Mencuccini^{37,39,40}, Patrick J. Mitchell⁴¹, Jordan D. Muss²¹, Michael J. O'Brien⁴², Anthony P. O'Grady⁴¹, Robert E. Pangle⁹, Elizabeth A. Pinkard⁴¹, Frida I. Piper^{43,44}, Jennifer A. Plaut⁹, William T. Pockman⁹, Joe Quirk¹⁵, Keith Reinhardt⁴⁵, Francesco Ripullone⁴⁶, Michael G. Ryan^{47,48,49}, Anna Sala⁵⁰, Sanna Sevanto²¹, John S. Sperry⁴, Rodrigo Vargas⁵¹, Michel Vennetier⁵², Danielle A. Way^{53,54}, Chonggang Xu²¹, Enrico A. Yezzer⁵⁵ and Nate G. McDowell⁵⁶



Meccanismi coinvolti nel declino e mortalità delle foreste



Carbon starvation



Meccanismo comune
in tutte le specie

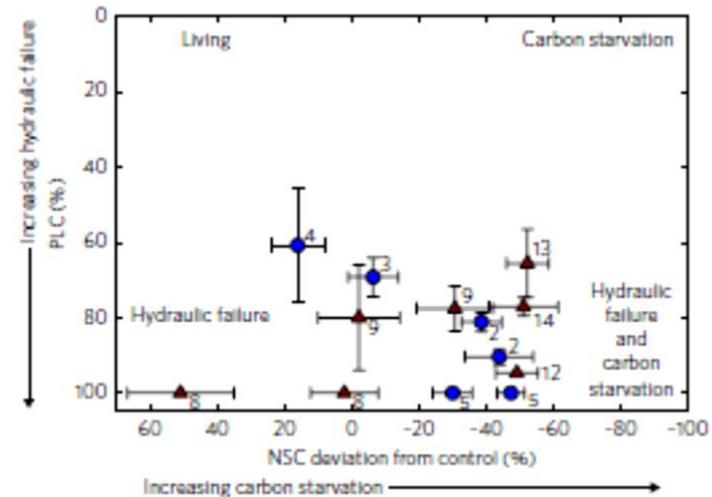
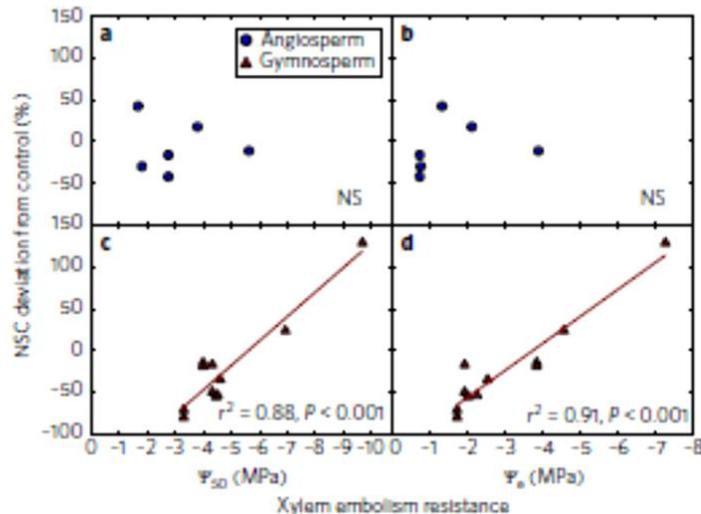
Hydraulic failure



Non presente in
tutte le specie

ARTICLES

NATURE ECOLOGY & EVOLUTION



Hydraulic dysfunction o Carbon starvation?

No differenze significative di NSC tra alberi D e ND

Colangelo M., Camarero J.J., Battipaglia G., Borghetti M., De Micco V., Gentilesca T., Ripullone F. (2017). *A multi-proxy assessment of dieback causes in a Mediterranean oak species*. Tree Physiology

Specie : *Quercus frainetto* Ten.

Table 3. Concentrations of NSCs in the sapwood of non-declining (ND) and declining (D) Italian oak trees sampled at the SP and OR study sites. Values are means \pm SE. Different letters indicated significant differences ($P < 0.05$; Mann–Whitney U tests) between tree types within each site.

Site	Tree type	SS (%)	Starch (%)	NSC (%)
SP	ND	1.45 \pm 0.15a	2.03 \pm 0.19a	3.48 \pm 0.23a
	D	1.41 \pm 0.15a	1.73 \pm 0.16a	3.14 \pm 0.15a
OR	ND	2.09 \pm 0.31a	2.24 \pm 0.21a	4.33 \pm 0.45a
	D	2.95 \pm 0.41a	1.94 \pm 0.29a	4.89 \pm 0.39a

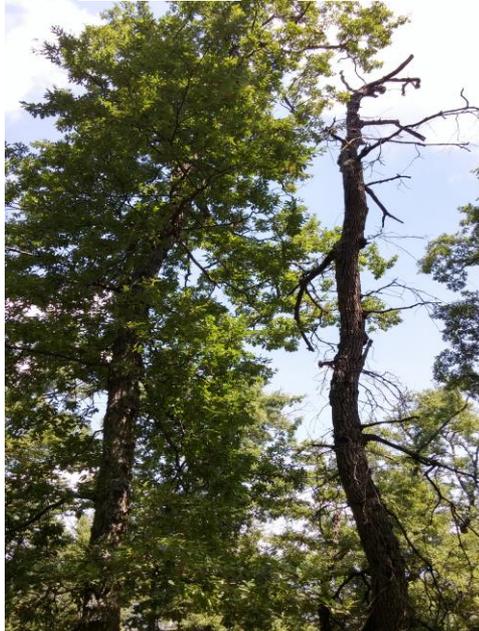


Perché alcune piante sono più predisposte di altre al declino?

Research paper

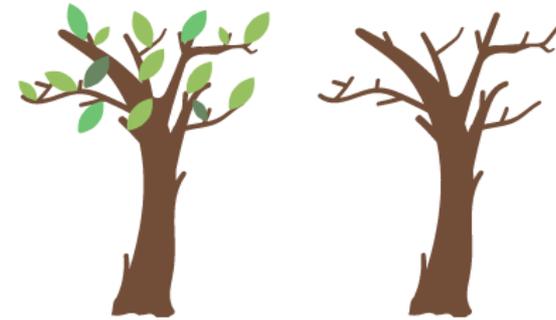
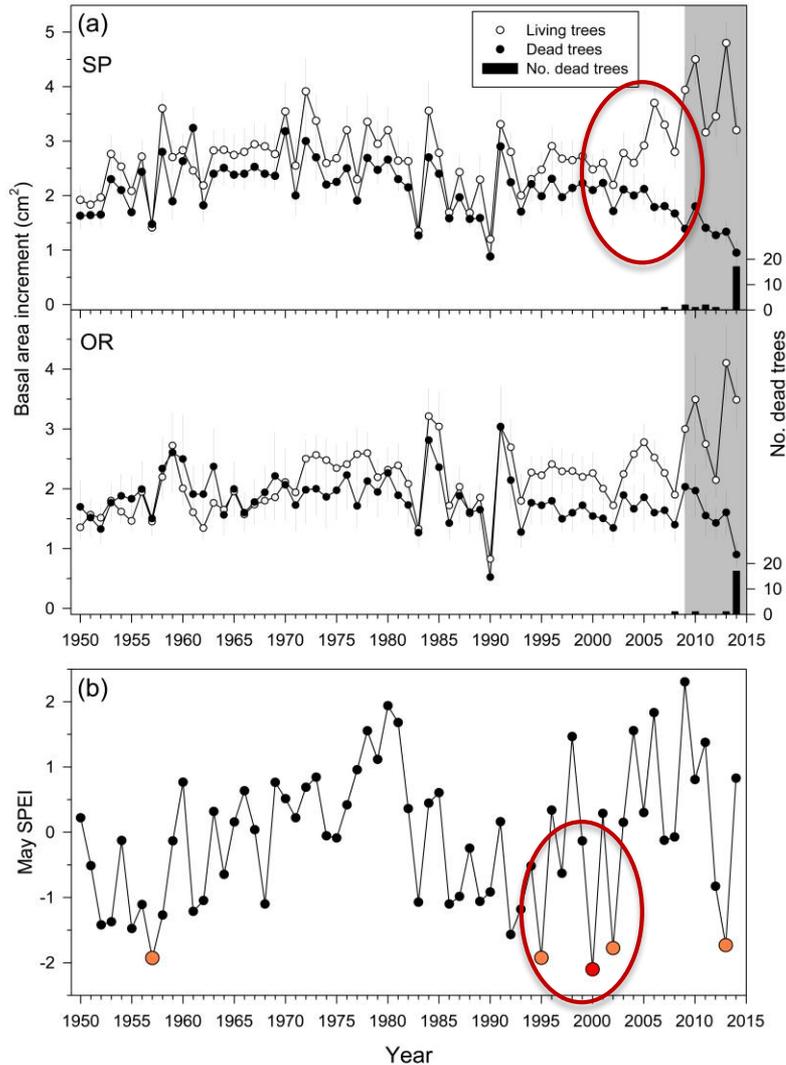
A multi-proxy assessment of dieback causes in a Mediterranean oak species

Michele Colangelo¹, J. Julio Camarero², Giovanna Battipaglia^{3,4}, Marco Borghetti¹, Veronica De Micco⁵, Tiziana Gentilesca¹ and Francesco Ripullone^{1,6}



Crescita differente tra piante vive e morte

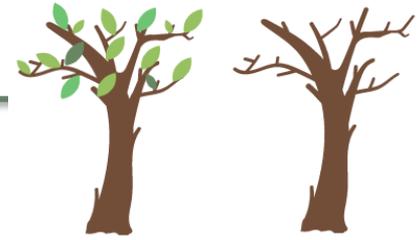
Quercus frainetto Ten.



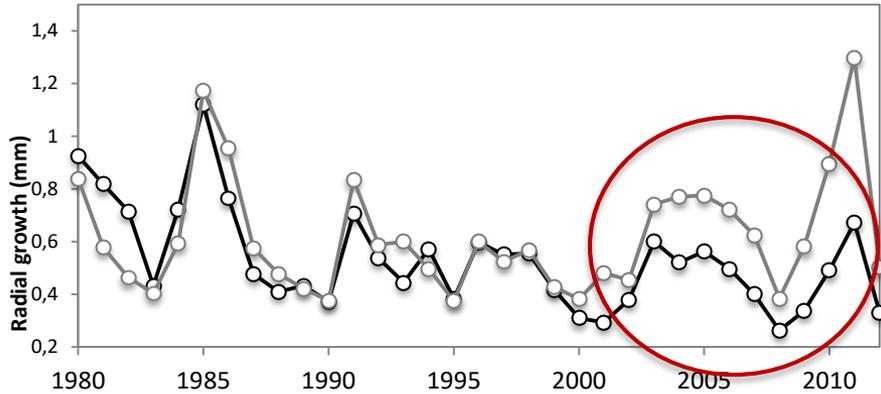
La divergenza inizia almeno 20
anni prima della morte

Periodi siccitosi negli anni 2000 hanno
innescato fenomeni di declino

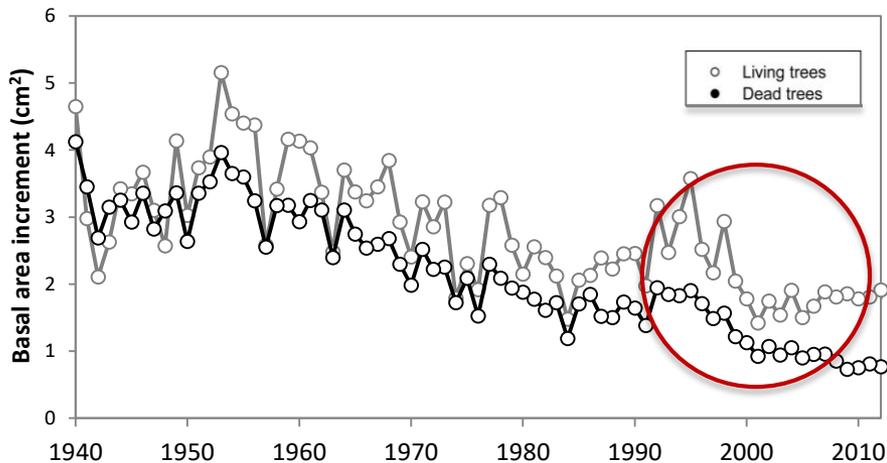
Crescita differente tra piante vive e morte



Quercus pubescens (Gorgoglione)



Quercus robur (Parco del Ticino)



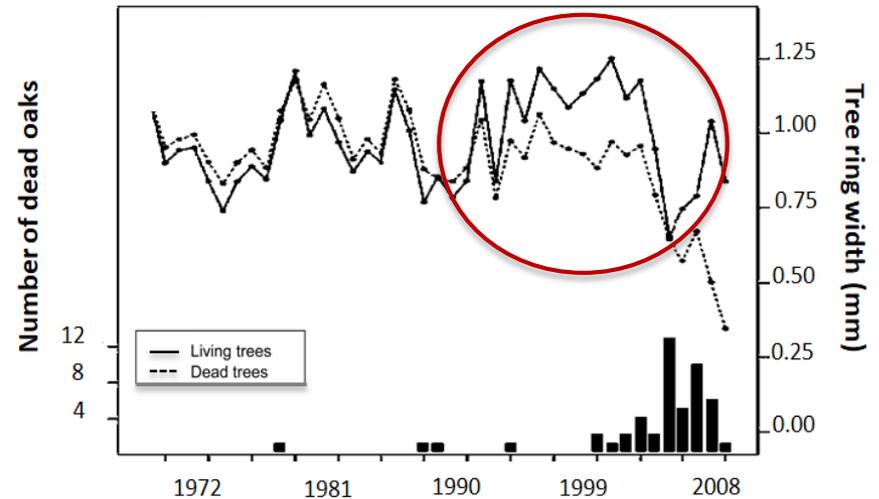
Global Change Biology

Global Change Biology (2017) 23, 1675–1690, doi: 10.1111/gcb.13535

A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality

MAXIME CAILLERET¹, STEVEN JANSEN², ELISABETH M. R. ROBERT^{3,4,5}, LUCÍA DESOTO⁶, TUOMAS AAKALA⁷, JOSEPH A. ANTOS⁸, BARBARA BEIKIRCHER⁹,

Quercus robur (Svezia)



Annals of Forest Science (2011) 68:159–168
DOI 10.1007/s13595-011-0017-y

ORIGINAL PAPER

Low pre-death growth rates of oak (*Quercus robur* L.)—
Is oak death a long-term process induced by dry years?

Marie Andersson · Per Milberg · Karl-Olof Bergman

Indicatori della salute delle foreste Mediterranee

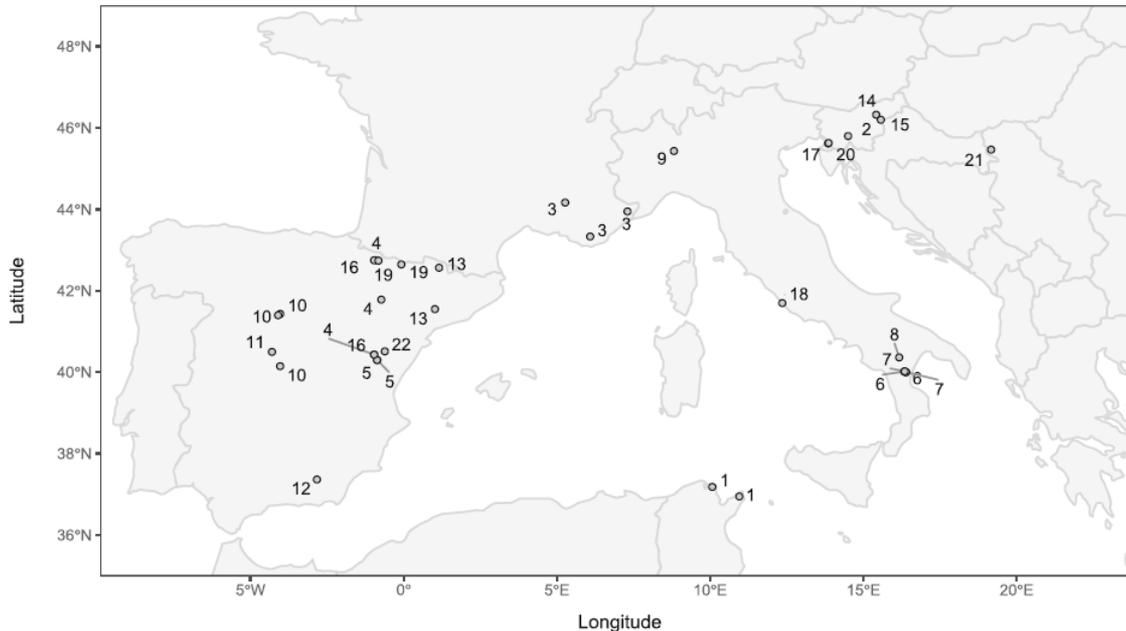
Current Forestry Reports (2020) 6:220–236
<https://doi.org/10.1007/s40725-020-00124-5>

PHYSIOLOGICAL PROCESSES (M MENCUCINI, SECTION EDITOR)



Xylem Functional Traits as Indicators of Health in Mediterranean Forests

Marco Borghetti¹ · Tiziana Gentilesca¹ · Michele Colangelo² · Francesco Ripullone¹ · Angelo Rita¹



Variabilità geografica
nei tratti xilematici
nella regione
mediterranea

Risposte disomogenee
alla crescente siccità

Fig. 1 Geographic distribution of selected case studies with investigated tree species. Numbers in open circles refer to the articles listed in Table 1, from which tree ring width, basal area increment, and xylem trait chronologies were compiled for the present meta-analysis

Gli alberi morti mostrano un'altezza inferiore rispetto agli alberi vivi



Size Matters a Lot: Drought-Affected Italian Oaks Are Smaller and Show Lower Growth Prior to Tree Death

Michele Colangelo¹, Jesús J. Camarero^{2*}, Marco Borghetti¹, Antonio Gazol², Tiziana Gentilesca¹ and Francesco Ripullone¹



Quercus frainetto Ten.

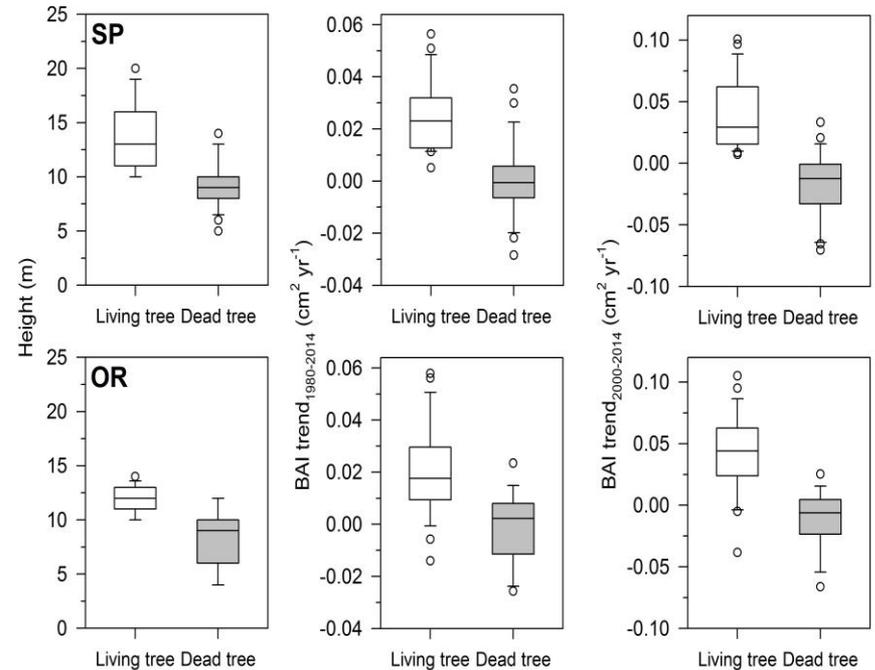


TABLE 1 | Characteristics of the living (L) and recently dead (D) oak trees sampled in the two study sites (OR and SP).

Site	Tree type	No. trees	Dbh (cm)	Height (m)	Age at 1.3 m (years)	Competition index
SP	L	24	32.6 ± 0.9b	14.1 ± 0.9b	146 ± 2a	657.5 ± 45.1a
	D	24	28.2 ± 1.0a	9.5 ± 0.5a	143 ± 2a	708.4 ± 71.2a
OR	L	24	29.1 ± 0.7a	11.6 ± 0.3b	141 ± 2a	603.6 ± 51.9a
	D	18	27.5 ± 1.5a	8.7 ± 0.7a	139 ± 3a	536.2 ± 76.6a

Values are means ± SE. Significant differences ($P < 0.05$; Mann-Whitney U tests) between living and dead trees within each site are indicated by different letters.

Perché gli alberi di altezza inferiore sono più inclini a morire ?

La teoria idraulica suggerisce che gli alberi alti, in particolare le specie isoidriche, sono più a rischio di deperimento da siccità causato da deficit idraulici rispetto agli alberi piccoli

- Differenze genetiche?
- Differenze di apparato radicale?
- Differenze in contenuto idrico immagazzinato nelle radici o nelle branche?

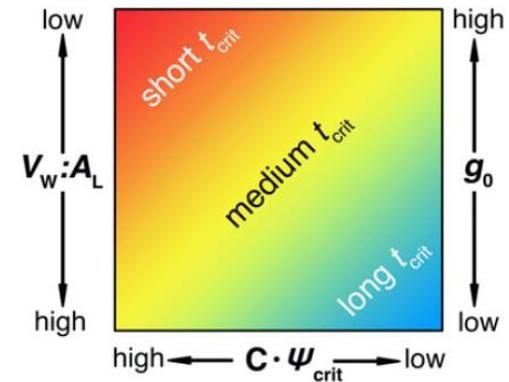


Figure 2. A conceptual model of how the time to reach lethal levels of drought stress (t_{crit}) in branches is influenced by variation in three key terms: the amount of water available in the branch relative to its leaf area ($V_w:A_L$), minimum branch conductance following stomatal closure (g_0), and the combined term ($C \cdot \Psi_{crit}$), which represents the branch relative water content at lethal levels of drought stress (RWC_{crit}). In delaying drought induced mortality following stomatal closure, longer desiccation times could be achieved via some combination of higher $V_w:A_L$, lower g_0 , low vulnerability to embolism (more negative Ψ_{crit}) or high rates of water loss per unit increase in water potential (branch C , which would act to lower RWC_{crit}).

Perché gli alberi di altezza inferiore sono più inclini a morire?



Le piante non deperienti di *Q. cerris* e *Q. pubescens* hanno estratto una maggiore quantità di acqua dagli strati di suolo più profondi rispetto alle piante deperienti durante il picco estivo

Table 4. *F* values of three-way ANOVAs calculated on xylem water isotope values ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) measured in samples from declining and non-declining individuals (tree type) of three oak species (species). Branch position (position) was also considered as an effect in the analyses. The probability of the *F* values is shown in parentheses.

Effect	$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	SW-excess (‰)
Species	94.47 (<0.001)	90.07 (<0.001)	41.58 (<0.001)
Tree type	0.00 (0.961)	7.28 (0.007)	2.61 (0.108)
Branch position	0.34 (0.563)	0.23 (0.633)	0.10 (0.751)
Species × type	4.73 (0.010)	6.28 (0.002)	0.90 (0.409)
Species × position	0.35 (0.702)	0.29 (0.748)	0.22 (0.799)
Type × position	0.21 (0.651)	0.05 (0.812)	0.50 (0.480)
Species × type × position	0.94 (0.395)	0.36 (0.659)	0.85 (0.429)

Esistenza di variabilità da pianta a pianta nell'accesso delle radici ai diversi strati del suolo

Fa eccezione a quanto affermato *Q. Frainetto*

obiettivi



Censire i siti forestali in deperimento



Creare una banca dati a livello nazionale



Monitorare il fenomeno e la sua evoluzione nel tempo



Pianificare la futura gestione

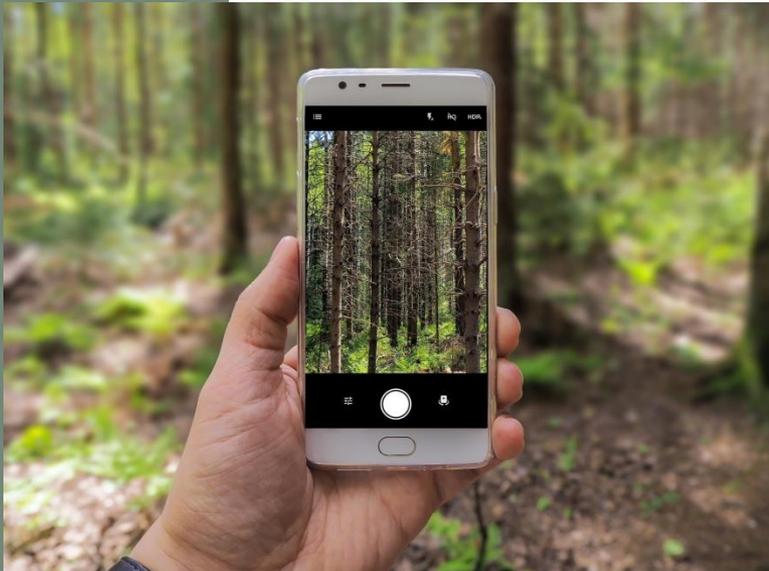
SilvaCuore

un'App per la salvaguardia
delle foreste italiane



SilvaCuore

È uno strumento online creato allo scopo di segnalare **potenziali siti forestali in deperimento** presenti sul territorio italiano



Si rivolge sia a professionisti del settore che appassionati che vogliono contribuire al monitoraggio della salute dei nostri boschi

Progetto di Citizen Science

Partecipare è semplice



Accedi

Apri l'app **SilvaCuore**
per accedere alla tua
area personale

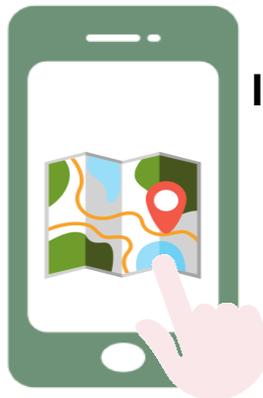


Scatta una foto



Immetti i dati

Inserisci le informazioni
relative alla tua
segnalazione



Individua il luogo



INVIA LA TUA
SEGNALAZIONE

INFORMAZIONI BASE



Località

Gruppo di alberi o
bosco intero?

Conifera o
latifoglia?

Data

Problema su
chioma o fusto?



INFORMAZIONI AVANZATE



Specie forestale

Diffusione del fenomeno

Natura dei sintomi

Presenza di alberi morti



SilvaCuore Team



Realizzata da Effetreseizero
Società Spin off - Trento
Giacomo Colle & team



Francesco Ripullone



Marco Borghetti



Angelo Rita



Maria Castellaneta



Michele Colangelo



obiettivi



Censire i siti forestali in deperimento



Creare una banca dati a livello nazionale



Monitorare il fenomeno e la sua evoluzione nel tempo



Pianificare la futura gestione

Monitoraggio globale del fenomeno



MONITORING OF
GLOBAL TREE MORTALITY
FRO Task Force



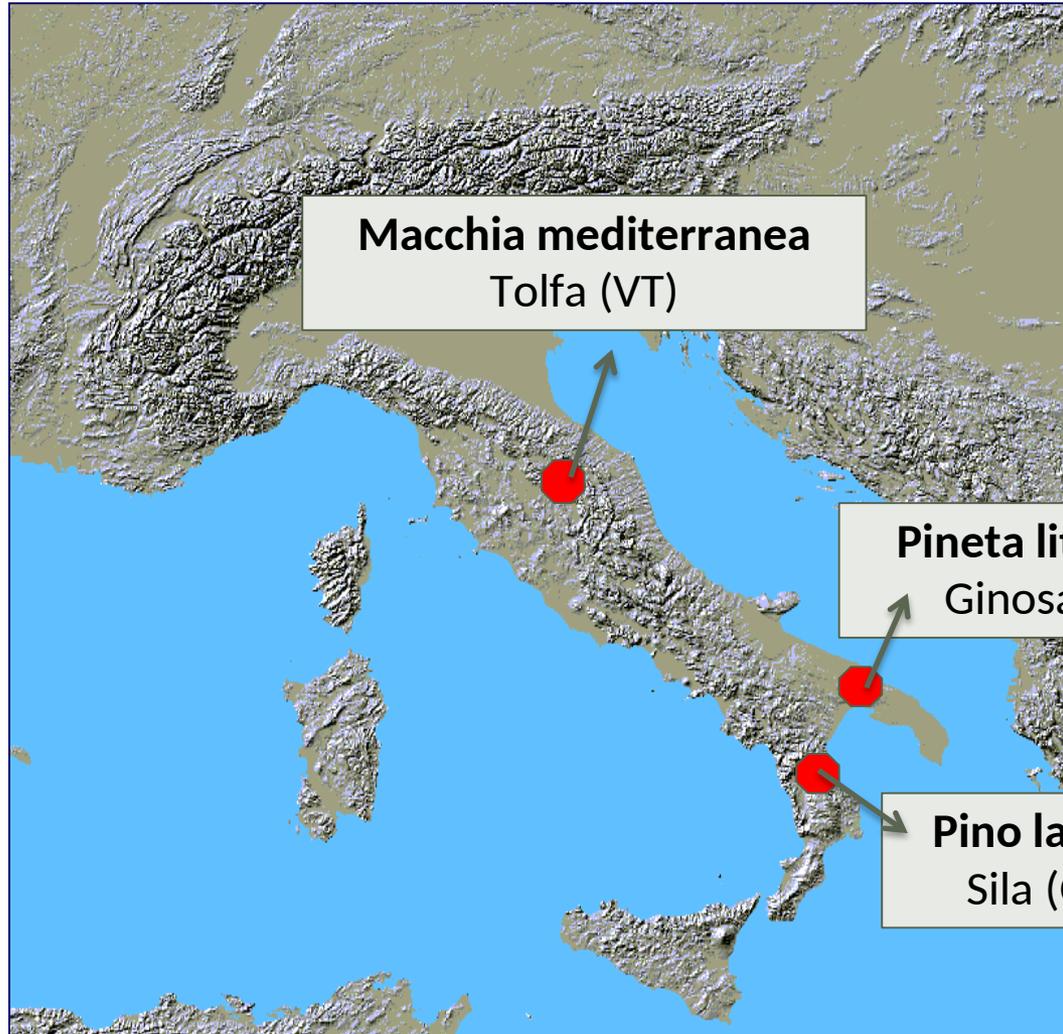
Tree Mortality Data Collection
Network

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
Agriculture and Natural Resources

Creare un network che promuova collaborazioni internazionali ed interdisciplinari allo scopo di definire e monitorare la vulnerabilità delle foreste ad eventi climatici estremi la loro capacità di recuperare dopo tali disturbi

Piante forestali e fattori del cambiamento climatico

Precipitazioni e aridità del suolo



Esperimenti di lungo
periodo in Italia
centro-meridionale

Effetti della disponibilità di acqua sulle foreste

Esperimenti di lungo periodo in pinete dell'Italia meridionale



Pinete di pino
d'Aleppo in Puglia
e Basilicata

Esclusione delle precipitazioni

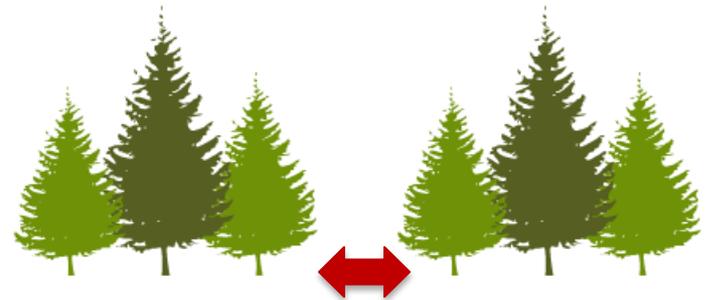


Effetti della disponibilità di acqua sulle foreste

Esperimenti di lungo periodo in pinete dell'Italia meridionale



Esclusione degli
apporti idrici laterali

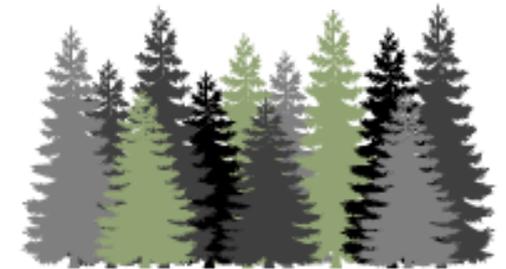


Effetti della disponibilità di acqua sulle foreste

Esperimenti di lungo periodo in pinete dell'Italia meridionale



Pineta di pino
laricio in Sila



Esclusione delle precipitazioni

Progetto MIND

Mediterranean terrestrial ecosystems and Increasing Drought

MIND



Arbutus unedo (Tolfa - Italia)



Quercus (Las Majadas- Spagna)



Quercus suber (Herdade de Mitra - Portogallo)



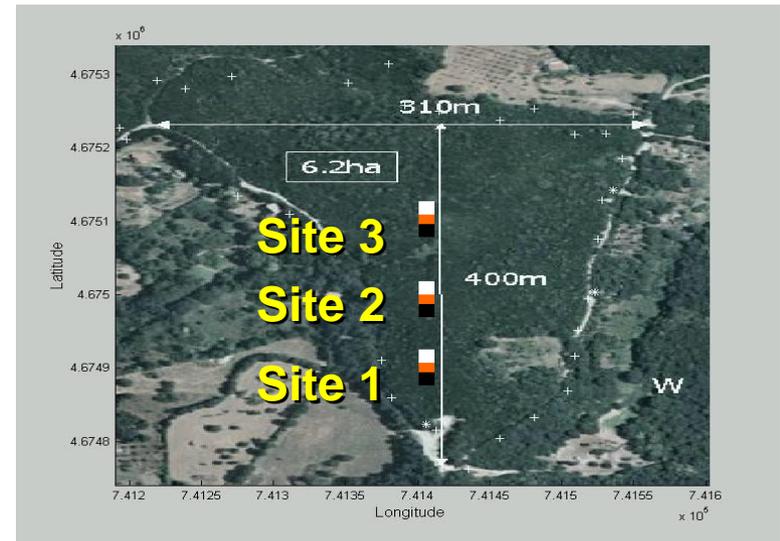
Quercus (Puechabòn - Francia)

Sito sperimentale

Set-up

Manipolazione delle precipitazioni su 3 mini-plot replicati (100m²)

- **Dry** : riduzione delle precipitazioni nette tramite grondaie (- 20%)
- **Wet** : incremento delle precipitazioni con l'irrigazione
- **Ambient** : controllo



Rilievi ecofisiologici

- **Relazioni idriche** (potenziale idrico, contenuto idrico del suolo attraverso la tecnica TDR)
- **Scambi gassosi**
- **Fluorescenza**
- **Analisi della xantofilla**
- **LAI, crescita e fioritura**



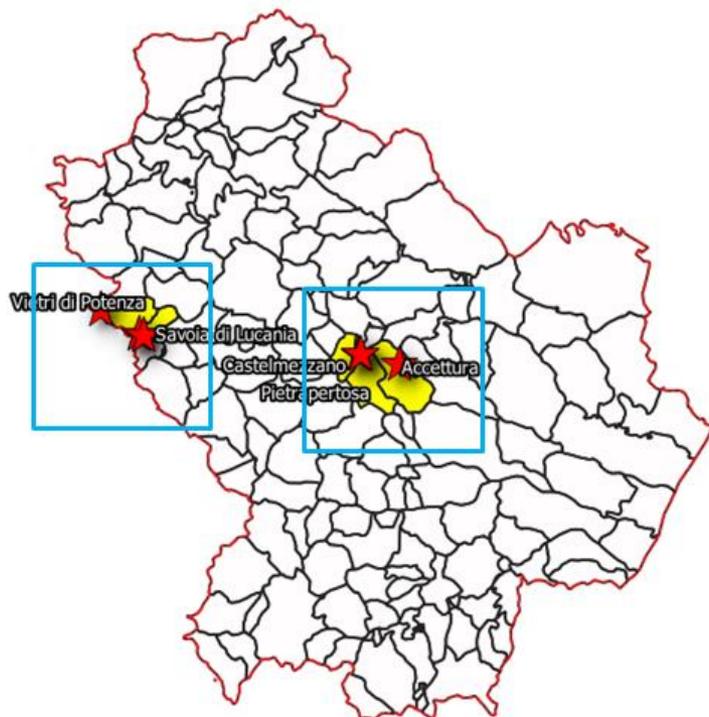


Article

Exploring the Use of Sentinel-2 Data to Monitor Heterogeneous Effects of Contextual Drought and Heatwaves on Mediterranean Forests

Rosa Coluzzi ^{1,*}, Simonetta Fascetti ², Vito Imbrenda ¹, Santain Settimio Pino Italiano ²,
Francesco Ripullone ² and Maria Lanfredi ¹

Siti sperimentali in Basilicata



- *Gole del Marmo-Platano* - Vietri di Potenza
- *Ortosiderio* - Savoia di Lucania
- *Costa dell'Angelo* - Savoia di Lucania
- Castelmezzano
- Pietrapertosa
- *Palazzo* - Accettura

Area sperimentale Bosco Capillo -San Paolo Albanese



Misure di **potenzialità fotosintetica**
e **scambi gassosi**

Misure del **potenziale idrico fogliare**



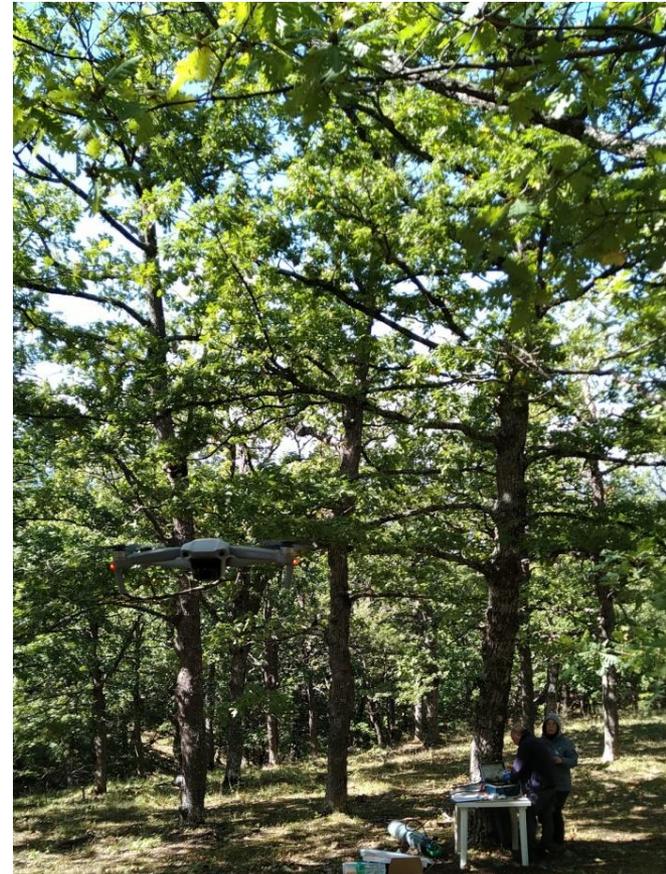
Progetto PON OT4 CLIMA



Area sperimentale Bosco Capillo -San Paolo Albanese



Rilievi da aereo e drone



obiettivi



Censire i siti forestali in deperimento



Creare una banca dati a livello nazionale

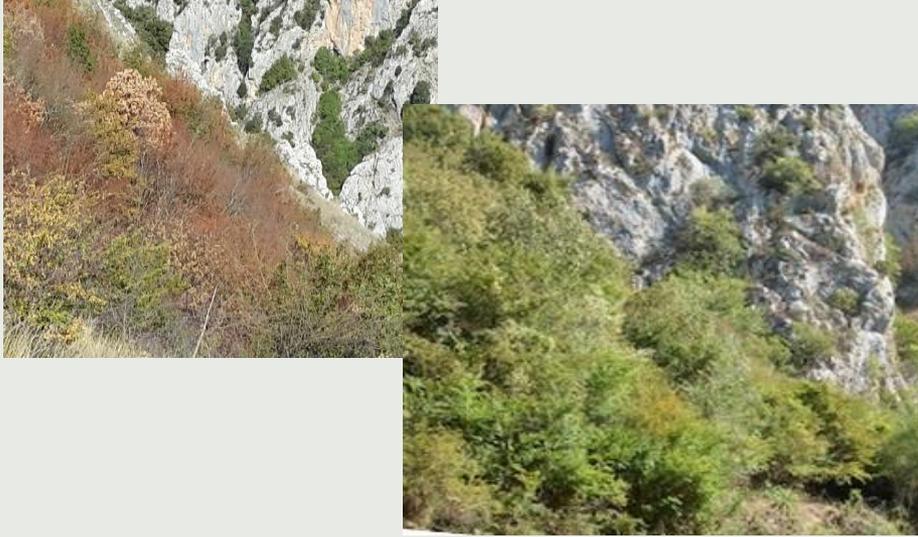


Monitorare il fenomeno e la sua evoluzione nel tempo



Pianificare la futura gestione

Gestione: quali saranno gli scenari futuri?



Resistenza

capacità di opporsi
all'evento estremo

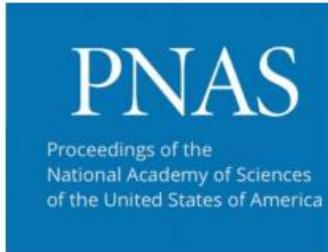
Resilienza

capacità di ripristinare le
condizioni pre-disturbo

Recovery

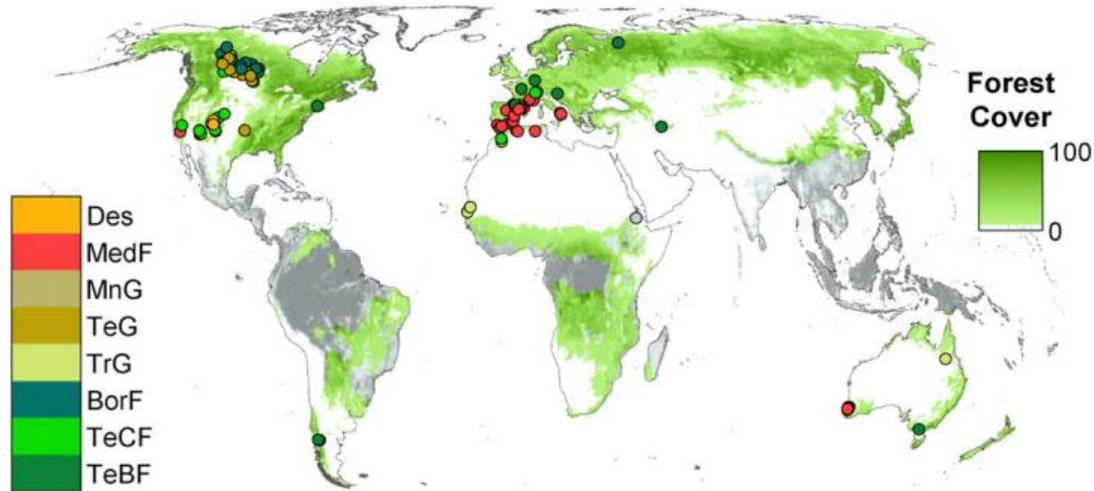
capacità di incrementare le
performance (crescita, attività
fotosintetica) rispetto ai livelli
minimi raggiunti durante l'evento
estremo

Quali saranno gli scenari futuri?



Forest and woodland replacement patterns following drought-related mortality

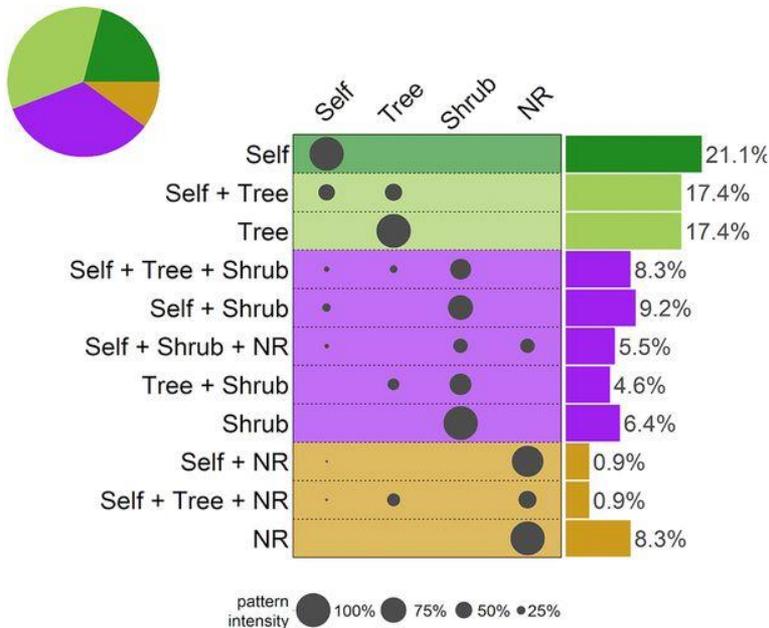
Enric Batllori^{a,b,1}, Francisco Lloret^{a,c,1}, Tuomas Aakala^d, William R. L. Anderegg^e, Ermias Aynekulu^f, Devin P. Bendixsen^{g,2}, Abdallah Bentouati^h, Christof Biglerⁱ, C. John Burk^j, J. Julio Camarero^k, Michele Colangelo^{k,l}, Jonathan D. Coop^m, Roderick Fenshamⁿ, M. Lisa Floyd^o, Lucia Galiano^a, Joseph L. Ganey^p, Patrick Gonzalez^{q,r}, Anna L. Jacobsen^s, Jeffrey Michael Kane^t, Thomas Kitzberger^{u,v}, Juan C. Linares^w, Suzanne B. Marchetti^x, George Matusick^y, Michael Michaelian^z, Rafael M. Navarro-Cerrillo^{aa}, Robert Brandon Pratt⁵, Miranda D. Redmond^{bb}, Andreas Rigling^{cc,dd}, Francesco Ripullone^l, Gabriel Sangüesa-Barreda^{ee}, Yamila Sasal^o, Sandra Saura-Mas^a, Maria Laura Suarez^v, Thomas T. Veblen^{ff}, Albert Vilà-Cabrera^{gg}, Caroline Vincke^{hh,ii}, and Ben Zeeman^{jj}



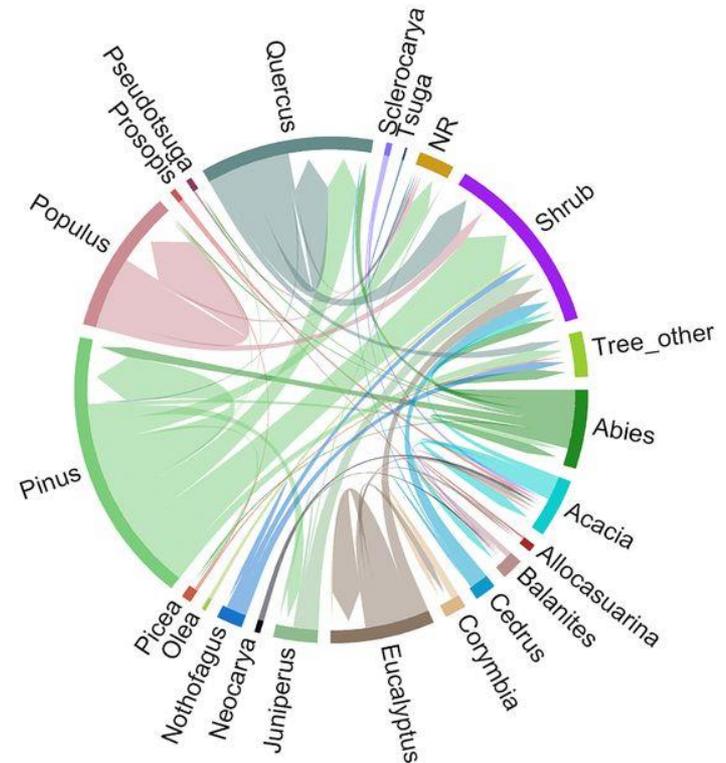
Quali saranno gli scenari futuri?

Conversione parziale o totale del tipo di vegetazione nel breve-medio termine in diversi biomi

A



B



Le foreste dominate da specie tipiche di ambienti più umidi si stanno evolvendo verso comunità con specie rinvenibili in ambienti più aridi

Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

- Valutazione della vitalità e diffusione della **rinnovazione**
- Controllo della diffusione del **legno morto**/rischio di **incendio**
- **Pascolo controllato** per aiutare a controllare le perdite evapotraspirative del suolo
- **Riduzione della densità arborea** per aumentare la disponibilità idrica degli alberi e favorire la produzione di legno tardivo negli alberi in deperimento
- **Conversione da cedui ad alto fusto**

Gentilesca T, Camarero JJ, Colangelo M, A. Nolè, Ripullone F (2017). Oak decline: an overview on current evidences, mechanisms and management options to improve the resilience of stands. iForest.



Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

Valutazione della vitalità e diffusione della rinnovazione

Anticipare i tagli di rinnovazione
(in concomitanza con annate di pasciona)



Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

Rischio di incendio



Controllo della diffusione del legno morto



Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

Pascolo controllato



Controllo della vegetazione riducendo la presenza di arbusti e piano erbaceo



Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

Riduzione della densità arborea mediante diradamenti selettivi



Per aumentare la disponibilità idrica degli alberi e favorire la produzione di legno tardivo negli alberi in deperimento



Ipotesi di gestione per migliorare la resilienza

Conversione da cedui ad alto fusto



Per favorire la maggiore profondità radicale e migliore disponibilità idrica e minore densità





Grazie per l'attenzione

Francesco Ripullone
francesco.ripullone@unibas.it