

# Le matrici geologiche e i processi pedogenetici alla base dei terroir del Sangiovese in Toscana

**Edoardo A.C. Costantini**

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria,  
CREA-AA Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze

**[edoardo.costantini@crea.gov.it](mailto:edoardo.costantini@crea.gov.it)**



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE



# In questa lezione

- Suolo e terroir
- Variabilità dei suoli, mappatura dei suoli e zonazione viticola
- Meccanismi biochimici responsabili dell'effetto terroir e caratteri del suolo che li determinano
- Diversità di condizioni ambientali e terroir italiani
- Geologia, suoli e terroir della provincia di Siena
- L'importanza della scala geografica
- Conclusioni



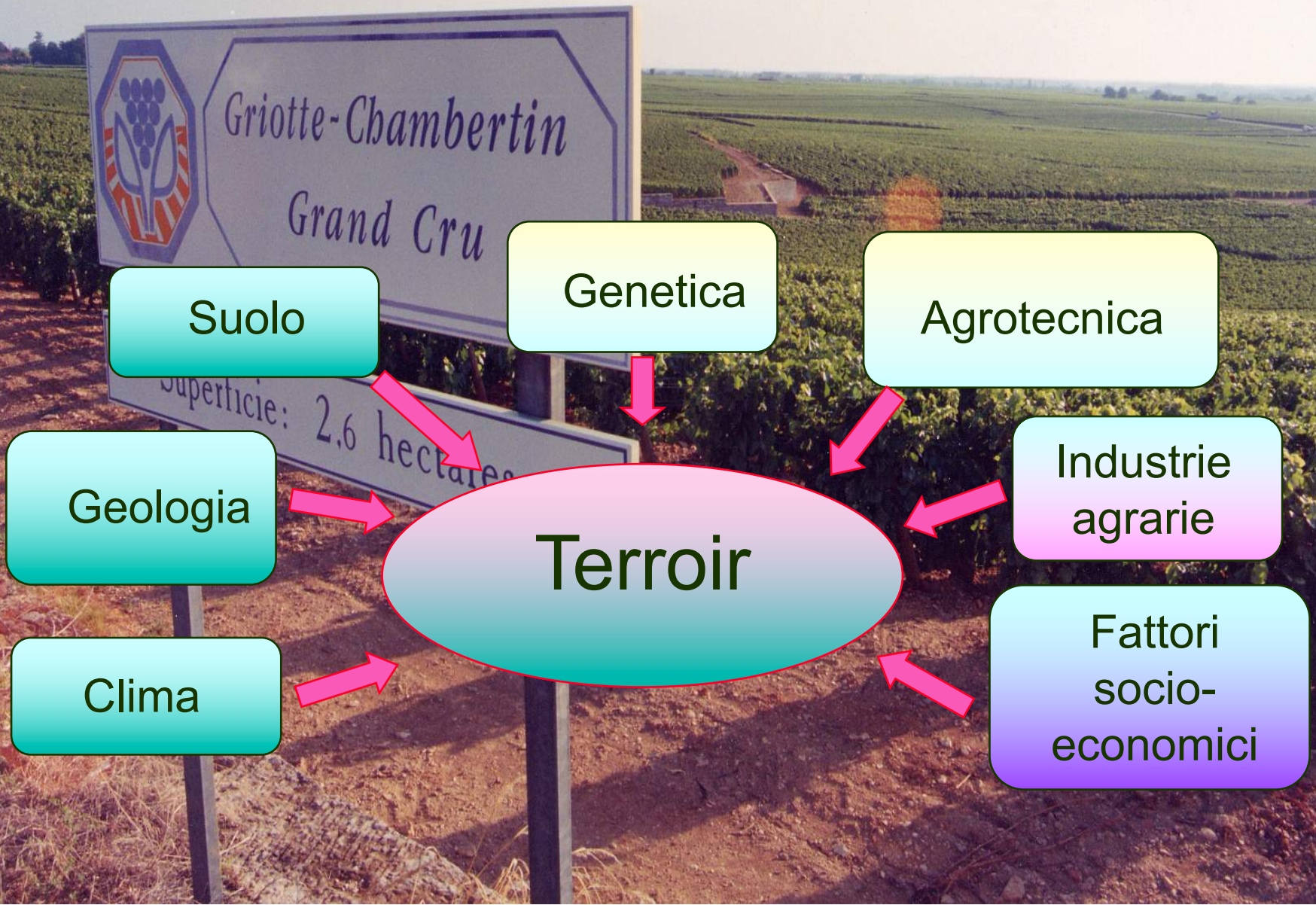
**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE



# Il concetto di terroir

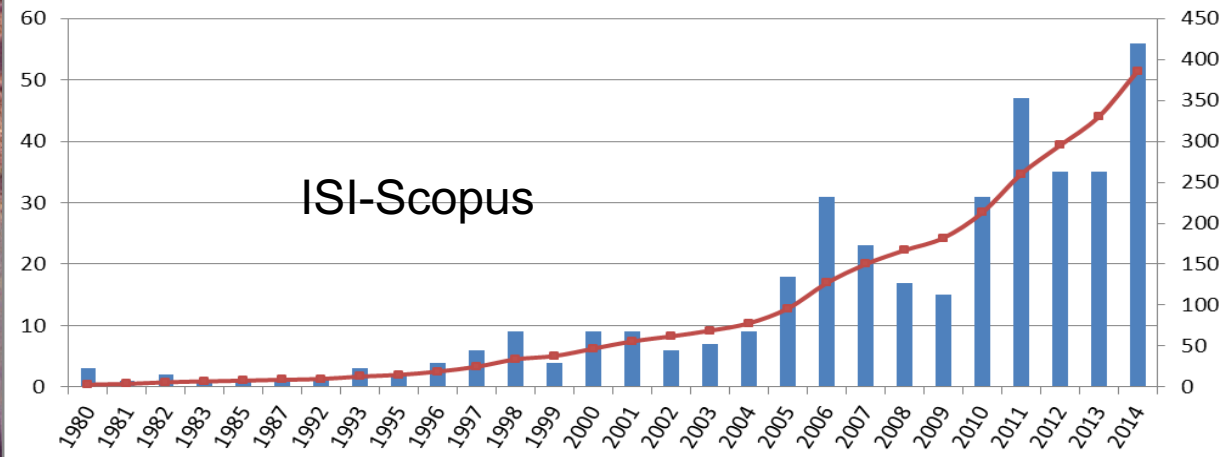
(OIV, resolution OIV/VITI 333/2010)

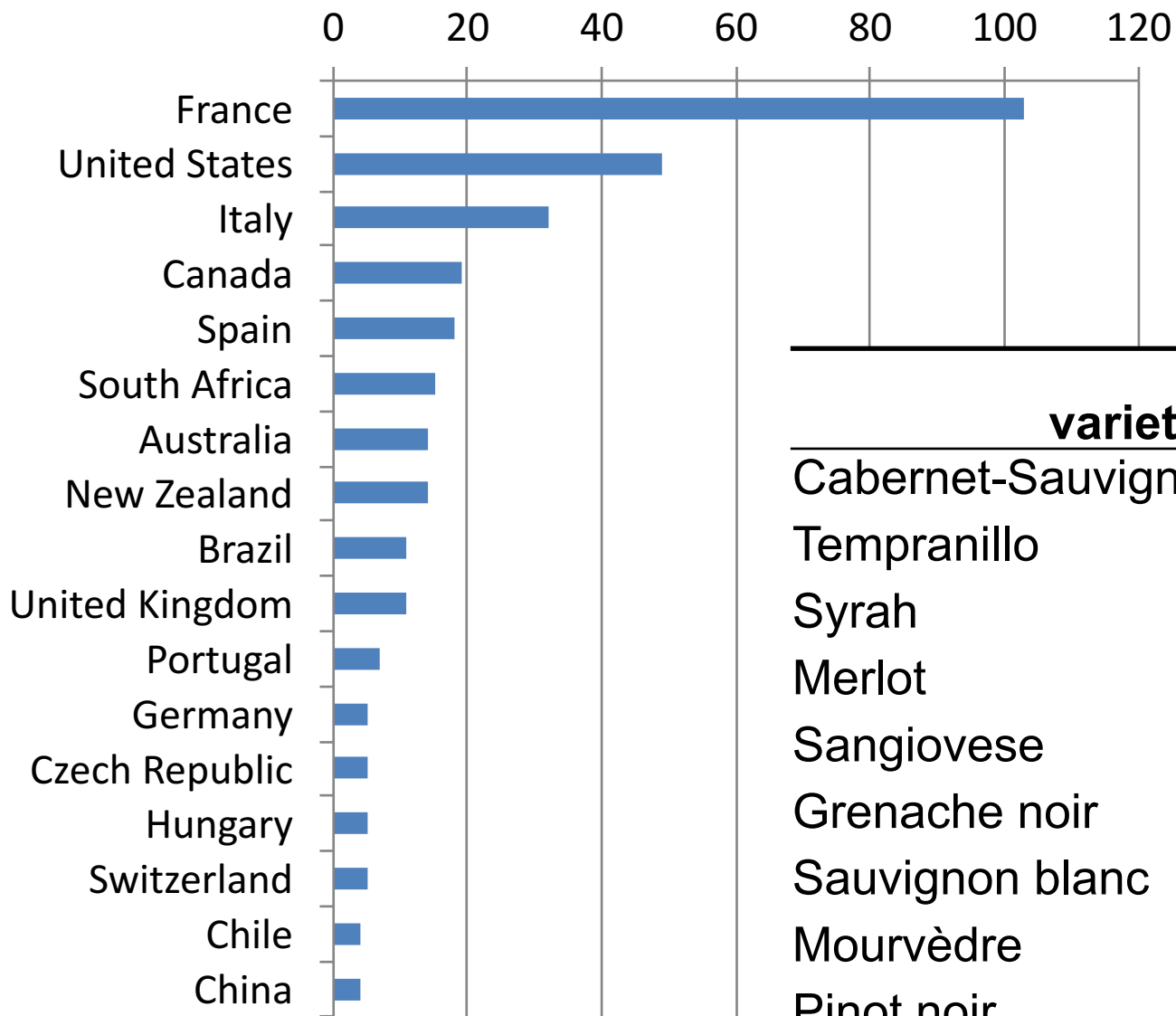


# Il gusto del territorio

Il terroir è un insieme di terre le cui caratteristiche naturali costituiscono un insieme unico di fattori che conferisce al prodotto che ne deriva, attraverso le piante o gli animali, caratteristiche specifiche.

L'uomo ha adattato le sue tecniche di produzione alle condizioni particolari dell'ambiente naturale al fine di esaltare il risultato qualitativo del prodotto, conferendogli peculiarità ed esclusività.





varieties	N
Cabernet-Sauvignon	20
Tempranillo	13
Syrah	13
Merlot	9
Sangiovese	7
Grenache noir	6
Sauvignon blanc	3
Mourvèdre	3
Pinot noir	3
Chardonnay	2



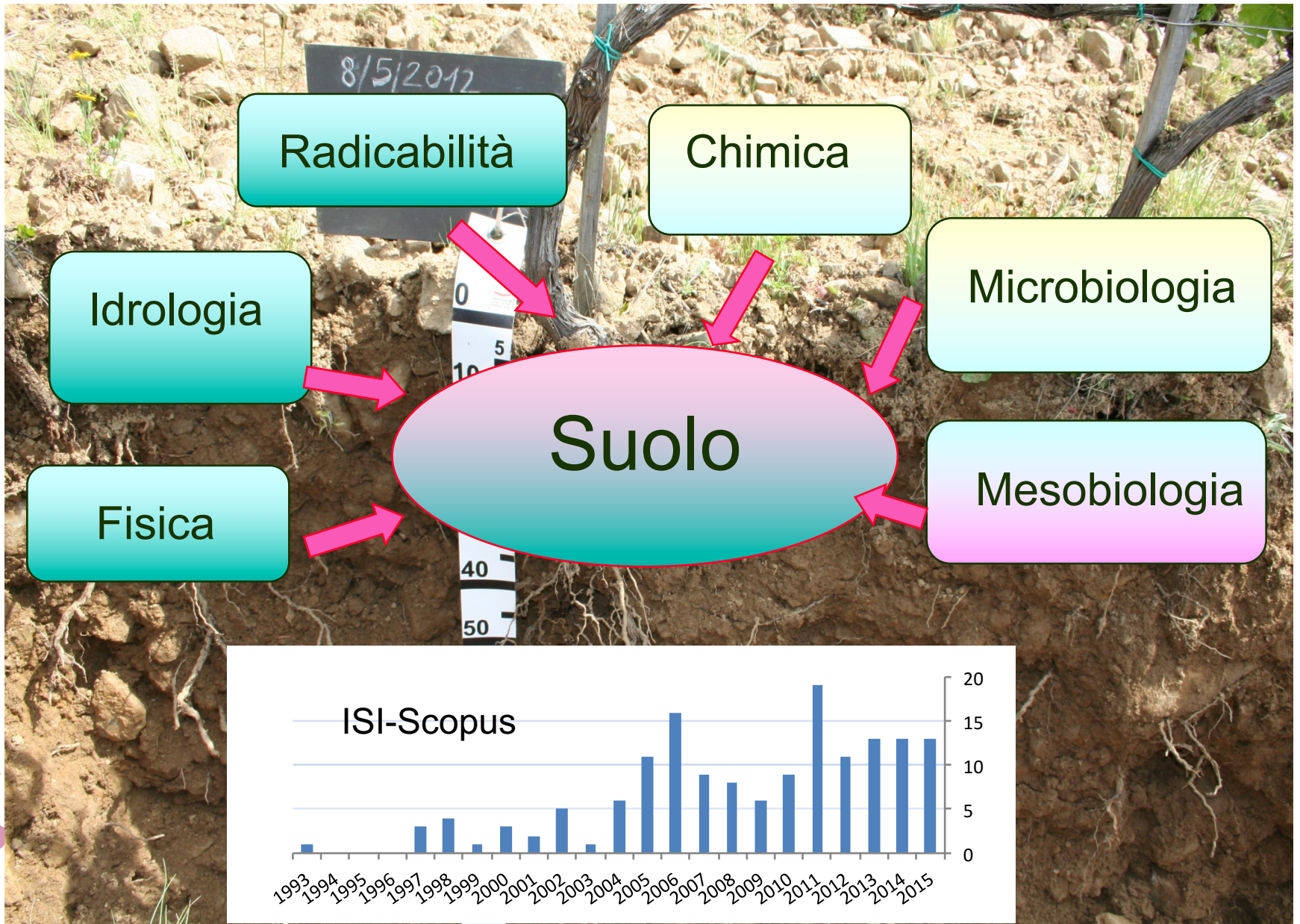
**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

N : number of papers



# Suolo e terroir

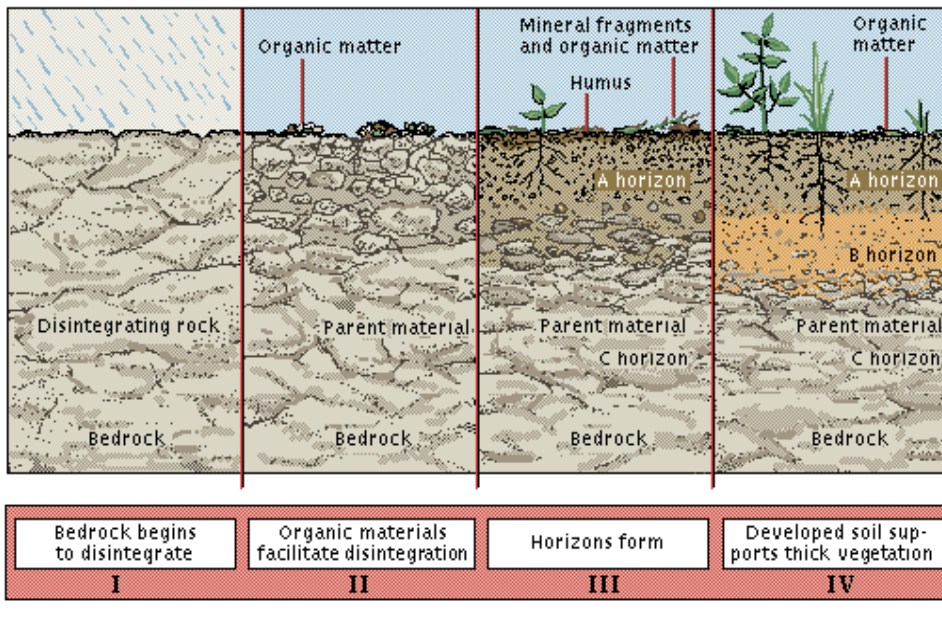




# Cos'è il suolo?

**Suolo (EU):** la parte più esterna della crosta terrestre, situata tra la roccia o il sedimento inalterato e l'atmosfera.

**Corpo naturale** che tende ad auto-organizzarsi nel tempo e nello spazio



# I suoli forniscono importanti servizi ecosistemici



**Produzione di cibo e biomassa**



**Emissioni di GHG, sequestro C e qualità dell'aria**



**Regolazione acque superficiali e sedimenti**



**Quantità e qualità dell'acqua di falda**

**Infrastrutture e paesaggio**



**Cultura e salute umana**



**Biodiversità**







# Il suolo e la vite

Il suolo è l'ambiente dove cresce il sistema radicale della vite e dal quale ricava acqua e nutrienti: la base dell'effetto terroir!



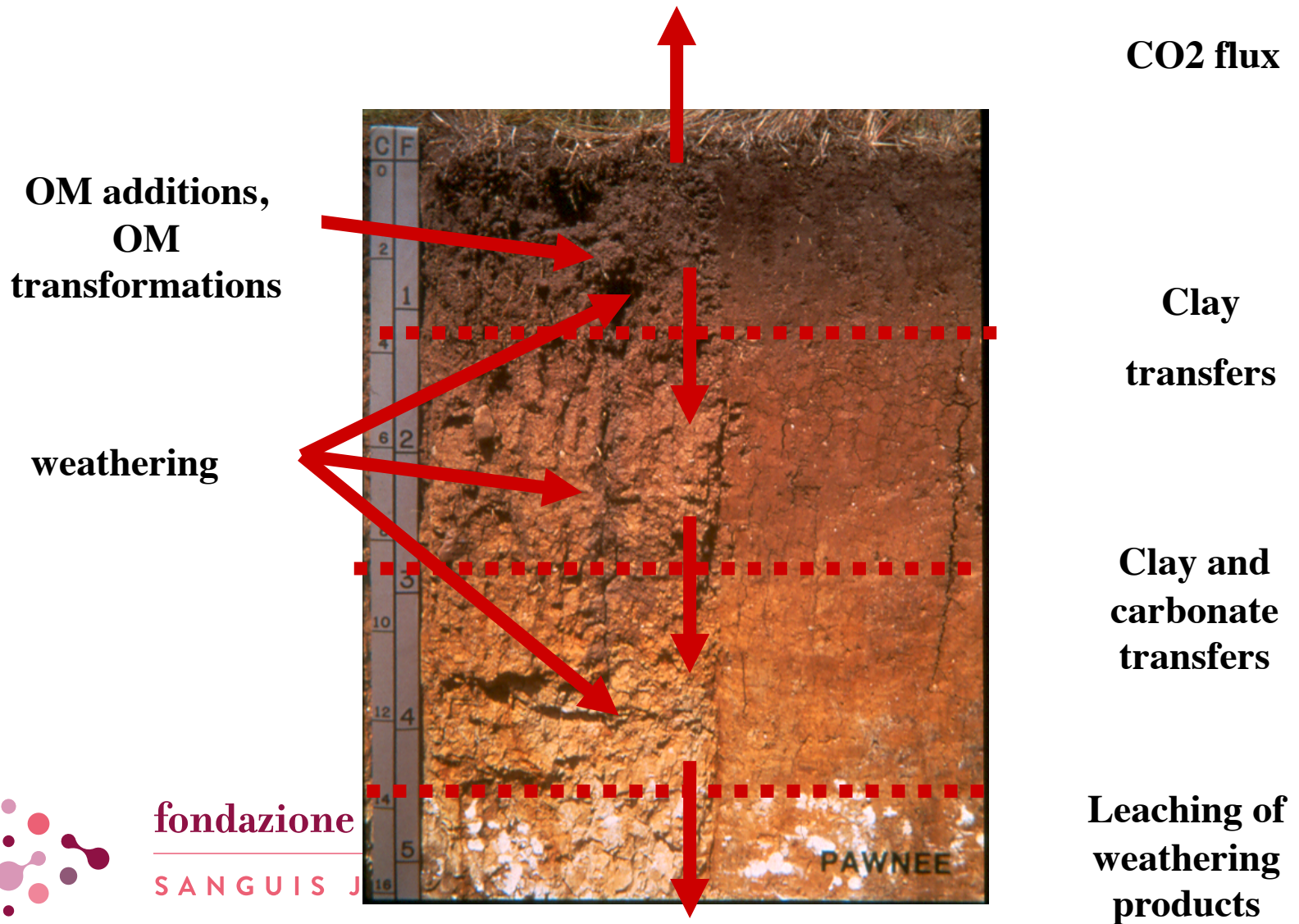


# Variazioni del suolo nel profilo: discontinuità litologiche

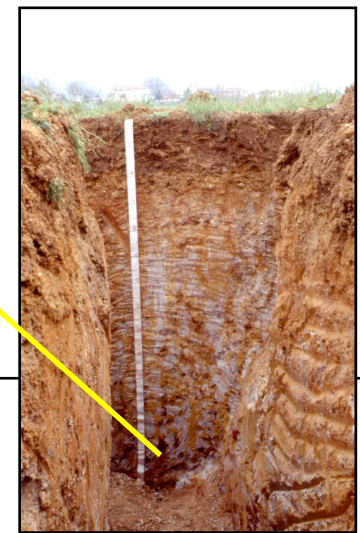
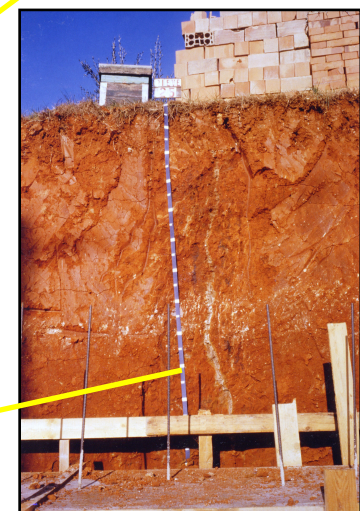
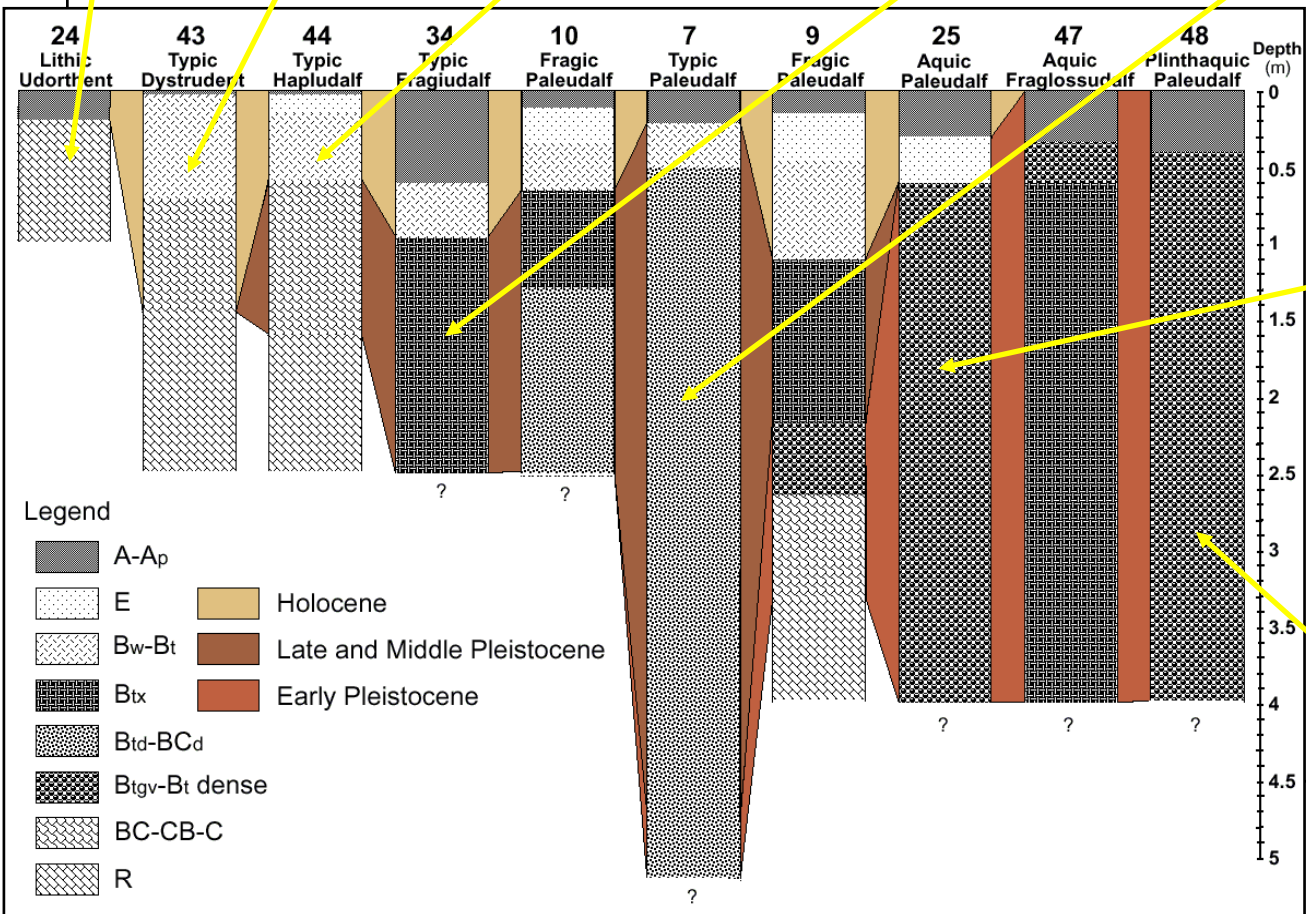
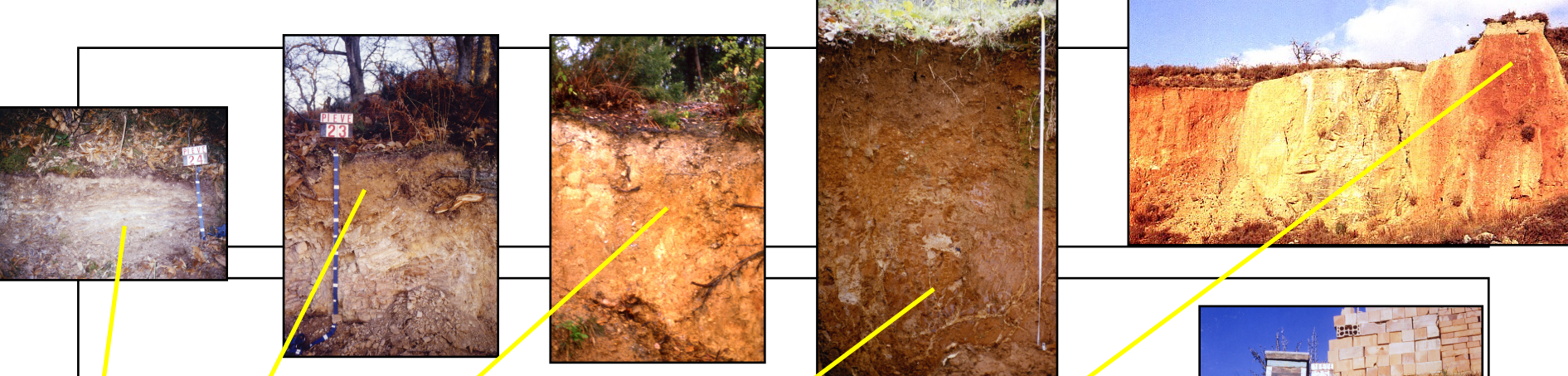




# Processi pedogenetici in un Calcic Luvisol





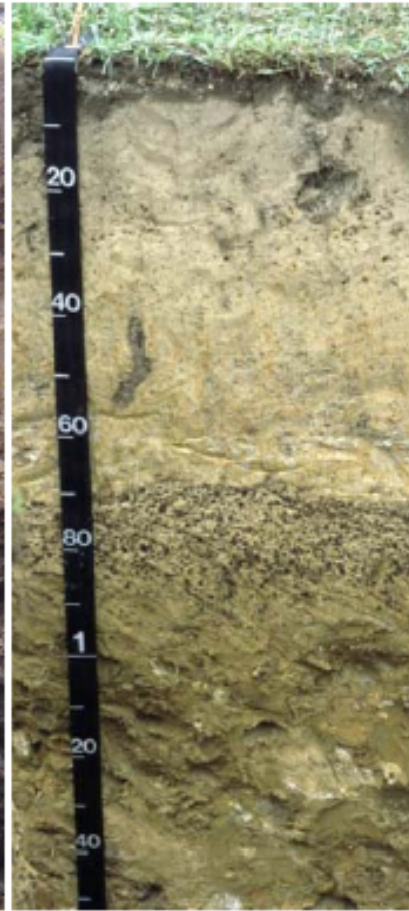




# Suoli con profilo contrastante



Planosols



Stagnosols

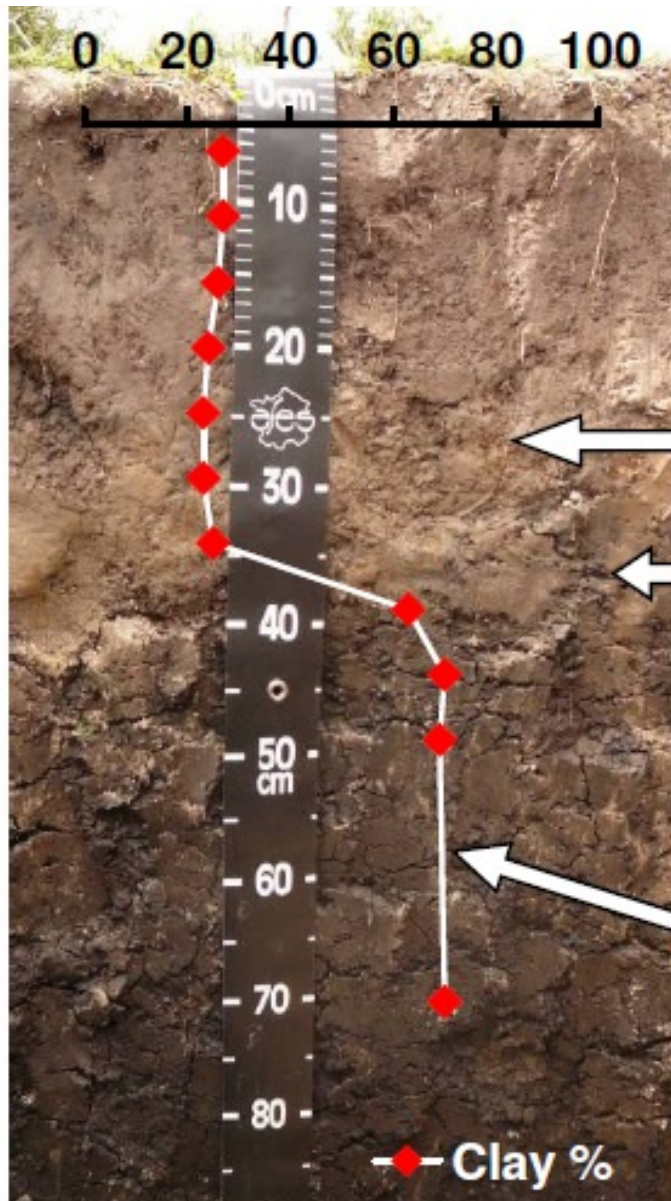


Solonetz



Albeluvisols

# Il campionamento pedologico segue le discontinuità



## Morphological Properties

Fine crumby structure

**Silt loam** texture

Diffuse mottling

Abrupt textural change &  
sharp Fe-nodules

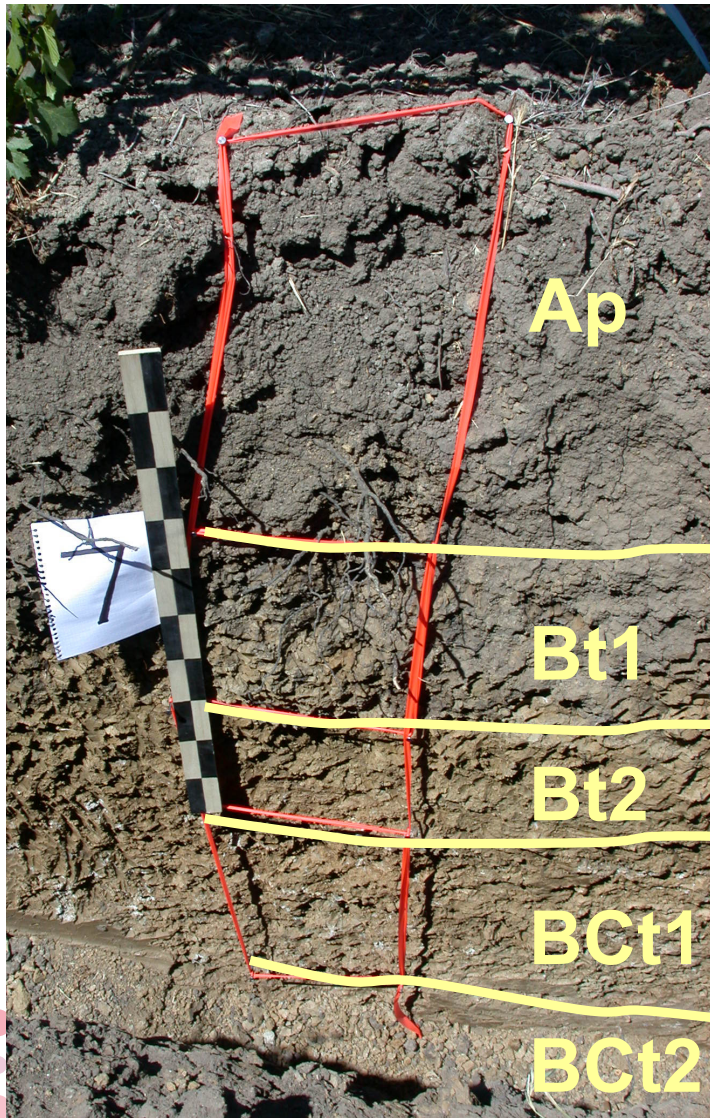
Coarse prismatic structure

**Heavy clay** texture

Sometimes infillings with  
bleached material



# Descrizione ed analisi del suolo



Horizon	Depth cm	pH	N g kg <sup>-1</sup>	C g kg <sup>-1</sup>	
Ap	0-53	6.3	1.50	13.70	
Bt1	53-91	6.6	0.80	6.50	
Bt2	91-119	6.8	0.70	4.40	
BCt1	119-183	7.6	<0.40	4.70	
BCt2	183-211	8.0	<0.40	2.60	

Horizon	CEC cmol kg <sup>-1</sup>	Exch K cmol kg <sup>-1</sup>	Exch Na cmol kg <sup>-1</sup>	Exch Ca cmol kg <sup>-1</sup>	Exch Mg cmol kg <sup>-1</sup>
Ap	35.6	0.5	0.2	16.2	9.3
Bt1	40.4	0.4	0.6	18.2	13.9
Bt2	44.3	0.3	1.6	18.9	18.5
BCt1	39.0	0.3	2.3	14.9	14.9
BCt2	46.9	0.6	2.8	23.5	20.4

Horizon	Sand %	Silt %	Clay %	Texture abbrev.
Ap	38	26	36	CL
Bt1	28	26	46	C
Bt2	20	33	47	C
BCt1	26	37	37	CL
BCt2	12	36	52	C

**UTS - STS:** 62.2VRcc1 1 **Correlation:** benchmark **Survey date:** 09/07/2004  
**Soil region:** 62.2 **Surveyer:** Enrico Quaglinò  
**Land system:** 482CCAM434120 **Coordinates:** utm-wgs84 3 N: 4156982 E: 323637 LAT: 37,54 LON: 13,00  
**Land subsystem:** FTXXAFX **Site:** Campisi  
**Land Unit:** FT OELNPRVAAFXX20 **Municipality:** Sciacca  
**Elevation:** 11 m s.l.m. **Province:** Agrigento  
**Slope:** 2 % **Aspect:** 315 ° **Stones:** small few (0.4-1%)  
medium absent  
large few (0.4-1%)  
**Rocks:** absent  
**Land use:** ; main land use: sown in permanently irrigated land  
**Land form hm:** fluvial terrace between mountain ridges  
**Land element dm:** tread  
**Substratum:** alluvial sediments; clay  
**Parent material:** colluvium; clay



**Characters and qualities:** Water table type: absent; erosion: water: sheet erosion moderate, runoff: medium, internal drainage: somewhat poorly drained, rooting depth: moderately deep 50-100 cm, root restriction: high compactness and low macropores (or paralic contact), available water capacity: high 150-200 mm, depuration capacity: high

**Class, USDA:** 9<sup>ed</sup>. (2003) Chromic Calcixererts fine, mixed, thermic  
**Class, WRB:** Hyposodi Calcic Vertisols

**Notes:**  
**HORIZONS**

Ap	20 cm	moist color: 2.5Y 4/4, described on broken face, no coarse fragments; estimated texture: silty clay loam; structure: subangular blocky fine, weak; consistence: very resistant; weakly adhesive; weakly plastic; hydraulic conductivity: moderately low; pores: very fine (<0.5 mm) few (0.1-0.5%) and fine (0.5-1 mm) few (0.1-0.5%); cracks: wide (6-10 mm) scarce <10 (m/dmq), no concentrations, no faces; roots: fine (1-2 mm) few (1-10), biological activity: absent; effervescence: effervescence: violent; boundary: clear smooth
Bkss1	57 cm	moist color: 2.5Y 5/4, described on broken face; main redox features: 2.5Y 5/1, common (2-15%) fine (<5 mm), distinctness: faint, on faces of aggregates poor in Fe; secondary redox features: 10YR 4/6, few (2-5%) fine (<5 mm), distinctness: distinct, on faces of aggregates rich in Fe, no coarse fragments; estimated texture: silty clay; structure: subangular blocky medium, weak; consistence: very resistant; weakly adhesive; weakly plastic; hydraulic conductivity: low; pores: very fine (<0.5 mm) few (0.1-0.5%); concretions of calcium carbonate very small (3-5 mm) common (2-20%) and masses of calcium carbonate very small (3-5 mm) few (<2%); pressure faces and slickensides few (<10%); roots: fine (1-2 mm) few (1-10), biological activity: absent; effervescence: effervescence: violent; boundary: clear smooth
Bkss2	90 cm	moist color: 2.5Y 5/4, described on broken face; main redox features: 2.5Y 5/1, common (2-15%) fine (<5 mm), distinctness: faint, on faces of aggregates poor in Fe; secondary redox features: 10YR 4/6, common (2-15%) fine (<5 mm), distinctness: distinct, on faces of aggregates rich in Fe, no coarse fragments; estimated texture: silty clay; structure: angular blocky fine, weak; consistence: resistant; weakly adhesive; weakly plastic; hydraulic conductivity: low; pores: very fine (<0.5 mm) few (0.1-0.5%); concretions of calcium carbonate very small (3-5 mm) common (2-20%) and masses of calcium carbonate very small (3-5 mm) few (<2%); pressure faces and slickensides few (<10%), biological activity: absent; effervescence: effervescence: violent; boundary: gradual smooth
Ck	145 cm	moist color: 2.5Y 5/4, described on surface of small aggregate; main redox features: 2.5Y 5/1, common (2-15%) medium (5-15 mm), distinctness: faint, on faces of aggregates poor in Fe; secondary redox features: 10YR 4/6, common (2-15%) fine (<5 mm), distinctness: distinct, on faces of aggregates rich in Fe, no coarse fragments; estimated texture: silty clay; structure: angular blocky fine, weak; consistence: extremely resistant; weakly adhesive; weakly plastic; hydraulic conductivity: moderately low; pores: very fine (<0.5 mm) very few (<0.1%); concretions of calcium carbonate small (6-20 mm) common (2-20%) and masses of calcium carbonate very small (3-5 mm) common (2-20%), no faces, biological activity: absent; effervescence: effervescence: violent; boundary: unknown

CHEMICAL AND PHYSICAL ANALYSIS

Horiz.	Depth cm	Sand dag/kg							Silt dag/kg			Clay dag/kg	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		O.C. dag/kg	O.M. dag/kg	H <sub>2</sub> O	pH	CaCl <sub>2</sub>	KCl
		v	coarse	coarse	med	fine	v. fine	total	coarse	fine	total		total	active						
Ap	0	20	0,5	0,8	1,5	3,7	6,9	12,5	12,4	28,5	40,9	46,6	31,4	13,2	0,40	0,82	8,5			
Bkss1	20	57	0,7	0,9	1,4	3,7	6,4	13,1	13,8	28,6	42,4	44,5	33,3	14	0,47	0,81	8,4			
Bkss2	57	90	0,8	1,0	1,7	4,2	6,7	14,4	13,2	27,7	48,9	44,7	32,7	13,9	0,44	0,75	8,2			
Horiz.	Depth cm	Exchange complex cmol(+)kg							TSB Total CEC	ESP %	N tot %	Pass mg/kg	K ass mg/kg	F.C. g/g	W.P. g/g	AWC mm/m	B.D. g/cm <sup>3</sup>	E.C. dSm	C/N	
		Ca	Mg	Ca+Mg	Na	K	H	Al												
Ap	0	20	14,5	8,0		2,29	0,71	0,0	0	100	0,00	9,0				42,5	26,7	157,6	1,26	0,39
Bkss1	20	57	13,9	7,8		2,54	0,63	0,0	0	100	0,00	10,2				41,3	25,3	159,4	1,26	0,56
Bkss2	57	90	12,6	7,3		3,77	0,67	0,0	0	100	0,00	15,5				41,2	25,4	157,5	1,25	1,15

# Report di un profilo di suolo



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS



# Variazioni del suolo nel paesaggio



**fondazione banfi**  

---

**SANGUIS JOVIS**

# Il campionamento pedologico segue i rapporti tra profilo e paesaggio

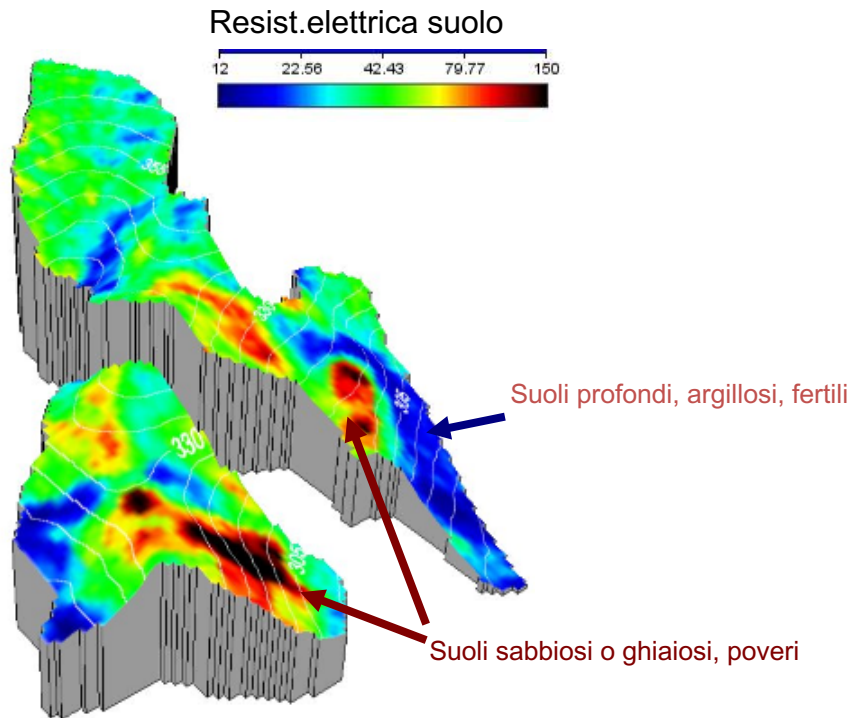


**Il pattern dei suoli è complesso ma ricorrente!**





# Variabilità dei suoli nel vigneto



fondazio

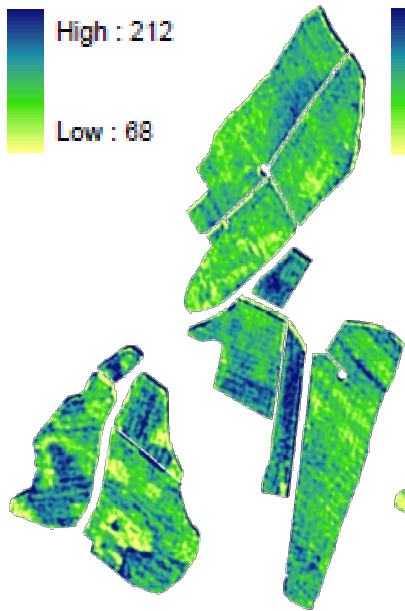
# Cartografare i terroir: combinare le informazioni del rilevamento pedologico di campo, anche con sensori...



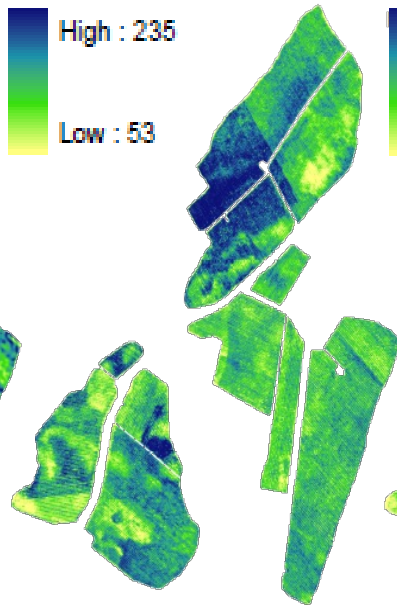


# ...con il rilevamento in remoto, es. NDVI - mappe di vigore, e con la risposta viticola ed enologica

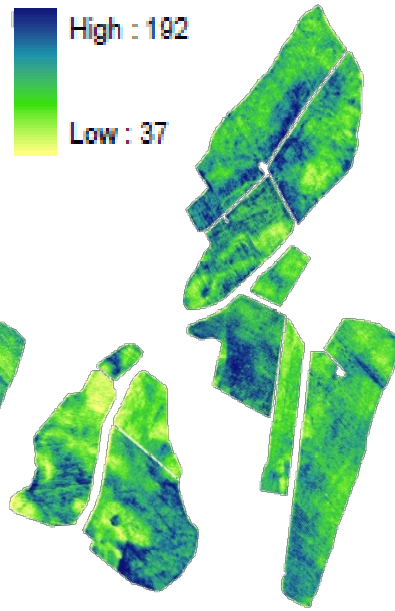
NDVI anno 2008



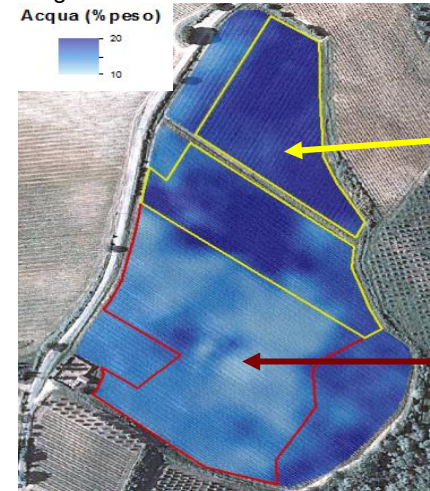
NDVI anno 2009



NDVI anno 2010



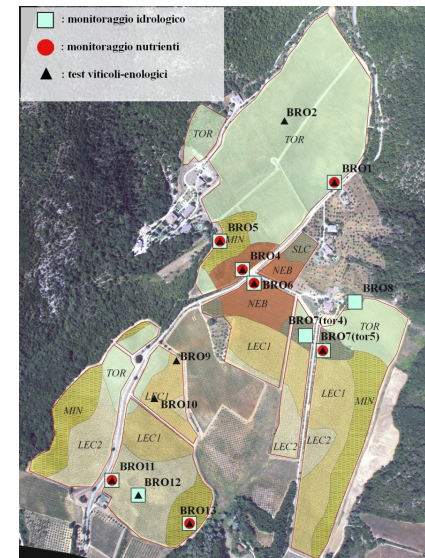
Agosto 2012  
Acqua (% peso)



Punteggio  
qualità vino  
prodotto

68/100

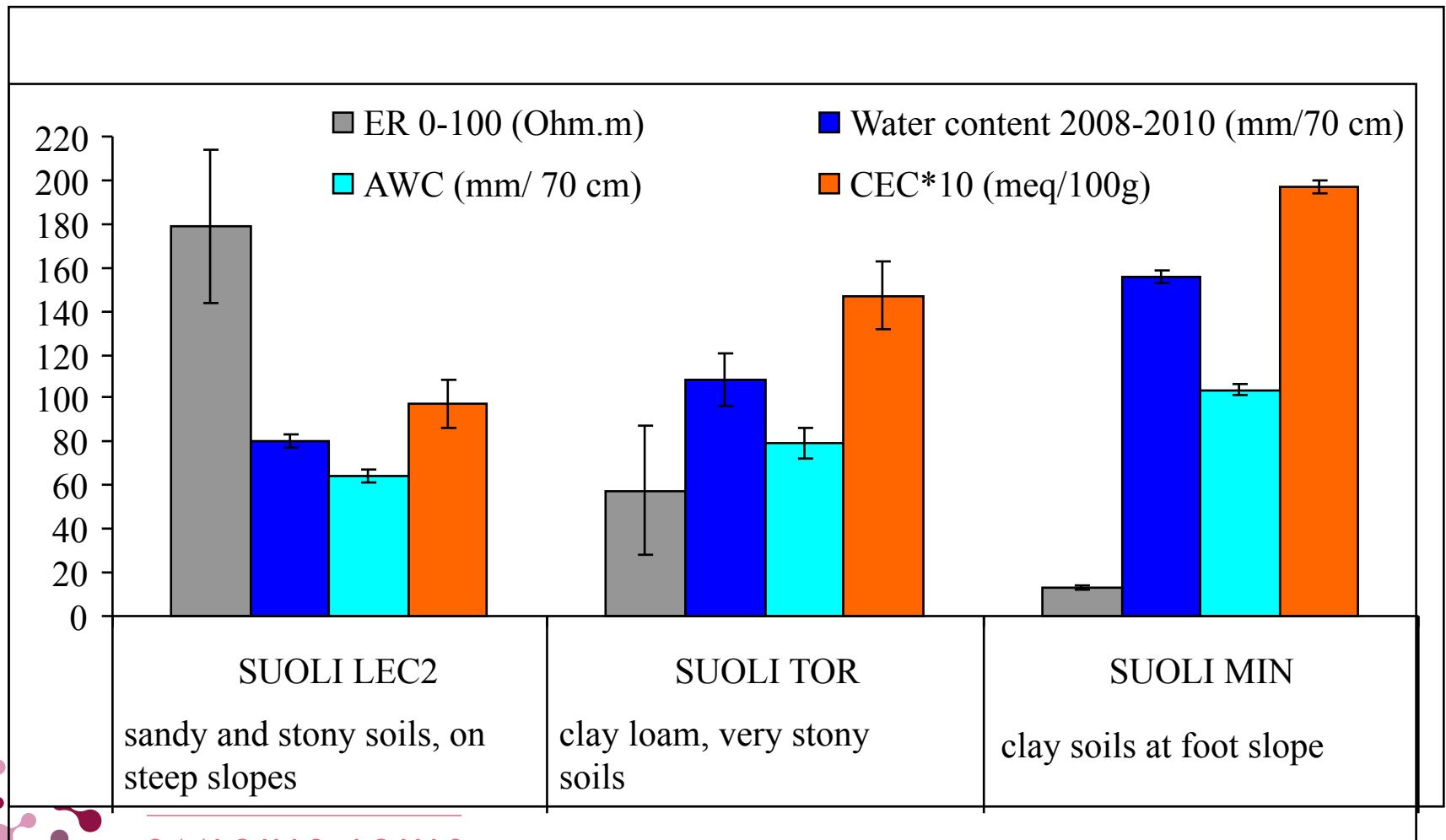
90/100



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS

# Proprietà del suolo e resistività elettrica nelle aree a bassa NDVI



# Evoluzione degli studi sul terroir e zonazione vitivinicola

- 1) Suoli differenti = differenti produzioni e qualità delle uve
- 2) Suoli differenti = differente comportamento varietale e qualità del vino
- 3) Differenti caratteri funzionali = differenti profili aromatici, e.g., rotundone e Shiraz, la ricerca delle cause della “mineralità”

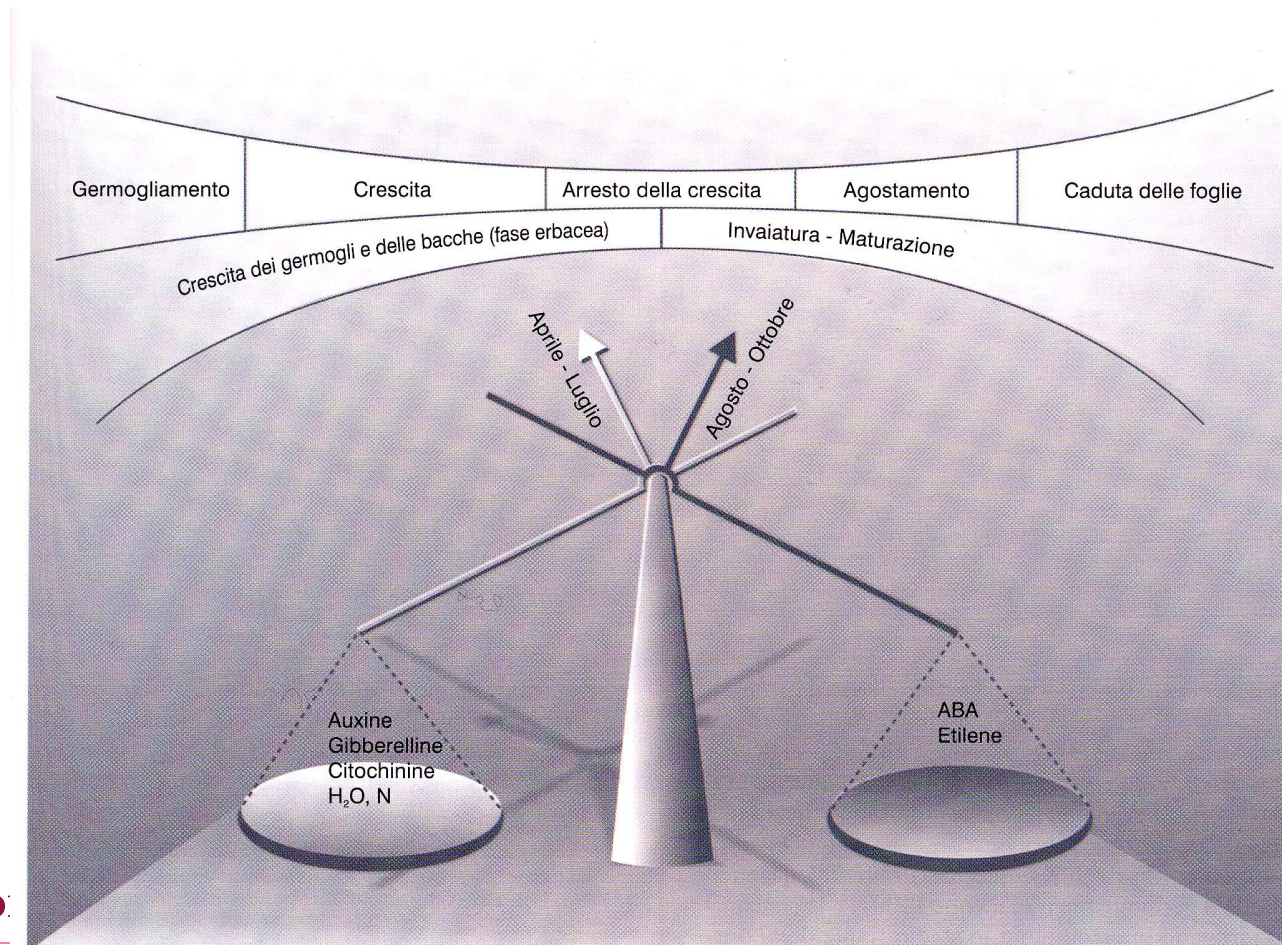


**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS



# Le condizioni ambientali influenzano l'espressione della genetica di una varietà, il suo equilibrio ormonale e il fenotipo



fo:

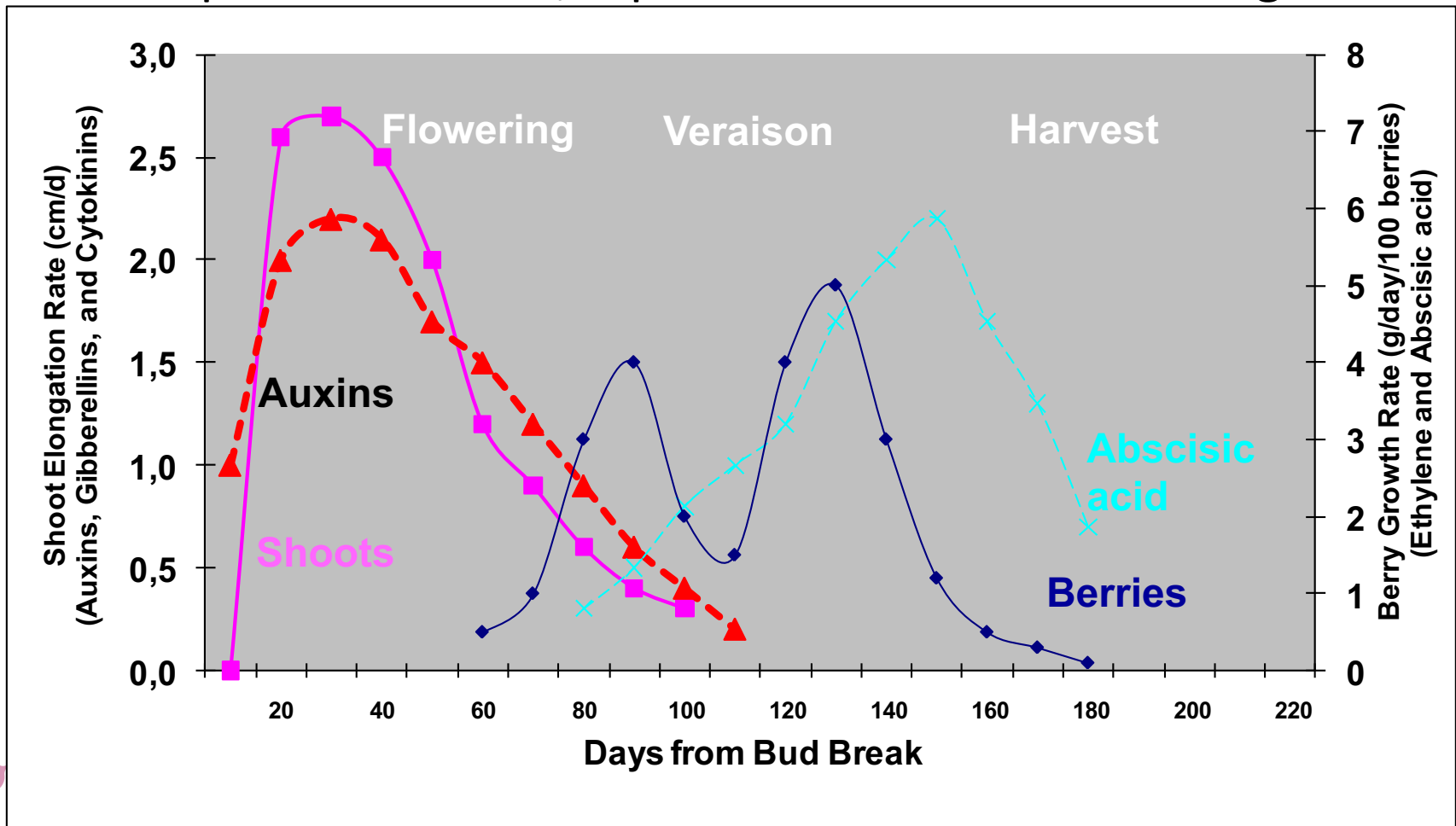
S A

Bilancio ormonale nelle fasi di crescita e di maturazione (da Fallot, integrato). Nella prima fase prevalgono gli ormoni della crescita, l'H<sub>2</sub>O e l'N; nella seconda fase prevalgono ABA (radici, foglie adulte) ed etilene; nella stessa fase la disidratazione dei terreni vocati (collina ecc.) riduce H<sub>2</sub>O e N. Nelle pianure fertili e fresche, l'H<sub>2</sub>O e l'N non si riducono e pertanto le radici continuano a sintetizzare citochinine e gibberelline, i germogli a sintetizzare le auxine, donde la crescita più elevata e prolungata dei germogli e delle bacche, anche nella fase di maturazione.

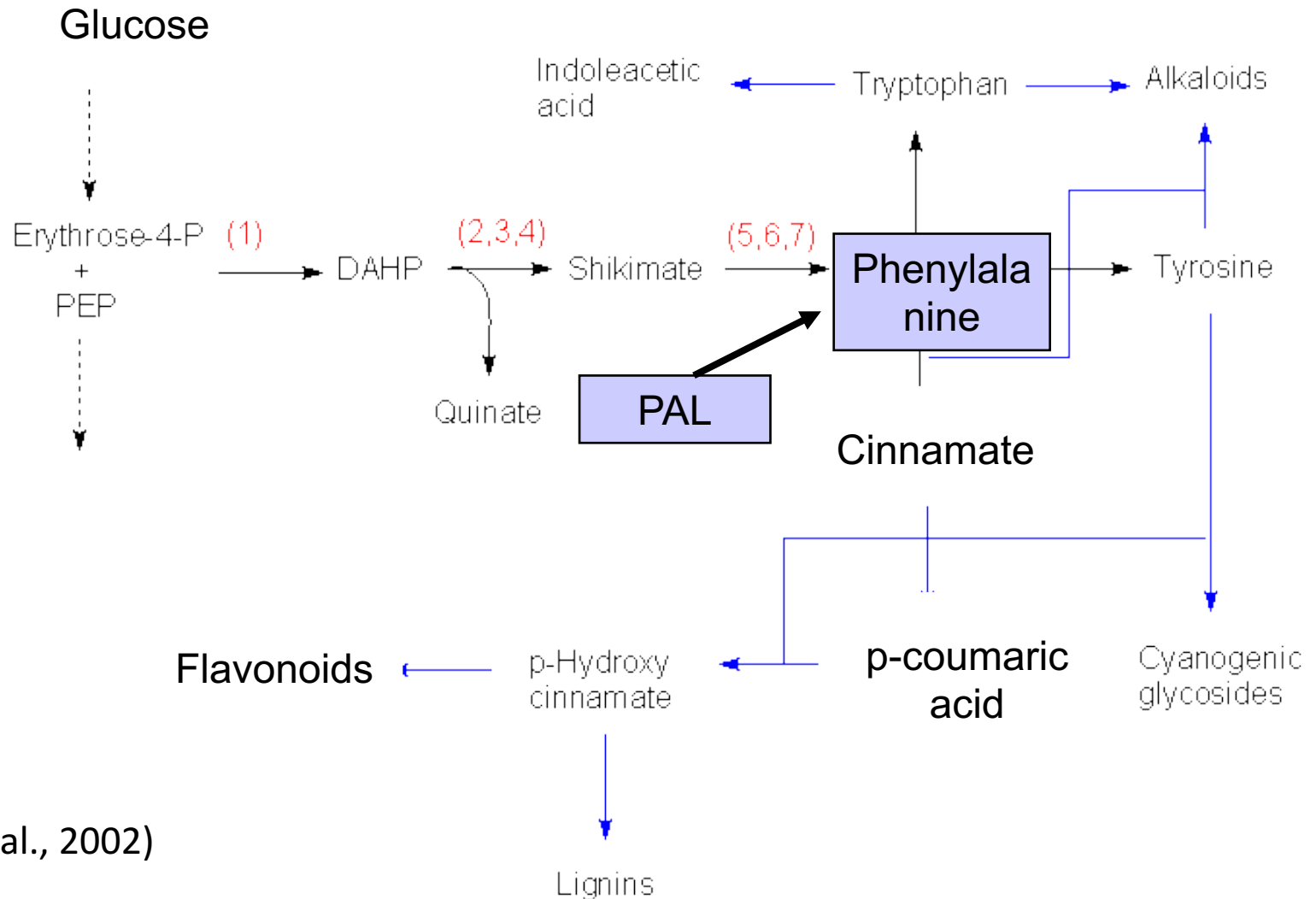


# Meccanismi biochimici responsabili dell'effetto terroir

Disponibilità idrica, equilibrio ormonale e fenologia



# La disponibilità di acqua e azoto controlla la biosintesi di flavonoidi

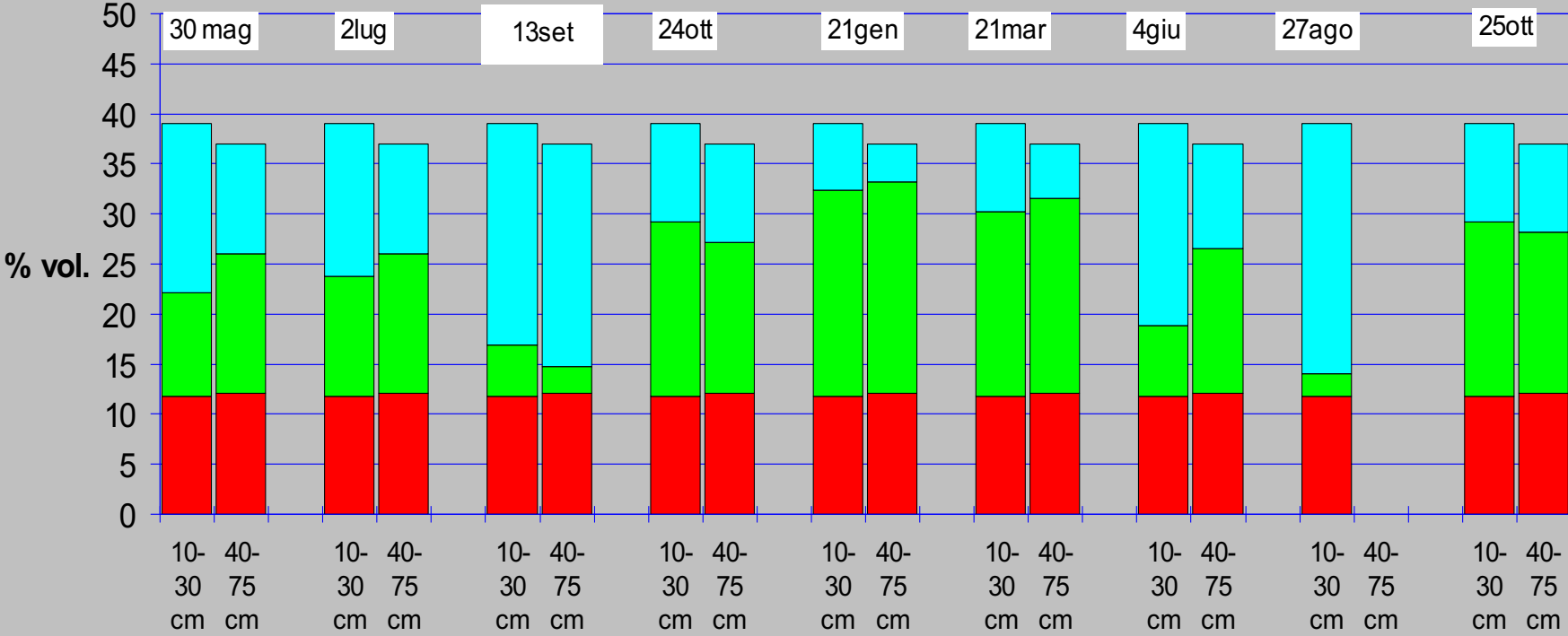




# Un suolo profondo, franco, ben strutturato, ricco in zoto, provoca eccessivo lussureggiamento e produzione



# Capacità d'aria, acqua disponibile e non disponibile a due profondità

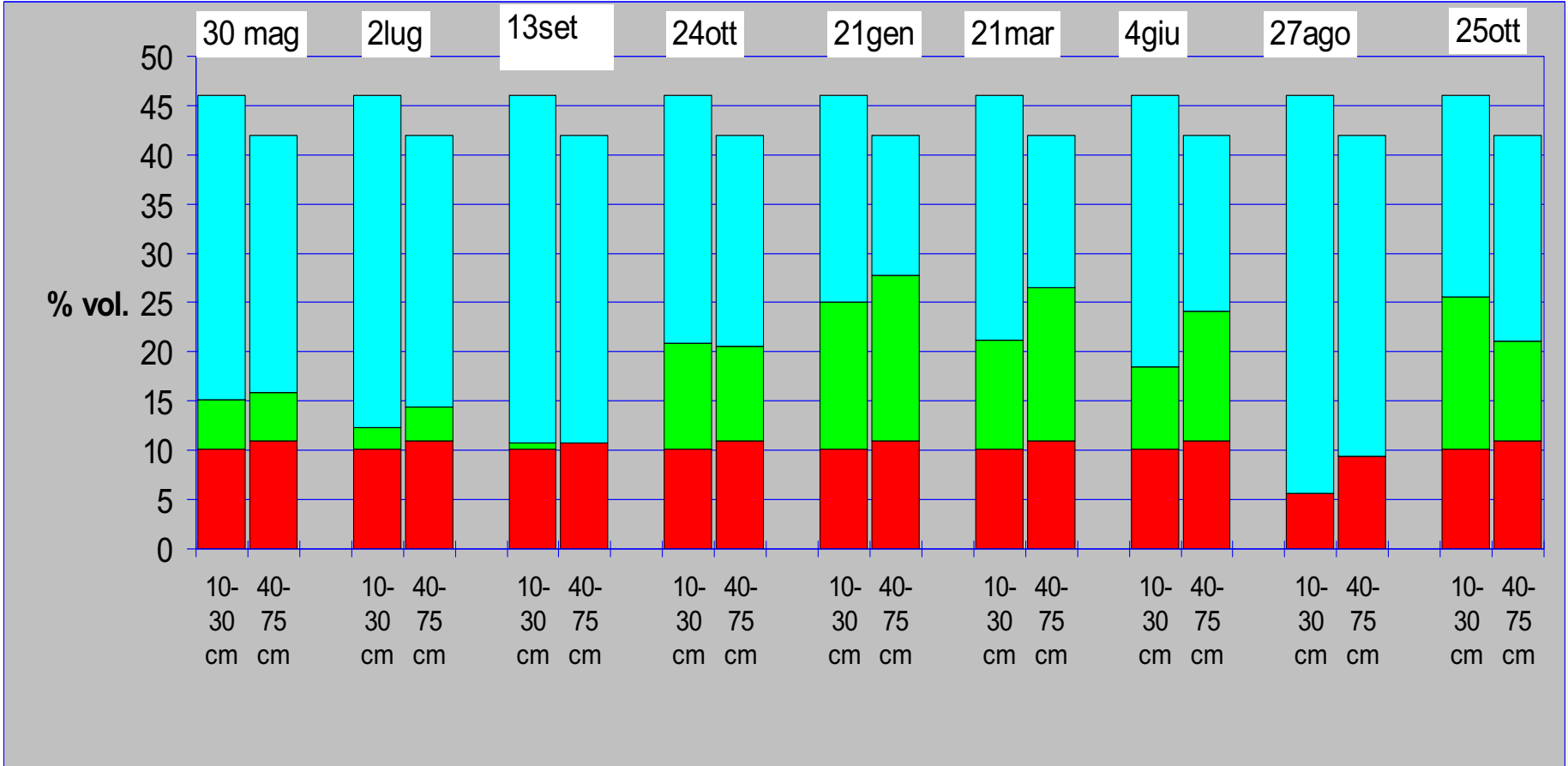




# Un suolo sabbioso franco: il lungo stress idrico estivo riduce la vegetazione

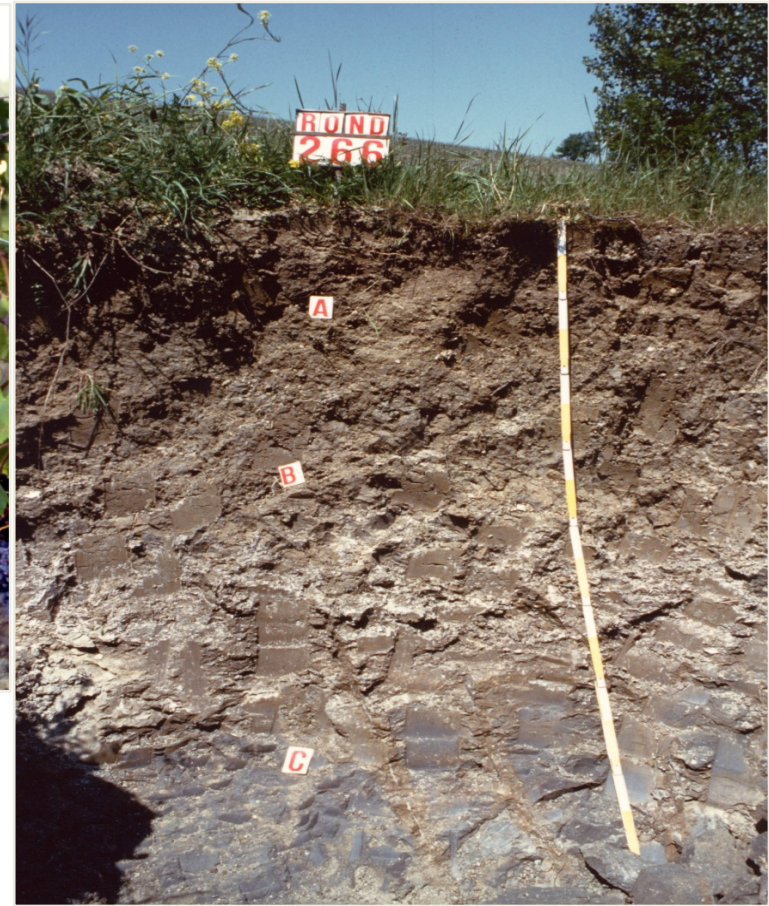


# Capacità d'aria, acqua disponibile e non disponibile a due profondità





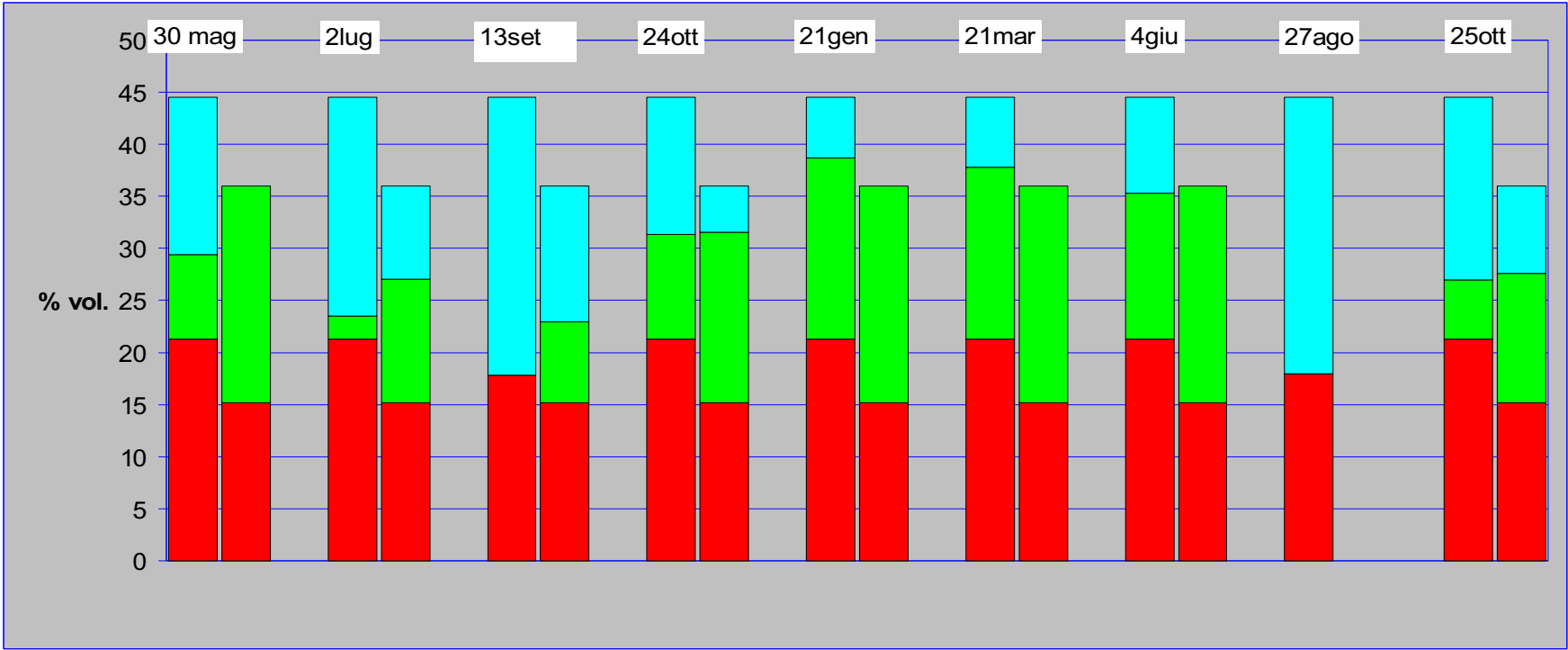
**Suolo franco limoso argilloso, ben strutturato in superficie, ma non in profondità, dove il sistema radicale ha limitazioni di sviluppo**



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

# Capacità d'aria, acqua disponibile e non disponibile a due profondità



**fondazione banfi**

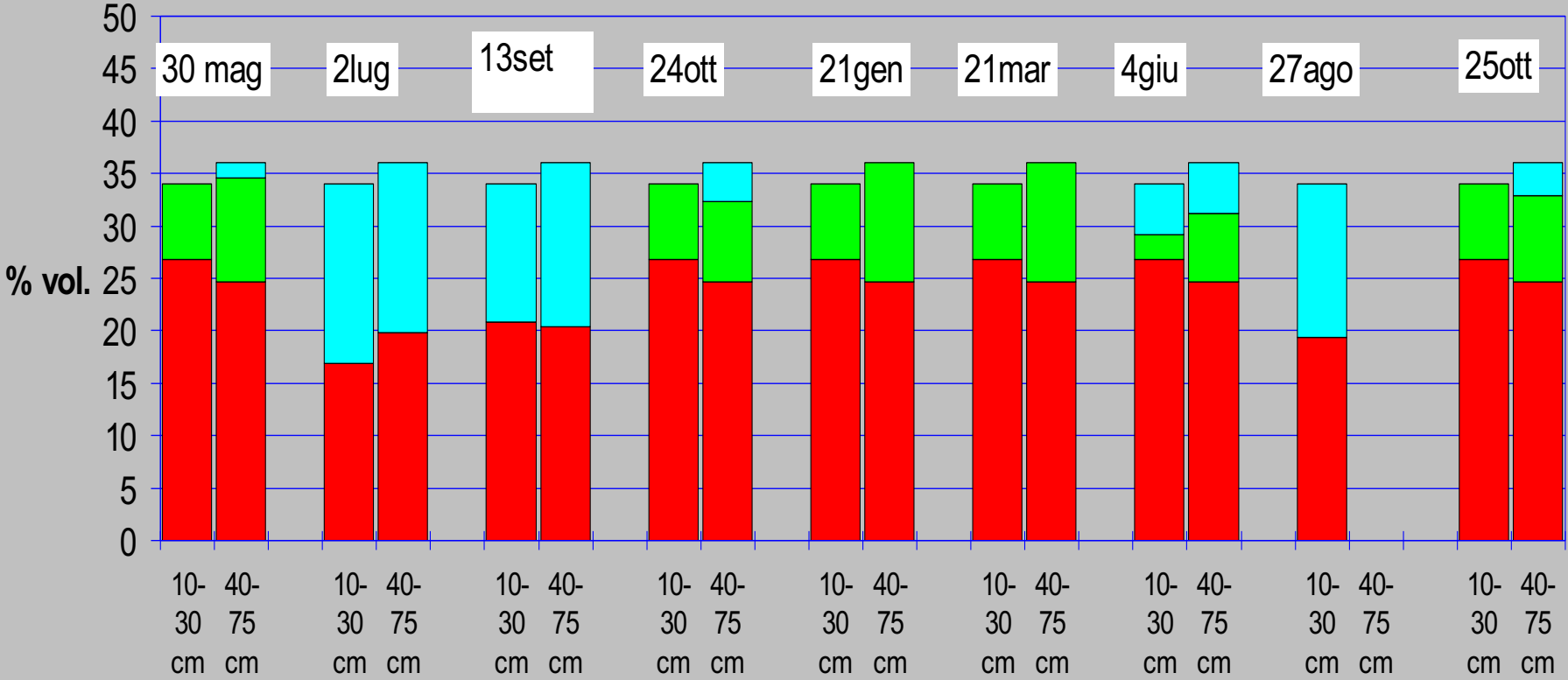
SANGUIS JOVIS



**Un suolo franco limoso argilloso, eroso, poco strutturato, con substrato sub-affiorante:  
le viti mostrano il massimo stress**

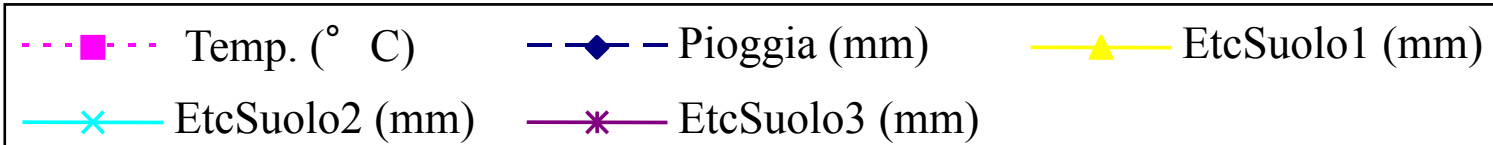
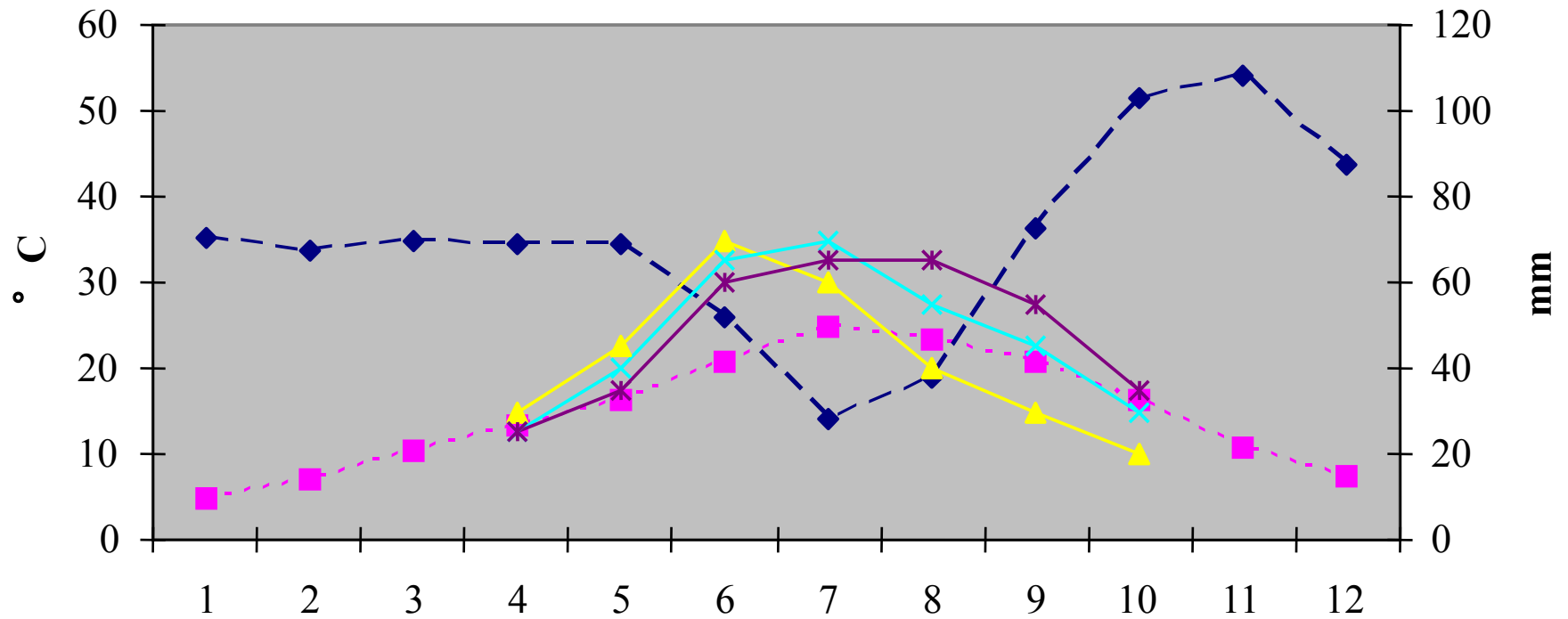


# Capacità d'aria, acqua disponibile e non disponibile a due profondità





# Evapotraspirazione del vitigno Sangiovese in tre suoli diversi a San Gimignano (SI)



# Vitigno Sangiovese

**Le condizioni di stress moderato inducono l'accumulo nelle bacche di antociani, tannini e composti fenolici, mentre viene favorita la degradazione dell'acido malico: processi che contribuiscono a determinare la qualità dei vini rossi, in particolare la loro finezza e tipicità.**

**Se le condizioni di stress si realizzano troppo precocemente e troppo a fondo, la pianta non riesce ad adattarsi al cambiamento ormonale e l'accumulo di composti nei frutti avviene in maniera squilibrata.**



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**

# Vitigni che associano a moderata fertilità una favorevole risposta enologica: vino Nobile di Montepulciano

Soil series	Constraint level	Grapes production	Harvest date	Wine structure	Wine typicality	Wine harmony	Year stability
San Quirico	moderate	****	***	**	**	**	**
Poggio Golo	moderate	***	**	**	**	**	**
Quercia	moderate	**	***	**	**	**	**
Monte and Cusona	severe	*	****	**	**	**	*
Valiano hydromorphic	few	****	***	**	**	**	*
San Gimignano, Strada and Valiano	none	*****	*	*	*	*	**

# Vitigni che associano a buona fertilità una favorevole risposta enologica: vino Vernaccia di San Gimignano

<b>Suoli</b>	<b>Classe di attitudine alla produzione di uva</b>	<b>Punteggio medio triennale nelle prove di assaggio</b>
<b>San Quirico</b>	<b>S1</b>	<b>172 A</b>
<b>San Gimignano</b>	<b>S1</b>	<b>160 A</b>
<b>San Gimignano erosi</b>	<b>S2</b>	<b>108 B</b>
<b>Monte</b>	<b>S3</b>	<b>100 B</b>
<b>Cusona</b>	<b>S3</b>	<b>100 B</b>



# Caratteri funzionali del suolo: non solo disponibilità di acqua e azoto

- **Morfologia:** esposizione ai venti dominanti - es. Champagne; radiazione e differenze di temperatura giorno/notte - es. Alpi
- **Profondità e massa radicabile:** limitazione della produzione, regolazione dello stress idrico - es. Duoro, Chianti
- **Natura e colore della pietrosità superficiale:** precocità – es. Chablis; sintesi citochinine – es. Willamette Valley (Oregon)



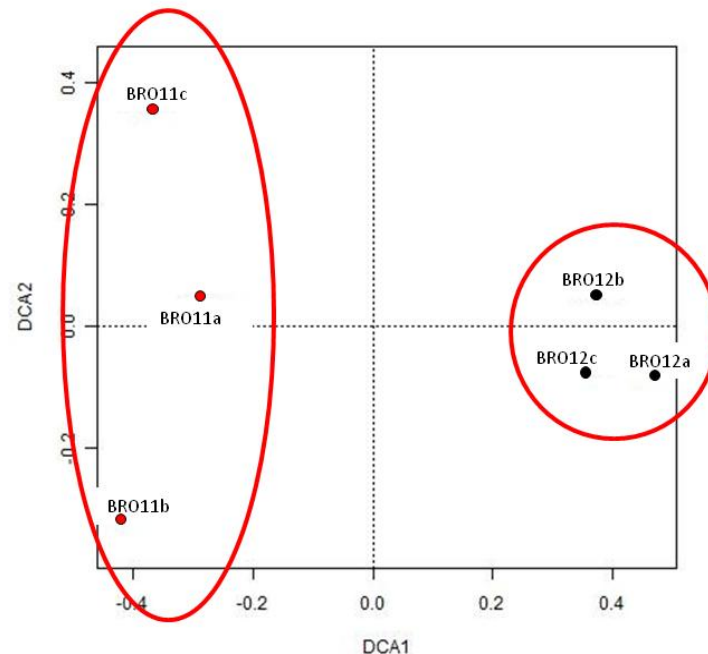
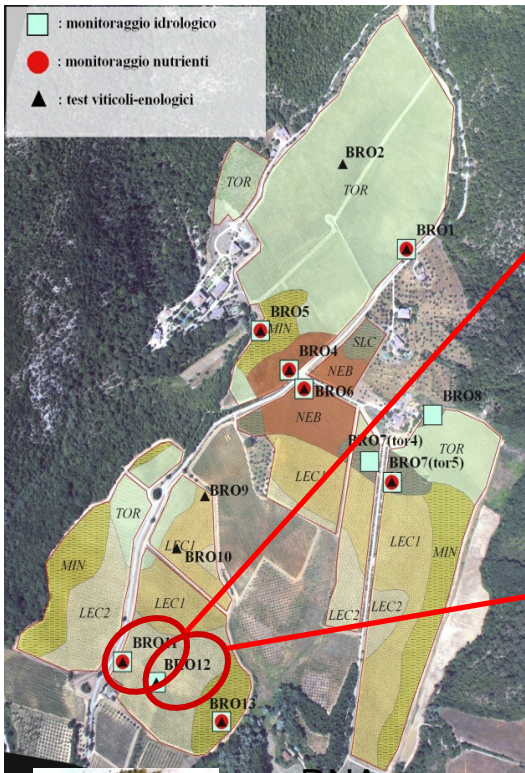
- **Colore del suolo:** conducibilità termica - es. terroir su terre rosse, nere, bianche
- **Drenaggio:** ripresa vegetativa primaverile e disidratazione estiva, disponibilità di ossigeno e conducibilità termica – es. terroir su calcari, su sedimenti morenici e fluvio-glaciali
- **Calcicare attivo:** sintesi polifenolica - es. Schiava grigia
- **pH, CEC, K:** pronta e abbondante disponibilità di alcuni elementi - es. terroir su vulcaniti
- **Salinità:** limitazione della produzione, moderato aumento dello stress idrico durante l'invasatura - es. Sangiovese, Nero d'Avola



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Funzionalità microbica



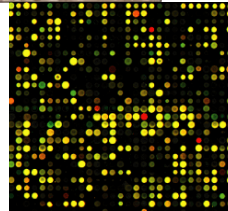
Soil

DNA extraction



Total DNA

Microarray



Metagenomic analysis

(Circa 57000 geni)

Struttura e funzioni dei microrganismi del suolo



**fondazione banfi**

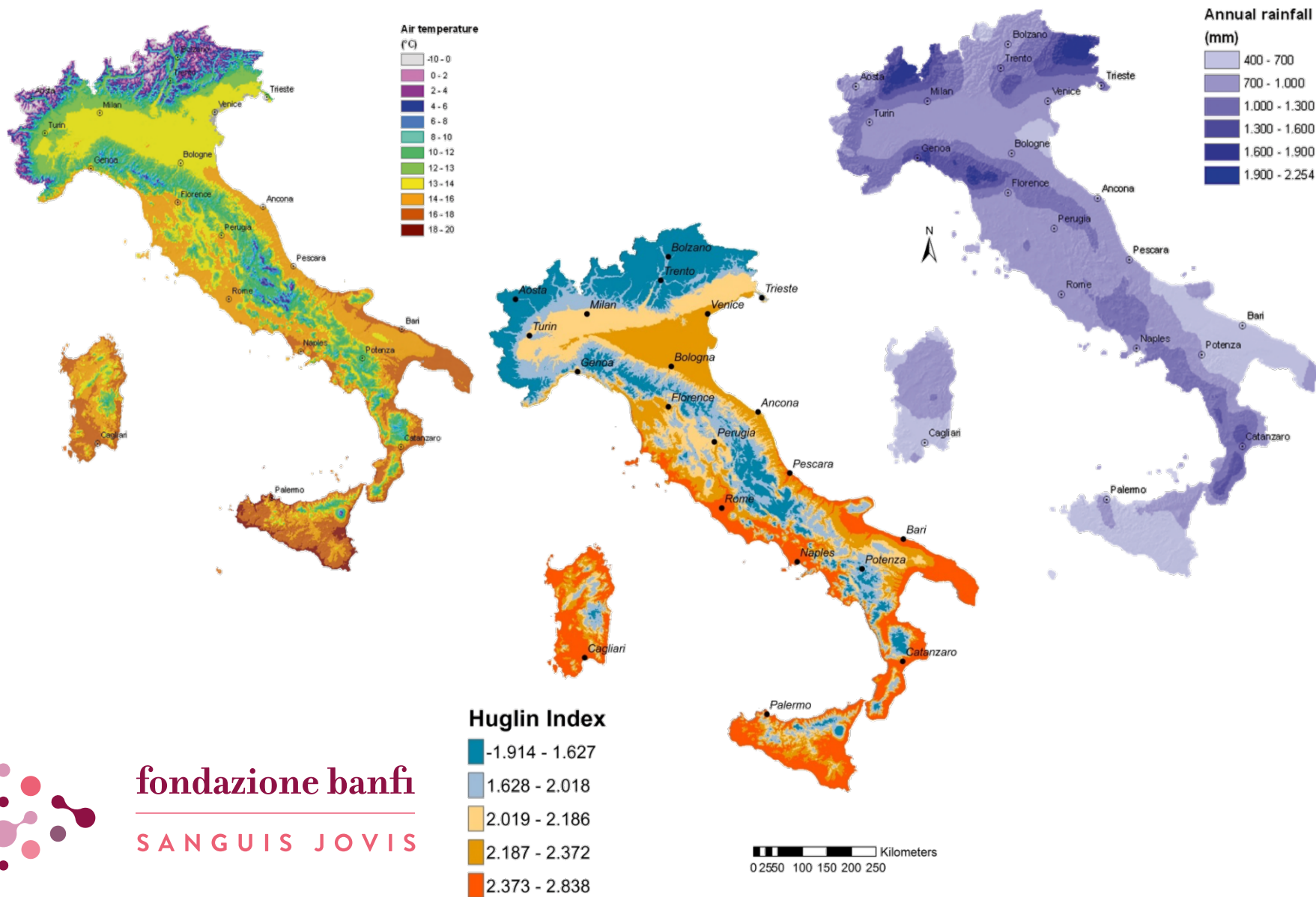
SANGUIS JOVIS



# La diversità di condizioni ambientali e terroir italiani alla base del successo enologico italiano



# La diversità di climi



**fondazione banfi**  

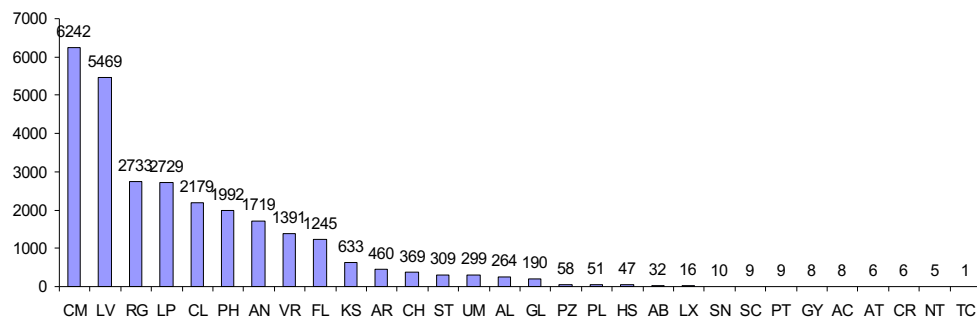

---

**SANGUIS JOVIS**

# La diversità di suoli

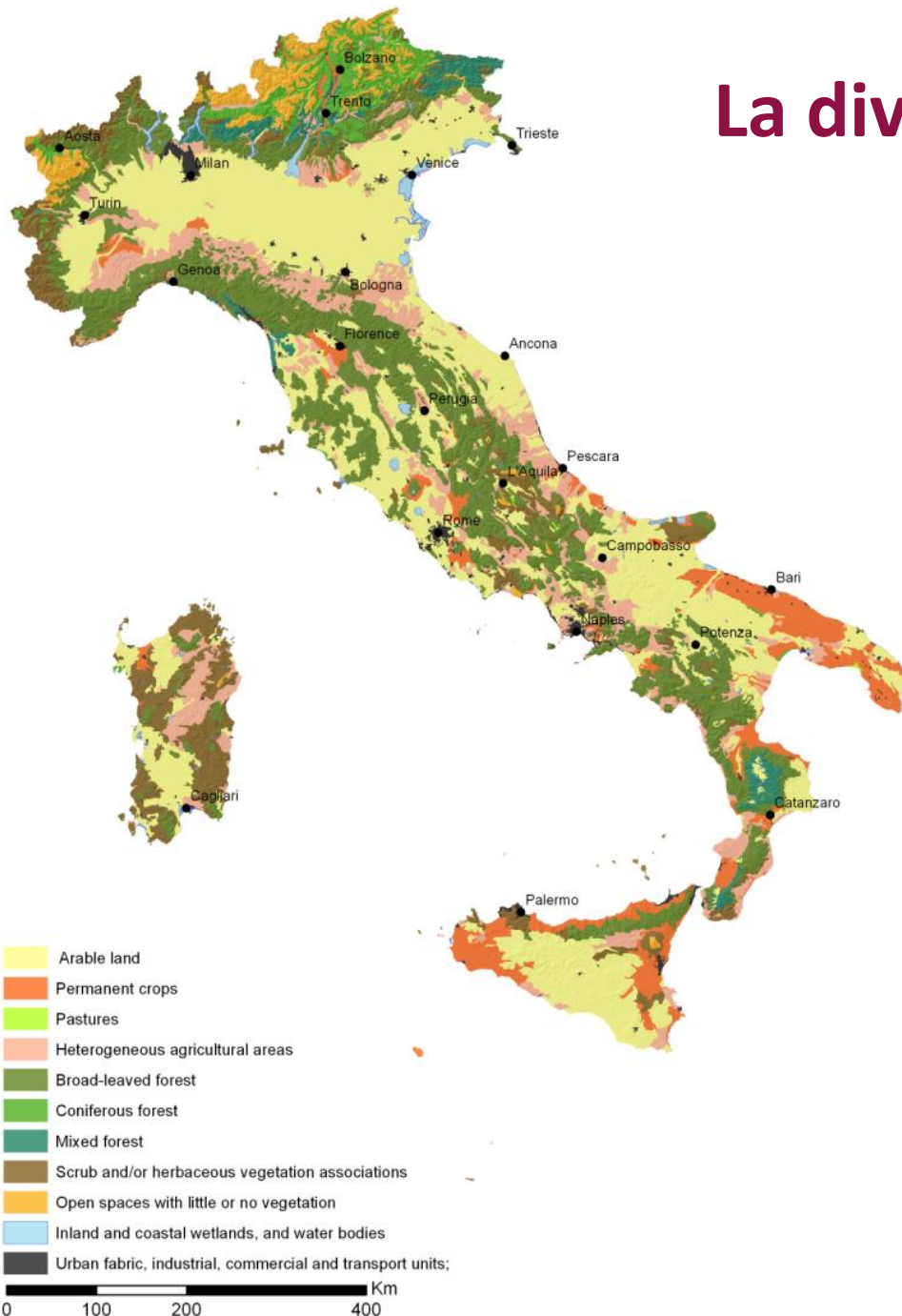
148 taxa

~ 50% della diversità pedologica mondiale





# La diversità di uso del suolo



SAU % 45

Seminativi e ortive % 28

Colture arboree % 5

Colture miste % 12

Vigneti ha 665.000

Aziende n 380.000

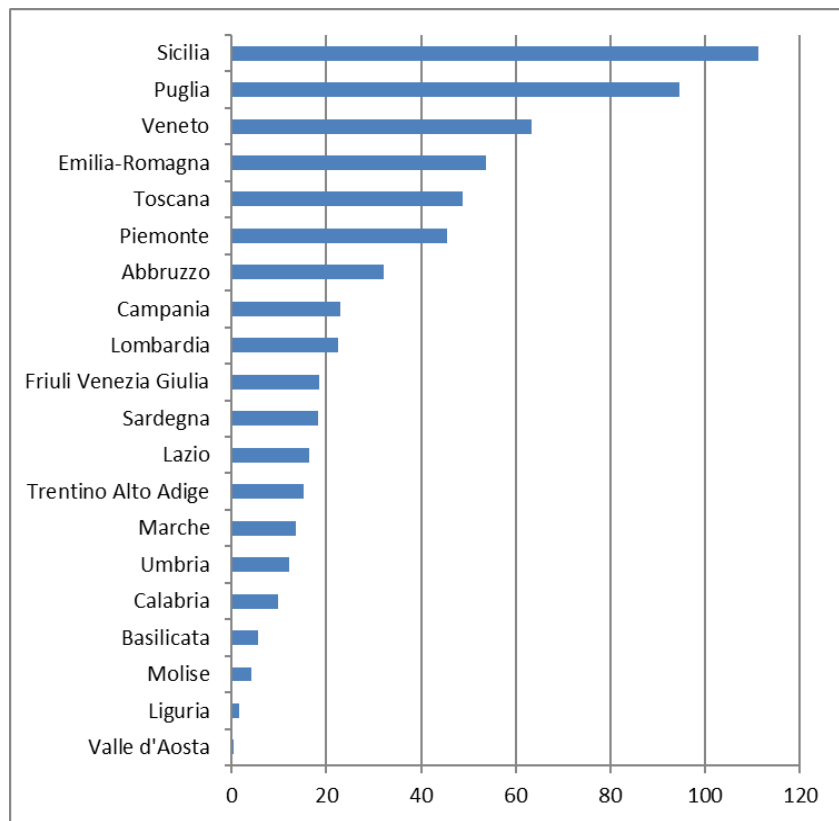
DOC n 330

IGP n 118

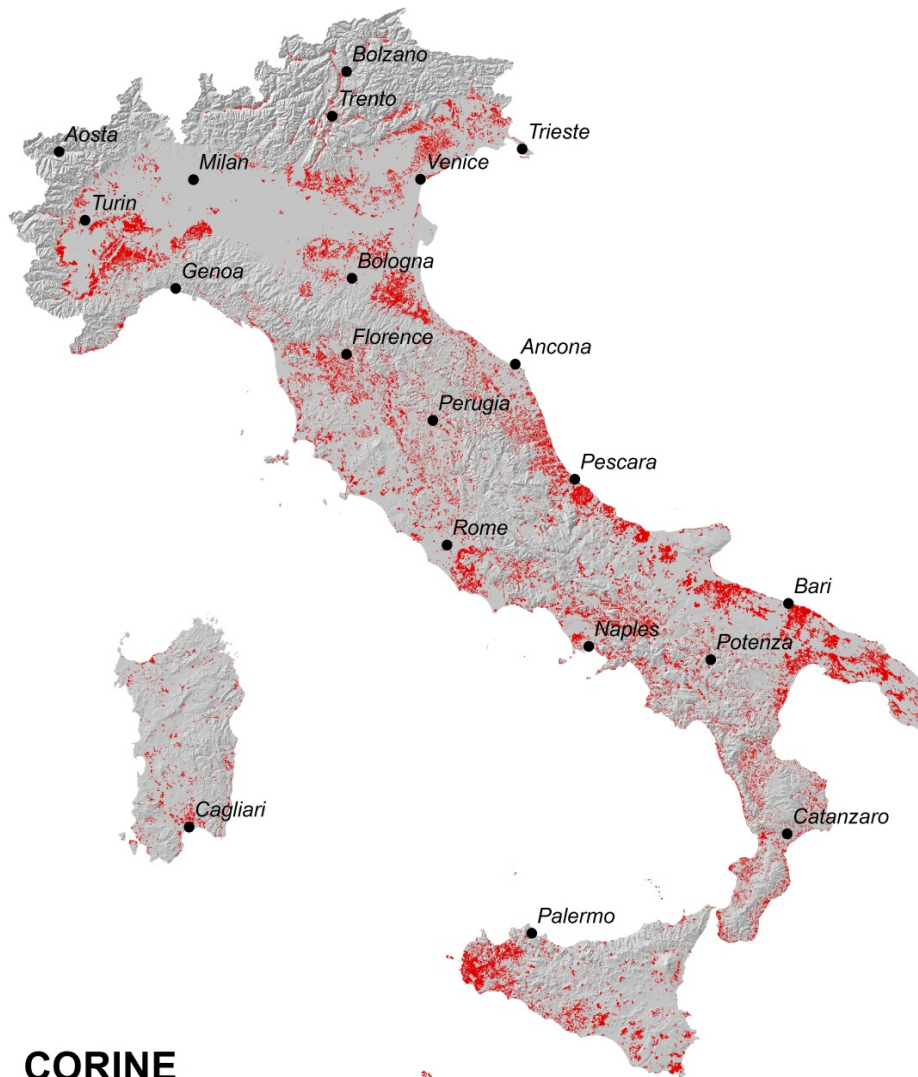
DOCG n 73

# I vigneti

(CORINE 2006)



Tot ha: 610,200 (ISTAT, 2010)

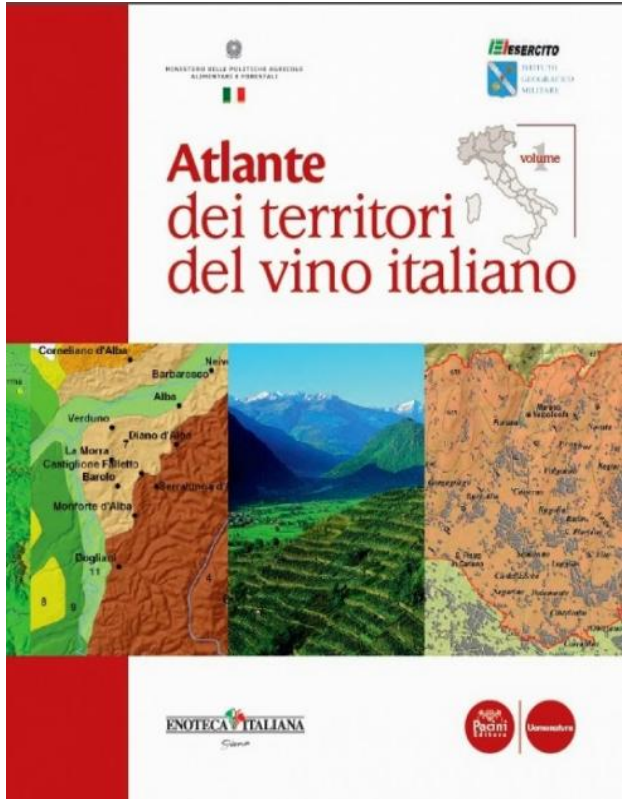


CORINE

221, 241, 242

0 25 50 100 150 200 250 Kilometers

# Le 92 Macroaree viticole





# Alto Monferrato



Typic Ustorthents fine-loamy, calcareous



DOCG Barbera del Monferrato Superiore, Dolcetto di Ovada Superiore, Alta Langa e DOC Barbera del Monferrato, Cortese del Monferrato, Dolcetto di Ovada, Monferrato e Piemonte.

Parte alta del versante di un terrazzo fluviale a substrato marnoso

Principali caratteri funzionali: scarsa profondità, molto limoso ma drenante, moderata fertilità, elevato contenuto in carbonati

## ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Orizz.	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (<2 µm)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg totale	C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	AWC mm m <sup>-1</sup>
Ap1	0-40	16,2	51,8	22,8	32,4	0,76	8,2	160,8
Ap2	40-60	27,2	51,9	20,9	32,4	0,64	8,3	159,6
CB	60-85	19,5	54,5	26,0	34,5	0,51	8,3	167,6





## Val d'Adige, Caldaro e Val di Cembra

Typic Endoaquepts coarse-loamy



DOC Valdadige, Trento e Lago di Caldaro.

Rilievi collinari su sedimenti morenici a litologia prevalentemente limosa e sabbiosa  
 Principali caratteri funzionali: suolo duplex: orizzonti a drenaggio contrastante, che interagiscono con irrigazione

### ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 $\mu$ m)	Limo dag/kg (50-2 $\mu$ m)	Arg. dag/kg (<2 $\mu$ m)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		C.O. %	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio CSC cmol(+)/kg
					tot	attivo			
Ap	0-15	48,0	36,0	16,0	41,65	2,24	2,15	8,2	10,0
Bw	15-75	46,0	42,0	12,0	34,97	2,05	1,78	8,1	-
Cr	75-120	50,0	34,0	16,0	33,98	2,24	1,35	8,4	-



# Collio Goriziano

## Typic Eutrudepts loamy-skeletal



DOC Collio Goriziano.



Versanti costituiti da torbiditi calcareo-marnose

Principali caratteri funzionali: suolo limoso compatto ma drenante per molto scheletro

### ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Orizz.	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (<2 µm)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio cmol(+)/kg CSC	AWC mm m <sup>-1</sup>
					totale	attivo				
Ap	0-18	18,3	51,0	30,7	11	1,8	0,70	7,9	17,40	165,6
2Bw	18-60	20,6	51,4	28,0	15	2,1	0,50	8,0	18,10	164,2
RC	60-80	23,9	48,8	27,3	11	1,9	0,40	8,0	18,20	159,3

# Riviera di Levante



# Dystric Eutrudepts coarse-loamy



Suolo nell'areale di produzione della DOC Colli di Luni.

Terrazzo su un substrato di sedimenti fluviali limosi e ghiaiosi prevalentemente silicei  
 Suolo molto povero e drenante, privo di carbonati, siliceo, acido, poco fertile

## ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 μm)	Limo dag/kg (50-2 μm)	Argilla dag/kg (<2 μm)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg totale	C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio cmol(+)/kg					AWC mm m <sup>-1</sup>
								Ca	Mg	Na	K	CSC	
Ap	0-25	44,1	37,5	18,5	0	0,08	5,2	6,6	0,9	0,61	0,38	10,62	131,1
Bw	25-70	36,6	47,5	16,0	0	0,05	6,0	6,5	1,3	0,52	0,39	12,06	148,5
Cg	70-95	25,3	49,9	24,8	0	0,02	6,1	6,4	1,6	0,58	0,35	12,50	159,1

# Romagna



# Typic Haplustepts fine-loamy



DOCG Albana di Romagna e DOC Romagna.

Suolo su versante costituito prevalentemente da torbidite (Flysh)

Principali caratteri funzionali: suolo profondo e piuttosto fertile

## ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (<2 µm)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	AWC mm m <sup>-1</sup>
					totale	attivo			
Ap	0-30	33,4	42,8	23,8	11	5	0,52	8,0	145,3
Bw	30-80	37,2	40,4	22,4	17	6	0,12	8,3	139,5
2C	80-130	43,9	50,2	5,9	18	6	0,12	8,3	156,2



## Montalcino e Val D'Orcia

## Typic Calcixercept fine



DOCG Brunello di Montalcino e DOC Rosso di Montalcino, Sant'Antimo e Moscadello.

Terrazzi fluviali su sedimenti argillosi e ciottolosi

Suolo profondo ma con massa radicabile ridotta dallo scheletro e dal calcare, alta capacità di trattenuta di nutrienti ma con aridità fisiologica

### ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (<2 µm)	C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		Complesso di scambio cmol(+)/kg				AWC mm m <sup>-1</sup>
							totale	attivo	Ca	Mg	K	CSC	
Ap	0-35	27,6	28,7	43,7	0,95	7,8	7,7	3,6	14,9	5,56	0,46	43,1	137,2
Bk1	35-60	27,8	26,9	45,3	0,59	7,9	11,7	4,2	11,8	5,06	0,22	34,4	135,1
Bk2	60-100	37,2	23,5	39,3	0,19	8,0	30,1	3	14,2	5,85	0,34	43,3	123,2

## Orvieto

## Andic Haplustepts fine-loamy



### DOC Orvieto

Suoli sui rilievi collinari e sulle superfici strutturali sostenute da depositi vulcanici (tufi)  
Principali caratteri funzionali: alta fertilità chimica e ricchezza di elementi facilmente disponibili, in particolare potassio. Piuttosto sabbioso e drenante, con stress idrico estivo

### ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Orizz.	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (< 2 µm)	C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio cmol(+)/kg		AWC mm m <sup>-1</sup>
							K	CSC	
Ap	0-75	48,6	29,5	21,9	0,62	7,3	1,22	24,5	119
Bw	75-160	47,1	31,1	21,7	0,65	7,7			121



# Sannio



## Typic Calciustepts fine



DOCG Aglianico del Taburno e DOC Falanghina del Sannio e Sannio

Suoli su terrazzi alluvionali, costituiti da alluvioni antiche calcaree.

Principali caratteri funzionali: radicazione profonda ma limitata dagli accumuli di carbonati, fertilità chimica moderatamente limitata dall'accumulo di sali

### ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 µm)	Limo dag/kg (50-2 µm)	Argilla dag/kg (< 2 µm)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg totale	C.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio cmol(+)/kg					EC mS cm <sup>-1</sup>
								Ca	Mg	Na	K	CSC	
Ap1	0-10	26,8	29,1	44,1	31,7	4,35	8,4	22,8	1,3	0,4	2,7	27,2	45,2
Ap2	10-36	26,1	29,7	44,2	30,8	3,50	8,3	22,4	1,8	0,0	2,4	26,5	57,5
B/Bk	36-65	23,4	35,0	41,7	39,0	0,93	8,9	21,4	1,2	0,5	0,9	24,0	30,0
Bk	65-120	23,9	41,5	34,6	37,0	0,21	9,0	31,6	1,4	0,0	0,5	33,5	27,7



# Puglia



# Typic Palexerolls fine



DOC Gioia del Colle.

Piattaforma d'abrasione marina su calcare.

Principali caratteri funzionali: suolo argilloso e calcareo ma di ridotta profondità radicabile.

Fertilità chimica condizionata dall'abbondanza degli ossidi di ferro.

## ANALISI CHIMICHE E FISICHE

Oriz	Prof cm	Sabbia dag/kg (2000-50 μ)	Limo dag/kg (50-2 μ)	Argilla dag/kg (<2 μ)	CaCO <sub>3</sub> dag/kg		S.O. dag/kg	pH H <sub>2</sub> O	Complesso di scambio cmol(+)/kg				ESP %	AWC mm m <sup>-1</sup>
					totale	attivo			Ca	Mg	K	CSC		
Ap1	0-25	40,0	12,0	48,0	12,5	0,87	2,37	7,5	24,0	3,5	1,81	44,6	1,2	109,4
Ap2	25-40	42,0	9,0	49,0	15,7	0,45	1,76	7,6	22,0	3,5	0,76	46,3	1,2	104,8
A/Bt	40-70	24,0	11,0	65,0	18,7	1,10	1,70	7,3	30,0	2,0	0,80	37,1	1,0	118,1

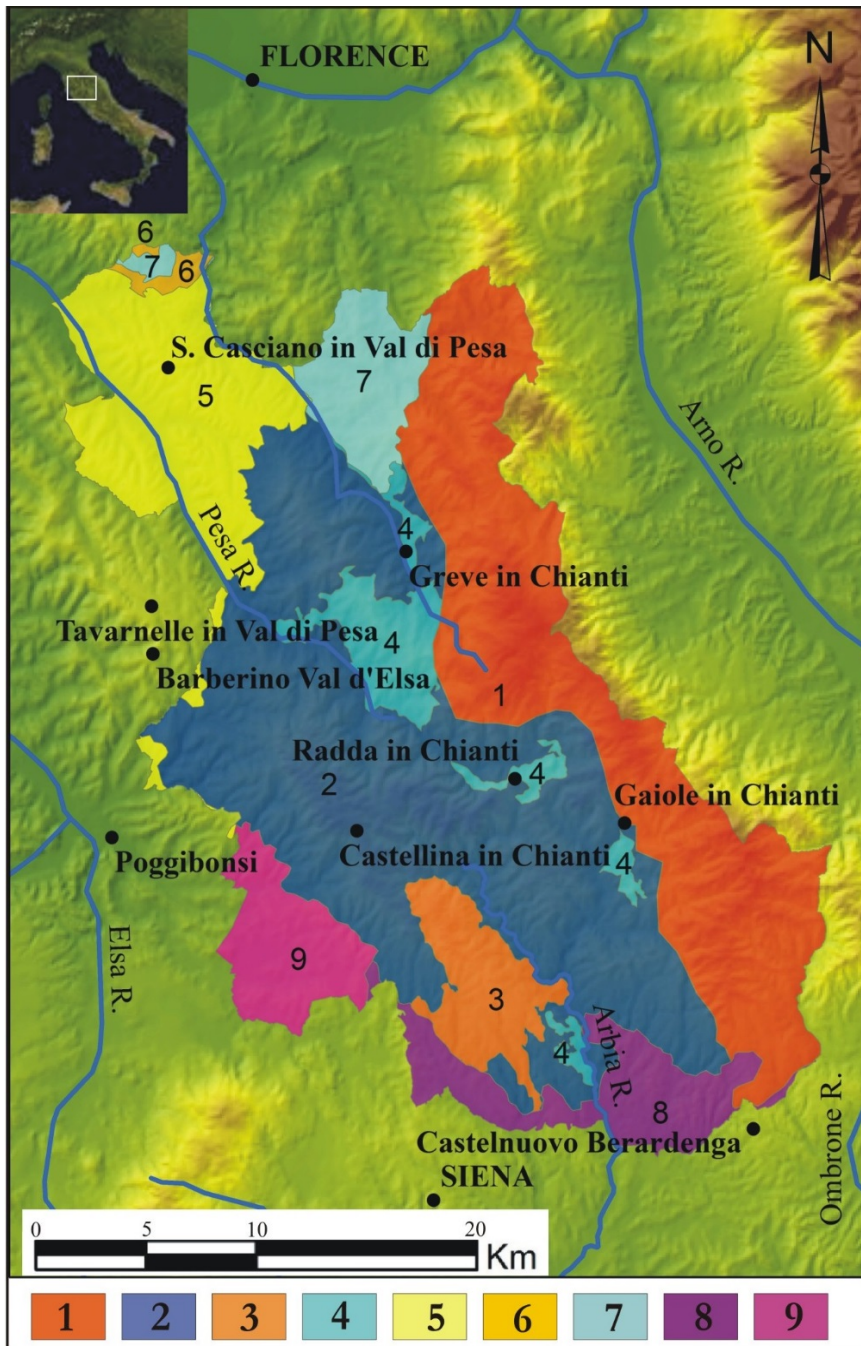
**La natura della roccia e  
del sedimento  
influiscono sulle  
caratteristiche fisiche e  
chimiche del suolo e  
sulla radicazione della  
pianta**



**fondazione banfi**

**SANGUIS JOVIS**





1. Anticlinale del Chianti: basse montagne e alte colline su arenaria (Macigno del Chianti);
2. Basse montagne e alte colline su calcareniti e su formazioni con alternanza di calcari marnosi (Alberese), arenarie e argilliti; ★
3. Alte colline su arenaria e Flysch del Chianti;
4. Rilievi di alta collina su formazioni prevalentemente marnose, argillose e scistose;
5. Basse colline su conglomerati e ghiaie prevalentemente calcaree, con sabbie del Pliocene; ★
6. Basse e medie colline su arenaria;
7. Basse e medie colline su argille, marne e scisto;
8. Basse e medie colline su sabbie marine;
9. Basse e medie colline su argille marine e conglomerati fluviali. ★

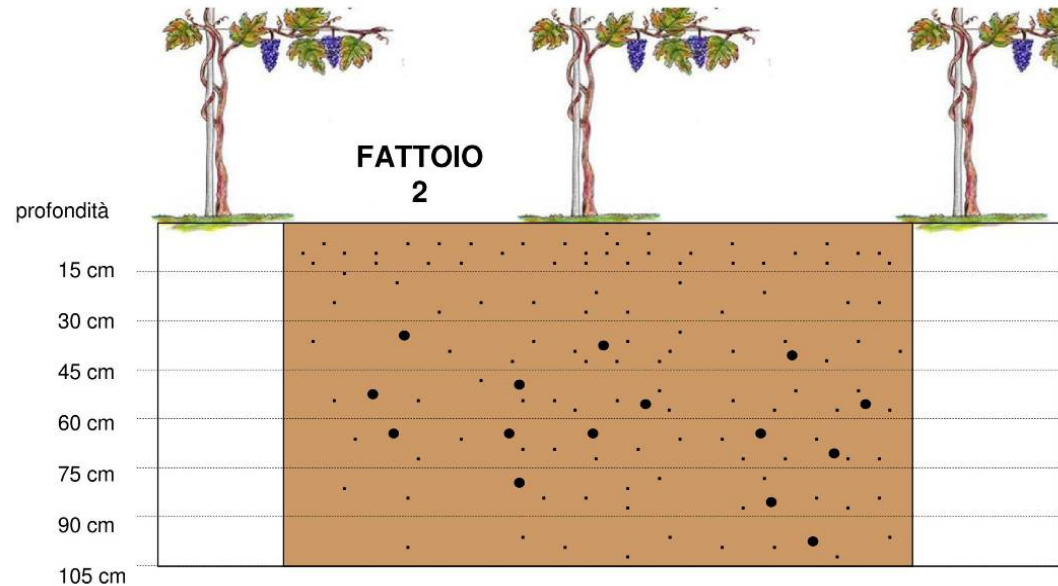


Paesaggio 1: suolo su arenaria feldspatica dell'Oligocene (Macigno del Chianti)

Franco sabbioso, 0%  $\text{CaCO}_3$ , scheletro 35-40%, AWC 78 mm/m



## Radicazione estesa



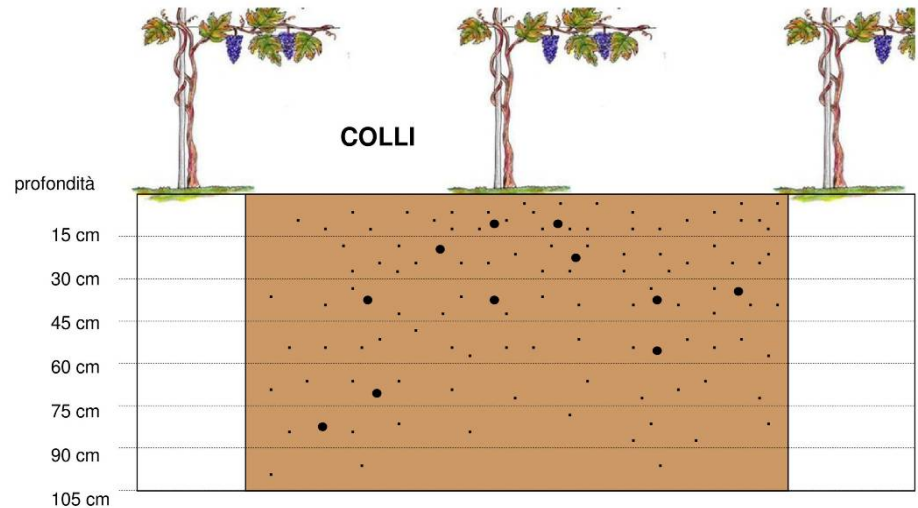


Paesaggio 2: suolo su Flysh argilloso marnoso del Cretaceo (calcare marnoso: Alberese)

Franco argilloso, 35%  $\text{CaCO}_3$ , scheletro 40-45%, AWC 111 mm/m, drenaggio lento in profondità



## Radicazione superficiale









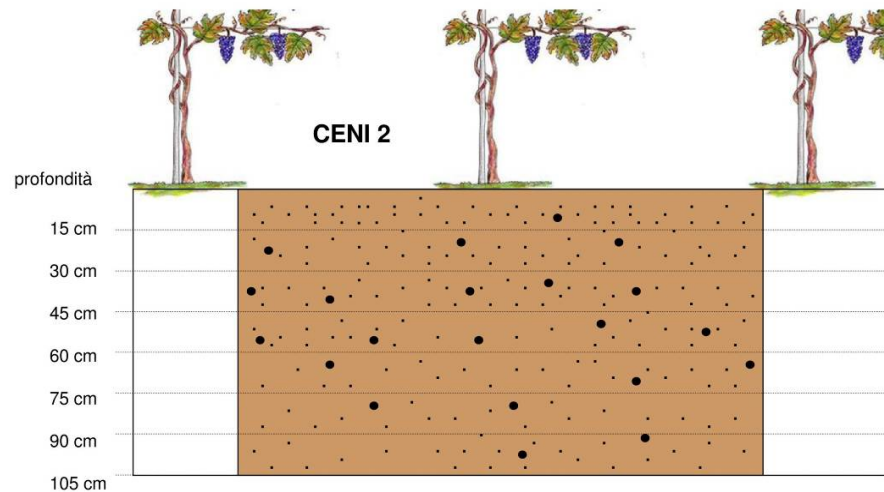
## Paesaggio 9: suolo su conglomerati fluviali

Franco, 15%  $\text{CaCO}_3$ ,

Scheletro 20-35%, AWC  
77 mm/m, drenaggio  
medio



## Radicazione estesa e molto sviluppata



# Geologia o suolo?

La durata della pedogenesi influenza le caratteristiche del suolo e la genesi dei terroir



Cambisol su arenaria



Ferric Luvisol su depositi fluviali



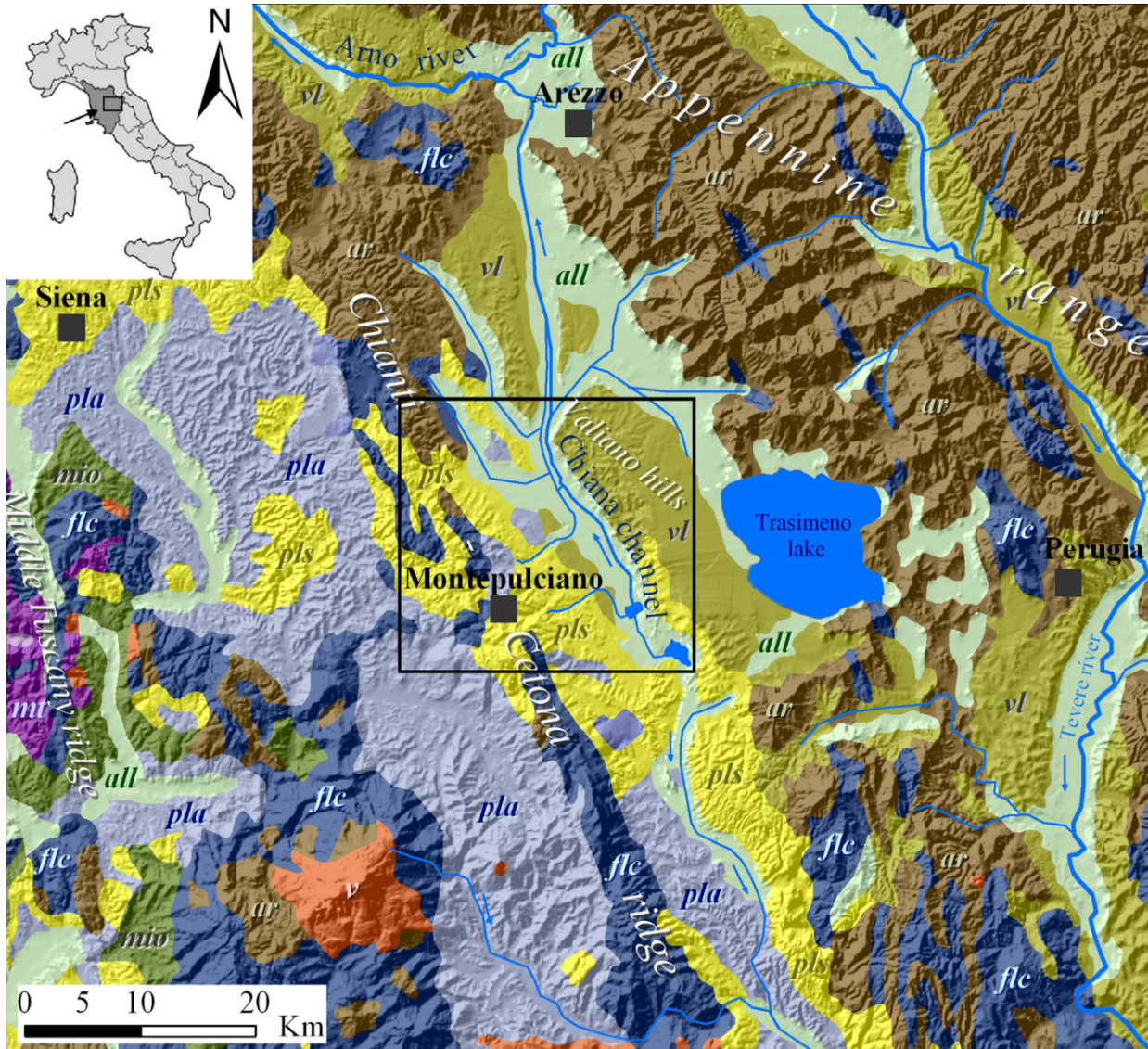
**fondazione bani**

**SANGUIS JOVIS**



# Come nasce un terroir?

## Geologia di Montepulciano



### Legend

- all Alluvial deposits (Quaternary)
- vl Fluvial and lacustrine deposits (Plio-Pleistocene)
- pls Marine sands and conglomerates (Early Pliocene)
- pla Marine clays (Early Pliocene)
- mio Lacustrine clays (Miocene)
- ar Arenites and siltite (Oligocene)
- flc Calcareous rocks, marls and shale (Jurassic- Paleogene)
- mt Metamorphic rocks (Triassic)
- v Volcanic rocks (different ages)





# Paesaggi geologici

## Sabbie del Pliocene



*fondazione banfi*

**SANGUIS JOVIS**  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE





# Paesaggi geologici

## Argille del Pliocene





# Paesaggi geologici

## Argille fluvio-lacustri del Pleistocene



fondazione banfi

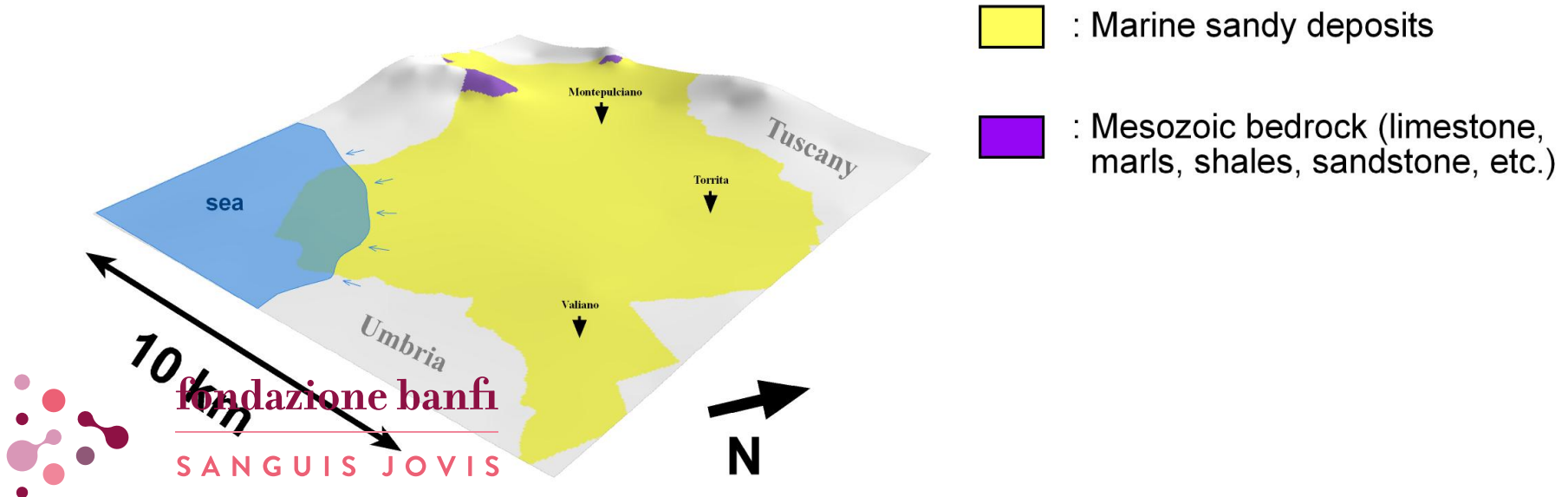
SANGUIS JOVIS

ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

# La formazione dei suoli

## Il mare ha lasciato il territorio di Montepulciano durante il Pliocene medio

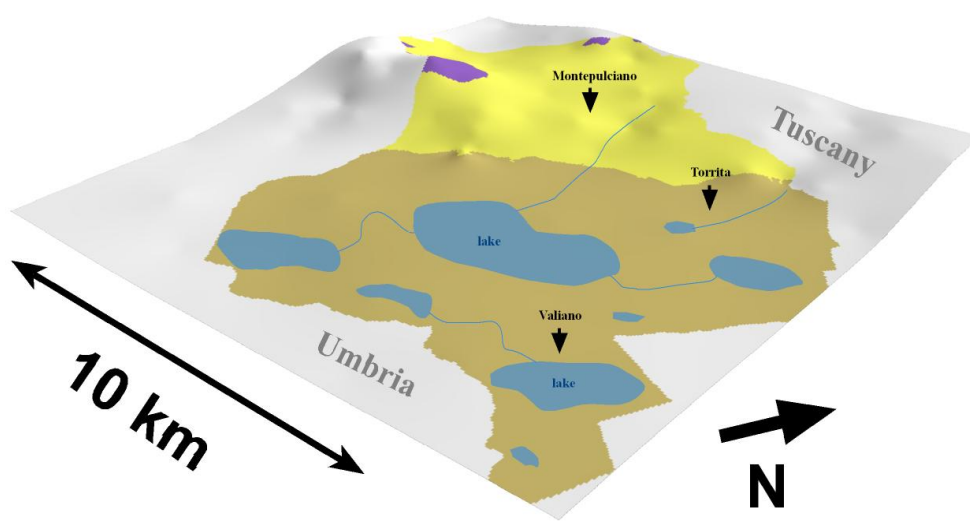
Middle Pliocene (4 My B.P.)








# Il territorio di Montepulciano durante il tardo Pliocene e il primo Pleistocene

Early Pleistocene (0.7 My B.P.)



-  : Lacustrine deposits
-  : Marine sandy deposits
-  : Mesozoic bedrock (limestone, marls, shales, sandstone, etc.)

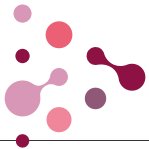
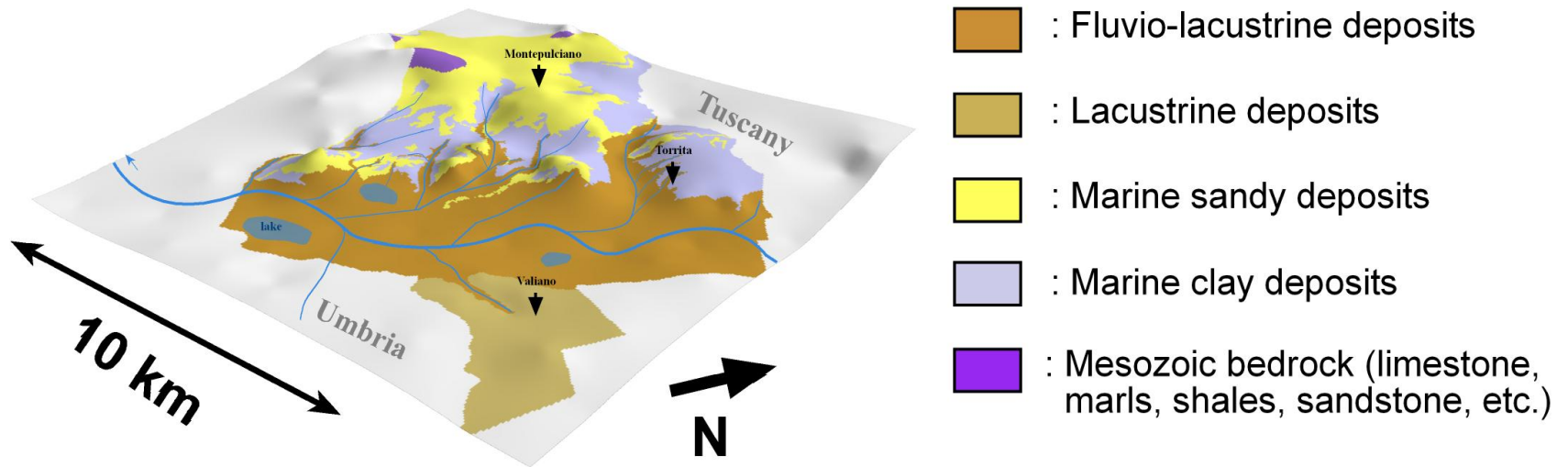


**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Montepulciano durante il medio e tardo Pleistocene

Middle and Late Pleistocene (125-10 ky B.P.)

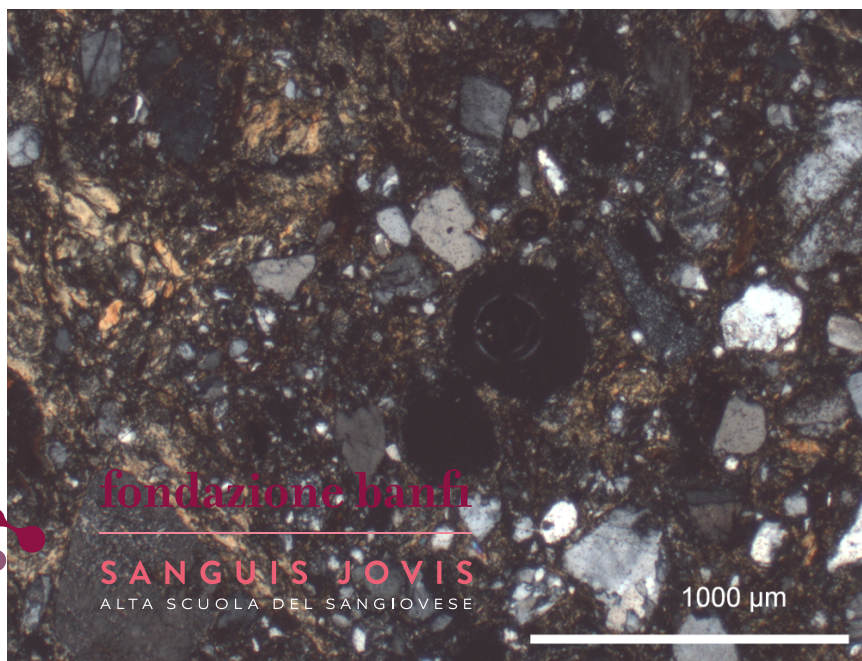


**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS



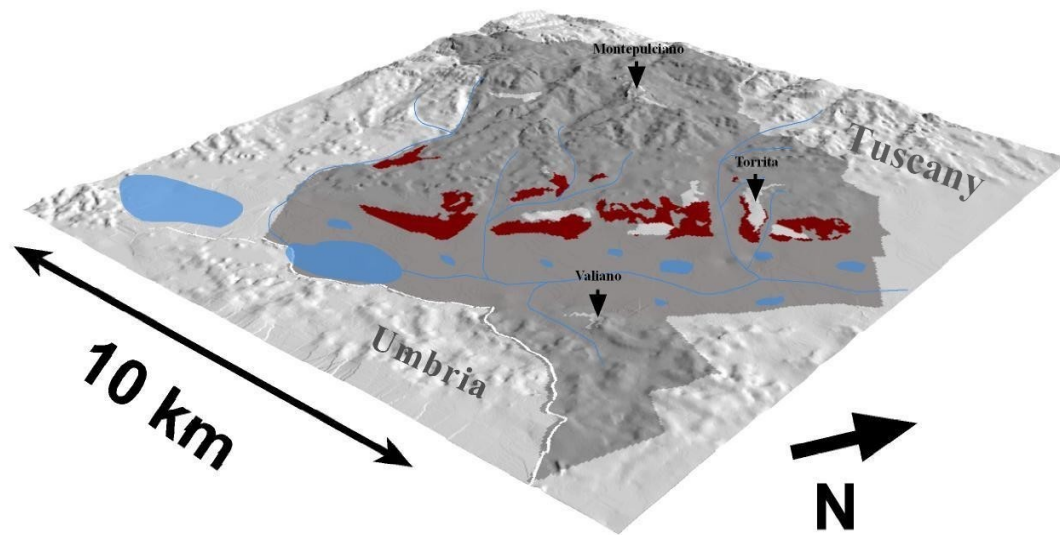
# I suoli più antichi.



# Montepulciano durante l'Olocene antico

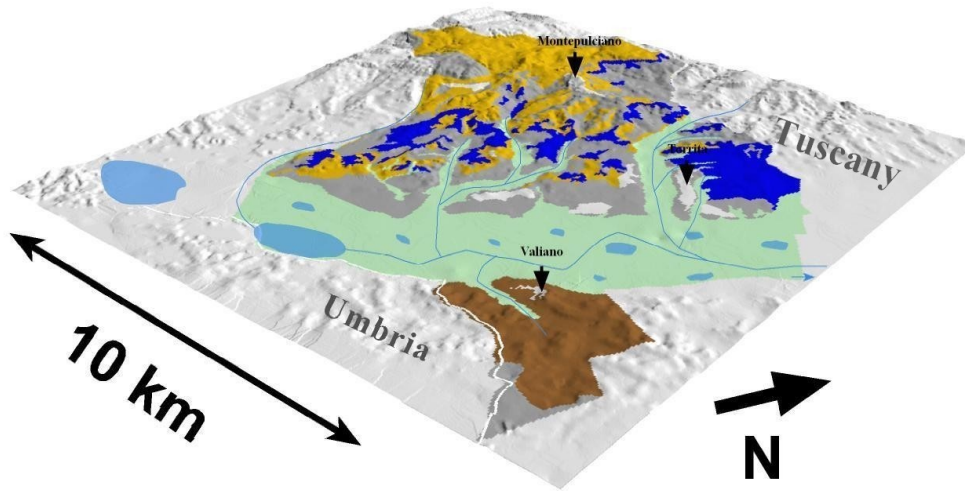
Early Holocene (10 ky B.P.)





 : Clayey Luvisols  
(Poggio Golo soils)



# Montepulciano durante il Neolitico/bronzo antico fino al periodo romano

From Neolithic to Roman period (5-2 ky B.P.)



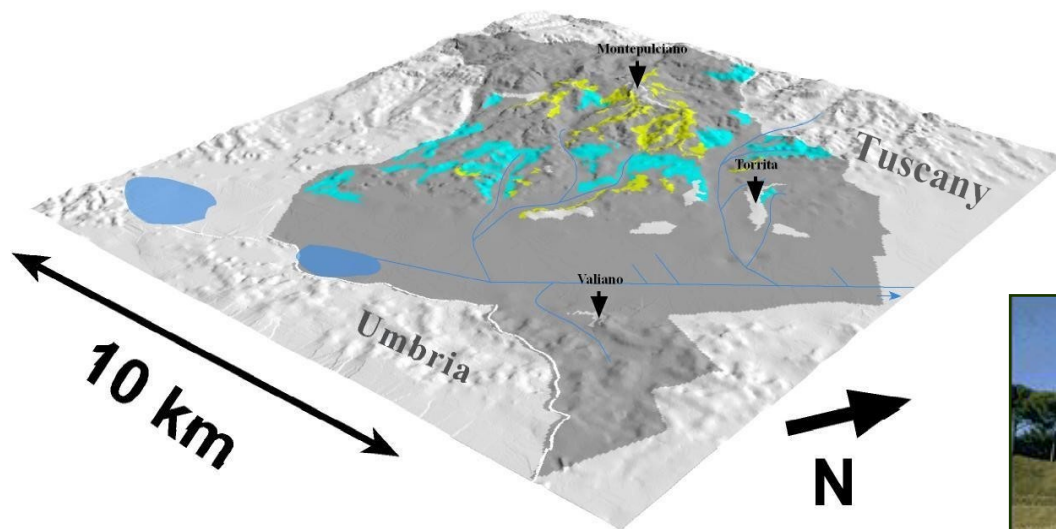
-  : Inceptisols and Vertisols of recent alluvial deposits
-  : Clayey Inceptisols (Valiano soils)
-  : Loamy Inceptisols (San Gimignano and Strada soils)
-  : Clayey Inceptisols (Quercia and San Quirico soils)







# I suoli di Montepulciano negli ultimi 50 anni

Late Holocene (1960 - 2010)



-  : Sandy Entisols (Cusona soils)
-  : Clayey Entisols (Monte soils)



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Fattori ambientali del terroir e scala geografica

SCALA

Clima

Geologia - morfologia

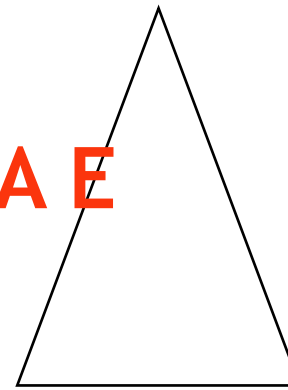
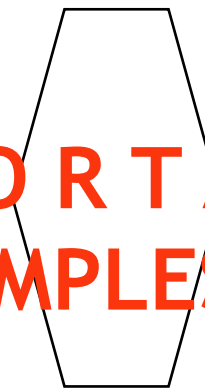
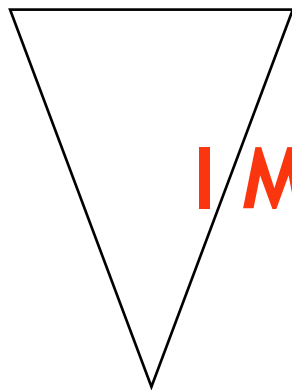
Suolo

Regionale

Distretto

Azienda

Vigneto



**IMPORTANZA E  
COMPLESSITA'**



**fondazione banfi**

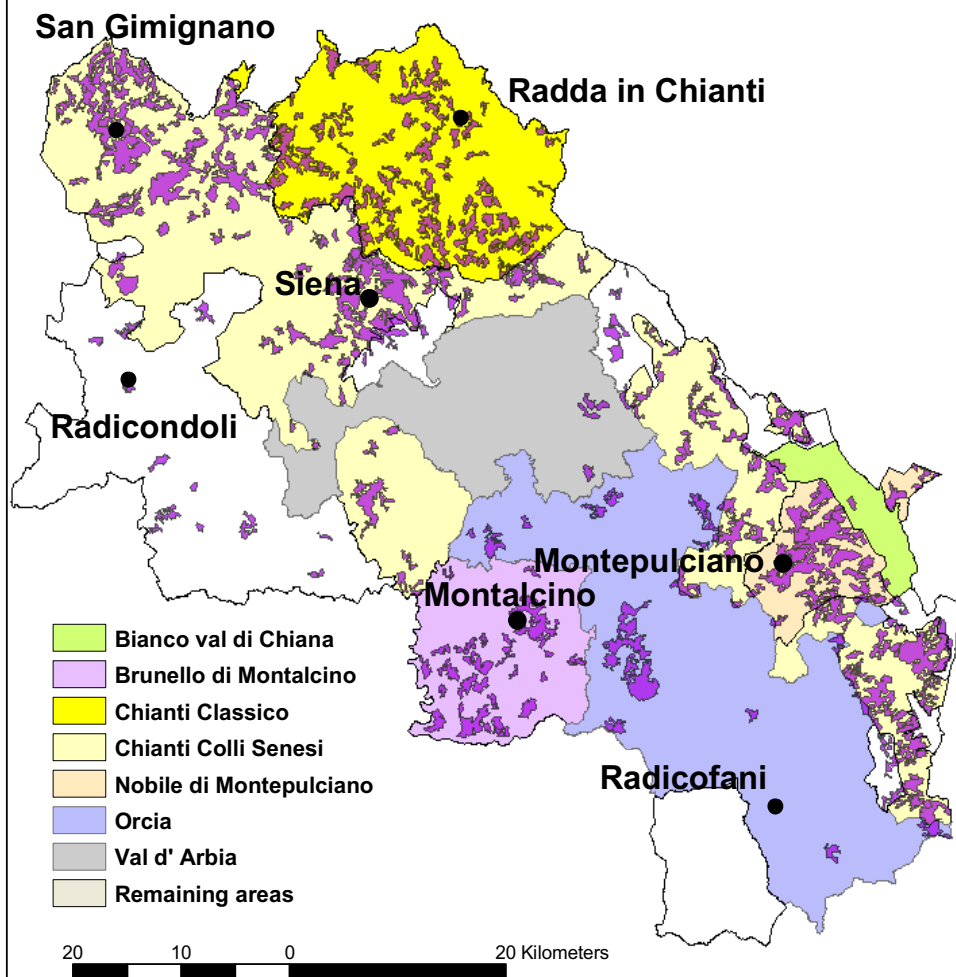
SANGUIS JOVIS

# La provincia di Siena e i suoi vigneti



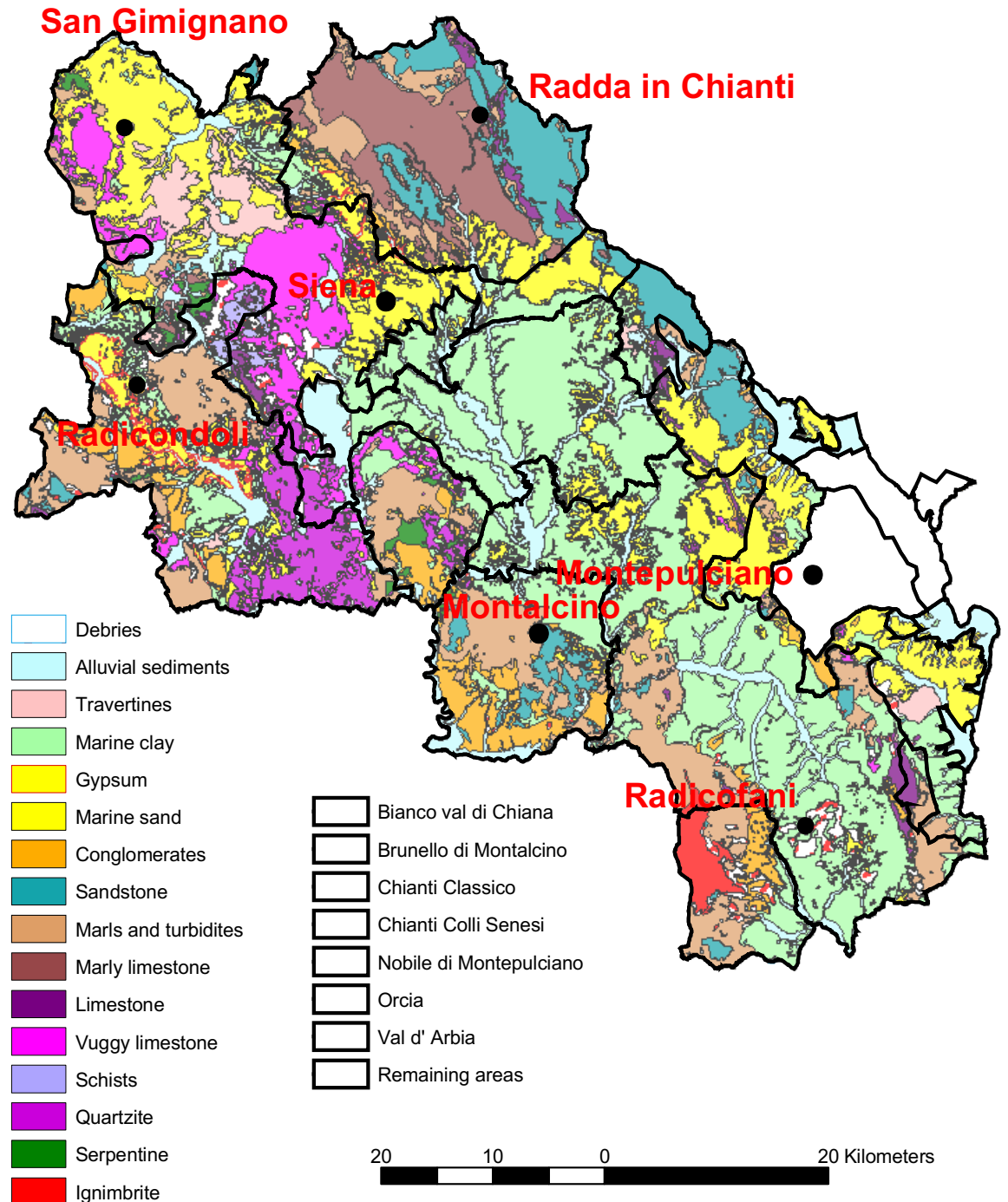
**Vigneti specializzati: 14,410 ha**  
**Aree con vigneti: 44,790 ha**

**8 ACV: Chianti Classico,  
Montepulciano,  
Montalcino,  
Chianti Colli Senesi,  
Val d'Arbia,  
Orcia,  
Val di Chiana,  
Rimanenti aree non DOC**





# Geologia della provincia di Siena

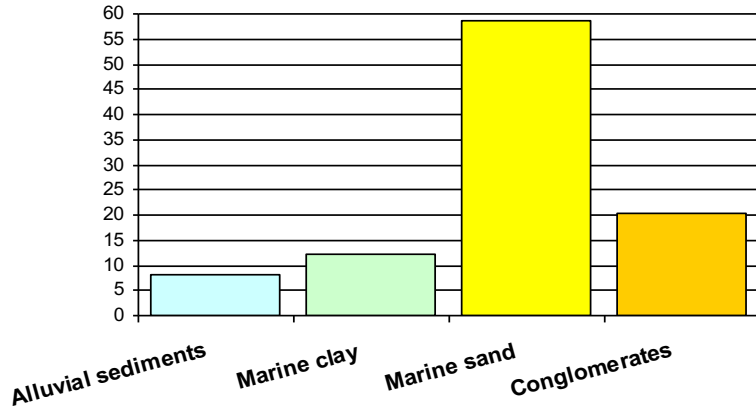


**fondazione banfi**

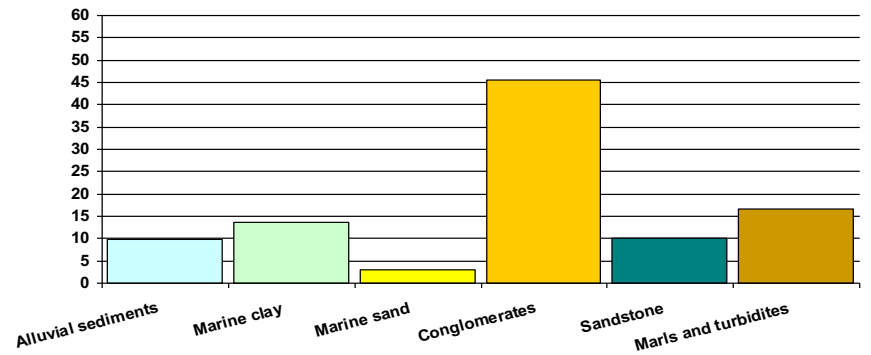
**SANGUIS JOVIS**

# Geologia dei vigneti

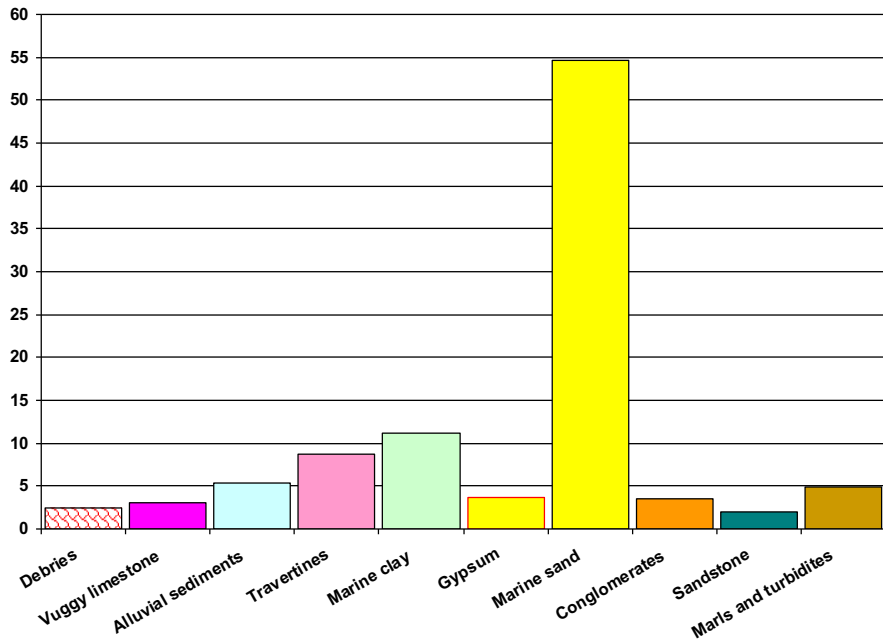
## Nobile di Montepulciano



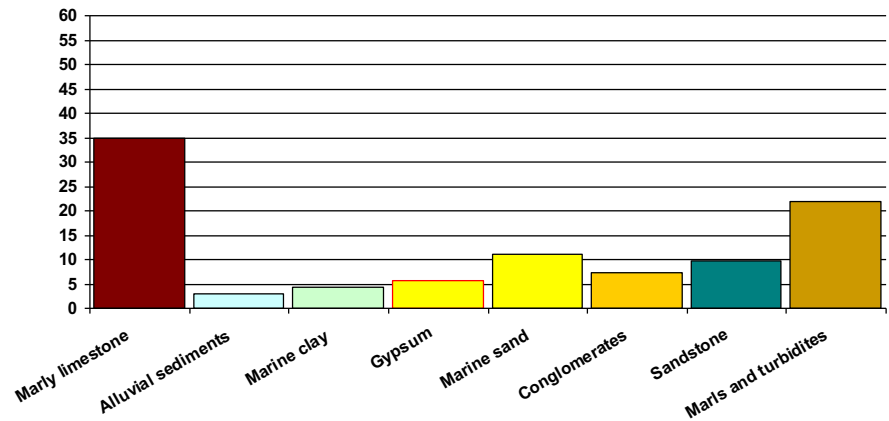
## Brunello di Montalcino



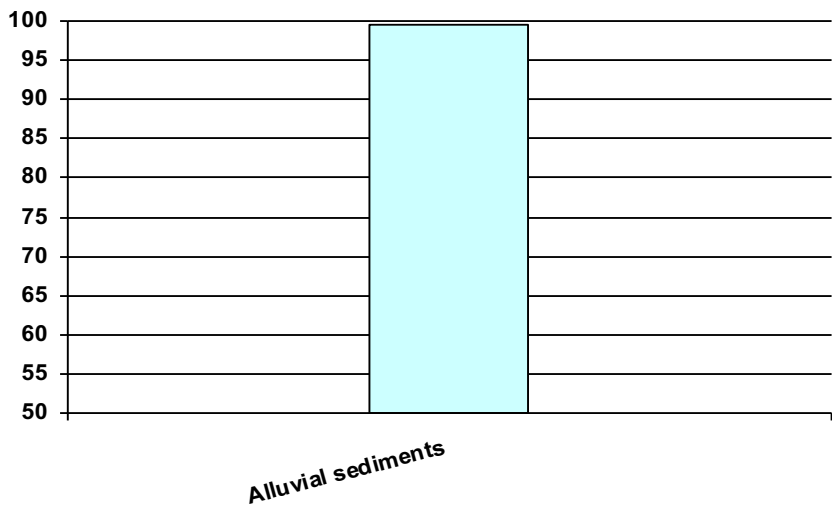
## Chianti Colli Senesi



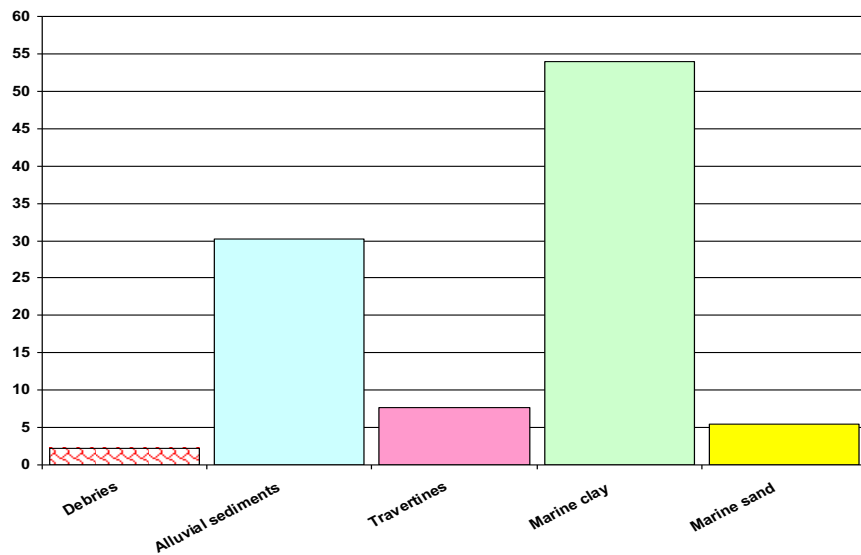
## Chianti Classico



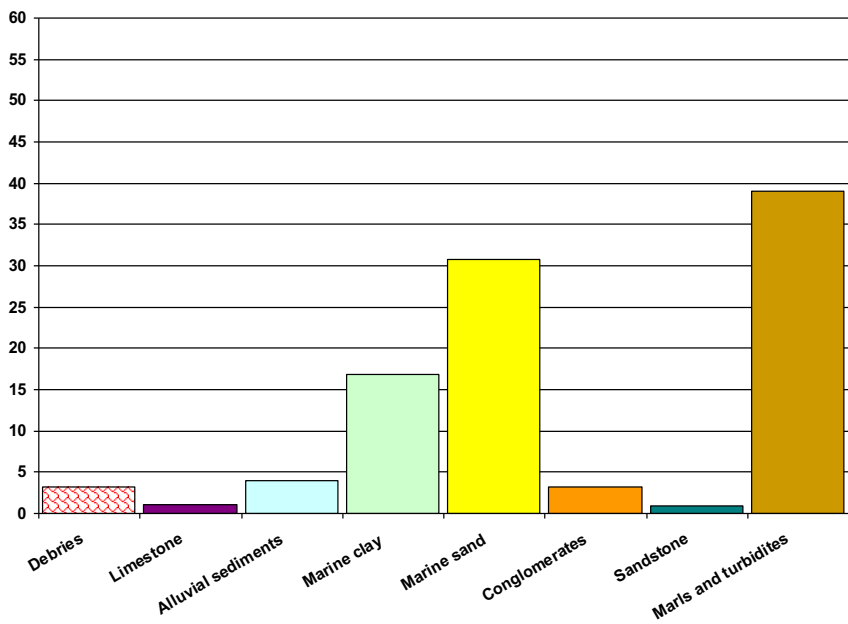
### Val di Chiana



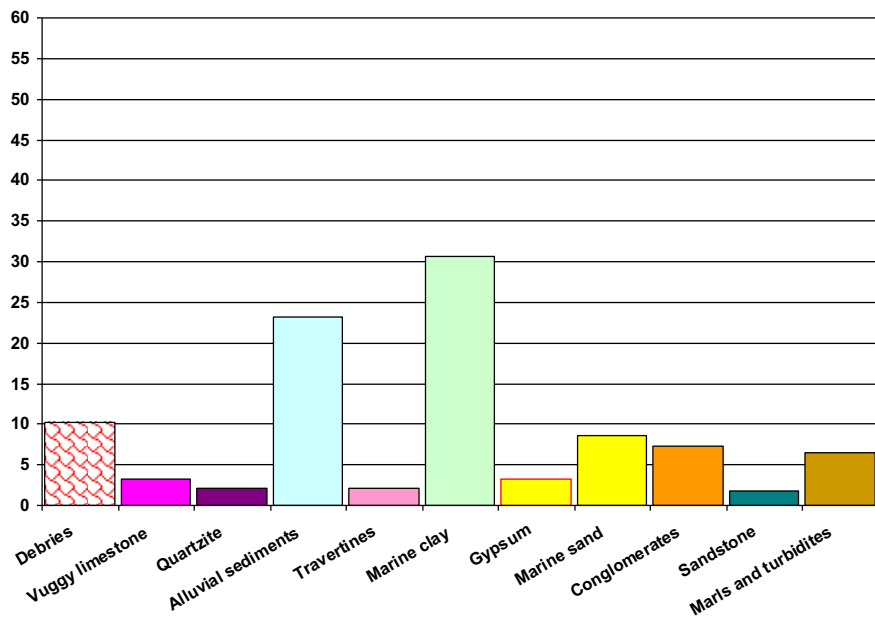
### Val d'Arbia



### Orcia

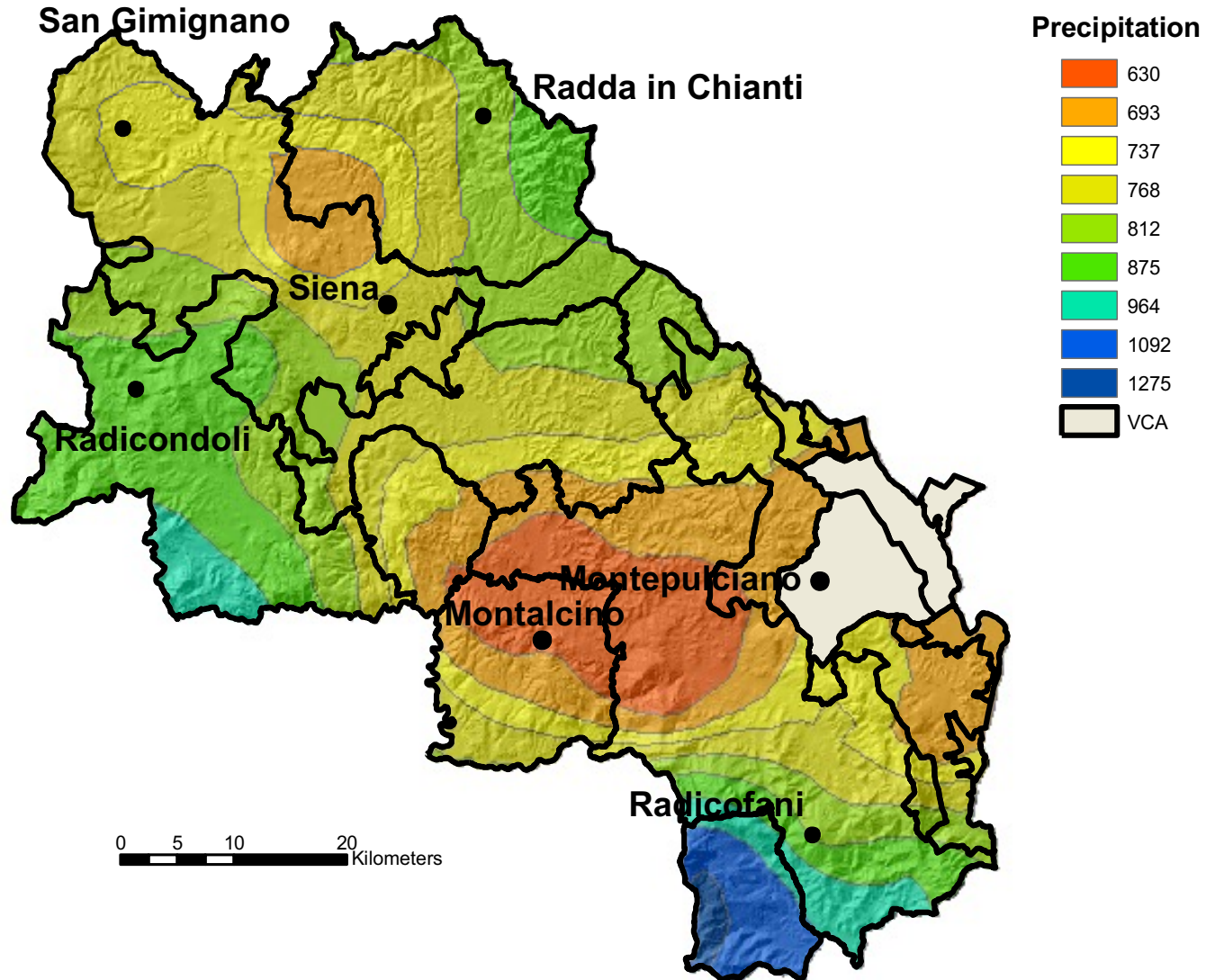


### Not DOC areas

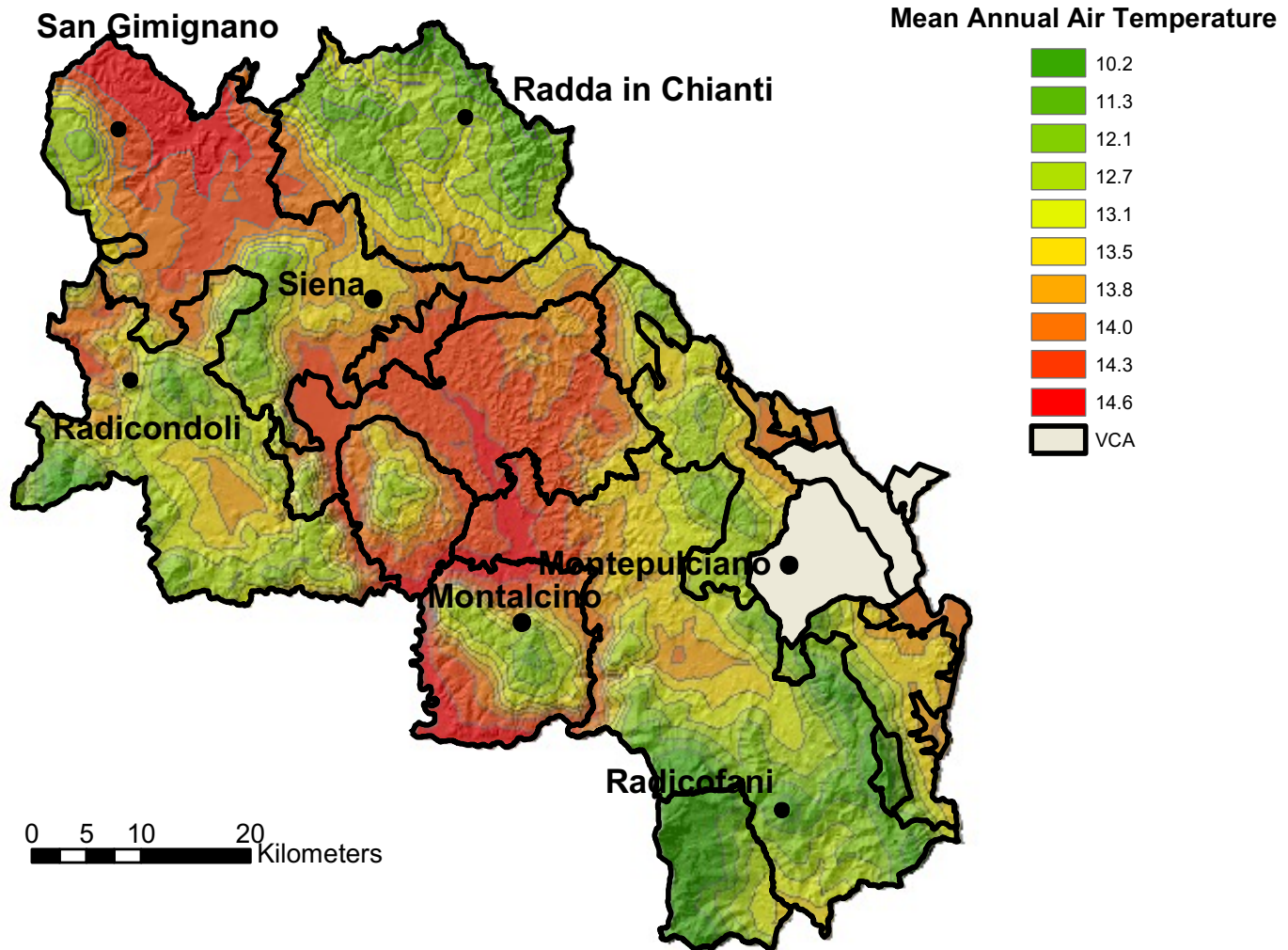




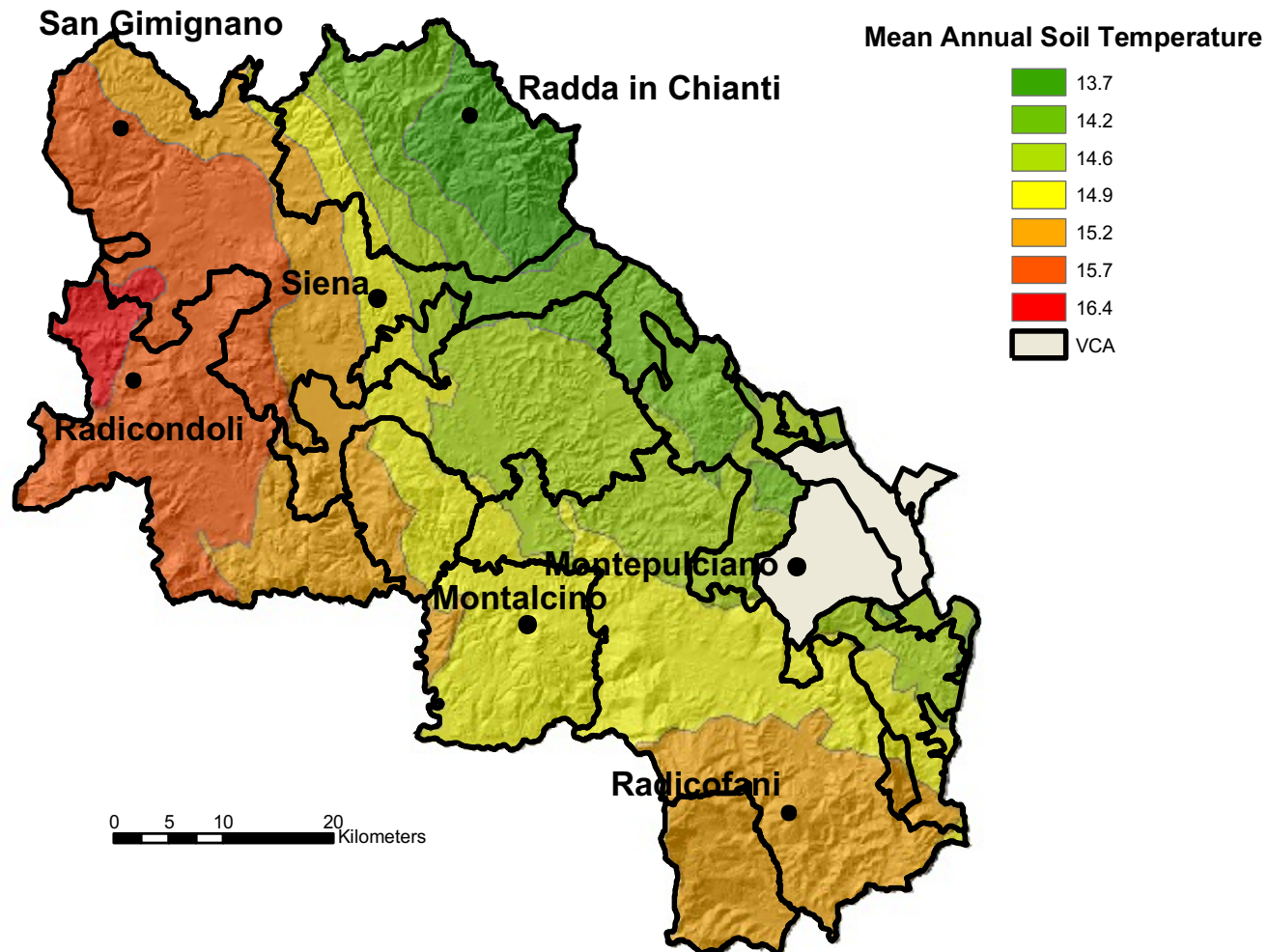
# Pioggia media annua di lungo periodo



# Temperatura media annua dell'aria di lungo periodo (° C)

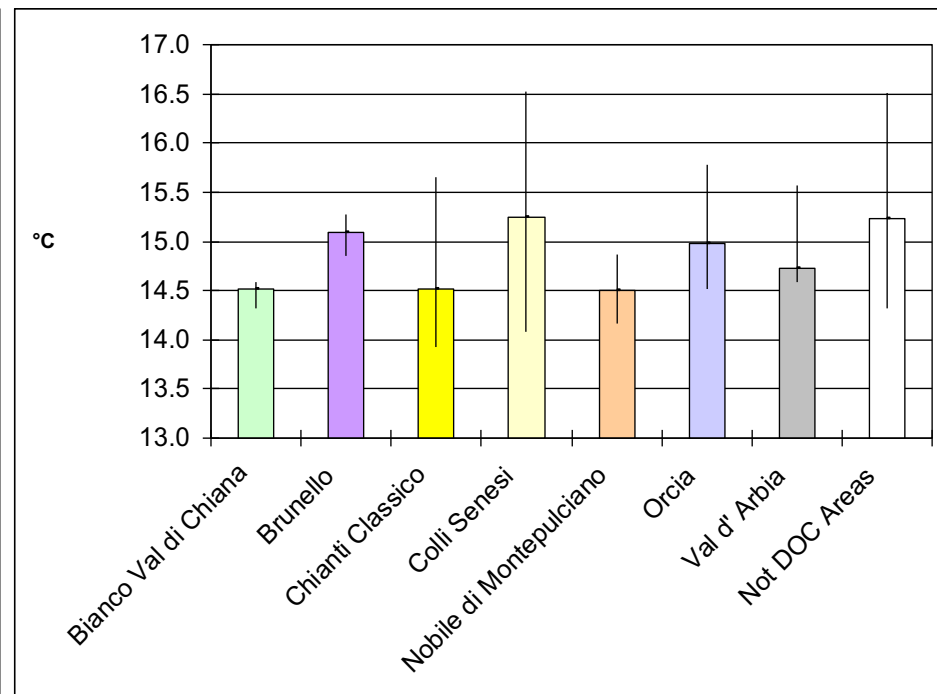
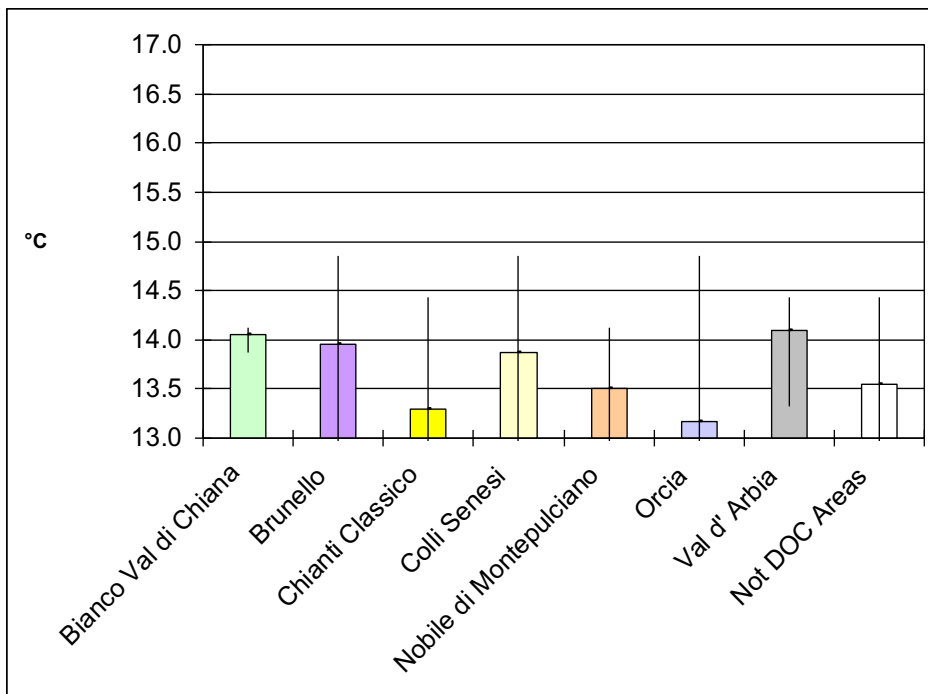


# Temperatura media annua del suolo di lungo periodo (° C a 0,5 m)





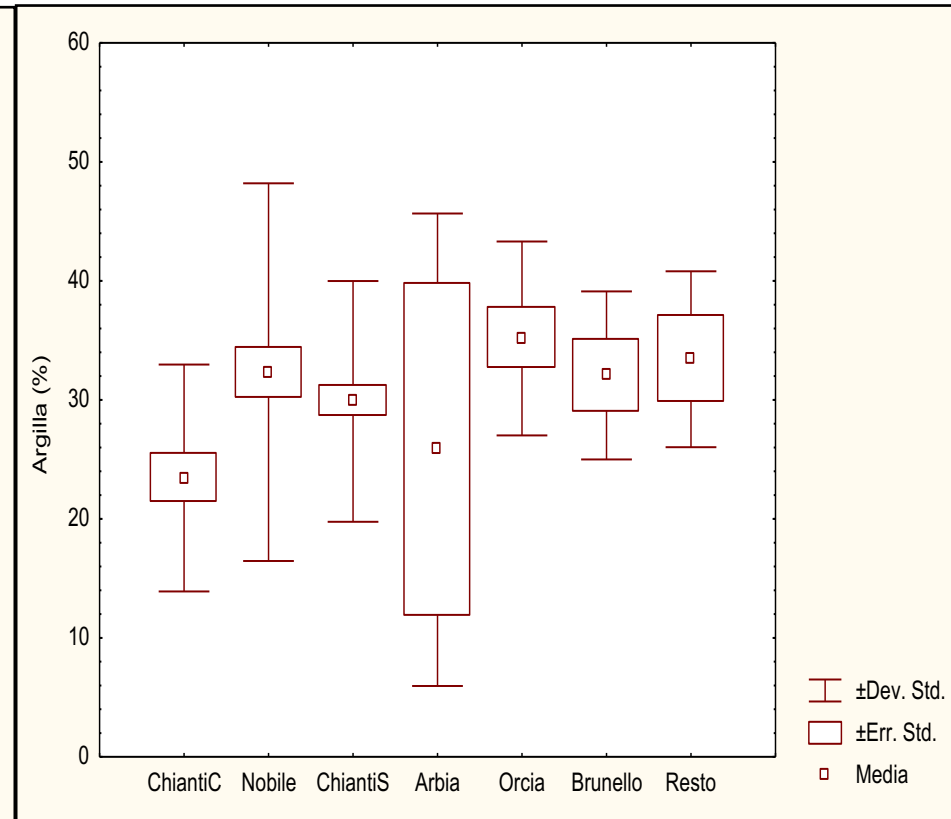
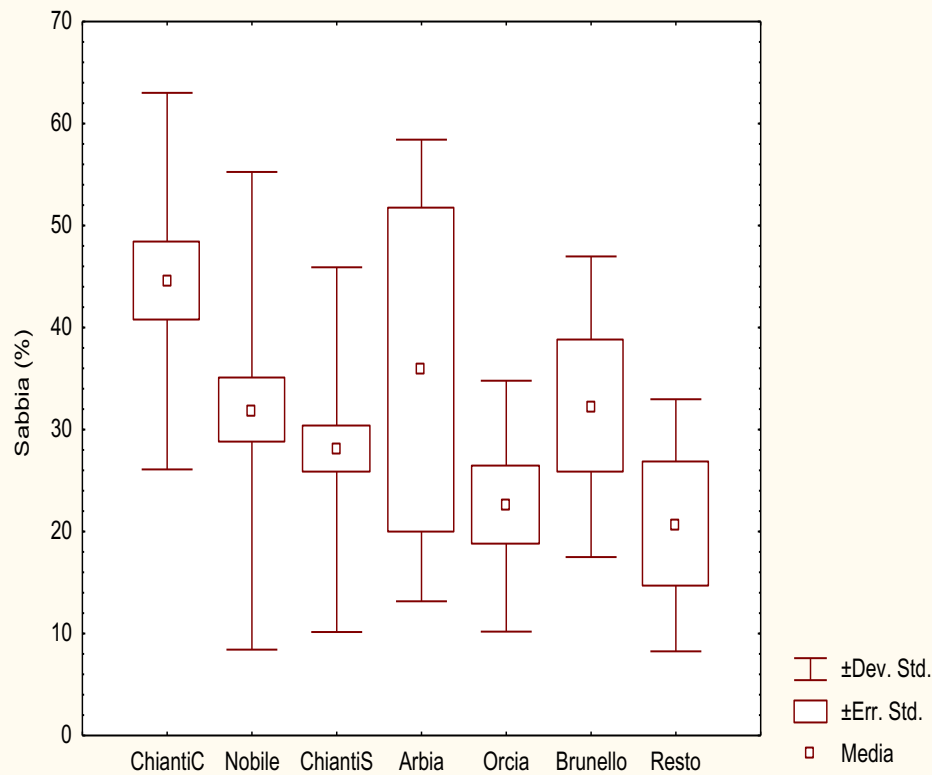
# Temperatura dell'aria e del suolo (media, max e min) nei vigneti



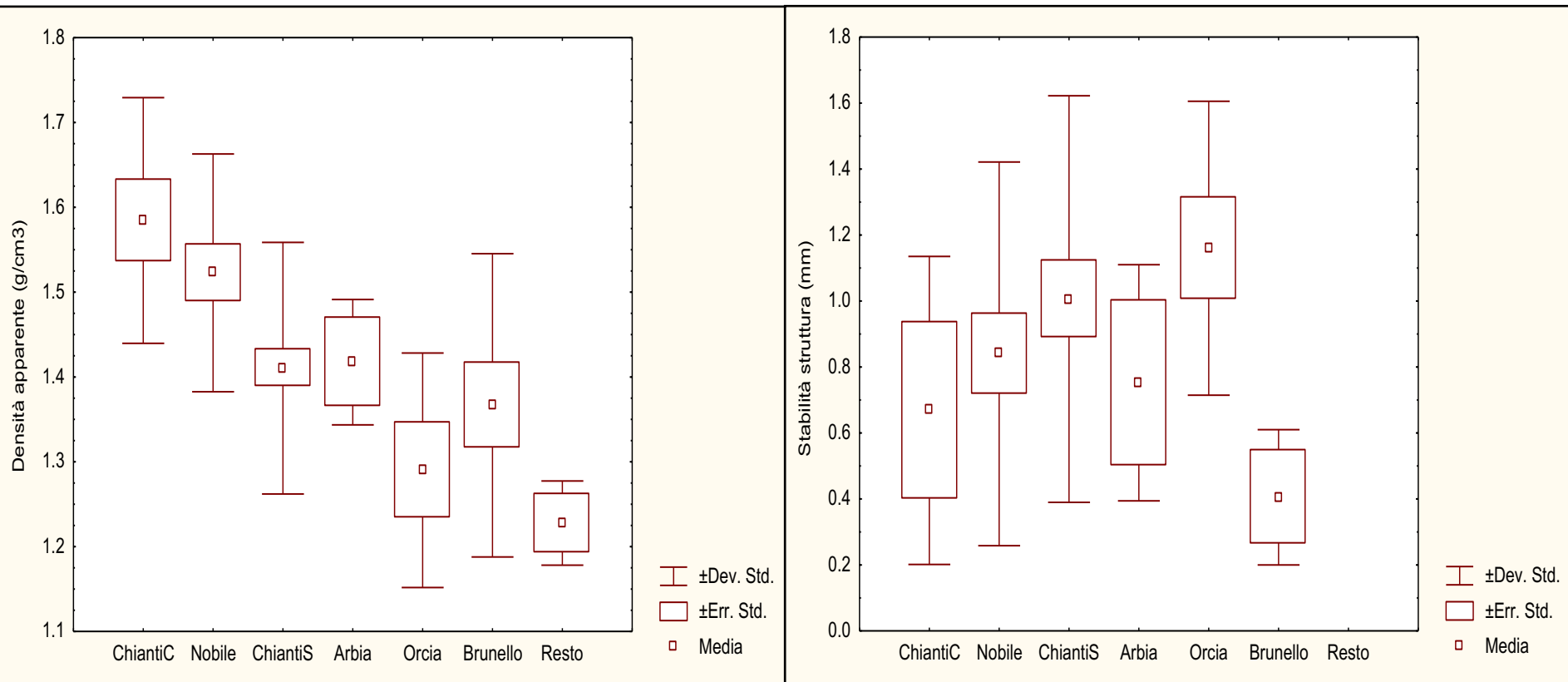
**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS

# Caratteri pedologici nei vigneti: tessitura

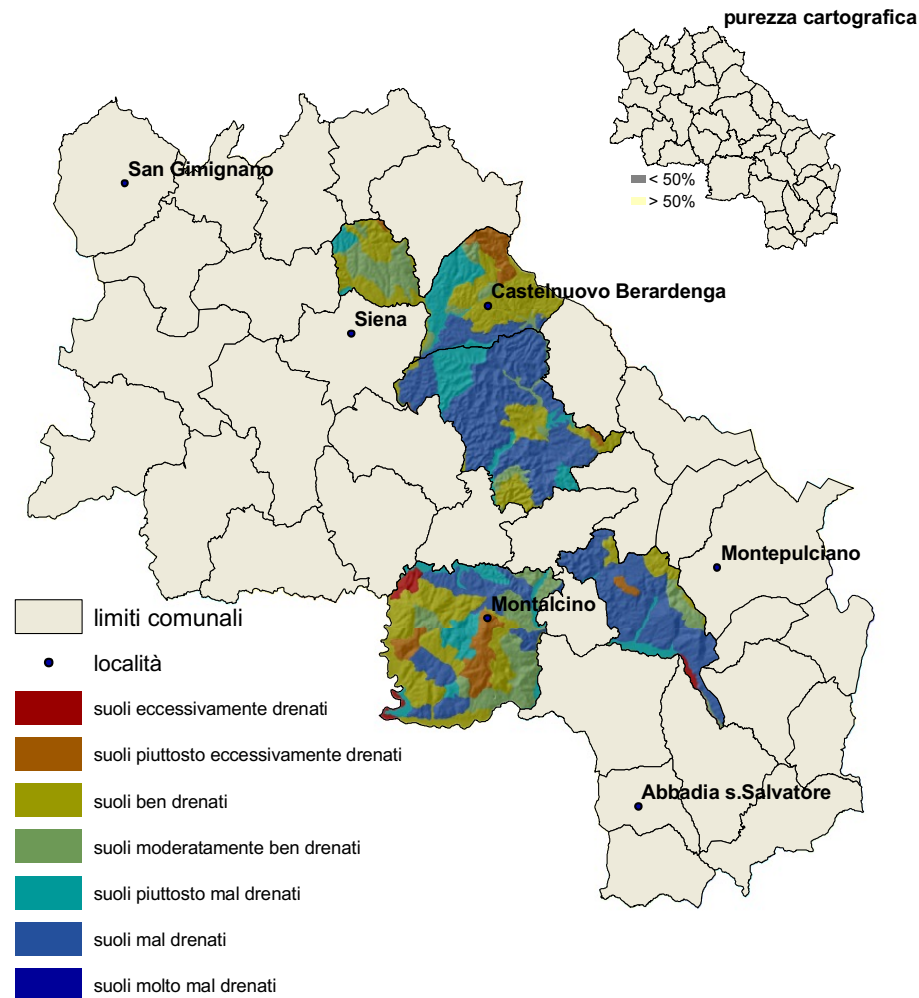
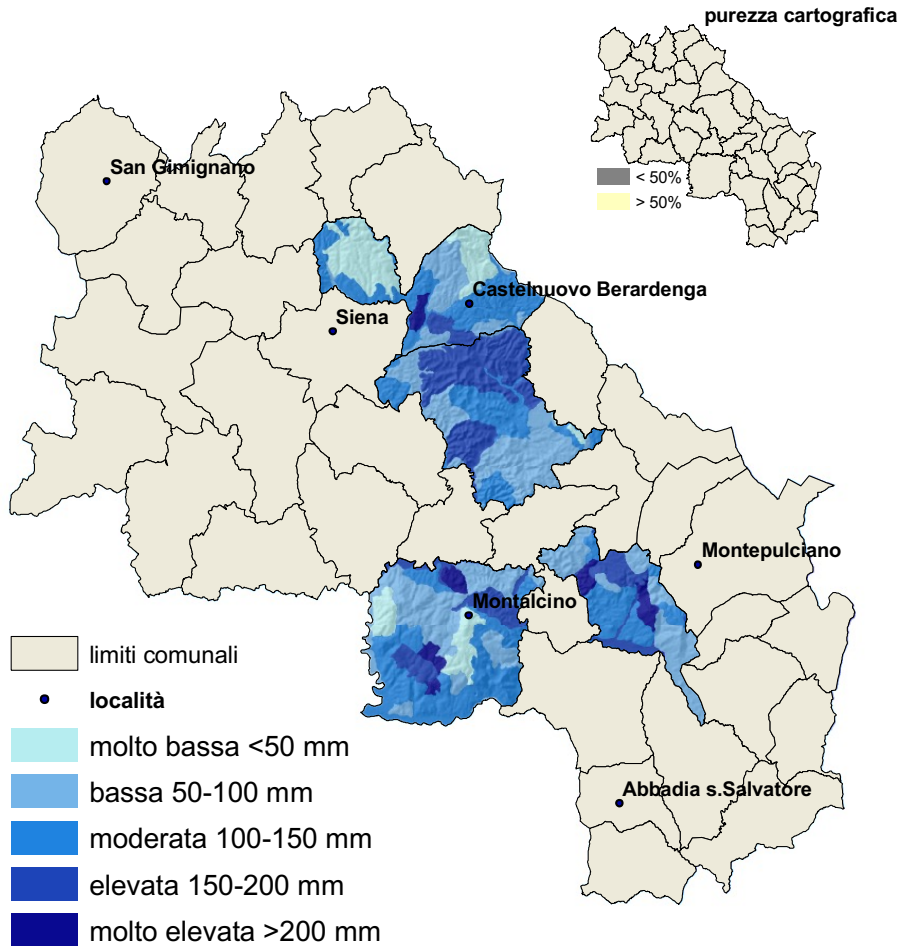


# Caratteri pedologici nei vigneti: struttura





# Acqua disponibile e drenaggio

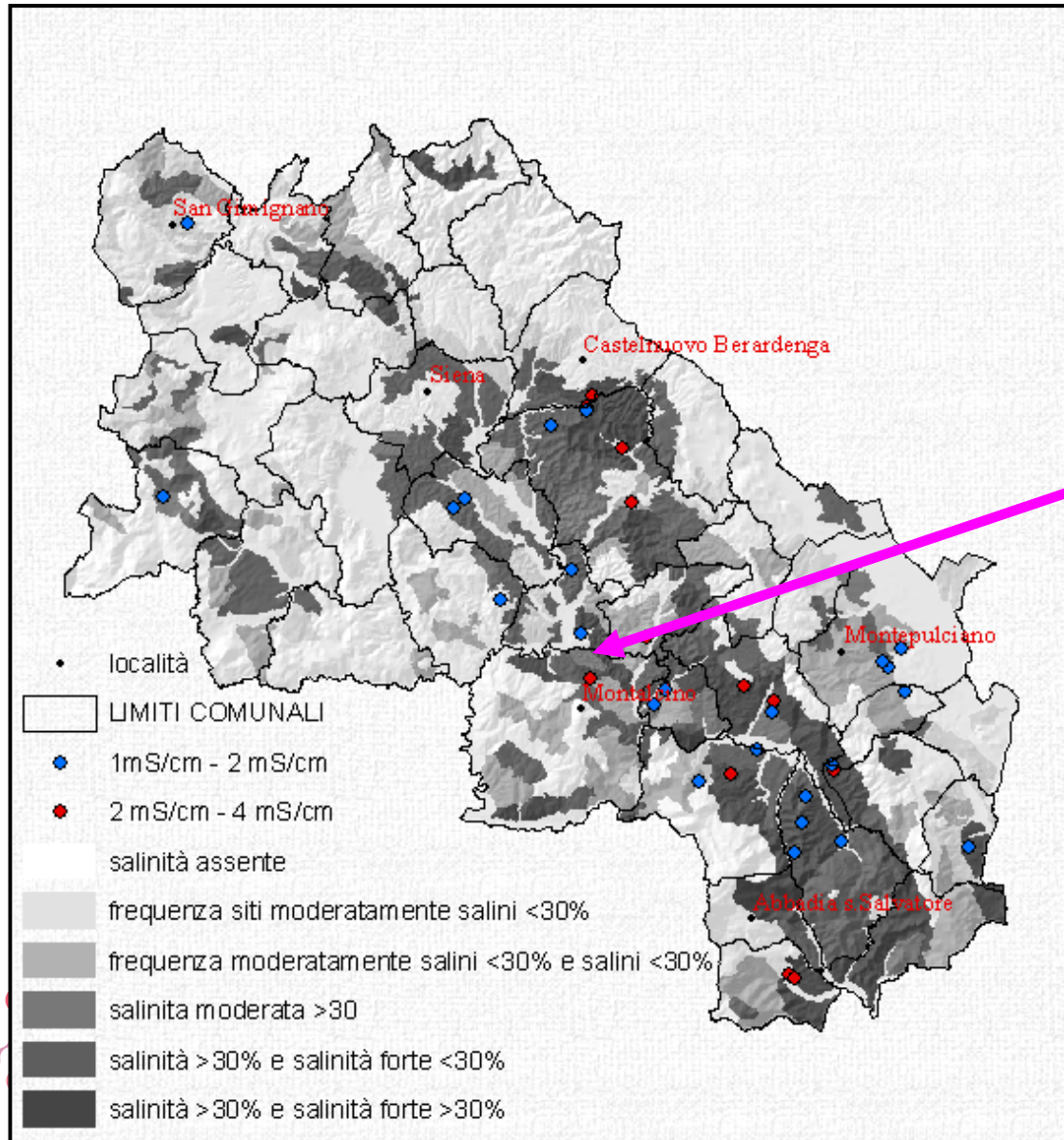


# Caratteri fisici e chimici dei suoli di 3 DOCG

	Brunello di Montalcino	Chianti Classico	Chianti Colli Senesi
Pendenza (%)	7.3 b	13.9 a	8.2 b
Profondità utile per le radici (cm)	88 b	81 b	106 a
Pietrosità (% v/v)	8.1 a	10.6 a	2.8 b
Argilla (%)	32.1 a	23.4 b	29.9 a
Sabbia (%)	32.2 ab	44.6 a	28.0 b
Acqua disponibile AWC (mm m <sup>-1</sup> )	99 ab	92 b	121 a
Classi di drenaggio	5	4-5	3-4
Capacità di scambio cationico (meq 100 g <sup>-1</sup> )	20.5 a	14.9 b	16.7 ab
pH	7.7	7.9	7.8
Conducibilità elettrica (dS m <sup>-1</sup> )	0.23	0.22	0.19
CaCO <sub>3</sub> totale (%)	23.1 a	17.0 ab	14.5 b
CaCO <sub>3</sub> attivo (%)	4.3	4.1	4.6



# Salinità dei suoli





# Anni di prova

VCA	campi	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2004
Brunello di Montalcino	7													
Brunello di Montalcino	2													
Chianti Cassico	7													
Chianti Cassico	2													
Chianti Colli Senesi	6													
Chianti Colli Senesi	3													
Nobile di Montepulciano	10													
Nobile di Montepulciano	11													
Nobile di Montepulciano	9													
Nobile di Montepulciano	8													
Nobile di Montepulciano	4													
<b>totale</b>	<b>69</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

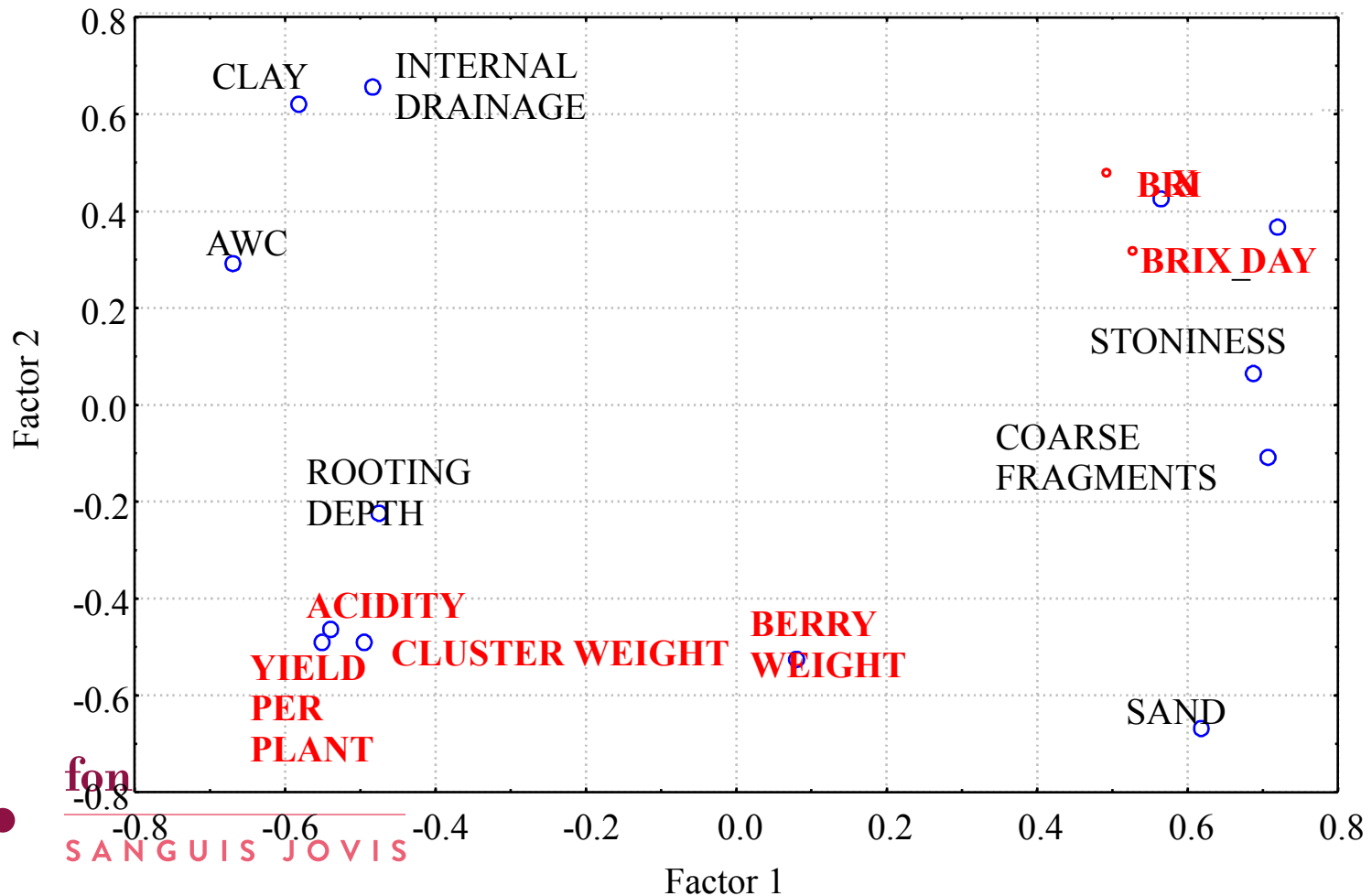
fondaz

SANGUIS JOVIS

# Variabili in prova sul Sangiovese nel senese (13 anni, 69 vigneti, 223 casi)

Viticole ed enologiche (10)	Topografiche e pedologiche fisiche ed idrologiche (17)	Pedologiche chimiche (17)
<ul style="list-style-type: none"> <li>° Brix</li> <li>° Brix/day</li> <li>Total titrable acidity</li> <li>Mean weight of cluster</li> <li>Berry weight</li> <li>Grape yield per plant</li> <li>Number of cluster per plant</li> <li>Colour intensity</li> <li>Total polyphenols</li> <li>Sensorial evaluation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevation</li> <li>Slope gradient</li> <li>Aspect</li> <li>Stoniness</li> <li>Coarse fragments</li> <li>Rooting depth</li> <li>Sand</li> <li>Clay</li> <li>Internal drainage</li> <li>Available Water Capacity</li> <li>Wilting point</li> <li>Field capacity</li> <li>Runoff</li> <li>Bulk density</li> <li>COLE</li> <li>Structural stability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH (1:2.5 water)</li> <li>Organic carbon</li> <li>Total N</li> <li>C/N ratio</li> <li>Total lime</li> <li>Active lime</li> <li>Cation Exchange Capacity</li> <li>Exchangeable Ca</li> <li>Exchangeable K</li> <li>Exchangeable Na</li> <li>Exchangeable Mg</li> <li>Electrical conductivity</li> <li>Available Fe</li> <li>Available Mn</li> <li>Available Cu</li> <li>Available Zn</li> </ul>

# PCA delle variabili viticole e pedologiche in 69 vigneti sperimentali per 2-5 anni





# Relazioni tra variabili pedologiche e viticole (R<sup>2</sup> per P<0,05)

	° Brix	° Brix/ day	Yield per plant	Acidity	Cluster weight	Berry weight
Pietrosità	<b>0.32</b>	<b>0.48</b>	<b>-0.30</b>	<b>-0.32</b>	<b>-0.28</b>	<b>0.08</b>
Profondità	<b>-0.27</b>	<b>-0.28</b>	<b>0.37</b>	<b>0.26</b>	<b>0.19</b>	<b>0.22</b>
Scheletro	<b>0.17</b>	<b>0.45</b>	<b>-0.21</b>	<b>-0.23</b>	<b>-0.27</b>	<b>0.12</b>
AWC	<b>-0.11</b>	<b>-0.23</b>	<b>0.32</b>	<b>0.04</b>	<b>0.24</b>	<b>0.04</b>
Argilla	<b>-0.12</b>	<b>-0.19</b>	<b>0.06</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.33</b>
Sabbia	<b>0.09</b>	<b>0.15</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.01</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.29</b>
Drenaggio	<b>0.02</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.14</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.01</b>	<b>-0.24</b>



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS

# Spazializzazione pedologica

1425 soil observations (profiles and augerings)

Polygons of regional land units (1:100,000)

DEM 20x20 m (with derivatives as TWI)

**BEST INTERPOLATION  
MODEL BASED ON  
THE LOWEST MEAN  
ERROR AFTER CROSS-  
VALIDATION**

Simple kriging with  
varying local means  
(SKLM)

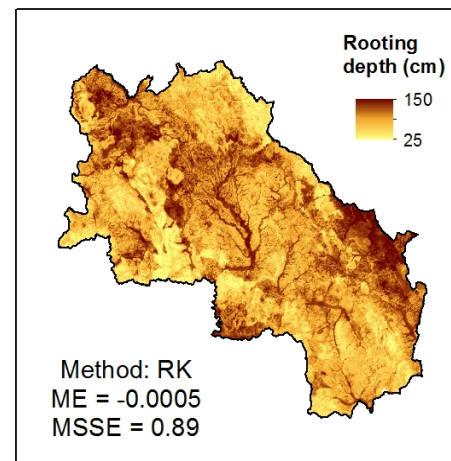
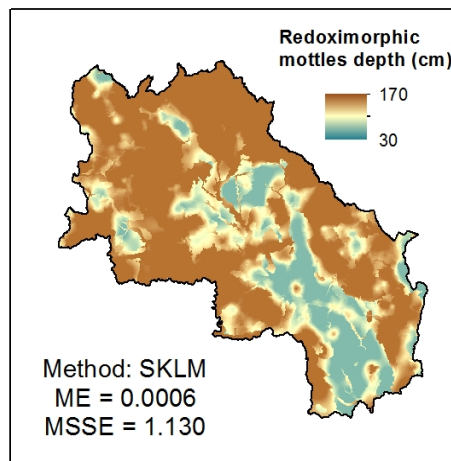
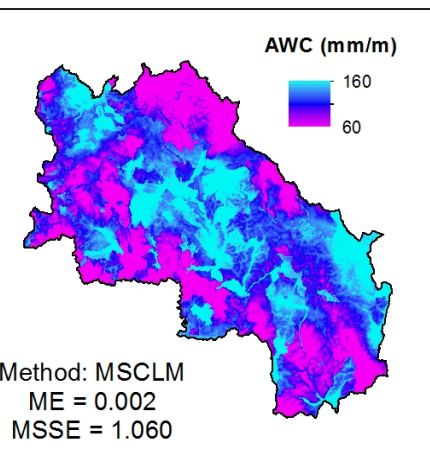
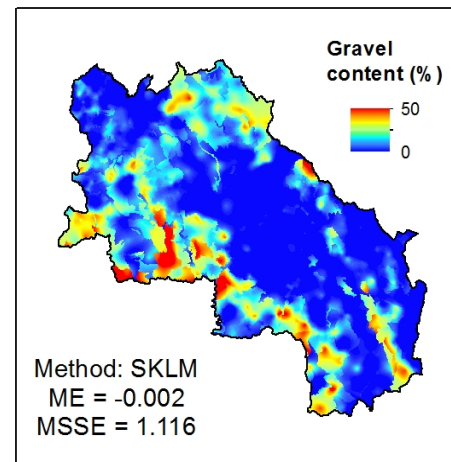
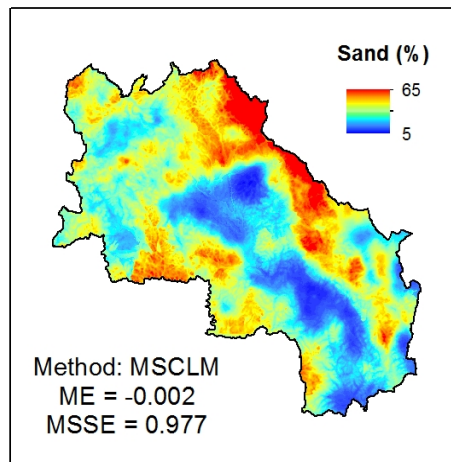
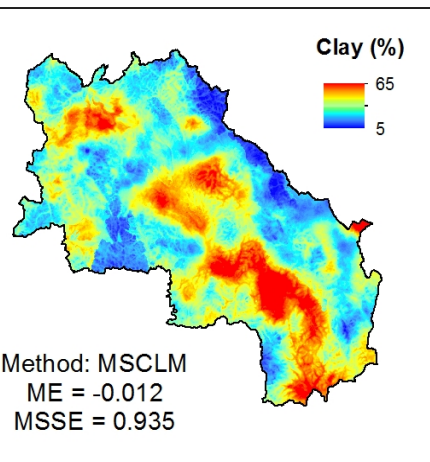
Using the mean value of  
land units polygons as  
secondary variable

**Regression Kriging (RK)**

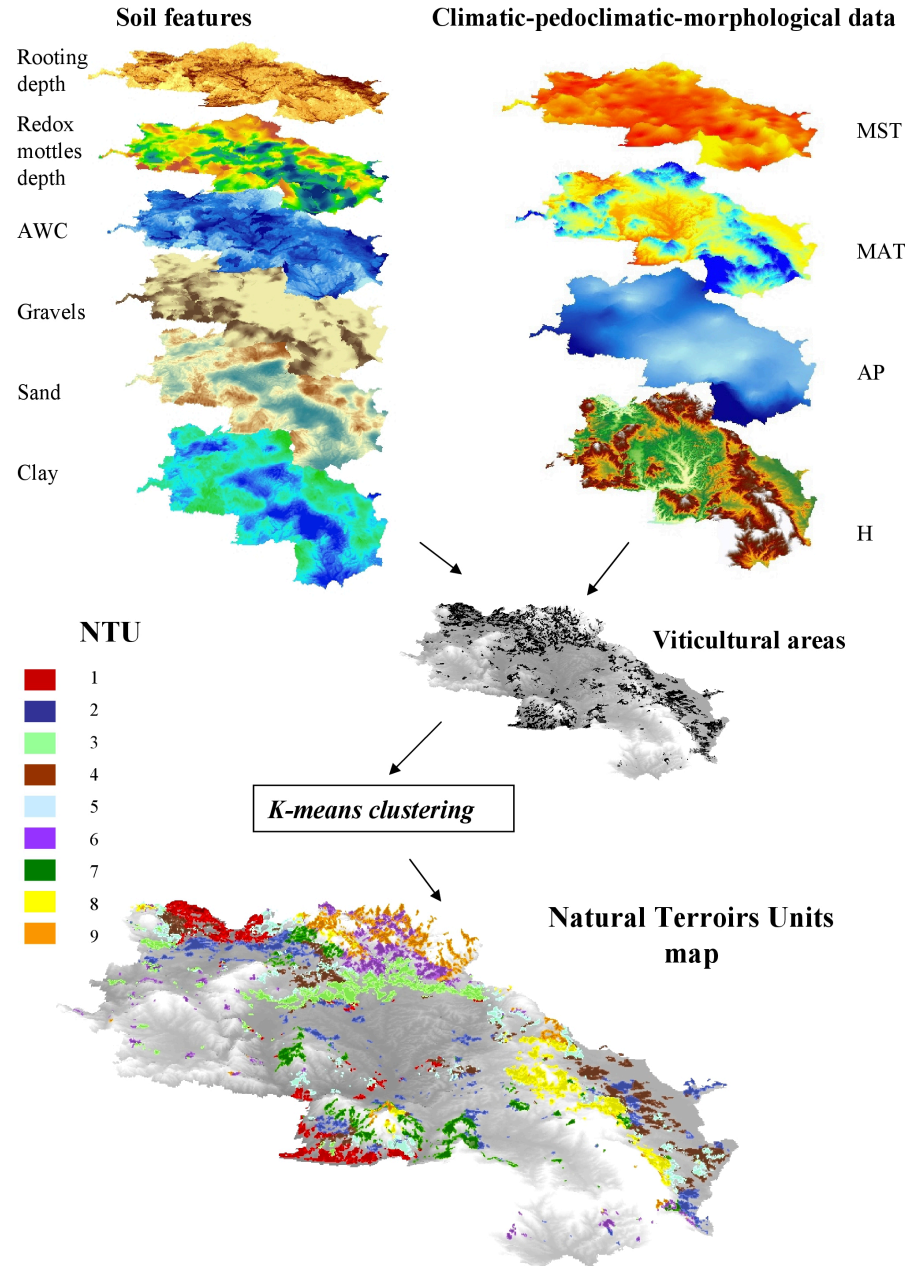
Using TWI as predictive  
variable

Multicollocated simple  
cokriging with varying  
local means (MSCLM)

Using both TWI and mean  
values of land units



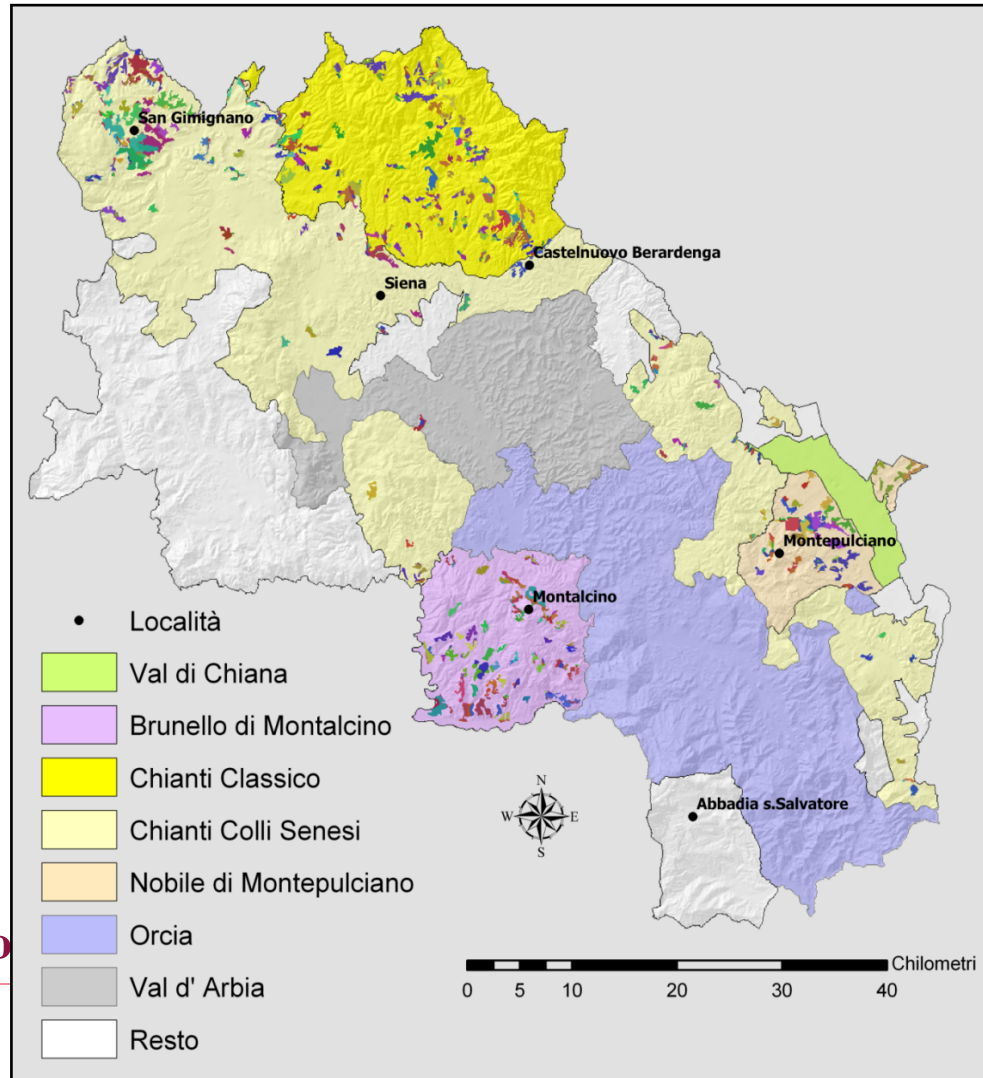
# Clustering e mappatura





# I 363 terroirs di Siena.

## Media 46 ha, range 2-474 ha



# L'effetto della scala e della variabilità locale

Variando la scala e la geologia, cambiano le variabili significative!

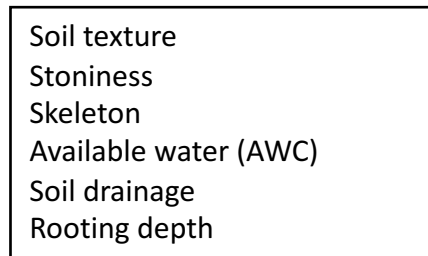
## *Invariant variables*



### Province zoning

(Siena province)

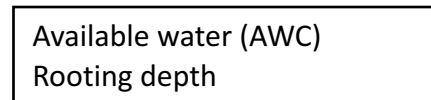
Scala 1:100,000



### Wine district zoning

(Montepulciano, Siena)

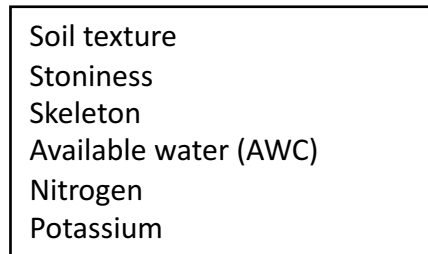
Scala 1: 25,000



### Farm zoning

(Barone Ricasoli, Siena province)

Scala 1: 10,000



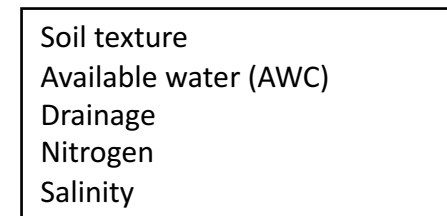
**fondazione banj**

SANGUIS JOVI

### Farm zoning

(Cetona, Siena province)

Scala 1: 10,000



# Conclusioni

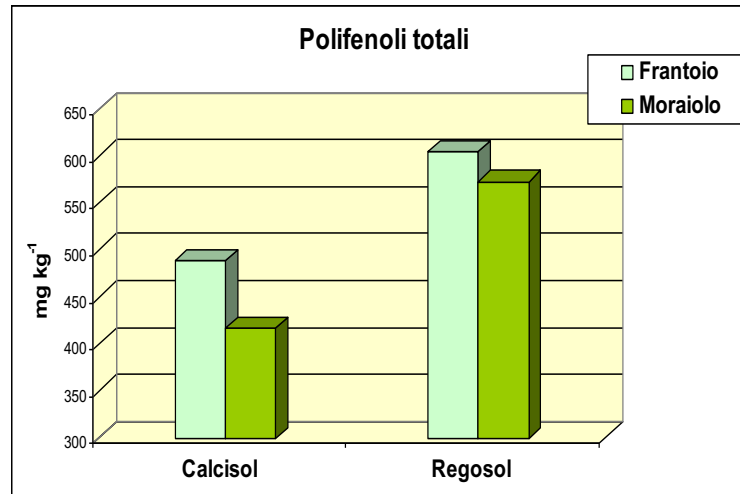
- Tramite meccanismi biochimici, le caratteristiche del suolo determinano la risposta fenologica della vite
- Principali caratteri del suolo funzionali per il Sangiovese:
  - Pietrosità e scheletro
  - Volume esplorabile dalle radici (profondità)
  - Tessitura
  - Ritenuta idrica (AWC)
  - Struttura
  - Drenaggio e aereazione
  - Salinità
  - Nutrienti (azoto e potassio disponibili)
  - Carbonati
  - Attività biologica
- Importanza della scala geografica e della variabilità geologica del territorio
- I caratteri funzionali dei migliori terroir sono preziosi e unici. Sono un patrimonio culturale che andrebbe salvaguardato e protetto



# Non solo vite.....

AWC 74 mm

AWC 111 mm



JOURNAL OF  
AGRICULTURAL AND  
FOOD CHEMISTRY

ARTICLE

pubs.acs.org/JAFC



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SCIENCE @ DIRECT®

Geoderma 131 (2006) 388–403

GEODERMA

[www.elsevier.com/locate/geoderma](http://www.elsevier.com/locate/geoderma)

## Soil Water Availability in Rainfed Cultivation Affects More than Cultivar Some Nutraceutical Components and the Sensory Profile of Virgin Olive Oil

Pierluigi Bucelli,<sup>\*,†</sup> Edoardo A. C. Costantini,<sup>†</sup> Roberto Barbetti,<sup>†</sup> and Elena Franchini<sup>§</sup>

<sup>†</sup>Agricultural Research Council, Research Centre for Agrobiological and Pedology, Piazza M. D'Azeglio 30, 50121 Firenze, Italy

<sup>§</sup>National Research Council, Trees and Timber Institute, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), Italy

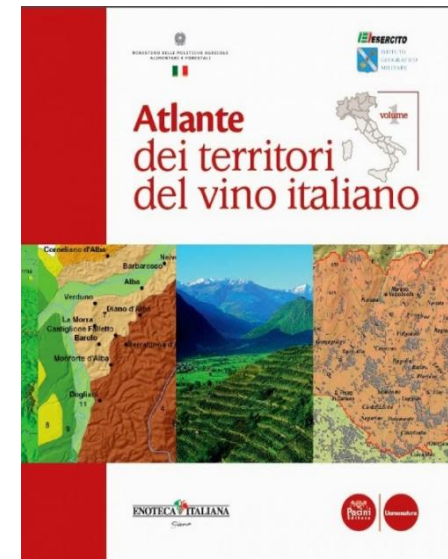
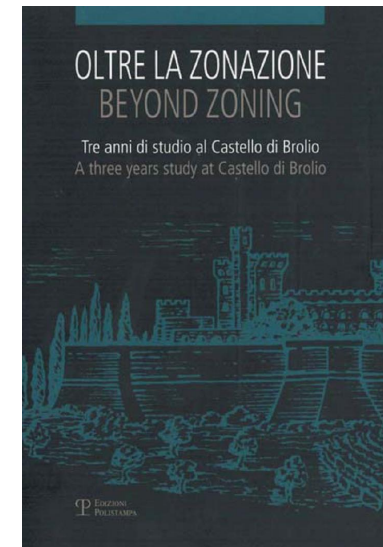
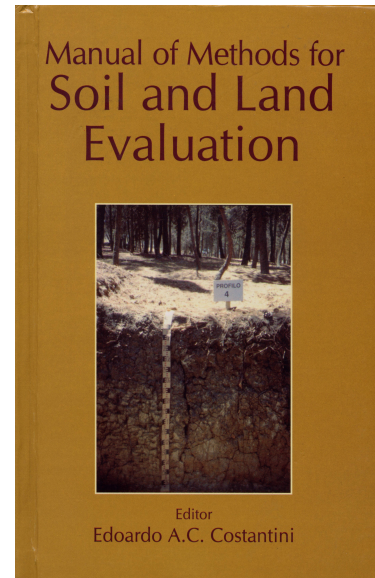
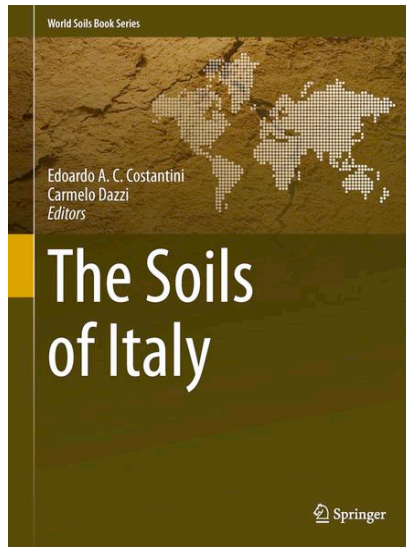
Micromorphological characterization and monitoring of internal drainage in soils of vineyards and olive groves in central Italy

Edoardo A.C. Costantini<sup>\*</sup>, Sergio Pellegrini, Nadia Vignozzi, Roberto Barbetti

Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Firenze, Italy

Available online 13 June 2005

# Altre informazioni su [www.soilmaps.it](http://www.soilmaps.it)



**Grazie per l'attenzione**

<http://www.resolve-organic.eu/>

<https://scholar.google.it> e.a.c. costantini



**fondazione banfi**

SANGUIS JOVIS  
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

[fondazionebanfi.it](http://fondazionebanfi.it)