

**Il convegno internazionale**  
*Il verde pensile nel clima Mediterraneo*  
**Genova, 6 marzo 2009**

**strati colturali  
per la conversione a verde  
di coperture piane**

*dottore agronomo Massimo Valagussa*



**consulente tecnico-scientifico presso**  
**MAC – Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l.**  
**Vertemate con Minoprio (Como)**  
*maclab@tin.it*

# perché fare i tetti verdi?

## motivazioni personali

estetiche

spazio

~~energetiche~~

isolamento termico

riduzione inquinamento aria

recupero e regimazione acque meteoriche

.....

~~energetiche~~

ambientali

.....

# i vegetali: ..... esseri viventi !

## DIVERSE TIPOLOGIE



piante  
arbusti

erbacee perenni  
erbacee annuali



## DIVERSI FINALITA' PER L'UOMO

ambientale

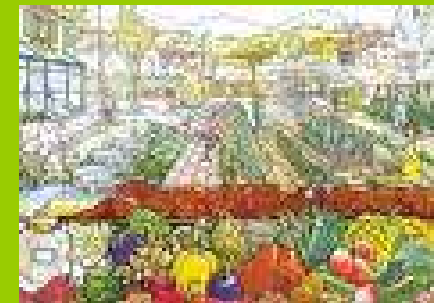
paesaggistico - ornamentale

ricreativo - sportivo

protettivo

produttivo

*salutare*



# PRINCIPALI FATTORI CHE INFLUENZANO LA VITA DEI VEGETALI:



**CLIMA**



**SPECIE**

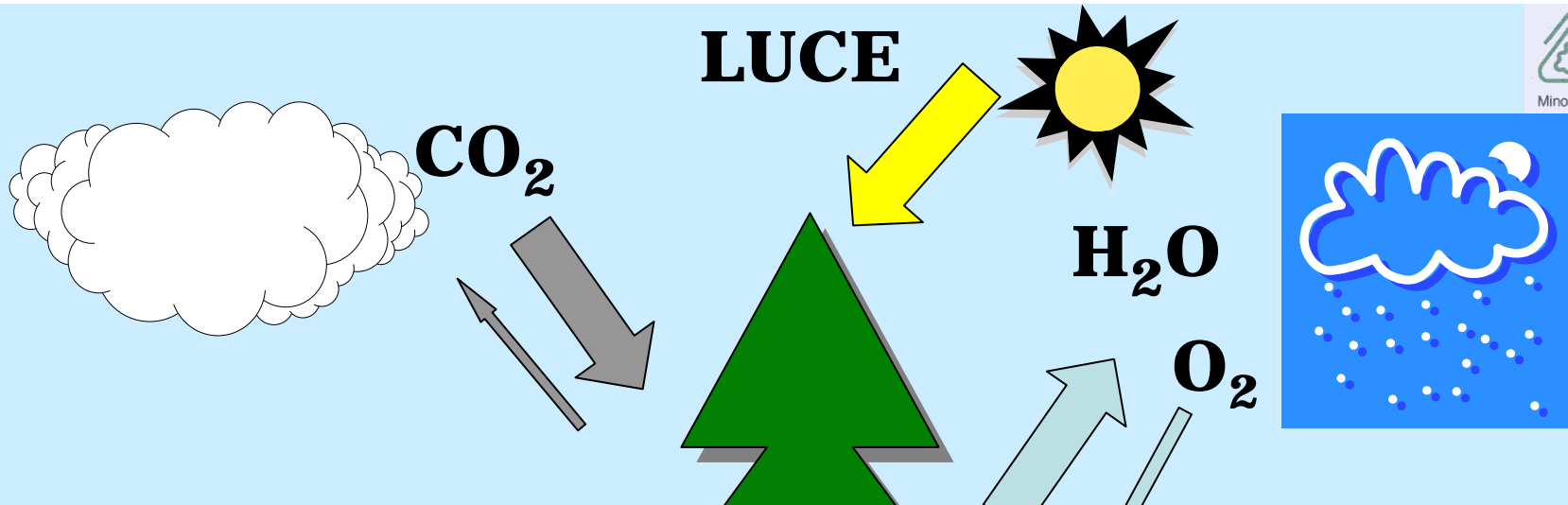


**TERRENO**



**UOMO**





**attività delle radici:**

- ancoraggio
- assorbimento acqua e sali minerali
- respirazione

**H<sub>2</sub>O + SALI MINERALI**

# **lo strato colturale in natura: il terreno e il suo ruolo**

## **SISTEMA TRIFASICO**

### **fase solida**

**ancoraggio per l'apparato radicale  
adsorbimento elementi**

### **fase liquida**

**approvvigionamento idrico e nutritivo**

### **fase gassosa**

**respirazione radicale  
vita dei microrganismi presenti**

# concetto di fertilità del terreno



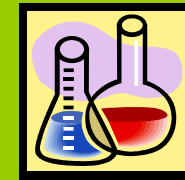
**capacità di interagire  
con l'ecosistema  
per mantenere  
la produttività biologica,  
la qualità ambientale e  
promuovere la salute  
animale e vegetale**  
*Doran e Parking (1994)*

# fertilità agronomica del terreno



## fertilità fisica

tessitura, struttura, porosità,  
capacità acqua e aria, permeabilità



## fertilità chimica

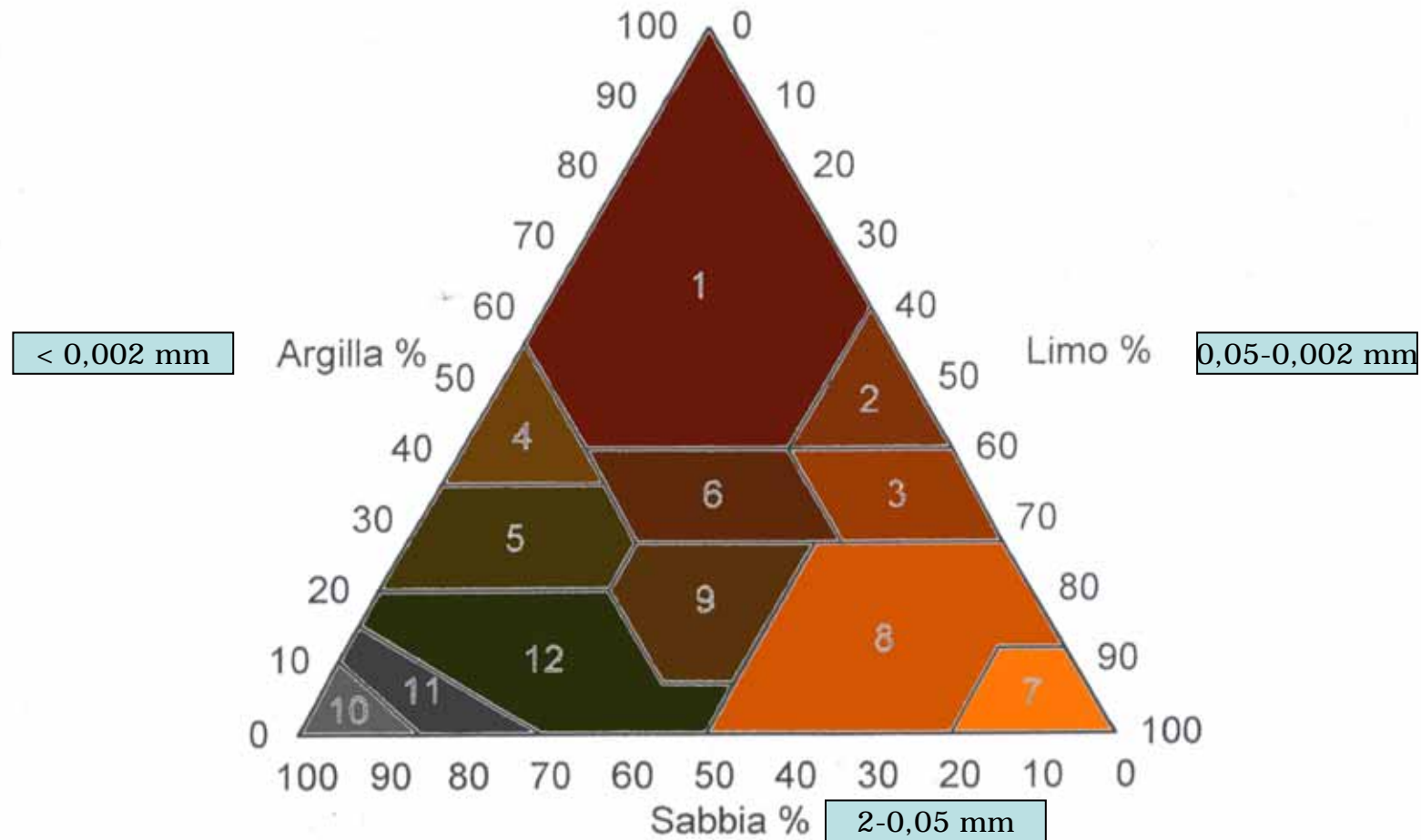
reazione, calcare, sostanza organica,  
elementi totali, scambiabili e  
assimilabili



## fertilità biologica

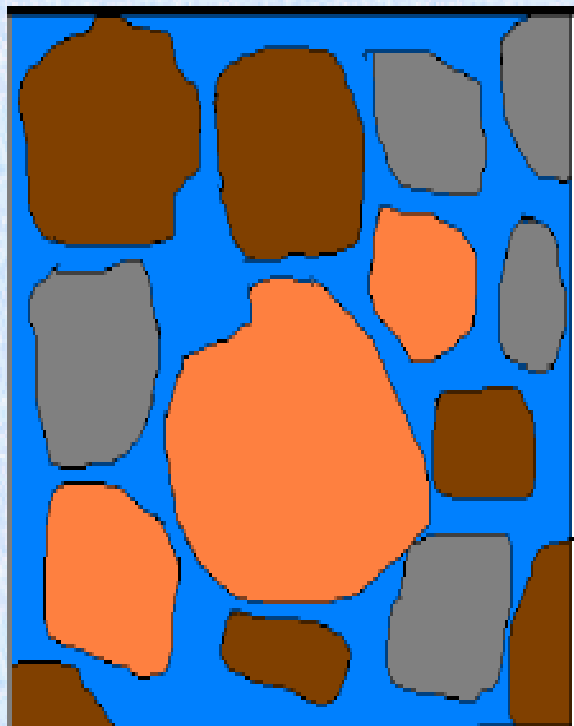
biomassa microbica  
attività respiratoria

# triangolo della tessitura



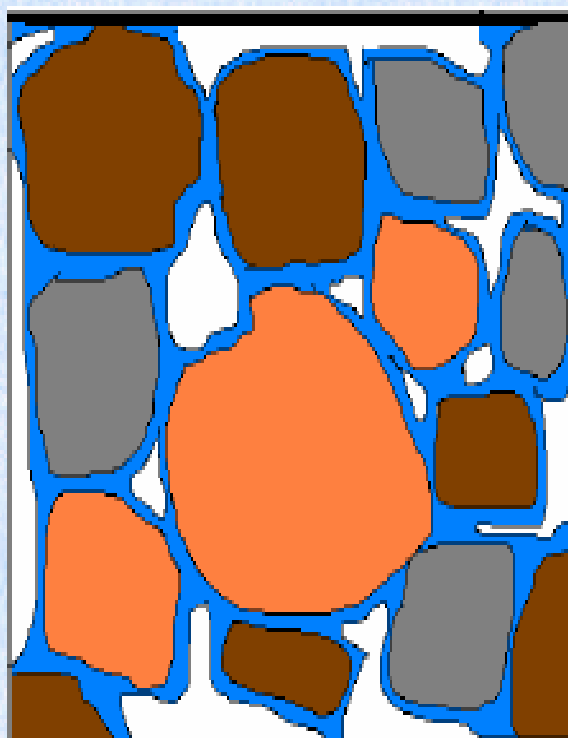
**Classi USDA:** 1: argilloso; 2: argilloso limoso; 3: franco argilloso limoso; 4: argilloso sabbioso; 5: franco argilloso sabbioso; 6: franco argilloso; 7: limoso; 8: franco limoso; 9: franco; 10: sabbioso; 11: sabbioso franco; 12: franco sabbioso

# *porosità e acqua*



gravitazionale

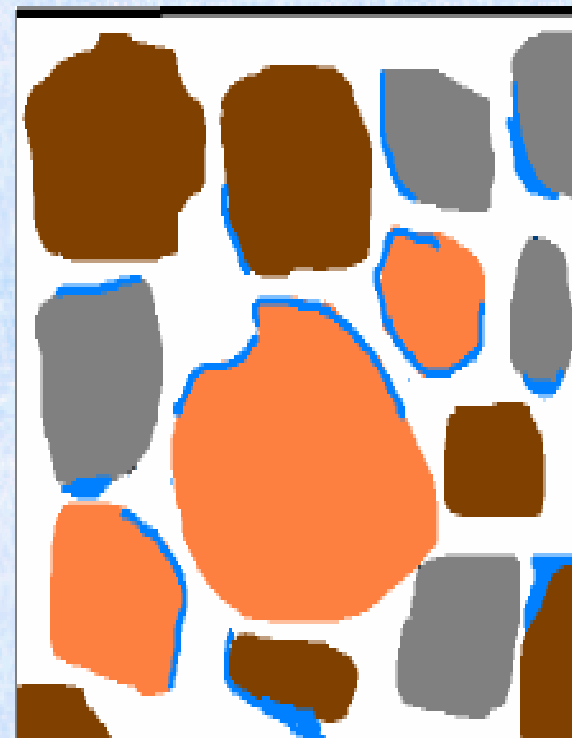
> 50  $\mu\text{m}$



disponibile

dimensione pori

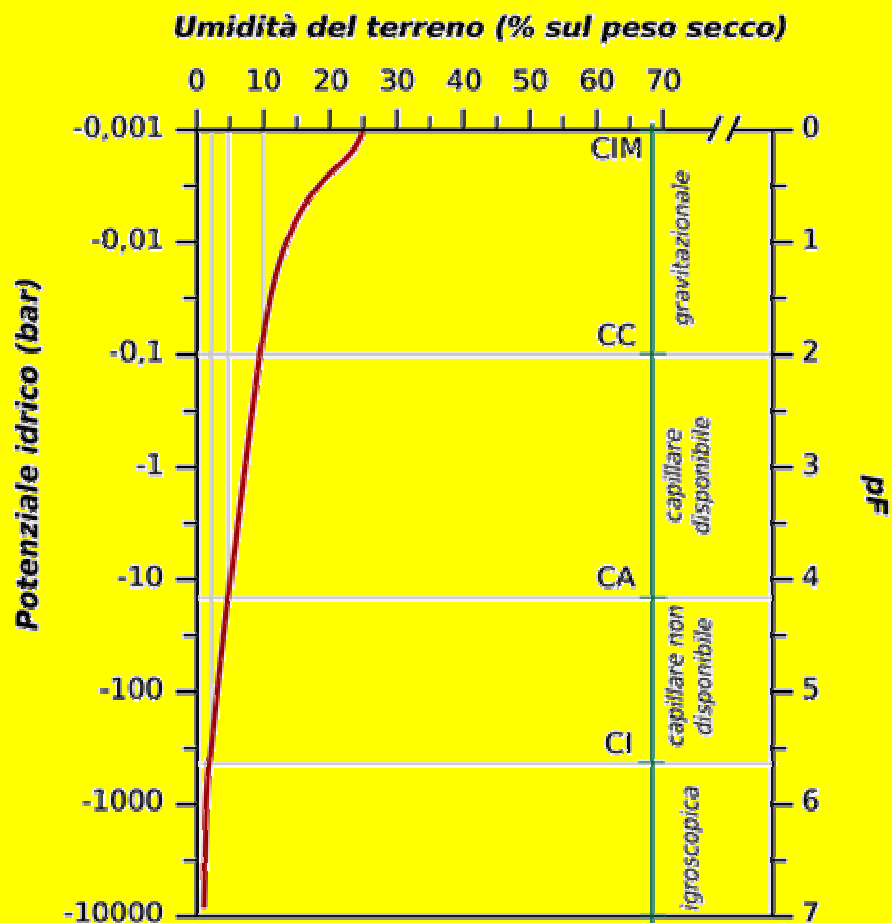
0,5-50  $\mu\text{m}$



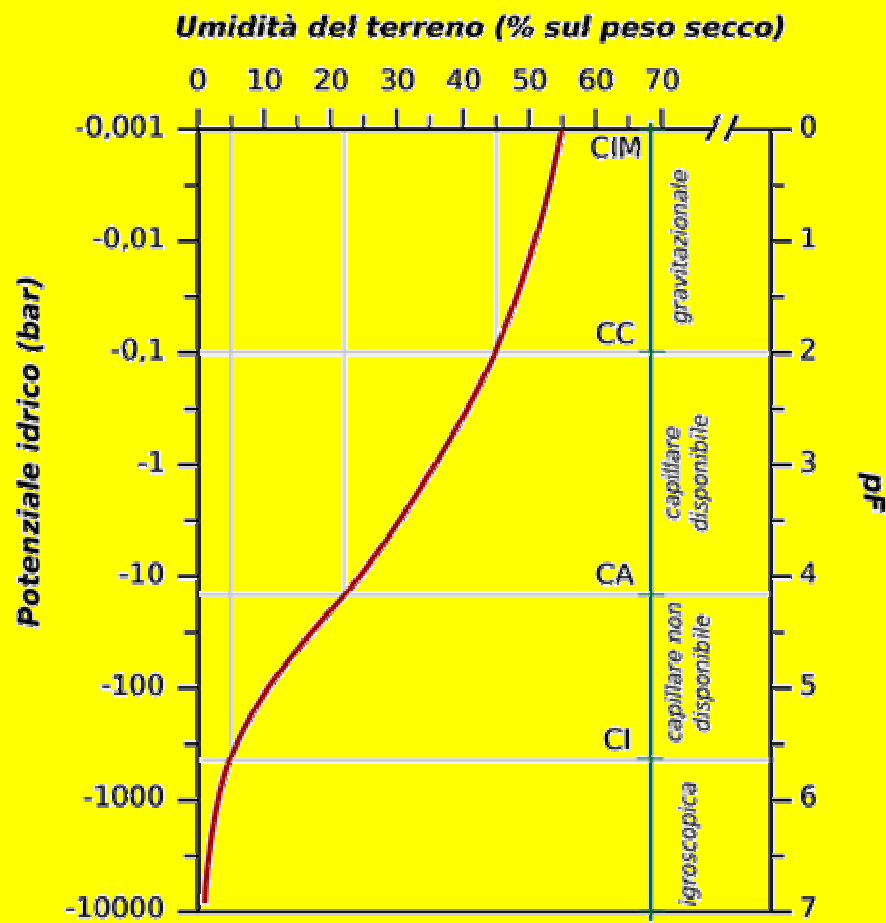
igroscopica

< 0,5  $\mu\text{m}$

# curva ritenzione idrica terreni



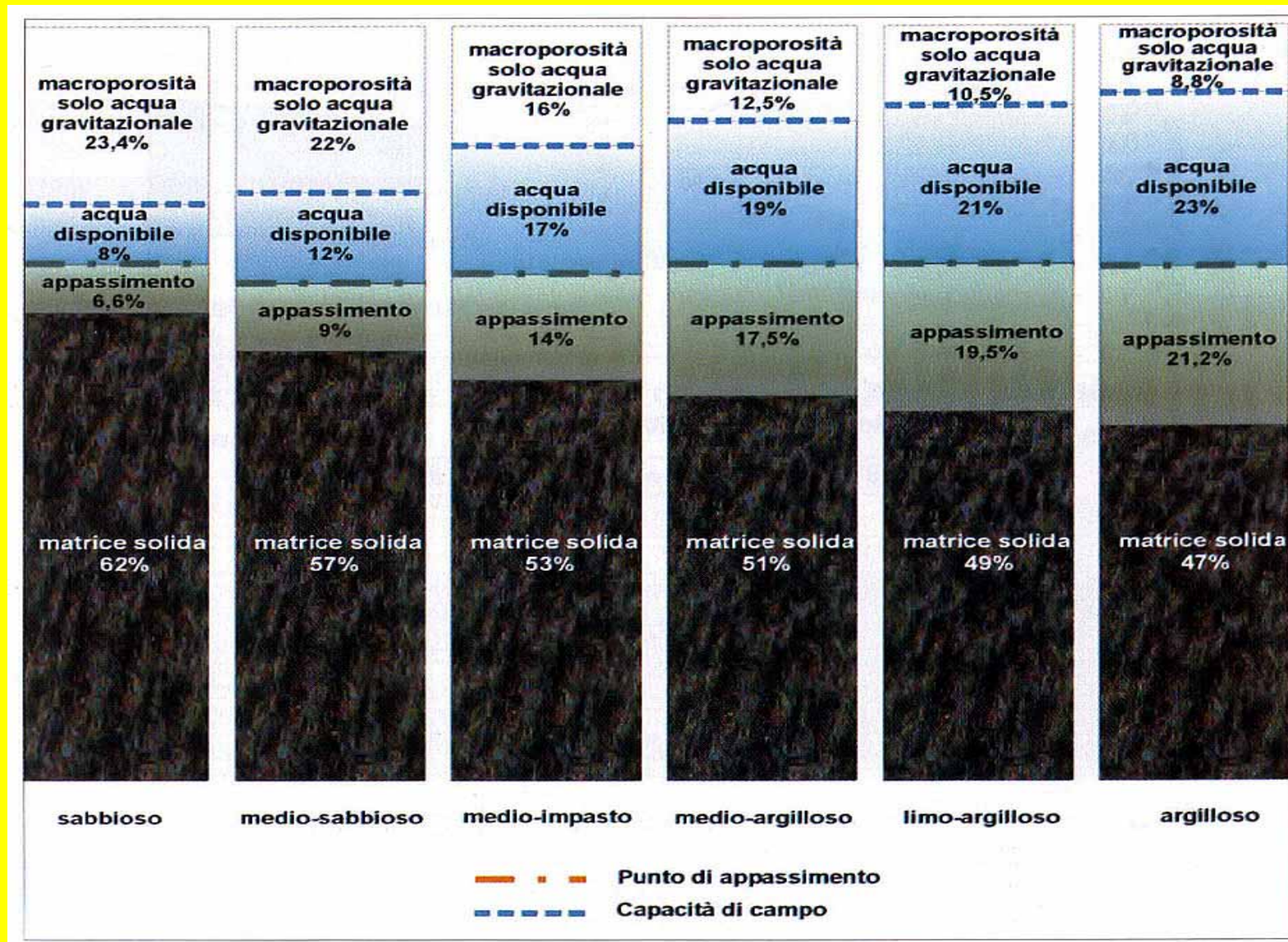
TERRENO GROSSOLANO



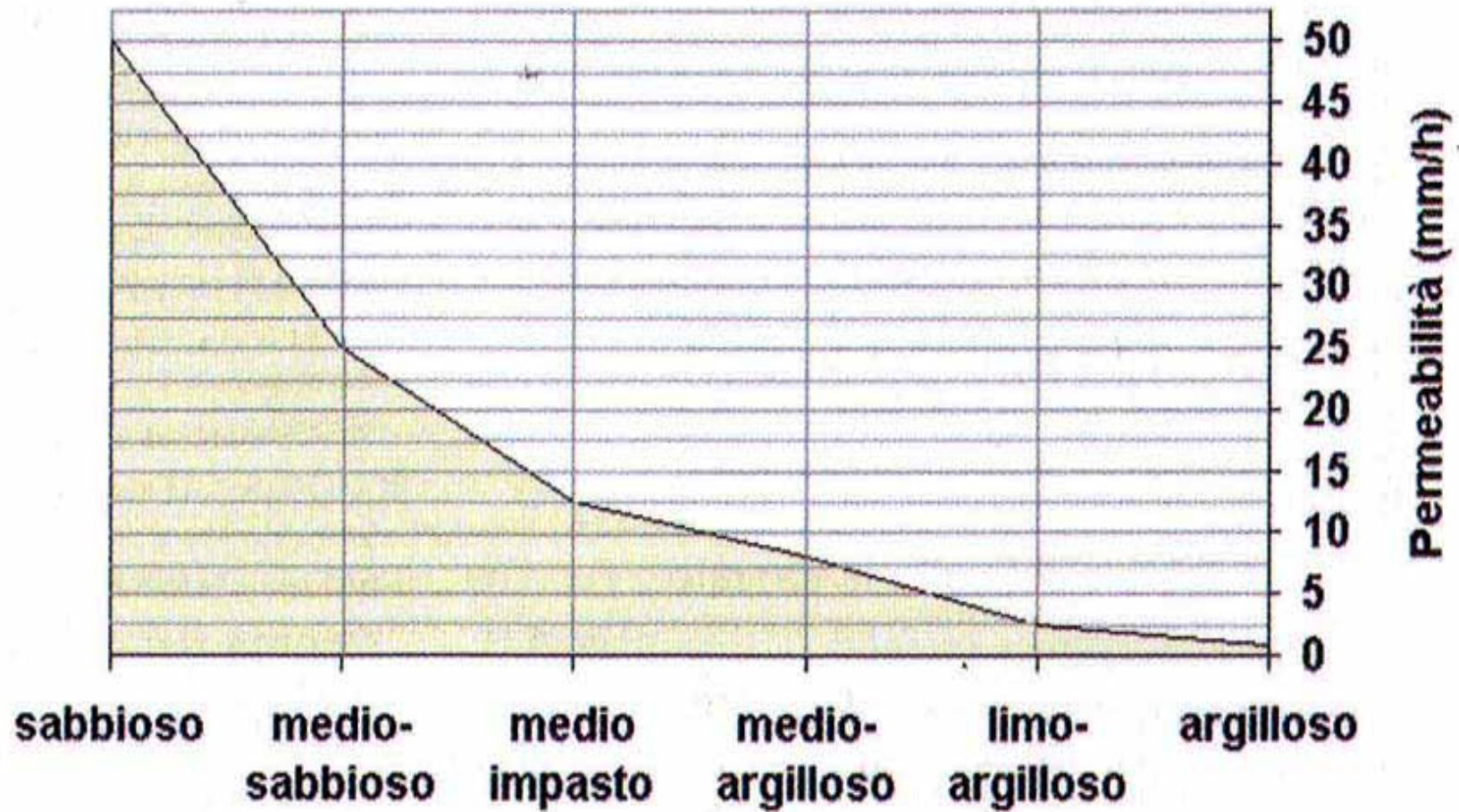
TERRENO FINE-ORGANICO

NOTA: PER PASSARE DA % IN PESO A % IN VOLUME MOLTIPLICARE PER LA DENSITA' APPARENTE DEL TERRENO

# *terreni e acqua disponibile*



# *velocità d'infiltrazione terreni*



## ESEMPIO DI CALCOLO PESO TERRENO MASSIMA SATURAZIONE



### terreno franco sabbioso

area superficie	1000 m <sup>2</sup>
spessore terreno considerato	20 cm
volume terreno considerato	200 m <sup>3</sup> (200 litri/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
densità apparente terreno	1400 kg/m <sup>3</sup> (280 kg/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
fase solida	57 % v/v
porosità	43 % v/v = 86 m <sup>3</sup>
contenuto d'acqua max capacità (*)	43 % = 86 m <sup>3</sup> (86 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua c.c.	21 % v/v = 42 m <sup>3</sup> (42 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua p.a.	9 % v/v = 18 m <sup>3</sup> (18 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
acqua disponibile	12 % v/v = 24 m <sup>3</sup> (24 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)

**peso terreno a max ritenzione idrica (\*) = 1830 kg/m<sup>3</sup>**  
**peso terreno saturo per uno spessore 20 cm = 366 kg/m<sup>2</sup>**

(\*): valore massimo teorico: in realtà un po' di aria rimane sempre intrappolata

## ESEMPIO DI CALCOLO PESO TERRENO MASSIMA SATURAZIONE



### terreno franco argilloso

area superficie	1000 m <sup>2</sup>
spessore terreno considerato	20 cm
volume terreno considerato	200 m <sup>3</sup> (200 litri/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
densità apparente terreno	1300 kg/m <sup>3</sup> (260 kg/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
fase solida	51 % v/v
porosità	49 % v/v = 98 m <sup>3</sup>
contenuto d'acqua max capacità (*)	49 % = 98 m <sup>3</sup> (98 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua c.c.	36 % v/v = 72 m <sup>3</sup> (72 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua p.a.	17 % v/v = 34 m <sup>3</sup> (34 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
acqua disponibile	19 % v/v = 38 m <sup>3</sup> (38 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)

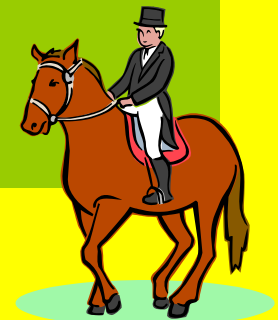
**peso terreno a max ritenzione idrica (\*) = 1790 kg/m<sup>3</sup>**  
**peso terreno saturo per uno spessore 20 cm = 358 kg/m<sup>2</sup>**

(\*): valore massimo teorico: in realtà un po' di aria rimane sempre intrappolata

# strati culturali speciali: sportivi



**top-soil  
sabbie specifiche,  
capacità di fornire  
supporto adeguato,  
acqua e sali minerali  
per un'ottimale crescita  
anche in condizioni limite**



# principali caratteristiche top-soil

## granulometria (dimensione granuli):

1,0-3,4 mm:  $\leq 10 \%$

0,25-1,0 mm:  $\geq 60 \%$

0,15-0,25 mm:  $\leq 20 \%$

$< 0,15$  mm:  $\leq 10 \%$

(vedi anche grafico successivo)



densità apparente:  $1200-1400 \text{ kg/m}^3$

porosità:  $40-55 \%$  (v/v)

macroporosità:  $15-30 \%$  (v/v)

porosità capillare:  $15-25 \%$  (v/v)

velocità infiltrazione ott.:  $\geq 150 \text{ mm/h}$

pH:  $6-6,5$  (max  $8,0$ )

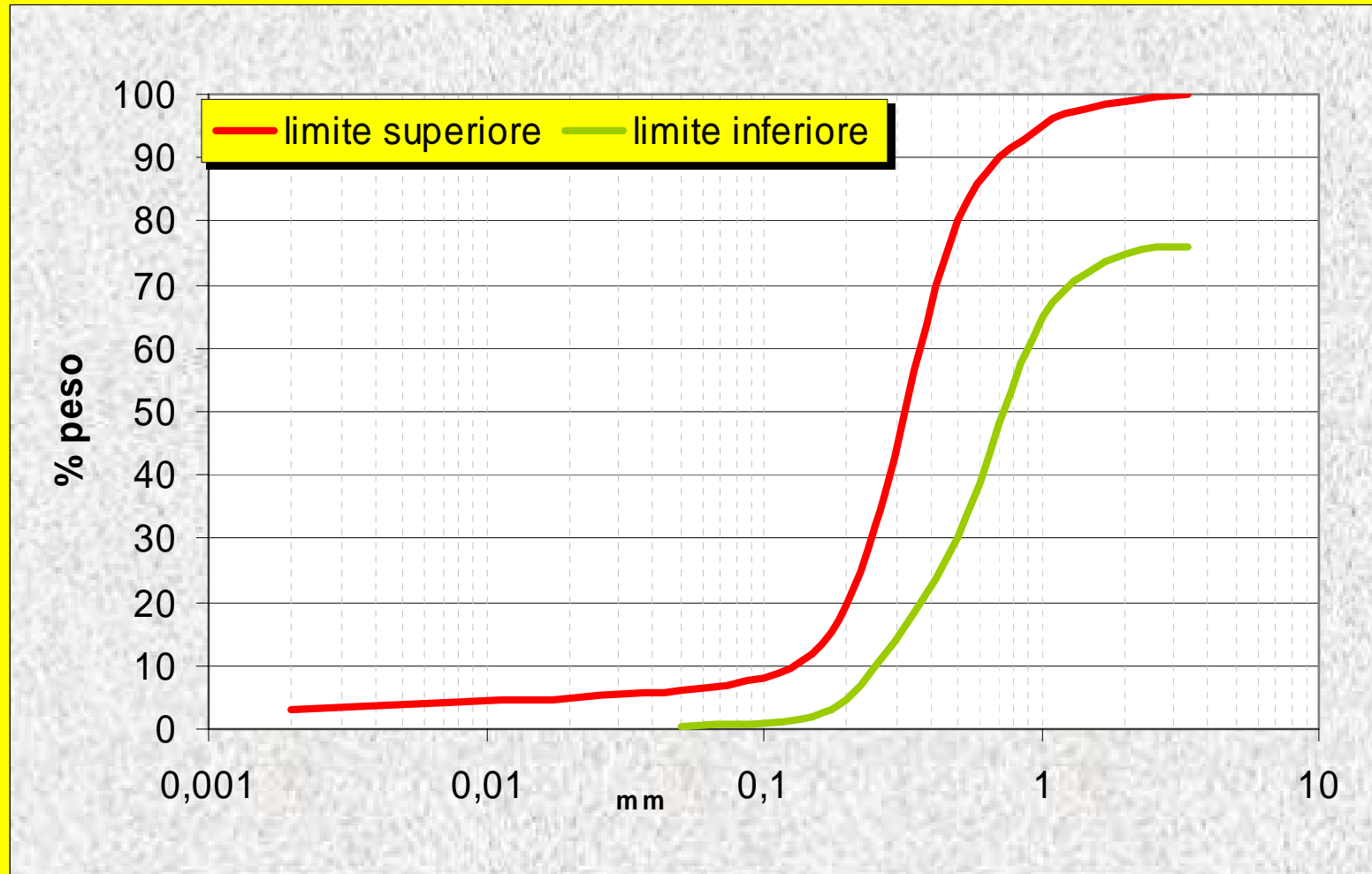
conduttività elettrica (salinità):  $1 \text{ mS/cm}$

calcare:  $< 20 \%$

sostanza organica:  $2-4 \%$



# fuso granulometrico top-soil



## ESEMPIO DI CALCOLO PESO TOP-SOIL MASSIMA SATURAZIONE



### terreno sabbioso (rif. USGA)

area superficie	1000 m <sup>2</sup>
spessore terreno considerato	20 cm
volume terreno considerato	200 m <sup>3</sup> (200 litri/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
densità apparente terreno	1450 kg/m <sup>3</sup> (290 kg/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
fase solida	55 % v/v
porosità	45 % v/v = 90 m <sup>3</sup>
contenuto d'acqua max capacità (*)	45 % = 90 m <sup>3</sup> (90 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua c.c.	20 % v/v = 40 m <sup>3</sup> (40 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua p.a.	8 % v/v = 16 m <sup>3</sup> (16 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
acqua disponibile	12 % v/v = 24 m <sup>3</sup> (24 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)

**peso terreno a max ritenzione idrica (\*) = 1900 kg/m<sup>3</sup>**  
**peso terreno saturo per uno spessore 20 cm = 380 kg/m<sup>2</sup>**

(\*): valore massimo teorico: in realtà un po' di aria rimane sempre intrappolata

# coltivazioni fuori suolo: substrati

## DEFINIZIONE DI SUBSTRATO DI COLTIVAZIONE

**“Materiali diversi dai suoli in situ, dove sono coltivati i vegetali”**

**D.Lg. n° 217 del 29 aprile 2006**

**“Materiale diverso dal terreno, costituito da uno o più componenti, organici e/o inorganici, destinato tal quale a sostenere lo sviluppo vegetale”**

**Pozzi-Valagussa – Orientarsi nel mondo dei substrati di coltivazione**

## DEFINIZIONE DI STRATO CULTURALE PER COPERTURE A VERDE

**“Strato avente la funzione di sostenere lo sviluppo vegetale di una copertura a verde”**

**Norma UNI 11235**

**“Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di coperture a verde”**

# **com'è formato un substrato**

## **SISTEMA TRIFASICO**

- Fase solida: assicura l'ancoraggio dell'apparato radicale**
- Fase liquida: assicura l'approvvigionamento idrico e nutritivo**
- Fase gassosa: assicura la respirazione radicale e la vita dei microrganismi presenti**

# **principali requisiti di un substrato**

**garantire un buon ancoraggio all'apparato radicale delle specie vegetali presenti**

**presentare adeguata capacità di ritenzione idrica e di disponibilità di aria per garantire l'attività radicale**

**mantenere il più a lungo possibile inalterate le caratteristiche chimiche e fisiche, resistere al compattamento e alla riduzione di volume, conservando buone capacità drenanti**

**essere privo di patogeni, parassiti e sostanze fitotossiche**

.....

**uniformità di produzione**

**costo competitivo**

**facile reperibilità**

# principali costituenti dei substrati

## **MATERIALI ORGANICI**

- TORBA
- FIBRA DI COCCO
- FIBRA DI LEGNO E DI CORTECCIA
- AMMENDANTE COMPOSTATO (VERDE E/O MISTO)

## **MATERIALI INORGANICI**

- SABBIA
- PERLITE
- POMICE e LAPILLO
- ZEOLITE
- VERMICULITE
- ARGILLA ESPANSA O IN GRANULI
- LANA DI ROCCIA
- LATERIZI MACINATI
- POLISTIROLO

# principali caratteristiche substrati florovivaistici



**densità apparente: 60-250 kg/m<sup>3</sup>**

**porosità: 80-95 % (v/v)**

**volume aria a pF1: 15-35 (v/v)**

**volume acqua a pF1: 50-80 (v/v)**

**pH: 4-7,5 (max 8,0)**

**conducibilità (1:5 v/v): < 50 mS/m**

**sostanza organica: > 40%**



metodi di laboratorio UNI-EN



# curva di ritenzione idrica del substrato

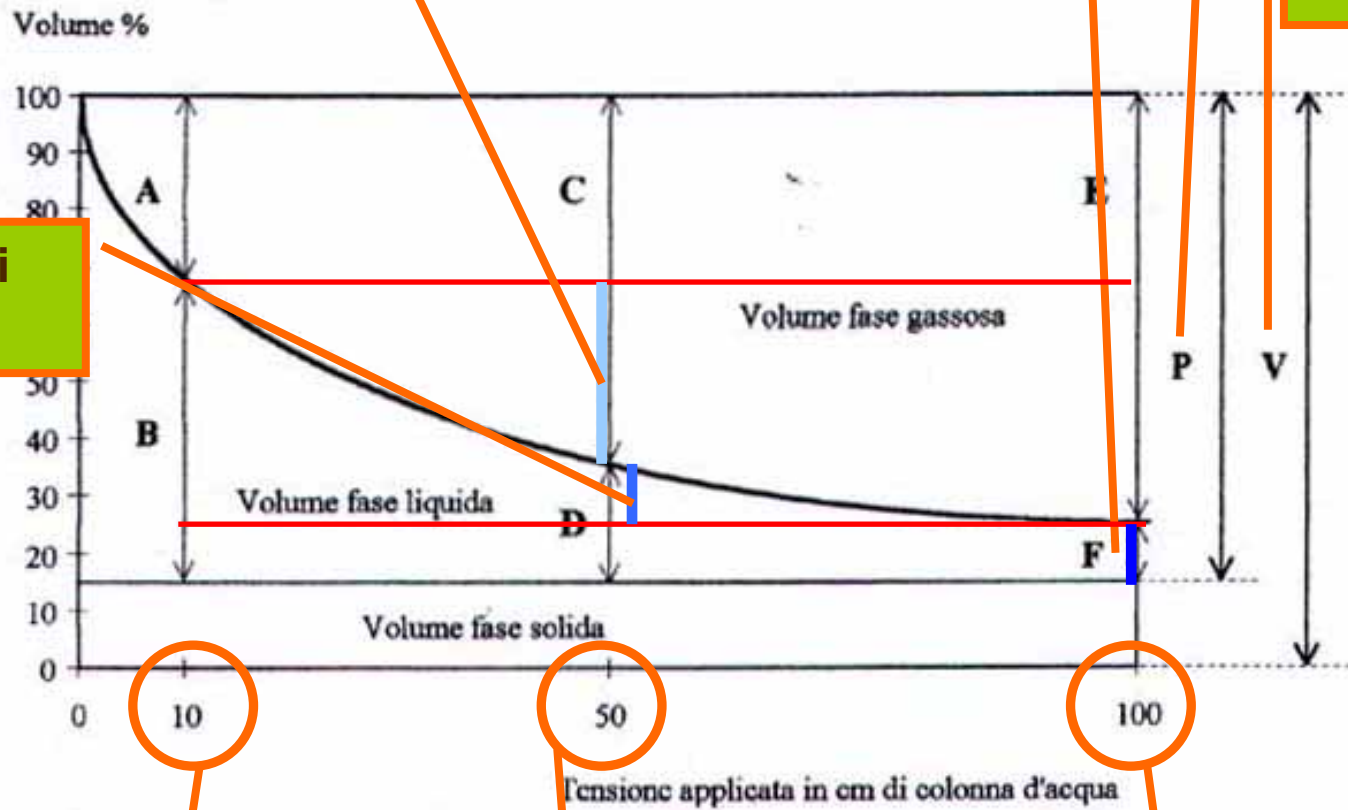
acqua facilmente utilizzabile

acqua difficilmente utilizzabile

porosità

volume apparente

acqua di riserva

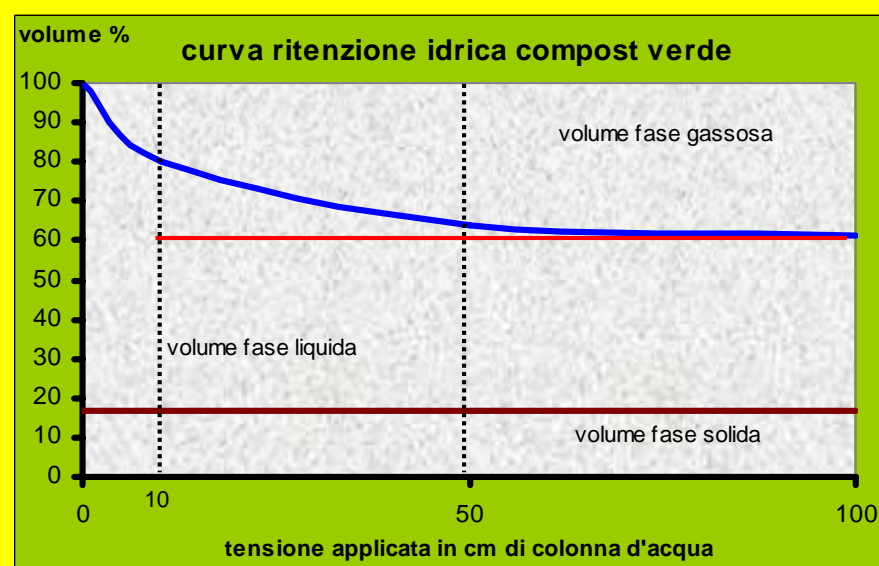
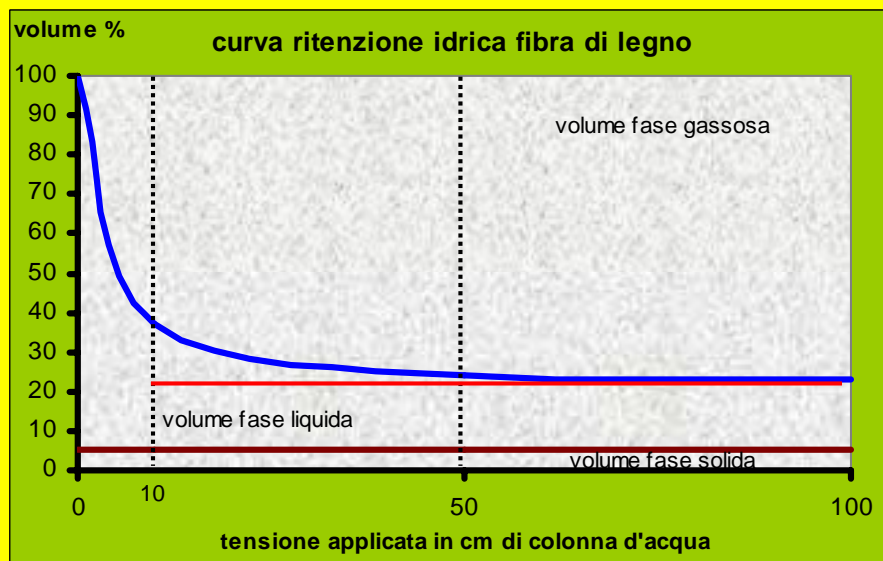
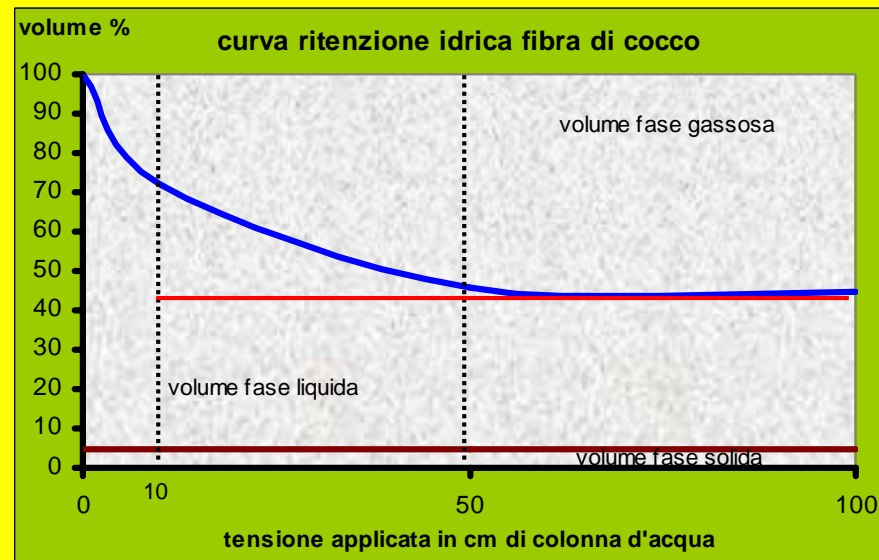
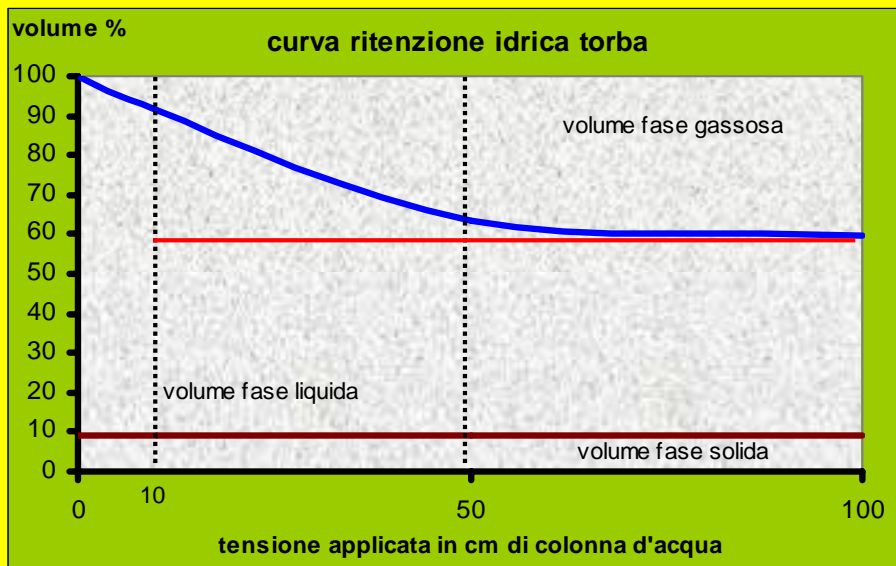


10 cm di colonna d'acqua (pF1)

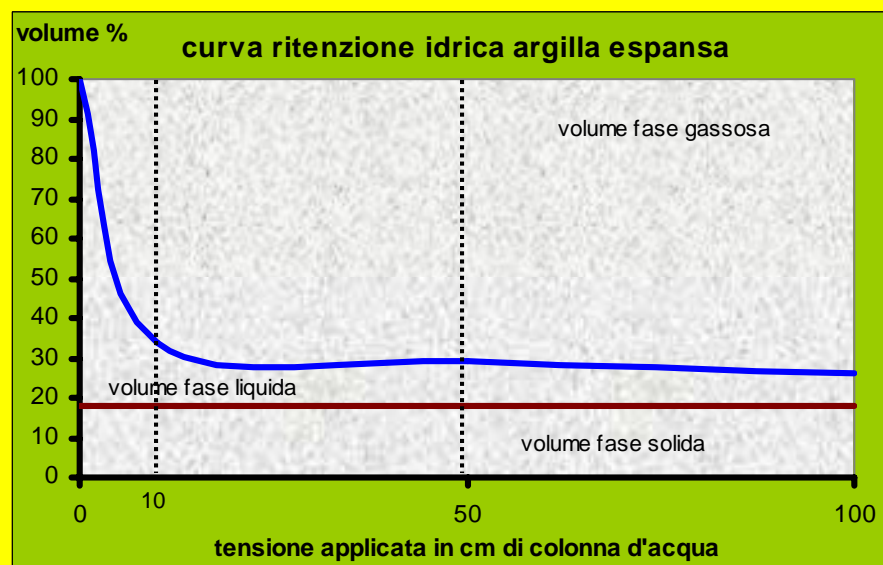
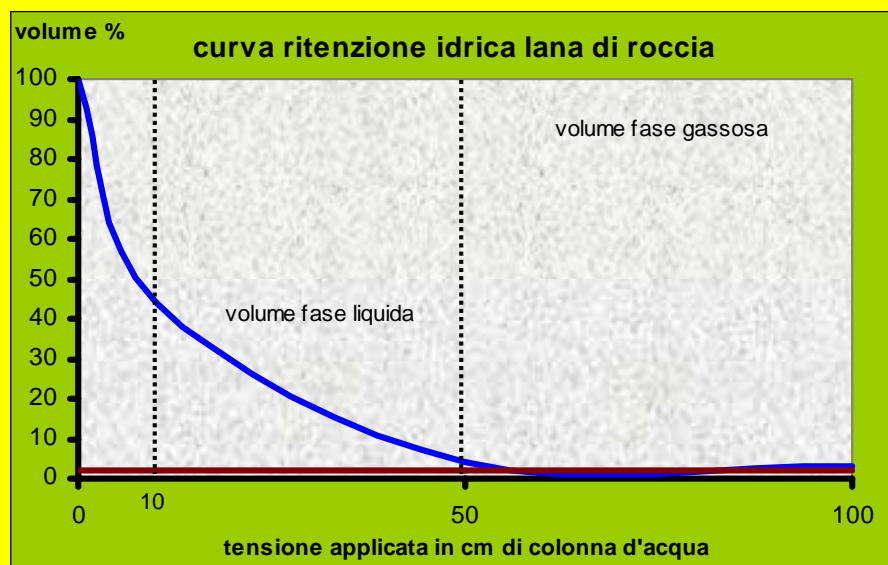
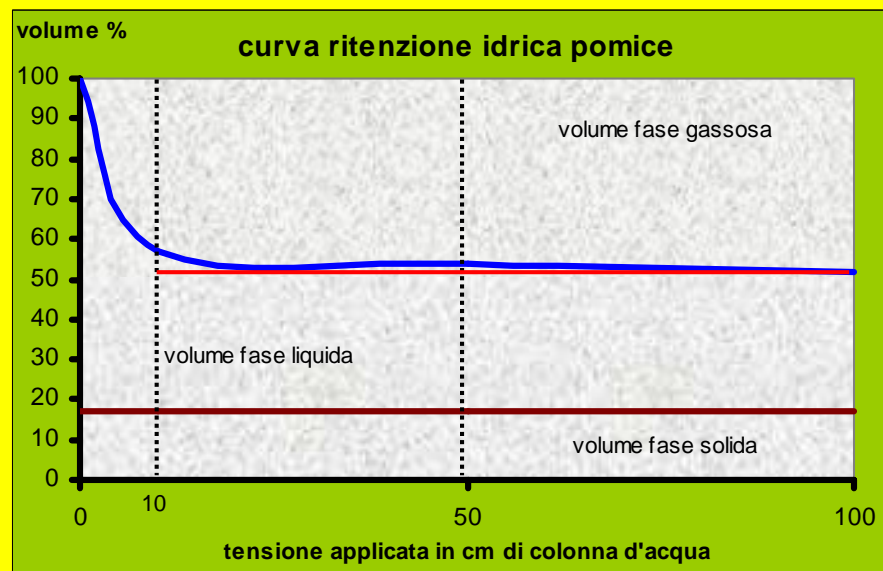
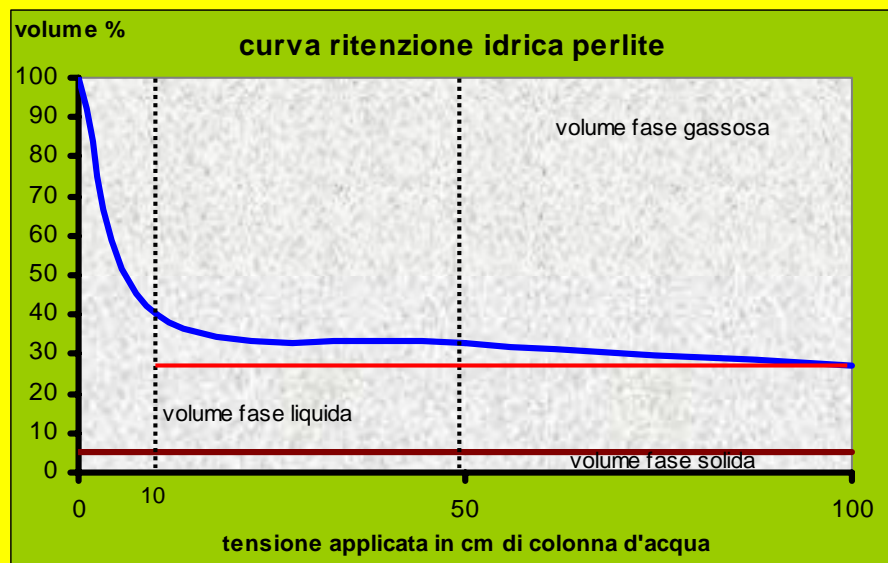
50 cm di colonna d'acqua (pF1,7)

100 cm di colonna d'acqua (pF2)

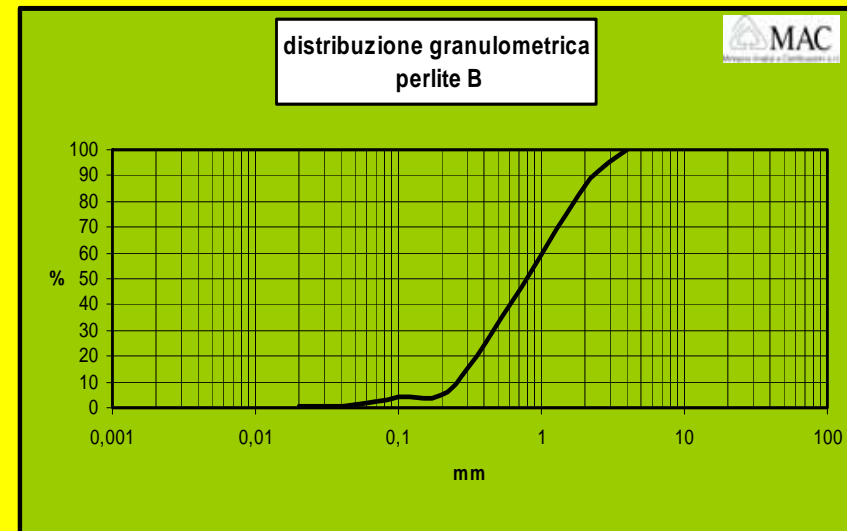
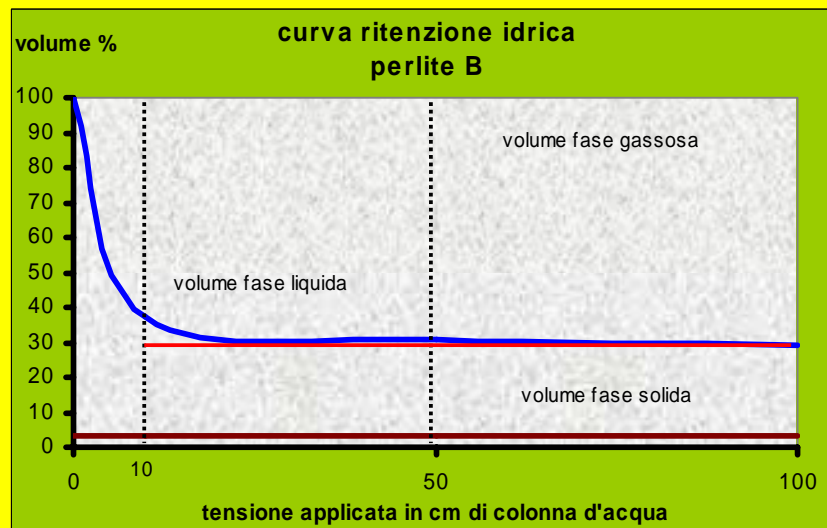
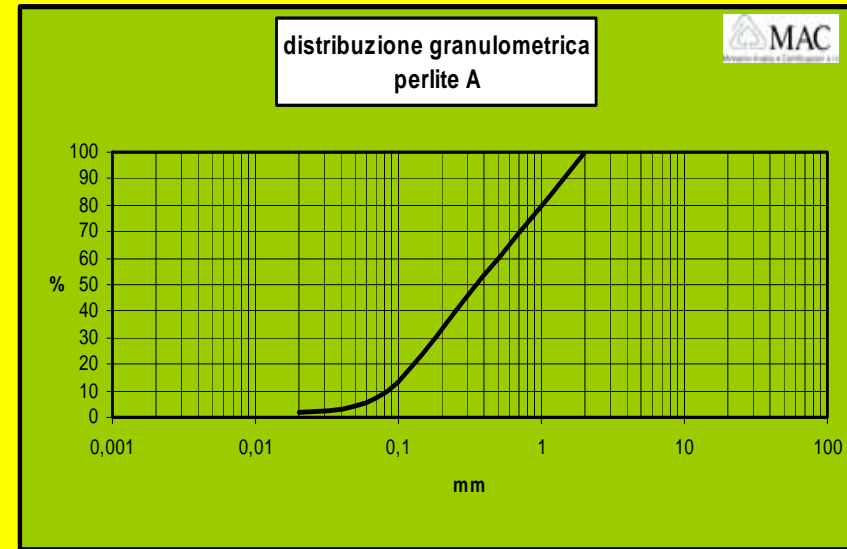
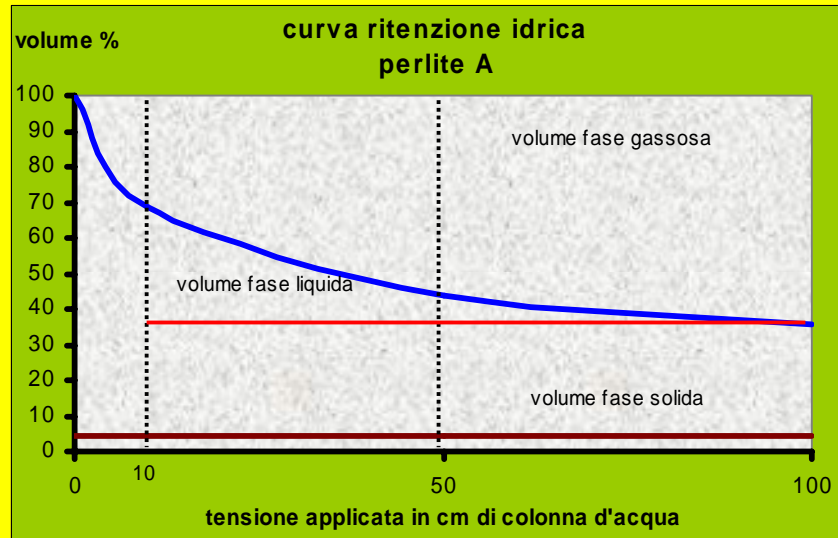
# esempi curve di ritenzione idrica materiali organici



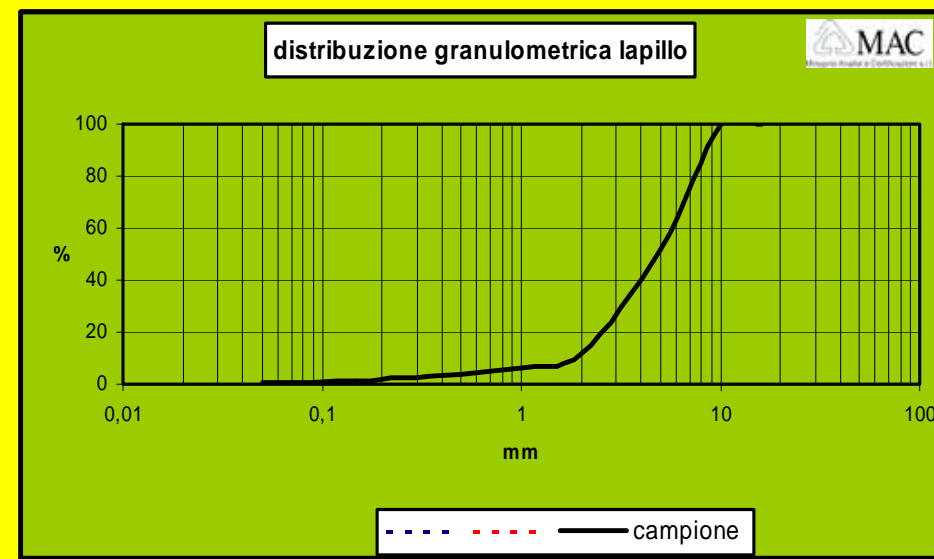
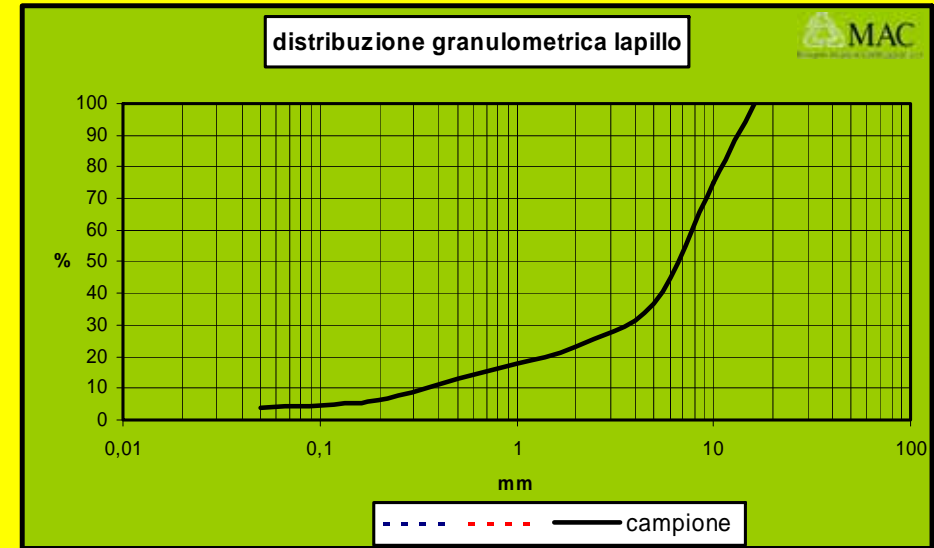
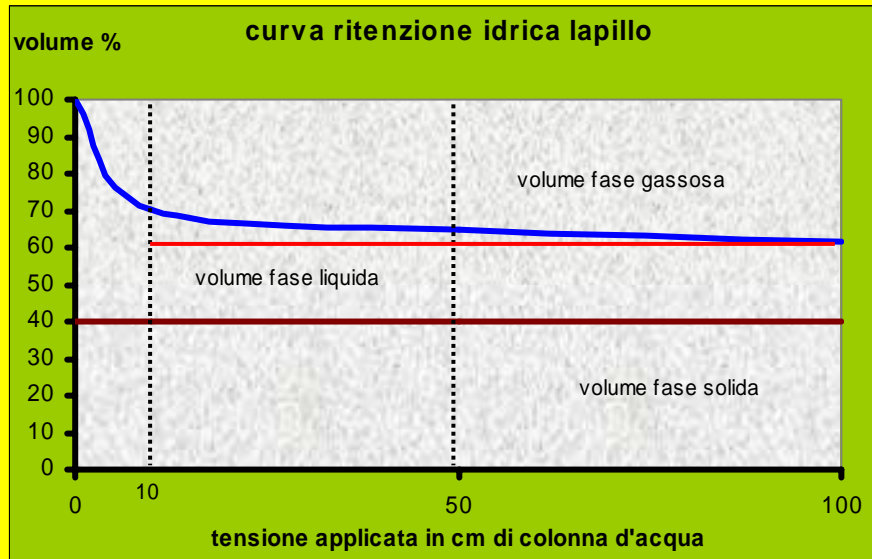
# esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



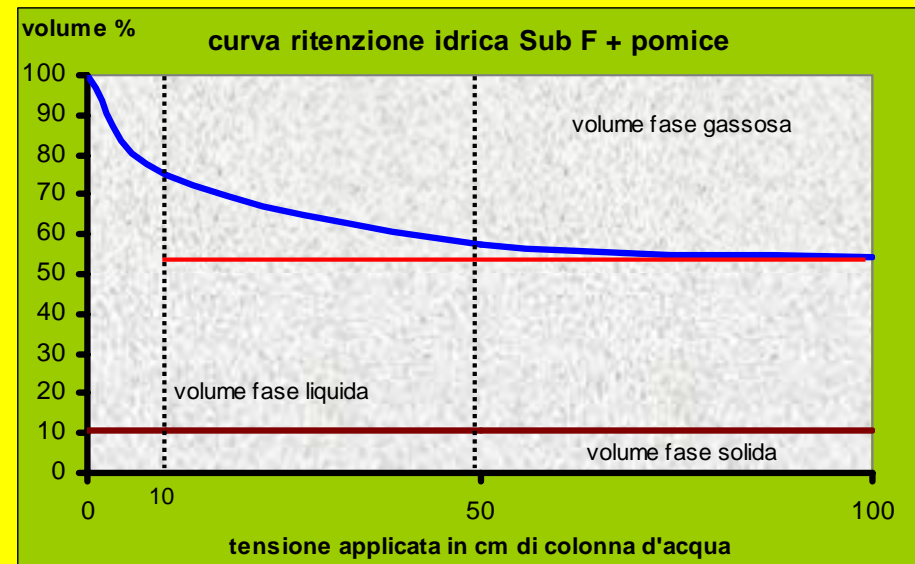
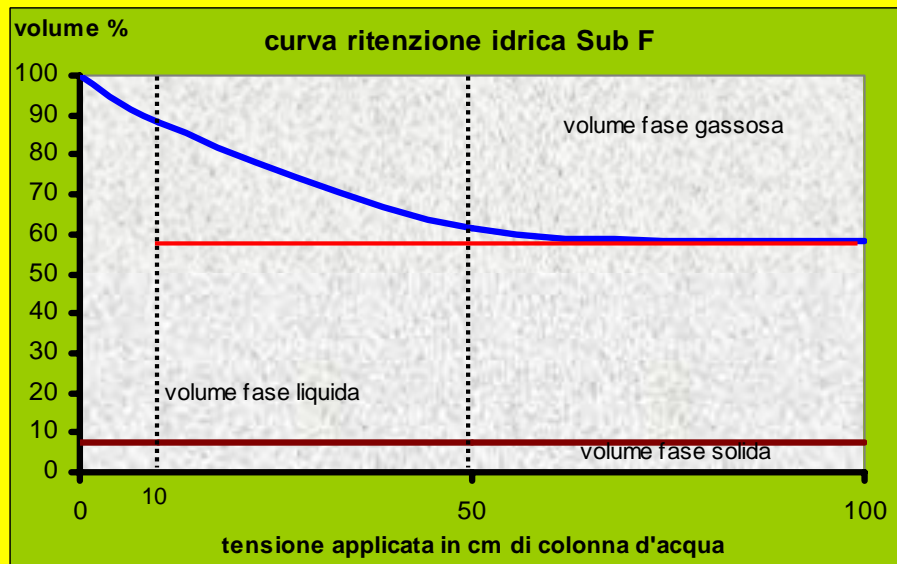
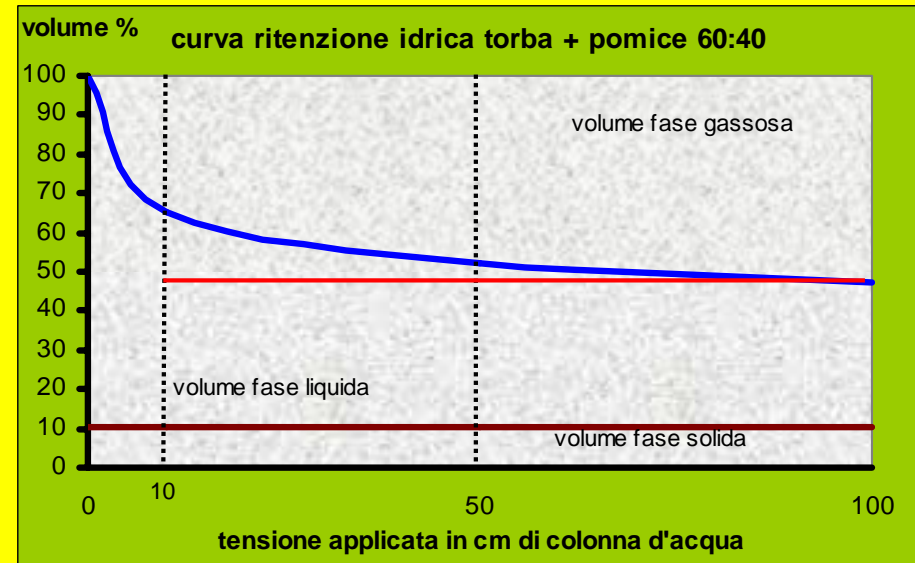
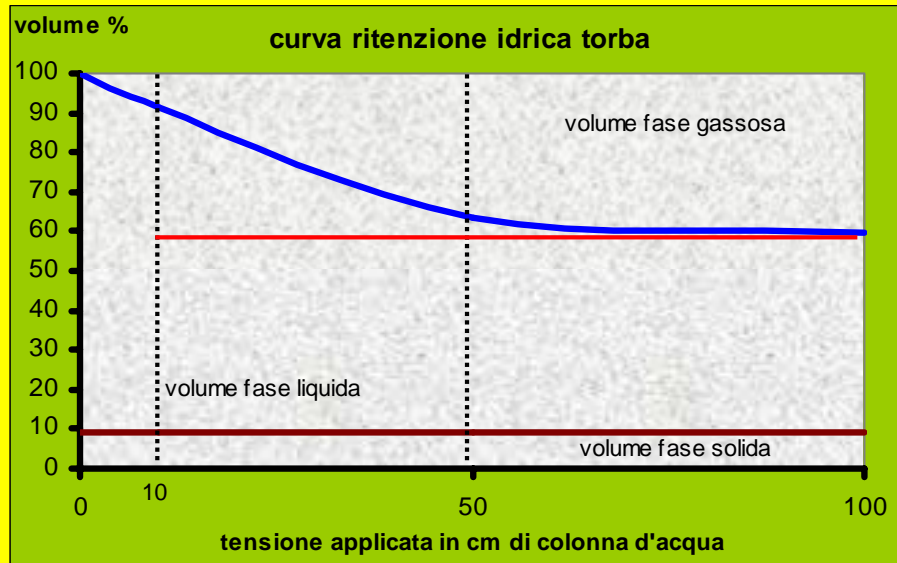
# esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



# esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



# variazioni curva ritenzione idrica miscela organo-minerale



# *lo strato culturale secondo la Norma UNI 11235*

*istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo  
e la manutenzione di coperture a verde*



**le prescrizioni  
presenti nella norma**



## **SPESSORE MINIMO STRATO CULTURALE**

### **ESTENSIVO: 8-15 cm**

Specie rustiche, erbacee perenni e crassulaceae, bassa manutenzione

### **INTENSIVO LEGGERO: 15-20 cm**

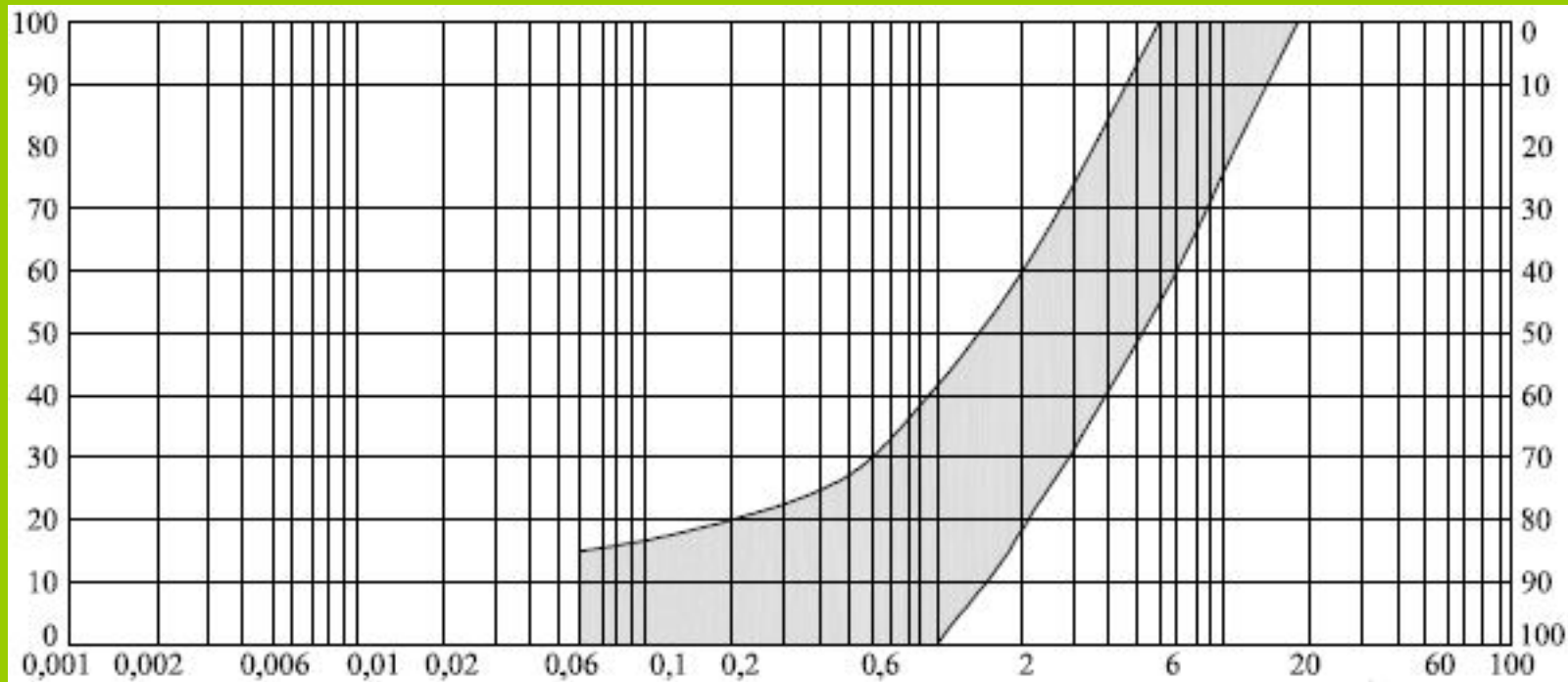
Tappeto erboso, erbacee perenni tappezzanti, arbusti medio sviluppo

### **INTENSIVO: 20-40 cm (anche > 60cm)**

Tappeto erboso, erbacee perenni, arbusti, alberi a sviluppo contenuto

# RANGE CURVA GRANULOMETRICA COPERTURE ESTENSIVE

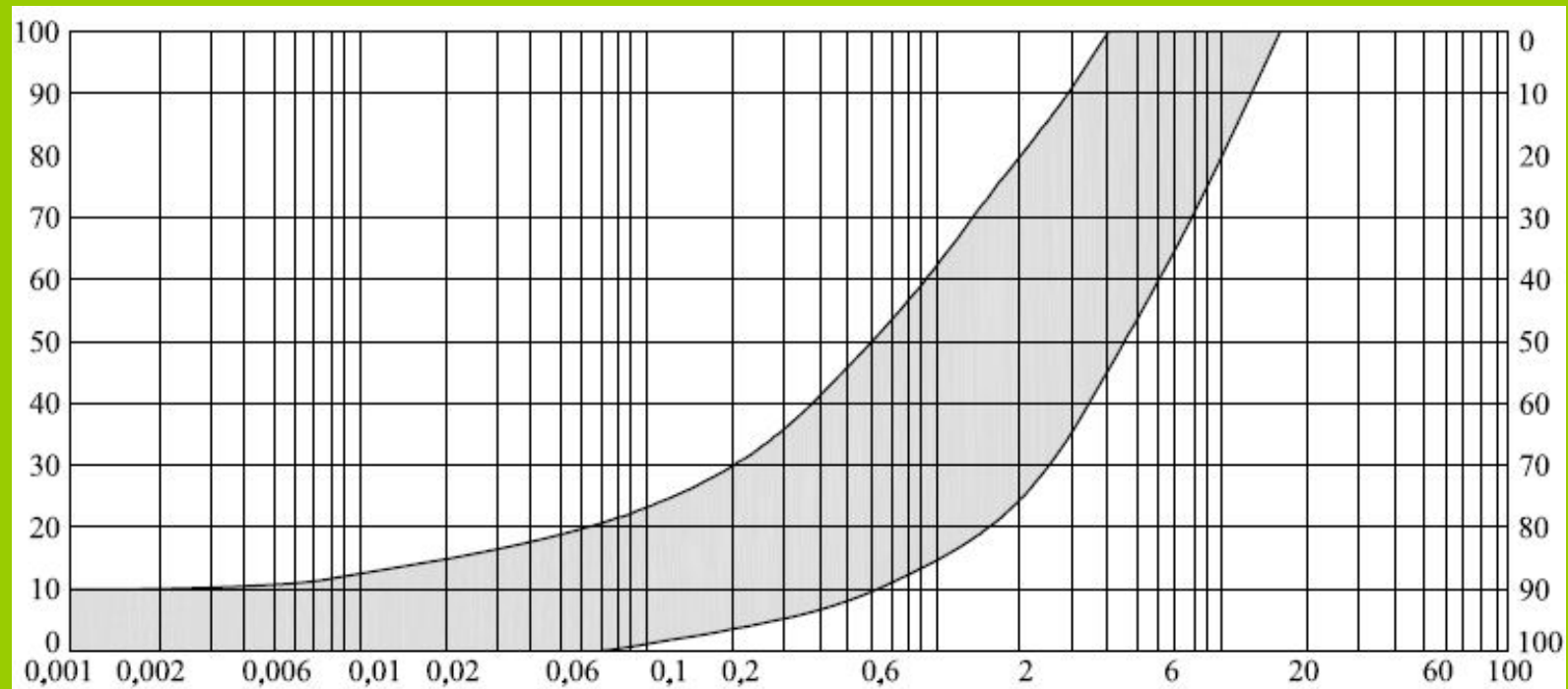
%



mm

# RANGE CURVA GRANULOMETRICA COPERTURE INTENSIVE

%



mm

<b>PARAMETRO FISICO</b>	<b>SUBSTRATO PER VERDE PENSILE (UNI 11235)</b>	<b>PARAMETRO CHIMICO</b>	<b>SUBSTRATO PER VERDE PENSILE (UNI 11235)</b>
densità apparente secca (kg/m <sup>3</sup> )	350-1000	pH	5,5-8,0 intensivo 6,5-8,0 estensivo 4,0-5,5 acidofile
permeabilità (*) (mm/min)	> 0,3 intensivo > 0,6 estensivo	conducibilità elettrica (1:5 - mS/m)	< 50 (< 1,60 g/l substrato)
porosità totale (% v/v)	≥ 58 intensivo ≥ 48 estensivo	azoto minerale N mg/l <b>estratto</b>	≤ 50
volume acqua pF1 (% v/v)	≥ 40 intensivo ≥ 30 estensivo	potassio sol. K mg/l <b>estratto</b>	≤ 50
volume aria pF1 (% v/v)	≥ 18	sostanza organica (%)	≤ 6/12 (intensivo) ≤ 6/8 (estensivo)
volume di aria a max saturazione (% v/v)	<b>valore non richiesto dalla norma italiana &gt; 10 altre norme</b>	C.S.C. (#) (meq/100g)	≥ 12 (intensivo) ≥ 8 (estensivo)

**metodi di laboratorio previsti: UNI-EN substrati ed ammendanti**

**\*: metodo DIN - # G.U. suoli**

## ESEMPIO DI CALCOLO PESO SUBSTRATO MASSIMA SATURAZIONE



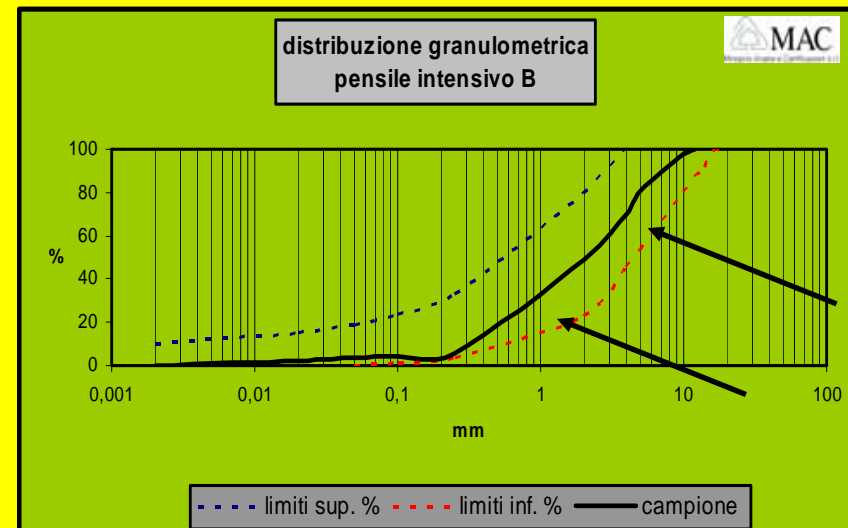
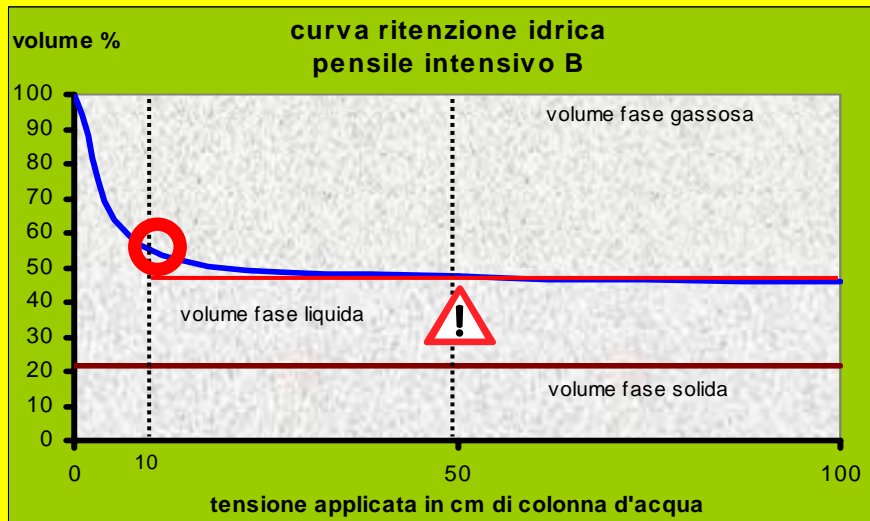
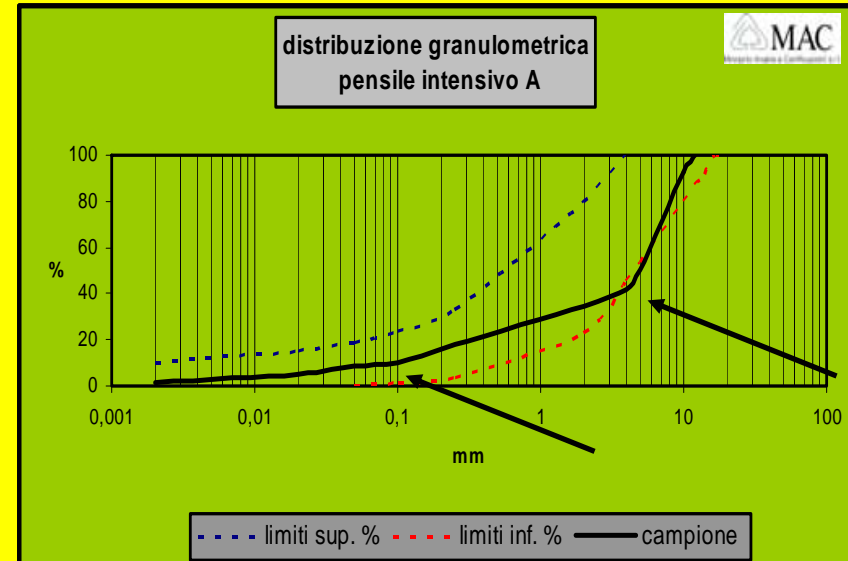
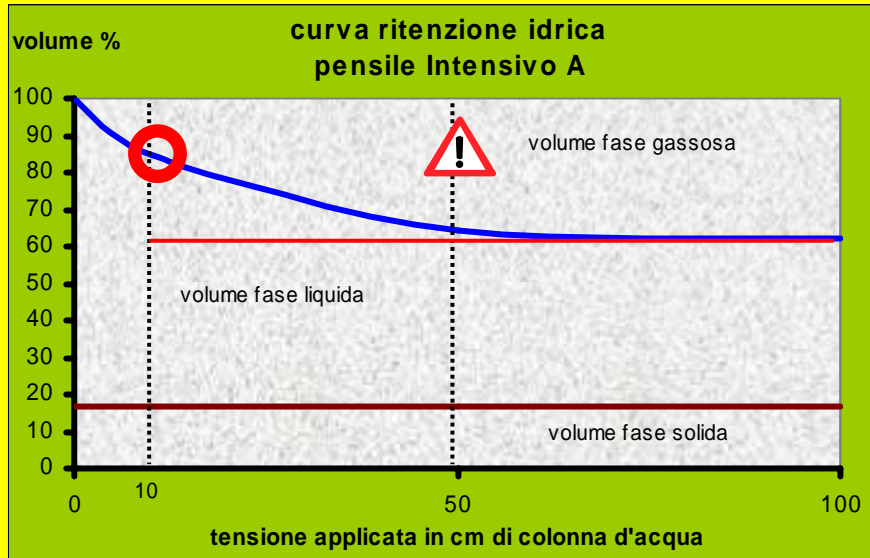
### substrato verde pensile (Rif. UNI 11235)

area superficie	1000 m <sup>2</sup>
spessore terreno considerato	20 cm
volume terreno considerato	200 m <sup>3</sup> (200 litri/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
densità apparente terreno	800 kg/m <sup>3</sup> (160 kg/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
fase solida	25 % v/v
porosità	75 % v/v = 150 m <sup>3</sup>
contenuto d'acqua pF 0 (*)	75 % = 150 m <sup>3</sup> (150 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua pF 1,0	40 % v/v = 80 m <sup>3</sup> (80 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua pF 1,7	30 % v/v = 60 m <sup>3</sup> (60 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
contenuto acqua pF 2,0	25 % v/v = 50 m <sup>3</sup> (50 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)
acqua disponibile (tra pF 1 e 2)	15 % v/v = 30 m <sup>3</sup> (30 l/m <sup>2</sup> per h 20 cm)

**peso substrato a max ritenzione idrica (\*) = 1550 kg/m<sup>3</sup>**  
**peso substrato saturo per uno spessore 20 cm = 310 kg/m<sup>2</sup>**

(\*): valore massimo teorico: in realtà un po' di aria rimane sempre intrappolata

# esempi substrati verde pensile





<b>PARAMETRO FISICO</b>	<b>SUOLO NATURALE</b>	<b>SUBSTRATO PER VERDE PENSILE (UNI 11235)</b>	<b>SUBSTRATO PER FLOROVIVAISMO</b>
densità apparente (kg/m <sup>3</sup> )	1200-1500	350-1000	60-250
permeabilità (mm/min)	0,1-0,8 (USGA > 2,5)	> 0,3 intensivo > 0,6 estensivo	= = =
porosità totale (% v/v)	40-50	≥ 58 intensivo ≥ 48 estensivo	80-95
volume acqua pF1 (% v/v)	= = =	≥ 40 intensivo ≥ 30 estensivo	50-80
volume aria pF1 (% v/v)	< 10	≥ 18	15-35
volume d'acqua disponibile (% v/v)	10-20 valore indicativo tra pF 2 e pF 4,2	20 valore indicativo tra pF 1 e pF 2	30-40 valore indicativo tra pF 1 e pF 2

## ..... riassumendo .....

### **terreno naturale:**

*tessitura tendenzialmente fine, minore disponibilità di aria a massima ritenzione idrica, maggiore porosità capillare e conseguentemente più elevata ritenzione idrica nel tempo, con quote comunque elevate di acqua non disponibile per gli apparati radicali, bassa velocità di infiltrazione, minor stabilità nel tempo, tendenza al compattamento e rischio di crepacciamento, minor spazio per lo sviluppo radicale, necessita perciò di spessori maggiori per garantire buone prestazioni.*

*Altre caratteristiche generiche: sostanza organica 1-3 %, pH variabili da acidi ad alcalini, CSC > 200.000 meq/m<sup>3</sup>.*

### **substrato professionale verde pensile:**

*granulometria maggiore, elevata capacità per l'aria in condizioni di massima saturazione, buona disponibilità idrica a basse tensioni, da verificare l'effettiva riserva e quindi la disponibilità di acqua a tensioni maggiori, elevata performance relativamente alle capacità drenanti, buone risposte anche con spessori limitati.*

*Altre caratteristiche generiche: sostanza organica < 6-8 % nell'estensivo, pH tendenzialmente subalcalini, CSC < 100.000 meq/m<sup>3</sup>.*

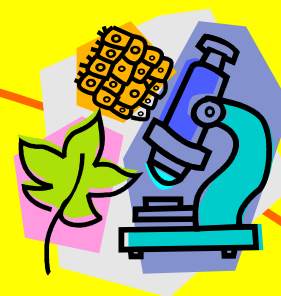
**..... quindi .....**

**La scelta della tipologia e dello spessore del substrato sono in funzione della vegetazione, delle caratteristiche della copertura, del contesto climatico e della tecnica irrigua (qualora presente)**

**Improprio definire uno strato colturale ottimale per le coperture a verde a prescindere da contesto e vegetazione: meglio parlare di proprietà minime fondamentali**

**Grande importanza rivestono le condizioni meteo (soprattutto frequenza, quantità ed intensità della piovosità) che condizionano la scelta di strati colturali che possiedano precise proprietà fisiche e/o la scelta di specie vegetali con determinate caratteristiche fisiologiche e/o elevata capacità di adattamento**

**ma non dimentichiamoci che:  
è la vegetazione il reale indicatore della validità e funzionalità di un sistema di copertura a verde**



**serve una seria attività di ricerca, sperimentazione, dimostrazione e divulgazione che coinvolga tutti i settori interessati da questi specifici sistemi**



## PRINCIPALE BIBLIOGRAFIA CONSULTATA



- Lemaire, F., Dartigues, A., Riviere, L.M., Charpentier, S. – 1989 – Cultures en pots et conteneurs – INRA
- AA.VV. – 1999-2001- CEN/TC 223 – Ammendanti e substrati colturali, Norme Uni-En
- AA.VV. – 2000 – International Substrate Manual: analysis, characteristics, recommendations
- Morel P., Poncet, L., Riviere, L.M. – 2000 – Un point sur ... les supports de culture horticoles. Les matériaux complémentaires et alternatifs à la tourbe. INRA
- AA.VV. NC State University – 2001 – Plant root zone management
- AA.VV. – 2002 – Confronto tra metodi di analisi dei substrati a base di compost Regione Lombardia/Fondazione Minoprio – Quaderno della ricerca n. 22
- AA.VV. RHP Foundation - 2003 - Potting soil and substrate
- Pozzi, A., Valagussa, M. – 2006 – Orientarsi nel mondo dei substrati
- USGA Green Section Record – 1993/2004

***SI RINGRAZIANO TUTTI I COLLABORATORI DI  
MAC - MINOPRIO ANALISI E CERTIFICAZIONI  
PER IL PREZIOSO CONTRIBUTO FORNITO***



**MAC – Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l**  
**Viale Raimondi, 54**  
**22070 Vertemate con Minoprio (Como)**  
**Tel 031887127 – fax 031887834 – maclab@tin.it**  
**sito web in [www.fondazioneminoprio.it](http://www.fondazioneminoprio.it)**

