



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



PROGETTO SUBSTAINS
LE PRINCIPALI PROPRIETA' FISICO-CHIMICHE
DEI SUBSTRATI DI COLTIVAZIONE
NEL VIVAISMO FORESTALE/ORNAMENTALE

Massimo Valagussa
Minoprio Analisi e Certificazioni



24 marzo 2026



Finanziato
dall'Unione europea

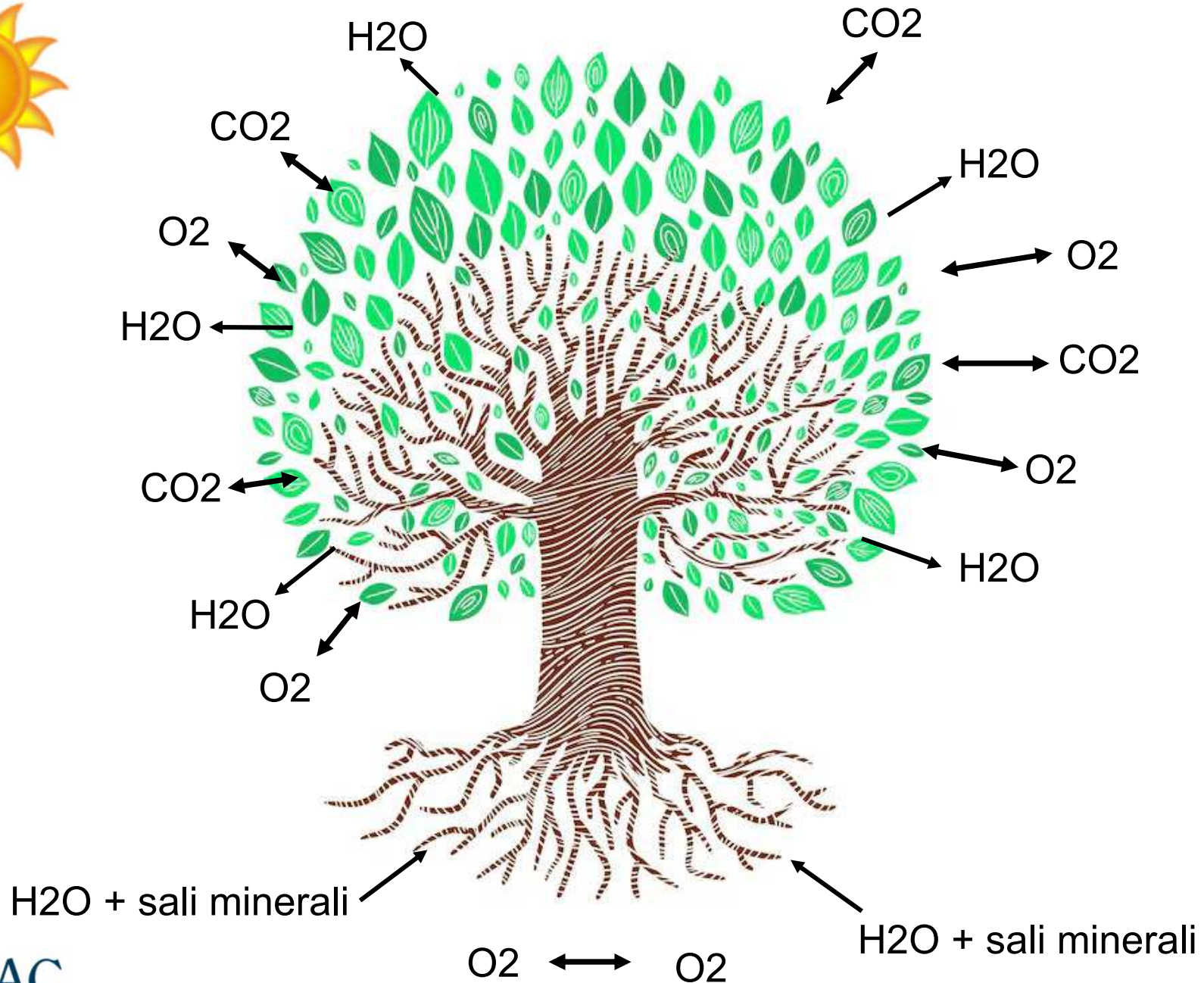


PSR LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



Regione
Lombardia

Funzionamento di un essere vegetale





Il substrato di coltivazione

DEFINIZIONE DI SUBSTRATO DI COLTIVAZIONE

"Materiali diversi dai suoli in situ, dove sono coltivati i vegetali"

D.Lg. n° 217 del 29 aprile 2006

Prodotto fertilizzante diverso dal suolo in situ che ha la funzione di far crescere piante (comprese le alghe) o funghi.

Reg. UE 1009/2019

"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 COLTURALE PER COPERTURE A VERDE

"Strato avente la funzione di sostenere lo sviluppo vegetale di una copertura a verde"

Norma UNI 11235:2015

"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture a verde"



Quali usi per i substrati?

- ambito ortoflorovivaistico

in contenitori per coltivazioni in ambiente protetto

in contenitori per coltivazioni in vivaio

in idroponica

*per semina, taleggio, allevamento, **trapianto***



- ambito ornamentale-tecnico

in fioriere

in aiuole

in coperture di strutture interrato e non (tetti verdi)



- ambito tecnico-sportivo

in aree verdi ad uso intensivo (realizzazioni)

in aree verdi ad uso ricreativo (ammendamento)



- ambito

Principali requisiti di un substrato

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

presentare adeguata capacità di ritenzione idrica, drenaggio e 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

avere uniformità di produzione e costo competitivo

essere facilmente reperibile

essere "sostenibile" (solo peat free?)

**per il vivaismo in particolare:
evitare successivi stress post trapianto**

Com'è formato un substrato

SISTEMA TRIFASICO (COME IL SUOLO)



• 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***

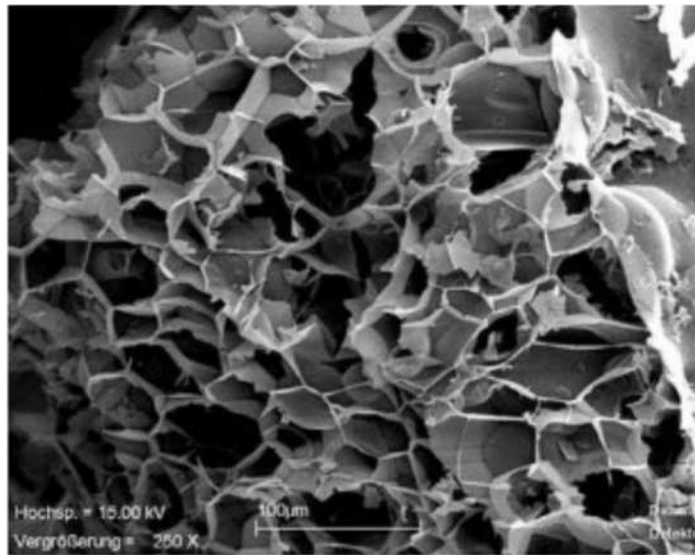
Substrati / Suolo

POROSITA' E ARIA

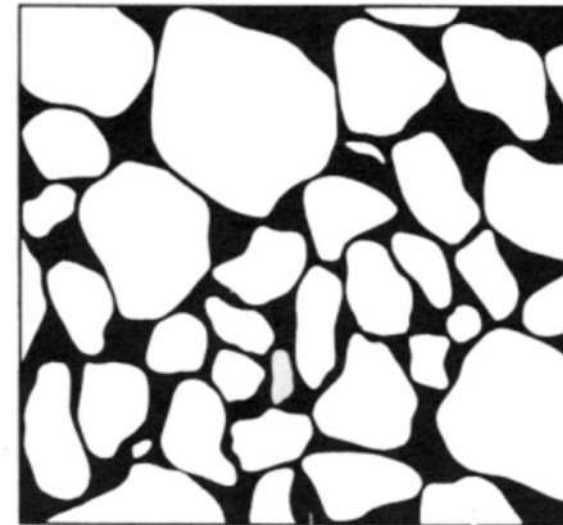
POROSITA' SUBSTRATO > POROSITA' SUOLO

70-95% v/v SUBSTRATI vs 35-50% v/v SUOLI

MAGGIORE MACROPOROSITA' NEI SUBSTRATI



Porosità substrati

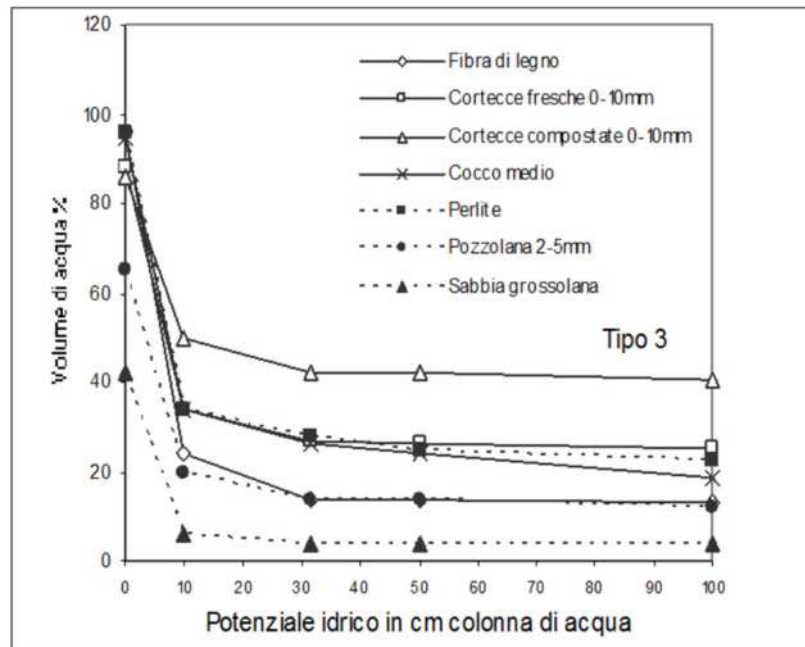


Porosità suoli

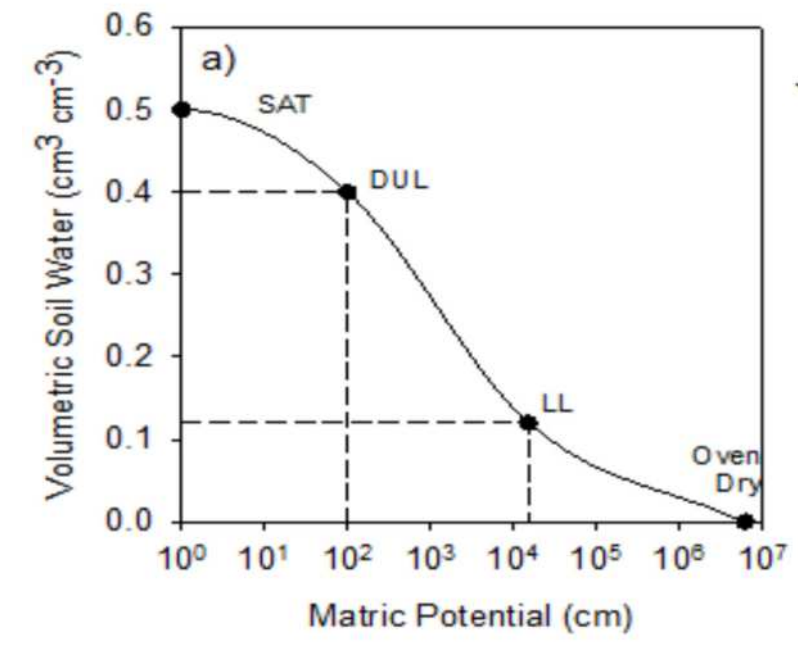
Substrati / Suolo

LA DISPONIBILITA' DI ACQUA

**NEL SUBSTRATO SONO MINORI LE FORZE DI MATRICE DEI COMPONENTI
 NEI SUBSTRATI RAPIDA EVOLUZIONE DELLA DINAMICA DELL'ACQUA/ARIA
 NECESSITA' / POSSIBILITA' DI INTERVENIRE /GESTIRE IRRIGAZIONE**



Curva ritenzione substrati



Curva ritenzione suoli

Caratterizzazione agronomica substrati di coltivazione

PRIMO CONCETTO FONDAMENTALE:

non esiste un substrato ottimale

bensi

un sistema di relazione pianta/substrato ottimale

*(specie coltivata, substrato, tecnica irrigua,
tecnica di concimazione, metodologia di
coltivazione, contenitore, condizioni ambientali)*

Substrati: il campionamento



*prima delicata fase del processo analitico
richiede particolare attenzione da parte
dell'operatore !!!*

metodologie generalmente applicate:

Gazzetta Ufficiale (fertilizzanti)

ANPA (ammendanti)

UNI EN 12579:2014 (substrati e ammendanti)

Caratterizzazione agronomica

parametri chimici

*reazione (pH), salinità
macro e microelementi
minerali solubili*

*sostanza organica,
capacità di scambio cationico*

Caratterizzazione agronomica substrati

parametri fisici

*densità, porosità
volumi d'acqua ed aria
a tensioni significative*

*granulometria, riduz. volume
alla compressione, permeabilità*

Caratterizzazione agronomica substrati

altri parametri



*volume
commerciale*

stabilità (OUR)

fitotossicità

immobilizzazione N

caratterizzazione agronomica substrati

diversi i metodi di prova a disposizione ed utilizzati in Europa :

(NL) Sonneveld et Al. 1974 (analisi chimiche)

estrazione acquosa in volume 1:1,5 con pressione substrato ad umidità pF 1,5 pari a 100g/cm²

(BG) De Boodt – Verdonck 1974 (analisi fisiche)

curva ritenzione idrica fino a pF 2 con utilizzo di imbuti a setto poroso e cassetta tensiometrica

(D) VDLUFA (analisi fisiche e chimiche)

estrazione in soluzioni saline e acquose in diversi rapporti peso:volume con determinazione densità del substrato per caduta

(D) DIN (analisi fisiche)

parametri fisici attraverso compattamento, saturazione e drenaggio

(EU) EN (analisi fisiche e chimiche)

estrazione acquosa in volume 1:5 con pressione substrato tq pari a 9,17 g/cm²

curva ritenzione idrica fino a pF 2 con utilizzo cassetta tensiometrica

(I) UNI (analisi fisiche e chimiche compost)

estrazioni acquose in diversi rapporti peso:volume

parametri fisici attraverso saturazione ed utilizzo cassetta tensiometrica

(EU) pubblicazioni scientifiche

principali metodologie analitiche parametri chimici

complesso delle norme EN

EN 13040 - preparazione del campione

EN 13037 - determinazione del pH

EN 13038 - determinazione della conducibilità elettrica

EN 13039 - determinazione contenuto di sostanza organica

EN 13652* - estrazione degli elementi nutritivi solubili in acqua

EN 13651* - estrazione degli elementi nutritivi solubili in CAT

****: risultati espressi per litro di substrato***

metodo di Sonneveld (#)

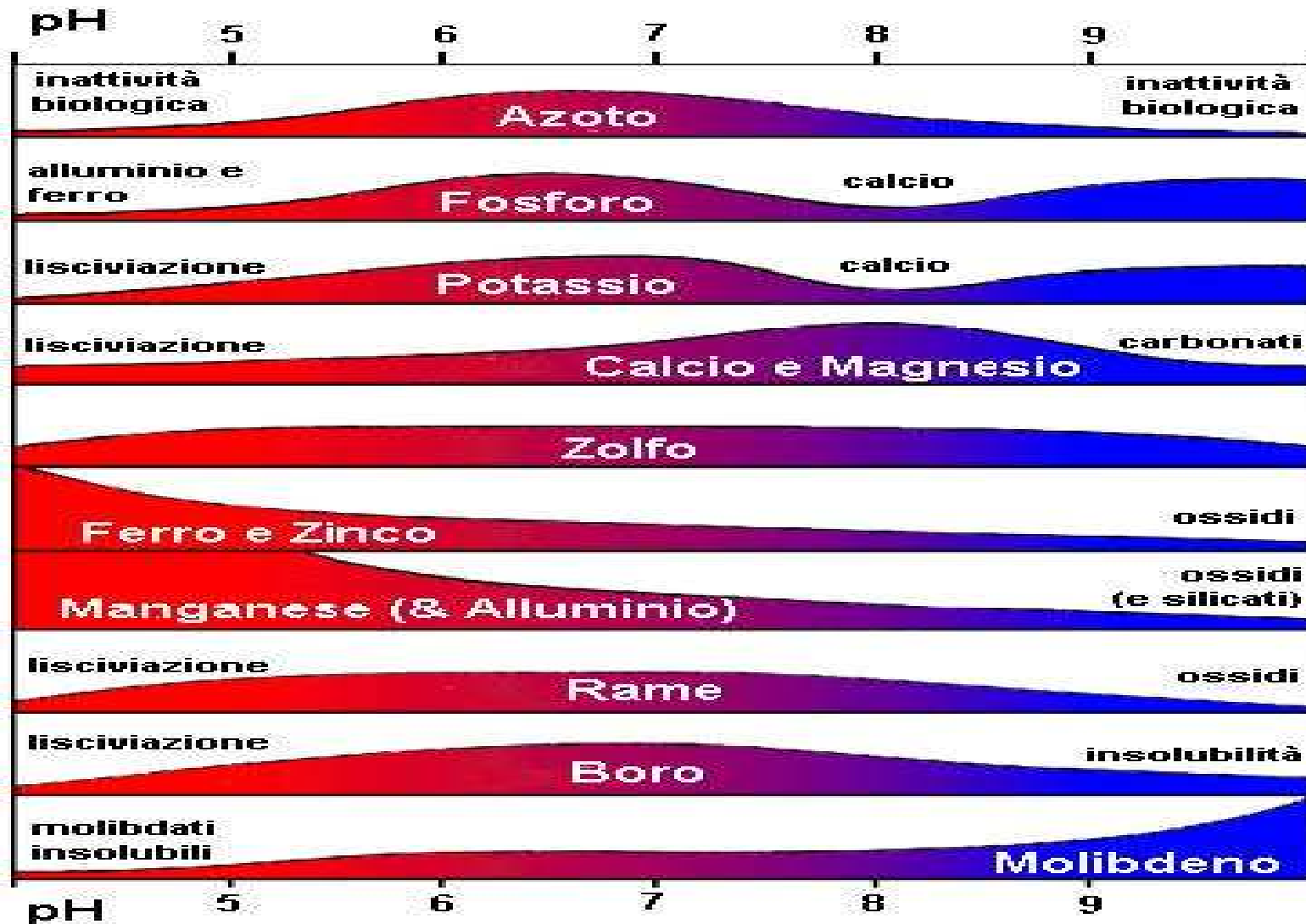
analisi degli elementi minerali solubili in acqua mediante un estratto acquoso in rapporto 1:1,5 in volume (1974)

#: risultati espressi per litro di estratto acquoso

SIGNIFICATO AGRONOMICO

Reazione (pH)

influenza disponibilità/tossicità elementi, attività microbica



SIGNIFICATO AGRONOMICO

Salinità (conducibilità elettrica – CE)

La conducibilità elettrica di un substrato è correlato alla salinità/concentrazione di sali

Non fornisce indicazioni di dettaglio

(disponibilità di quali elementi/fitotossicità di quali altri)

Le concimazioni innalzano la CE

Valori di riferimento estratto acquoso Sonneveld (1:1,5):

Basso = < 0,6 mS/cm

Medio = 0,6-1,5 mS/cm

Alto = > 1,5 mS/cm

Valori riferimento estratto acquoso EN (1:5)

Basso = <10 mS/m

Medio = 50-60 mS/m

Alto = > 60 mS/m

La misura della EC (conducibilità elettrica) in vaso

questo parametro indica la disponibilità/concentrazione di sali nel substrato/soluzione

non specifica quali elementi sono carenti o in eccesso

Il valore misurato direttamente in vaso dipende dal contenuto idrico del substrato !!!

*tale valore può incrementare di **2 volte** dal mattino alla sera (causa prelievo di acqua da parte delle radici delle piante durante il giorno)*

Può risultare utile utilizzare un «indice» dato dal rapporto EC/contenuto di umidità

SIGNIFICATO AGRONOMICO

elementi solubili (in H₂O o in CAT)

evidenziano la pronta disponibilità di elementi nutritivi

metodo di Sonneveld mg/l estratto

EN 13652 – mg/l substrato

<i>PARAMETRO</i>	<i>basso</i>	<i>normale</i>	<i>alto</i>
EC (mS/cm)	< 0,6	0,6–1,5	> 1,5
N-NO ₃ (mg/l)	< 40	40 – 80	> 80
N-NH ₄ (mg/l)	< 25	25 – 35	35
K (mg/l)	< 12	12 – 43	43 – 70
Na (mg/l)	< 40	40 – 60	> 60
Ca (mg/l)	< 40	40 – 80	> 80
Mg (mg/l)	< 25	25 – 45	> 45
P ₂ O ₅ (mg/l)	< 50	50 – 70	> 70

<i>PARAMETRO</i>	<i>Livello normalità</i>
EC (mS/m)	< 50-60
N-NO ₃ (mg/l)	< 190
N-NH ₄ (mg/l)	< 40
K (mg/l)	< 350
Na (mg/l)	< 120
Ca (mg/l)	< 360
Mg (mg/l)	< 110
P (mg/l)	< 90

Variazione delle proprietà chimiche nel tempo

Fonte P. Zaccheo, L. Crippa (UNI MI)

Variazione valore di EC in 12 mesi

C1 non concimato

A concime CE con inibitore

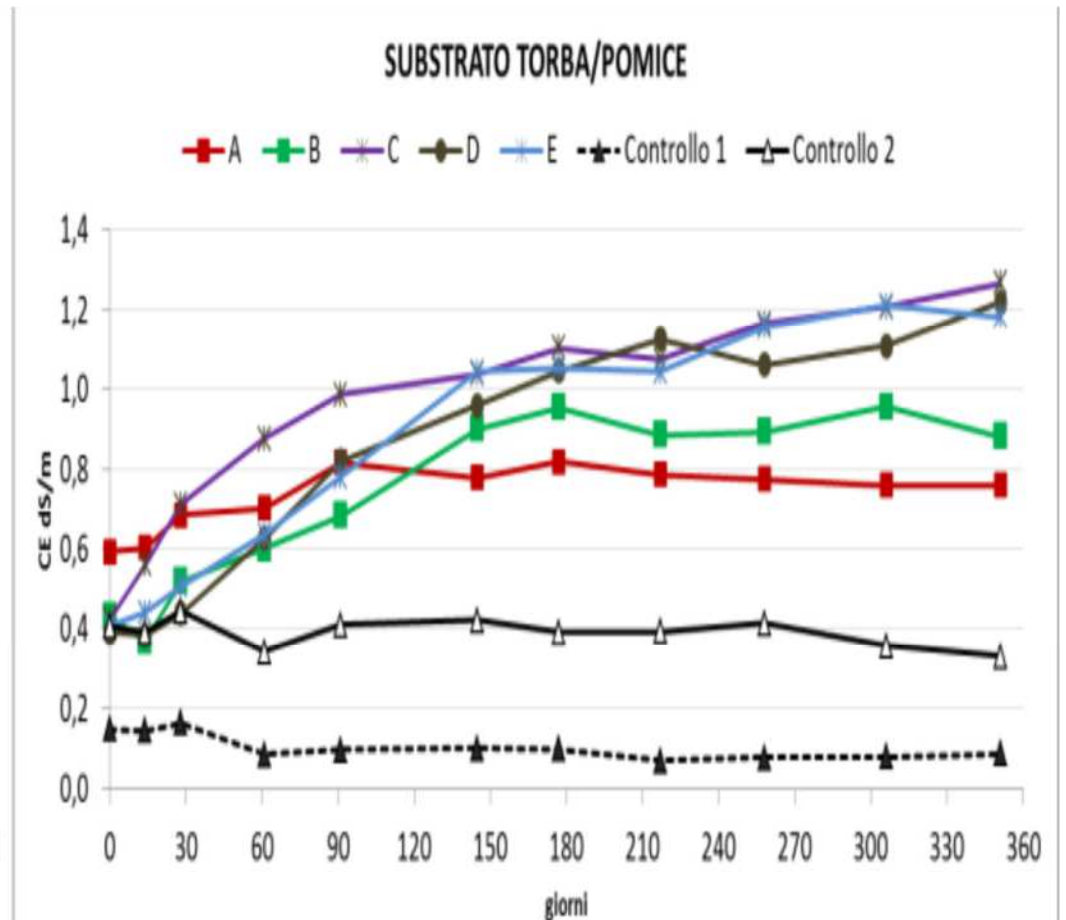
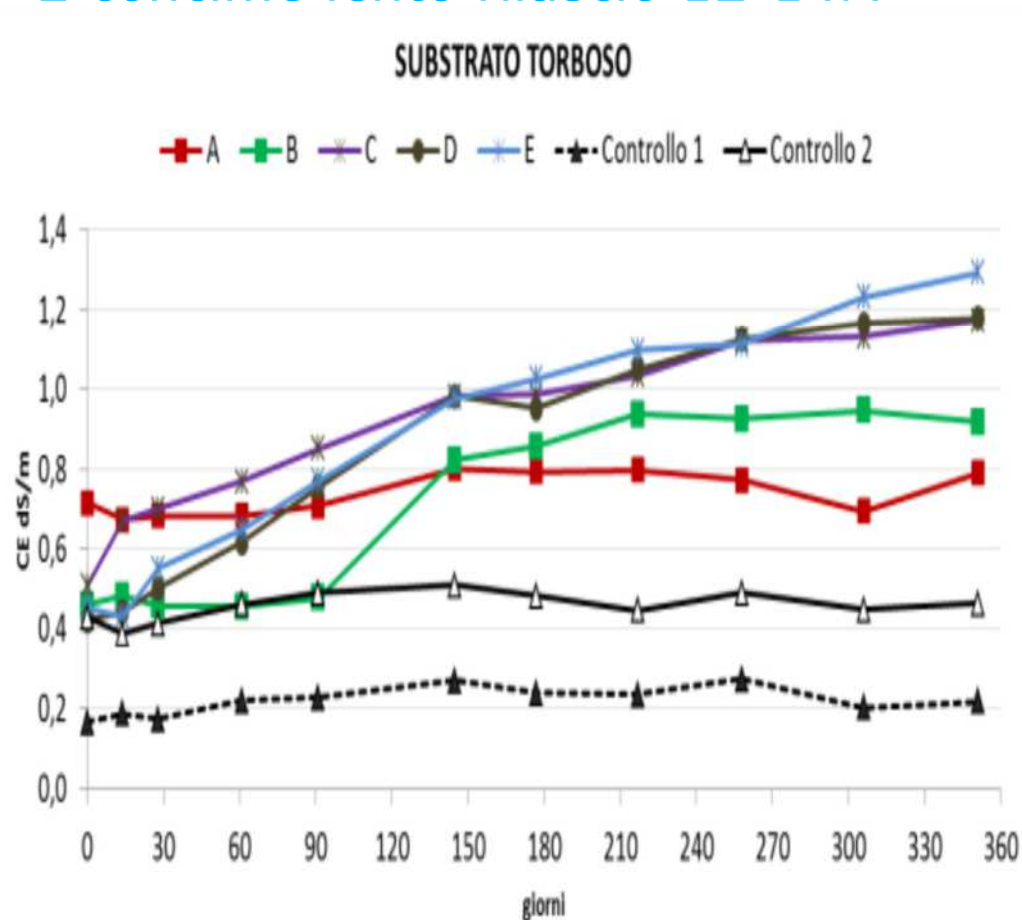
C concime lento rilascio 6M

E concime lento rilascio 12-14M

C2 concime idrosolubile NPK

B concime organico

D concime lento rilascio 8M



Variazione delle proprietà chimiche nel tempo

Fonte P. Zaccheo, L. Crippa (UNI MI)

Variazione valore di PH in 12 mesi

C1 non concimato

A concime CE con inibitore

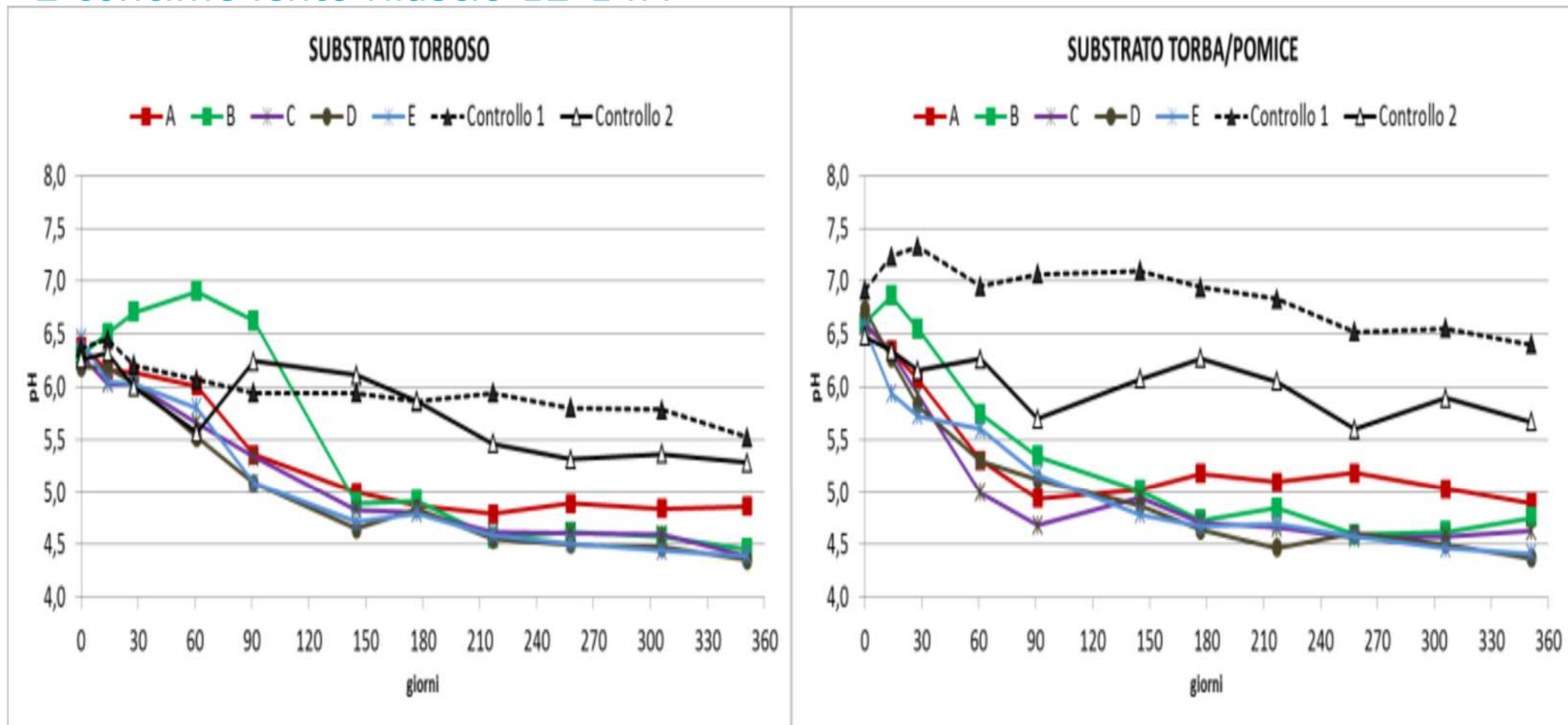
C concime lento rilascio 6M

E concime lento rilascio 12-14M

C2 concime idrosolubile NPK

B concime organico

D concime lento rilascio 8M

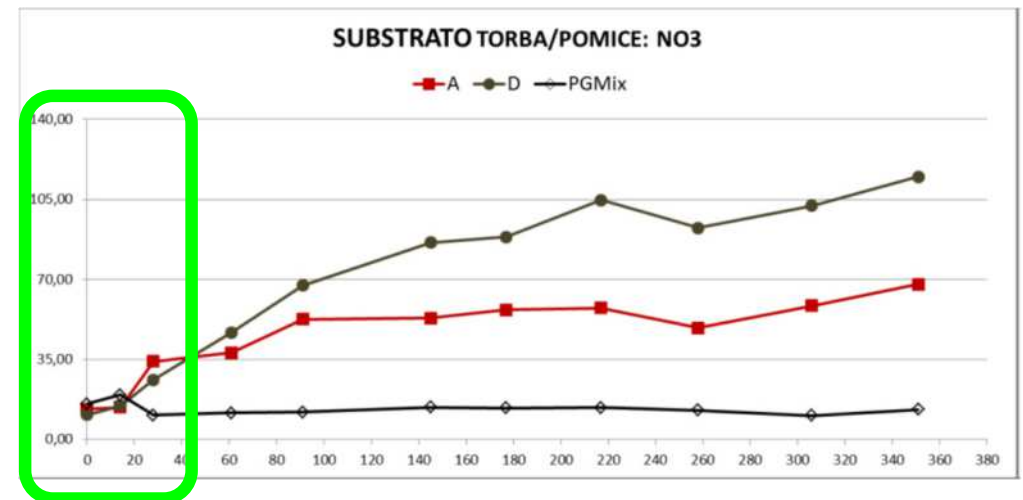
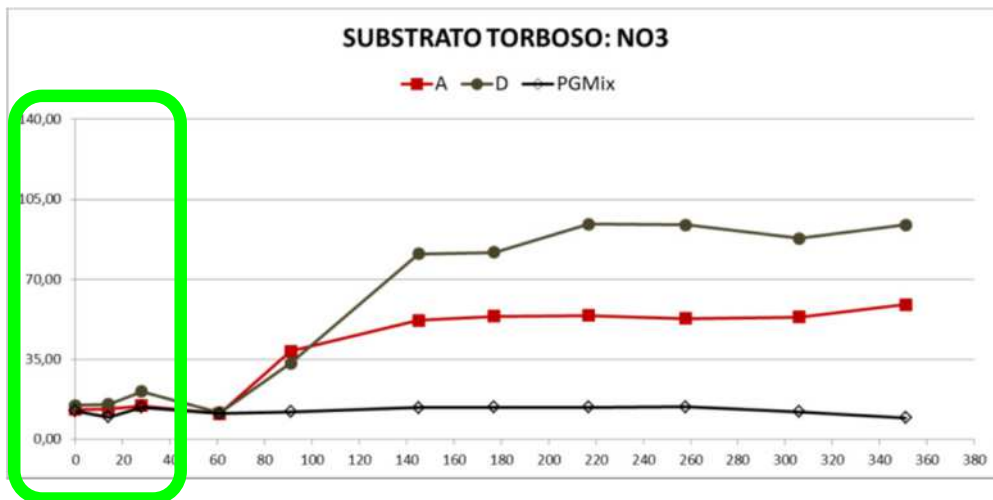
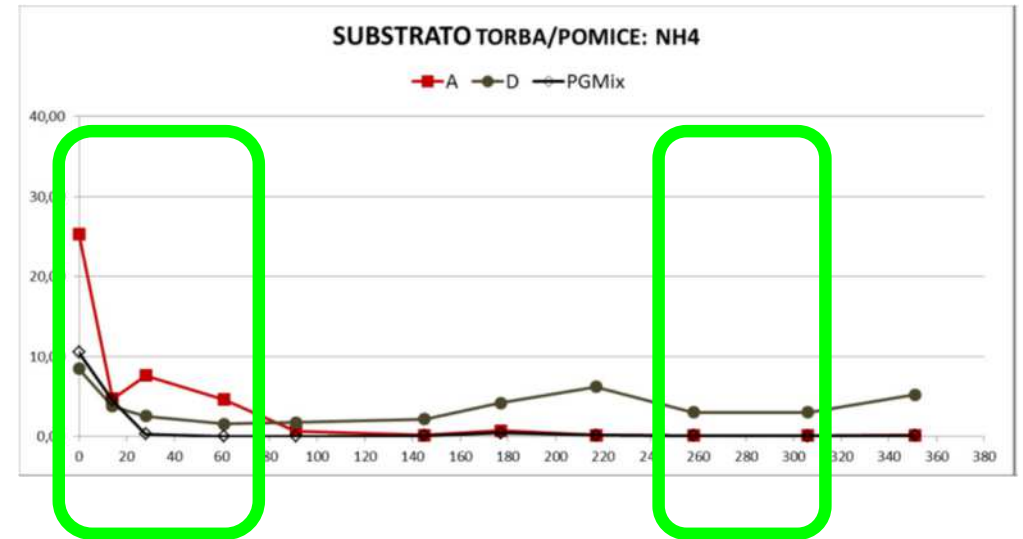
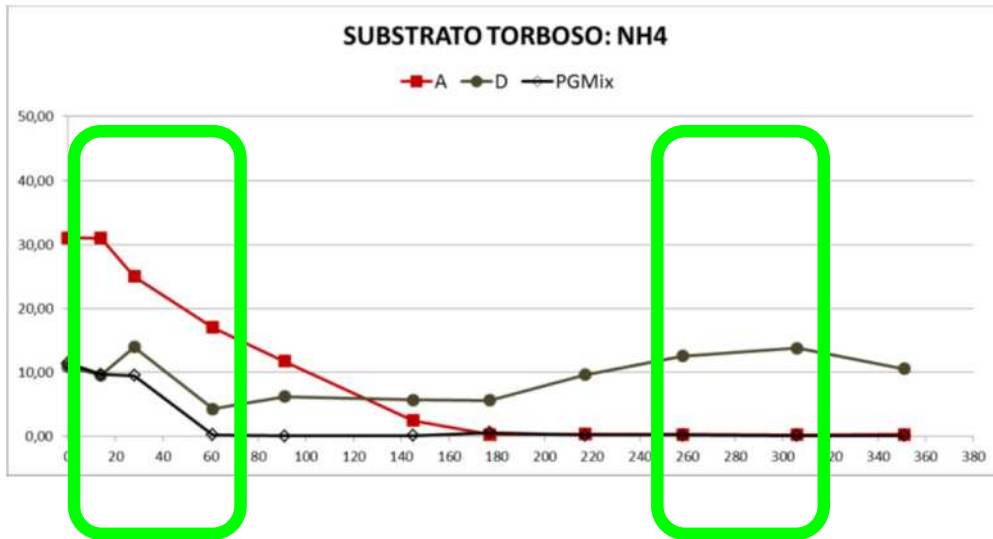


Variazione delle proprietà chimiche nel tempo

Fonte P. Zaccheo, L. Crippa (UNI MI)

Variazione valore di Nmin in 12 mesi

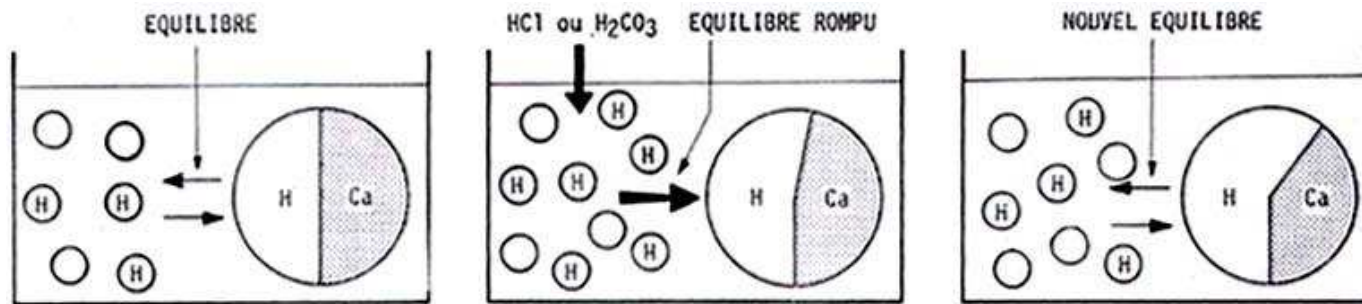
A concime CE con inibitore – D concime lento rilascio 8M – PGMix solubile



- nel mix TP rapida e costante riduzione dell'ammonio nella soluzione circolante (CSC)
- trasformazione dell'azoto ammoniacale in nitrato favorita nell'ambiente più aerato in TP

CAPACITA' DI SCAMBIO CATIONICO ***estrazione in bario cloruro***

capacità del substrato di legare elementi



Non tutti gli elementi sono prontamente disponibili.

Tale capacità assorbente dipende dai composti del substrato e dal valore di pH

Affinità dei cationi per le superfici cariche:

Ca > Mg > K = NH₄ > Na

Cu > Pb > Zn > Cd > Mn

Metodologie analitiche

parametri fisici

EN 13041 - *determinazione delle proprietà fisiche: densità apparente secca e densità reale, porosità totale, volume d'aria e volume d'acqua a differenti tensioni, coefficiente di restringimento*

EN 15428 - *distribuzione granulometrica*

volume commerciale

EN 12580 - *determinazione delle quantità*

saggi/test di fitotossicità

EN 16086-1

determinazione degli effetti sulle piante – prove in vaso

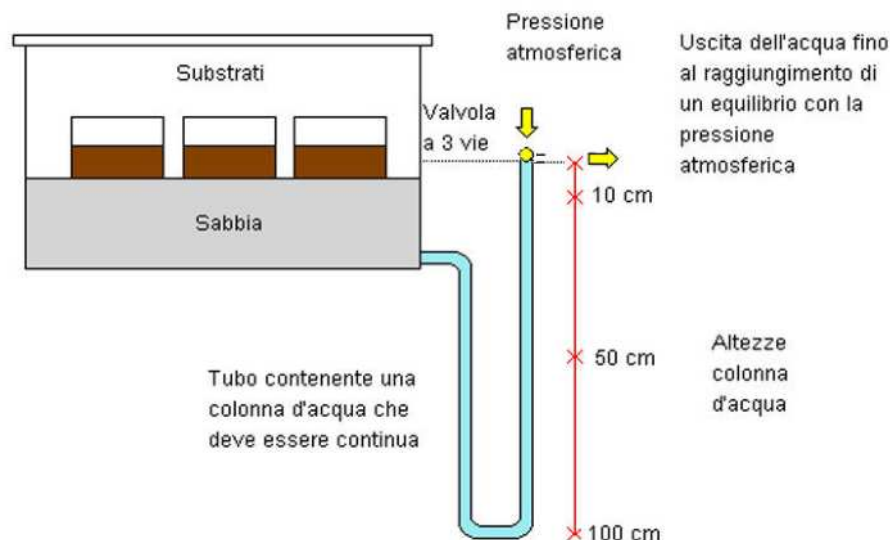
EN 16086-2

determinazione degli effetti sulle piante – prove in petri

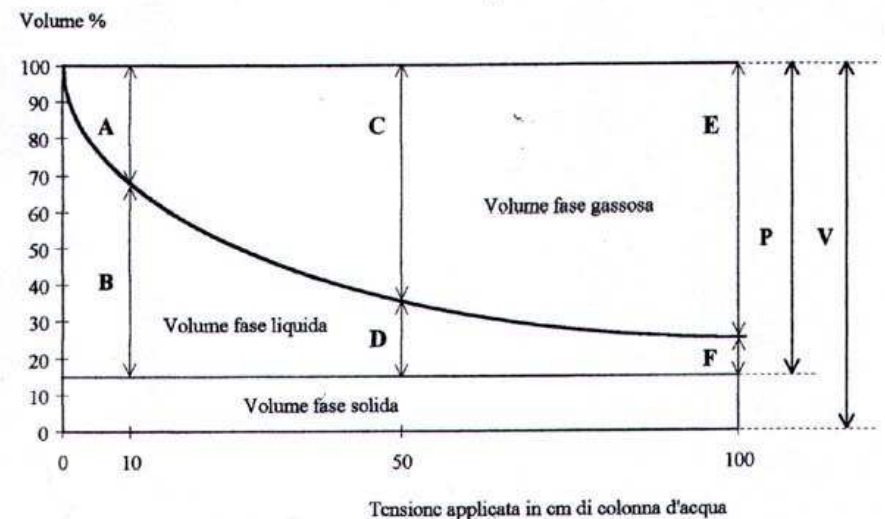
Reg. Lombardia D.g.r. 16/04/2003 – n°7/12764 – All. B
effetto di matrici complesse sulla crescita delle piante superiori

Caratterizzazione fisica di un substrato

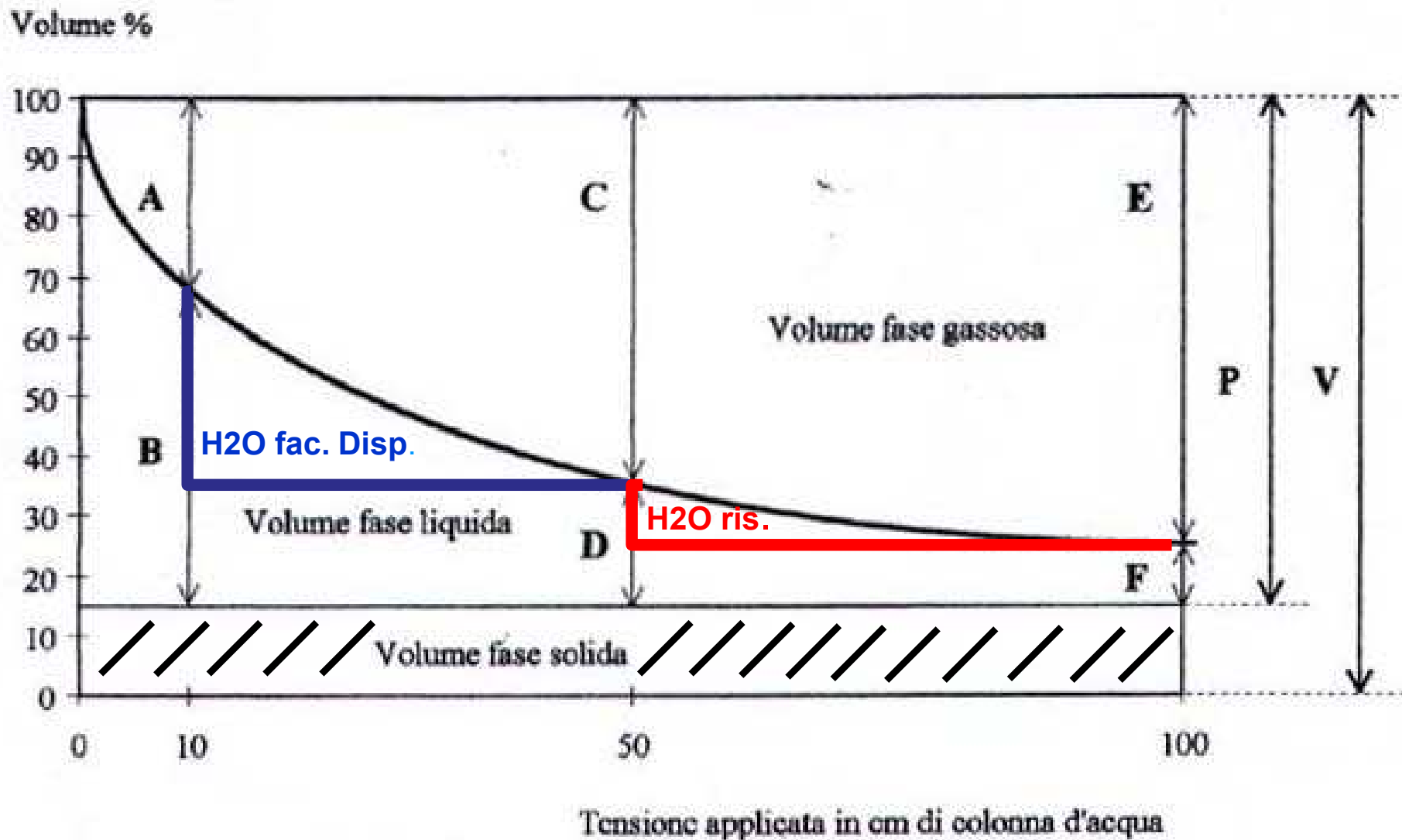
Curva ritenzione idrica - metodologia applicata :
su di un campione di substrato imbibito di acqua a saturazione si applica una tensione esterna nota e significativa della capacità dell'apparato radicale di sottrarre acqua al sistema sino a raggiungere la condizione di equilibrio e se ne determina il contenuto idrico.



Curva di ritenzione idrica



Curva di ritenzione idrica di un substrato per florovivaismo

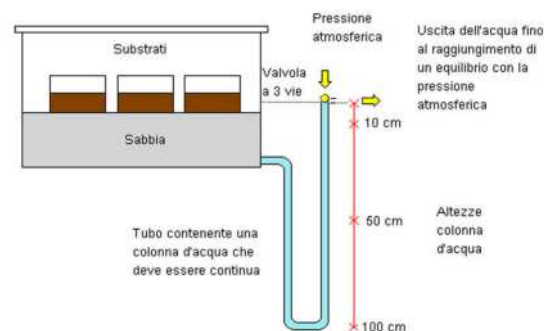


Caratterizzazione fisica di un substrato

Curva di re-imbibizione – verifica idrofobia metodologia applicata

*Determinazione della risalita capillare dell'acqua in un substrato essiccato a 40°C e posizionato su cassetta tensiometrica satura di acqua con spessore acqua superficiale di 2 mm:
con una frequenza di tempo determinata si pesa il substrato per determinare l'acqua di imbibizione*

Durata del test: 7 giorni

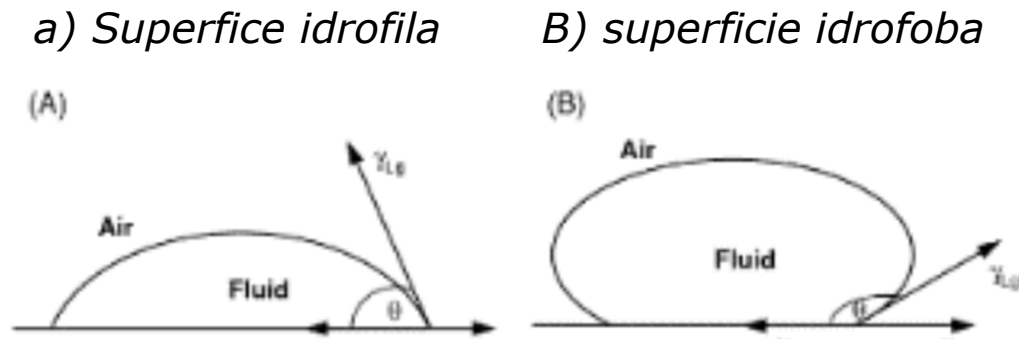


Caratterizzazione fisica di un substrato

Fonte P. Zaccheo, L. Crippa (UNI MI)

BAGNABILITA'

L'angolo di contatto fra acqua e substrato determina la bagnabilità dello stesso



Angolo di contatto liquido/substrato

tensione	Torba nera	Torba nera + argilla
-32 kPa	76	76
-100 kPa	81	81
-100 Mpa	112	88

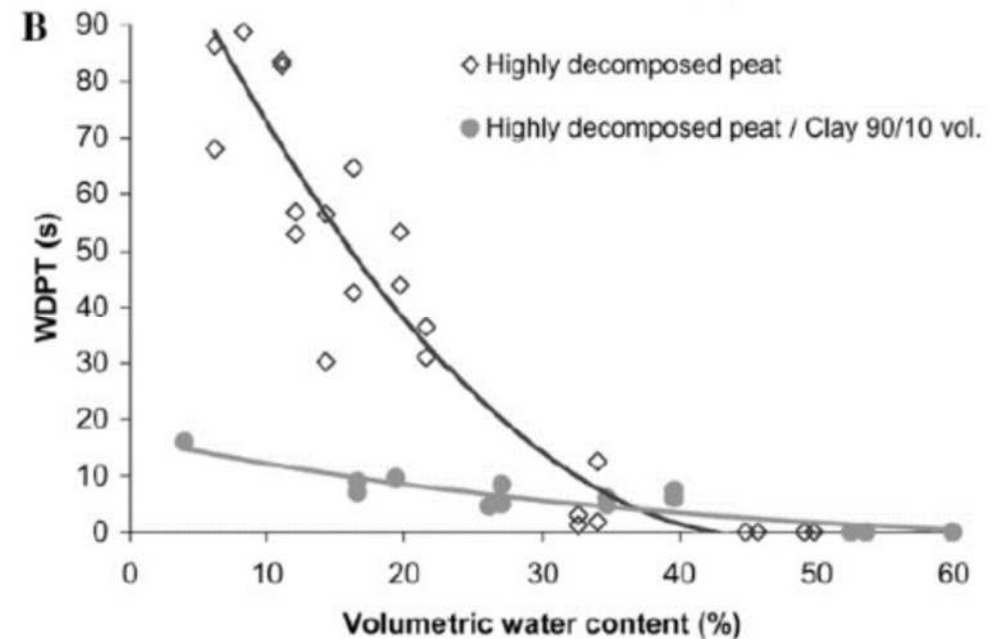
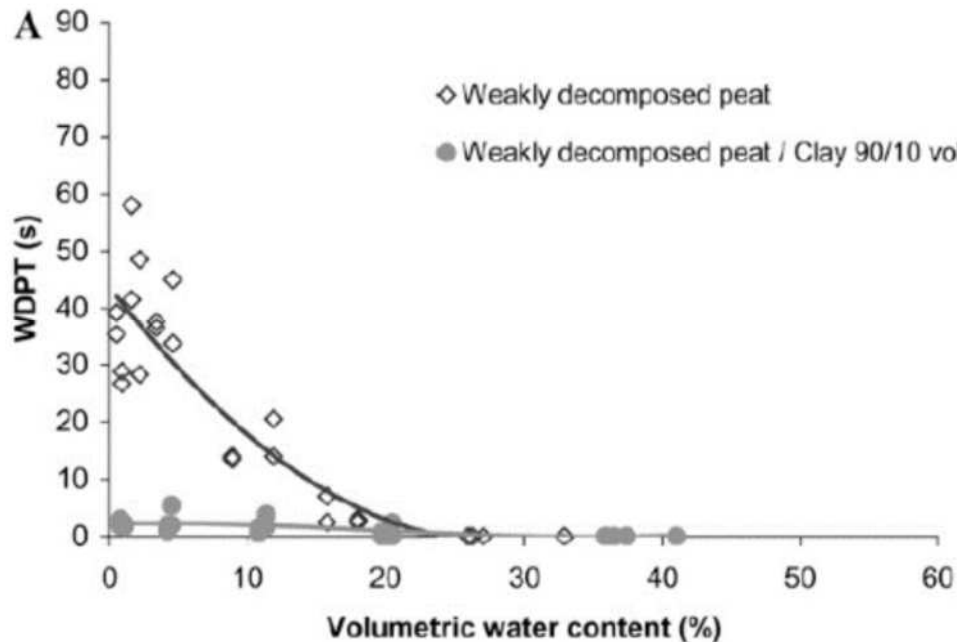
Caratterizzazione fisica di un substrato

Fonte P. Zaccheo, L. Crippa (UNI MI)

BAGNABILITA': WDPT - Water Drop Penetration Time (sec)

Classificazione substrati in relazione al WDPT

WDPT	< 5 sec	5-60 sec	60-600 sec	600-1 h	> 1 h
Stato superficie	idrofila	Leggermente idrofila	Molto idrofoba	Fortemente idrofoba	Estremamente idrofoba



interpretazione dei principali parametri fisici

<i>PARAMETRO</i>	<i>leggero/basso</i>	<i>normale</i>	<i>pesante/elevato</i>
<i>densità apparente (kg/m³)</i>	<i>< 60</i>	<i>60 - 250</i>	<i>> 250</i>
<i>porosità totale (%v/v)</i>	<i>< 80</i>	<i>80 - 95</i>	<i>> 95</i>
<i>volume d'aria a pF1 (%v/v)</i>	<i>< 15</i>	<i>15 - 35</i>	<i>> 35</i>
<i>volume d'acqua a pF1 (%v/v)</i>	<i>< 50</i>	<i>50 - 80</i>	<i>> 80</i>
<i>volume d'acqua facilmente disponibile (%v/v)</i>	<i>< 30</i>	<i>30 - 40</i>	<i>> 40</i>

interpretazione dei principali parametri fisici (classificazione RHP)

<i>classe RHP</i>	<i>aria pF1 (% v/v)</i>
<i>1</i>	<i>> 60%</i>
<i>2</i>	<i>41 - 60 %</i>
<i>3</i>	<i>26 - 40 %</i>
<i>4</i>	<i>16 - 25 %</i>
<i>5</i>	<i>6 - 15%</i>
<i>6</i>	<i>< 6 %</i>

Granulometria substrato

Granulometria – metodologia applicata:
si determina mediante setacciatura a secco

setaccio 1	31,5 mm
setaccio 2	16 mm
setaccio 3	8 mm
setaccio 4	4 mm
setaccio 5	2 mm
setaccio 6	1 mm
setaccio 7	< 1mm

La capacità per l'aria di un substrato dipende dalla presenza della frazione fine <1 mm, in particolare di quella < 0,25 mm. L'acqua facilmente disponibile dalla frazione fra 0,1 e 0,25 mm

Metodologie analitiche

test immobilizzazione N

Riferimento International Substrate Manual – 4.7 (Handreck)

Utilizzato principalmente per le fibre di legno.

RHP prescrizioni:

<28 mg N/L materiale: 100% di utilizzo

28-56 mg N/L materiale: 50% di utilizzo

56-84 mg N/L materiale: 33% di utilizzo

84-112 mg N/L materiale: 25% di utilizzo

>112 mg N/L materiale: 20% di utilizzo

RAL prescrizioni:

<100 mg N/L materiale: 40% di utilizzo

100-200 mg N/L materiale: 20% di utilizzo

Stabilità (OUR)

EN 16087-1

Ammendanti compostati $OUR \leq 25 \text{ mmol O}_2/\text{kg S.O./h}$

(Reg UE 1009/2019 + Ecolabel 2022)

Substrati di coltivazione $OUR \leq 15 \text{ mmol O}_2/\text{kg S.O./h}$

(Ecolabel 2022)



PRINCIPALI COSTITUENTI DEI SUBSTRATI

PRINCIPALI COMPONENTI ORGANICHE

Torbe (sfango, bionda, bruna, nera)

Ammendanti compostati verdi

Ammendanti compostati misti

Cocco (fibre, midollo)

Fibre di legno (conifere, castagno,)

Cortecce compostate

Lolla di riso

Biochar (da pirolisi, granulare)

PRINCIPALI COMPONENTI INORGANICHE

Sabbia (silicea)

Pomici e Lapilli (sabbia, granulare)

Argilla (espansa o granulare)

Perlite (da trattamento termico)

Zeoliti (granulari)

Lana di roccia (anche recuperata)

TORBE

<i>tipologia</i>	<i>struttura</i>	<i>applicazione</i>	<i>note</i>
<i>Torba sfagno</i>	<i>Fine-media-grossa</i>	<i>la grossa in contenitori grandi</i>	<i>poco decomposta, elevata ritenzione</i>
<i>Torba bionda</i>	<i>Fine-media-grossa</i>	<i>la grossa in contenitori grandi</i>	<i>+ specie botaniche, minor ritenzione rispetto a sfagno</i>
<i>Torba bruna</i>	<i>Fine-media-grossa</i>	<i>la grossa in contenitori grandi</i>	<i>minor ritenzione rispetto a bionda, stabile</i>
<i>Torba nera condizionata</i>	<i>fine</i>	<i>produzione di cubetti</i>	<i>+ esposizione al freddo migliora porosità e ritenzione</i>
<i>Torba nera</i>	<i>fine</i>	<i>Per cubetti con quella precedente</i>	<i>Minor ritenzione della precedente</i>

Fonte C. Cattivello (ERSA FVG)

ALTRE COMPONENTI ORGANICHE

<i>Effetto in mix torba</i>	<i>ACV/ACM</i>	<i>COCCO (MIDOLLO)</i>	<i>FIBRA LEGNO STABILIZZATA</i>
<i>volume aria</i>	- / =	=	= / +
<i>ritenzione</i>	- / =	= / +	- / =
<i>stabilità</i>	=	=	=
<i>peso</i>	= / +	=	- / =
<i>salinità</i>	+	=	=
<i>soppressione patogeni</i>	+	=	- / =

Fonte C. Cattivello (ERSA FVG)

ALTRE COMPONENTI MINERALI

<i>Effetto in mix torba</i>	<i>POMICE/LAPILLO</i>	<i>ARGILLA GRANULARE</i>	<i>ZEOLITE GRANULARE</i>
<i>volume aria</i>	+	- / =	- / =
<i>ritenzione</i>	-	-	-
<i>stabilità</i>	=	= / +	=
<i>peso</i>	+	+	+
<i>salinità</i>	=	=	=
<i>soppressione patogeni</i>	- / =	- / =	- / =

Fonte C. Cattivello (ERSA FVG)

TORBA

caratteristiche fisiche e chimiche

Principali caratteristiche fisiche (valori medi indicativi)

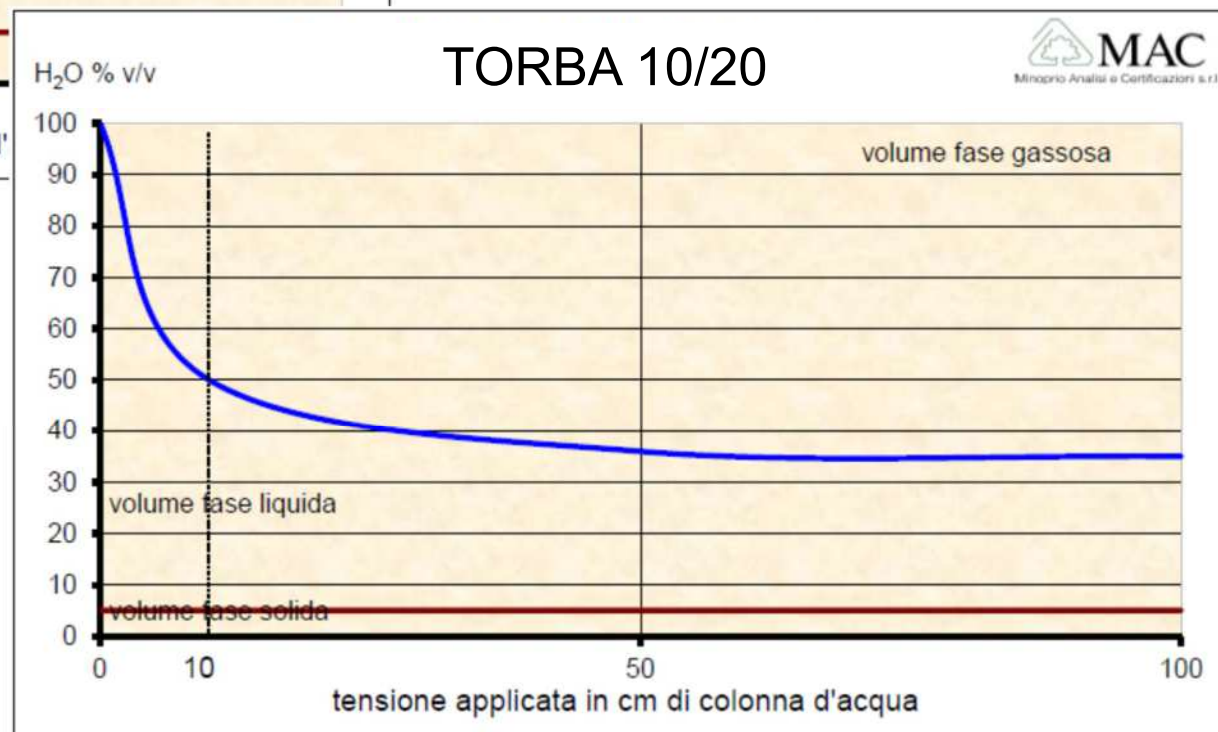
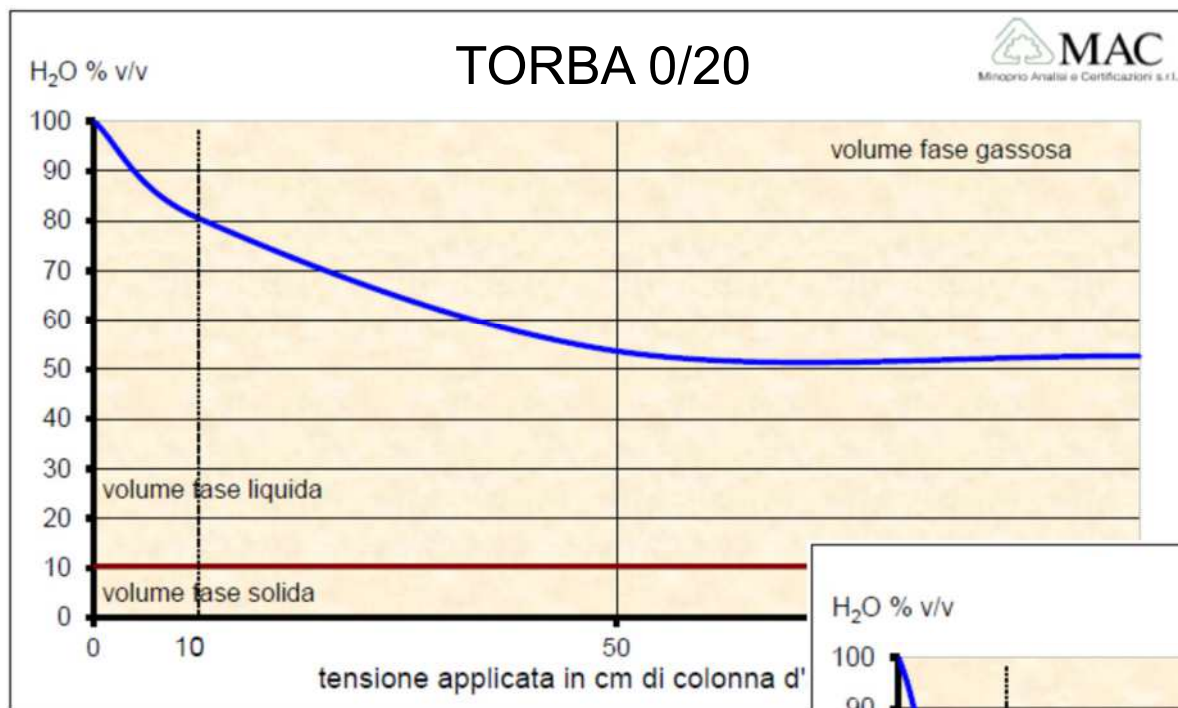
<i>densità reale</i>	<i>1550-1630 kg/m³</i>
<i>densità apparente</i>	<i>47-290 kg/m³</i>
<i>porosità totale</i>	<i>81-97 % v/v</i>
<i>volume aria pF 1</i>	<i>1-45 % v/v</i>
<i>volume acqua pF 1</i>	<i>50-96 % v/v</i>

Principali caratteristiche chimiche (valori medi indicativi)

<i>sostanza organica</i>	<i>80-95 %</i>
<i>EC (salinità 1:1,5)</i>	<i>0,1-0,3 mS/cm</i>
<i>pH</i>	<i>3,4-4,4 (fino 7,00)</i>

TORBA

curva di ritenzione idrica



FIBRA O MIDOLLO DI COCCO ***caratteristiche fisiche e chimiche***

Principali caratteristiche fisiche (valori medi indicativi)

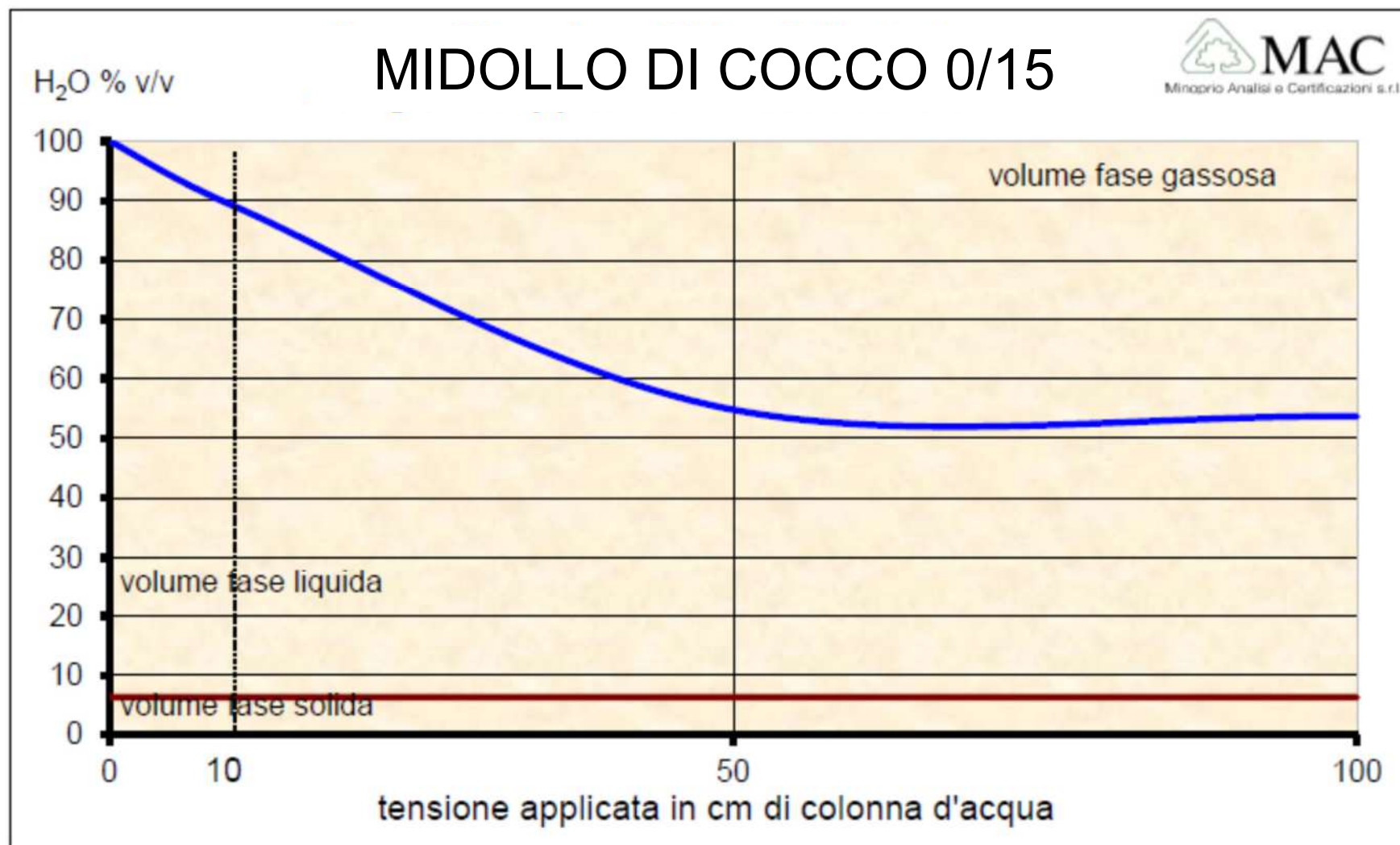
<i>densità reale</i>	<i>1360 kg/m³</i>
<i>densità apparente</i>	<i>73-116 kg/m³</i>
<i>porosità totale</i>	<i>93-95 % v/v</i>
<i>volume aria pF 1</i>	<i>18-34 % v/v</i>
<i>volume acqua pF 1</i>	<i>61-77 % v/v</i>

Principali caratteristiche chimiche (valori medi indicativi)

<i>sostanza organica</i>	<i>81-95 %</i>
<i>EC (salinità 1:1,5)</i>	<i>0,2-0,4 mS/cm</i>
<i>pH</i>	<i>6,0-7,0</i>

MIDOLLO DI COCCO

curva di ritenzione idrica



FIBRA DI LEGNO

caratteristiche fisiche e chimiche

Principali caratteristiche fisiche (valori medi indicativi)

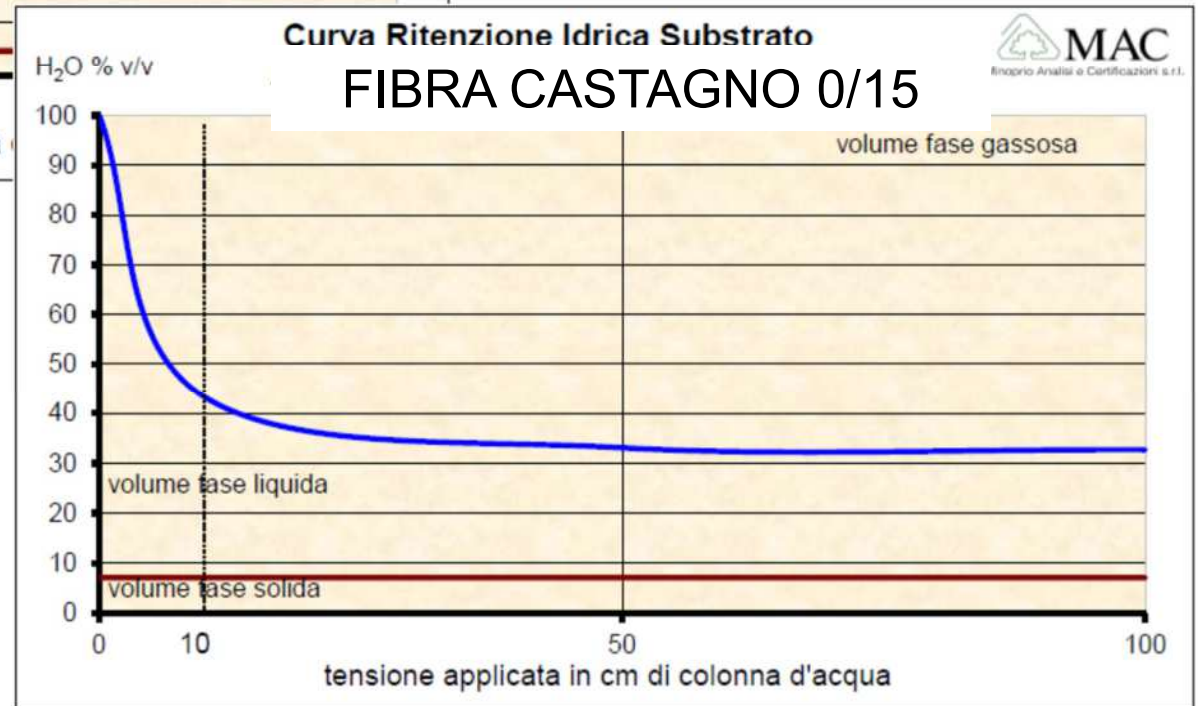
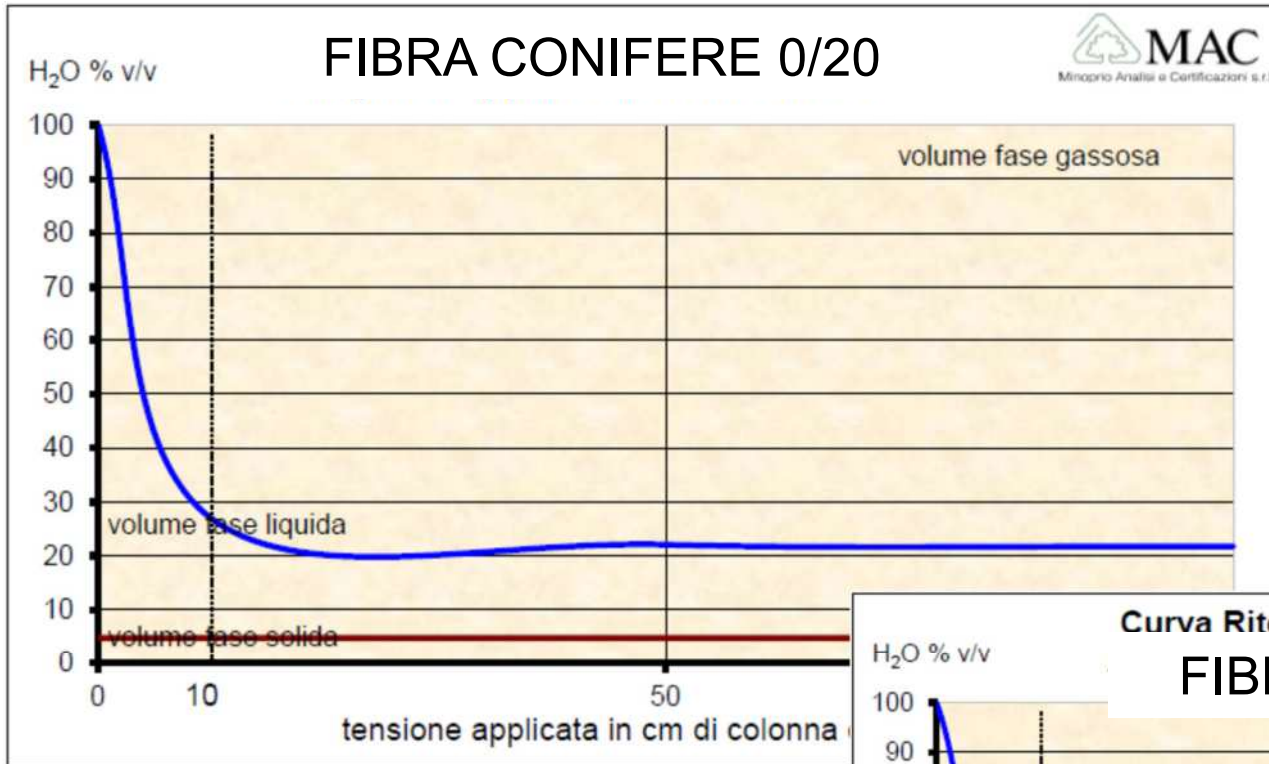
<i>densità reale</i>	<i>1200-1680 kg/m³</i>
<i>densità apparente</i>	<i>55-125 kg/m³</i>
<i>porosità totale</i>	<i>92-96 % v/v</i>
<i>volume aria pF 1</i>	<i>47-78 % v/v</i>
<i>volume acqua pF 1</i>	<i>18-48 % v/v</i>

Principali caratteristiche chimiche (valori medi indicativi)

<i>sostanza organica</i>	<i>92-100 %</i>
<i>EC (salinità 1:1,5)</i>	<i>0,1-0,5 mS/cm</i>
<i>pH</i>	<i>3,8-5,4</i>

FIBRA DI LEGNO

curva di ritenzione idrica



AMMENDANTE COMPOSTATO

caratteristiche fisiche e chimiche

Principali caratteristiche fisiche (valori medi indicativi)

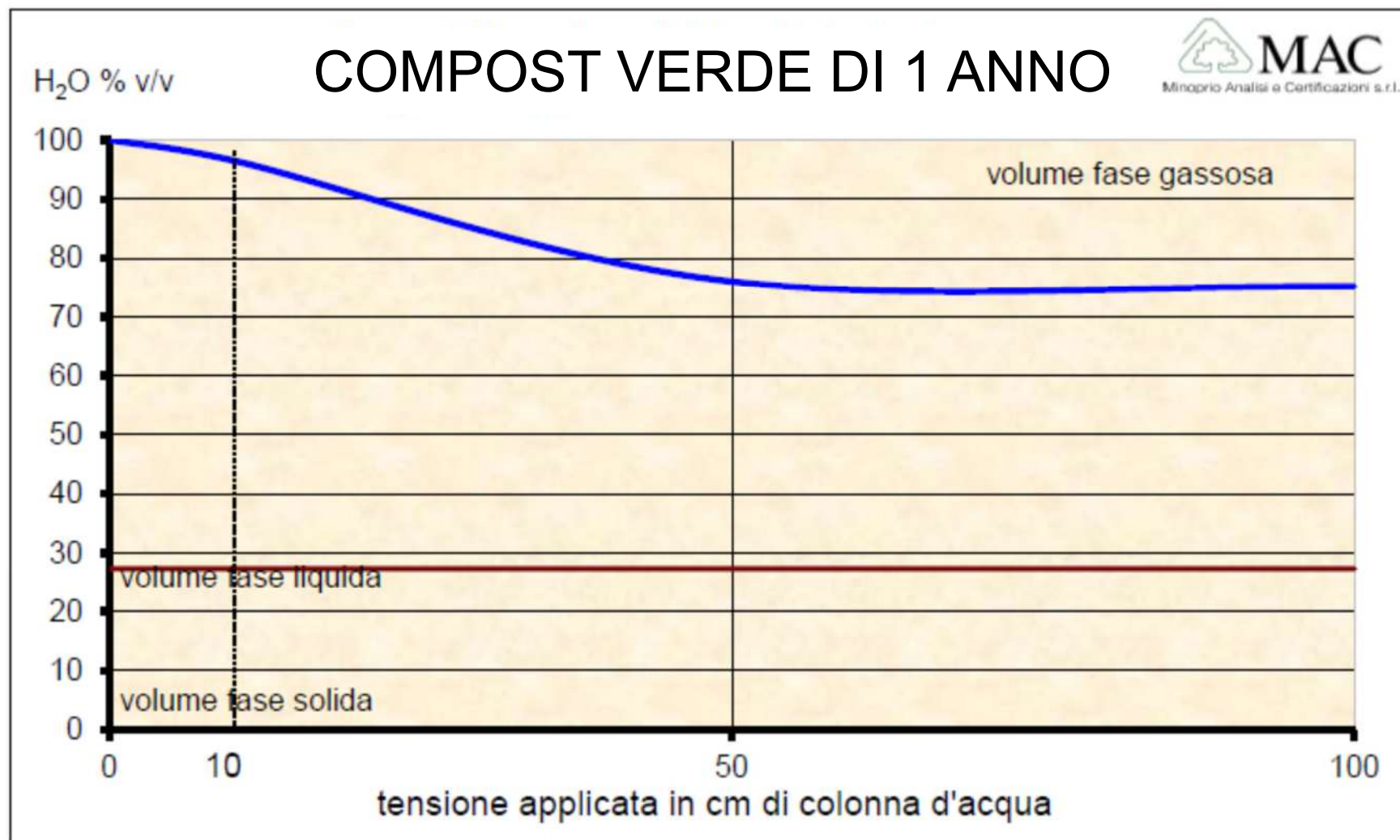
<i>densità reale</i>	<i>1900-2200 kg/m³</i>
<i>densità apparente</i>	<i>300-500 kg/m³</i>
<i>porosità totale</i>	<i>80-85 % v/v</i>
<i>volume aria pF 1</i>	<i>15-40 % v/v</i>
<i>volume acqua pF 1</i>	<i>50-70 % v/v</i>

Principali caratteristiche chimiche (valori medi indicativi)

<i>sostanza organica</i>	<i>40-65 %</i>
<i>EC (salinità 1:1,5)</i>	<i>1,5-3,0 mS/cm</i>
<i>pH</i>	<i>7,2-8,5</i>
<i>K solubile (1:1,5)</i>	<i>400-900 mg/l estratto</i>

AMMENDANTE COMPOSTATO VERDE

curva di ritenzione idrica



Sabbia: granulometria compresa fra mm 0,5-2, densità reale alta, bassa ritenzione idrica ma anche scarso contenuto d'aria; in miscela con torba può ridurre sensibilmente la porosità finale.

Perlite: prodotta dal riscaldamento (1000 °C) di Al silicato di origine vulcanica; materiale espanso molto leggero, bassa ritenzione idrica, elevata capacità drenante, inerte a pH neutro.

Pomice e lapillo: materiali porosi originatisi da eruzione vulcanica esplosiva e contenenti piccole quantità di elementi minerali (K, Na, Ca, Mg, Fe), hanno discreta CSC (capacità di scambio cationico = 15-30 meq/100 g), pH sub-acido/neutro, bassa salinità. La capacità drenante è dipendente dalla granulometria disponibile (0-40 mm).

Zeolite: di origine vulcanica, a granulometria differente (0-20 mm), elevata CSC (fino 200 meq/100 g), pH neutro, buona porosità.

Vermiculite: silicato di Al, Fe e Mn, estratto da giacimenti naturali, a seguito di un riscaldamento lampo espande 20 volte il suo volume originale, acquisendo una struttura a nido d'ape. Buona capacità drenante, ma con il tempo la struttura si disgrega.

Argilla espansa: prodotta dal riscaldamento dell'argilla, aggregato stabile, pH variabile (7,0-9,0), buone capacità drenanti.

Lana di roccia: elevata porosità e chimicamente inerte

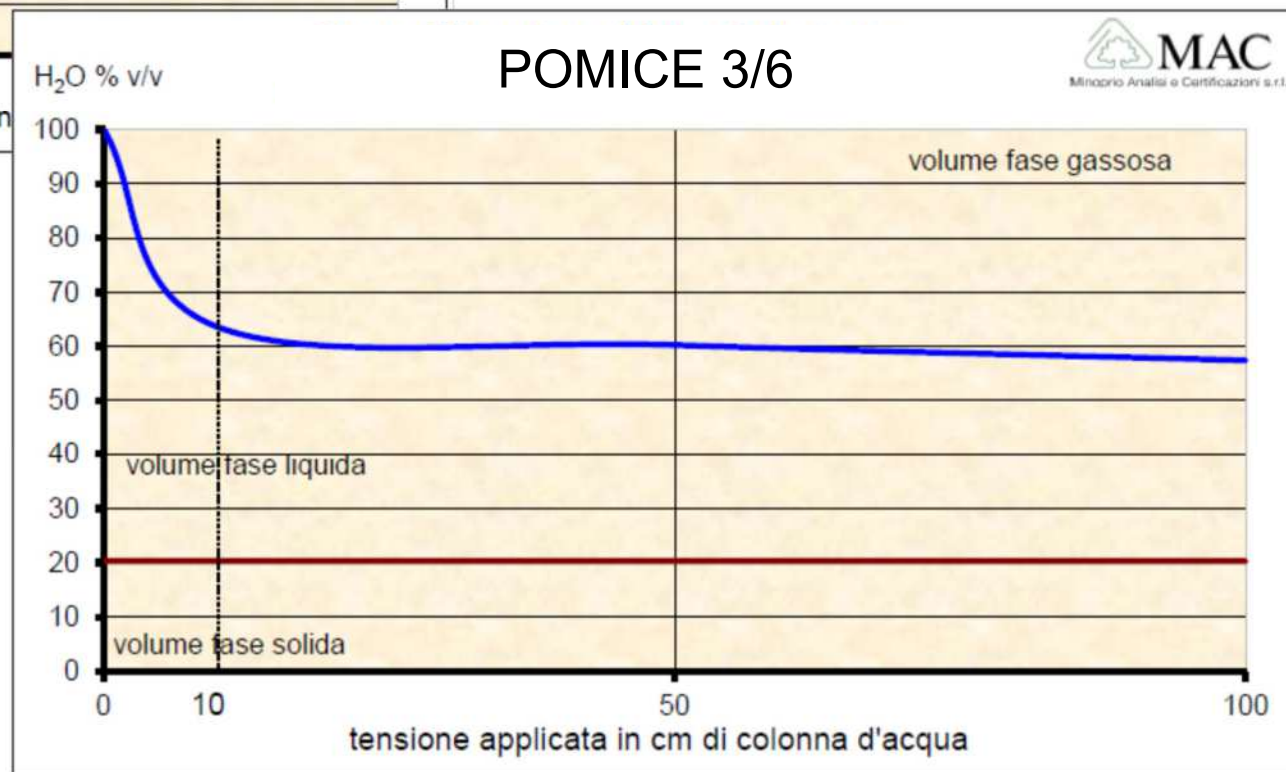
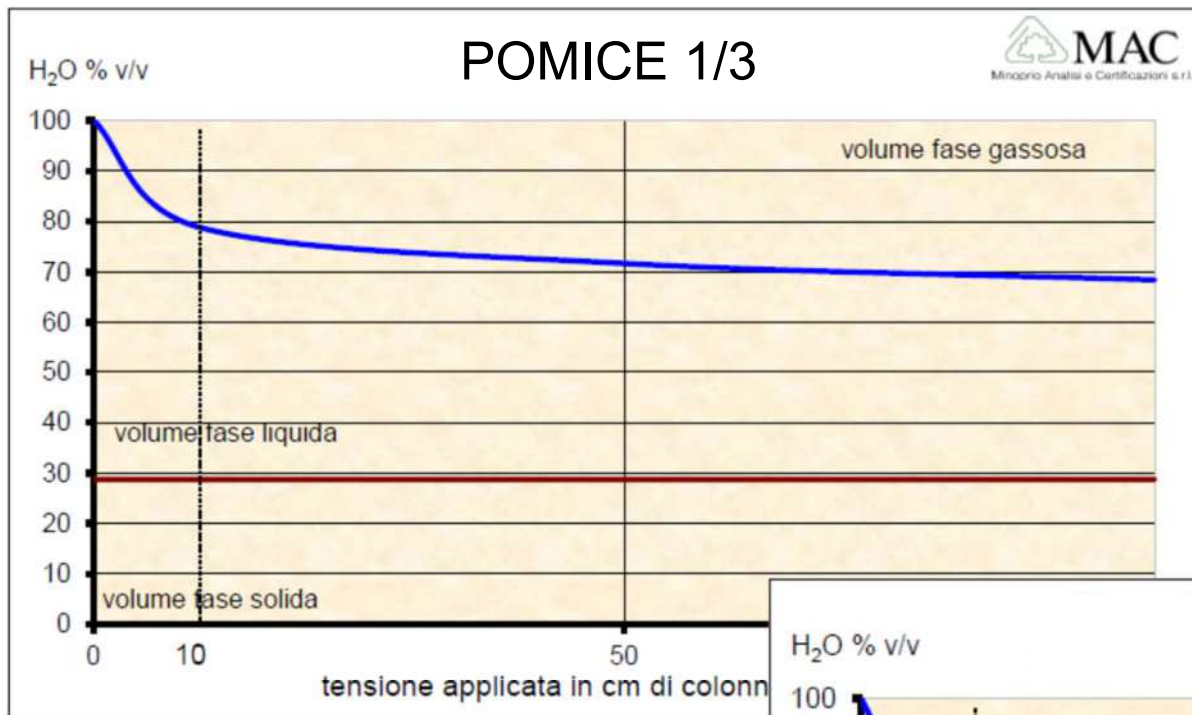
MATERIALI INORGANICI

caratteristiche fisiche e chimiche

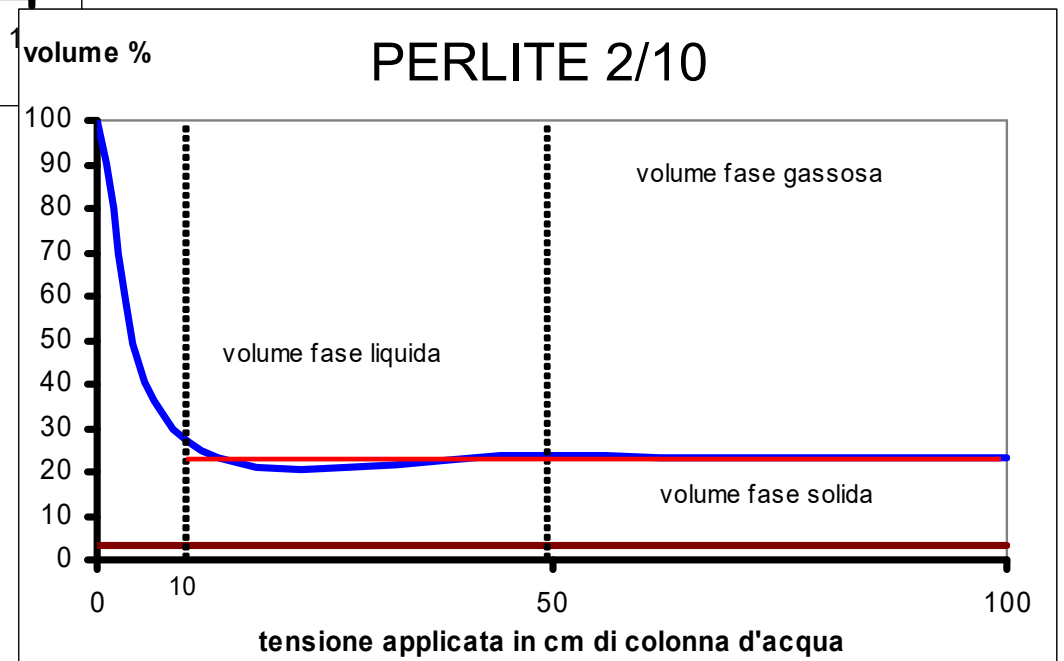
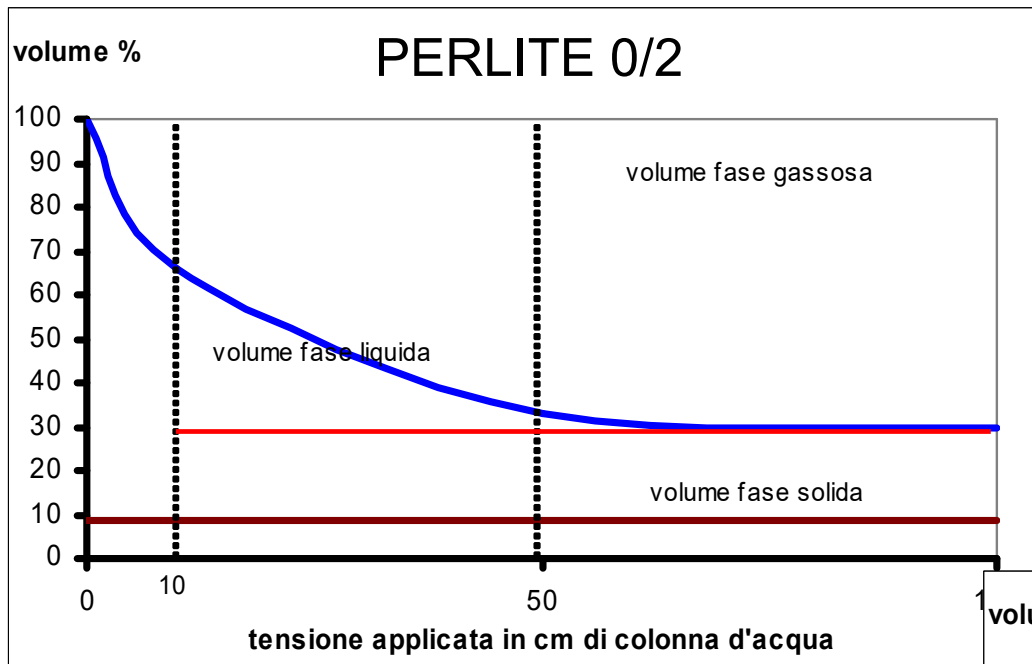
	<i>D r</i> kg/m ³	<i>D app.</i> kg/m ³	<i>Porosità</i> %	<i>Aria pF1</i> %	<i>H₂O pF1</i> %	<i>pH</i>
<i>Perlite</i>	520-2540	40-150	94-98	46-76	19-51	7,0-7,7
<i>Pomice</i>	1930-2070	350-600	82-84	41-48	35-41	4,7-7,6
<i>Zeolite</i>	<i>n.d.</i>	800-1000	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	6,8-7,2
<i>Argilla esp.</i>	1870	345-660	75-87	60-77	10-16	7,7-8,6
<i>Lana roccia</i>	1780-1960	41-53	98	40-78	20-58	5,2-7,8

La tabella riporta valori medi a scopo orientativo

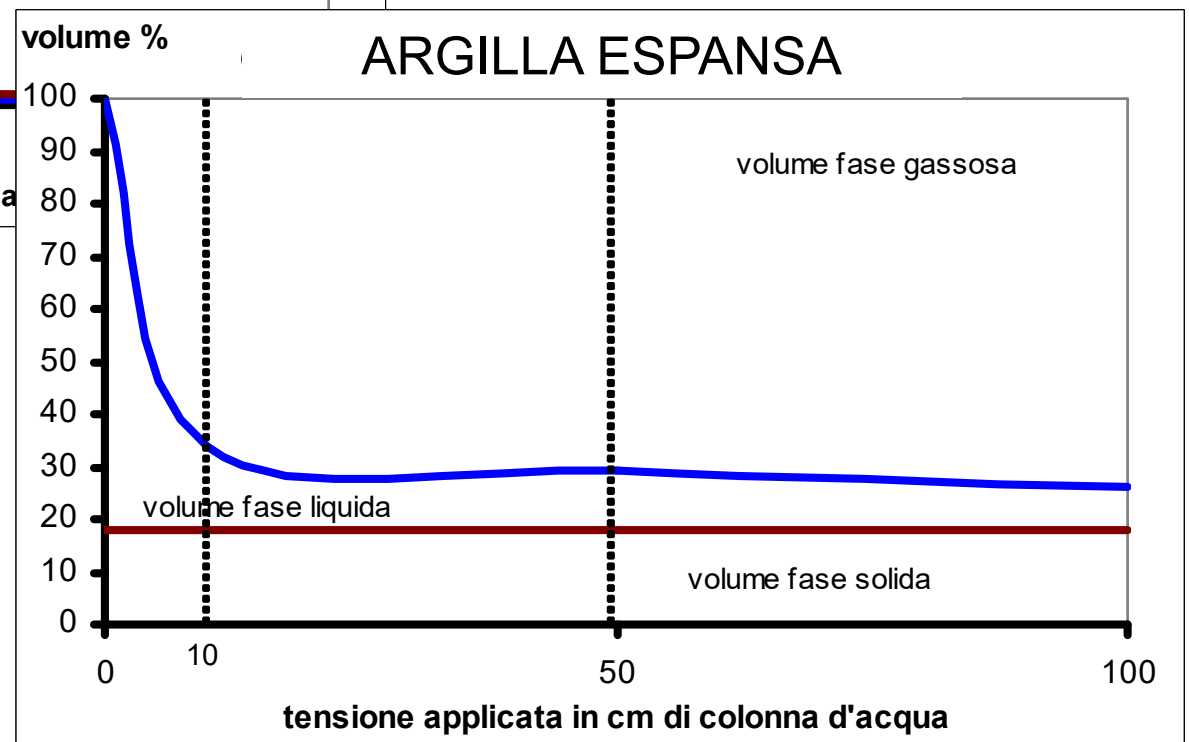
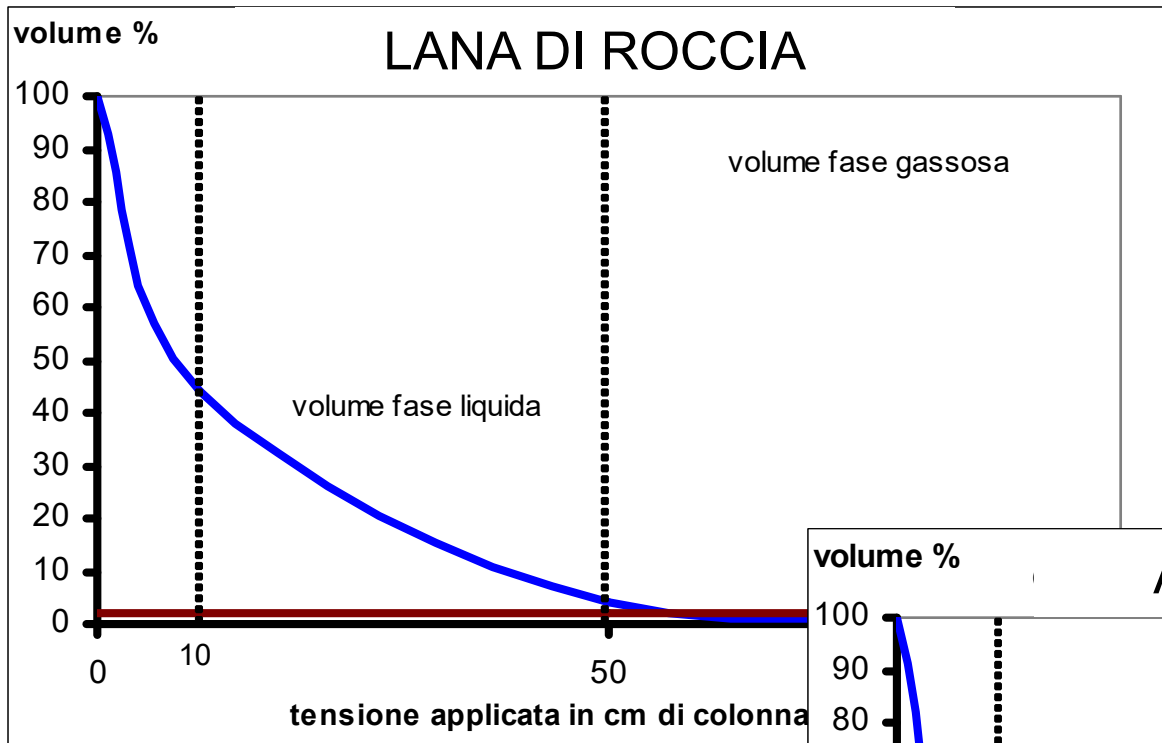
esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



esempi curve di ritenzione idrica materiali inorganici



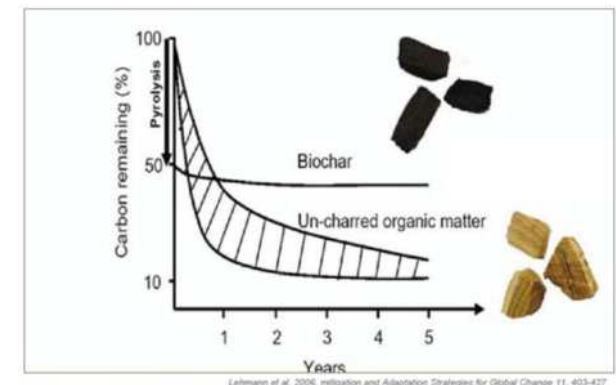
BIOCHAR

Aspetti positivi

- ✓ *carbone vegetale prodotto da pirolisi o pirogassificazione*
 - ✓ *elevata dotazione di carbonio stabile nel tempo*
 - ✓ *elevata porosità, capacità per acqua e aria*
 - ✓ *elevata capacità di scambio cationico*
 - ✓ *riduzione perdita elementi per dilavamento*
 - ✓ *influenza positiva sull'attività microbica*
 - ✓ *elevata stabilità biologica*
 - ✓ *sottrazione di CO₂*

Aspetti negativi

- ✓ *reperibilità*
- ✓ *costo*
- ✓ *eterogeneità*
- ✓ *pH elevato*



STRESS TRAPIANTO

UNA RIFLESSIONE

SUBSTRATO

POROSITA' 70-90% v/v

SOST. ORGANICA: 50-90%

H2O FACILMENTE DISPONIBILE 15/40% v/v

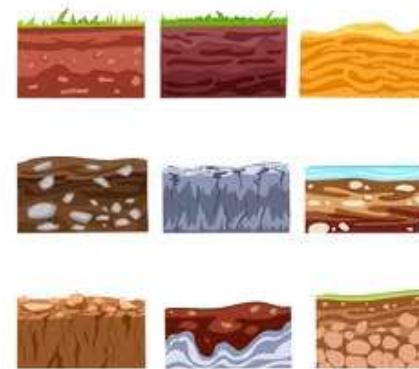


SUOLO

POROSITA' 35-50% v/v

SOST. ORGANICA: 1-10%

H2O DISPONIBILE 10-20% v/v



UN SUBSTRATO INTERMEDIO IN FASE DI IMPIANTO

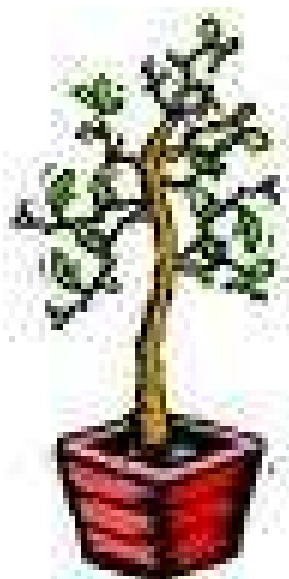
POTREBBE ESSERE UNA SOLUZIONE?



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



PROGETTO SUBSTAINS



Massimo Valagussa
Minoprio Analisi e Certificazioni

24 marzo 2026



Finanziato
dall'Unione europea



PSR LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTE RADICI



Regione
Lombardia