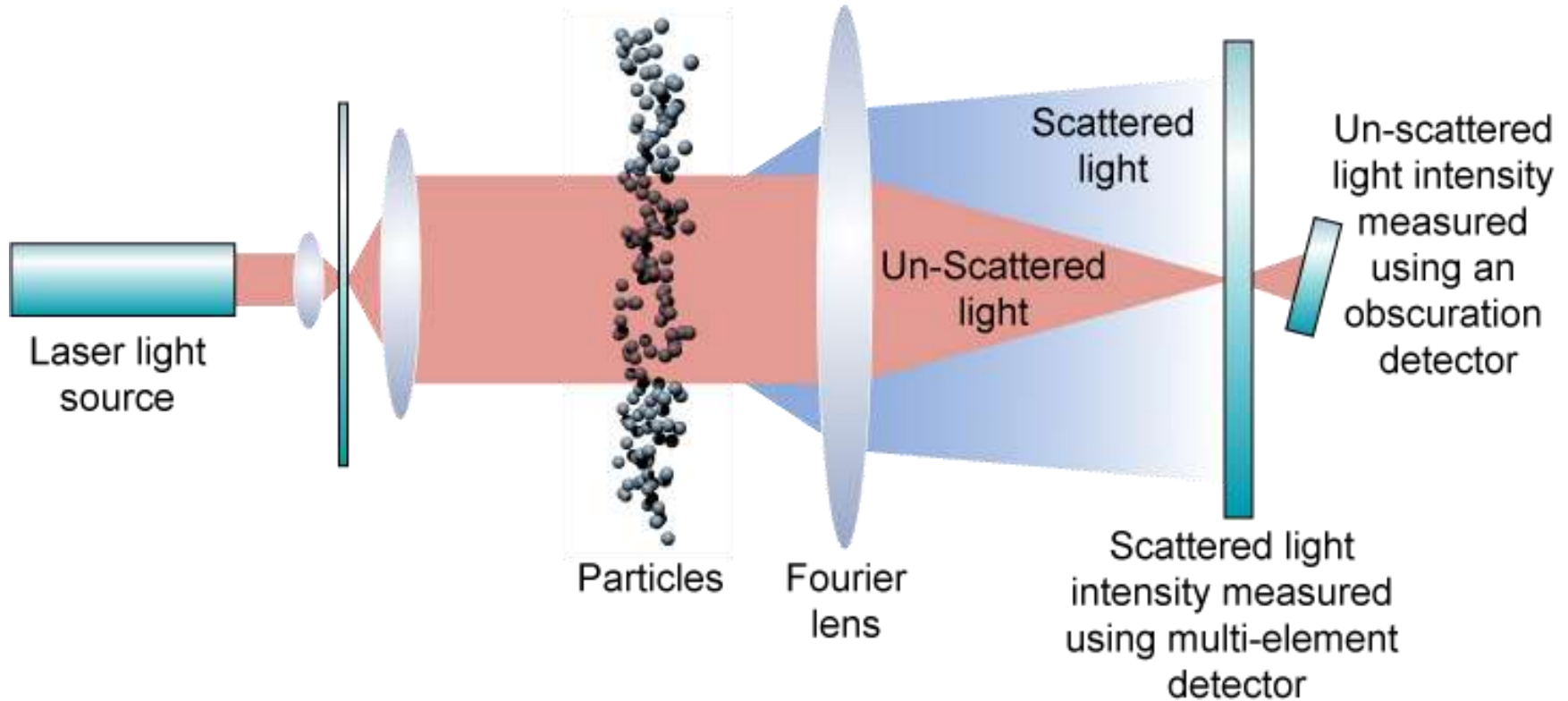


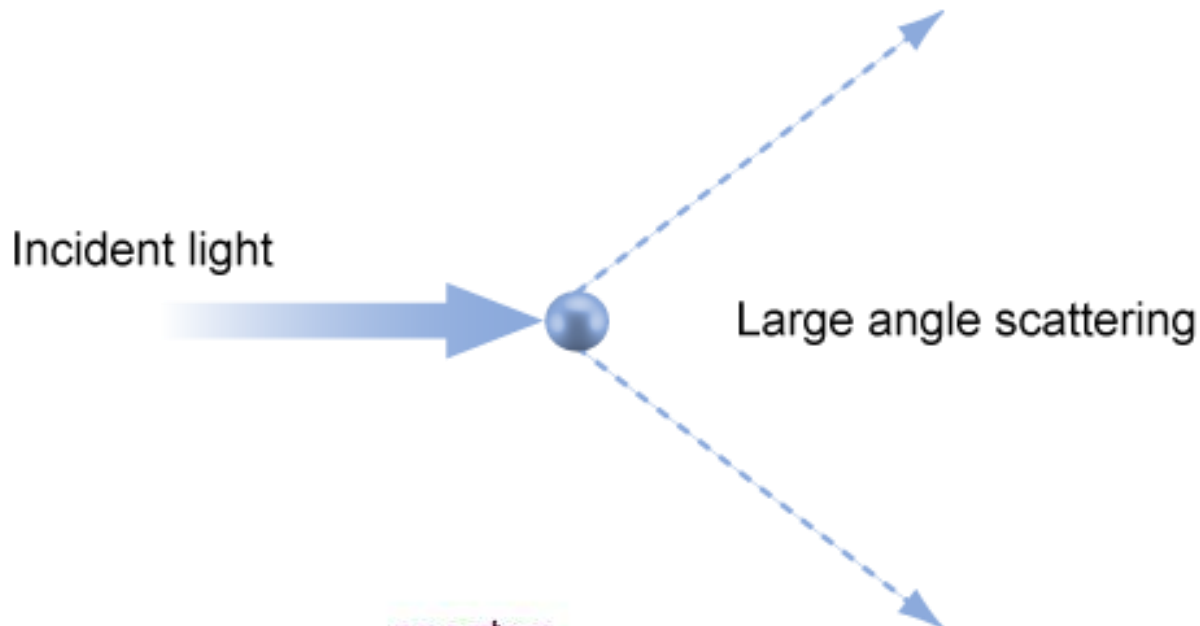
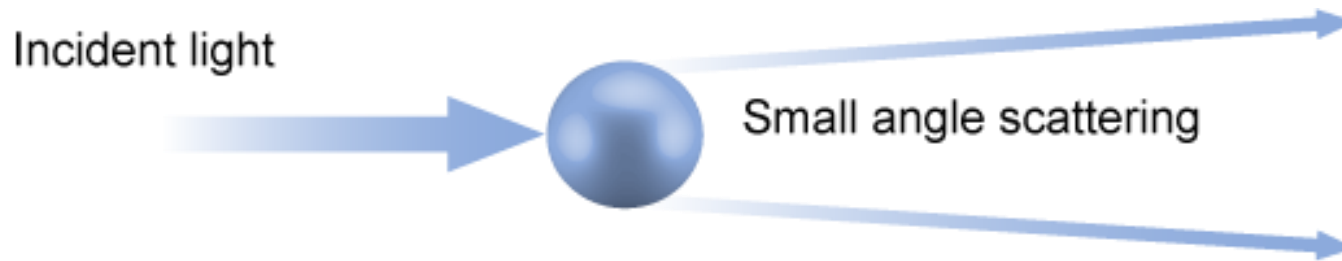
# Caratterizzazioni granulometriche con Diffrazione Laser ed Analisi Automatizzate d'Immagine



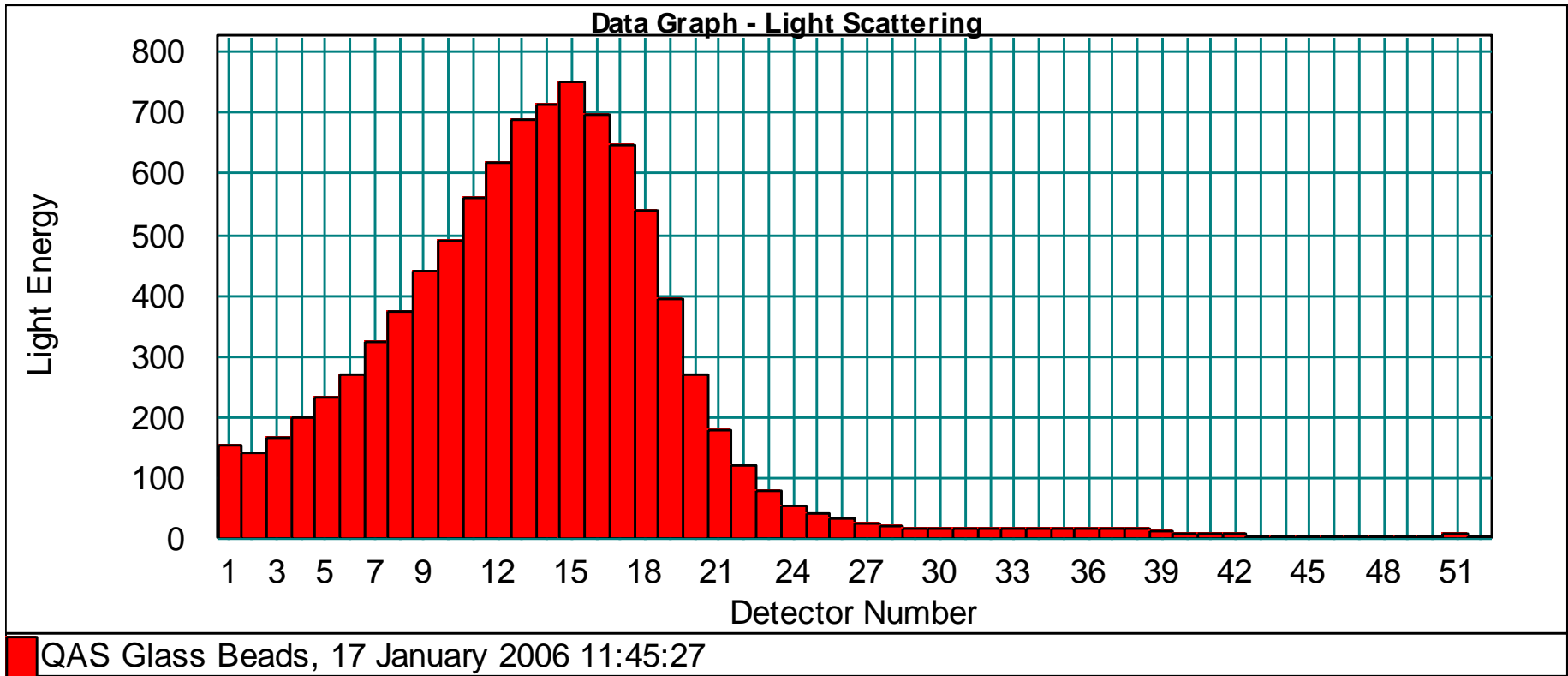
# Un sistema a Diffrazione Laser



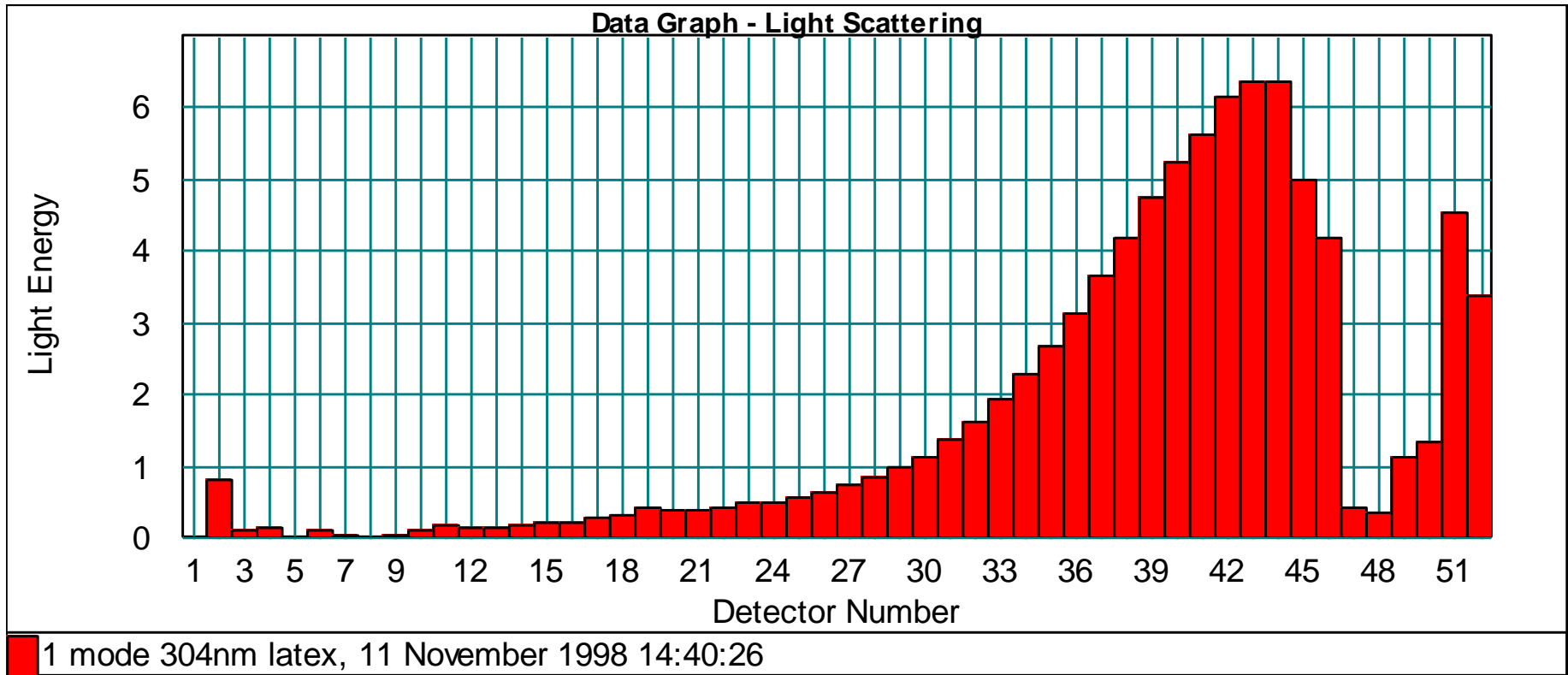
# Principio della Diffrazione Laser: Dipendenza angolare dello scattering in funzione del size



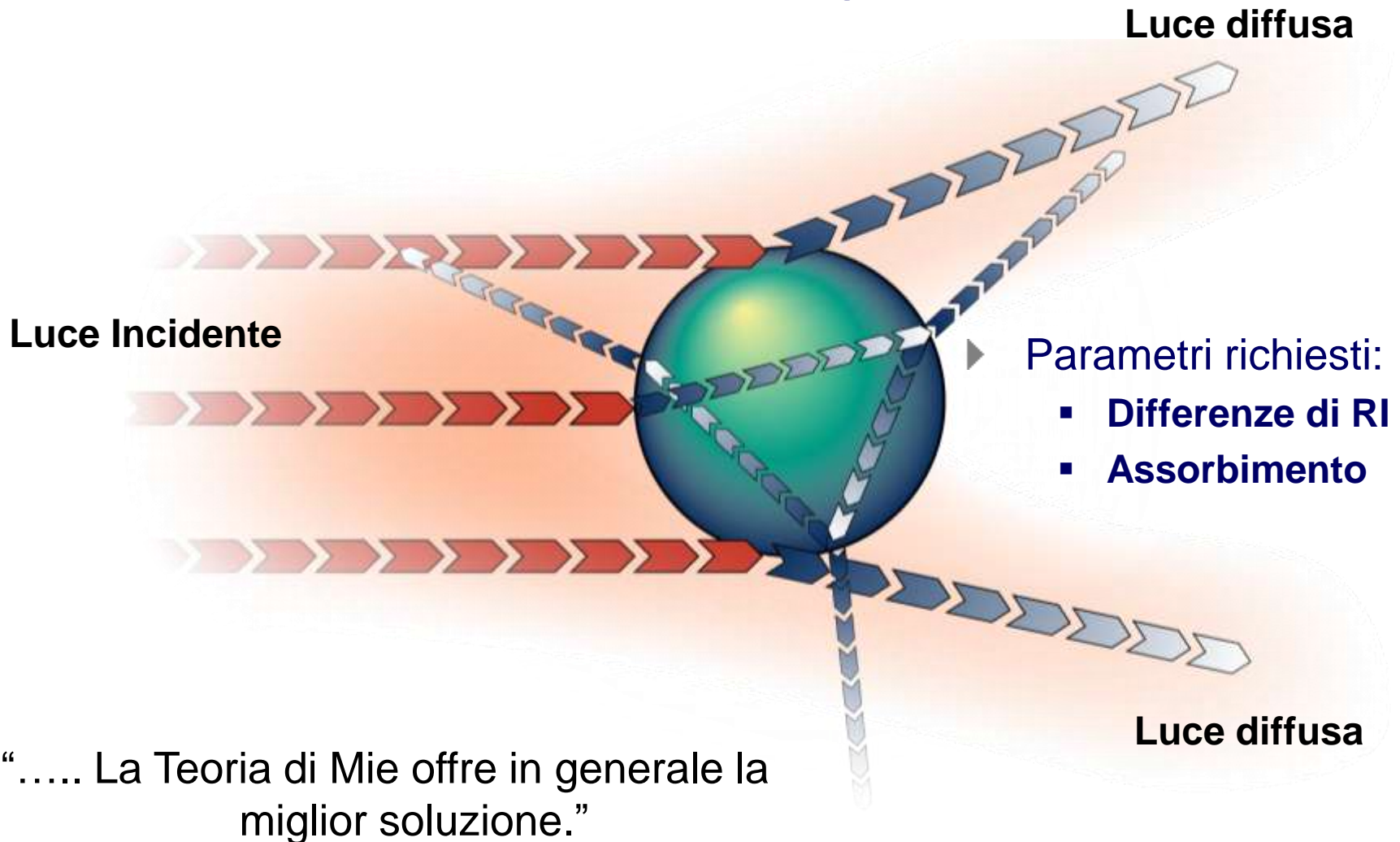
# Dato grezzo tipico: particelle grandi



# Dato grezzo tipico: particelle sub-microniche



# Analisi del dato di scattering : Teoria di Mie



ISO13320-1

# Risultato: Distribuzione granulometrica in volume

D(0.10) : 1.45  $\mu\text{m}$

D(0.30) : 2.01  $\mu\text{m}$

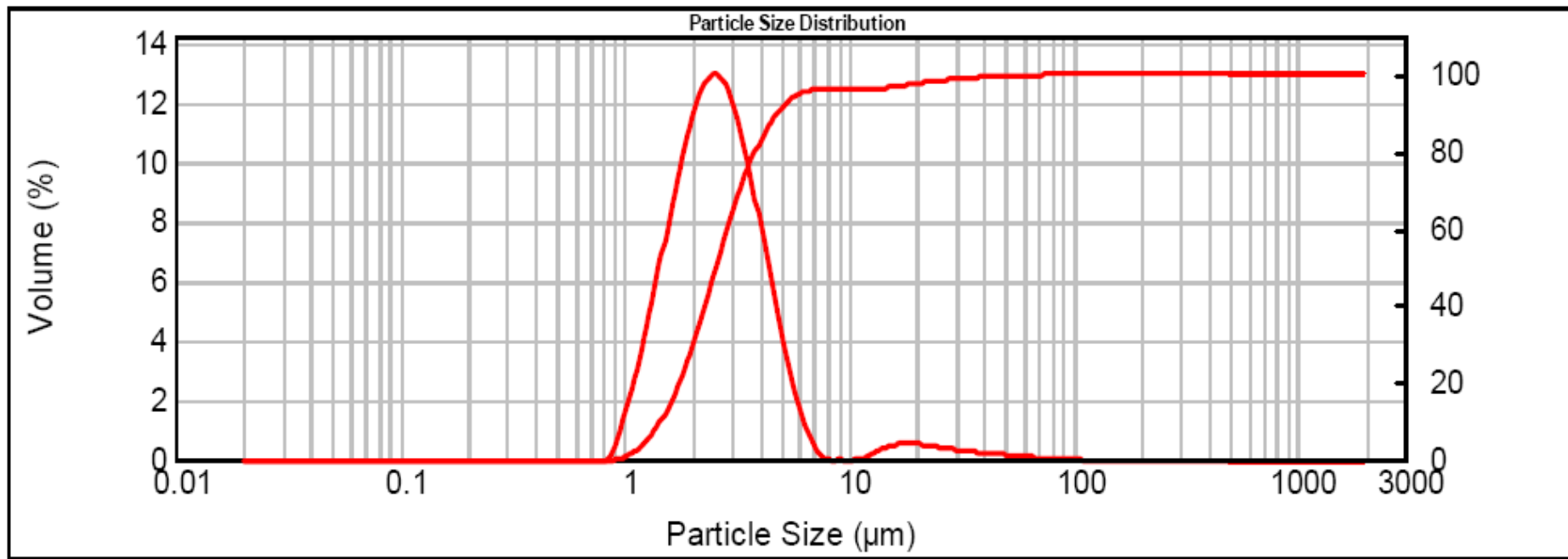
D(0.50) : 2.56  $\mu\text{m}$

D(0.90) : 4.75  $\mu\text{m}$

D(0.98) : 22.20  $\mu\text{m}$

D(1.00) : 99.37  $\mu\text{m}$

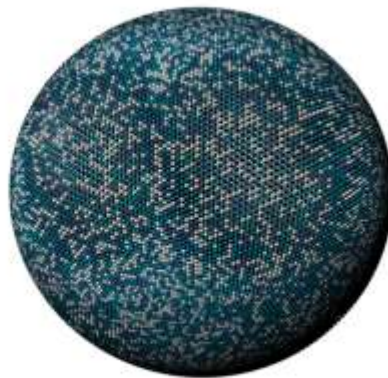
Percentage below 1.00  $\mu\text{m}$  : 0.68%



# Diffrazione laser - Come è rappresentata la distribuzione granulometrica?

## The Number/Volume relationship

1,000,000  
1 micron  
particles



=



1 single  
100 micron  
particle

Volume = 50 : 50

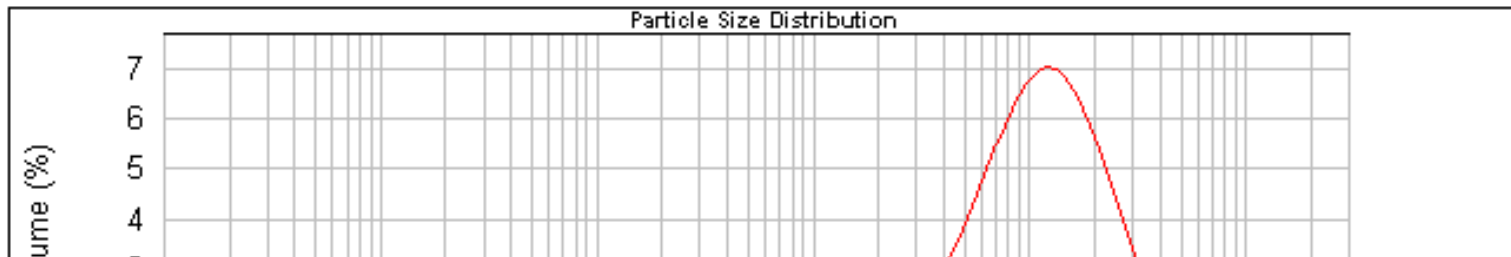
# Tabella di Wentworth

- I risultati sono disponibili nel report secondo la classificazione di Wentworth.

<b>Particle Name:</b> Default	<b>Accessory Name:</b> Hydro 2000G (A)	<b>Analysis model:</b> General purpose	<b>Sensitivity:</b> Enhanced
<b>Particle RI:</b> 1.520	<b>Absorption:</b> 0.1	<b>Size range:</b> 0.020 to 2000.000 um	<b>Obscuration:</b> 9.57 %
<b>Dispersant Name:</b> Water	<b>Dispersant RI:</b> 1.330	<b>Weighted Residual:</b> 0.215 %	<b>Result Emulation:</b> Off

% Clay (0-3.9 um) = 1.93	% Silt (3.91-31 um) = 13.04	% Coarse Silt (31 - 62.5 um) = 15.06	% Very Fine sand (62.5 - 125 um) = 28.23
% Fine sand (125-250 um) = 27.44	% Medium sand (250-500 um) = 11.91	% Coarse sand (500-1000 um) = 1.94	
% Very Coarse sand (1000 - 2000 um) =			

**d(0.1): 19.958 um**                      **d(0.5): 104.298 um**                      **d(0.9): 294.977 um**



# Report terreni

- ▶ Le distribuzioni granulometriche possono essere visualizzate in unità Phi.
- ▶ I valori di Kurtosis e skewness vengono calcolati.

D[4,3] = 158.99um = 2.65phi

D[v,0.5] = 103.62um = 3.27phi

Kurtosis = 16.72

D[v,0.05] = 7.15um = 7.13phi

D[v,0.84] = 266um = 1.91phi

Skewness = 3.39

D[v,0.16] = 23.61um = 5.4phi

D[v,0.95] = 500.02um = 1phi

Standard Deviation = 194.85 um = 2.36phi

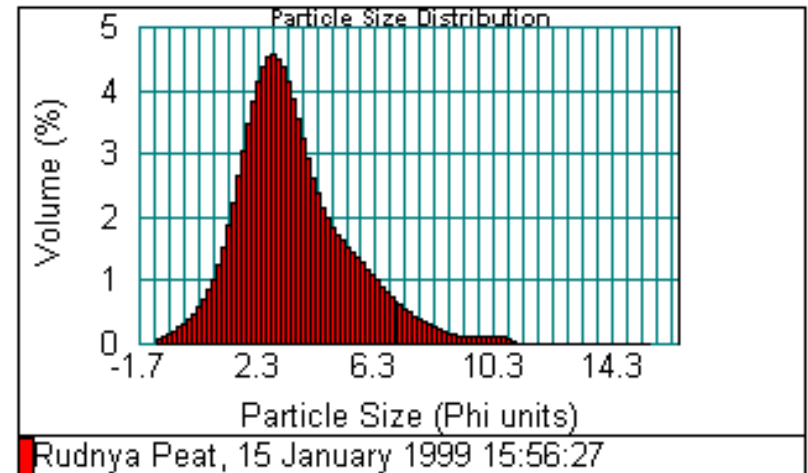
Inclusive SD (Sorting Coeff.) = 1.8 phi (Poorly Sorted)

Inclusive Skewness = -0.24 (Coarse Skewed)

Inclusive Kurtosis = 1.12 phi (Leptokurtic)

Inclusive Mean = 3.53 phi (Very Fine Sand)

Size Hi		Size Lo		% In	% Below
phi	um	phi	um		
-1	(2000.00)	-0.5	(1414.21)	0.31	100
-0.5	(1414.21)	0.0	(1000.00)	0.75	99.69
0.0	(1000.00)	0.5	(707.10)	1.4	98.94
0.5	(707.10)	1.0	(500.00)	2.54	97.54
1.0	(500.00)	1.5	(353.55)	4.69	95
1.5	(353.55)	2.0	(250.00)	8.02	90.31
2.0	(250.00)	2.5	(176.78)	11.53	82.29
2.5	(176.78)	3.0	(125.00)	13.51	70.76
3.0	(125.00)	3.5	(88.39)	12.99	57.25
3.5	(88.39)	4.0	(62.50)	10.57	44.26
4.0	(62.50)	4.5	(44.19)	7.82	33.69
4.5	(44.19)	5.0	(31.25)	5.91	25.87
5.0	(31.25)	5.5	(22.10)	4.81	19.96
5.5	(22.10)	6.0	(15.63)	4.01	15.15
6.0	(15.63)	6.5	(11.05)	3.21	11.13
6.5	(11.05)	7.0	(7.81)	2.42	7.93
7.0	(7.81)	7.5	(5.59)	1.73	5.71



# Mastersizer 2000 e Unità di Dispersione



Hydro G



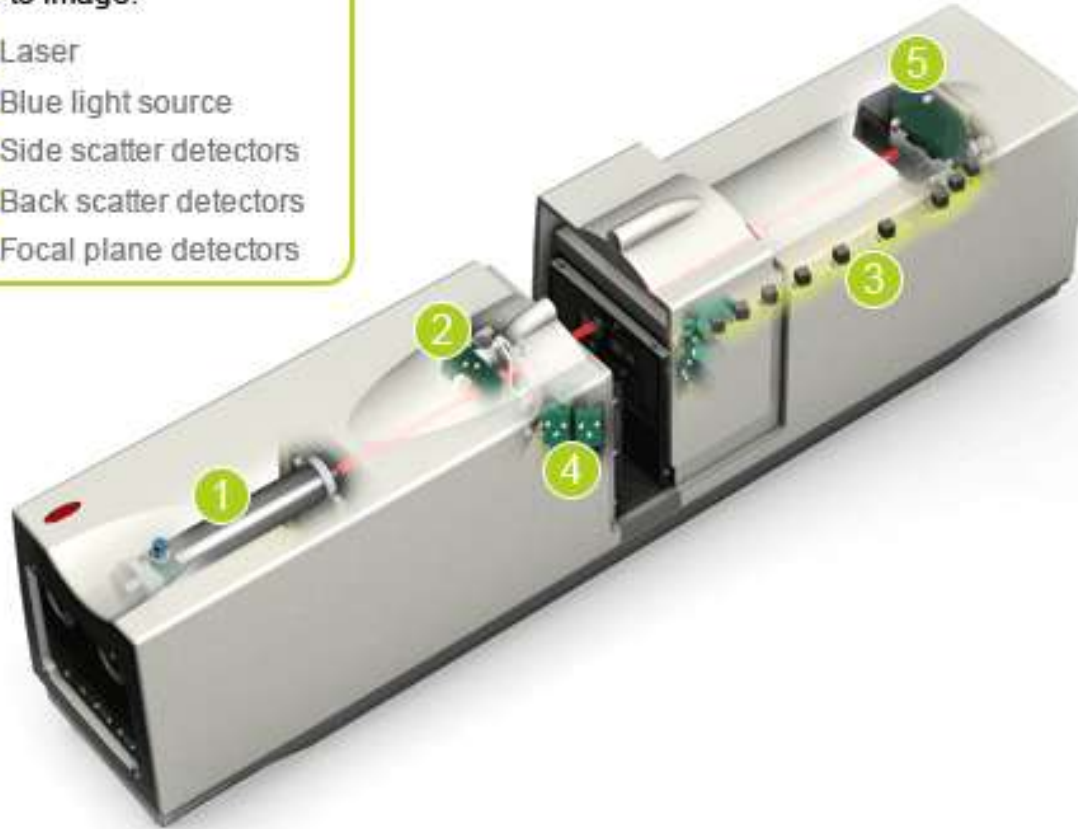
Hydro S



Hydro MU

Key to image:

- ① Laser
- ② Blue light source
- ③ Side scatter detectors
- ④ Back scatter detectors
- ⑤ Focal plane detectors



Hydro SM



Hydro μP

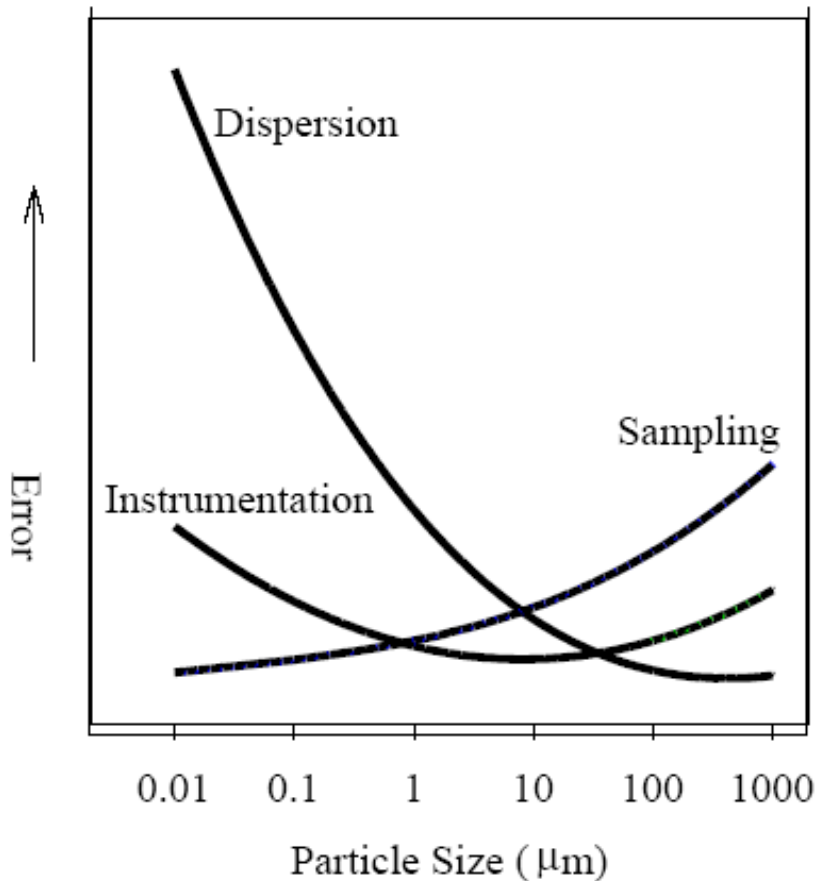


Sciocco

# Campionamento e Dispersione



Cosa bisogna prendere in considerazione quando si utilizza un granulometro laser?(....e non solo)



“Novices in the size measurement field must understand that most errors in size measurement arise through poor **sampling** and dispersion and not through instrument inadequacies.”

T. Allen, *Advances in Ceramics, Vol 21: Ceramic Powder Science*, page 721, The American Ceramic Society Inc. (1987)

Dr. Henk Merkus “Quality Assurance in Particle Size Measurement” from *Improving Standards in Particle Size Distribution Measurement*, February 17-19, 1997, at the Engineering Research Centre for Particle Science and Technology

# Campionamento di Terreni

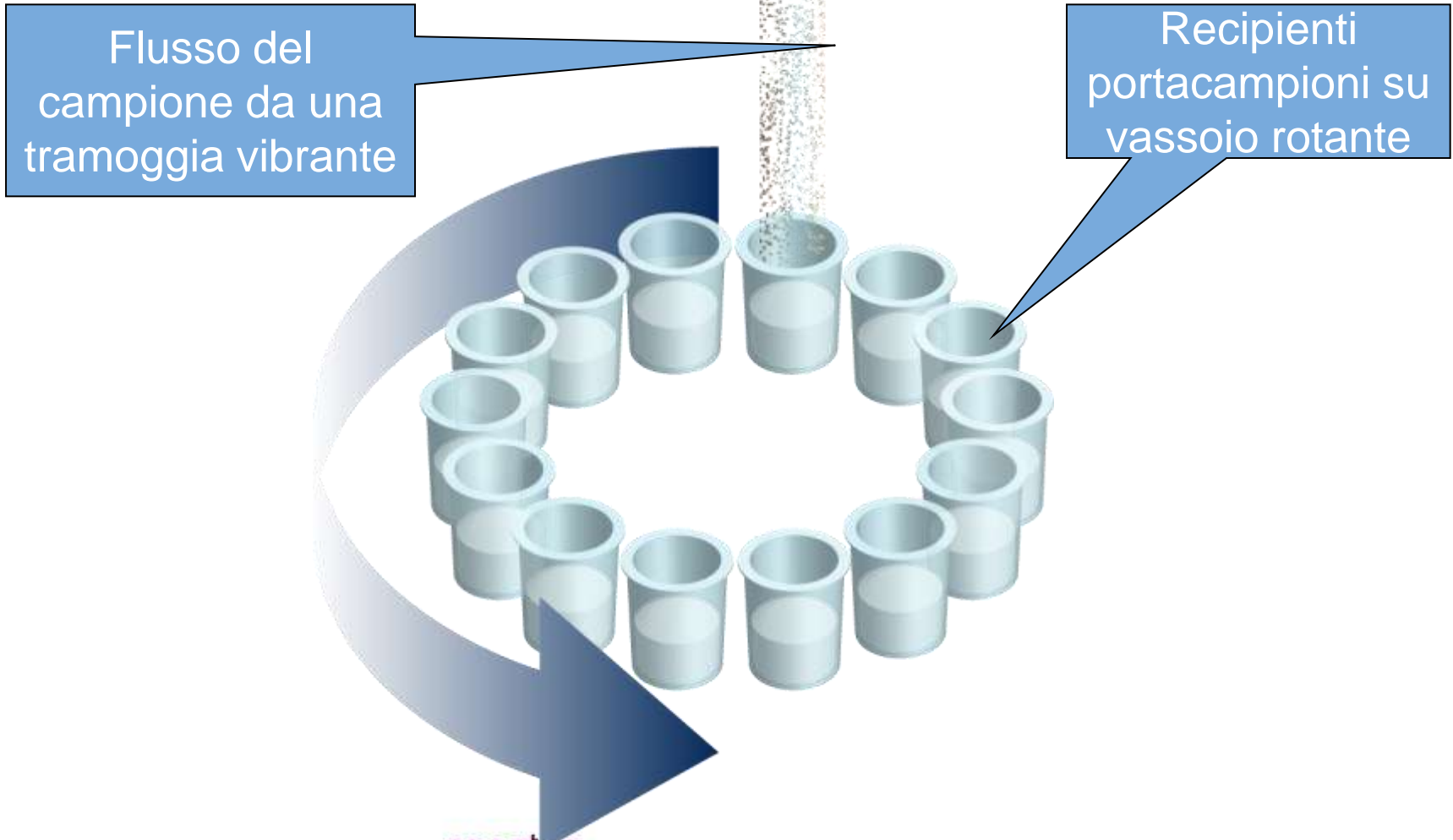
- ▶ Il campionamento è la considerazione più importante quando si misurano suoli e sedimenti
- ▶ Le distribuzioni granulometriche di sedimenti naturali coprono diversi ordini di grandezza.
- ▶ La Diffrazione laser è sensibile al volume di particelle e quindi alla presenza di particelle di grandi dimensioni.
- ▶ Pertanto, al fine di ottenere una misura riproducibile della dimensione di particelle, il campionamento è critico.

## Campionamento: errori tipici associati a diverse tecniche

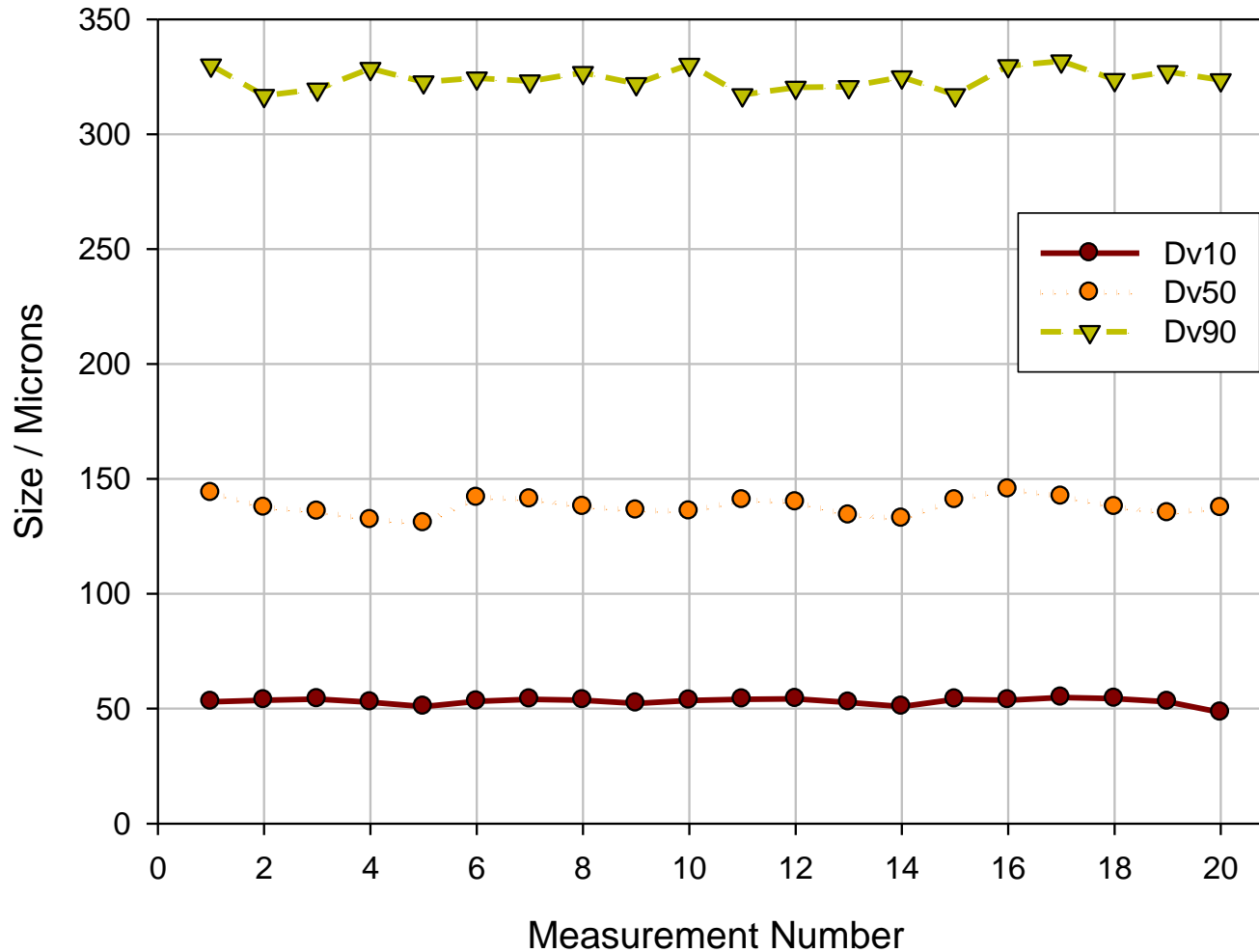
Method	Estimated max error (%)
Cone & Quartering	22.7
Scoop Sampling	17.1
Table Sampling	7.0
Chute Riffing	3.4
Spinning Riffing	0.42

*Ref: T. Allen Particle Size Measurement Chapman and Hall 4th Edition 1993 Page 39*

# Campionamento: spinning riffler



# Sampling: riffled sample measurements



## RSDs

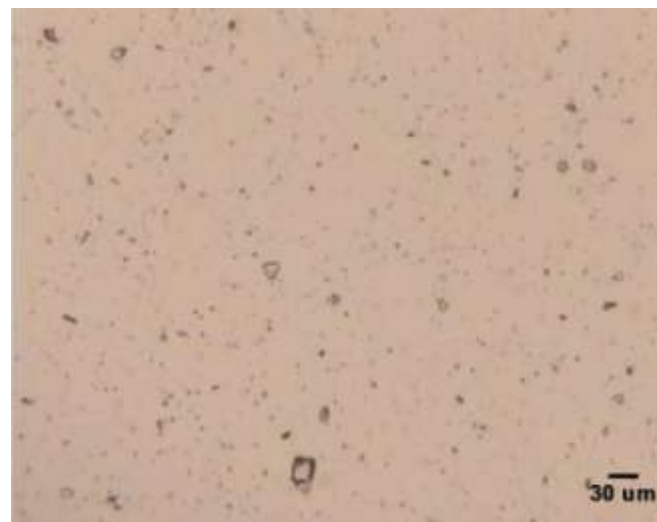
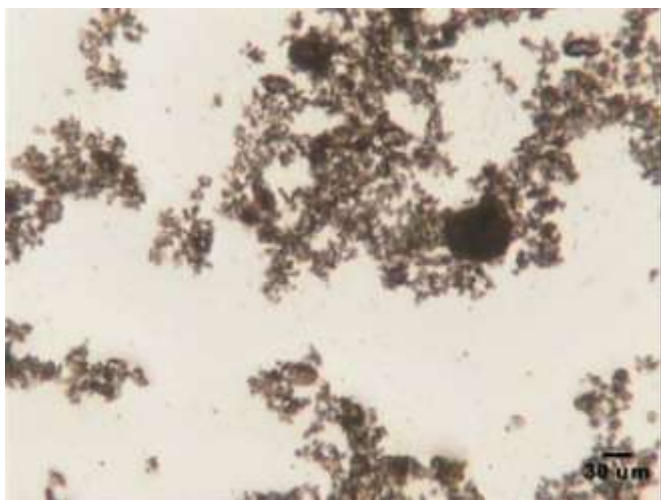
- ▶ Dv10: 2.8%
- ▶ Dv50: 2.9%
- ▶ Dv90: 1.4%

# Dispersioni

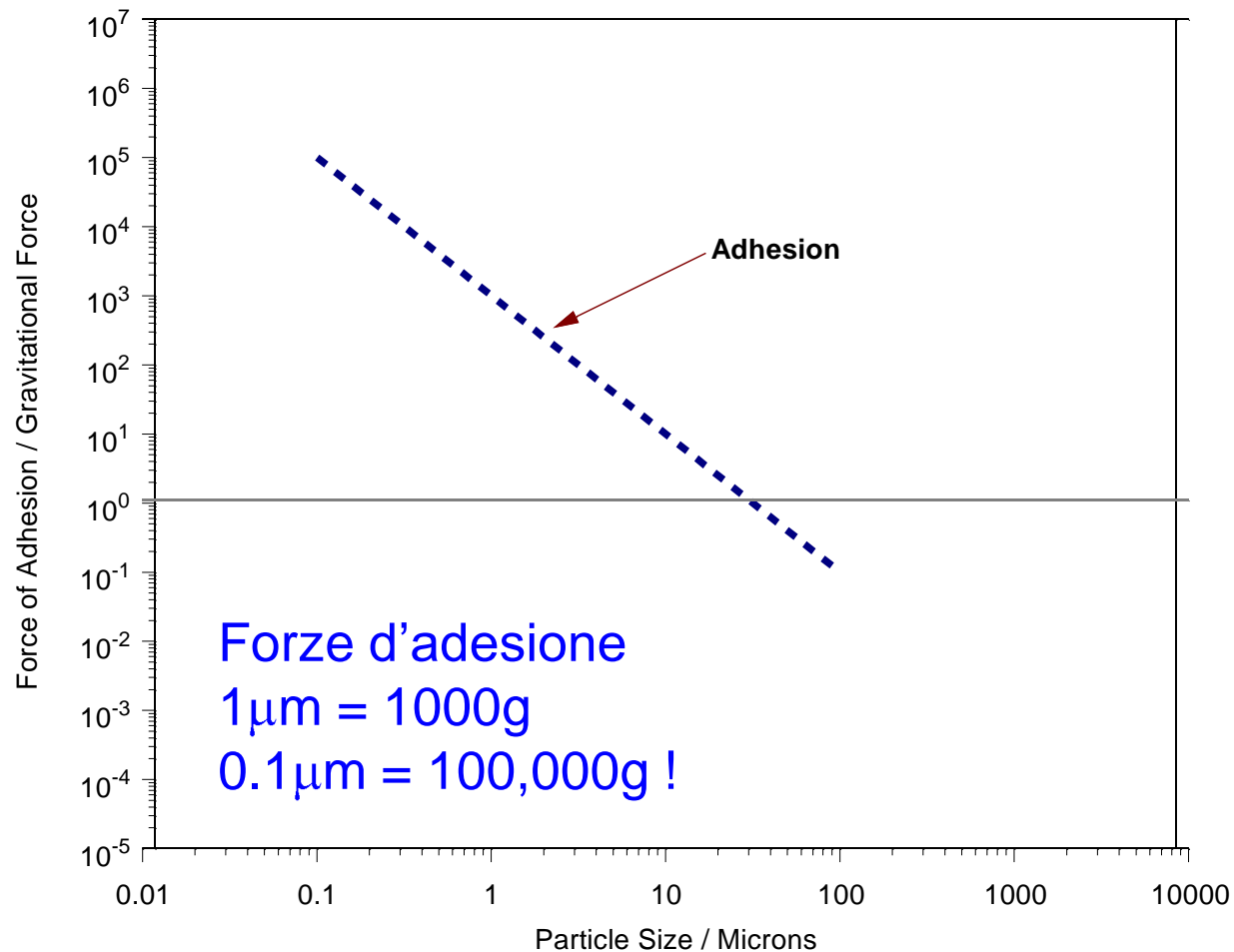
- ▶ La dispersione di un campione in mezzo liquido può comportare i seguenti fenomeni:
  - Dissoluzione
  - Disagglomerazione
  - Agglomerazione
  - Sedimentazione
  - Rottura

Se c'è una quantità significativa di materiale al di sotto dei 20 microns il fattore più rilevante che governa la ripetibilità di una misura è la dispersione

# Quale stato di una dispersione analizzare?

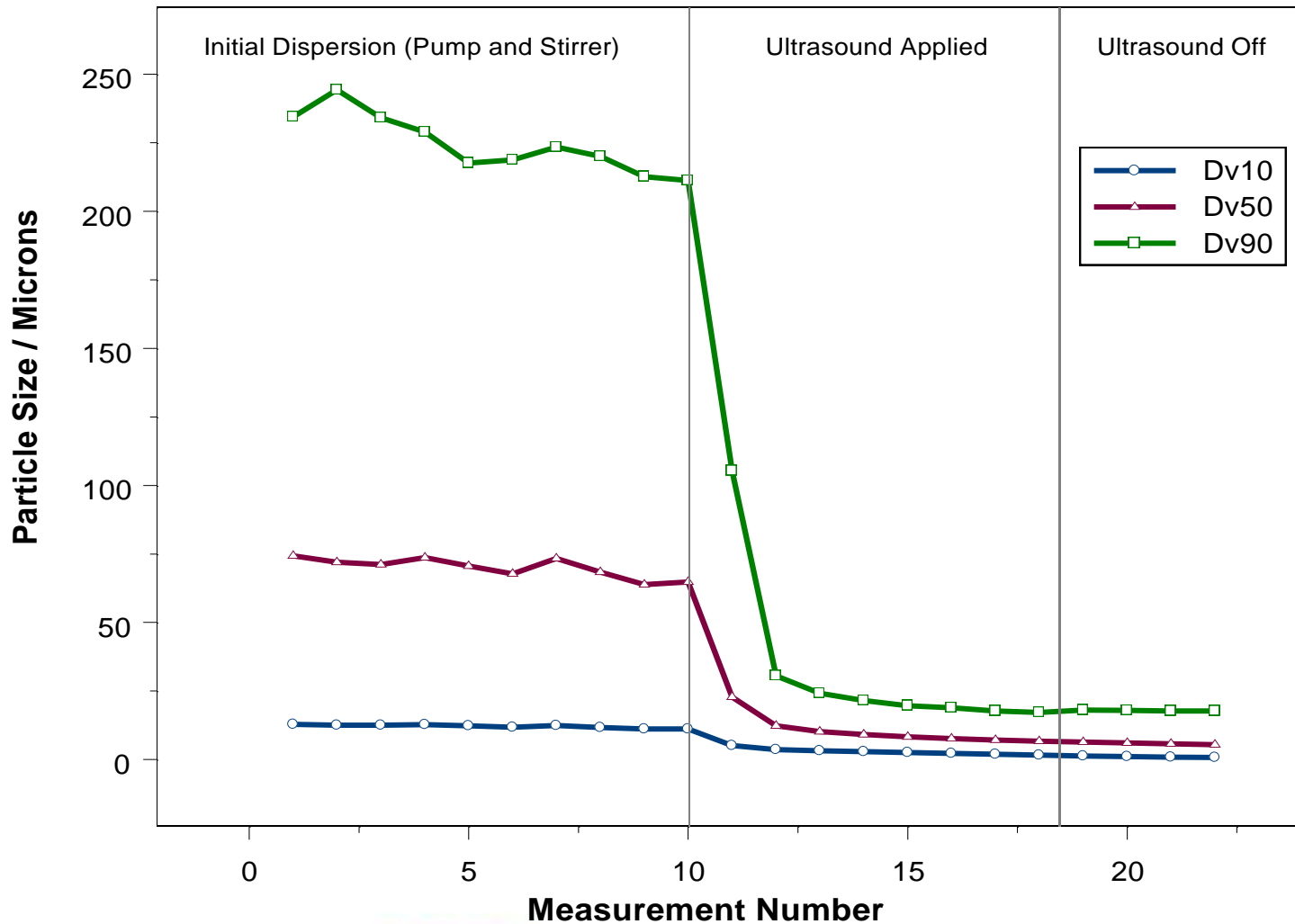


# Dispersione: forze di adesione / coesione tra particelle



(Aerosol Science, Ed. C N Davies, Academic Press, London and New York, 1966)

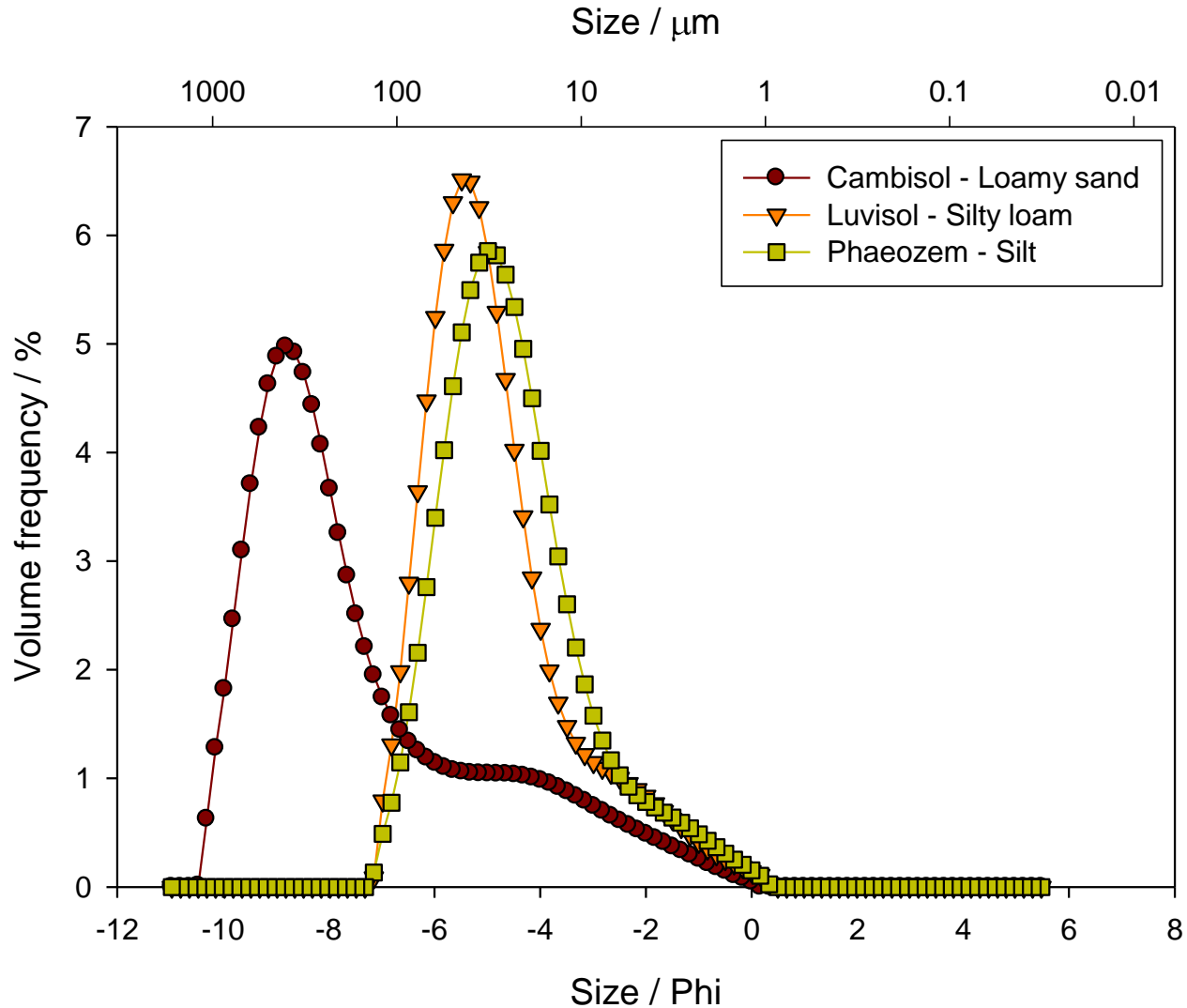
# Dispersione: effetto della sonicazione



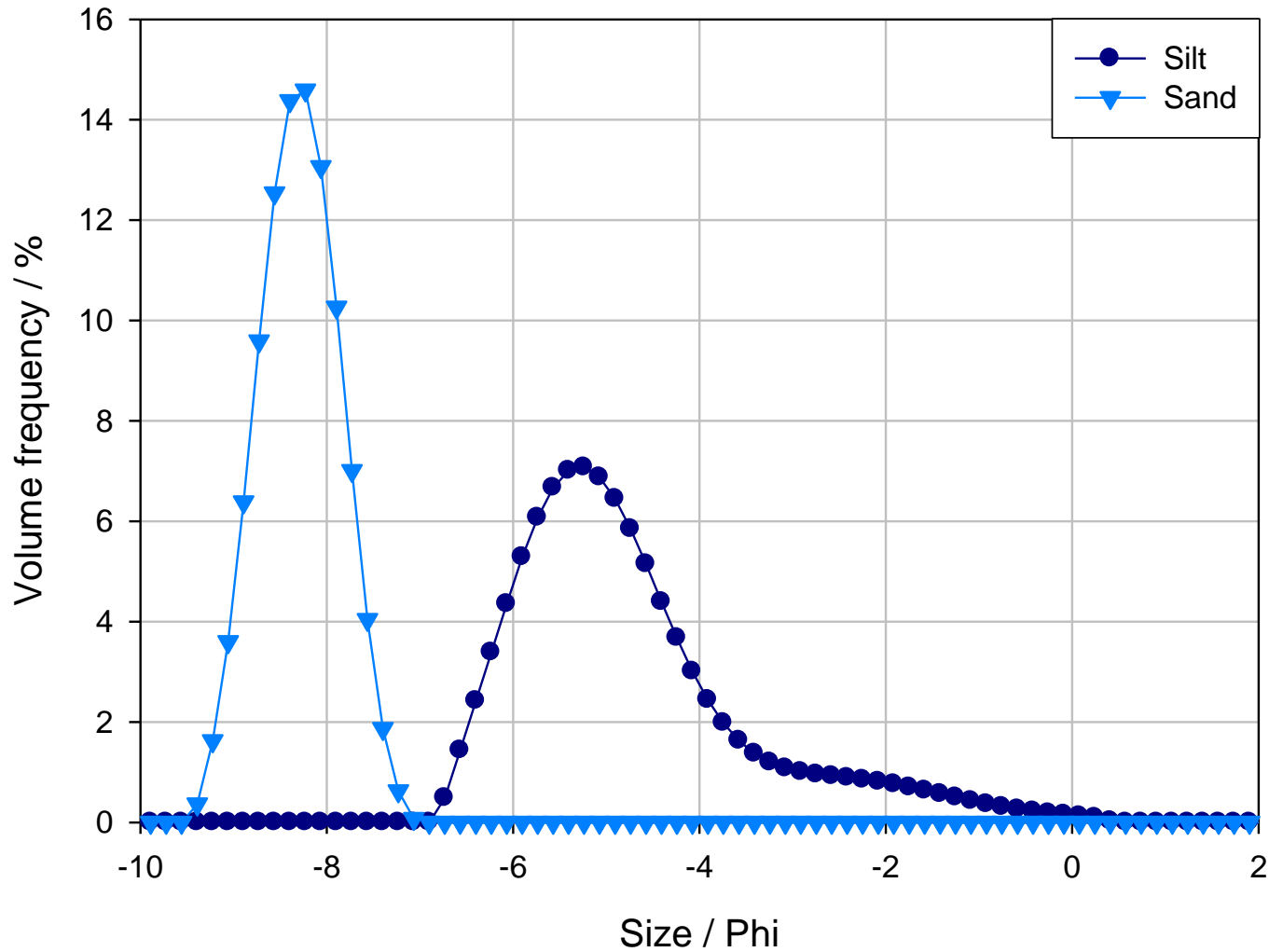
# Esempi



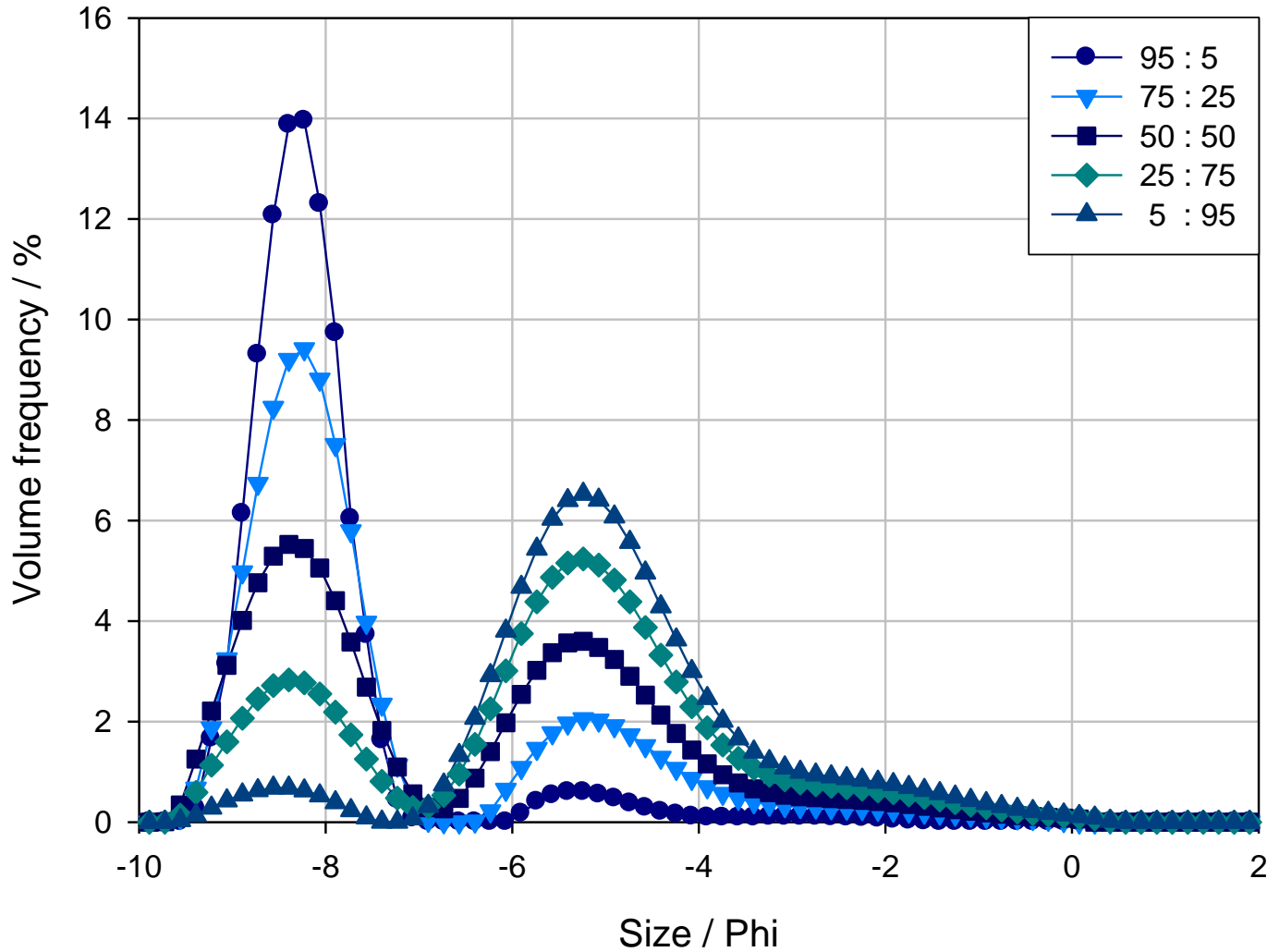
# Classificazione della tessitura di terreni



# Terreni: sensibilità



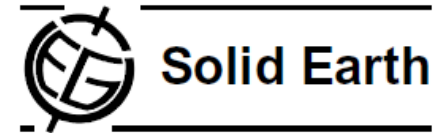
# Terreni: sensibilità



Solid Earth, 1, 25–48, 2010

[www.solid-earth.net/1/25/2010/](http://www.solid-earth.net/1/25/2010/)

© Author(s) 2010. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 License.



# Particle size distributions by laser diffraction: sensitivity of granular matter strength to analytical operating procedures

F. Storti and F. Balsamo

Dipartimento di Scienze Geologiche, Università “Roma Tre”, Largo S. L. Murialdo 1, 00146 Roma, Italy

Received: 6 November 2009 – Published in Solid Earth Discuss.: 21 December 2009

Revised: 24 March 2010 – Accepted: 2 April 2010 – Published: 19 April 2010

**Abstract.** We tested laser diffraction particle size analysis in poorly coherent carbonate platform cataclastic breccias and unfaulted quartz-rich eolian sands, representing low-

1998), thus facilitating very detailed studies of particle size distributions in geological structures.

Laser diffraction particle size analysers provide indirect

Journal of Structural Geology 32 (2010) 507–522

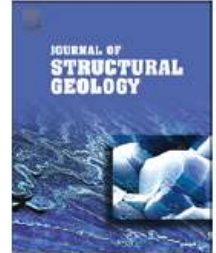


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Structural Geology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jsg](http://www.elsevier.com/locate/jsg)



# Impact of ephemeral cataclastic fabrics on laser diffraction particle size distribution analysis in loose carbonate fault breccia

Fabrizio Storti\*, Fabrizio Balsamo

*Dipartimento di Scienze Geologiche, Università "Roma Tre", Largo S.L. Murialdo 1, I-00146 Roma, Italy*

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 12 December 2008

### ABSTRACT

Modern laser diffraction particle size analysers provide the possibility of fast particle size data acquisition over a wide size range by using a variety of analytical methods, named standard operating procedures.

*Sedimentology* (2008) 55, 65–96

doi: 10.1111/j.1365-3091.2007.00893.x

## Techniques to measure grain-size distributions of loamy sediments: a comparative study of ten instruments for wet analysis

DIRK GOOSSENS

*Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, UMR-CNRS 7583, Université Paris 12, 61 av. du Général de Gaulle, F-94010 Créteil, France; Physical and Regional Geography Research Group, Katholieke Universiteit Leuven, Geo-Institute, Celestijnenlaan 200E, B-3001 Heverlee, Belgium (E-mail: dirk.goossens@geo.kuleuven.be)*

### ABSTRACT

Ten instruments for measuring the grain-size distribution of loamy sediments in water were tested in a comparative study. Instruments tested were: the Malvern Mastersizer S, the Coulter LS 200, the Fritsch Analysette 22 (version

# Diffrazione laser: Ragioni del successo....

- ▶ Range dinamico
  - Da 0.02 a 2000 micron in pochi secondi in una singola analisi
- ▶ Ripetibilità
  - Il risultato finale è ottenuto dall'integrazione di molte misure singole
  - Elevato numero di particelle per campione, con conseguente rappresentatività statistica anche su distribuzioni con ampia polidispersità
- ▶ Elevata produttività rispetto alle tecniche tradizionali
  - Oltre 100 campioni al giorno
- ▶ Nessuna necessità di Calibrazione
  - Veloci verifiche con Standard di riferimento
- ▶ Tecnica consolidata con la pubblicazione delle ISO13320-1 (2009)
  - Vengono descritti i principi generali della tecnica e le prestazioni attese

# Analisi Automatizzata d'Immagine



## ► Morphologi G3

- Dispersione statica a secco o a umido
- Qualità d'immagine di un microscopio di alta gamma
- Range da 0.5 a 10000 $\mu\text{m}$

## Informazioni di Forma

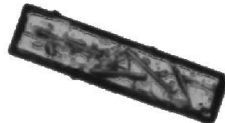
- ▶ Le particelle sono sferiche o meno?



VS



- ▶ Sono particelle primarie o agglomerati?



VS



- ▶ Sono particelle lisce o rugose?



VS



- ▶ Posso caratterizzare una miscela di particelle?

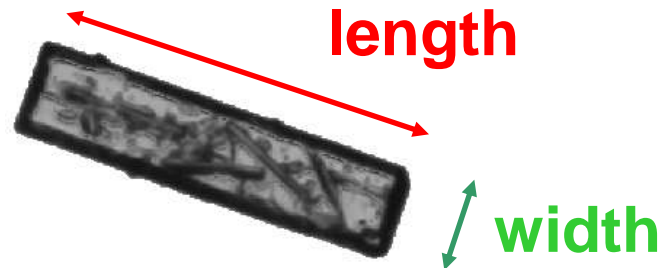


VS



## Cos'è l'analisi morfologica d'immagine?

- ▶ La misura della dimensione e forma catturando immagini 2D delle particelle individuali.



- ▶ Misura la dimensione anche fino a 2 dimensioni es. **length** e **width**
- ▶ Misura parametri di forma sulla base delle immagini es. aspect ratio = **width/length**

# Perchè analisi automatizzata d'immagine?

- ▶ Campionamento **statisticamente significativo**
- ▶ – tipicamente 10,000 – 500,000 particelle in una misura
- ▶ Misure gestite da SOP – dalla dispersione alla risultato – **eliminano errori** e fatica dell'operatore

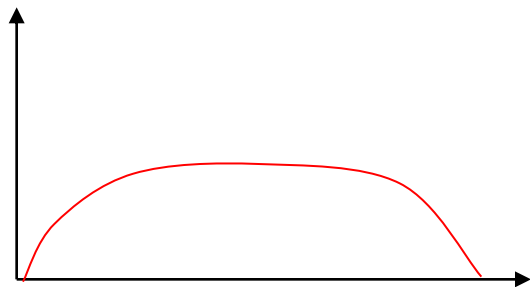
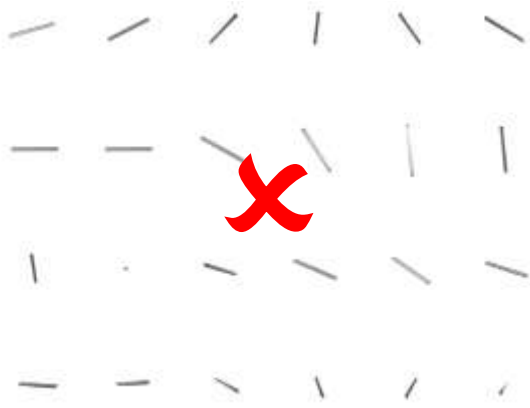




# Presentazione del campione- Orientamento

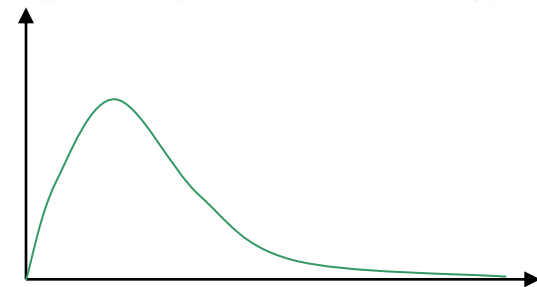
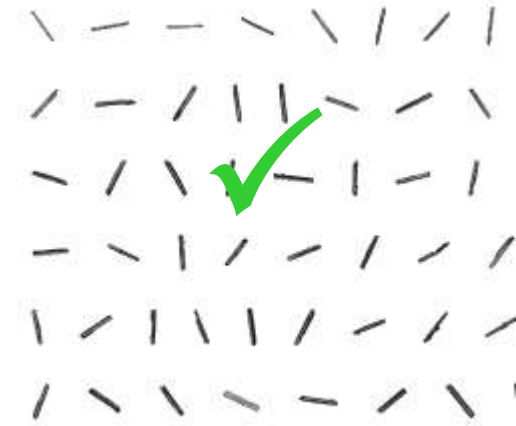
- ▶ Tecniche 2D – orientamento consistente del campione!
- ▶ Orientamento random orientation introduce errori nell'informazione di forma

## Orientamento random



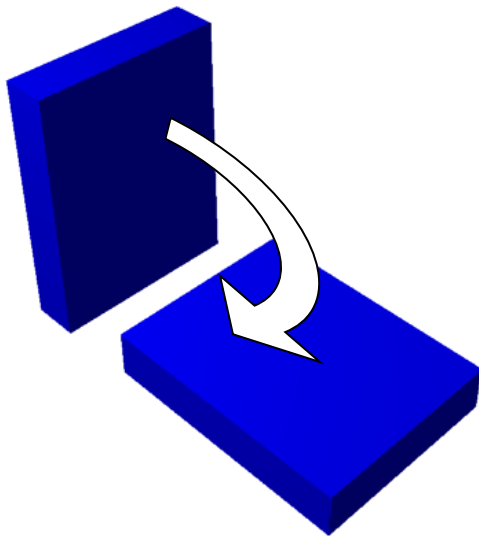
Shape

## Orientamento consistente



Shape

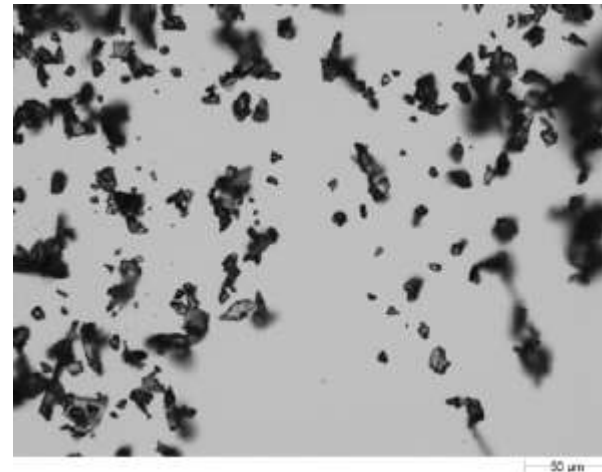
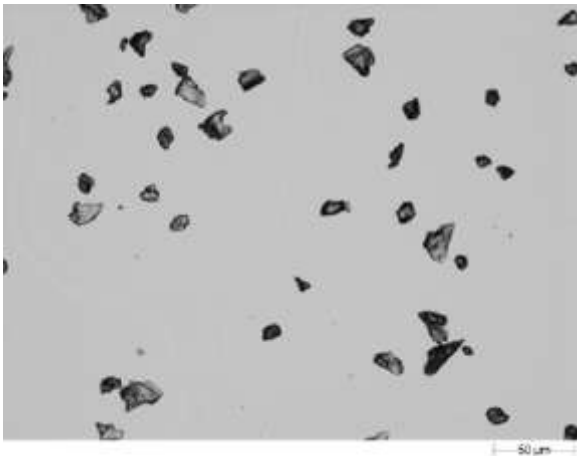
# Orientamento Consistente



- ▶ Analisi Statiche
- ▶ Morphologi G3
  - Dispersione su superficie in vetro
  - La gravità assicura che la faccia più ampia sia orientata verso la camera

# L'importanza della dispersione

- ▶ Buona dispersione = buoni risultati !



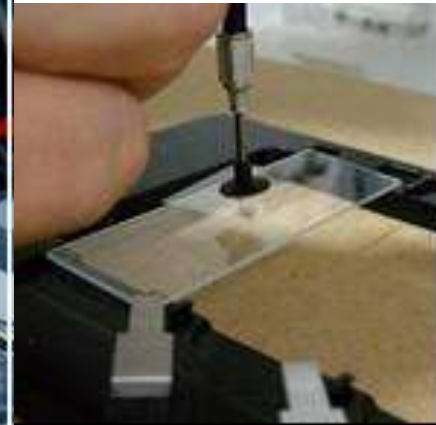
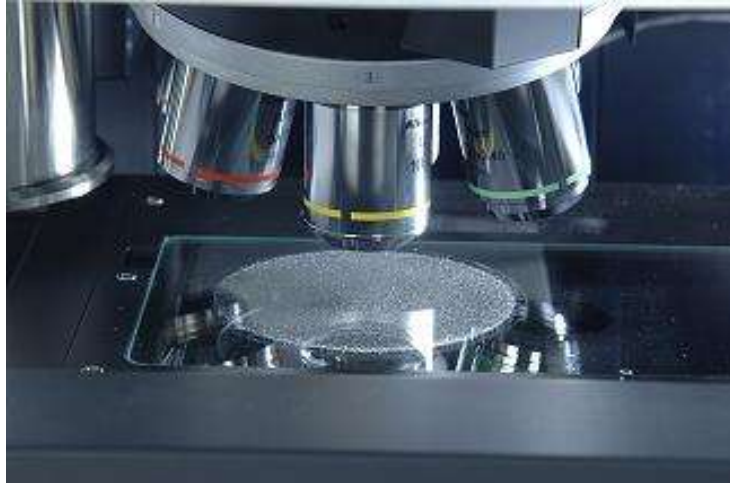
- ▶ L'obiettivo è ottenere una buona separazione tra le particelle senza rompere/modificare le stesse
- ▶ Ottimizzato per tipologia di campioni, secco/umido
- ▶ Dispersioni automatiche e riproducibili

# Morphologi G3S: Dispersione a secco statica

- ▶ Sistema pneumatico – rottura della membrana di alluminio con esplosione in pressione positiva
- ▶ Può controllare la pressione di dispersione, il tempo di iniezione e il tempo di sedimentazione



# Sample Dispersion and Presentation



# Parametri di descrizione morfologica

## ▶ Granulometria

- Circle Equivalent (CE) Diameter
- Length (Max. Feret Dia.)
- Width (Min. Feret Dia.)

## ▶ Forma delle particelle

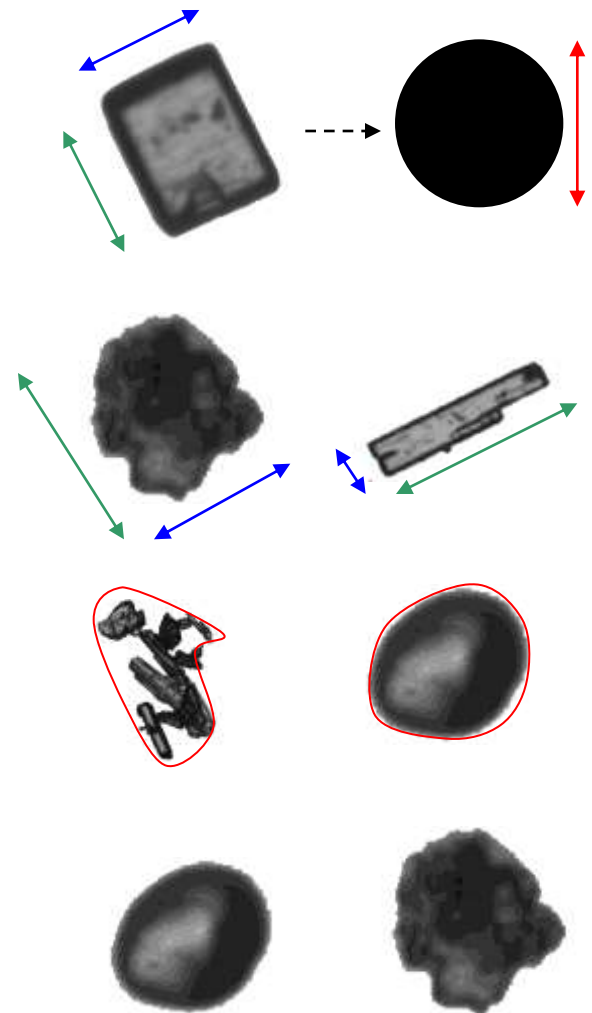
- Aspect ratio (Width/Length)
- Elongation (1- Aspect ratio)

## ▶ Profilo delle particelle

- Convexity (perimeter)
- Solidity (area)

## ▶ Combinazione forma+profilo

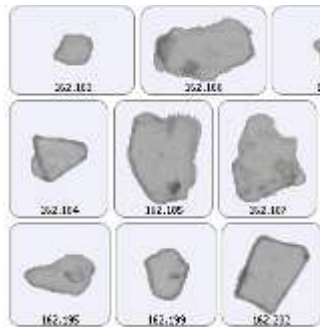
- Circularity /HS Circularity



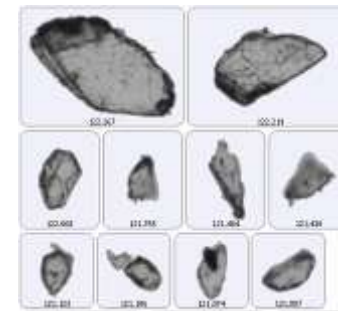
# Immagini : La terza dimensione

- ▶ Tecniche 2D ma tramite la misura in scala di grigi dell'intensità di luce technique – extra informazioni
- ▶ Intensità luminosa media – spessore/densità

es. **sottile**

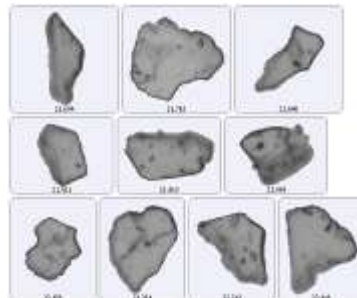


vs. **spesso**

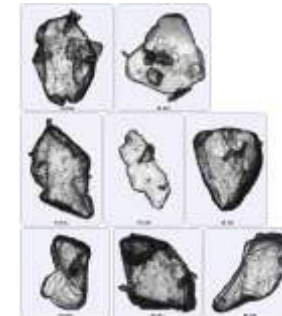


- ▶ STD dell'intensità luminosa – eterogeneità/rugosità

es. **liscio**

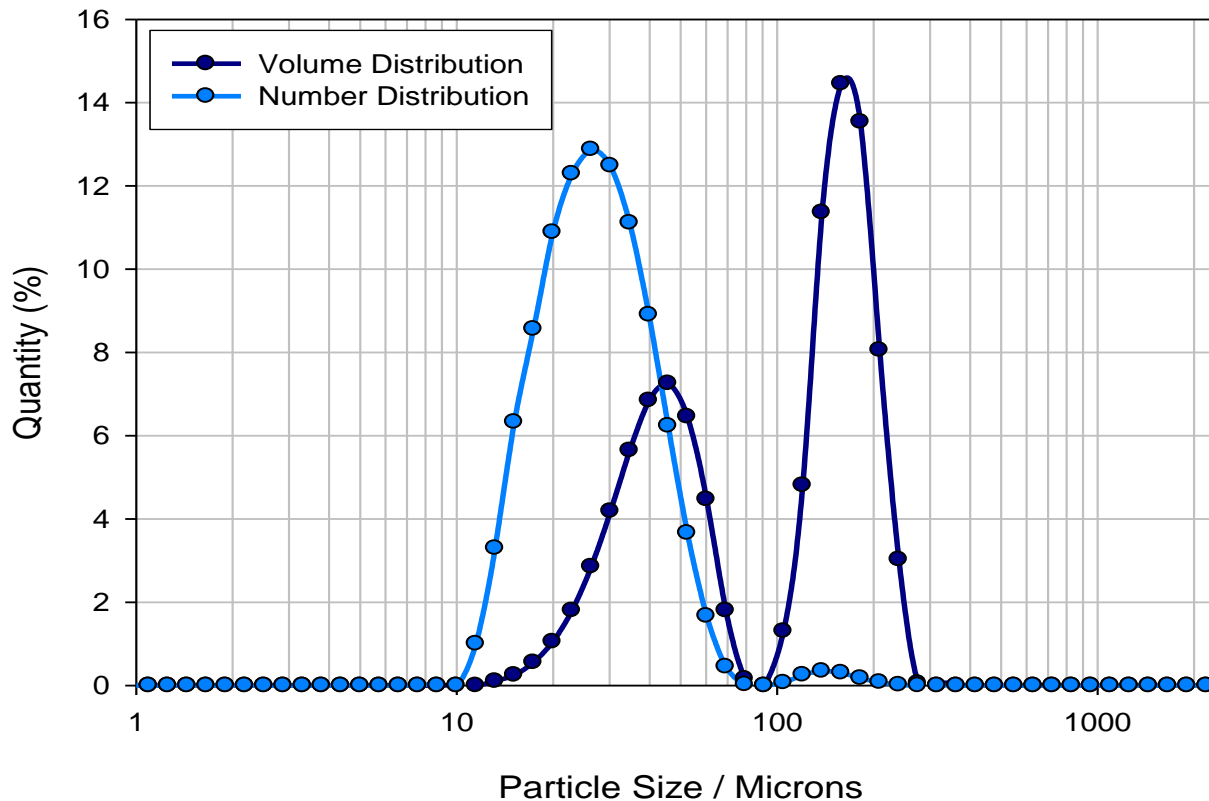


vs. **rugoso**



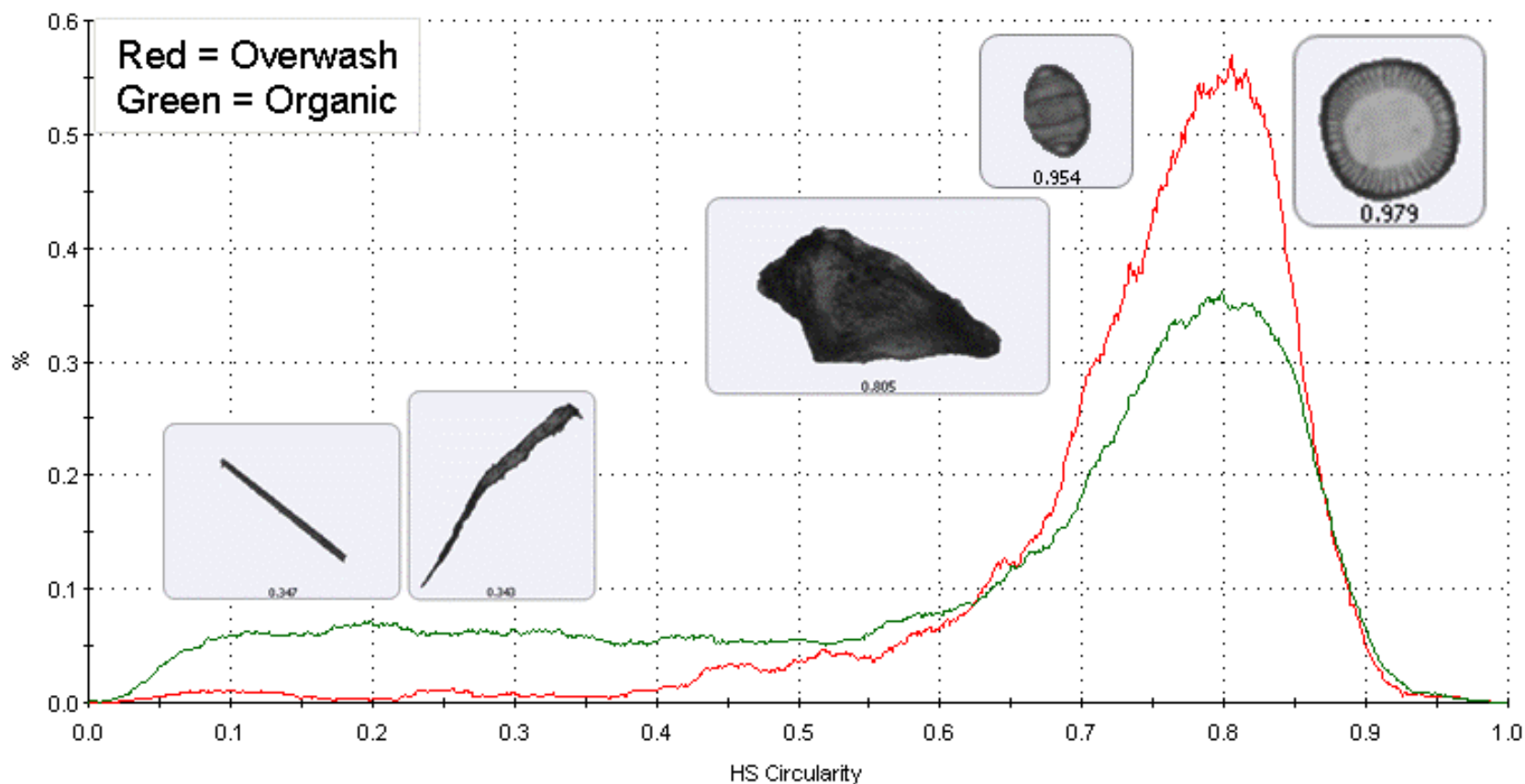
# Fondamenti: Distribuzioni numeriche

- ▶ Immagine – Pesate in numero
- ▶ Diffrazione Laser– Pesate in volume
- ▶ E' possibile convertire dall'una all'altra ma con errori



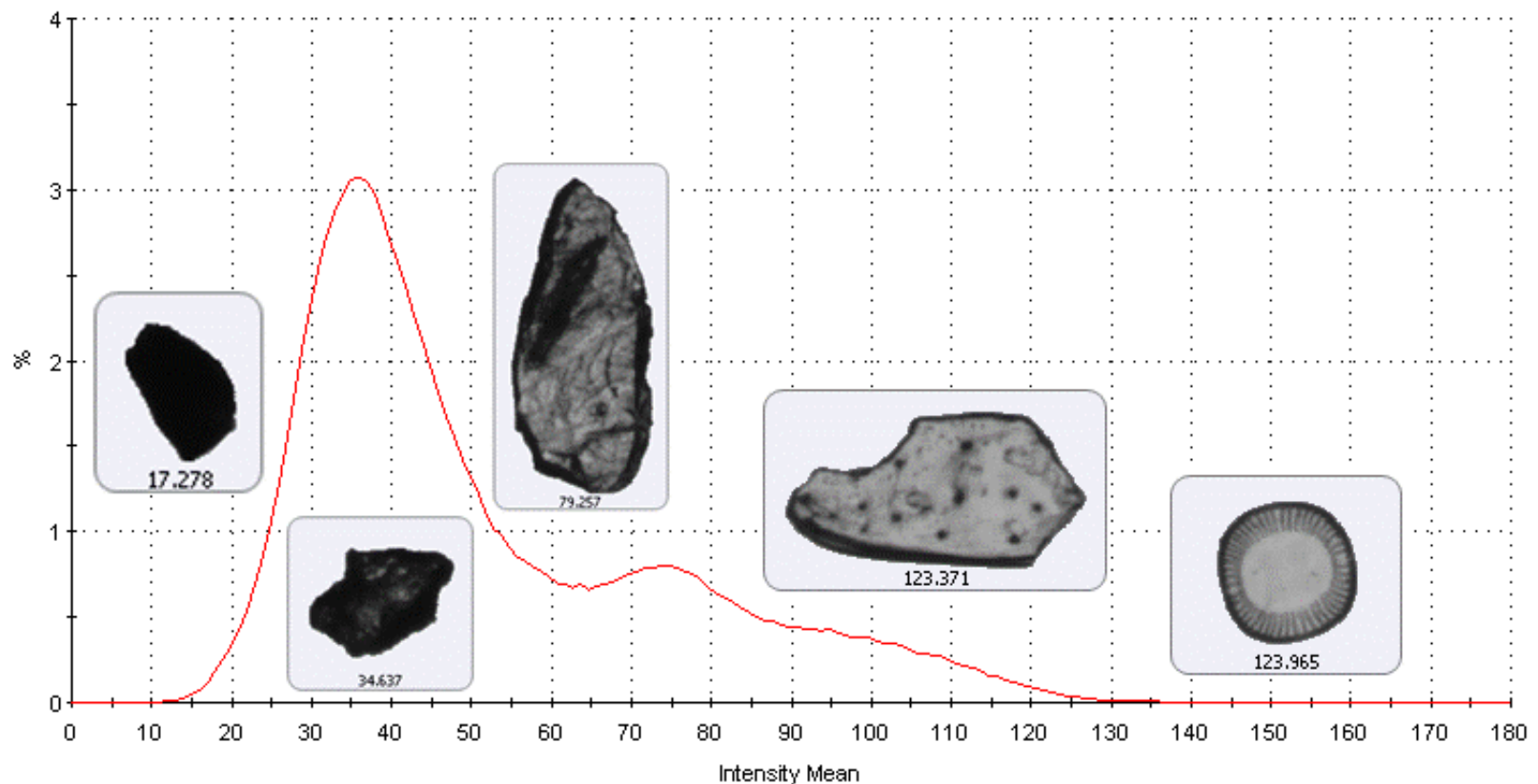
# Esempi: sedimenti

## Discriminazione di 2 sedimenti per circolarità



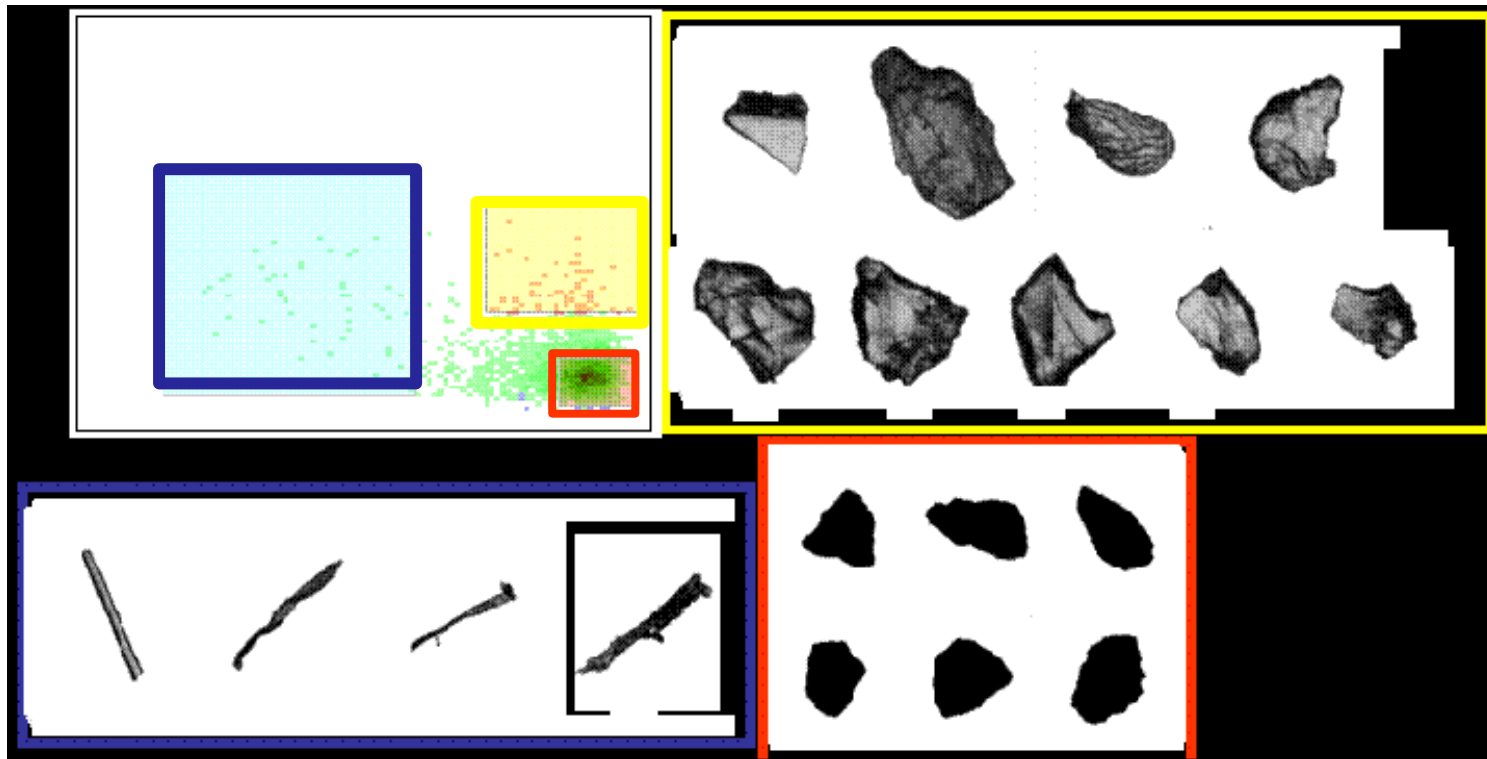
# Esempi: sedimenti

## Quantificazione per trasparenza



# Esempi: sedimenti

Scatterogramma: classificazione circolarità/trasparenza



# Conclusione: Imaging e Diffrazione Laser

	
<p><b>Produce distribuzioni numeriche</b></p>	<p><b>Produce distribuzioni volumetriche</b></p>
<p><b>Alta sensibilità alle particelle fini</b></p>	<p><b>Alta sensibilità alle particelle grandi</b></p>
<p><b>Piccole quantità di materiale</b></p>	<p><b>“Grandi” quantità di materiale</b></p>
<p><b>Proprietà specifiche delle particelle</b></p>	<p><b>Proprietà “bulk” del materiale</b></p>
<p><b>Elevata risoluzione e sensibilità</b></p>	<p><b>Misure robuste e riproducibili</b></p>
<p><b>Informazioni dettagliate del campione</b></p>	<p><b>Caraterizzazione rapida delle particelle</b></p>
<p><b>Precise informazioni morfologiche</b></p>	<p><b>Risolve ampie ditribuzioni granulometriche</b></p>
<p><b>Strumento di ricerca e diagnostica</b></p>	<p><b>Strumento per analisi di routine</b></p>