

L'Analisi Dinamica d'Immagine è  
l'alternativa più rapida e prestazionale



Setacciatore  
AS 200 control



Analizzatore d'Immagine ottico  
CAMSIZER® 3D

**Microtrac Retsch GmbH**  
Retsch-Allee 1-5  
42781 Haan, Germany

Phone +49 21 04/23 33-300  
Fax +49 21 04/23 33-399

E-Mail [info@microtrac.com](mailto:info@microtrac.com)  
Internet [www.microtrac.com](http://www.microtrac.com)

part of **VERDER**  
scientific

## La correlazione tra setacciatura e analisi dinamica d'immagine non è mai stata così semplice

**L'analisi dinamica d'immagine è diventata un metodo ampiamente utilizzato per l'analisi routinaria delle dimensioni e della forma delle particelle in molti settori. In questo articolo spieghiamo come la tradizionale analisi per setacciatura può essere sostituita con successo dall'analisi d'immagine. I risultati prodotti da entrambe le tecniche possono essere adattati in modo che le specifiche del prodotto basate sull'analisi per setacciatura rimangano invariate. Gli utilizzatori dell'analisi d'immagine beneficiano di un carico di lavoro ridotto, una maggiore produttività di campioni e risultati più dettagliati.**

L'analisi per setacciatura è ancora un metodo standard per la determinazione di routine delle distribuzioni granulometriche di polveri e granulati. Da un lato, è efficiente in termini di costi e apparentemente facile da eseguire, ma dall'altro è anche soggetta a errori e inesattezze dovute a disattenzioni. Il tempo richiesto per un'analisi può richiedere fino a 15-30 minuti, inclusa la pesata, il processo di setacciatura e la pulizia. Le informazioni acquisite sono limitate poiché il numero di punti di misura è definito dal numero di setacci disponibili. Al contrario, l'analisi dinamica d'immagine fornisce un risultato di misurazione ad alta risoluzione in 2-3 minuti e contiene inoltre informazioni aggiuntive sulla forma delle particelle. Il tutto viene generato automaticamente.

Non sorprende che si possano osservare alcune differenze sistematiche nei risultati generati da tecniche diverse di misurazione. In questo articolo vengono discusse tali differenze tra l'analisi dinamica d'immagine e la setacciatura utilizzando esempi applicativi di vari materiali con forme di particelle differenti. Infine, vengono presentate possibili soluzioni su come superare queste deviazioni e su come stabilire una correlazione solida e affidabile di dati dell'analisi dinamica d'immagine e setacci.

## Principi di misura dell'analisi dinamica d'immagine e della setacciatura

Il principio di misurazione dell'analisi dinamica d'immagine è abbastanza semplice: una forte sorgente luminosa a LED illumina un flusso di particelle e un sistema di telecamere cattura le immagini delle particelle come proiezioni di ombre. Le immagini vengono trasferite su un PC e un potente software di valutazione elabora i dati e genera distribuzioni di dimensioni e forme. La Fig. 1 mostra due analizzatori di immagini all'avanguardia, CAMSIZER 3D e CAMSIZER X2 prodotti da Microtrac MRB che registrano e valutano rispettivamente 60 o fino a 320 immagini al secondo. Il risultato generato da questi analizzatori si basa sui dati di dimensioni e forma di centinaia di migliaia o addirittura milioni di singole particelle (a seconda della dimensione delle particelle e della quantità di campione).

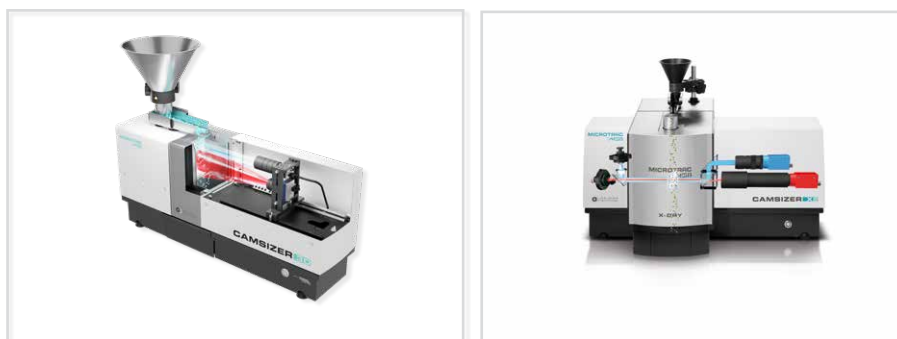
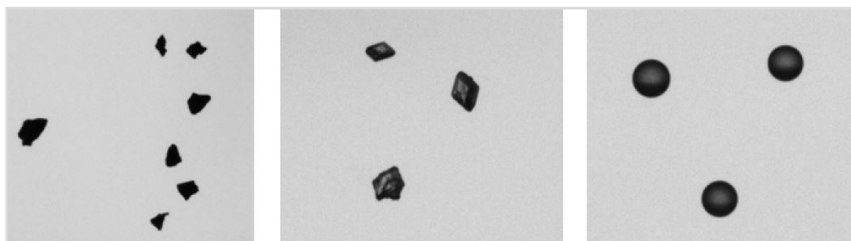


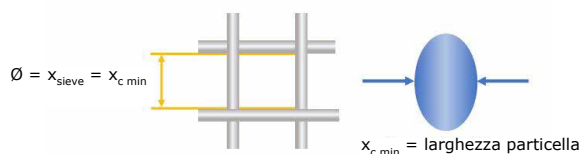
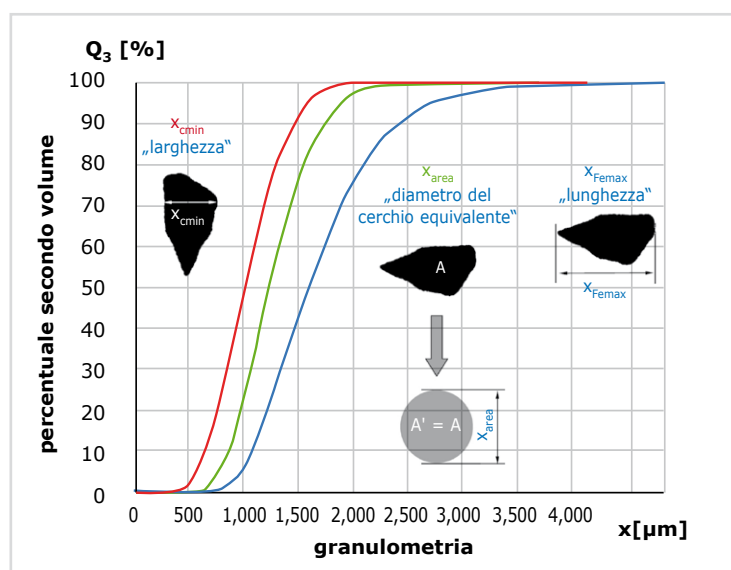
Fig 1 sopra: due analizzatori d'immagine di fascia alta: CAMSIZER 3D (a sinistra) e CAMSIZER X2 (a destra) di Microtrac MRB. Il modello 3D è adatto per l'analisi rapida di solidi sfusi versabili in un intervallo di dimensioni da 20  $\mu\text{m}$  a 30 mm. Il modello X2 è ottimizzato per polveri fini di dimensioni comprese tra 0,8  $\mu\text{m}$  e 8 mm.

Fig. 1 sotto: Immagini esemplificative di misure CAMSIZER: carbone attivo (a sinistra), cristalli di zucchero (al centro) e sfere di polistirene espandibile (a destra).



Una definizione inequivocabile della dimensione delle particelle esiste solo per le particelle sferiche. Per tutte le altre forme, la dimensione può essere derivata da diverse dimensioni fisiche. La Fig. 2 mostra una definizione delle diverse dimensioni di una proiezione 2D di una particella angolare: larghezza ( $x_{\text{cmin}}$ , corda più piccola), lunghezza ( $x_{\text{Femax}}$ , lunghezza massima) e diametro dell'area equivalente ( $x_{\text{area}}$ ). A seconda della definizione selezionata si ottengono risultati diversi. Ogni distribuzione è corretta ma fornisce informazioni sulle diverse proprietà del campione. Gli utenti che desiderano correlare l'analisi d'immagine con i risultati della setacciatura useranno la definizione della dimensione  $x_{\text{cmin}}$ , poiché le particelle passeranno preferibilmente una maglia del setaccio con la loro area di proiezione più piccola, che corrisponde alla loro larghezza (Fig. 2).

Fig. 2: definizioni delle dimensioni utilizzate nell'analisi dinamica d'immagine. Il parametro  $x_{cmin}$  (larghezza delle particelle) fornisce la migliore correlazione con i risultati della setacciatura.

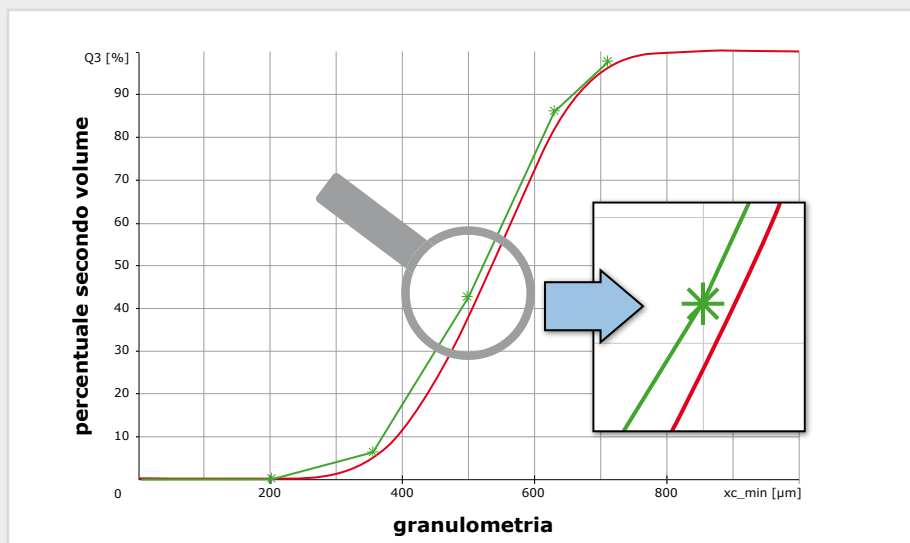


## Analisi dinamica d'immagine e setacciatura di particelle sferiche

Le particelle sferiche sono ovviamente l'esempio più semplice per il confronto di diverse tecniche di dimensionamento: esiste un solo diametro della particella possibile, indipendentemente dal suo orientamento e non ci si aspettano notevoli deviazioni. Esempi di particelle di forma relativamente tonda sono i pellet generati nei processi di granulazione e rivestimento, perle di vetro, particelle di EPS, ma anche polveri di metallo fine. L'esempio di misurazione in Fig. 3, tuttavia, mostra una divergenza tra il risultato CAMSIZER (definizione della dimensione  $x_{c min}$ ) e il risultato del setaccio: quest'ultimo è apparentemente più fine.

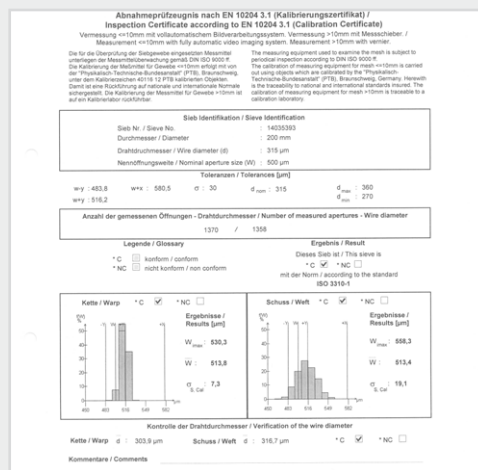
Per capirlo, è necessario esaminare più da vicino i setacci. Ogni setaccio analitico viene prodotto e ispezionato secondo la norma ISO 3310-1. Questa norma definisce quanto le aperture reali di un setaccio possono deviare dalla dimensione nominale dell'apertura. Le dimensioni medie dell'apertura e la deviazione standard vengono esaminate individualmente per entrambe le direzioni della rete metallica (ordito e trama) e per l'apertura massima consentita. La tolleranza risultante per un setaccio con un'apertura nominale di 500 µm è di ± 16,2 µm per l'apertura reale media e l'apertura massima consentita è di 580,5 µm! Di conseguenza, ogni setaccio conforme a ISO 3310-1 presenterà un numero significativo di aperture più grandi della dimensione nominale, anche se l'apertura media è vicina alla dimensione nominale. Pertanto, le particelle di grandi dimensioni, che dovrebbero essere trattenute, possono passare attraverso il setaccio e vengono classificate come più "fini" di quanto non siano in realtà. Quindi, il risultato del setaccio risulta più fine di quello dell'analisi CAMSIZER, la quale determina la dimensione accurata delle particelle sferiche. La magnitudine di questa deviazione dipende da quanto i singoli setacci si discostano dalla dimensione nominale.

Fig. 3 Analisi per setacciatura (verde \*) e il risultato CAMSIZER 3D (rosso) per particelle rotonde, distribuzione cumulativa Q3. L'offset è di pochi micrometri e rientra nella tolleranza dei setacci di prova. Poiché la distribuzione è molto stretta (forte aumento della curva Q3), una piccola deviazione delle dimensioni di soli 15 µm determina una grande differenza nel Q3 di quasi il 5%.



Queste informazioni possono essere ottenute dal certificato di calibrazione di ciascun setaccio di prova che è disponibile su richiesta presso il produttore (Fig. 4). Per ottenere una correlazione tra l'analisi dinamica d'immagine e l'analisi per setacciatura si consiglia di prendere in considerazione la dimensione dell'apertura reale dal certificato di calibrazione. In alternativa, è possibile stabilire un fattore costante per ogni dimensione, così da poter compensare l'effetto della tolleranza del setaccio. Spesso si osserva che i risultati della setacciatura cambiano quando un setaccio viene scambiato con un altro della stessa dimensione nominale. Di conseguenza, il fattore di correlazione con l'analisi dinamica d'immagine è valido solo se i setacci non vengono modificati.

Fig. 4 Estratto di un certificato di calibrazione di un setaccio analitico da 500 µm. L'apertura reale media è 513,8 µm e 513,4 µm rispettivamente. L'apertura massima è rispettivamente di 558,3 µm e 530,3 µm. Questo setaccio è conforme alla norma ISO 3310-1 ma consente il passaggio delle particelle rotonde di 530 µm.



## Analisi dinamica d'immagine e setacciatura di particelle non sferiche

Alcune differenze sistematiche tra analisi dinamica d'immagine e analisi per setacciatura derivano dalla forma delle particelle.

### Particelle Angolari

L'analisi per setacciatura determina la lunghezza del bordo dei cubi ed è quindi una tecnica di misurazione che indica la dimensione delle particelle secondo l'orientamento d'interesse. Durante il processo di setacciatura le particelle hanno molte opportunità di confrontarsi con le diverse aperture in orientamenti diversi. Per le particelle a forma cubica, si può osservare che durante il processo di setacciatura queste passano per la più piccola apertura possibile con la minor area di proiezione (Fig. 5). Tale passaggio non succede nell'analisi dinamica ad immagine, dove le particelle vengono catturate con orientamenti assolutamente casuali.

Per alcuni di questi orientamenti 2D casuali, l' $x_{c\min}$  produce lo stesso risultato numerico dell'analisi per setacciatura (ad es. con la faccia del cubo rivolta verso la telecamera). In molti casi, l' $x_{c\min}$  della proiezione casuale di particelle 2D produce un valore maggiore rispetto all'analisi per setacciatura. Il valore più grande possibile viene raggiunto quando l'angolo del cubo punta verso la telecamera. Quindi, la proiezione 2D è un esagono con un  $x_c$  min uguale alla lunghezza del bordo (d) per la radice quadrata di due:

$$x_{c\min} = d \cdot \sqrt{2}$$

Il sistema ad analisi d'immagine dinamica può misurare un cubo fino a 1.414 volte più grande dell'analisi del setaccio, ma mai più piccolo!

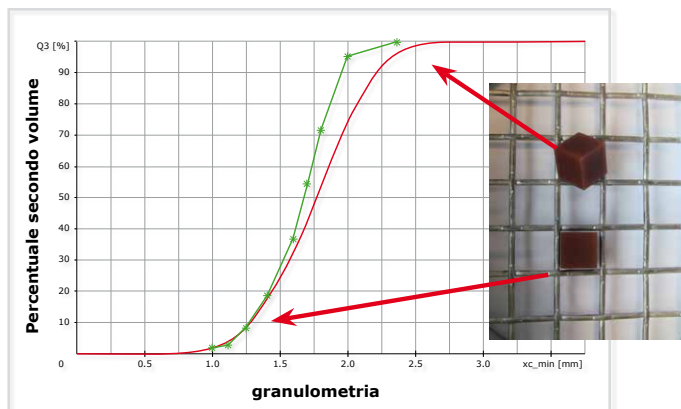


Fig. 5 Analisi con setacci (verde \*) e risultato con CAMSIZER 3D (rosso) per particelle angolari di forma approssimativamente cubica. Distribuzioni cumulative Q3.

Per questo motivo, la correlazione tra analisi d'immagine dinamica e l'analisi per setacciatura per particelle angolari reali è generalmente buona per la frazione fine della distribuzione, poiché vengono registrate le piccole proiezioni; nella frazione grossolana la comparabilità è peggiore in quanto rappresenta le aree di proiezione più grandi.

### Particelle piatte, sottili e lenticolari

Le particelle in scaglie o lenticolari passeranno anche attraverso la più piccola apertura possibile con la loro area di proiezione più piccola. Tuttavia, si orientano in diagonale nei fori quadrati del setaccio, in modo che il valore numerico ottenuto dalla setacciatura sia un valore tra lo spessore e il diametro della particella (Fig.6). Nell'orientamento casuale, il valore misurato  $x_{c\min}$  si trova tra lo spessore e il diametro della particella, pertanto il risultato può essere maggiore o minore di quello ottenuto dalla setacciatura. Per i campioni reali ciò causa l'intersezione delle curve cumulative, il che è molto tipico per le particelle piatte. La distribuzione misurata dall'analisi d'immagine sarà sempre più ampia della distribuzione ottenuta dall'analisi per setacciatura.

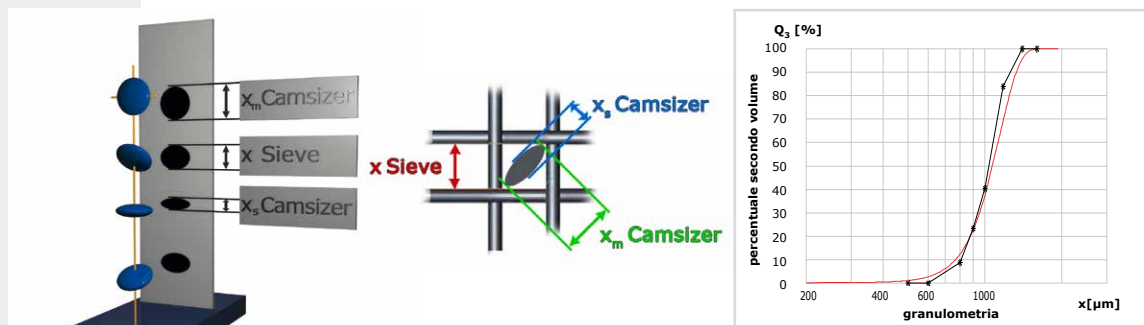


Fig. 6 Analisi per setacciatura (nero \*) e risultato CAMSIZER 3D (rosso) per particelle appiattite, distribuzione cumulativa Q3. Le particelle stanno attraversando le aperture in diagonale, il CAMSIZER può misurare una dimensione più piccola o più grande a seconda dell'orientamento della particella durante il rilevamento. La distribuzione risultante è quindi più ampia di quella risultante dall'analisi per setacciatura.

## Influenza dell'ampiezza della distribuzione e correlazione con la setacciatura

Dalle osservazioni precedenti è chiaro che un semplice "fattore di forma" che sposta l'intera distribuzione di un fattore costante, non potrà mai essere sufficiente per raggiungere la completa conformità tra l'analisi per setacciatura e l'analisi dinamica d'immagine. Un approccio più promettente utilizza diversi fattori che dipendono dal valore Q3. Questo metodo è applicabile a tutti i campioni con la stessa forma e larghezza di distribuzione. Se l'ampiezza della distribuzione cambia, questa tecnica di correlazione fallisce e le deviazioni tra analisi d'immagine dinamica e la setacciatura cambiano a loro volta con l'ampiezza della distribuzione. Si consideri un campione di particelle lenticolari come in Fig. 6. Un campione reale contiene lenti di dimensioni diverse e, a causa degli effetti di orientamento, alcune di quelle piccole verranno rilevate come "troppo grandi" e alcune di quelle grandi saranno rilevate come "troppo piccole" dall'analizzatore d'immagine. Per una distribuzione ampia con lenti di dimensioni diverse, queste deviazioni si annulleranno a vicenda e la correlazione complessiva diventerà molto buona. D'altra parte, se tutte le lenti hanno lo stesso spessore e diametro, le differenze sistematiche tra le due tecniche diventano evidenti. Pertanto, per una distribuzione ristretta, è necessario un fattore di correlazione più forte rispetto alle distribuzioni estese.

In pratica, gli utenti che si occupano di distribuzioni estese spesso non devono applicare alcun meccanismo di correlazione. Per tutti gli altri casi, è possibile ottenere una correlazione robusta valida per tutte le particelle con una forma particolare ma indipendente dalla larghezza della distribuzione. L'idea è di consentire all'analizzatore d'immagine di misurare un campione di un materiale specifico in cui la deviazione con la setacciatura è elevata e che abbia una distribuzione molto stretta. Da questo risultato l'algoritmo apprenderà la differenza fondamentale per questo materiale, indipendentemente dalla larghezza della distribuzione e potrà applicarlo a qualsiasi altro campione con una forma di particelle simile. Questo campione è ottenuto mediante analisi per setacciatura; più stretta è la frazione, migliore è l'algoritmo di correlazione (ad esempio 600 µm - 630 µm o 1,12 mm - 1,18 mm, ciò produce particelle delle stesse dimensioni in termini di setacciatura).

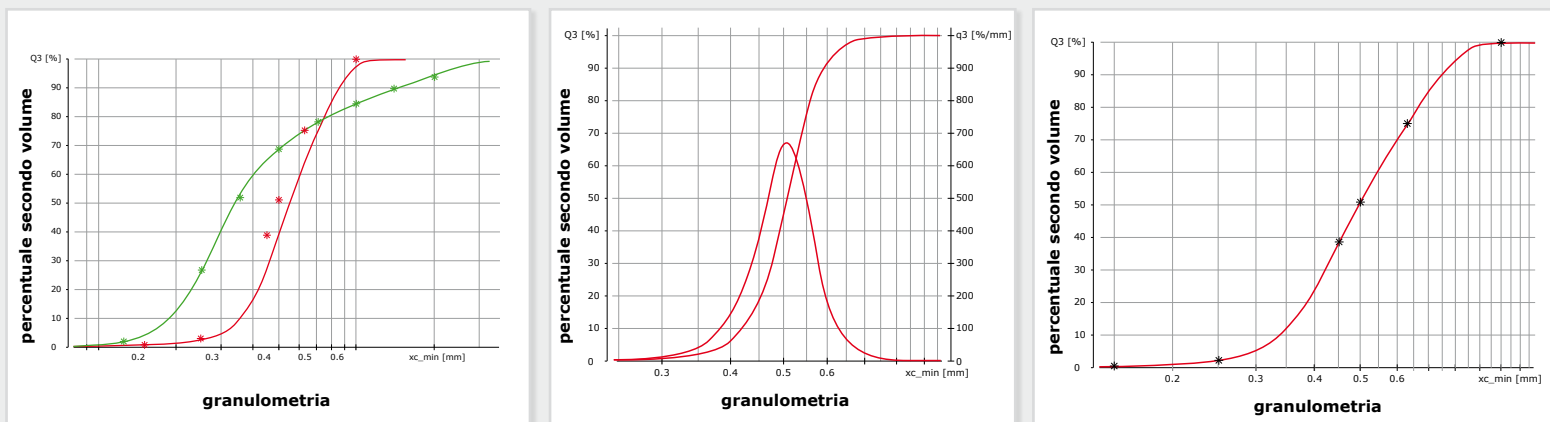
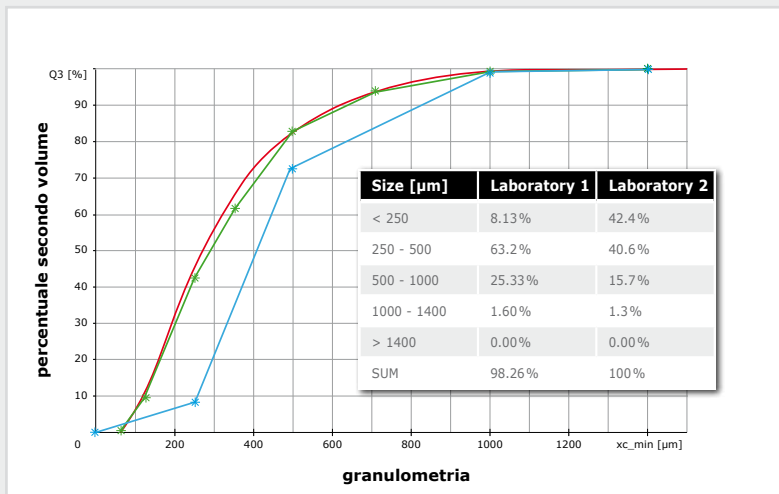


Fig. 7 sinistra: analisi dimensionale di due campioni di sabbia, uno con una distribuzione ampia (Campione 1, verde) e uno con una distribuzione ristretta (Campione 2, rosso). Risultati CAMSIZER 3D e corrispondenti dati con setacci come \*. L'ampia distribuzione si accorda con l'analisi per setacciatura e la curva rossa mostra le deviazioni tipiche. Al centro: analisi CAMSIZER 3D della frazione 450 µm - 500 µm del campione 2. Questa frazione è adatta come campione al fine di trovare una funzione di correlazione. Se questa correlazione viene quindi applicata al risultato della misurazione del campione 2, l'analisi dinamica d'immagine e l'analisi per setacciatura coincidono perfettamente (a destra).

Fig. 8: Esempio di un'analisi con setacci difettosa. Risultati di un campione di sabbia fine: CAMSIZER 3D (rosso). Risultati con setacci di due diversi laboratori: Lab 1 (blu \*), Lab 2 (verde \*). Il risultato del Lab 1 è significativamente più grossolano di quello del Lab 2 e dell'analisi dinamica d'immagine. Il peso elevato iniziale del campione porta al sovraccarico dei setacci da 250 µm e 500 µm e le particelle piccole non hanno la possibilità di passare. Inoltre, le frazioni non si sommano al 100% per l'analisi del Lab 1 (perdita del campione!). Il risultato della setacciatura del Lab 2 è corretto e concorda con quello dell'analizzatore.



Con la procedura sopra descritta, l'utente di un sistema CAMSIZER può trovare una solida correlazione con setacci in tre semplici passaggi:

1. Analisi CAMSIZER, 2. Analisi per setacciatura, 3. Analisi CAMSIZER di una frazione stretta. Il requisito di base per una corretta correlazione con setacci è, tuttavia, che i dati del setaccio siano corretti. Non è possibile associare i dati dell'analisi dinamica d'immagine a risultati di analisi con setacci difettosi, quindi assicurarsi sempre che i setacci utilizzati siano puliti e in buone condizioni. I setacci danneggiati o usurati devono essere sostituiti. Il processo di setacciatura deve essere abbastanza lungo da dare a tutte le particelle l'opportunità di passare, quindi la setacciatura deve essere continuata fino a quando la massa del campione su qualsiasi setaccio non cambia con un tempo di setacciatura prolungato. Un altro errore frequente nell'analisi con setacci è il sovraccarico. Se viene posizionato troppo campione su un setaccio, le aperture vengono bloccate e impediscono il passaggio di piccole particelle. Minore è la dimensione delle particelle, minore è il campione consentito.

Alcuni utenti prelevano sempre 100 g di campione perché il grammo equivale alla percentuale e il calcolo è molto più semplice. Per molti campioni fini 100 g presentano una quantità già troppo elevata. Inoltre, è possibile incorrere nel pericolo di fare un errore di campionamento quando si usa una massa particolare. In questi casi si consiglia di ridurre la quantità di campione con uno splitter e utilizzare un'aliquota per l'analisi.

## Conclusioni

L'Analisi Dinamica d'Immagine è una tecnica altamente precisa e affidabile per la caratterizzazione della dimensione delle particelle e della forma di solidi sfusi. Rispetto all'analisi per setacciatura tradizionale offre una riduzione del carico di lavoro e una maggiore produttività oltre a molte informazioni aggiuntive ed a portata di mano sul materiale da analizzare. Grazie a sofisticate funzioni di correlazione specifiche del materiale che possono essere facilmente stabilite dall'utente, è possibile ottenere risultati che corrispondono all'analisi con setacci in modo accurato e affidabile. Nell'interpretazione dei risultati, devono essere considerati i limiti e le imprecisioni dell'analisi con setacci.

## Tecnologia a doppia camera di CAMSIZER

