

“Particles detector App”: creazione di un’applicazione aziendale tramite Matlab Compiler

Riccardo Panza, Roberto Germiniasi
MATLAB in ambito aziendale, università e policy research (V edizione)
Parma, 08/11/2024

The Group



34,329 employees
€15,720 million in sales

Total Tetra Laval employees also includes 101 other employees
Net sales million euro: -5 corporate and eliminations
(source: Tetra Laval Annual Report 2023/2024)



5,059 employees
€1,575 million in sales

Packaging solutions for beverage,
food, home and personal care



24,391 employees
€12,755 million in sales

Liquid food processing
and carton packaging



4,778 employees
€1,395 million in sales

Complete systems
for milk production

Leading in the Food & Beverage packaging

from packaging design to complete solutions, expertise along the value chain

Packaging
Design, branding, etc.

Product preparation

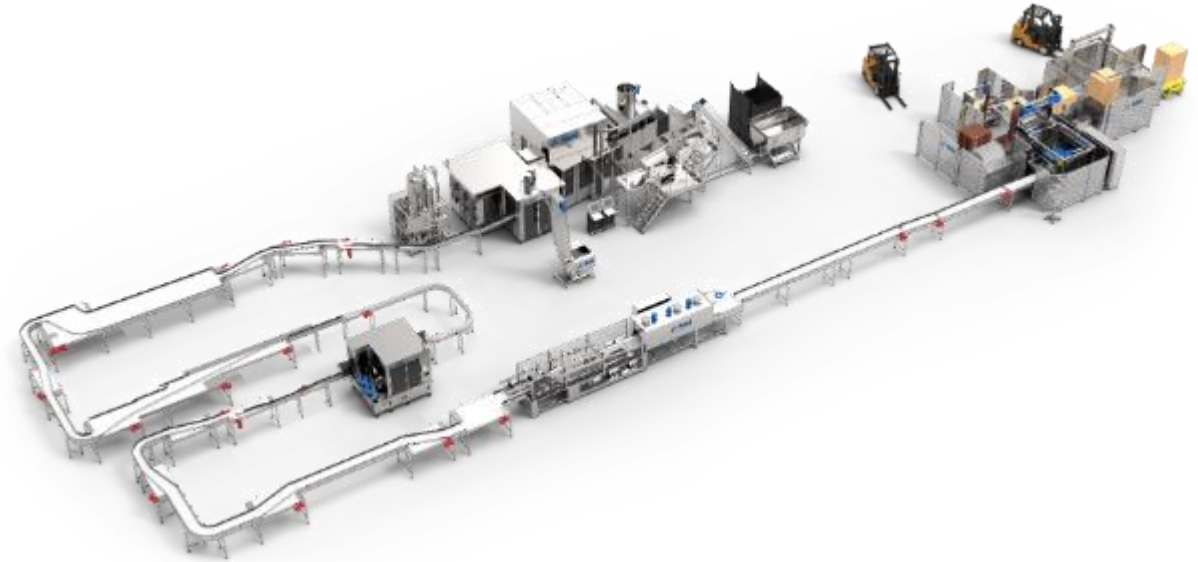
Equipment and
Complete lines

Services



Sidel complete lines : Sustainability & Performance

- A complete portfolio: **high-performing lines**
- **PET, Can and Glass**
- **100 % rPET** ready
- Fitting all beverage categories
- Optimized **TCO & LCA**, easy operations and fast **changeovers**
- Integrated blow-fill-cap solutions
- Sidel's in-house **packaging expertise**
- Sustainable : **Low energy** and **minimum waste**



Packaging



Combi



Blowing



**Secondary
& Tertiary
packaging**

Agenda

1

Introduzione alla Rinser e alle sue funzionalità

2

Protocollo di misura dell'efficienza di risciacquo

3

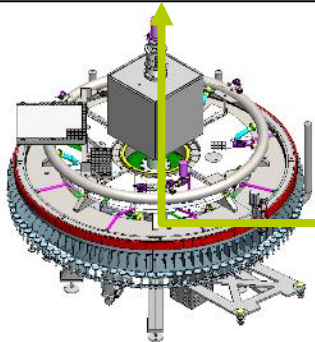
“Particles detector”: creazione dell'applicazione aziendale ed esempio live

Introduzione alla Rinser e alle sue funzionalità

Introduzione alla Rinser

FILLER

E' la macchina rotativa che riempie i contenitori di prodotto secondo le varie fasi di vuoto, pressurizzazione, riempimento (rapido e lento) e decompressione



STARWHEEL

Le stelle di trasferimento muovono a passo le bottiglie tra Rinser, Filler e Crowner. Sono parte integrante del layout di commessa



RINSER

E' la macchina rotativa che ribalta e risciacqua le bottiglie non ancora riempite. Il tempo di trattamento è una specifica di commessa critica, sui cui si dimensiona la macchina



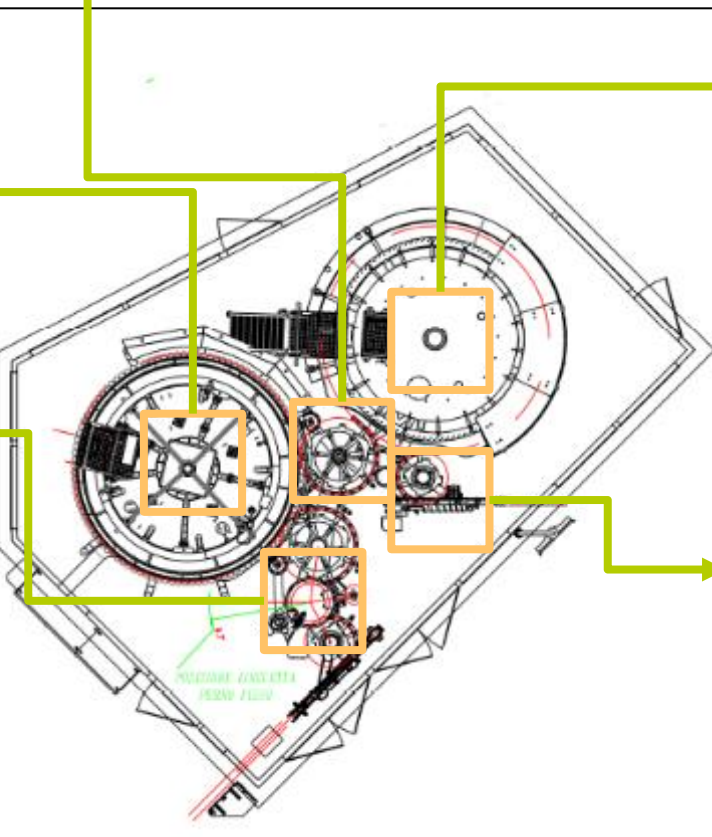
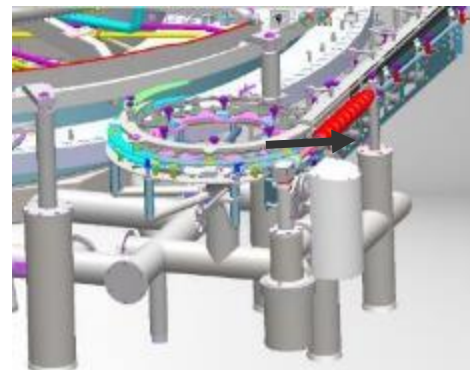
CROWNER

E' la macchina rotativa le cui teste tappanti garantiscono la tenuta del tappo (twist-off, pry-off) sulla bottiglia



COCLEA

Mette a passo le bottiglie che arrivano dal nastro per trasferirle alla stella di ingresso



Wet-Area, percorso bottiglia

FOCUS SU RINSER

- La Rinser è la prima macchina che incontra la bottiglia nell'area detta WET e tramite trattamenti specifici lava il contenitore prima del riempimento
- La fase di risciacquo è cruciale per garantire che i contenitori siano puliti e privi di contaminanti o residui che potrebbero alterare il prodotto o compromettere la sicurezza alimentare
- Il cliente giudica la Rinser per l'efficienza, la sicurezza alimentare e il consumo delle utilities, esigendo soluzioni ottimizzate tra tutti questi aspetti

Rinser: fattori di efficienza e di rischio

Funzione e scopo della Rinser

- **Risciacquo dei contenitori:** Rimuove particelle di polvere, piccoli detriti o residui di lavorazione presenti nei contenitori
- **Igiene del prodotto:** Garantisce che il prodotto finale sia sicuro per il consumo, riducendo la possibilità di contaminazione microbiologica

Fattori di performance e di efficienza

- **Velocità di trattamento:** La capacità della Rinser di risciacquare un numero elevato di contenitori ogni ora è fondamentale per l'efficienza dell'intera linea di produzione e per dimensionare la Rinser stessa
- **Consumo di utilities:** Per pulire un contenitore vi è consumo di acqua, aria, energia e, se utilizzati, agenti chimici. Quanto bene la Rinser ottimizza i consumi è un aspetto chiave
- **Efficienza di risciacquo:** Il livello di pulizia raggiunto in ogni contenitore, garantendo l'assenza di residui, è un indicatore essenziale.
- **Affidabilità e manutenzione**

Rischi associati alla Rinser

- **Contaminazione:** Se la macchina non è mantenuta e pulita correttamente, può causare contaminazioni batteriche o fungine
- **Inefficienza:** Una Rinser mal configurata o dimensionata, o con utilities con pressioni e portate non adeguate, potrebbe non rimuovere efficacemente i contaminanti: polvere, particelle o altro
- **Consumo di prodotti chimici:** Rischi operativi legati all'uso di agenti chimici
- **Consumo di utilities:** Le macchine ad alte prestazioni o mal dimensionate possono essere energivore, aumentando i costi operativi



FOCUS SU RINSER

- Efficienza operativa e la sostenibilità, con un focus sul risparmio di acqua e altre utilities, sono gli obiettivi primari
- **Diventa quindi necessario sviluppare un protocollo interno di validazione quantitativo per il trattamento di risciacquo, che sia in grado di ottimizzare il processo!**

Protocollo di misura della efficienza di risciacquo

Test protocol - Laboratorio

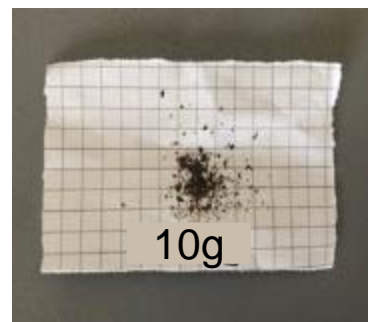
Inputs

- Definire il tipo contaminante con cui sporcare il contenitore, e la quantità
- Definire una metodologia robusta con cui replicare il processo di risciacquo in sala prove
- Definire un benchmark e un criterio di accettabilità

Pesatura del contaminante



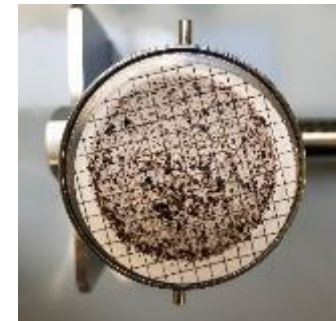
Scelta della quantità iniziale di contaminante



Inquinamento controllato dei contenitori



Definire il numero di particelle iniziale prima del trattamento su un filtro di laboratorio



PROTOCOLLO DI LABORATORIO

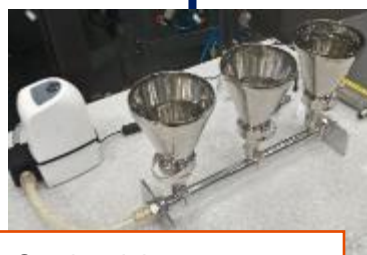
Trattamento sul banco prova



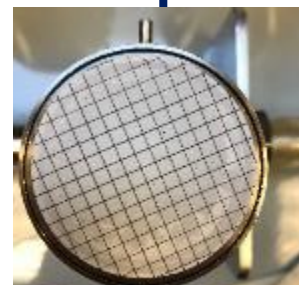
Ispezione visiva



Scarico del contenuto rimasto in bottiglia tramite una rampa di filtrazione



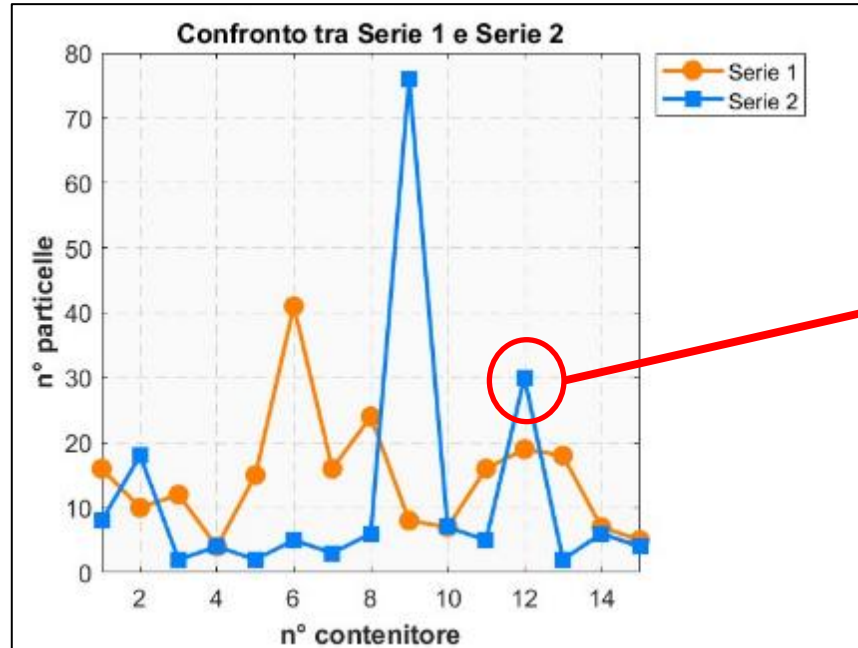
Analisi finale del filtro e conteggio delle particelle rimanenti



Outputs

- Definizione della CTQ, quindi del numero di particelle residue
- Valutare il numero delle particelle e delle loro dimensioni
- Ottimizzare i processi di trattamento in funzioni della variabili di trattamento

Validazione del sistema di misura iniziale



Open points

- Molta dispersione nei risultati
- Metodo di conteggio delle particelle
- Validazione del sistema di misura

Gage R&R

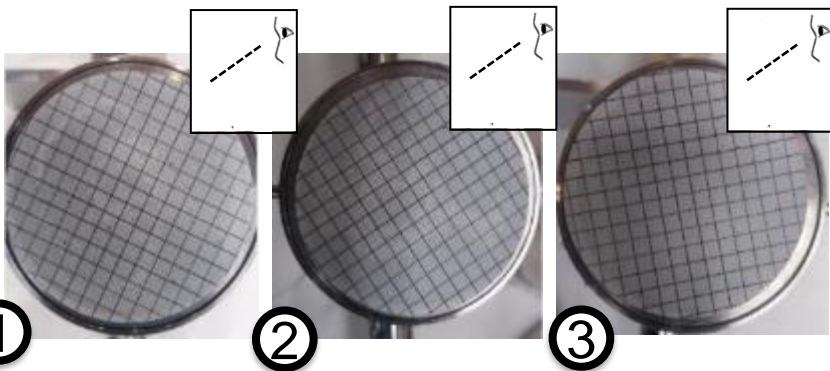
Un elemento chiave nella validazione del sistema di misura nel contesto del 6 Sigma è il **Gage Repeatability and Reproducibility (Gage R&R)**, che misura:

- **Repeatability (Ripetibilità):** la variabilità dovuta allo strumento di misura, ovvero la capacità dello strumento di ottenere gli stessi risultati nelle stesse condizioni.
- **Reproducibility (Riproducibilità):** la variabilità dovuta agli operatori o alle condizioni ambientali differenti, come l'abilità di diversi operatori di ottenere risultati simili con lo stesso strumento.

TEST 1		
Treatment data	Production	10000 b/h
	Rinsing 1	10s
	Pause	4s
	Rinsing 2	10s
	Drainage	10s
	Total tr. Time	34s
Results	Average dirt grids	18
	Average visible particles	4,5
	% Removal	82%
	Std. Deviation on Removal	7%

TEST 2		
Treatment data	Production	5000 b/h
	Rinsing 1	12s
	Pause	4s
	Rinsing 2	12s
	Drainage	12s
	Total tr. Time	40s
Results	Average dirt grids	15
	Average visible particles	2
	% Removal	89%
	Std. Deviation on Removal	13%

Gage R&R del precedente sistema di misura



STUDIO GAGE R&R

- % Study Variation, % Tolerance, Numero di categorie distinte hanno valori inadeguati
- Il sistema di misura non è accurato né preciso

STUDIO GAGE R&R

- Test su 3 filtri differenti
- 3 ripetizioni per ogni filtro
- 3 diversi operatori coinvolti nella misurazione

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	879,05	10,63
Repeatability	93,74	1,13
Reproducibility	785,31	9,49
Operators	193,77	2,34
Operators*Parts	591,54	7,15
Part-To-Part	7392,46	89,37
Total Variation	8271,51	100,00

Process tolerance = 468

Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	29,6488	177,893	32,60	38,01
Repeatability	9,6820	58,092	10,65	12,41
Reproducibility	28,0234	168,140	30,81	35,93
Operators	13,9200	83,520	15,31	17,85
Operators*Parts	24,3217	145,930	26,74	31,18
Part-To-Part	85,9794	515,876	94,54	110,23
Total Variation	90,9478	545,687	100,00	116,60

Number of Distinct Categories = 4

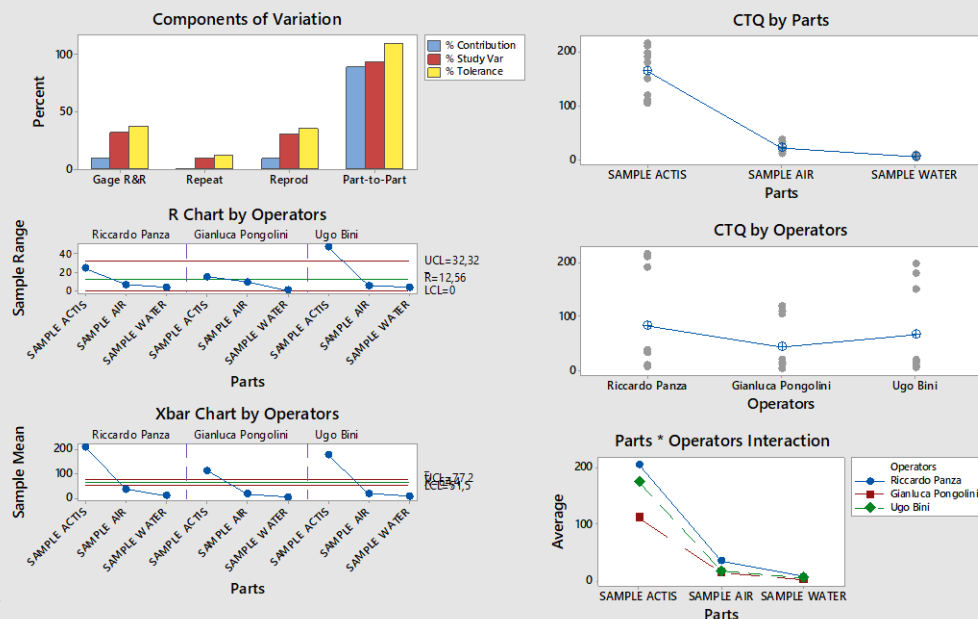
Repeatability >30%:
not acceptable

<5: resolution not acceptable



Gage R&R (ANOVA) Report for CTQ

Gage name: Contaminated Filter Measement
Date of study: Giugno 2018
Reported by: Riccardo Panza
Tolerance: Misc:
Misc:

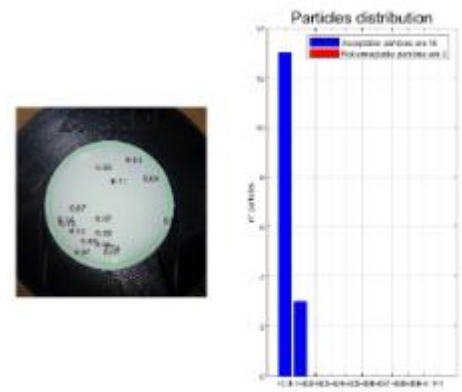
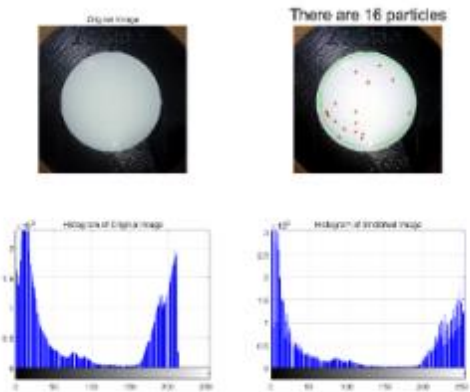


Metodo di conteggio

- L'operatore conta visivamente il numero di particelle sul filtro: se ci sono molte particelle, l'operatore conta quanti quadrati sono sporchi e moltiplica il numero di griglie per 1 (sporco medio), 2 (molto sporco) o 3 (sporco molto alto).

Nuovo protocollo di misura

Image Processing Toolbox - MATLAB



Size (µm)	SAMPLE 1	SAMPLE 2	SAMPLE 3	SAMPLE 4	SAMPLE 5	SAMPLE 6	SAMPLE 7	SAMPLE 8	SAMPLE 9	SAMPLE 10	SAMPLE 11	SAMPLE 12	SAMPLE 13	SAMPLE 14	SAMPLE 15	SAMPLE 16
0.1-0.2µm	86	32	4	2	25	25	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10
0.2-0.3µm	2	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.3-0.4µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4-0.5µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-0.6µm	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6-0.7µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7-0.8µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8-0.9µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9-1µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>1µm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Creato supporto per la fotocamera tramite stampa 3D, per garantire:
 - Stessa risoluzione
 - Distanza e messa a fuoco
 - Luce e parametro iniziale

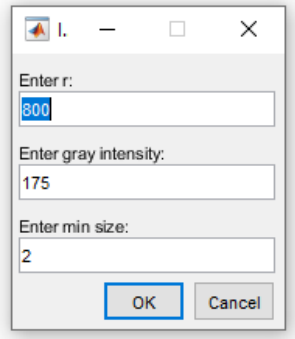


- Lo script e la function sviluppata tramite Matlab analizza ogni immagine, trasformandola in scala di grigi. Lo script conteggia e restituisce una dimensione per ogni particella
- Le particelle vengono visualizzate nelle immagini ed i dati salvati

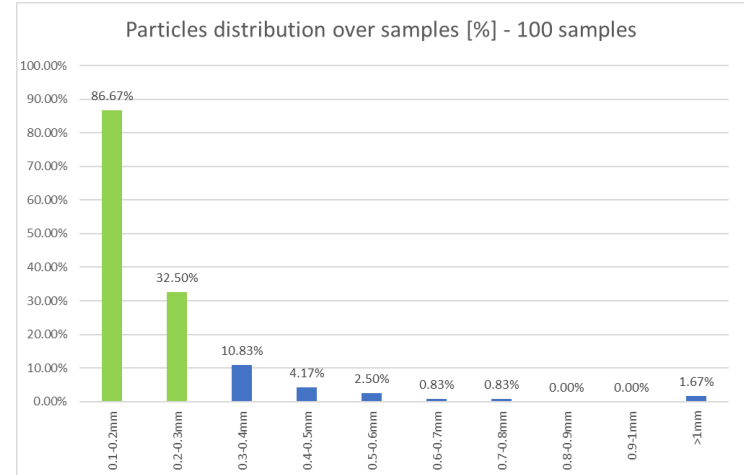
```

5 % Carbon particle image counter
6
7 [PathName] = uigetfile('*.jpg','MultiSelect','on');
8 files=dir(PathName);
9
10 % Read in image
11 for i=1:length(files) %files
12     FileName(i)=files(i).name; %files(i).name
13 end
14
15 choice = questdlg('How to filter the image?', ...
16     'Image filtering', ...
17     'Gray Scale','Binary','No thank you');
18
19 switch choice
20     case 'Gray Scale'
21         option = 1;
22     case 'Binary'
23         option = 2;
24 end
25
26 if option == 1
27
28     prompt = {'Enter r:','Enter gray intensity:','Enter min size:'};
29     dlg_title = 'Input';
30     num_lines = 1;
31     def = {'800','175','2'};
32     answer = inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,def);
33
34     r=str2num(answer{1});
35     Int=str2num(answer{2});
36     min_size=str2num(answer{3});
37
38     for j=1:length(FileName)
39         [fig(1), diagonal(j), fig(2), somme(j)] = particles_counter_RPiiponetest(FileName(j), r, Int, min_size);
40         savefig(fig,['TwoFiguresFile' num2str(j)]);
41         close(fig);
42         val(j,:)=somme(1,j);
43     end
44
45 col_header={'<0.1µm';'0.1-0.2µm';'0.2-0.3µm';'0.3-0.4µm';'0.4-0.5µm';'0.5-0.6µm';'0.6-0.7µm';'0.7-0.8µm';'0.8-0.9µm';'0.9-1µm';'>1µm'};
46 xlswrite('data.xlsx',[val]],'Fogli1','B8'); %
47 xlswrite('data.xlsx',col_header,'Fogli1','A8');
48

```



- I risultati del test vengono salvati direttamente nel file .xlsx generato da Matlab
- I dati forniscono immediatamente l'esito del test, quindi dell'efficienza di risciacquo e della volatilità dei risultati



Script “black particles”- MATLAB

```
I = imread(FileName);  
Image = I;
```

```
fig1=figure('Color',[0.75 0.75 0.75]);  
colormap('gray');  
subplot(2,2,1), imshow(I);  
title('Original Image');
```

```
stretched_Image = imadjust(Image, stretchlim(Image, [0.2, 0.8]),[]);  
I3 = stretched_Image;  
subplot(2,2,2), imshow(stretched_Image), title('Stretched Image');
```

```
% Keep only points lying inside circle  
idx = inpolygon(X(:),Y(:),xc',yc) ;  
for i = 1:d  
    I1 = stretched_Image(:, :, i) ;  
    I1(~idx) = 255 ;  
    stretched_Image(:, :, i) = I1 ;  
end
```

```
Ia = rgb2gray(stretched_Image);  
I2 = Ia > Int;
```

Carica l'immagine *FileName* e la memorizza nella variabile I

Crea una finestra (*fig1*) con sfondo grigio e visualizza l'immagine originale

Aggiusta il contrasto dell'immagine utilizzando i limiti di contrasto specificati e mostra l'immagine regolata

Viene definito un cerchio che rappresenta la zona d'interesse. Usa *inpolygon* per selezionare solo i punti all'interno del cerchio e imposta il resto dell'immagine a bianco (255)

Converte l'immagine in scala di grigi e la binarizza usando una soglia (*Int*) per identificare le particelle scure.

Script “black particles”- MATLAB

```
count = 0;
for i = 1:length(I2(1,:))
    for j = 1:length(I2(:,1))
        if I2(j,i) == 0
            count = count + 1;
        end
    end
end
area = length(I2(1,:)) * length(I2(:,1));
perc = count / area * 100;
```

Conta il numero di pixel neri (*particles*) e calcola la loro percentuale sul totale.

```
Icomp = imcomplement(I2);
Ifilled = imfill(Icomp,'holes');
se = strel('square', min_size);
Iopenned = imopen(Icomp,se);
```

Inverte l'immagine (*Icomp*), riempi eventuali "buchi" nelle particelle (*Ifilled*) e applica un'operazione di apertura per rimuovere il rumore.

```
[labeled, numObjects] = bwlabel(Iopenned,4);
stats = regionprops(labeled, 'Eccentricity', 'Area', 'centroid', 'BoundingBox',
```

Identifica e calcola le proprietà delle particelle, come area, eccentricità, diametro equivalente, e box di delimitazione.

Script “black particles”- MATLAB

```
if numel(BoundingBox) == 0;
    x_width(1,:) = 0;
    y_width(1,:) = 0;
else
    x_width(1,:) = (BoundingBox(1,3:4:end));
    y_width(1,:) = (BoundingBox(1,4:4:end));
end
diagonal = zeros();
for g = 1:length(x_width)
    diagonal(1,g) = sqrt((x_width(1,g).^2 + y_width(1,g).^2));
end
```



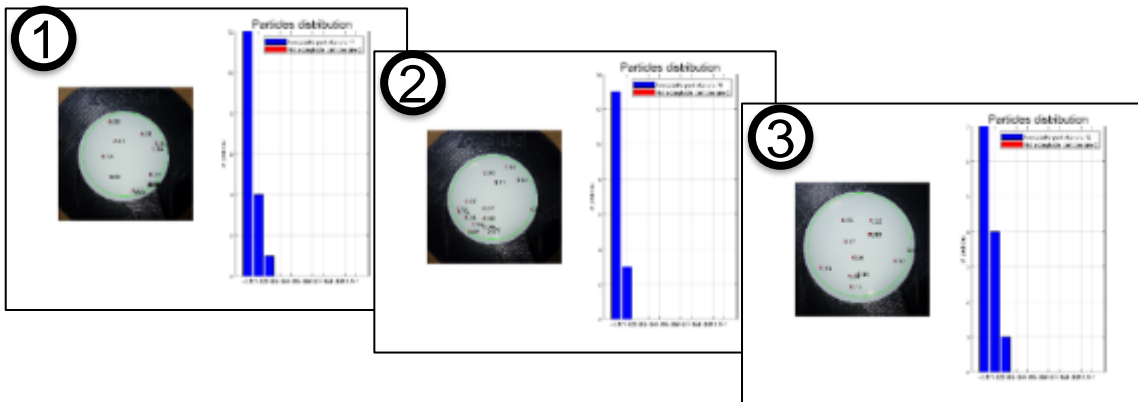
```
conv = 3 / 122;
particles = conv * (diag + diam);
particle_size = 1/100 * floor(round(100 * particles));
```

Calcola la diagonale massima di ogni particella

Disegna i rettangoli attorno a ciascuna particella. Se la *Bounding box* è rettangolare la particella è definita aghiforme e la dimensione lineare è assimilabile alla diagonale del *Bounding box*. Se il *Bounding box* è simile ad un quadrato, la particella è definita rotonda e la sua dimensione lineare è assimilabile al diametro del cerchio di una particella circolare con area equivalente

Calibra le dimensioni delle particelle usando una costante di conversione per ottenere le dimensioni in millimetri

Gage R&R del nuovo sistema di misura



STUDIO GAGE R&R

- % Study Variation, % Tolerance, Numero di categorie distinte hanno valori ottimo
- Il sistema di misura è ora accurato e preciso

STUDIO GAGE R&R

- Test su 3 filtri differenti
- 3 ripetizioni per ogni filtro
- 3 diversi operatori coinvolti nella misurazione

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000	0,00
Repeatability	0,0000	0,00
Reproducibility	0,0000	0,00
Operators	0,0000	0,00
Part-To-Part	49,3333	100,00
Total Variation	49,3333	100,00

Lower process tolerance limit = 0

Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,00000	0,0000	0,00	0,00
Repeatability	0,00000	0,0000	0,00	0,00
Reproducibility	0,00000	0,0000	0,00	0,00
Operators	0,00000	0,0000	0,00	0,00
Part-To-Part	7,02377	42,1426	100,00	287,34
Total Variation	7,02377	42,1426	100,00	287,34

Number of Distinct Categories = 137767123

0%: acceptable

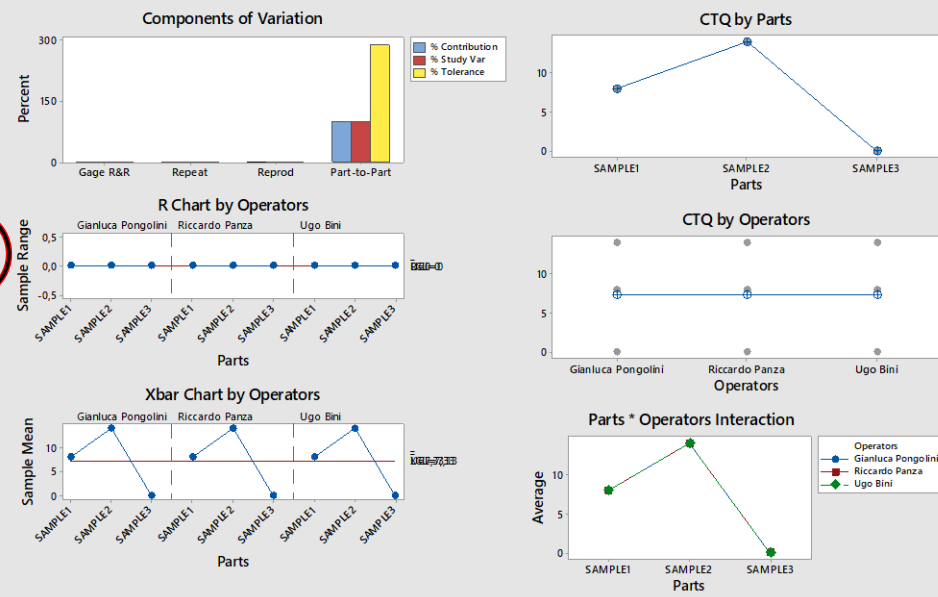


>5: high resolution

Gage R&R (ANOVA) Report for CTQ

Gage name: Contaminated Filter Measement - NEW
Date of study: Giugno 2018

Reported by: Riccardo Panza
Tolerance: Misc.
Misc:

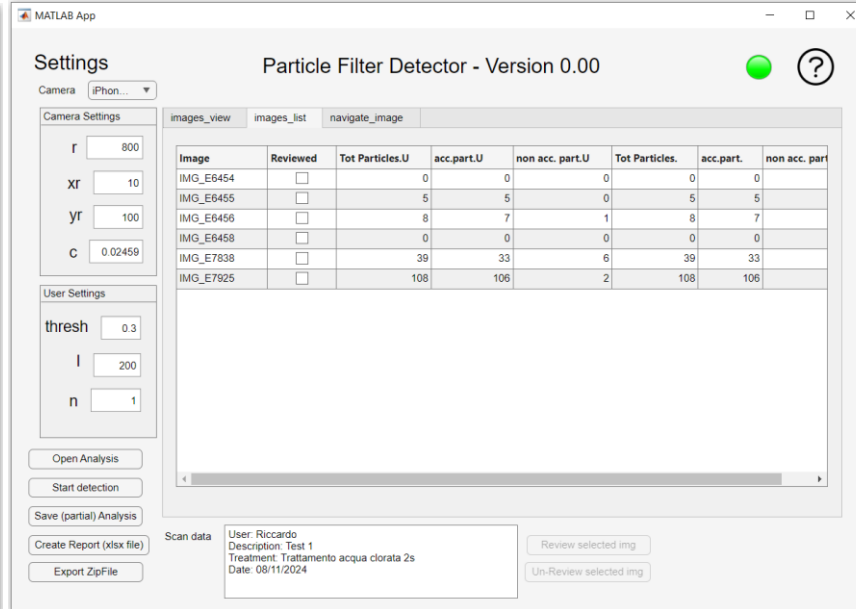
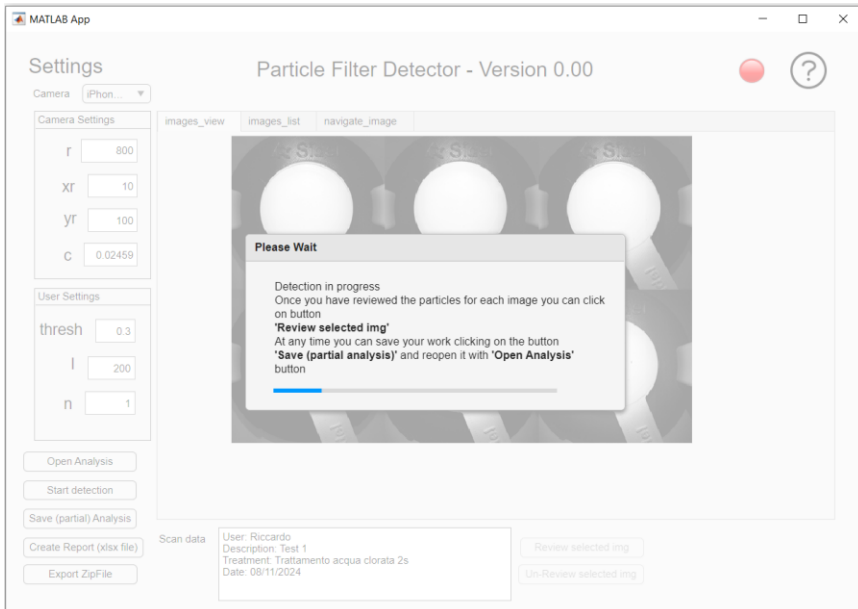
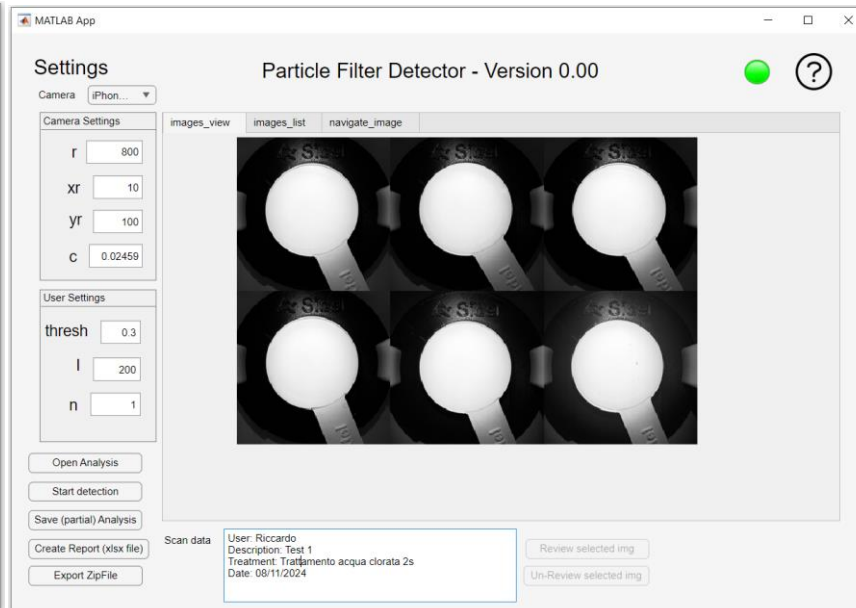
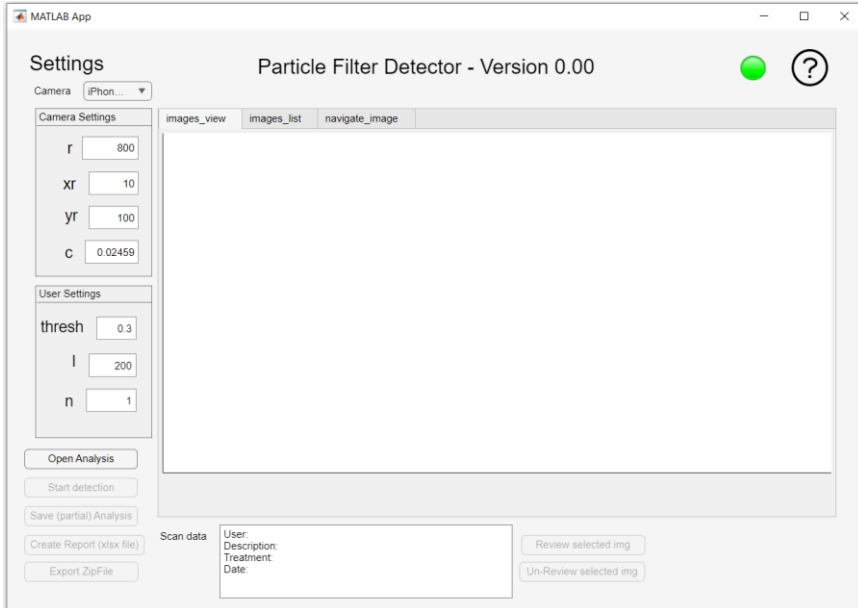


Metodo di conteggio

- Ogni operatore ha quantificato il numero di particelle utilizzando il software creato (codice Matlab) e seguendo le linee guida del protocollo

**“Particles detector”: creazione
dell’applicazione aziendale
ed esempio live**

Particles detector app – MATLAB Compiler

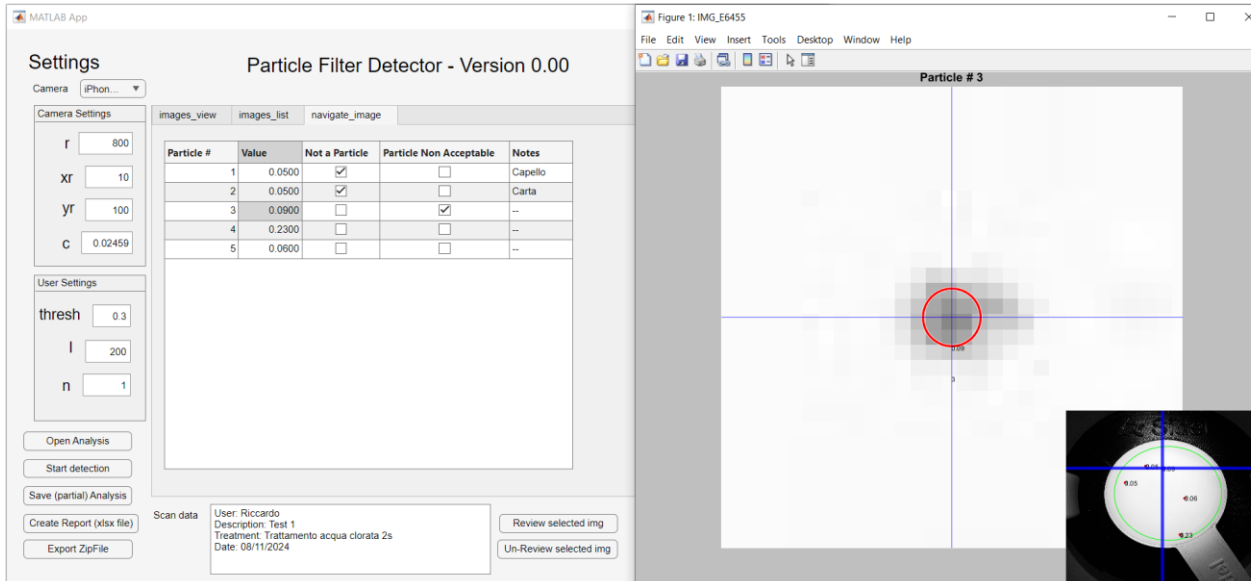
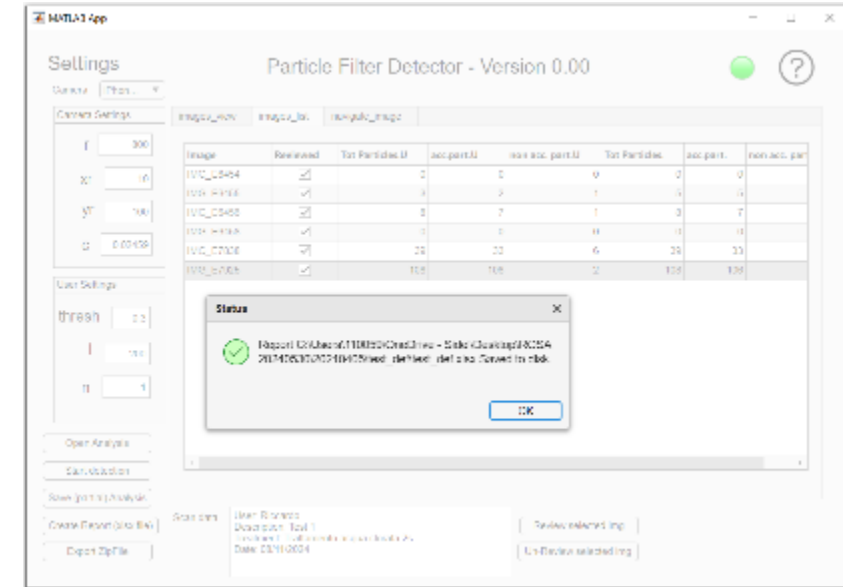
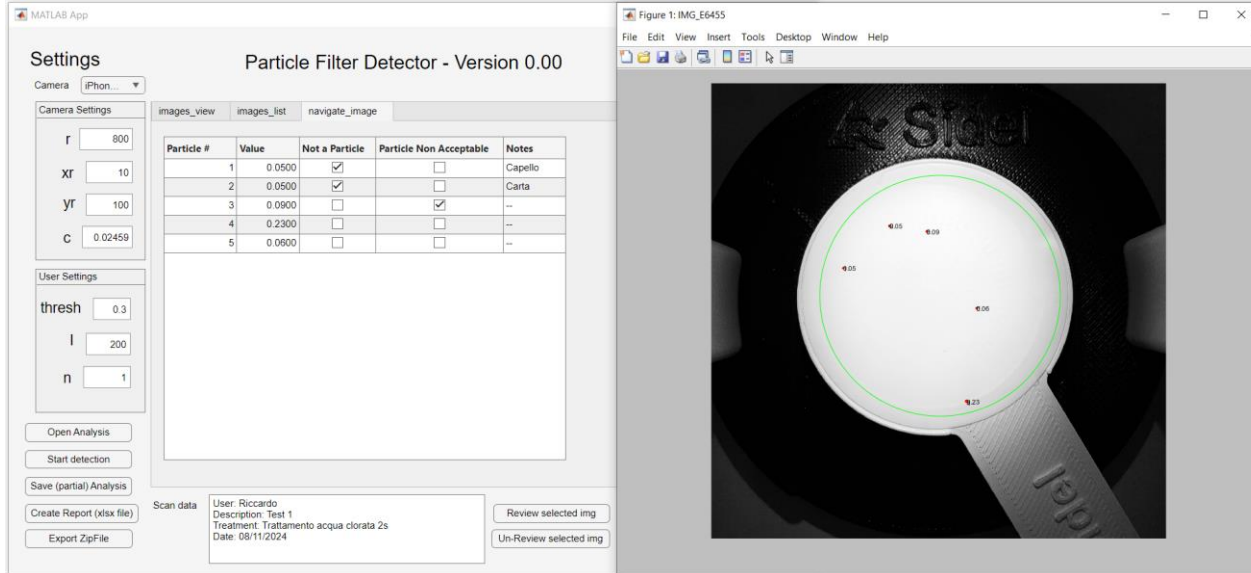


MATLAB APP: Particles Detector

- Pagina iniziale, GUI user friendly
- Tramite “*Open Analysis*” vengono caricate le foto presenti in uno specifico folder
- Selezionando “*Start Detection*”, si avvia la funzione precedentemente descritta per analizzare le immagini e rilevare le particelle
- Al termine dell’analisi, l’applicazione passa automaticamente alla seconda pagina, “*Image List*”, che offre una panoramica delle foto analizzate e dei risultati ottenuti

<http://rosa.unipr.it/Sidel/detparfilhelp.html>

Size particles: Microscope test



MATLAB APP: Particles Detector

- Nelle terza pagina “*navigate_image*” l’utente ha la possibilità di esaminare ogni particella detectata e di valutare se è conforme oppure se è una contaminazione estranea (outlayer)
- Ogni particella viene visualizzata in una figura .fig all’interno del filtro per facilitare la valutazione dell’user
- È possibile salvare il lavoro in corso per riprenderlo successivamente ed esportare un report.xlsx con i risultati

<http://rosa.unipr.it/Sidel/detparfilhelp.html>

THANK YOU

riccardo.panza@sidel.com
roberto.germiniasi@sidel.com