

# RIVESTIMENTI IN ANELLI DI CONCI PREFABBRICATI DI GALLERIE REALIZZATE CON TBM INDUSTRIALIZZAZIONE E SOSTENIBILITÀ

Brescia, 16 novembre 2023

Aula Magna Ingegneria - Università di Brescia (UniBs)

Organizzato da:



Associazione italiana  
cemento armato e  
precompresso



Collegio dei  
Tecnici della  
industrializzazione  
Edilizia



Società  
Italiana  
Gallerie  
Italian Tunnelling Society

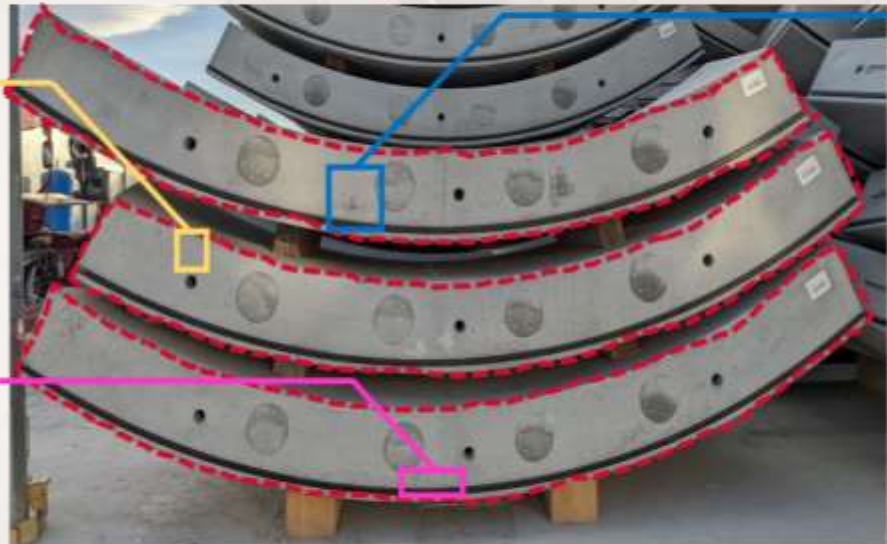
Con il patrocinio di:



Media Partner:



# Riconoscimento difetti conci con intelligenza artificiale



GIULIANO FAINI - CEO



1. Cosa è l'intelligenza artificiale - AI
2. Ambiti di applicazione nel settore dei conci per galleria
3. Metodologia utilizzata nella prefabbricazione conci
4. Risultati ottenuti
5. Prossimi passi e miglioramenti futuri



***È l'abilità delle macchine di imparare, ragionare e risolvere problemi in modo autonomo, simile all'essere umano, ma tramite algoritmi e dati.***

# Cosa è l'intelligenza artificiale – AI

Il funzionamento di una AI si sostanzia principalmente attraverso quattro differenti livelli funzionali:

- **comprensione**: attraverso la simulazione di capacità cognitive di correlazione dati ed eventi l'AI (artificial intelligence) è in grado di riconoscere testi, immagini, tabelle, video, voce ed estrapolarne informazioni;
- **ragionamento**: mediante la logica i sistemi riescono a collegare le molteplici informazioni raccolte (attraverso precisi algoritmi matematici e in modo automatizzato);
- **apprendimento**: in questo caso parliamo di sistemi con funzionalità specifiche per l'analisi degli input di dati e per la loro "corretta" restituzione in output (è il classico esempio dei sistemi di Machine Learning che con tecniche di apprendimento automatico portano le AI a imparare e a svolgere varie funzioni);
- **interazione** (*Human Machine Interaction*): in questo caso ci si riferisce alle modalità di funzionamento dell'AI in relazione alla sua interazione con l'uomo. È qui che stanno fortemente avanzando i sistemi di Natural Language Processing (**NLP**), tecnologie che consentono all'uomo di interagire con le macchine (e viceversa) sfruttando il linguaggio naturale.

# Applicazioni dell'intelligenza artificiale all'ingegneria civile

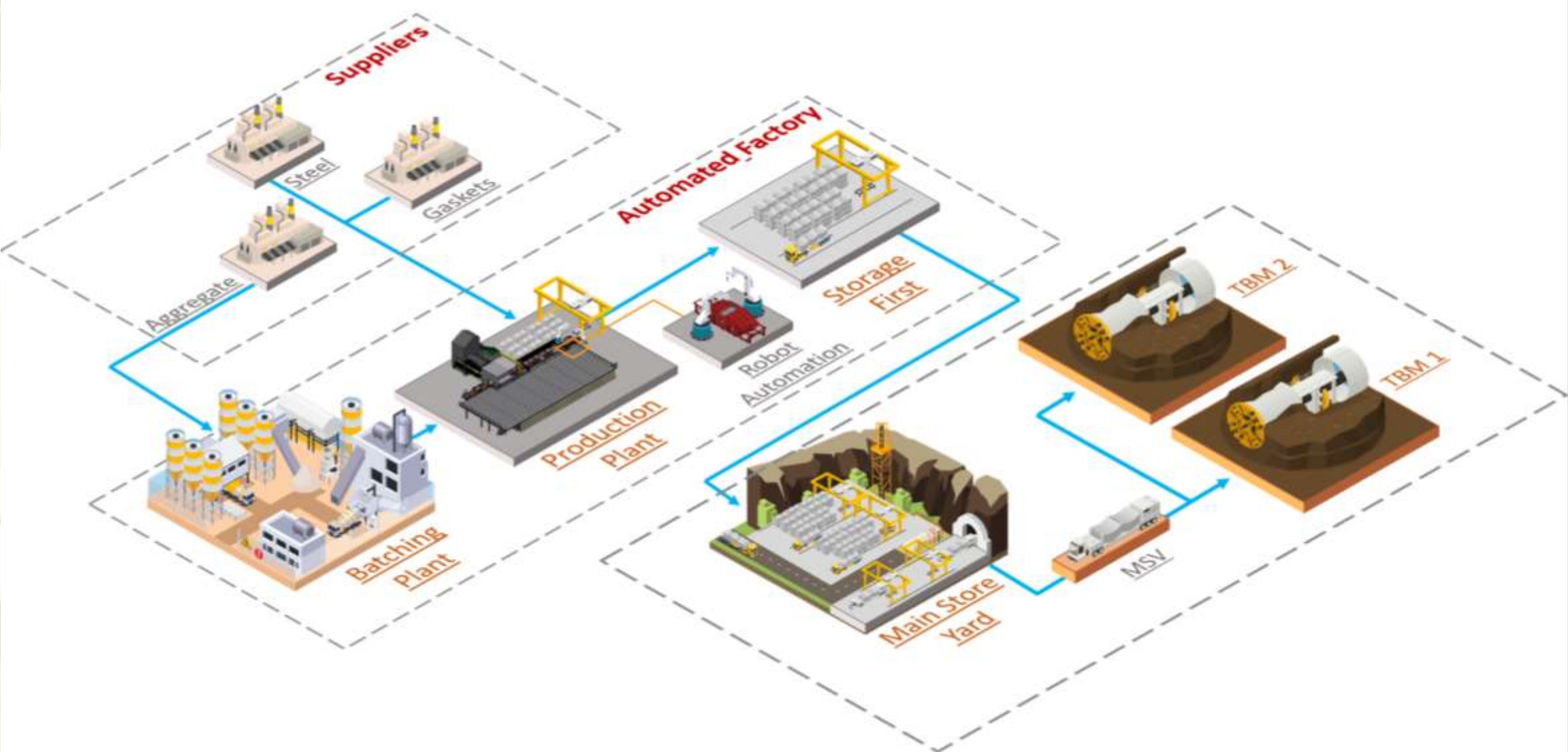
- **Analisi e progettazione strutturale:** Utilizzo di algoritmi per ottimizzare design e simulazioni.
- **Pianificazione e gestione dei progetti:** Algoritmi di ottimizzazione possono aiutare a gestire le risorse in modo efficiente.
- **Monitoraggio e manutenzione:** Utilizzo di sensori e algoritmi per il monitoraggio in tempo reale dello stato delle infrastrutture.

# L'obiettivo dell'applicazione dell'AI nella difettologia conci galleria

Gli obiettivi nell'applicazione dell'intelligenza artificiale nel riconoscimento dei difetti sono legati all'aumento della **qualità di realizzazione delle gallerie** ed in particolare:

- **Automazione delle operazioni di controllo** a garanzia che vengano svolte con sistematicità
- **Oggettivizzare** le rilevazioni delle non conformità
- Aumentare la **tempestività** di rilevazione
- Aumentare la **frequenza** di rilevazione in più punti del processo: dalla prefabbricazione all'installazione in galleria

# Ambiti di applicazione nel settore dei conci per galleria





# Ambiti di applicazione nel settore dei conci per galleria

## PRODUCTION - PRECAST



## LOGISTIC - TBM



## TUNNEL



# Descrizione problema

E' in fase di sviluppo una soluzione che permetta di determinare la presenza di difetti sui conci prefabbricati e classificarli per tipologia ed entità. Le fasi:

1. Definire univocamente le classi di difetto e decidere dove e in che modo vengono acquisite le immagini.
2. Sviluppare un modello in grado di determinare e classificare l'eventuale presenza dei difetti.
3. Selezionare il sistema di visione e definire l'implementazione hardware nonché la comunicazione con l'utilizzatore.



**PRODUCTION - PRECAST**



# Tipologie di difetto

Sono identificate classi di difetto primarie e 23 sottoclassi:

- Classe A – *fori di soffiaggio, sacche d'aria, scagliatura superficiale*
- Classe B – *danni spigoli extradosso (scheggiatura)*
- Classe C – *manifestazioni fessurative*
- Classe D – *difetti a nido d'ape*
- Classe E – *presenza inserti*
- Classe F – *difetti/danni in prossimità delle guarnizioni*
- Classe G – *superficie ondulata dell'extradosso*



# Modalità acquisizione immagini



## Utilizzo di fotocamere ad alta definizione

I sistemi di visione artificiale possono essere influenzati dall'inquadratura, dall'illuminazione e da altri fattori ambientali. Questi problemi possono avere un impatto sulla precisione e sull'efficacia delle analisi condotte tramite tali sistemi. Alcuni dei principali problemi legati all'inquadratura e all'illuminazione includono:

- **Inquadratura:**
  - Angolazioni e Prospettive - L'efficacia dei sistemi di visione può variare in base all'angolazione e alla prospettiva da cui vengono catturate le immagini. Un'angolazione non ottimale potrebbe compromettere la capacità di individuare con precisione i difetti.
  - Occlusione e Distorsione - Oggetti o parti della superficie potrebbero essere oscurati o distorti, rendendo difficile la corretta identificazione dei difetti.
- **Illuminazione:**
  - Luce Irregolare - Illuminazione inadeguata o irregolare può creare ombre che influenzano la percezione e la rilevazione dei difetti.
  - Riflessi e bagliori - La luce diretta o i riflessi possono causare bagliori e riflessi, rendendo difficile distinguere i dettagli o i difetti.

# Applicazione dell'AI - Workflow

- Sebbene ad occhio umano il riconoscimento possa sembrare equivalente per le varie classi, a livello di intelligenza artificiale non è così.
- È necessario definire l'ordine con cui vengono svolte le operazioni.

**AI-1**

*ricerca difetti che possono essere presenti o meno (classi A, B, C, D)*

*verifica presenza inserti (classe E)*

**AI-2**

**ALG**

*misura dimensione estensione difetto (sotto-classi 1, 2, 3, ...)*

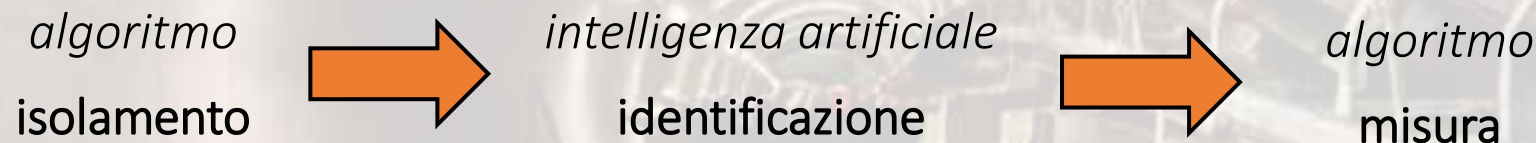
*Verifica riscontro in prossimità della guarnizione (gruppi Fa, Fb, Fc, ...)*

**AI-3/POS**

# Logica processo

Avendo fotocamere lontane dall'elemento e cercando una soluzione robusta alla perturbazione spaziale degli elementi, l'idea è quella di introdurre una nuova fase di processo, che dovrebbe essere eseguita prima di dare i dati acquisiti in pasto all'intelligenza artificiale allenata.

Si considera lo sviluppo di un algoritmo di visione di macchine che permetta l'eliminazione del disturbo dello sfondo dell'immagine andando ad isolare solamente i conci.



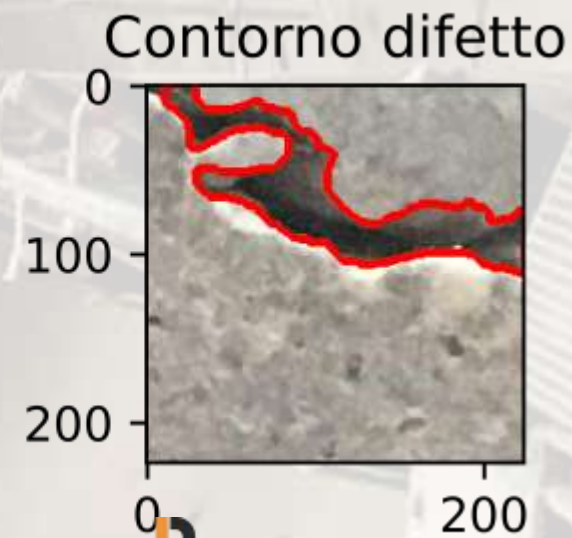
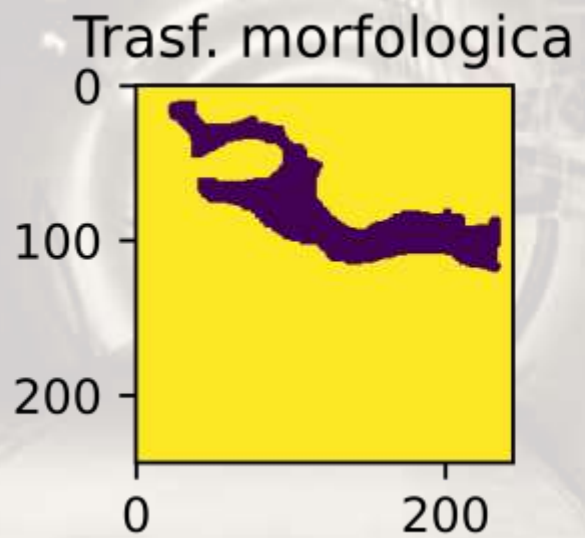
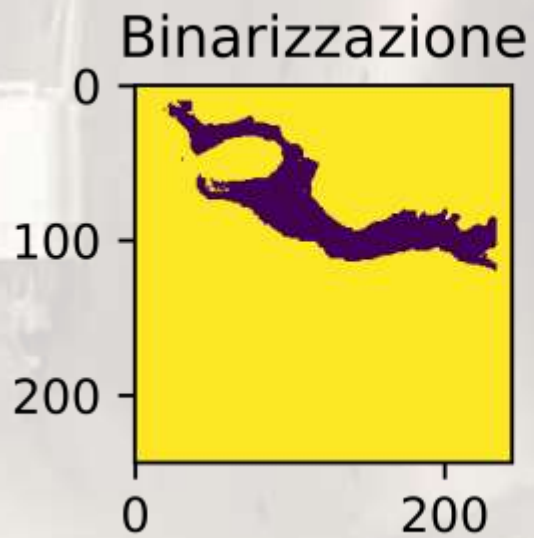
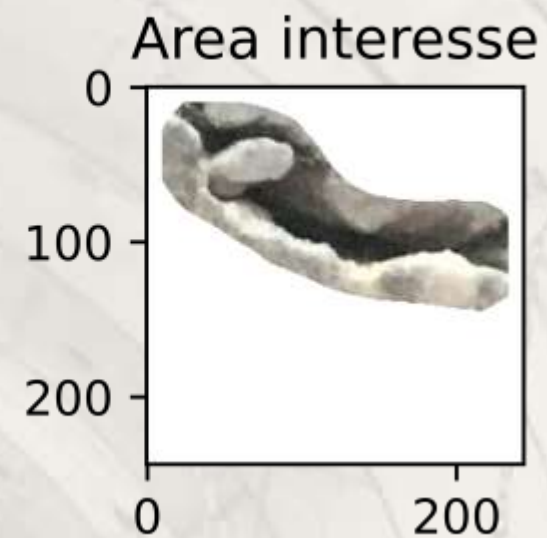
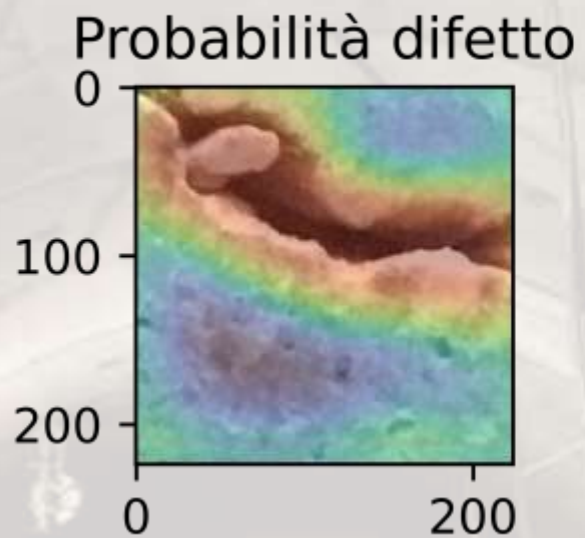
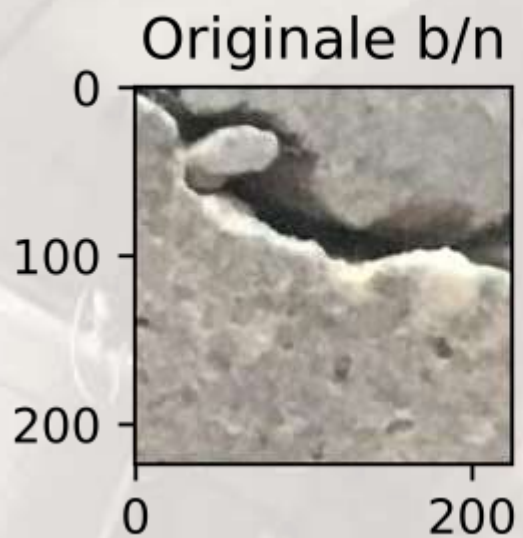
# Risultati ottenuti

Partendo da un dataset di più di 1.000 immagini di difetti classificati scattati in impianto si è proceduto ad allenare un primo modello di intelligenza artificiale per il riconoscimento dei difetti

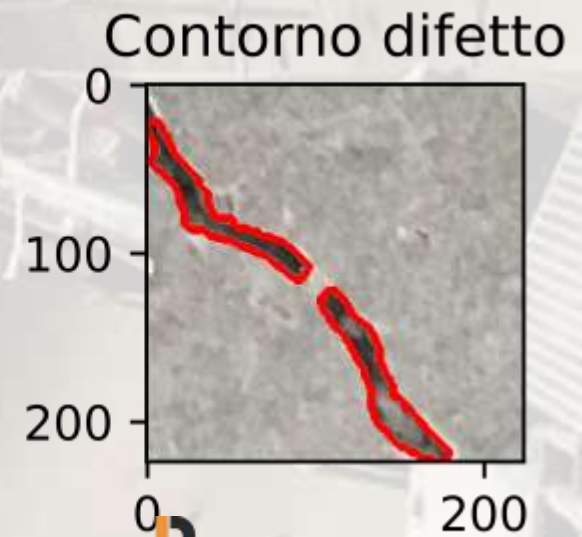
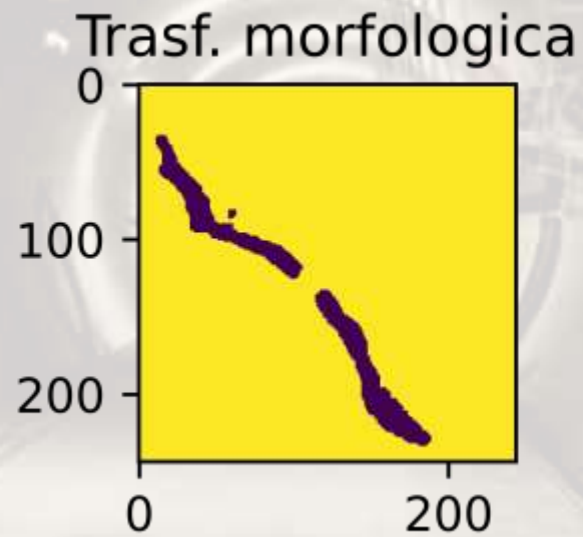
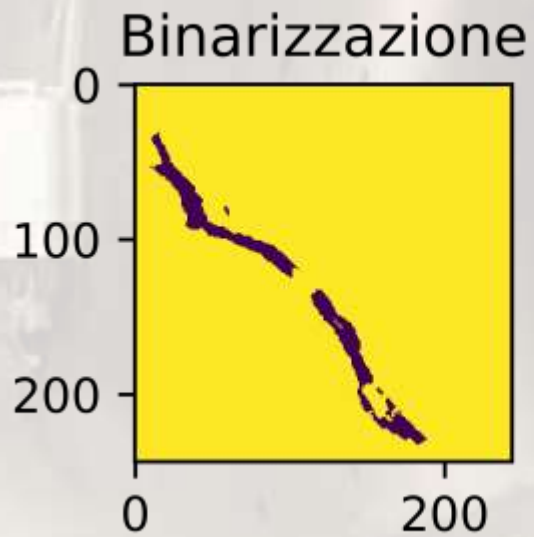
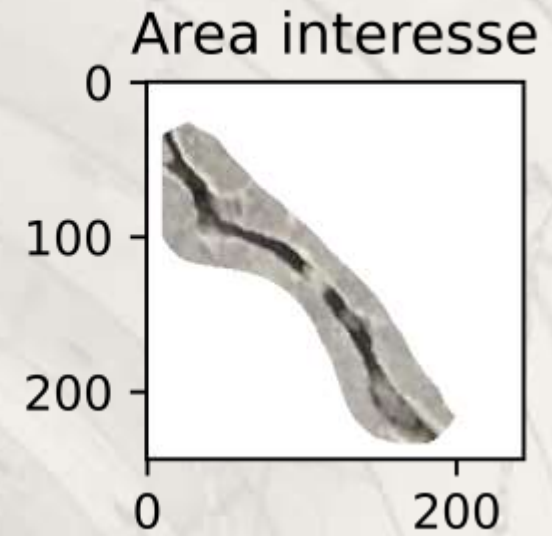
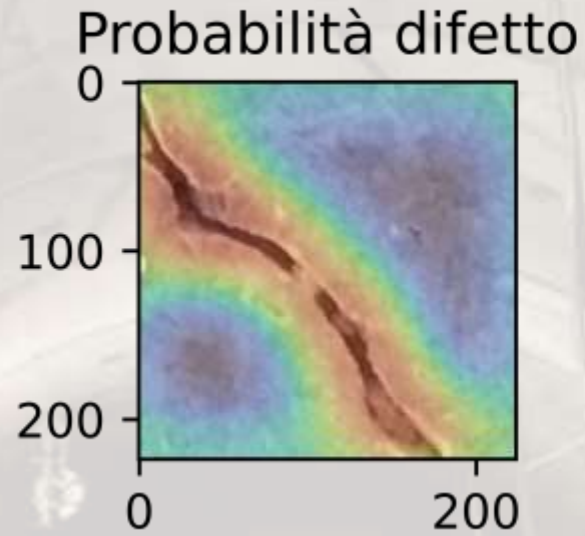
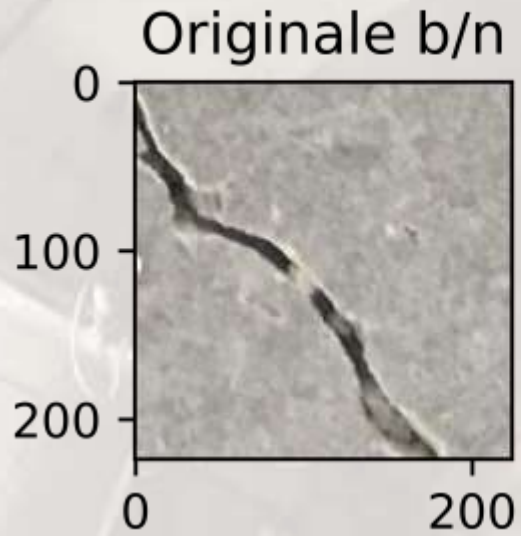
➔ Viene utilizzato il formato Pascal VOC [4]  
(qua tradotto in un più leggibile JSON)



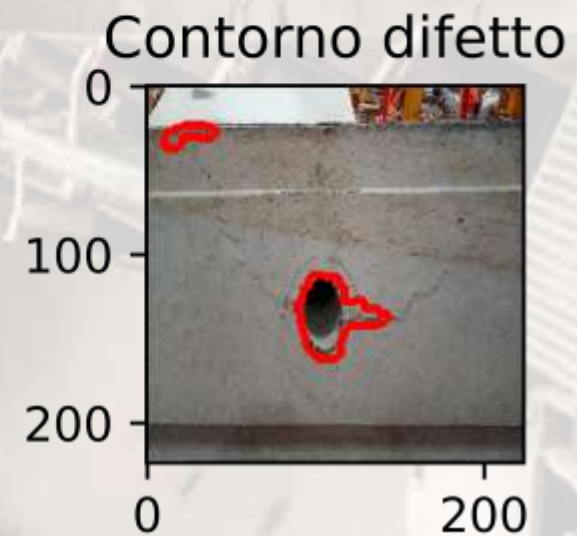
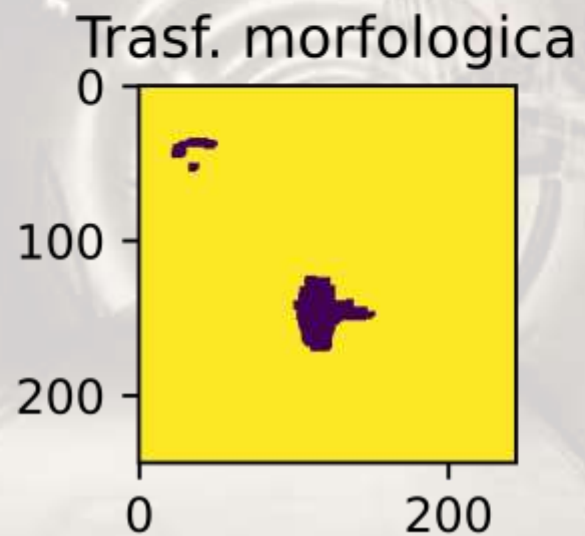
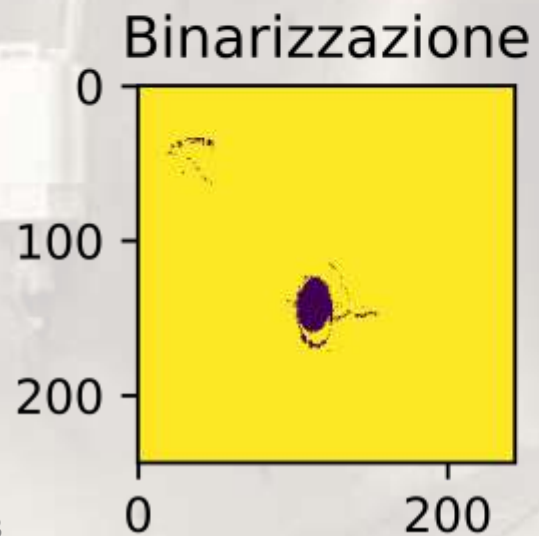
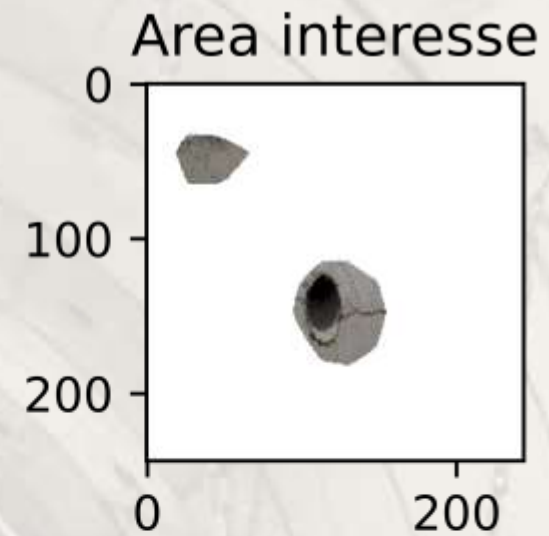
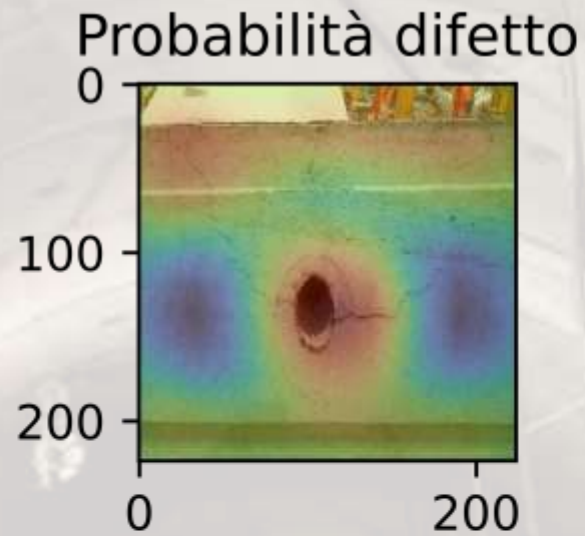
```
1 annotation = {
2   'filename' : NOME_FILE,
3   'path' : PATH_FILE,
4   'size' : {
5     'width' : IMG_WIDTH,
6     'height' : IMG_HEIGHT,
7     'depth' : IMG_DEPTH
8   },
9   'objects' : [
10    {
11      'name' : CLASS_NAME_1,
12      'bndbox' : {
13        'xmin' : X_MIN_1,
14        'ymin' : Y_MIN_1,
15        'xmax' : X_MAX_1,
16        'ymax' : Y_MAX_1
17      }
18    },
19    {
20      'name' : CLASS_NAME_2,
21      'bndbox' : {
22        'xmin' : X_MIN_2,
23        'ymin' : Y_MIN_2,
24        'xmax' : X_MAX_2,
25        'ymax' : Y_MAX_2
26      }
27    },
28  ]
29 }
```



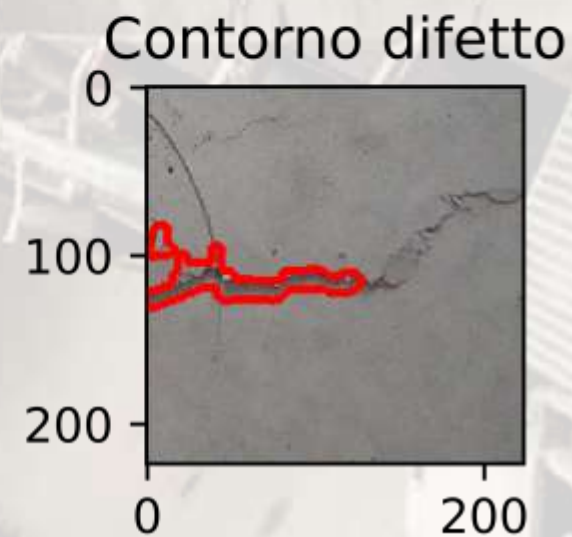
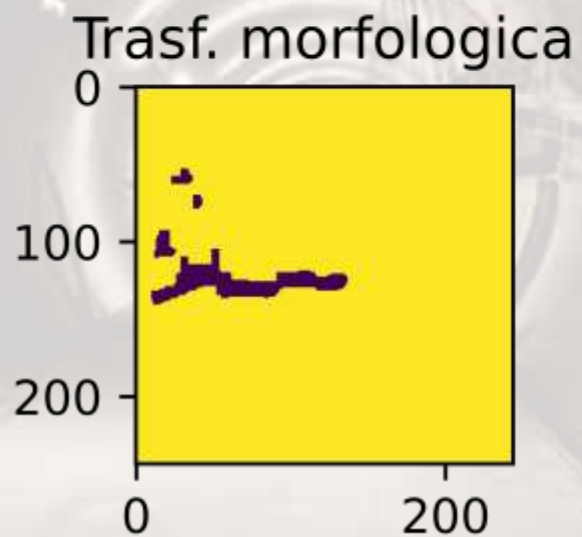
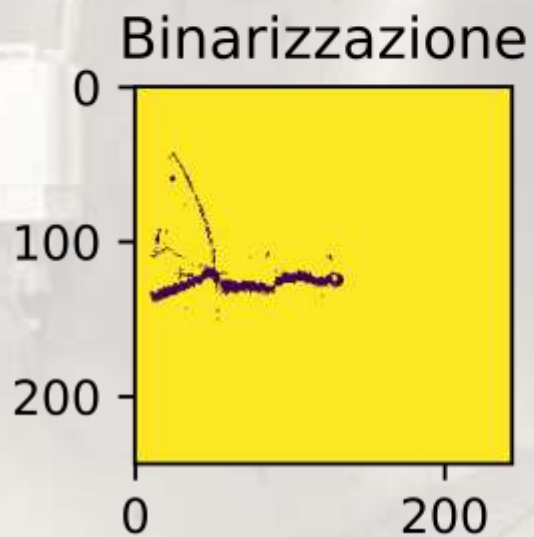
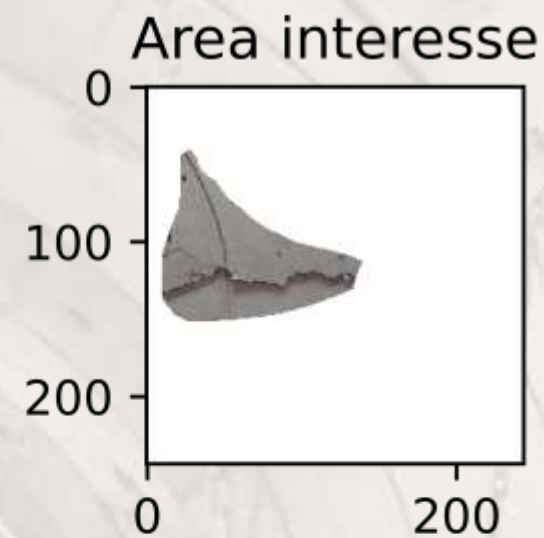
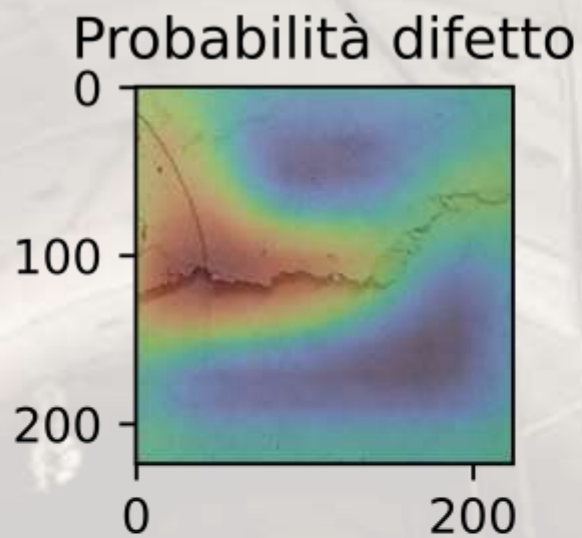
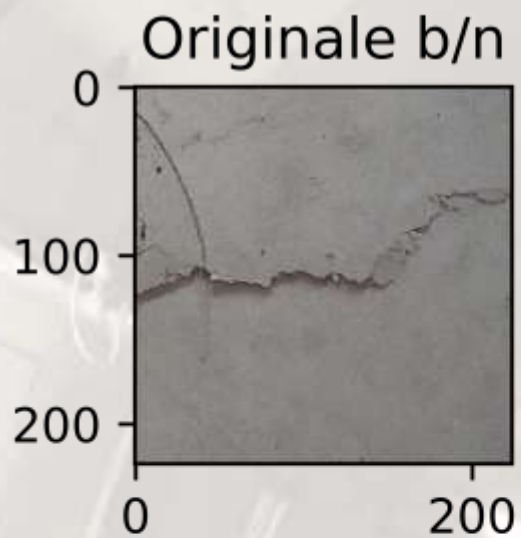




predizione su immagine intera



predizione su immagine ritagliata attorno al difetto



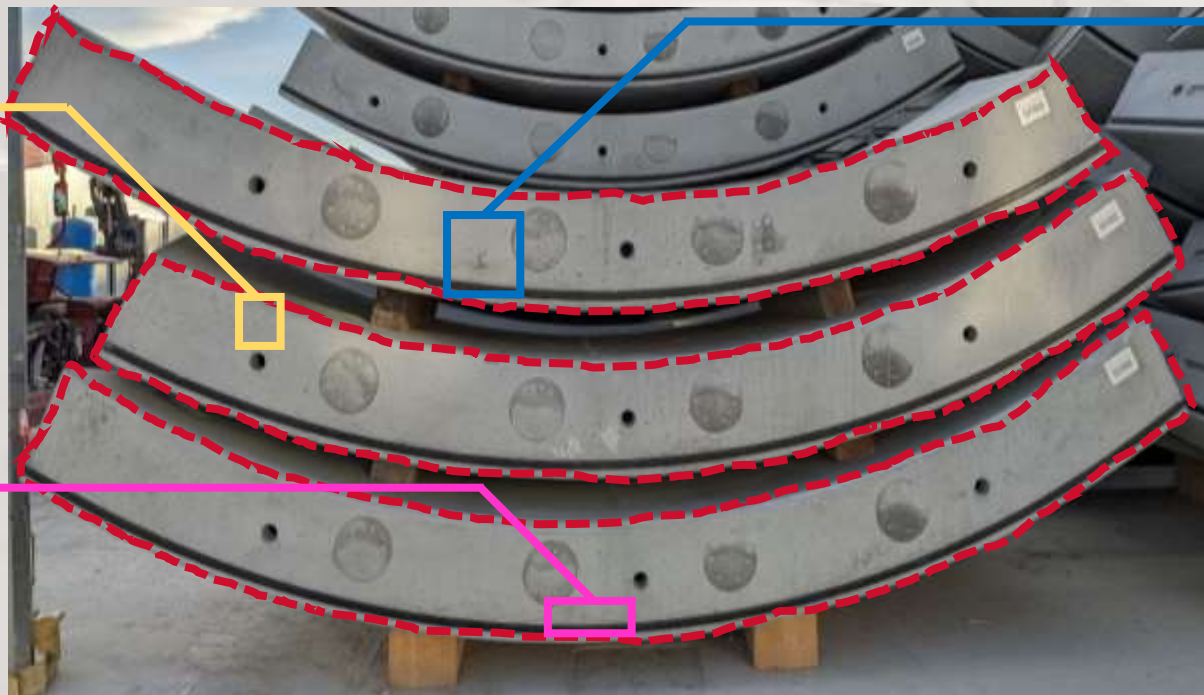
# Risultati ottenuti

difetto  
classe – C

concio – X002  
esito – ignora

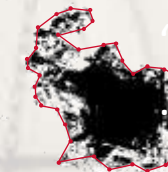
difetto  
classe – G

concio – X007  
esito – scarta



difetto  
classe – A

68.3%  
concio – X003



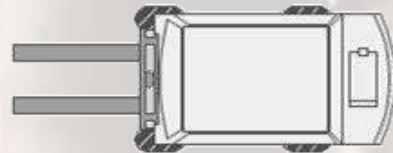
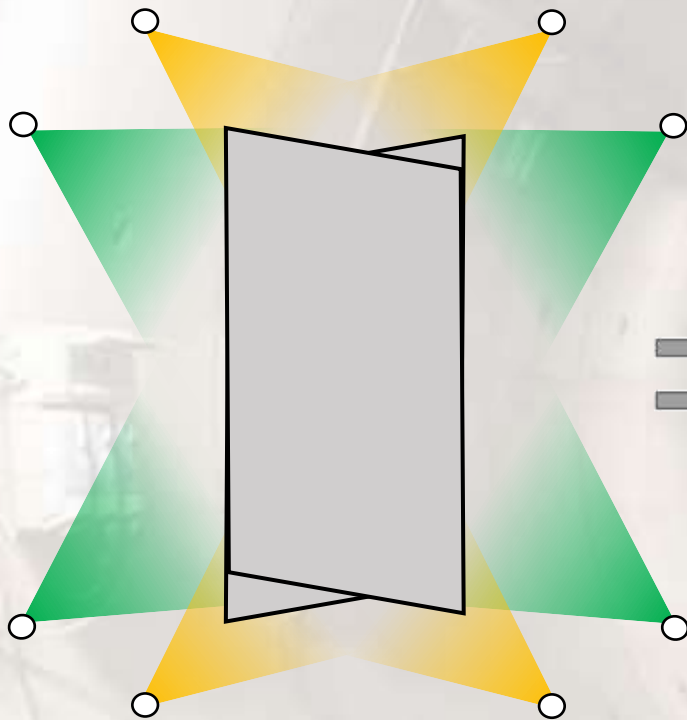
Area	1480px	145mm <sup>2</sup>
Lato lungo	160px	34mm

↓  
riparare

# Prossimi passi e miglioramenti futuri

- Standardizzare il processo di acquisizione immagini

## Parte a terra



A terra sono due operazioni differenti ad essere svolte, pertanto andranno considerate due tipologie di fotocamere diverse.

Queste 8 fotocamere sono ancorate a terra per mezzo di aste rigide.

spigoli

queste fotocamere acquisiranno le testate con focus particolare sugli spigoli

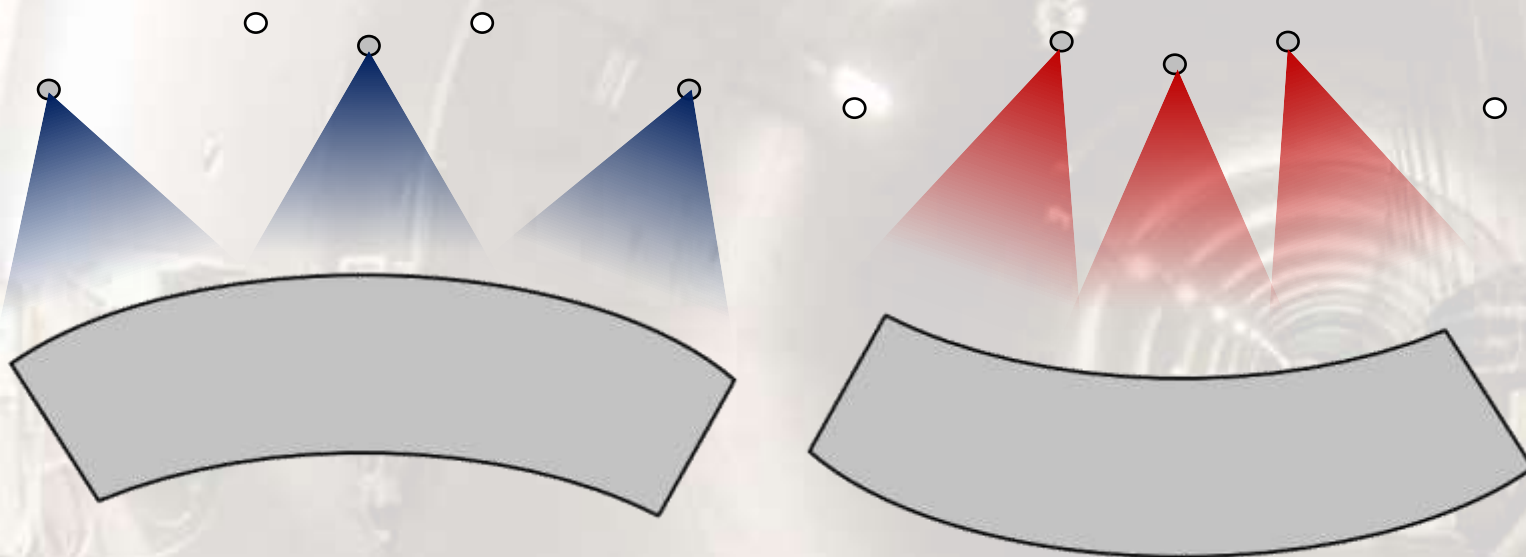
lati

queste fotocamere acquisiranno immagini delle sponde, solo il lato senza scansire gli spigoli

# Prossimi passi e miglioramenti futuri

- Standardizzare il processo di acquisizione immagini

## Parte su ribaltatore



Le fotocamere devono essere posizionate in alto rispetto al concio.

Viene qui riportata l'ipotesi di attivazione delle diverse fotocamere che sono orientate diversamente nel caso di estradosso e intradosso.

# Prossimi passi e miglioramenti futuri

- **Tecniche di Filtraggio e Trattamento delle Immagini:** Algoritmi di visione possono essere utilizzati per filtrare l'immagine e migliorarne la qualità, riducendo gli effetti negativi dell'illuminazione irregolare.
- **Utilizzo di Multipli Punti di Vista:** L'utilizzo di più telecamere da diverse angolazioni aiuta a ottenere una visione più completa e accurata.
- **Illuminazione Ottimizzata:** L'utilizzo di illuminazione adatta, come luce diffusa o regolabile, può minimizzare i problemi legati all'illuminazione irregolare.
- **Apprendimento Robusto:** Addestrare i modelli di visione artificiale con una vasta gamma di condizioni e dati può rendere i sistemi più robusti e capaci di gestire variazioni nelle condizioni di illuminazione e inquadratura.

# Utilizzo reale

L'intelligenza artificiale applicata al riconoscimento dei difetti dei conci in una prima fase permetterà la rilevazione automatica delle difettologie che poi verranno riscontrate dagli operatori in cantiere. Questo aiuterà sia ad oggettivizzare la gestione delle non conformità, sia ad allenare ulteriormente i dataset per l'intelligenza artificiale di seconda generazione.

