



SISTEMI AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO (SAPR): TEORIA, APPLICAZIONI e PROSPETTIVE

***Ispezioni da remoto di ponti tramite l'utilizzo di droni:
l'esperienza di Autostrade per l'Italia***

Ph.D Ing. Marzia Malavisi

Responsabile Design & Structural Monitoring

Ing. Andrea Valentini

Structural Monitoring Specialist

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

La rete del Gruppo Autostrade per l'Italia



~ 3.000 km
Rete autostradale



~ 320 km
Gallerie



~ 4400
Ponti, viadotti,
sovrappassi



~ 4,6 M
Clienti medi
giornalieri



~ 2,7 M
Veicoli transitanti
giornalieri



Criticità da affrontare



Vulnerabilità delle opere ai cambiamenti climatici, degrado del materiale costruttivo e diffusione di fenomeni corrosivi



Carichi da traffico maggiori rispetto a quelli previsti in fase di progetto (dimensioni, tipologie, velocità di progetto dei veicoli etc.)



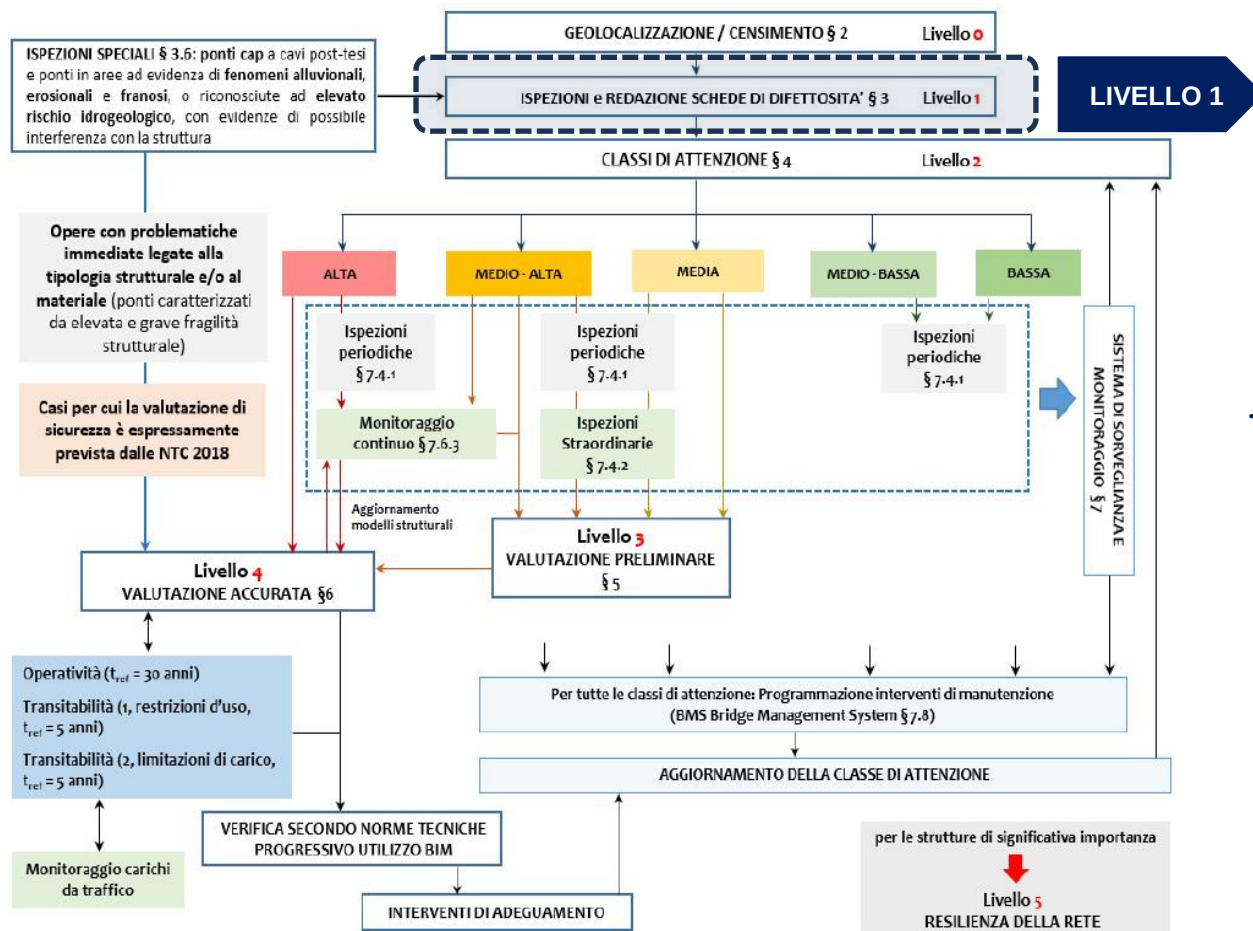
L'età media delle opere sta aumentando: più del 50% dei ponti e viadotti hanno oltrepassato la loro vita utile e un ulteriore 30% è prossimo a superarla



Azioni eccezionali che possono compromettere la sicurezza strutturale delle opere – terremoti, rischi idro-geologici etc.

Per le opere esistenti è necessario condurre un'accurata fase di valutazione delle condizioni di degrado delle opere

Linee Guida LG20/22



Ispezioni **Ordinarie**

Ispezioni **Straordinarie** e compilazione schede di difettosità

Determinazione **Livello di Difettosità (LdD)**

Ispezioni Speciali su ponti a cavi p.t. e in aree ad evidenza di fenomeni alluvionali, erosionali e franosi, o riconosciute ad elevato rischio idrogeologico

Linee Guida LG20/22

Le Linee Guida per il monitoraggio dei ponti esistenti, prevedono 2 tipologie di ISPEZIONE:



Ispezioni ORDINARIE [par. 7.4.1 delle LG20] :

- Frequenze in funzione della CdA (da 6 mesi a 2 anni)
- «devono essere condotte visivamente e con l'ausilio di semplici strumenti [...] è possibile avvalersi di droni o di mezzi teleguidati o robotizzati»



Ispezioni STRAORDINARIE [par. 7.4.2 delle LG20]:

- Frequenze in funzione della CdA (da 2 a 5 anni)
- «le ispezioni straordinarie, vanno eseguite a contatto diretto con le strutture»

Tipologia Ispezione	CdA TOTALE				
	A	MA	M	MB	B
Ordinaria	6 mesi		12 mesi	18 mesi	24 mesi
Straordinaria	2 anni			5 anni	

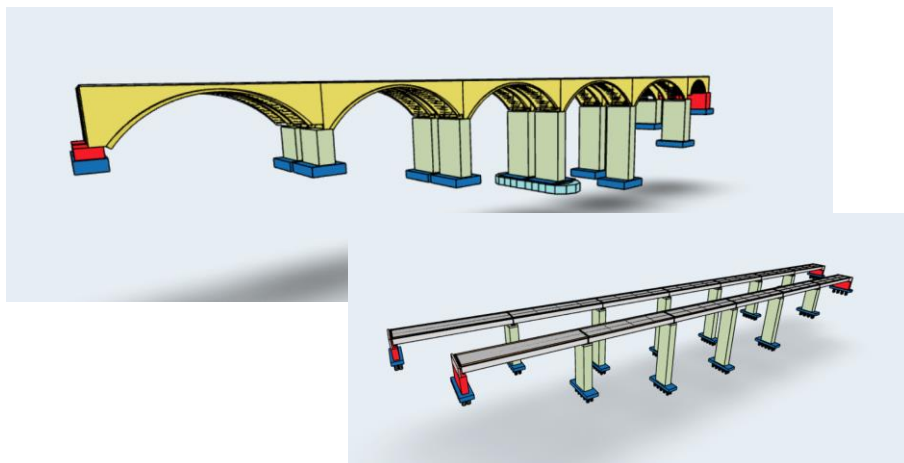


Le **tradizionali ispezioni visive** sono essenziali per valutare lo stato di degrado delle opere, ma allo stesso tempo sono molto impattanti **sull'esercizio della rete autostradale**



Ad oggi, molte delle ispezioni di ponti e viadotti viene svolta con by-bridge

Ispezioni visive - Piattaforma di Asset Management: ARGO



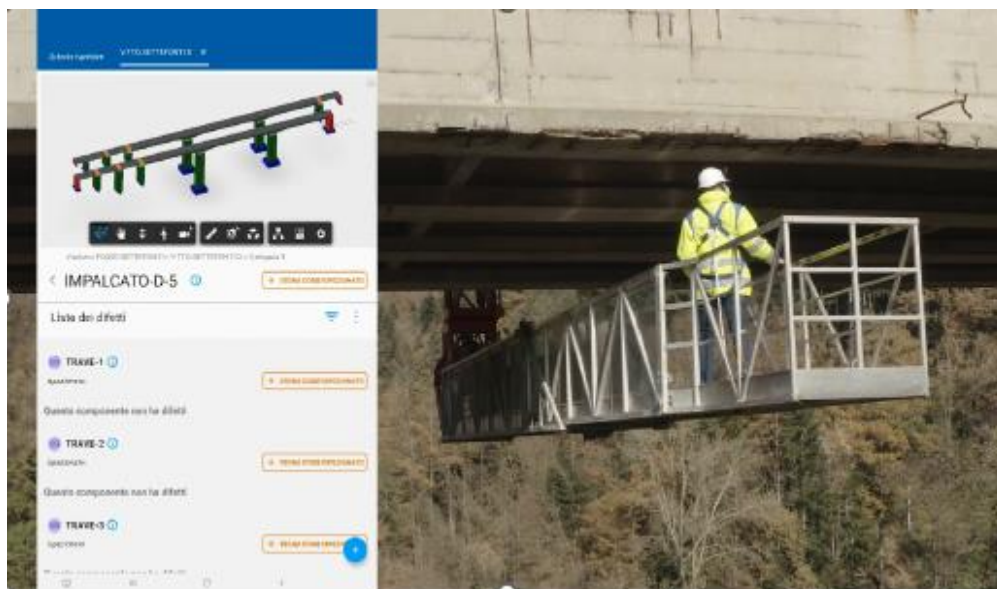
La **piattaforma di Asset Management ARGO** permette di gestire e monitorare il ciclo di vita delle infrastrutture della rete ASPI attraverso:

 **Inventario digitale** di tutte le opere della rete di Autostrade per l'Italia che vengono a sua volta decomposte in parti d'opera e componenti d'opera, per un totale di 4 livelli gerarchici

 **Crea automaticamente** modelli 3D semplificati secondo il formato BIM

 L'applicativo ARGO per le **ispezioni visive** permette di condurre le seguenti attività ispettive in sito:

- Permette di pianificare, assegnare ed eseguire le ispezioni
- Mediante l'interfaccia dell'app mobile, aiuta l'ispettore a compilare tutti i campi richiesti dalle LG20/22, visualizzando sempre il modello 3D dell'opera
- Permette di comparare lo stato della difettosità nel tempo delle opere
- Forza l'utente a caricare le immagini di tutti i difetti riscontrati



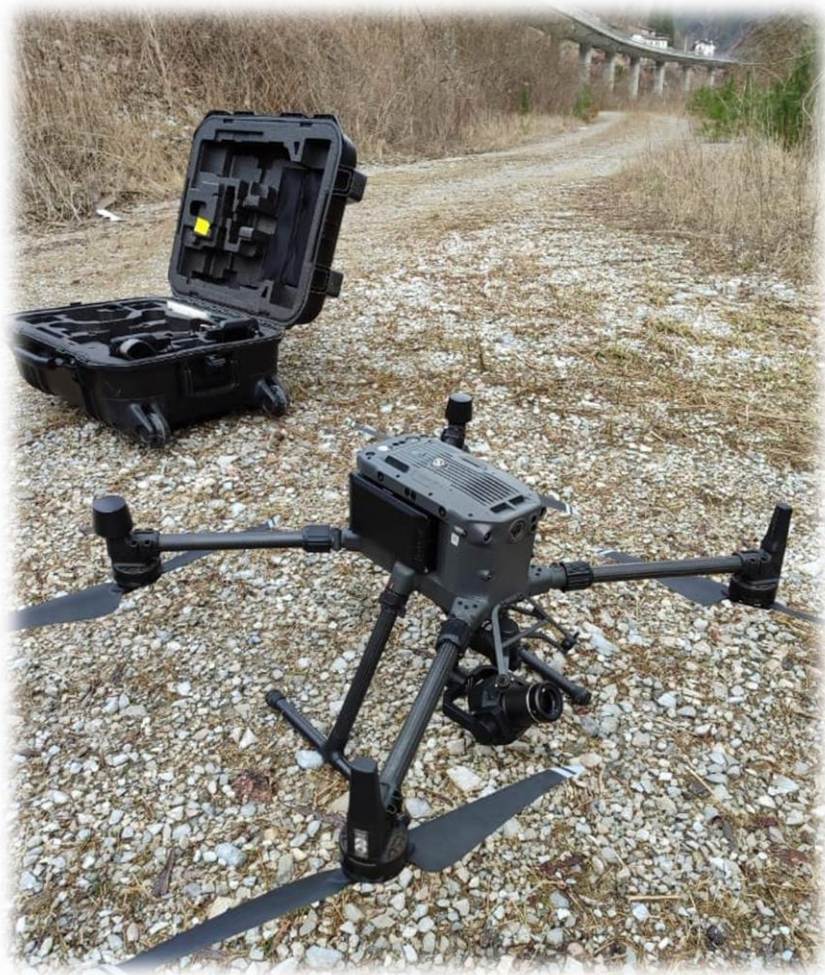


E' possibile efficientare il processo ispettivo, limitando l'impatto sull'esercizio della rete?





Utilizzo dei droni per le ispezioni visive



Principali vantaggi



Questa tecnologia permette di effettuare **ispezioni completamente replicabili negli anni**, con un output misurabile



È possibile raccogliere **immagini ad alta definizione** di componenti della struttura difficili da raggiungere e applicare **l'intelligenza artificiale per supportare gli ispettori**



È possibile osservare e misurare **l'evoluzione nel tempo** di difetti e anomalie

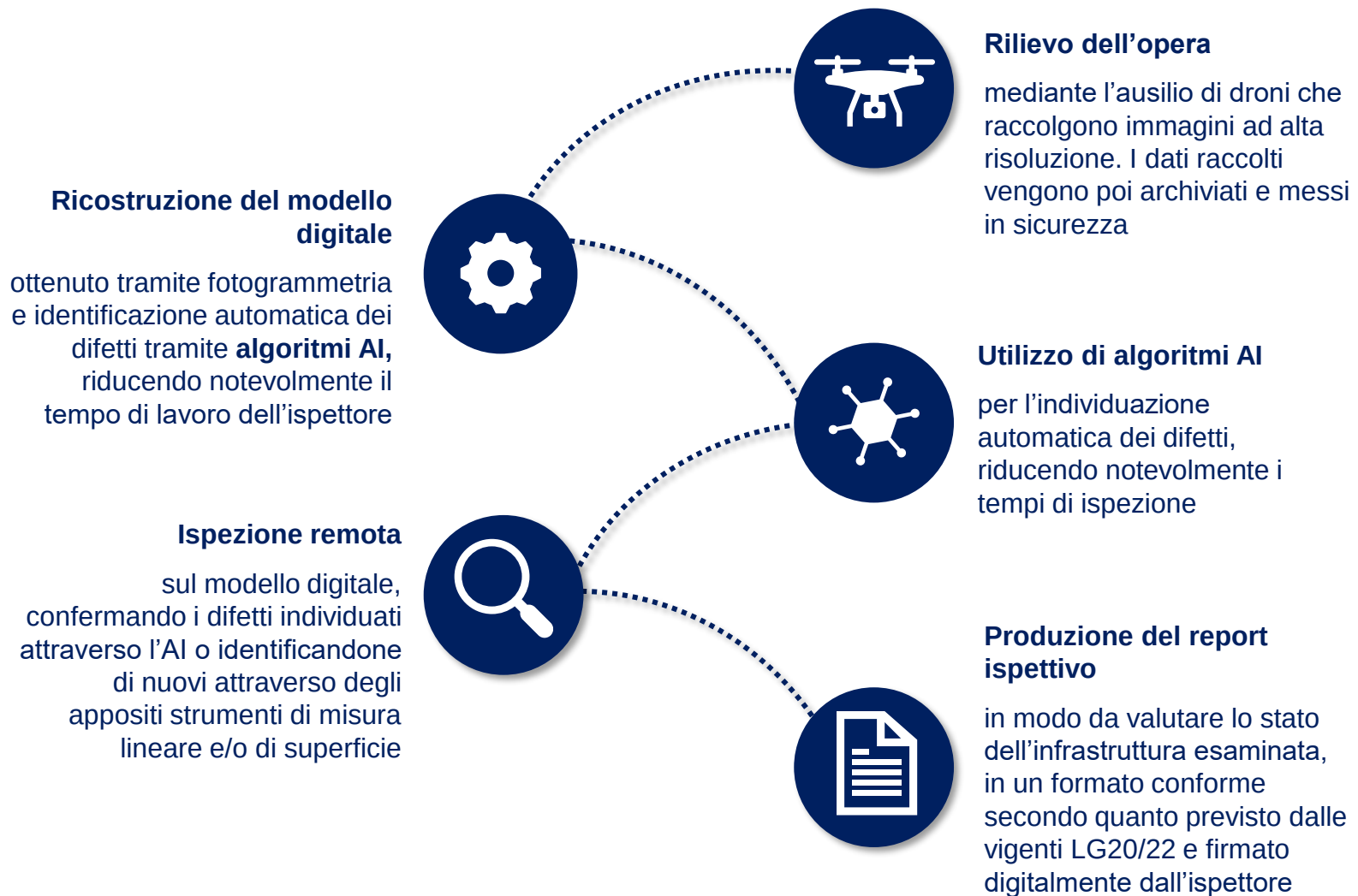


È possibile effettuare **ispezioni a distanza**, senza impatti su traffico, operazioni e un livello di sicurezza più elevato



Ispezione remota utilizzando droni:

Processo ispettivo e applicativo ARGO 3D





Il processo ispettivo con droni



Rilievo dell'opera

- Volo del drone attorno all'opera per rilievo
- Collezione di tutte le immagini/output raccolti dal drone durante il rilievo
- Caricamento degli output all'interno della piattaforma **ARGO 3D**



NORMATIVA DRONI ENAC

La normativa ENAC definisce i requisiti e le modalità operative per l'utilizzo dei droni. Nella quasi totalità dei casi, i PV della rete ASPI ricadono in una casistica che:



Consente **operazioni civili con droni** (a basso rischio) e, pertanto, **non è richiesta alcuna autorizzazione operativa prima di iniziare un volo**



I voli sono dunque «liberi», rispettando alcuni **requisiti minimi** per modalità di volo e distanza dagli ostacoli (ad es. distanza minima 20 m, vietato effettuare soste prolungate sopra la sede viaria, etc.)



Senza richiedere autorizzazioni, le operazioni **vanno condotte in modalità VLOS** – il drone deve essere sempre nel raggio visivo del dronista, altrimenti è necessario il rilascio di permessi da parte di ENAC





Il processo ispettivo con droni



Rilievo dell'opera



Ricostruzione del
modello digitale

- Ricostruzione fotogrammetrica del modello 3D dell'opera
- Piattaforma che abilita la **completa navigazione del modello** via browser





Il processo ispettivo con droni

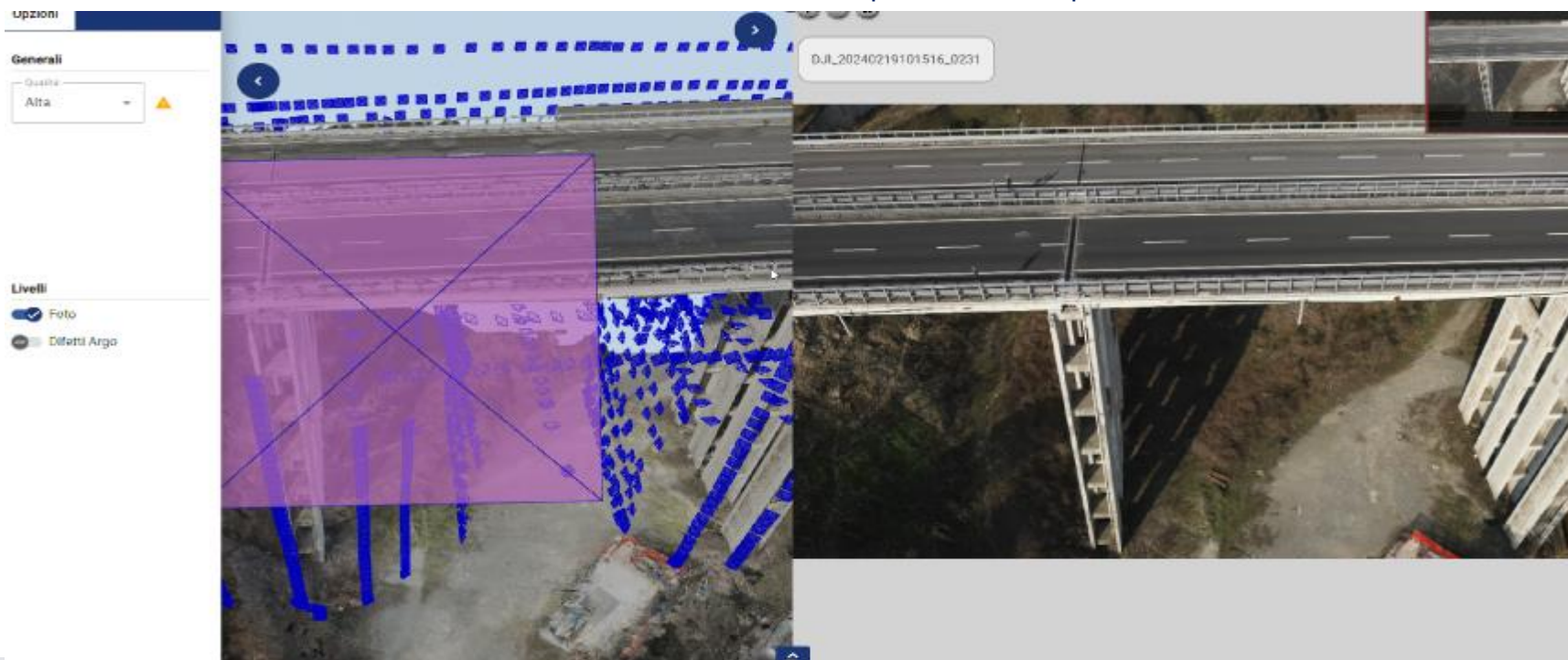


Rilievo dell'opera



Ricostruzione del
modello digitale

- Possibilità di analizzare nel dettaglio singoli particolari dell'opera
- Possibilità di analizzare singole foto attraverso appositi strumenti messi a disposizione dalla piattaforma





Il processo ispettivo con droni



Rilievo dell'opera



Ricostruzione del
modello digitale

- Integrazione con **BIM** generato automaticamente dalla piattaforma ARGO
- **Segmentazione del modello digitale**, individuando facilmente le componenti d'opera ispezionate





Il processo ispettivo con droni



Il processo ispettivo con droni

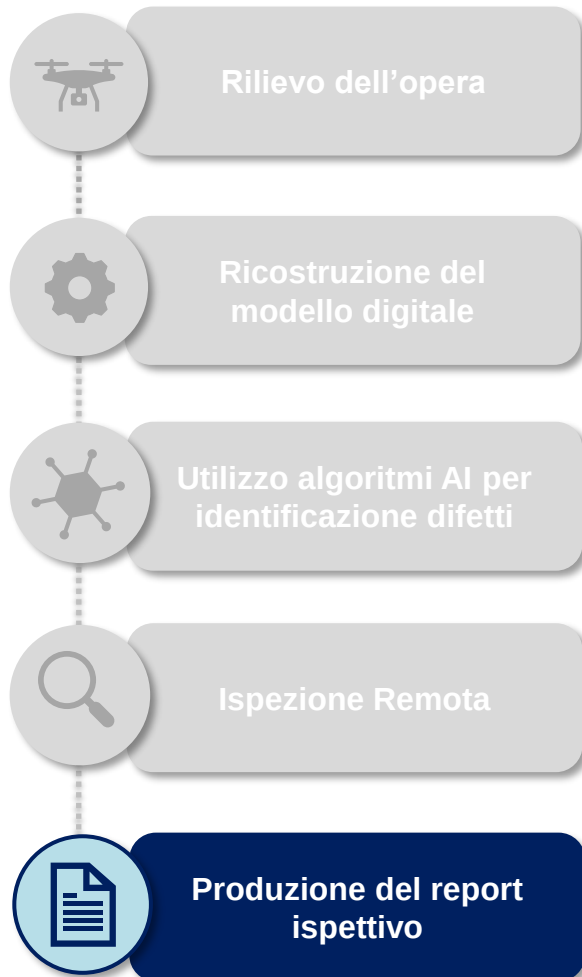


- **Ispezione remota** svolta dall'ispettore incaricato sulla piattaforma ARGO 3D
- è possibile ispezionare il ponte con strumenti che permettono la misurazione dei difetti, **senza impatti su traffico**

The screenshot shows the ARGO 3D software interface. It includes a 'Descrizione difetto' field, a 'PARAMETRI E PUNTEGGIO' section with sliders for 'Gravità', 'Estensione', and 'Intensità', and a 'LOCALIZZAZIONE DEL DIFETTO' section with a 'Faccata' dropdown and a 'Punti' input field. There are also buttons for 'Aggiungi immagine' and 'Annulla'.



Il processo ispettivo con droni



PARTE D'OPERA: SPALLA

DETTAGLI DIFETTI COMPONENTI

ID DIFETTO	155706
STATO DIFETTO	CONFERMATO
DATA PRIMO RILIEVO DIFETTO	24 nov 2021
ID - DESCRIZIONE DIFETTO	31 - TRACCE DI SCOLO
N° CAMPATA	7-7
ASSETNUM PDO - PARTE D'OPERA	1668341 - SPALLA-D-3
ASSETNUM COMPONENTE - COMPONENTE	1677693 - TRAVE CUSCINO-1
POSIZIONE RISPETTO PDO - COMPONENTE	ESTERNA - ESTERNA
UBICAZIONE - INTENSITA' - ESTENSIONE	1 - MEDIA - MEDIA
SCORE	C1
DIFETTO ACCESSORIO 1	-
DIFETTO ACCESSORIO 2	-
Parametri di valutazione modificati?	NO
Difetto evoluto?	NO
Motivazione cambio valutazione	-

Ispezione immagine difetto - Data ispezione20979 - 07/nov/2022

NOTE ISPETTORE

LOCALIZZAZIONE CUBO

DIETRO	AVANTI	SINISTRA	DESTRA	SOPRA	SOTTO

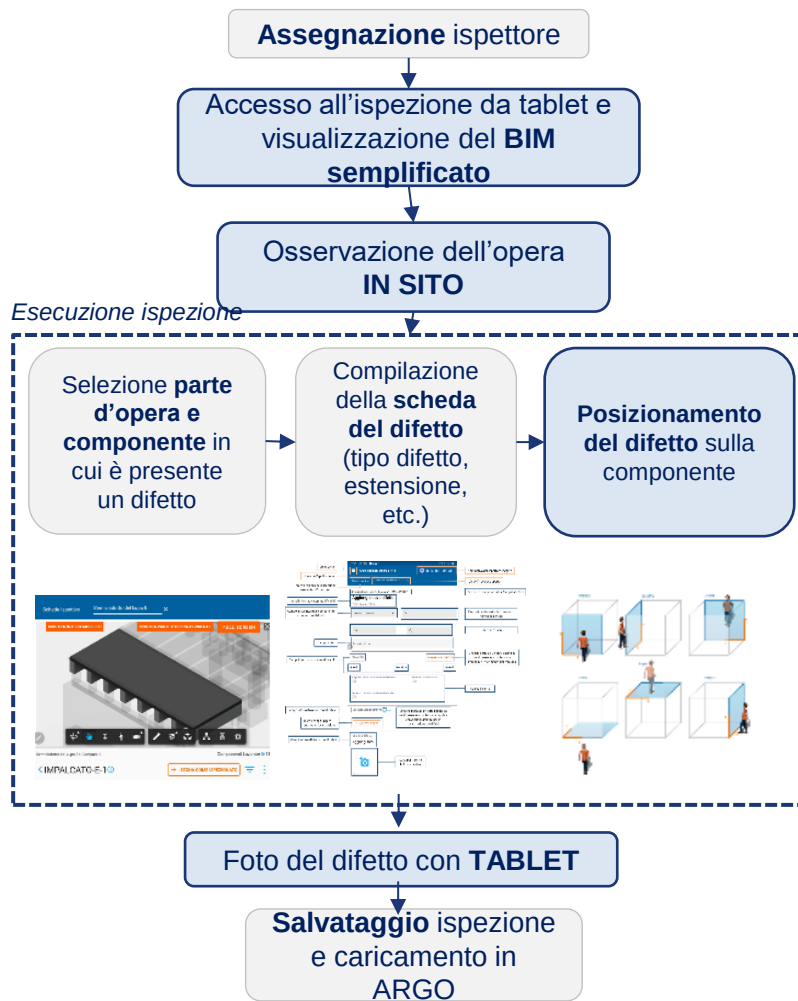
RIEPILOGO DIFETTI: IMPALCATO

Ispezione	N° prog. pdo		Soletta	Sbalzo soletta iniziale o finale	Sbalzo soletta laterale	Trasverso	Trave	TOTALE
1		N° difetti	2	0	4	4	4	14
		Voto max	B4 (2)	- (0)	B3 (2)	B4 (1)	B3 (1)	B3 (3)
2		N° difetti	0	0	2	0	2	4
		Voto max	- (0)	- (0)	B4 (1)	- (0)	B4 (2)	B4 (3)
3		N° difetti	2	0	3	1	5	11
		Voto max	C1 (2)	- (0)	B3 (2)	C1 (1)	B4 (2)	B3 (2)
4		N° difetti	0	1	1	0	2	4
		Voto max	- (0)	C1 (1)	C1 (1)	- (0)	C1 (2)	C1 (4)
5		N° difetti	0	1	3	2	8	14
		Voto max	- (0)	B4 (1)	B3 (1)	C1 (2)	B3 (2)	B3 (3)
6		N° difetti	0	1	2	0	2	5
		Voto max	- (0)	C1 (1)	B4 (2)	- (0)	B4 (1)	B4 (3)

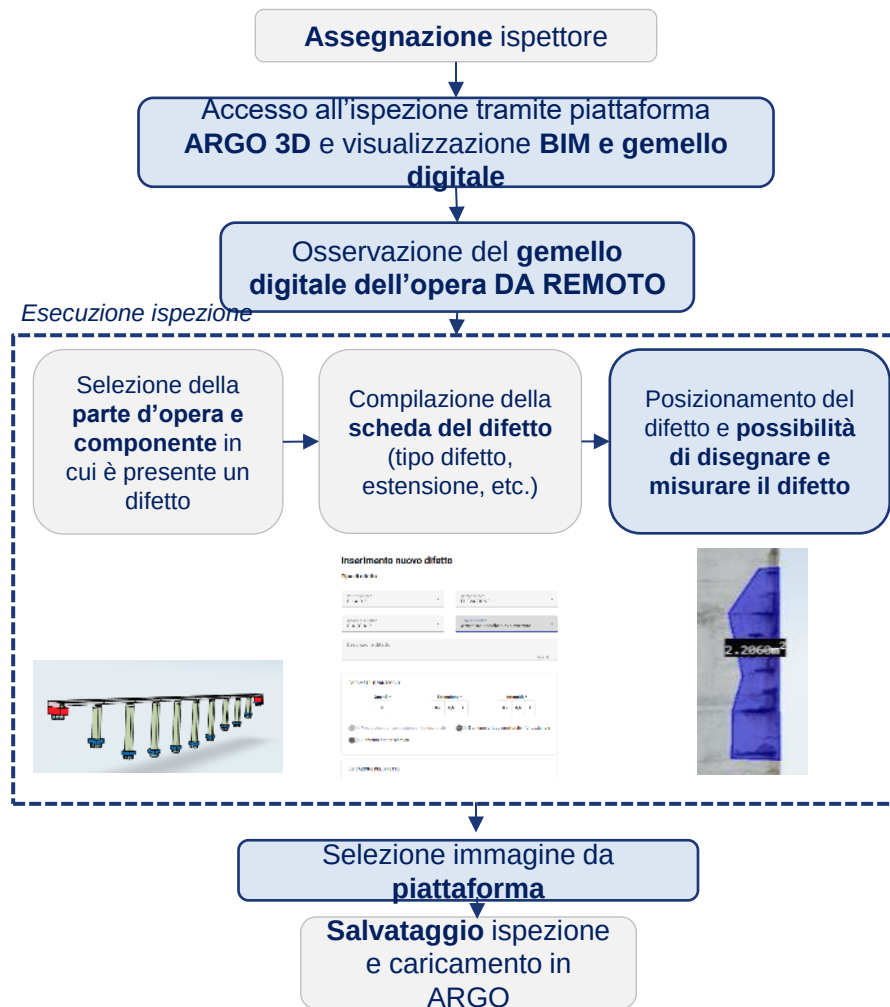
Processo ispettivo e report finale

-  Fasi DIFFERENTI tra ispezione IN SITO e REMOTA
-  Fasi UGUALI tra ispezione IN SITO e REMOTA

Ispezione IN SITO



Ispezione DA REMOTO





**Ma questo processo è applicabile sempre
a tutte le opere?**



Sperimentazione ed analisi di fattibilità

Step dell'analisi di fattibilità



Definizione del perimetro di applicazione

Analisi delle tecnologia e identificazione del perimetro di opere ($PV > 10$ m) potenzialmente ispezionabile da remoto in funzione di limiti e potenzialità della tecnologia stessa



Sperimentazione in campo e analisi degli output

Rilievo di un sottoinsieme di opere, esecuzione da parte del sorvegliante di ispezioni da remoto al fine di validare il processo ed evidenziare eventuali aspetti da approfondire/migliorare



Disegno del processo di ispezione da remoto con droni

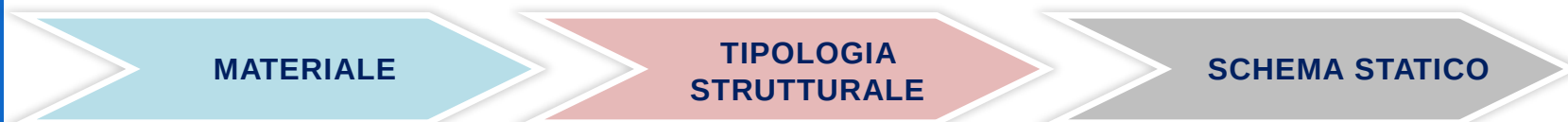
Definizione di un processo di ispezione da remoto e integrazione dell'ispezione da remoto nell'attuale processo di sorveglianza



Definizione del perimetro di applicazione

Analisi delle tipologie strutturali, al fine di valutarne l'ispezionabilità da remoto

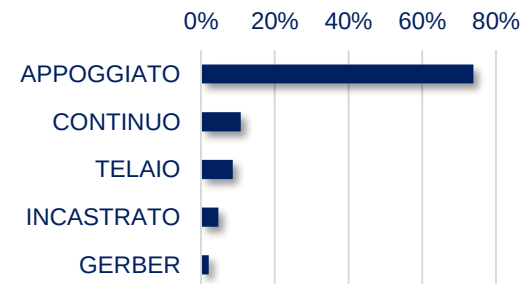
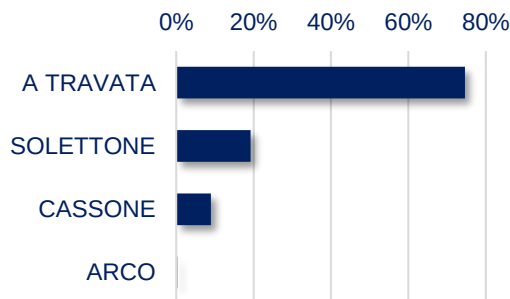
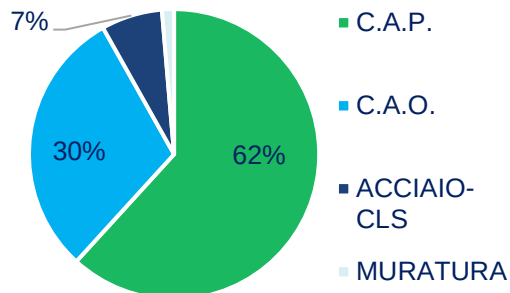
-  **Ispezionabili**
-  **Ispezionabili solo in determinate condizioni geometriche**
-  **Non Ispezionabili**



-  Opere in **CAP** e **CAO**
-  Opere in **ACCIAIO**, a causa della riflettività del materiale e delle poche casistiche a disposizione
-  Opere in **MURATURA**

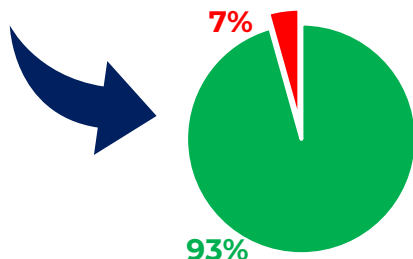
-  Opere a **TRAVATA** con interasse tra le travi idoneo
-  Opere a **CASSONE*** solo esternamente
-  Opere a **SOLETTONE** sempre ispezionabili

-  Opere **APPOGGIATE, CONTINUE** e **SELLE GERBER** con attenzione alle zone di appoggio
-  Opere a **INCASTRO** e a **TELAIO** con interasse tra le travi idoneo (se a travata)



Definizione del perimetro di applicazione

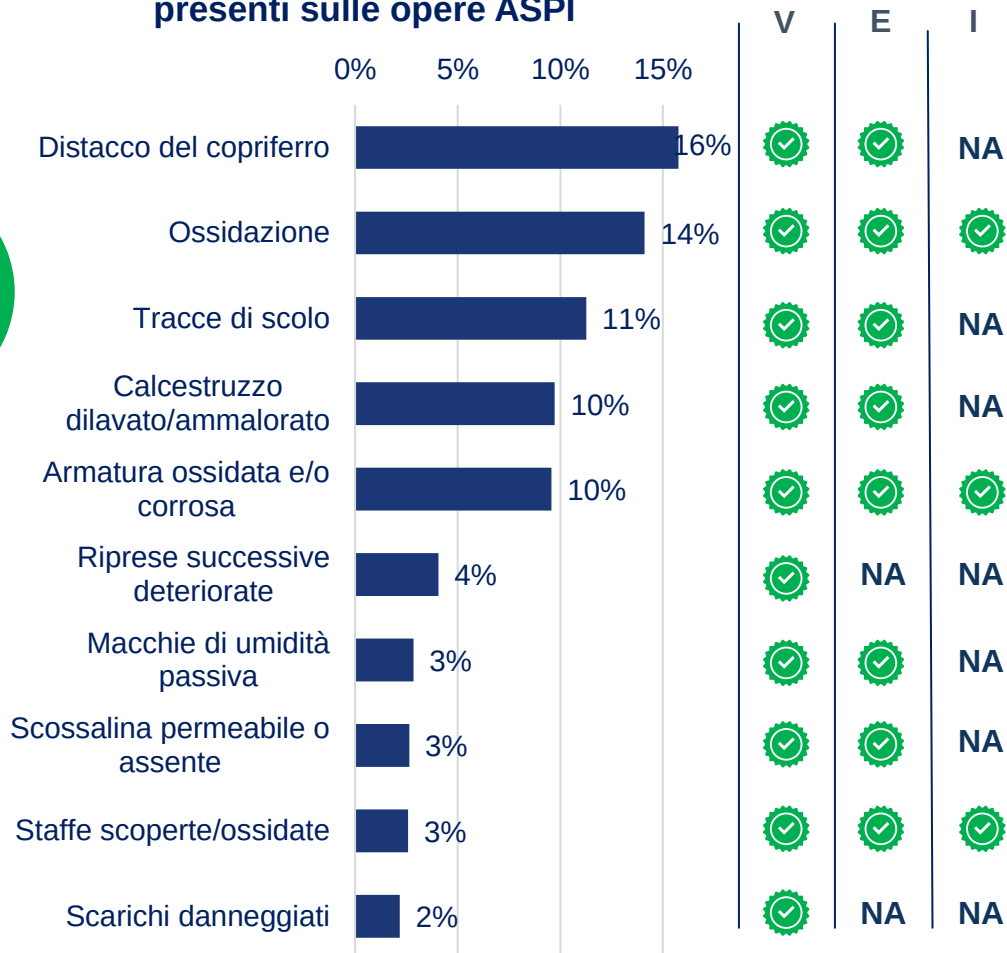
Considerando l'intero catalogo difetti da LG20 (per le opere in cap/cao e muratura), il **93%** dei difetti risultano facilmente **VISIBILI [V]**



Del 93% di difetti visibili, nel **96%** dei casi si riesce correttamente a stimare **ESTENSIONE [E]** e **INTENSITA' [I]**

Il 7% di difetti **NON FACILMENTE VISIBILI**, sono difetti con pochissime occorrenze e in particolare rappresentano l'**1%** del totale dei difetti rilevati su rete ASPI (ad esempio, lesioni distacco travi/traversi e lesioni capillari ancoraggi)

75% dei difetti maggiormente presenti sulle opere ASPI



Sperimentazione in campo e analisi degli output

Sperimentazione della tecnologia e del processo su alcuni **casi studio della rete ASPI**, particolarmente rappresentativi dell'intero patrimonio infrastrutturale.



8

Opere



4

Aziende di dronisti



2

Software di ricostruzione



22

Modelli 3D ricostruiti



3

Diverse GSD



5

Deliverable principali per ogni opera



+ 100

Controlli automatici eseguiti



48

Verifiche manuali effettuate



71

campate

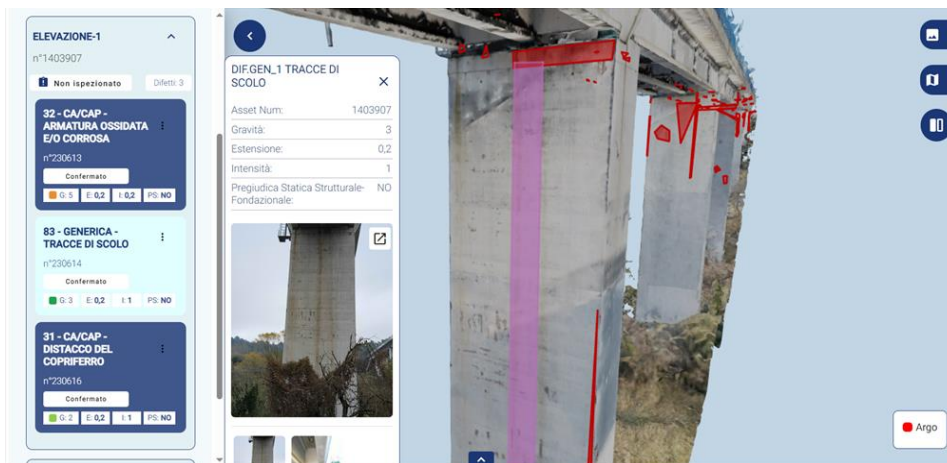


4

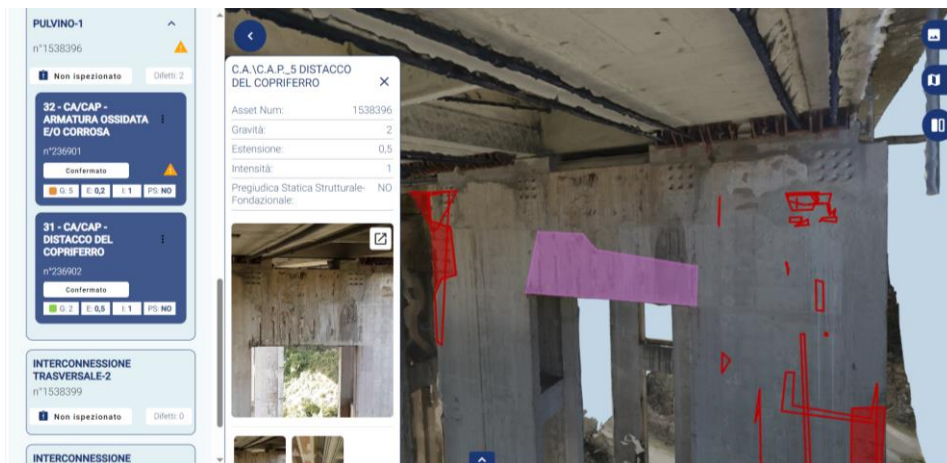
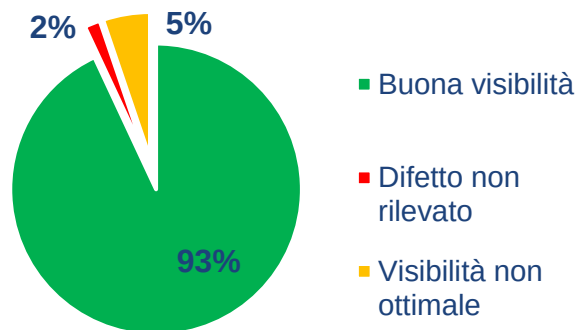
Tronchi coinvolti



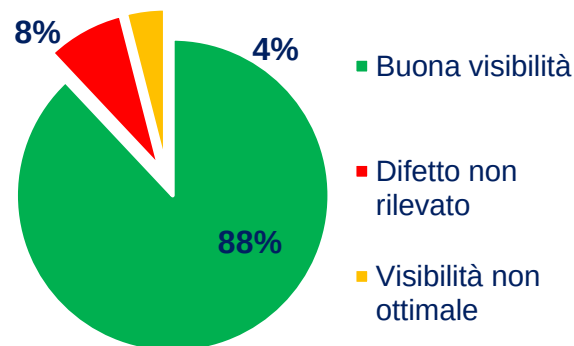
Sperimentazione in campo e analisi degli output



Esempio Opera 1



Esempio Opera 2



Esempi di difetti non rilevati: Perdite di precompressione, lesioni capillari ancoraggi, lesioni distacco travi/traversi



Per il **100% difetti ispezionati**, è stato possibile determinare sia l'**Estensione** che l'**Intensità**



Sperimentazione in campo e analisi degli output





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ph.D Ing. Marzia Malavisi

marzia.malavisi@movyon.com