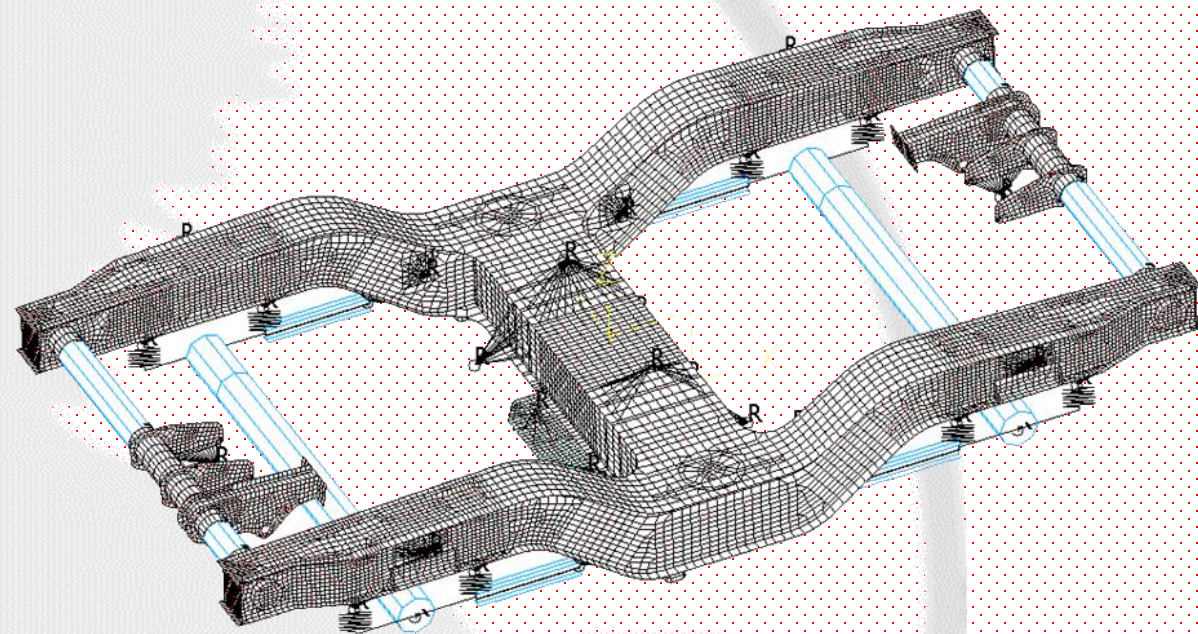


Dal calcolo manuale al calcolo FEM

Pierluigi Petri



Introduzione del Calcolo ad Elementi Finiti in BCF

Negli anni 1986 – 1988 in BCF furono introdotti i primi codici di calcolo ad elementi finiti, inizialmente con il software SAP 80 su hardware Olivetti M24.

Per il calcolo furono acquistate Workstation Apollo configurate con 2 MB di RAM e 150 MB di HD e il software SDRC I-Deas per la modellazione e calcolo.

I modelli di calcolo, dato le scarse prestazioni dell'HW, erano molto semplificati.

Gli investimenti fatti negli anni successivi hanno permesso un consolidamento e lo sviluppo di questa attività.

BREDA

Introduzione del Calcolo ad Elementi Finiti in BCF

Successivamente, negli anni 1989 e 1991 è stato acquistato il software MSC Nastran, prodotto leader nel campo del calcolo ad elementi finiti. Contemporaneamente fu acquistato hardware più potente in modo da poter effettuare simulazioni più accurate e vicine alla realtà.

Nella metà anni 90 per soddisfare le richieste sempre più presenti nei capitolati di analisi di comportamento all'urto delle strutture ferroviarie si rese necessaria l'implementazione di un software ad hoc, MSC DYTRAN.

A fine anni 90 fu acquistato il software LS DYNA, considerato uno standard nel campo dei calcoli di crash.

BREDA

Introduzione del Calcolo ad Elementi Finiti in BCF

Negli anni successivi la crescita della potenza di elaborazione ha permesso un utilizzo più spinto del calcolo elementi finiti, permettendo schematizzazioni di maggiore dettaglio e i risultati sempre più affidabili.

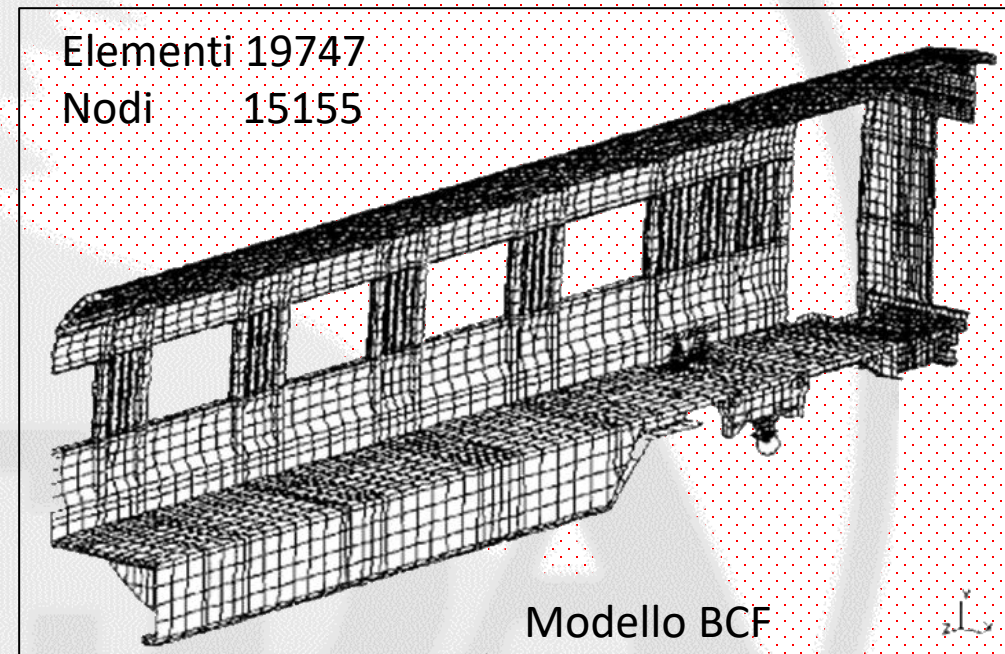
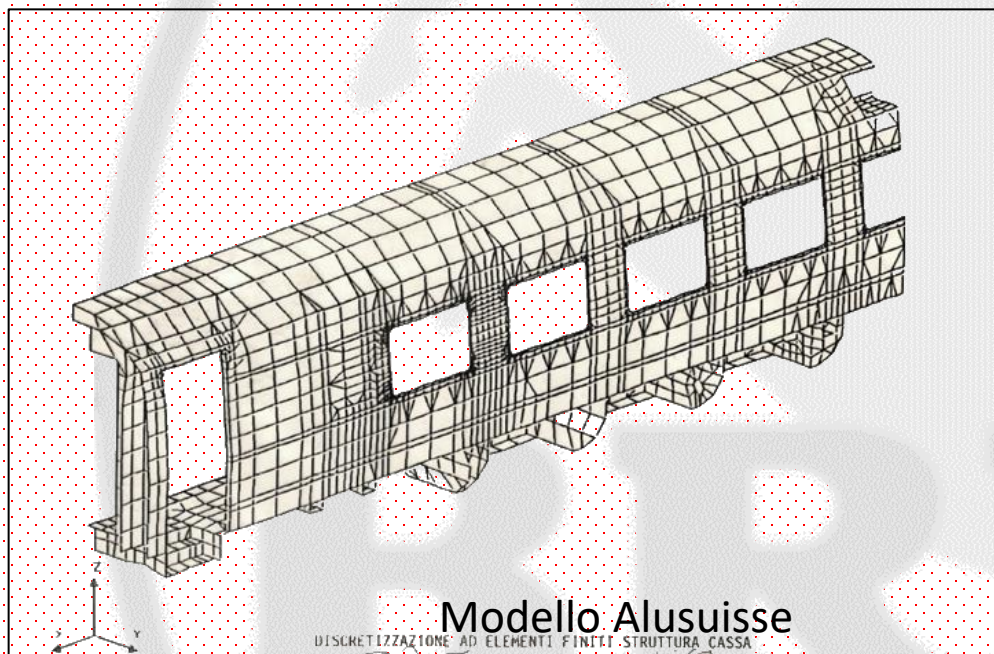
Importante è stata la collaborazione tra i progettisti e le persone addetti ai calcoli, facilitata anche allo sviluppo di interfacce tra la modellazione CAD e i software di calcolo strutturale.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di modelli di calcolo di cassa e carrelli dai modelli più vecchi, fino a quelli di fine anni 90, utilizzati anche per i calcoli di crash.

BREDA

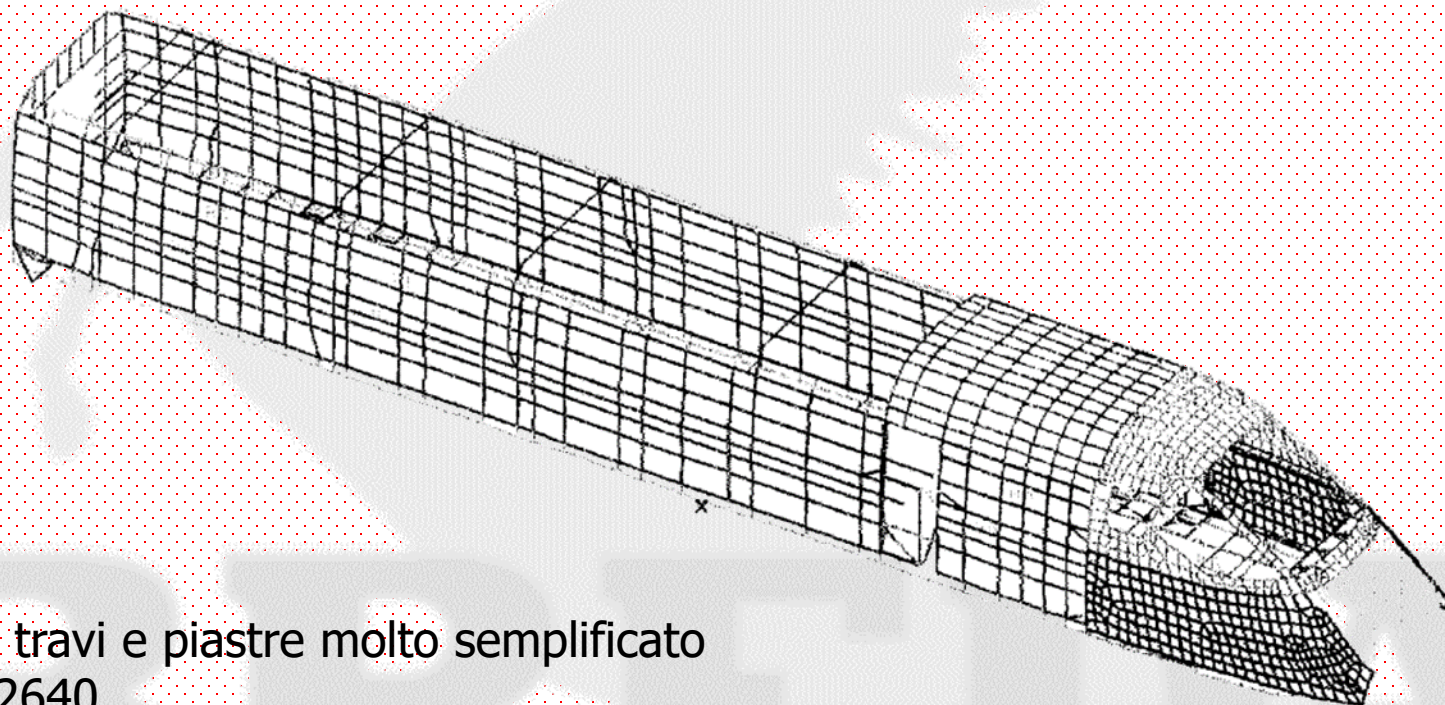
Esempi di Modelli di Calcolo

- Modello FEM della cassa ETR 500 Alusuisse e BCF.
- Come detto in precedenza le ridotte potenzialità di calcolo permettevano schematizzazioni semplificate, che comunque erano in grado di valutare correttamente la rigidezza globale delle strutture



Esempi di Modelli di Calcolo

- Modello della Motrice ETR 500 1990



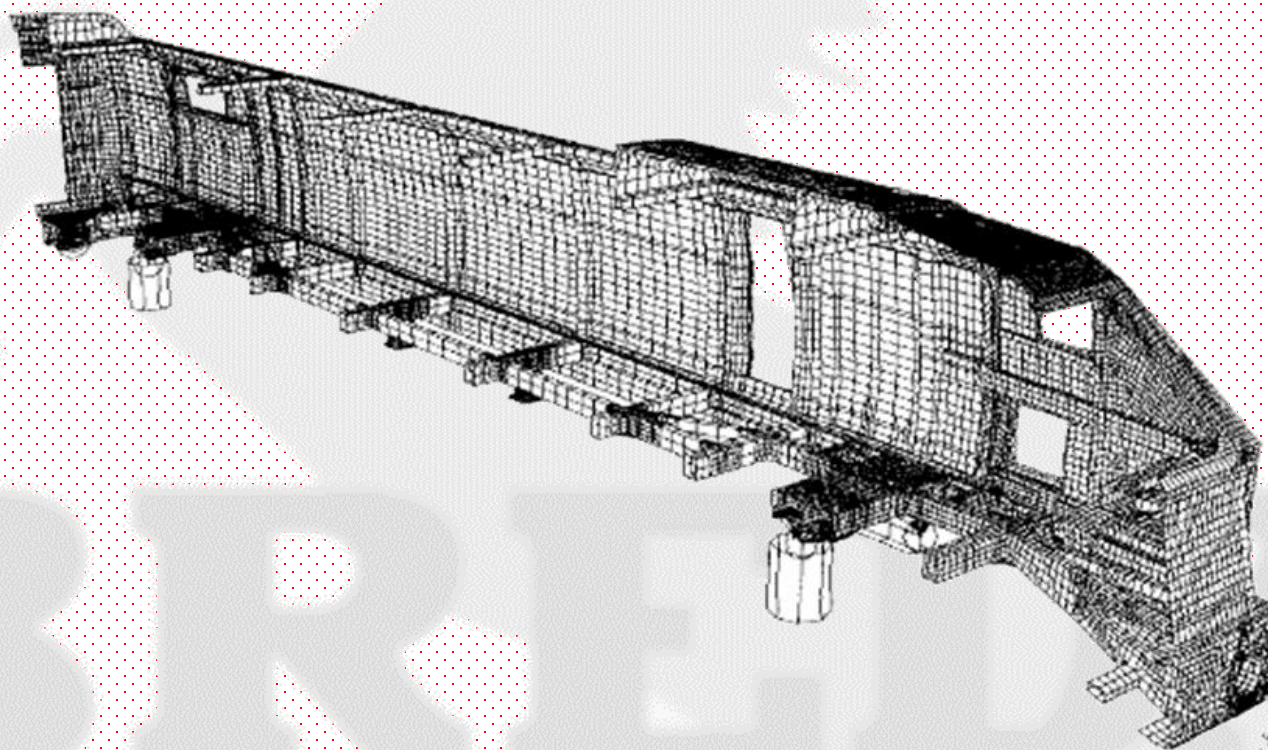
Modello a travi e piastre molto semplificato

Elementi 2640

Nodi 2159

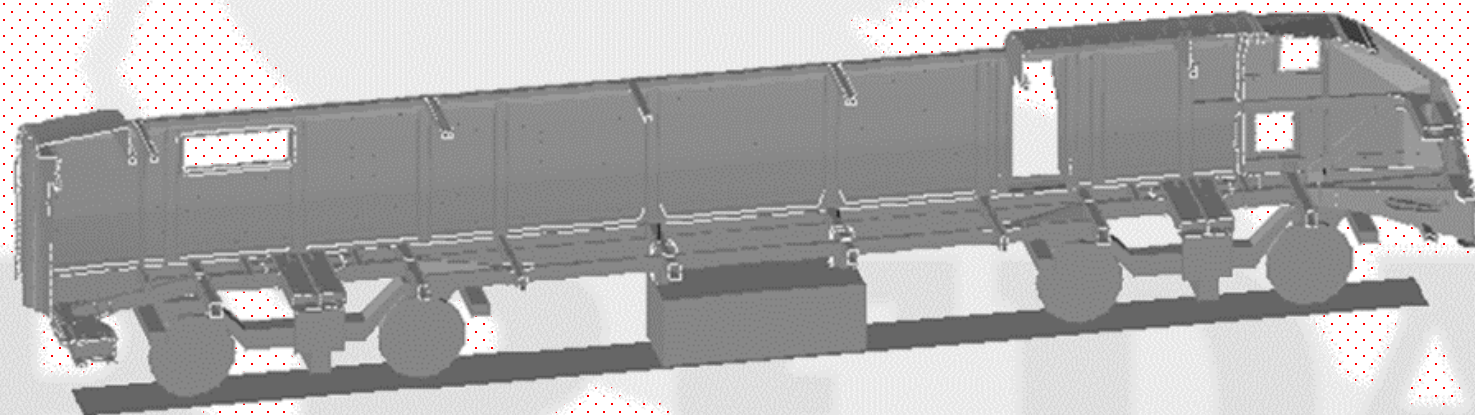
Esempi di Modelli di Calcolo

- Modello della Motrice ETR 500 Politensione anno 1996



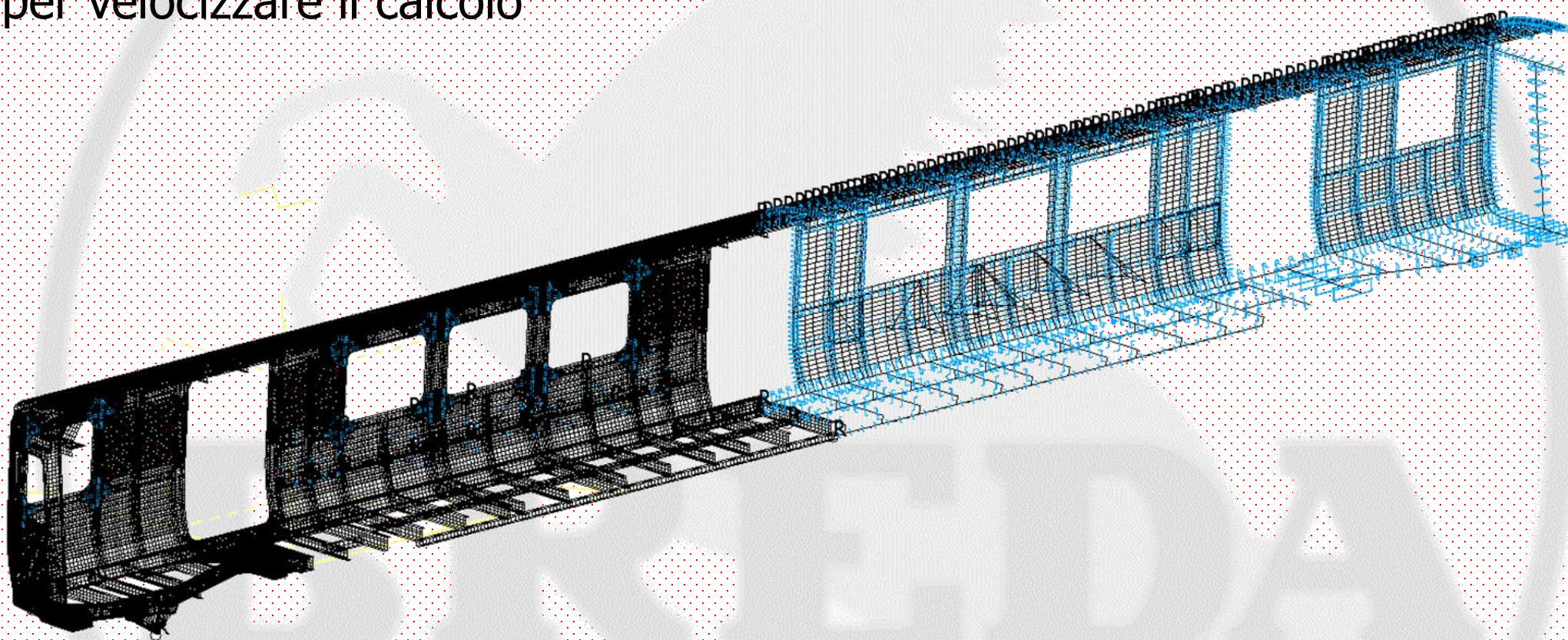
Esempi di Modelli di Calcolo

- Modello della Motrice ETR 500 Politensione utilizzato per il calcolo di crash - software utilizzato MSC DYTRAN.
- La schematizzazione del modello comprende struttura della motrice, i due carrelli ed il trasformatore. Il numero di elementi è di 46398 e quello dei nodi di 40408.



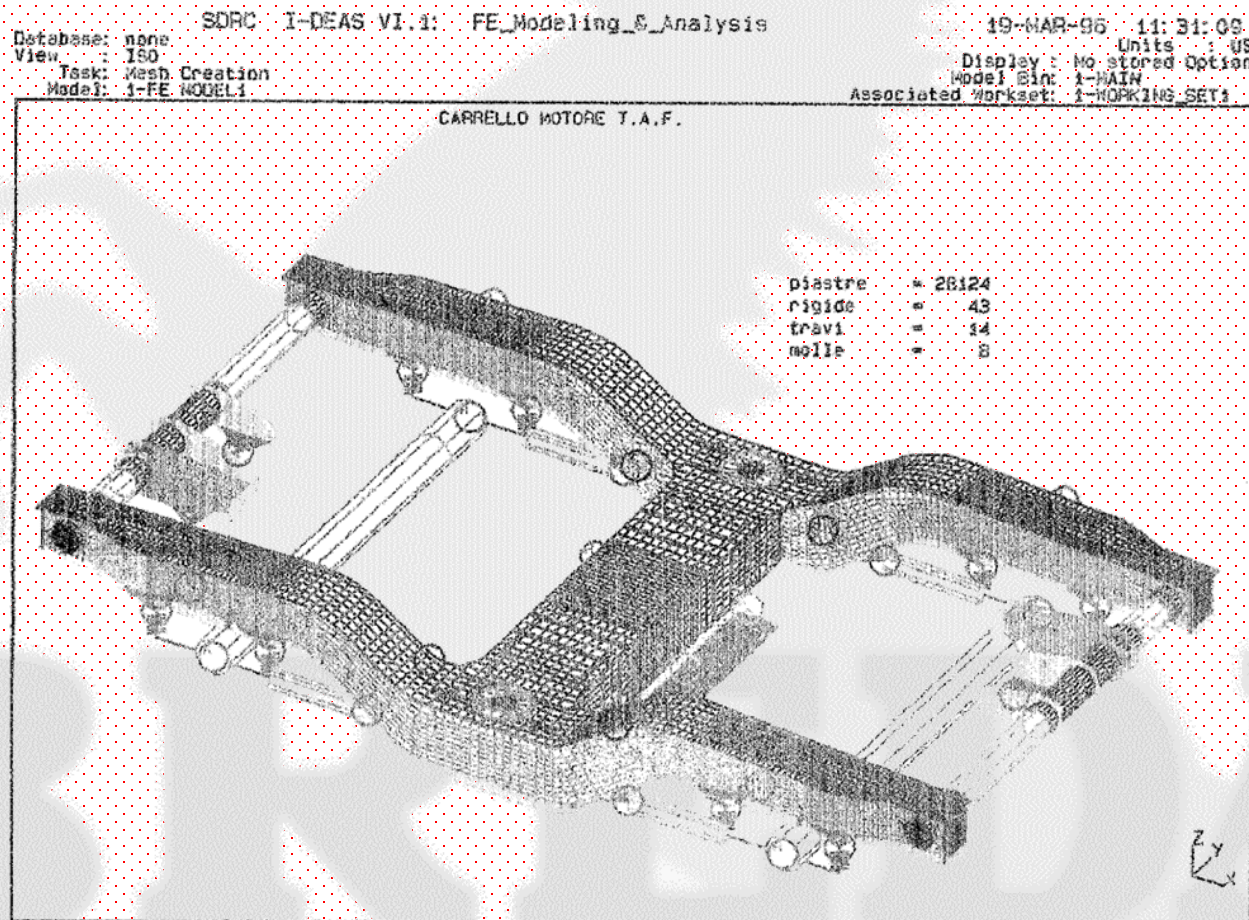
Esempi di Modelli di Calcolo

- Modello cassa MARTA
- Cassa schematizzata con simmetria, in parte a travi per velocizzare il calcolo



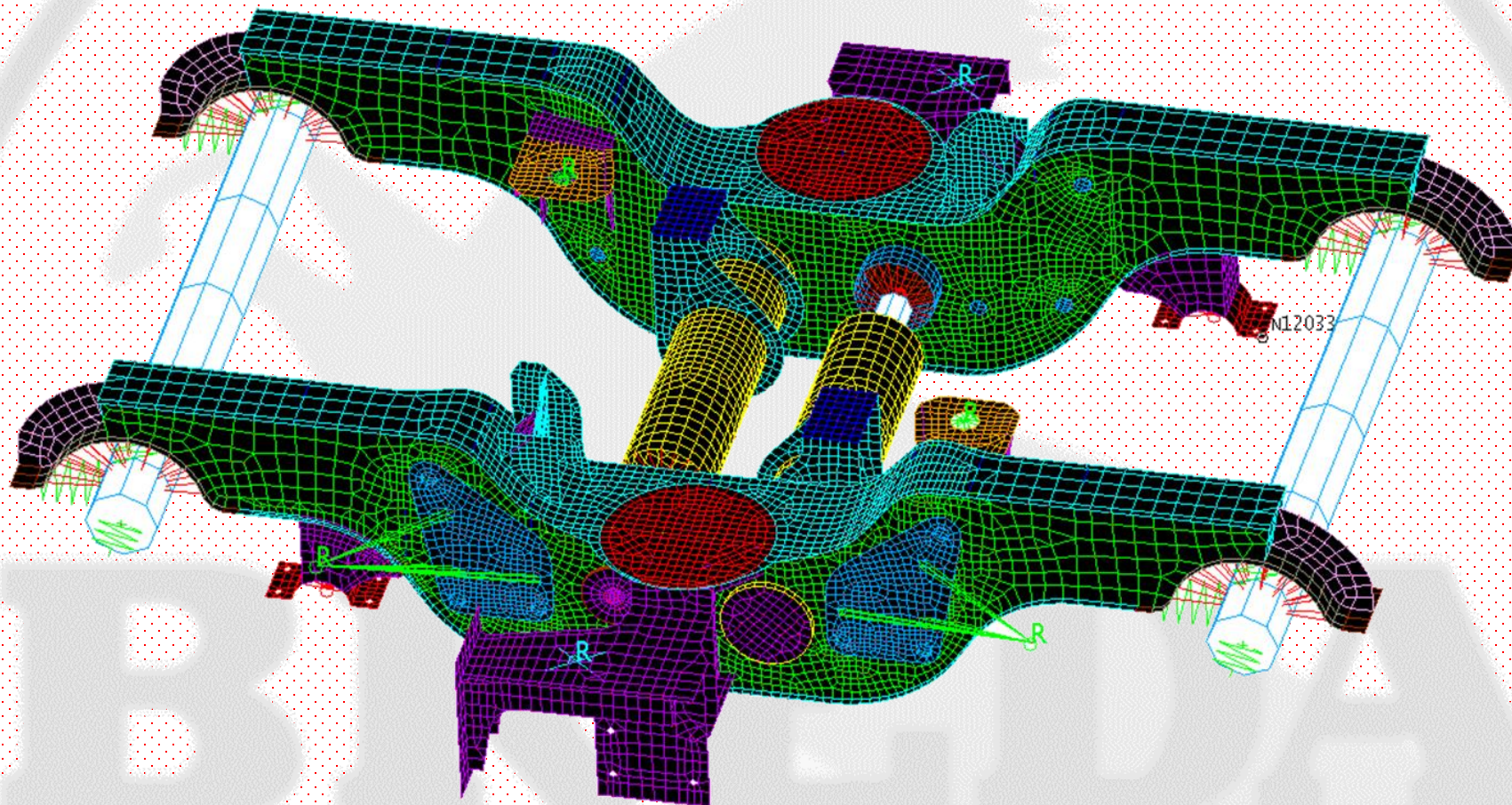
Esempi di Modelli di Calcolo

- Carrello motore TAF Modello di calcolo

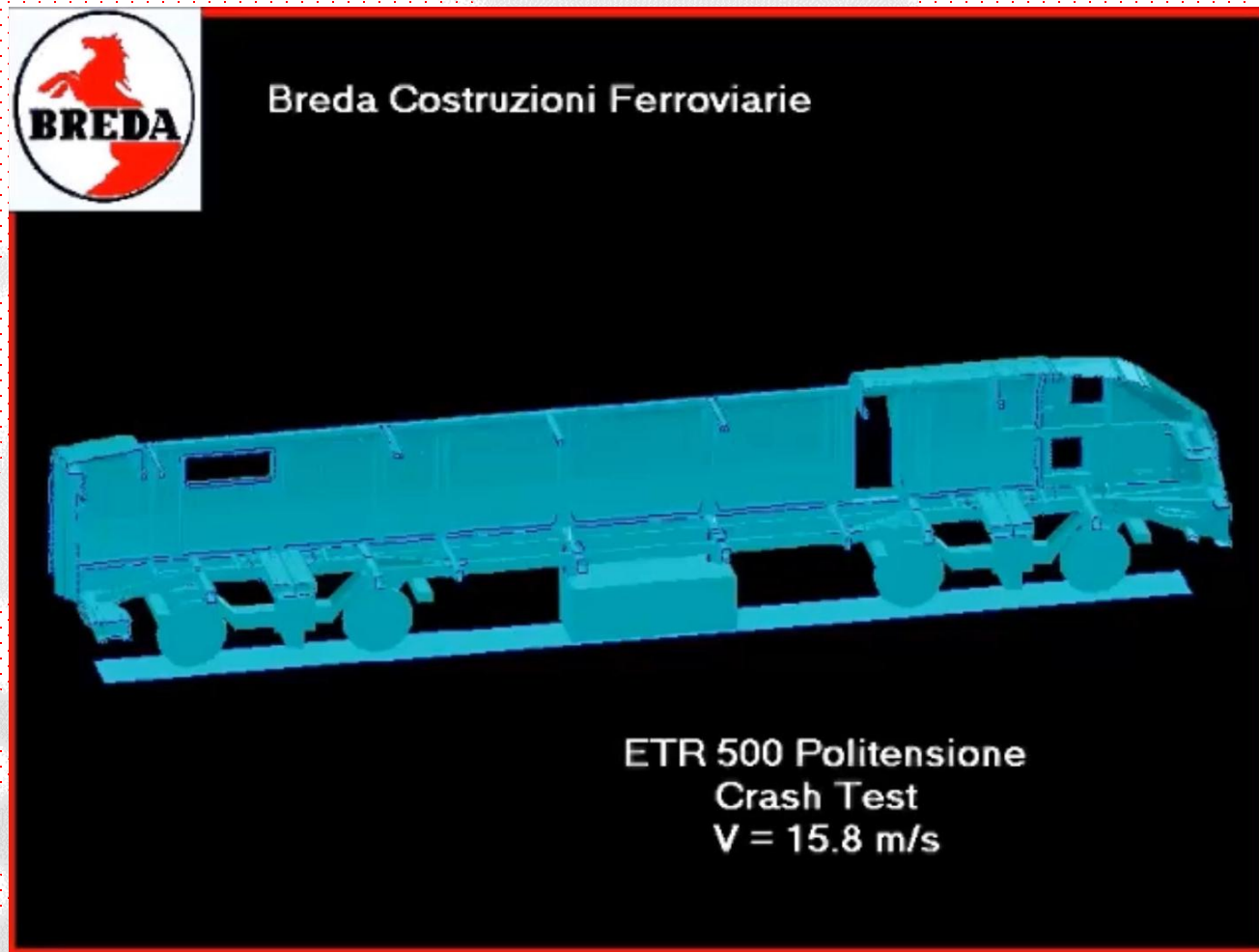


Esempi di modelli di calcolo

- Carrello Metro Atlanta



Risultati del Calcolo di Crash della Motrice ETR 500 con MSC DYTRAN



Risultati del Calcolo di Crash di Metro Atlanta con il software LS_DYNA



Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

Un altro aspetto importante è stata la collaborazione tra gli addetti ai calcoli strutturali e il laboratorio, ciò ha permesso una ulteriore crescita professionale delle persone, nonché una maggiore consapevolezza del proprio lavoro.

Tanti sarebbero gli esempi da citare, dalla partecipazione alle prove di qualificazione delle casse, fino alle prove a fatica sui carrelli.

Una delle più importanti è sicuramente quella relativa ai rilievi in linea per la misura degli sforzi ruota-rotaia del tram di Boston, di cui diamo una breve descrizione.

BREDA

Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

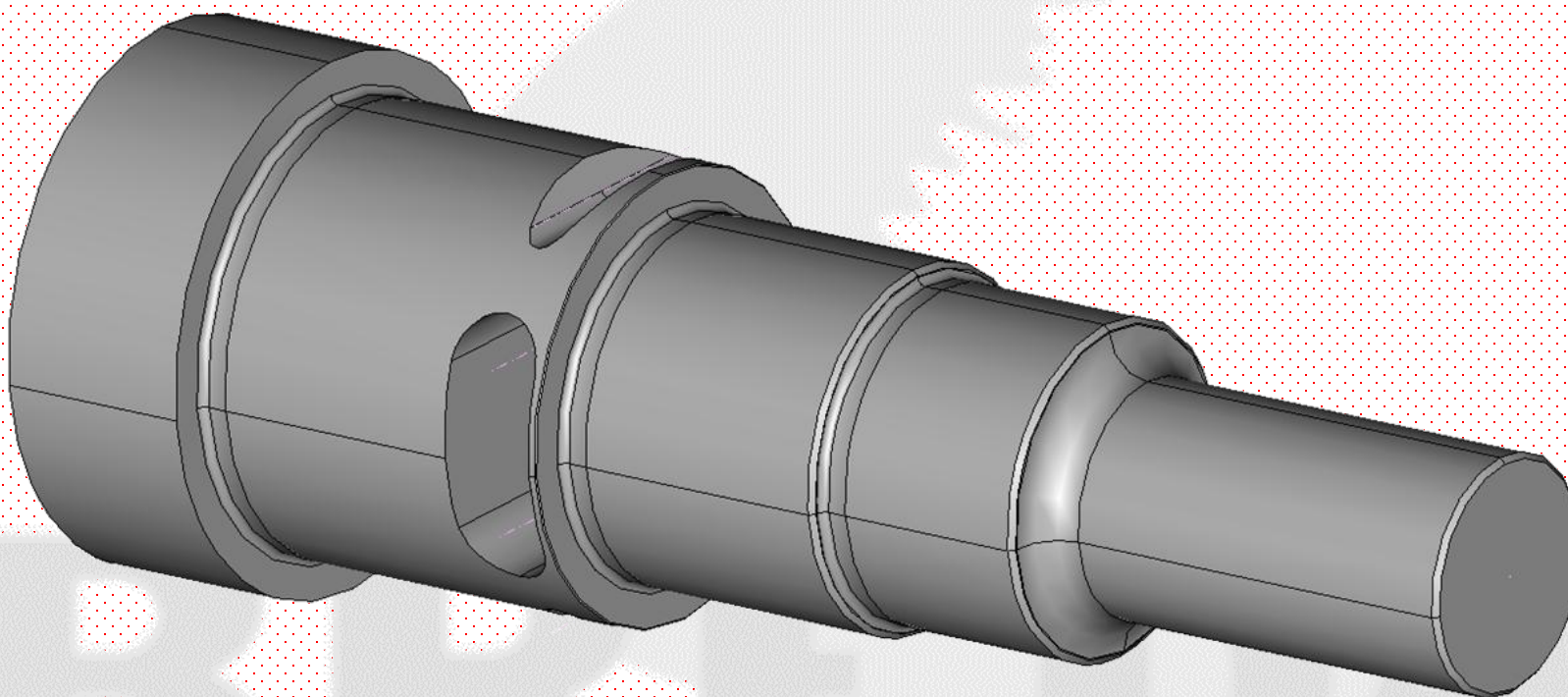
A seguito dei deragliamenti che si verificavano sul tram di Boston, in particolare sul carrello portante a ruote indipendenti, BCF avviò una campagna di prove in linea per comprenderne le cause.

A tale scopo, con la collaborazione del laboratorio, si effettuò uno studio per la realizzazione di un assile strumentato per l'acquisizione degli sforzi ruota-rotaia Y/Q; furono strumentati quindi i due fuselli con lavorazioni ad hoc, particolarmente sensibili ai carichi verticali e laterali provenienti dalla linea su cui esercitava il tram.

BREDA

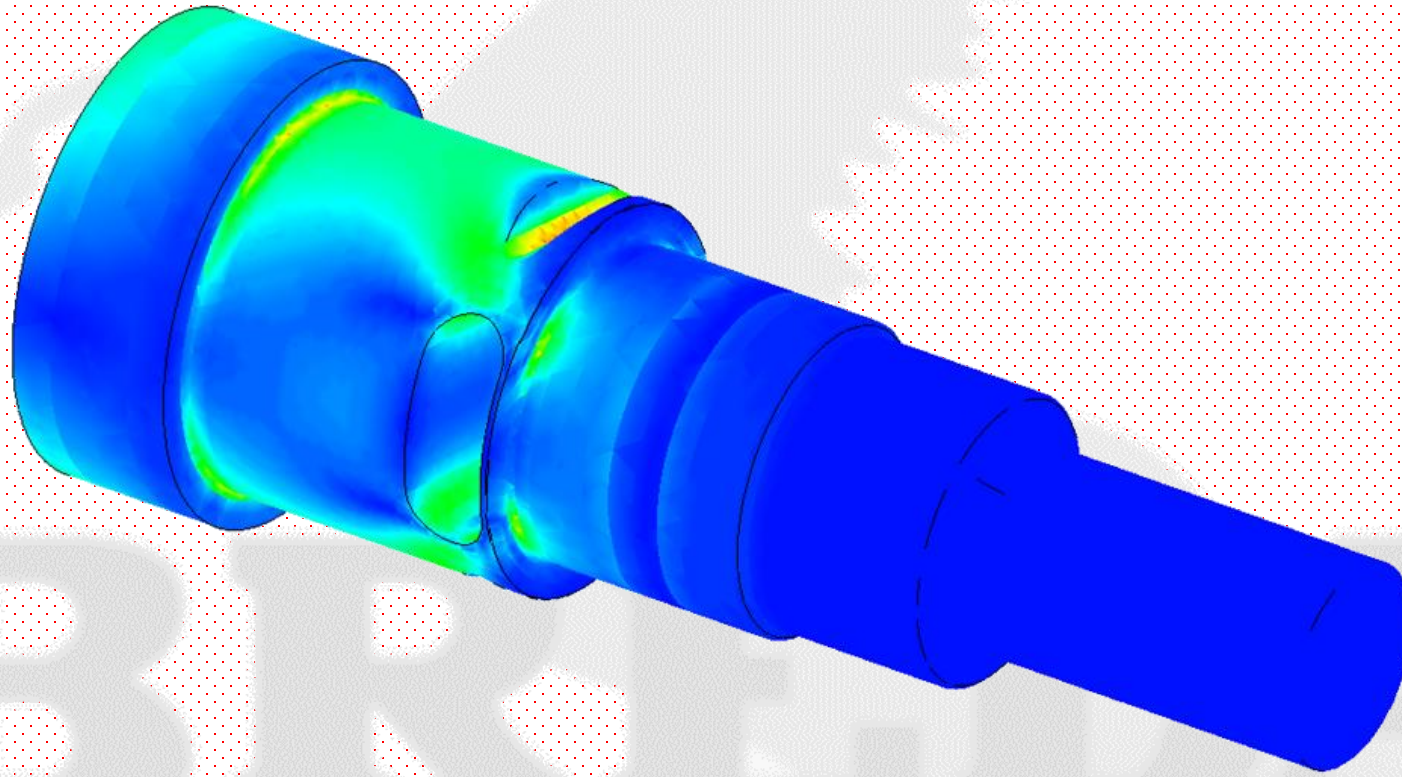
Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

- Modello 3D dell'assile strumentato di Boston



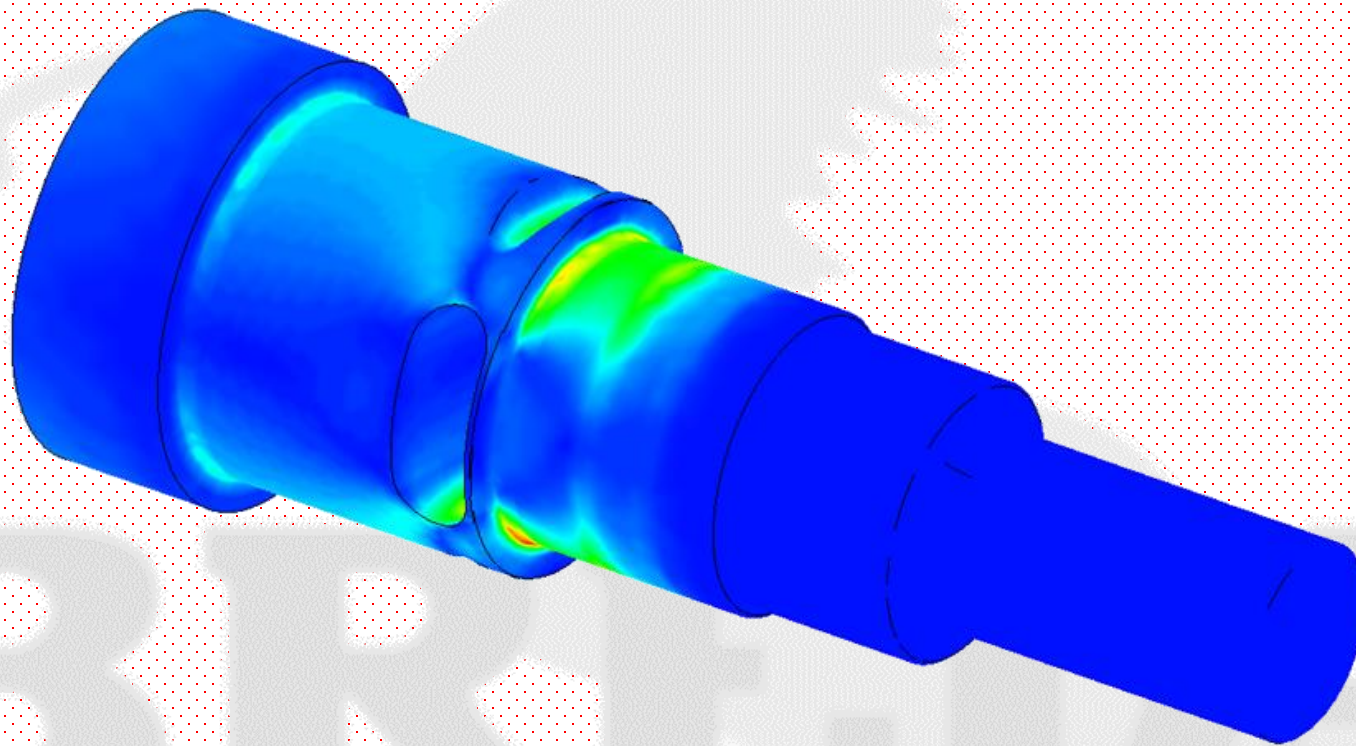
Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

- Calcolo dell'assile strumentato di Boston
- Ricerca delle zone con maggiore sensibilità da strumentare a carico verticale



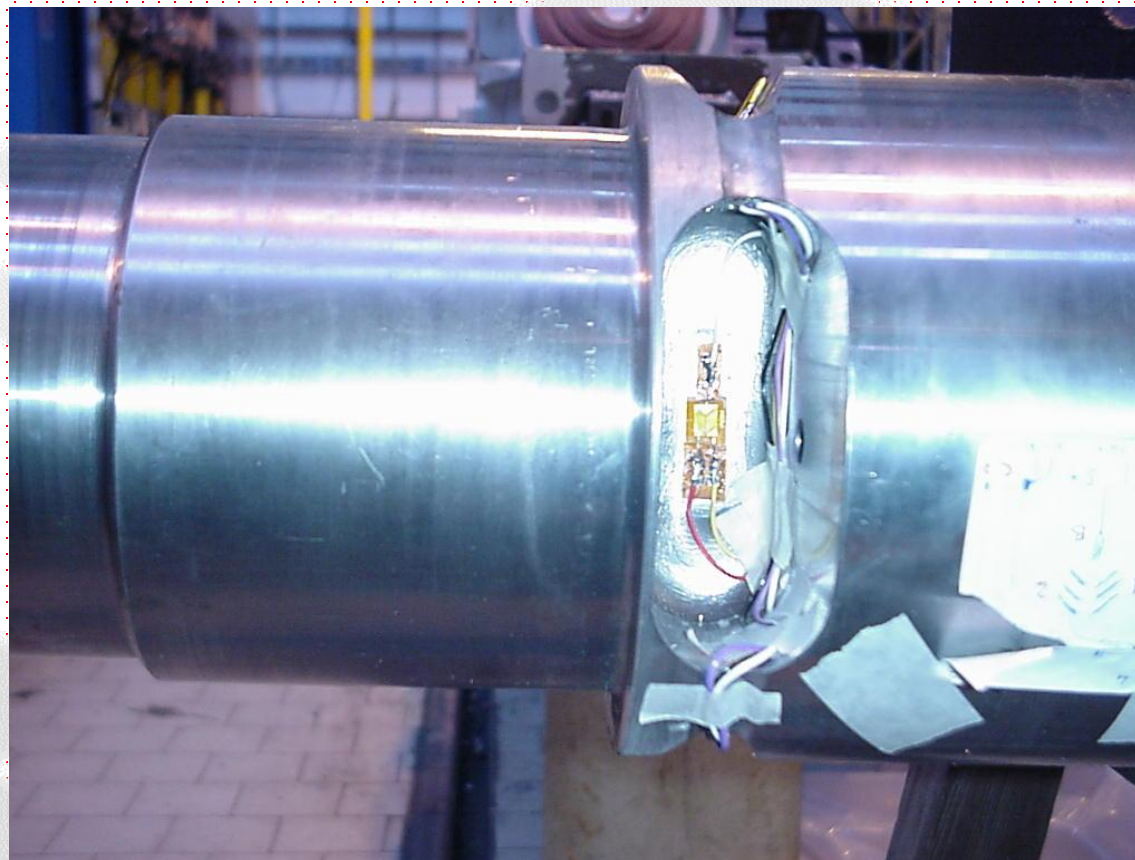
Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

- Calcolo dell'assile strumentato di Boston
- Ricerca delle zone da strumentare per effetto del carico laterale



Integrazione tra Calcolo e Laboratorio

- Assale strumentato secondo le indicazioni del calcolo



Conclusioni

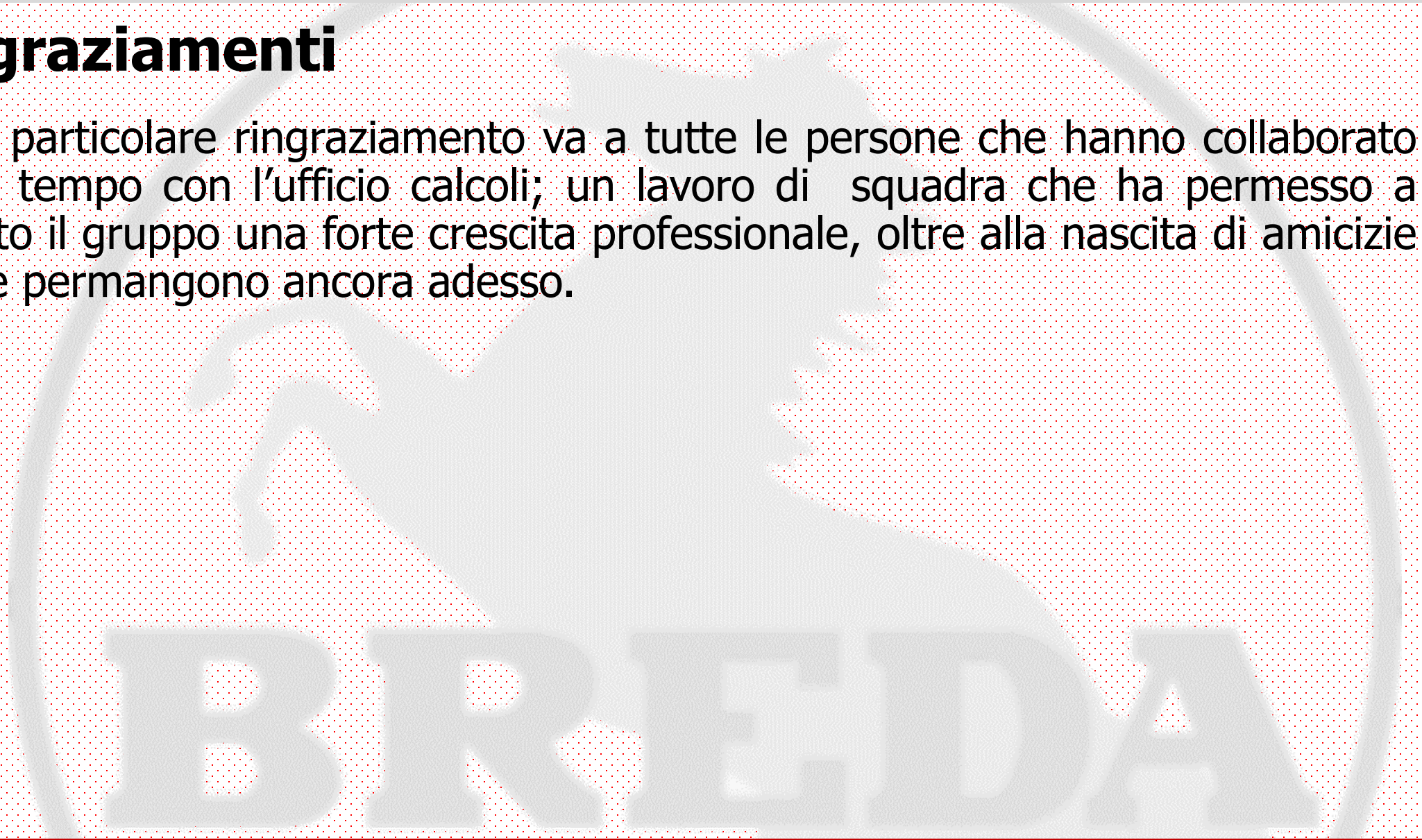
L'avvento del calcolo ad elementi finiti ha rappresentato un cambiamento profondo nell'approccio al calcolo, contribuendo a migliorare l'efficienza delle strutture.

Ad oggi, con l'evoluzione rapidissima della potenza degli elaboratori avvenuta negli anni, i modelli di calcolo sono ad un livello di dettaglio tale che, per quanto riguarda la valutazione di resistenza statica, potrebbero essere sufficienti per la validazione delle strutture, senza necessità delle prove.

Il calcolo FEM dà un contributo determinante anche per le problematiche di fatica, ma in questo caso le prove restano un elemento essenziale per la validazione del progetto.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va a tutte le persone che hanno collaborato nel tempo con l'ufficio calcoli; un lavoro di squadra che ha permesso a tutto il gruppo una forte crescita professionale, oltre alla nascita di amicizie che permangono ancora adesso.



BREDA



Grazie a tutti per l'attenzione

Pierluigi Petri

BREDA