

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

**PROGNOSTICA DI STRUTTURE SOGGETTE A CORROSIONE MEDIANTE
MONITORAGGIO DINAMICO E RETI NEURALI PREDITTIVE**

CANDIDATO

Michael Sgaravato

RELATORE

Chiar.mo Prof. Alessandro Marzani

CORRELATORI

Chiar.mo Prof. Piero Baraldi

Spett.le Ing. Ahmed ShoKry Taha Zied

Chiar.mo Prof. Enrico Zio

Anno Accademico 2018/2019

Sessione III

MAC4PRO

MANutenzione intelligente di impianti industriali e opere **CIV**ili
mediante tecnologie di monitoraggio **4.0** e approcci **PRO**gnostici



PARTNER



OBIETTIVO:

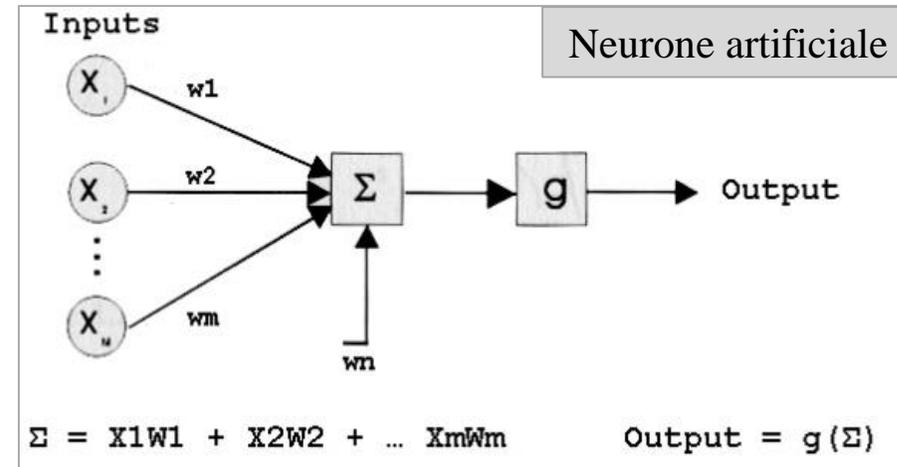
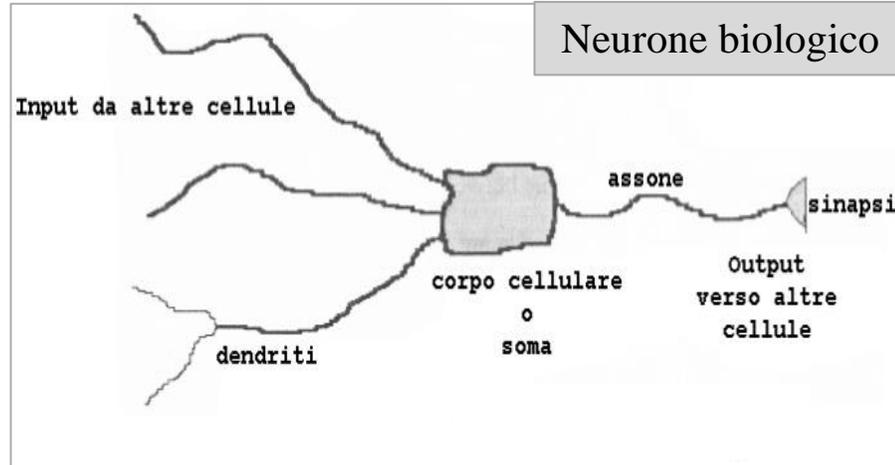
MANUTENZIONE INTELLIGENTE A STRUTTURE RETICOLARI IN ACCIAIO SOGGETTE A CORROSIONE

INDICE

- Lo strumento: Reti neurali feedforward
- Prognostica
- L'applicazione
- I risultati
- Le conclusioni

RETI NEURALI FEEDFORWARD

DEFINIZIONE: Sistemi di elaborazione delle informazioni ispirati al sistema nervoso



CARATTERISTICHE:

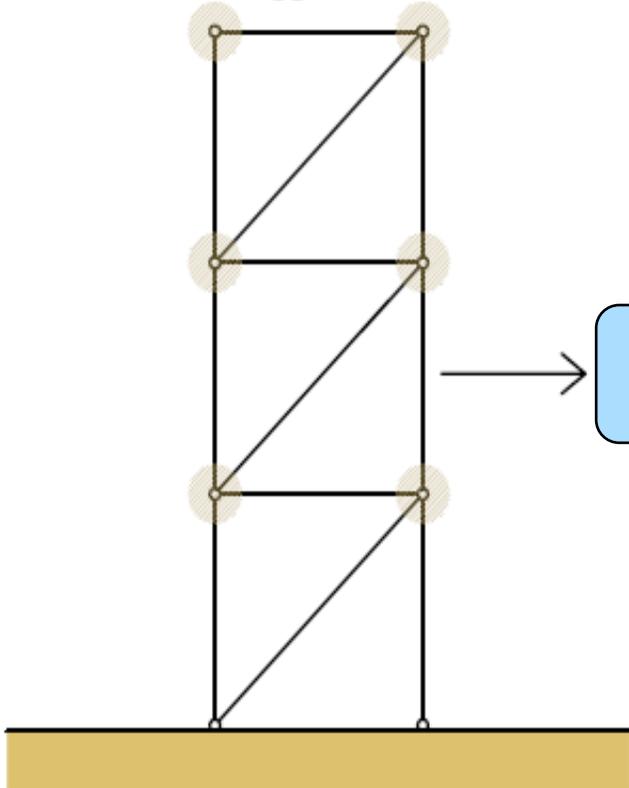
- Devono allenarsi per risolvere i problemi
- La conoscenza sta nei parametri di connessione tra i neuroni

ALLENAMENTO RETE ARTIFICIALE:

- Definisce i pesi
- Tipologie di allenamento:
 - SUPERVISED
 - UNSUPERVISED

SISTEMA PROGNOSTICO PROGETTATO

Struttura soggetta a corrosione



MODELLO
DEGRADO

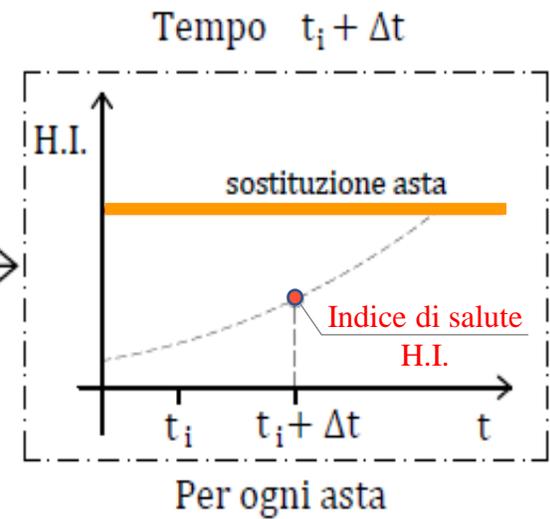
output

FREQUENZE
MODI

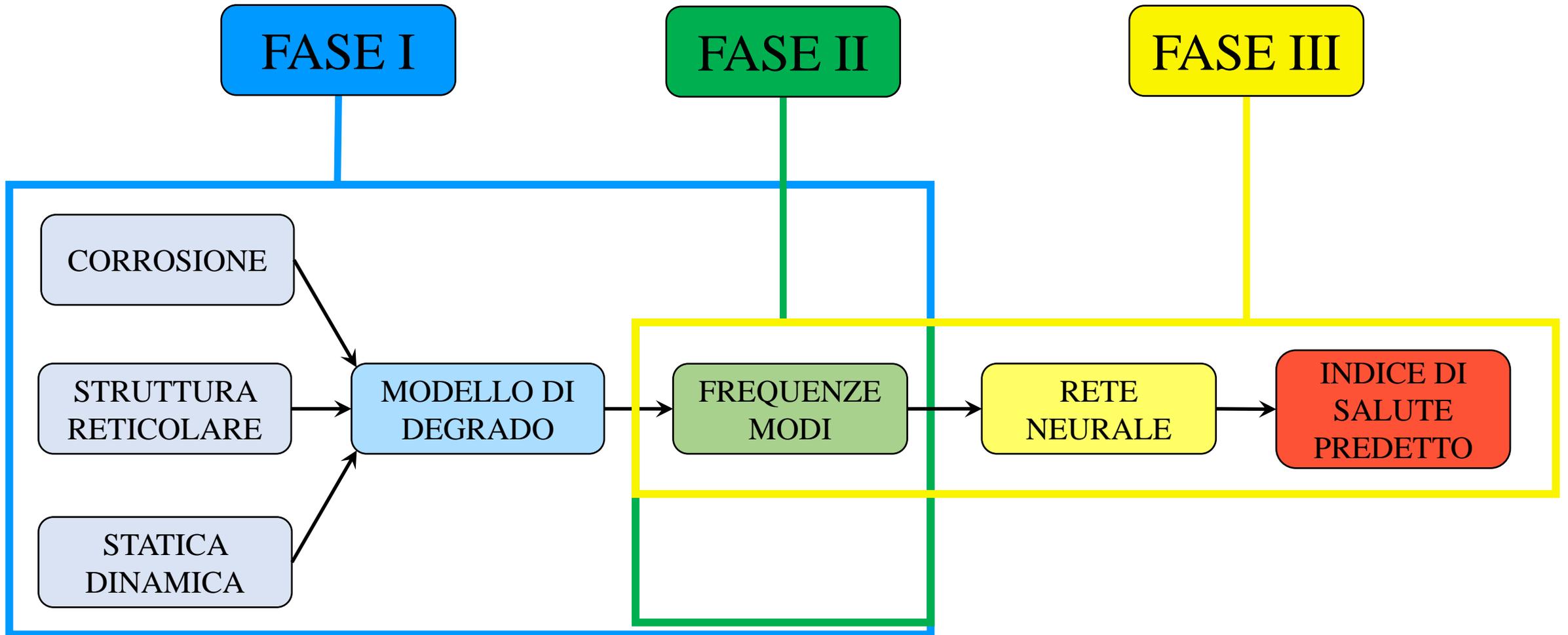
input

RETE
NEURALE

output



FASI DELLA PROGNOSTICA



FASE I

Modello di degrado

CORROSIONE

- Corrosione solo sulle aste
- Legge potenza: $d(t) = At^B$

Environment	Carbon steel	
	A	B
Rural	34.0	0.65
Urban	80.2	0.59
Marine	70.6	0.79

- Legame stress-velocità di corrosione

STRUTTURA RETICOLARE

- Ipotesi
 - $N_i(t) = cost. \ \& \ N_i(t) \neq 0$
- Caratteristiche geometriche e meccaniche
- Masse nodali

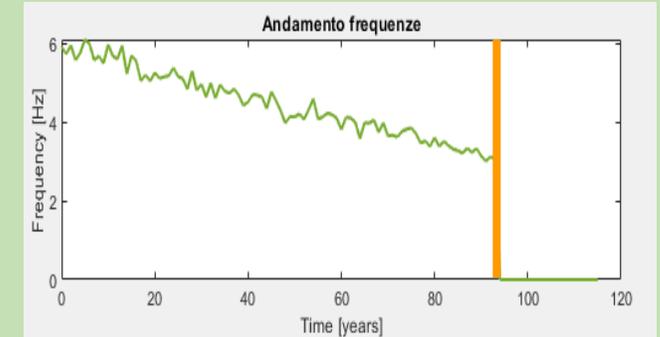
STATICA E DINAMICA

- Ipotesi
 - *Piccoli spostamenti*
- $\sigma_i(t) = \frac{N_i(t)}{A_i(t)}$
- $([K] - \omega^2[M])\{U_0\} = 0$

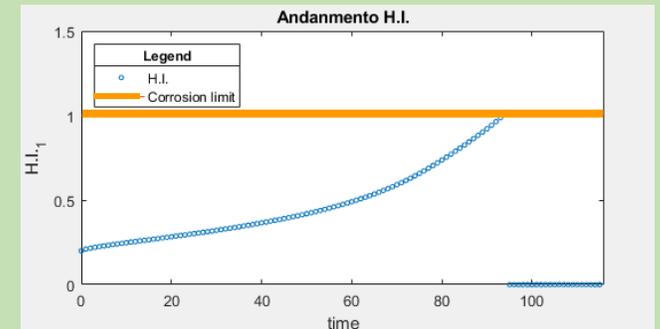
MODELLO DI DEGRADO

- Scenario
- Valore soglia
 - f_{yk}
- Indice di salute
 - $H.I._i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{f_{yk}}$

FREQUENZE E MODI

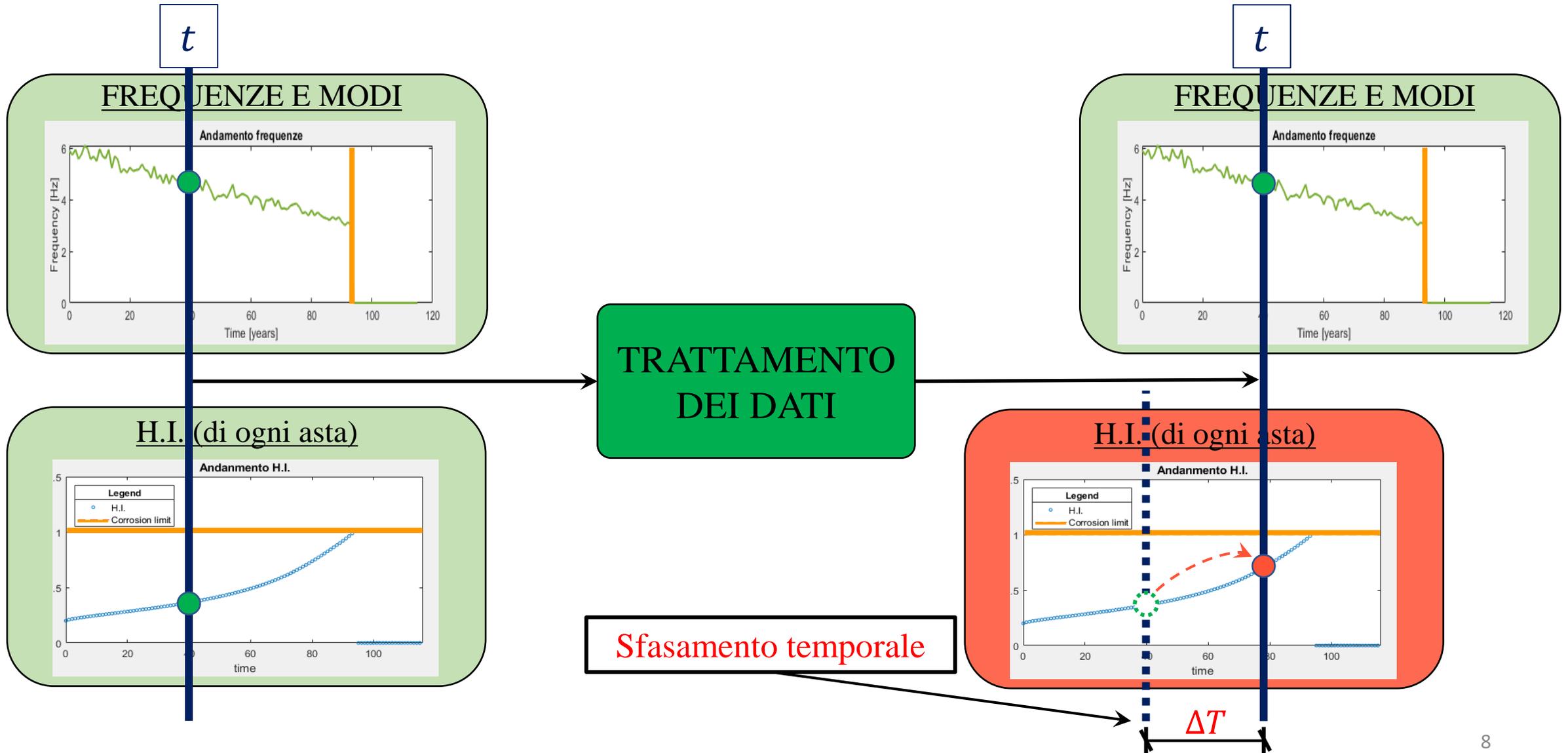


H.I. (di ogni asta)



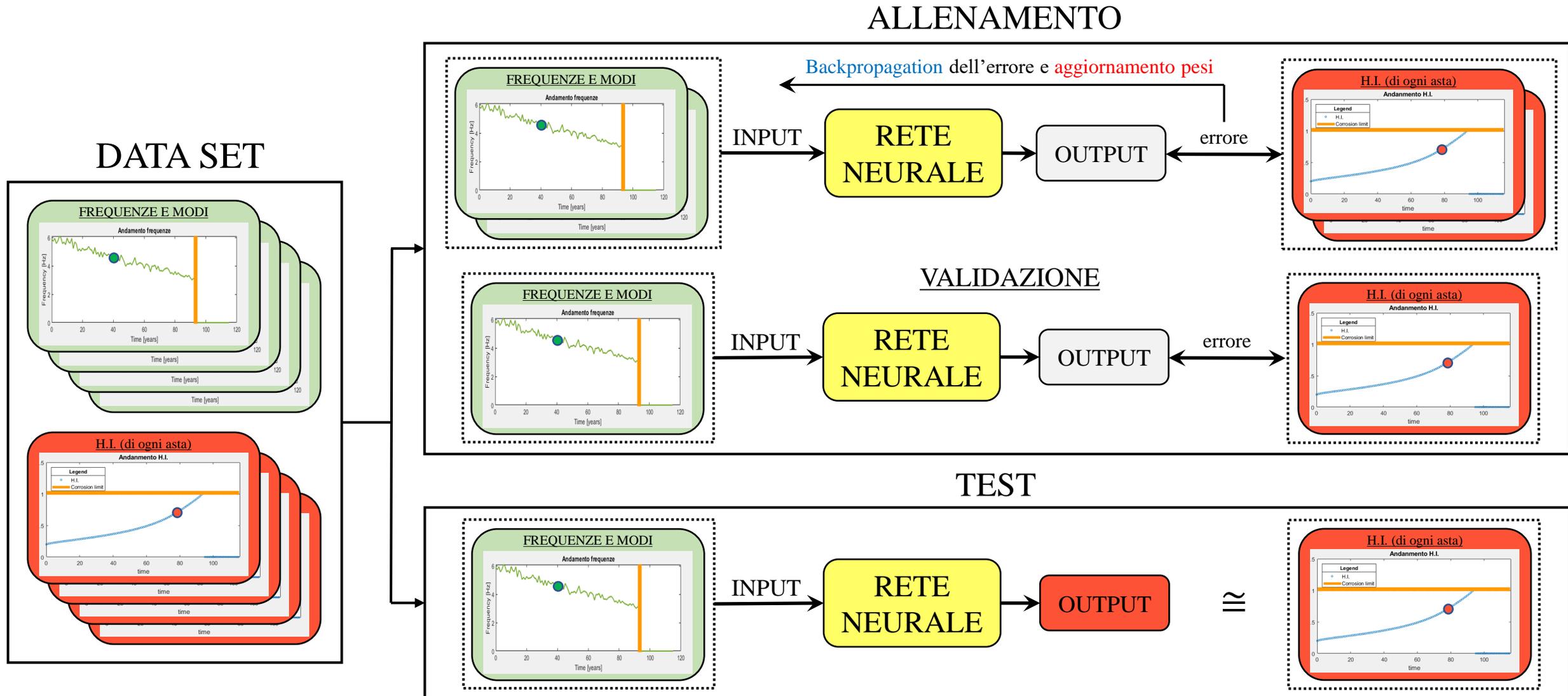
FASE II

Trattamento dei dati



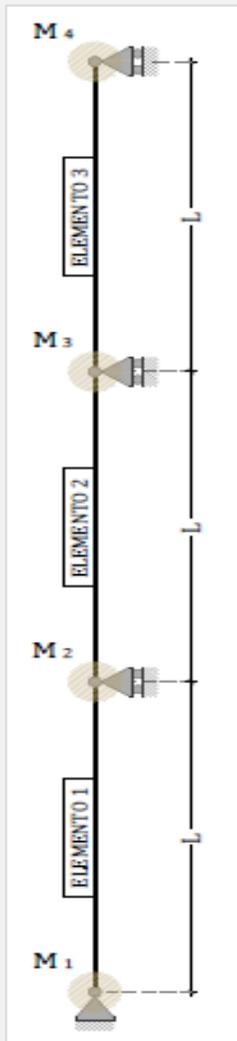
FASE III

Rete neurale feedforward

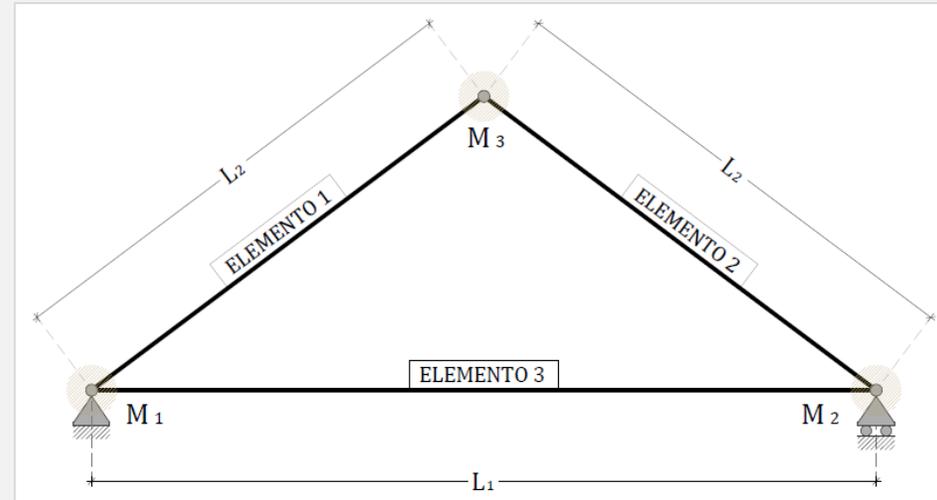


TEST

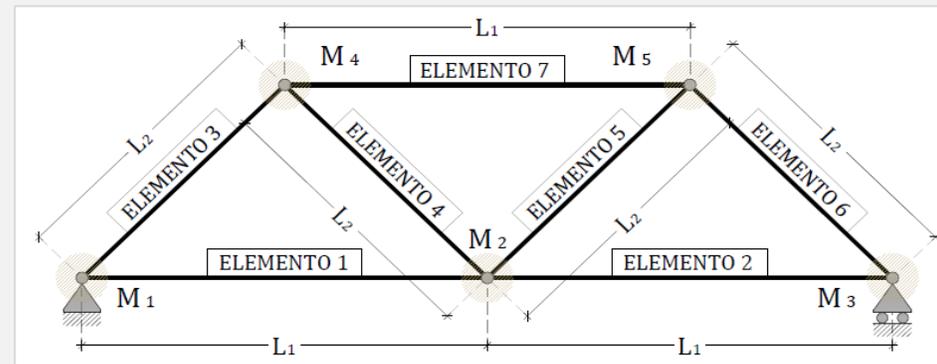
STRUTTURA A

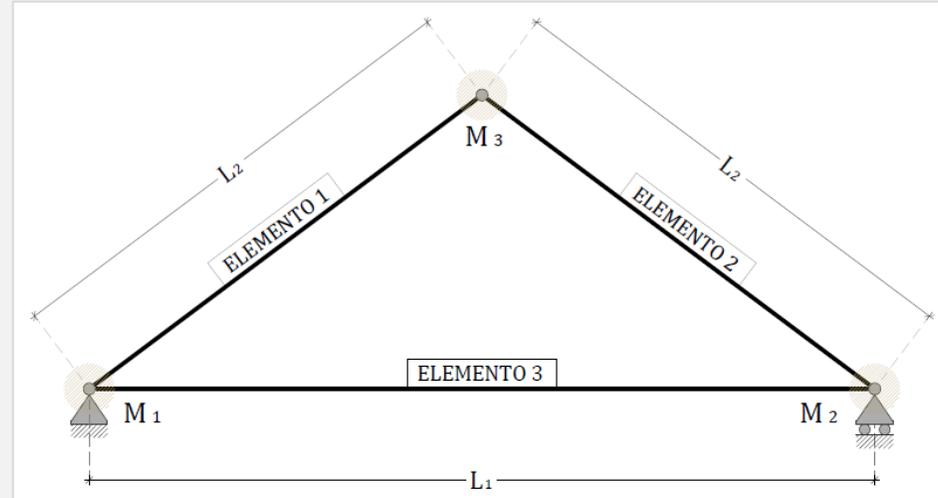


STRUTTURA B



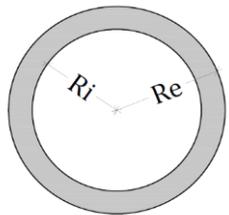
STRUTTURA C





Lunghezza aste	
L_1	4 m
L_2	2,90 m

Sezione	
R_i	28 mm
R_e	30 mm



Materiale
Acciaio S235

Ambiente
Urbano

Proprietà meccaniche	
E	200000 MPa
f_{yk}	235 MPa

Masse	
M_1	2000 kg
M_2	2000 kg
M_3	4000 kg

STRUTTURA B

Modello di degrado e Rete

MODELLO DI DEGRADO

Storie generate	Variazione masse (rumore su K)	Aste corrose	Intervallo inizio corrosione [anni]	Rumore sulle misurazioni
200	0,07	1	0 – 50	0,01
200	0,07	2	0 – 50	0,01
200	0,07	3	0 – 50	0,01
200	0,07	1 – 2	0 – 50	0,01
200	0,07	1 – 3	0 – 50	0,01
200	0,07	2 – 3	0 – 50	0,01
200	0,07	1 – 2 - 3	0 - 50	0,01

$\Delta T = 4 \text{ step (1 anno)}$

RETE NEURALE feedforward

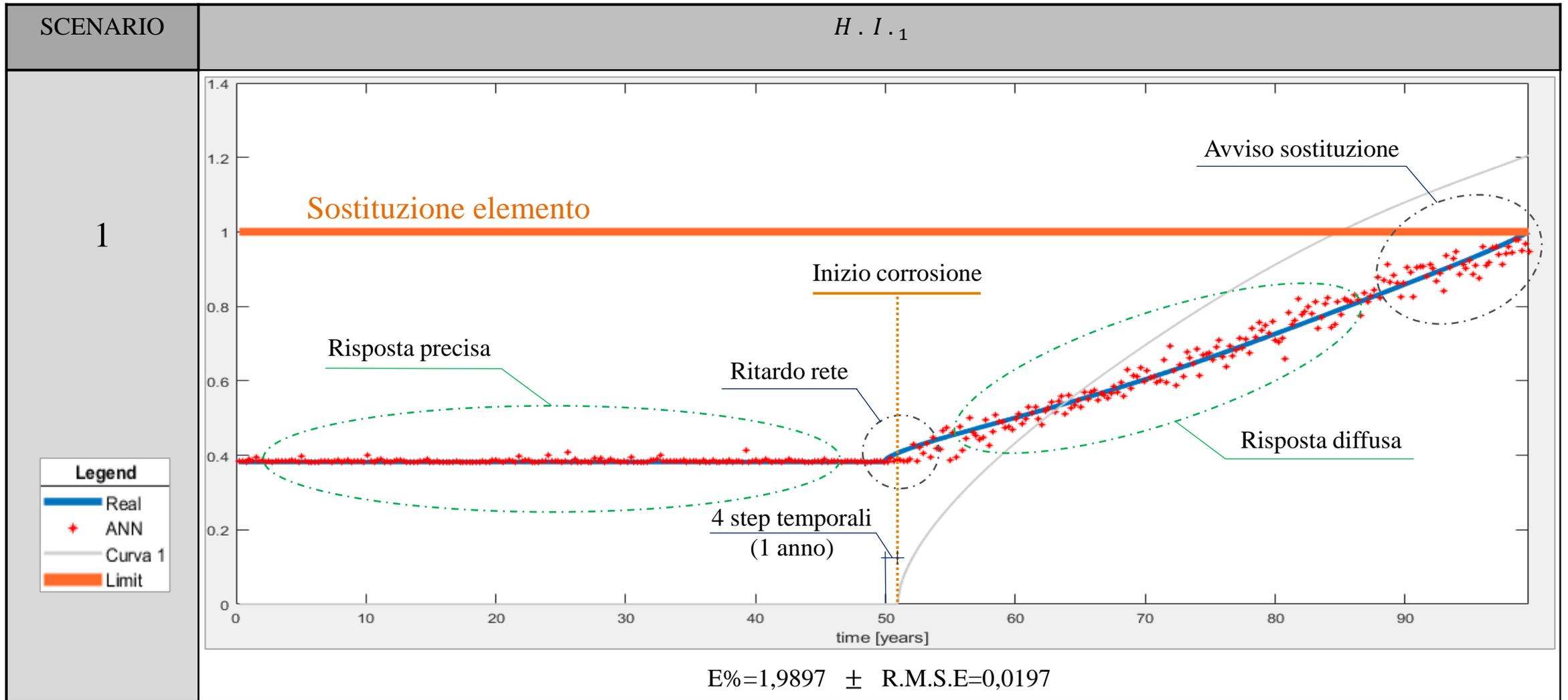
Neural Network



Algorithms

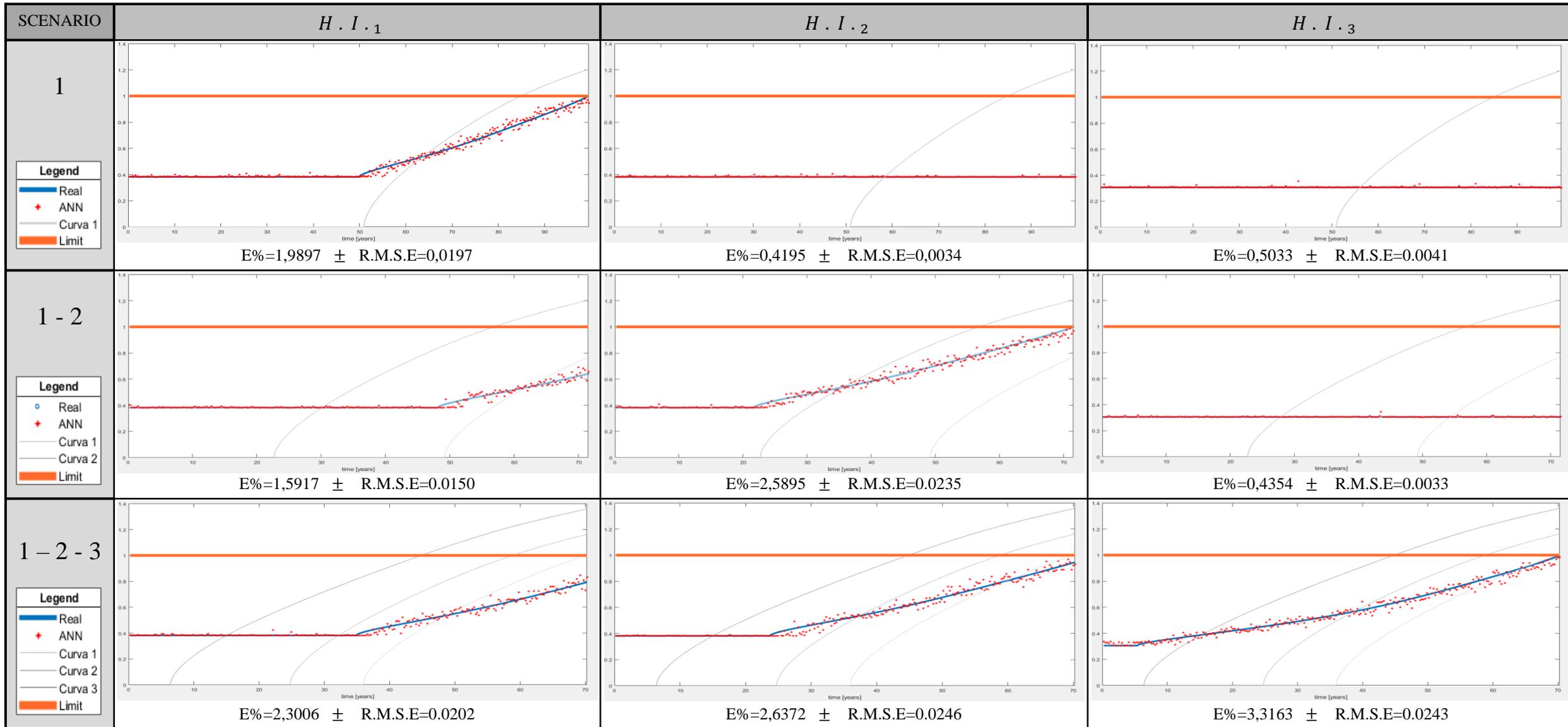
Data Division: Random (dividerand)
 Training: Levenberg-Marquardt (trainlm)
 Performance: Mean Squared Error (mse)
 Calculations: MEX

Storie disponibili	Aste corrose	Storie Training	Storie Test
200	1	190	10
200	2	190	10
200	3	190	10
200	1 – 2	190	10
200	1 – 3	190	10
200	2 – 3	190	10
200	1 – 2 - 3	190	10



STRUTTURA B

Risultati della Rete



CONCLUSIONI

- **OBIETTIVO:**

FARE MANUTENZIONE INTELLIGENTE A STRUTTURE RETICOLARI IN ACCIAIO SOGGETTE A CORROSIONE

- **PROGNOSTICA:**



- Modello di degrado
- Sfasamento temporale
- Reti neurali feedforward
- Indici di salute - H.I.
- Soglia limite al degrado

- **RISULTATI:**



Le reti neurali stimano accuratamente gli H.I. delle aste con previsione di 4 step temporali



L'APPROCCIO PROGNOTICO UTILIZZATO HA LE POTENZIALITÀ PER PERMETTERE MANUTENZIONE INTELLIGENTE

- **SVILUPPI:**

- Modelli di degrado più completi
- Ridefinire soglia e H.I.
- Previsioni su orizzonti temporali più ampi
- Vita residua

A photograph capturing a celebratory moment at a graduation ceremony. The scene is set against a bright, hazy sky, likely during sunrise or sunset, which creates a warm, golden glow. In the foreground, the dark silhouettes of several graduates are visible, their arms raised in the air in a gesture of triumph and joy. Some individuals are holding rolled-up diplomas. Above them, several black graduation caps (mortarboards) are captured mid-air, having just been tossed. The overall atmosphere is one of accomplishment and shared happiness.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !!!