

Corso di laurea triennale in Ingegneria Informatica, Biomedica e delle Telecomunicazioni

# Ottimizzazione di un algoritmo iterativo basato su reti neurali per la ricostruzione di immagini TAC da dati sottocampionati

Relatore Prof. Fabio Baselice

Laureando Gianluca Andretta

27 giugno 2024

NDRT



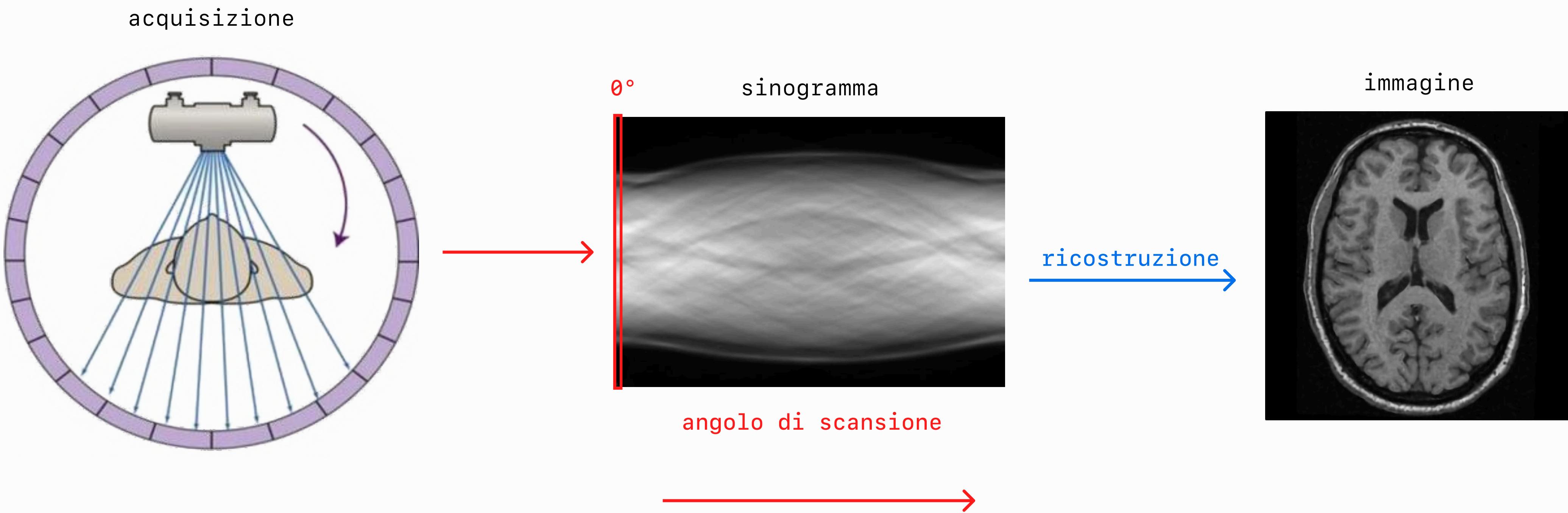
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**PARTHENOPE**

# Sommario

- Il sistema TAC
- Algoritmi di ricostruzione di immagini TAC
- Ottimizzazione dell'algoritmo considerato
- Verifica della stabilità delle ottimizzazioni

# Il sistema TAC

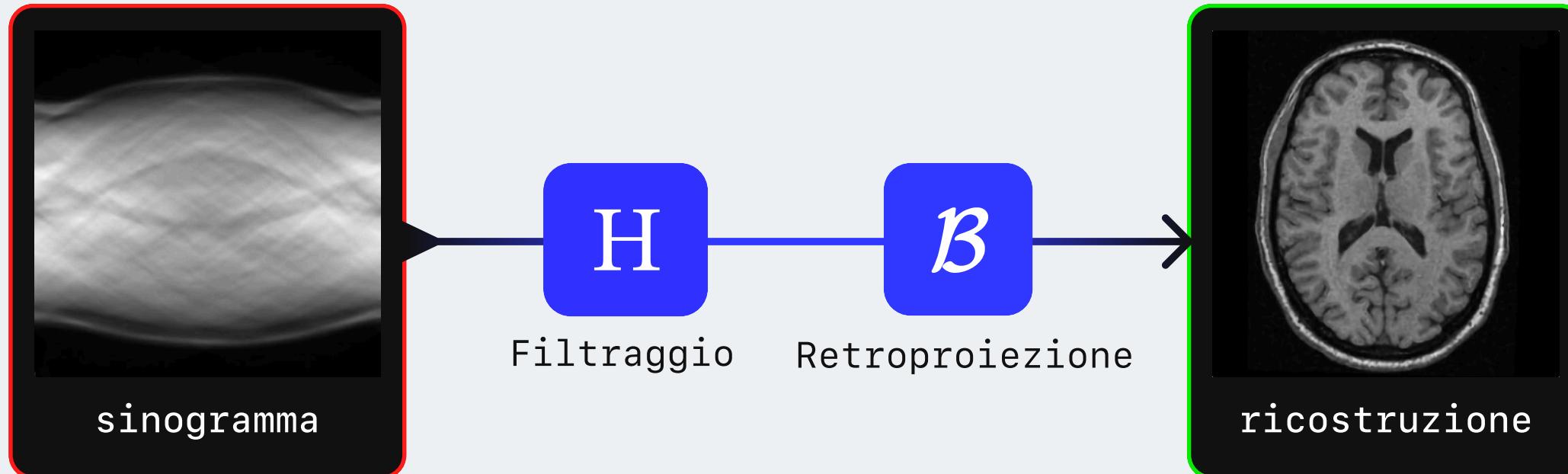
Acquisisce proiezioni a raggi X dell'oggetto da angolazioni diverse, a formare il sinogramma.



# Algoritmi di ricostruzione

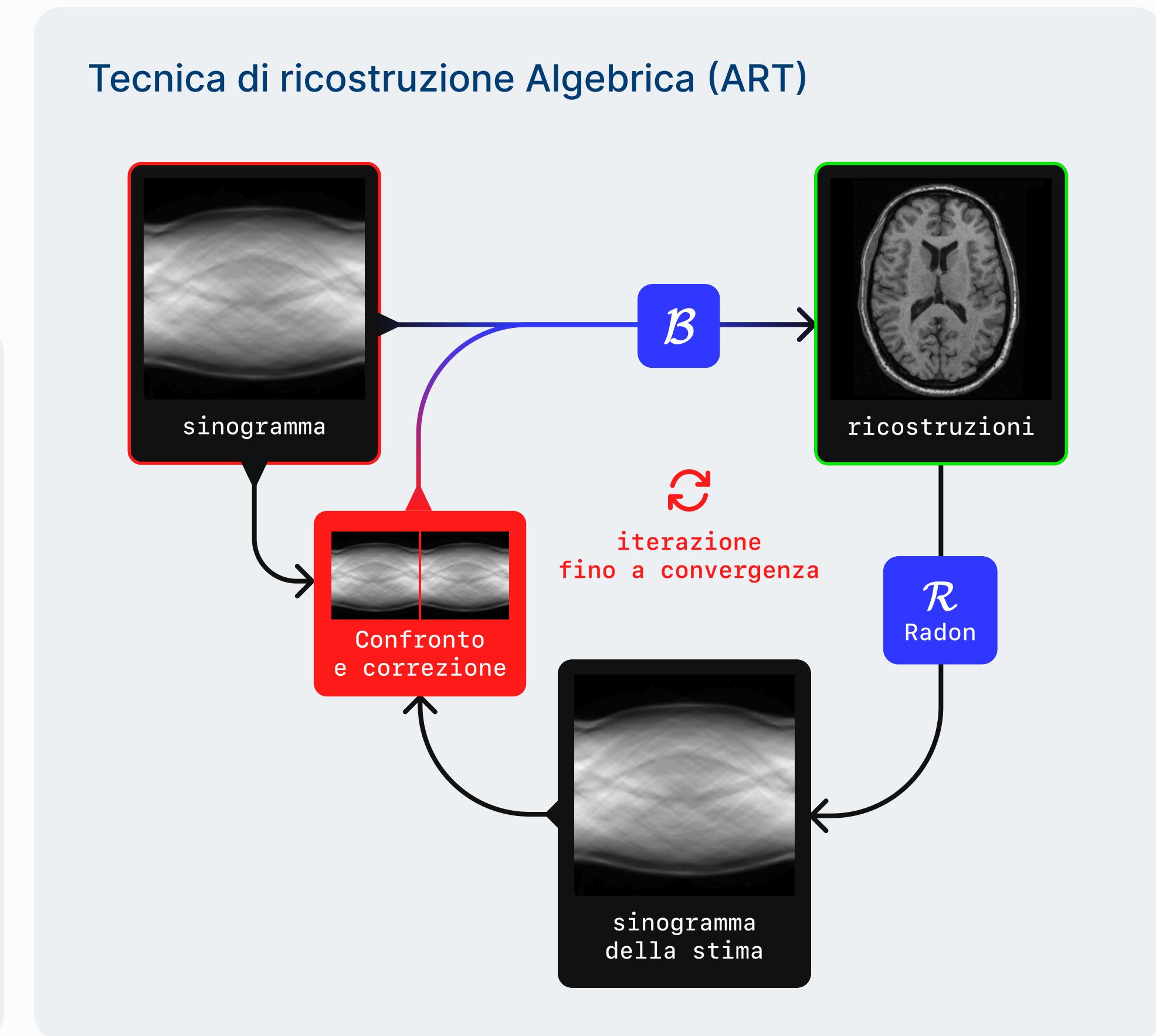
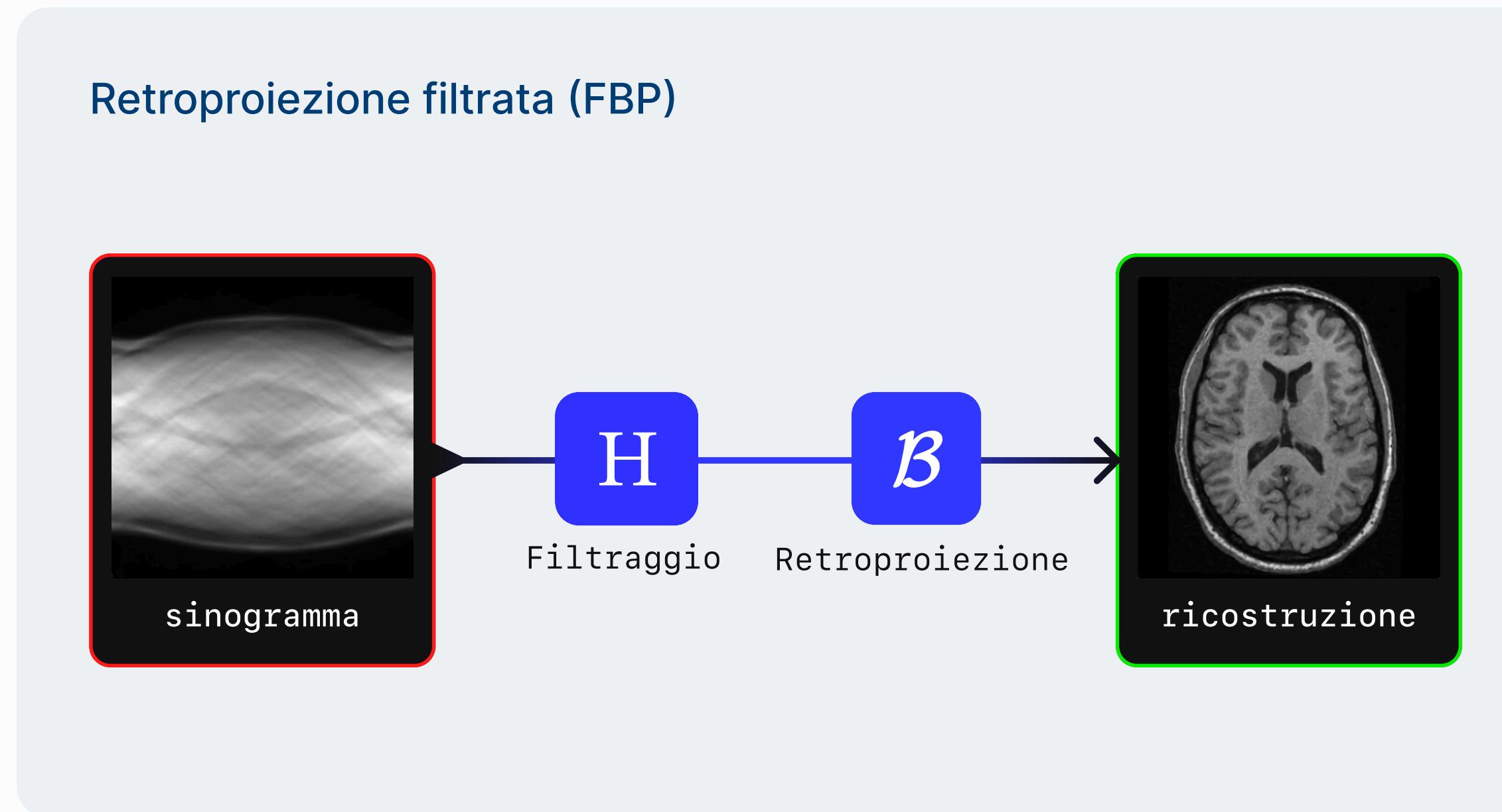
- Algoritmi analitici

Retropiezione filtrata (FBP)

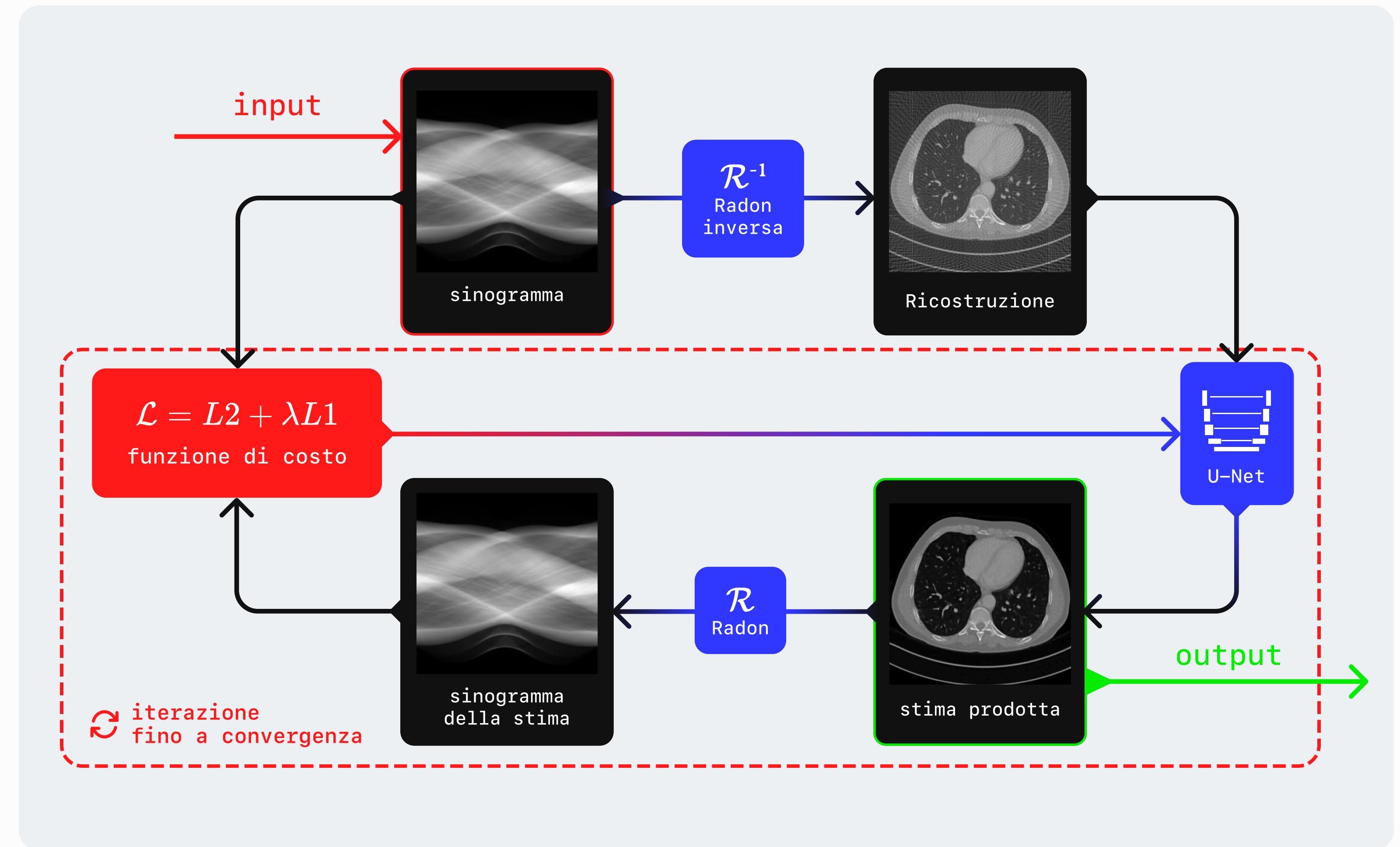


# Algoritmi di ricostruzione

- Algoritmi analitici
- Algoritmi iterativi



# Algortimo considerato



# Algortimo considerato

Scarto quadratico medio

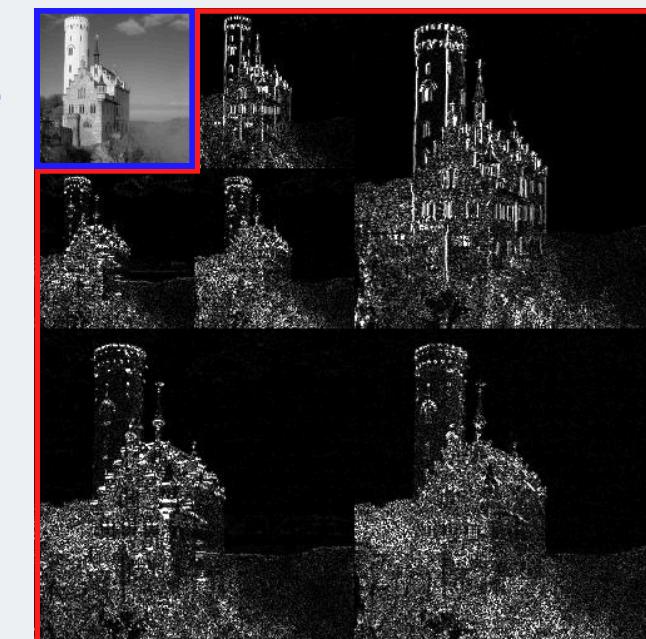
$$\text{MSE} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y_n - \hat{y}_n)^2$$

$$\mathcal{L} = L2 + \lambda L1$$

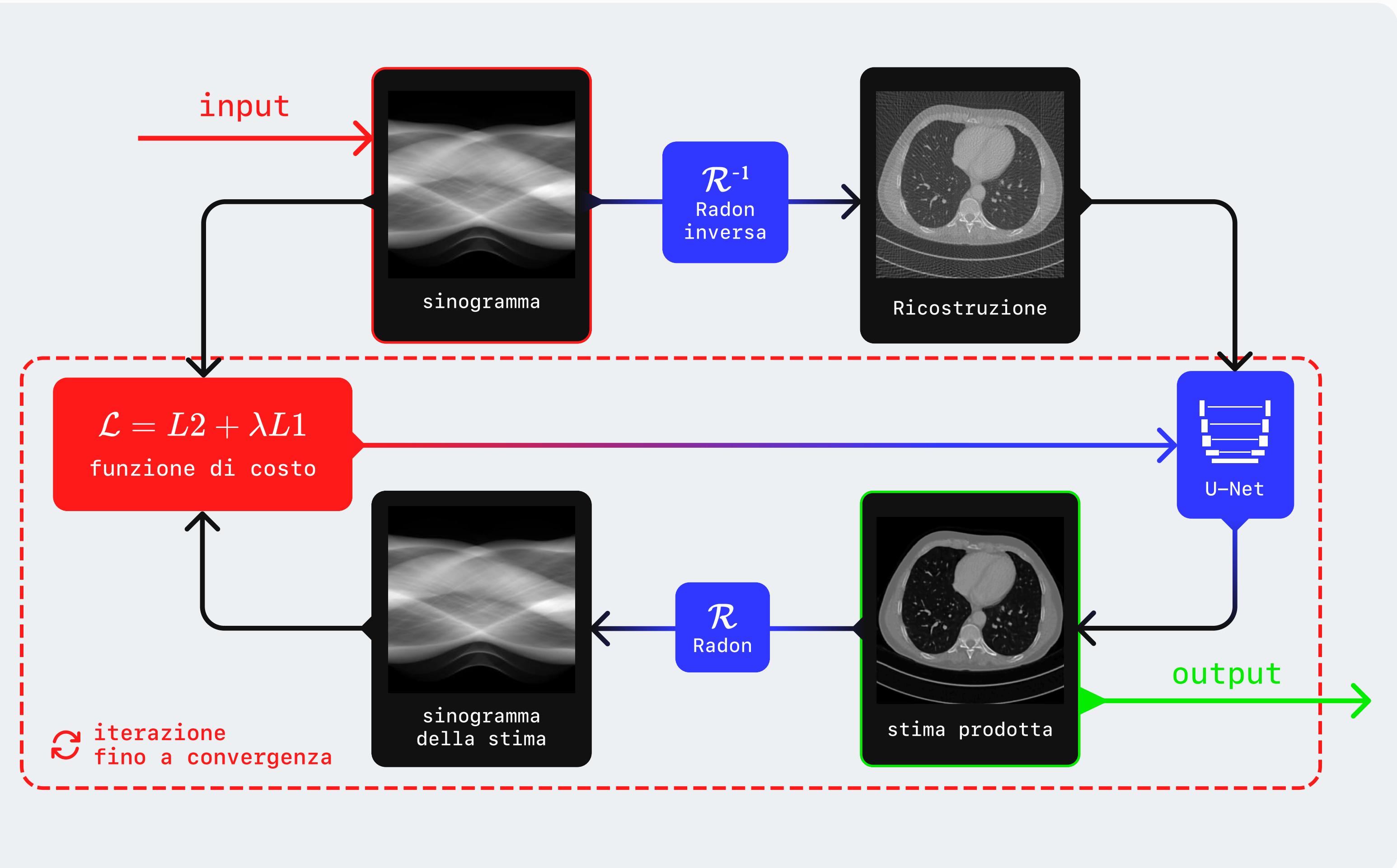
fattore di regolarizzazione

Somma dei coeff. di dettaglio della trasformata wavelet dell'immagine

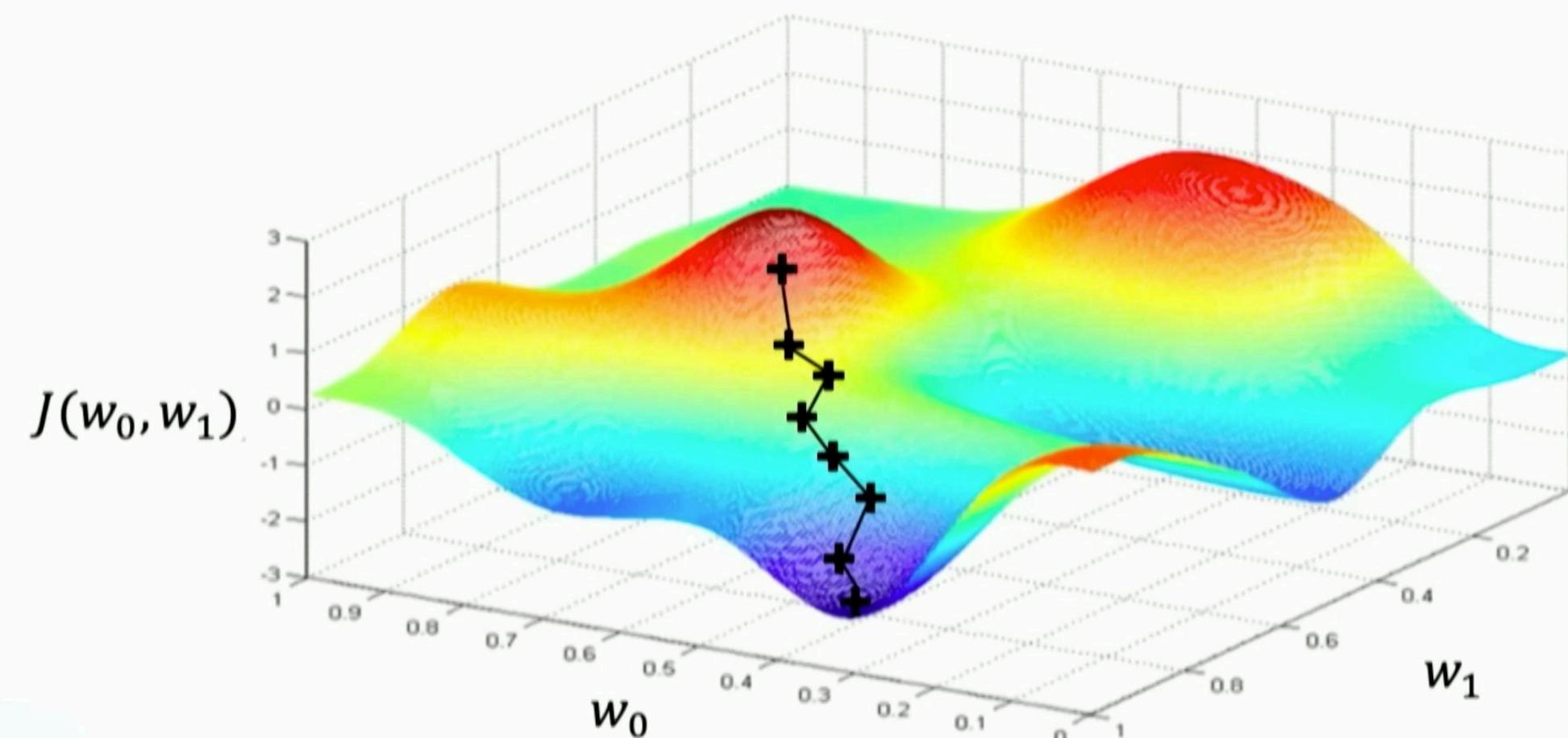
approssimazione



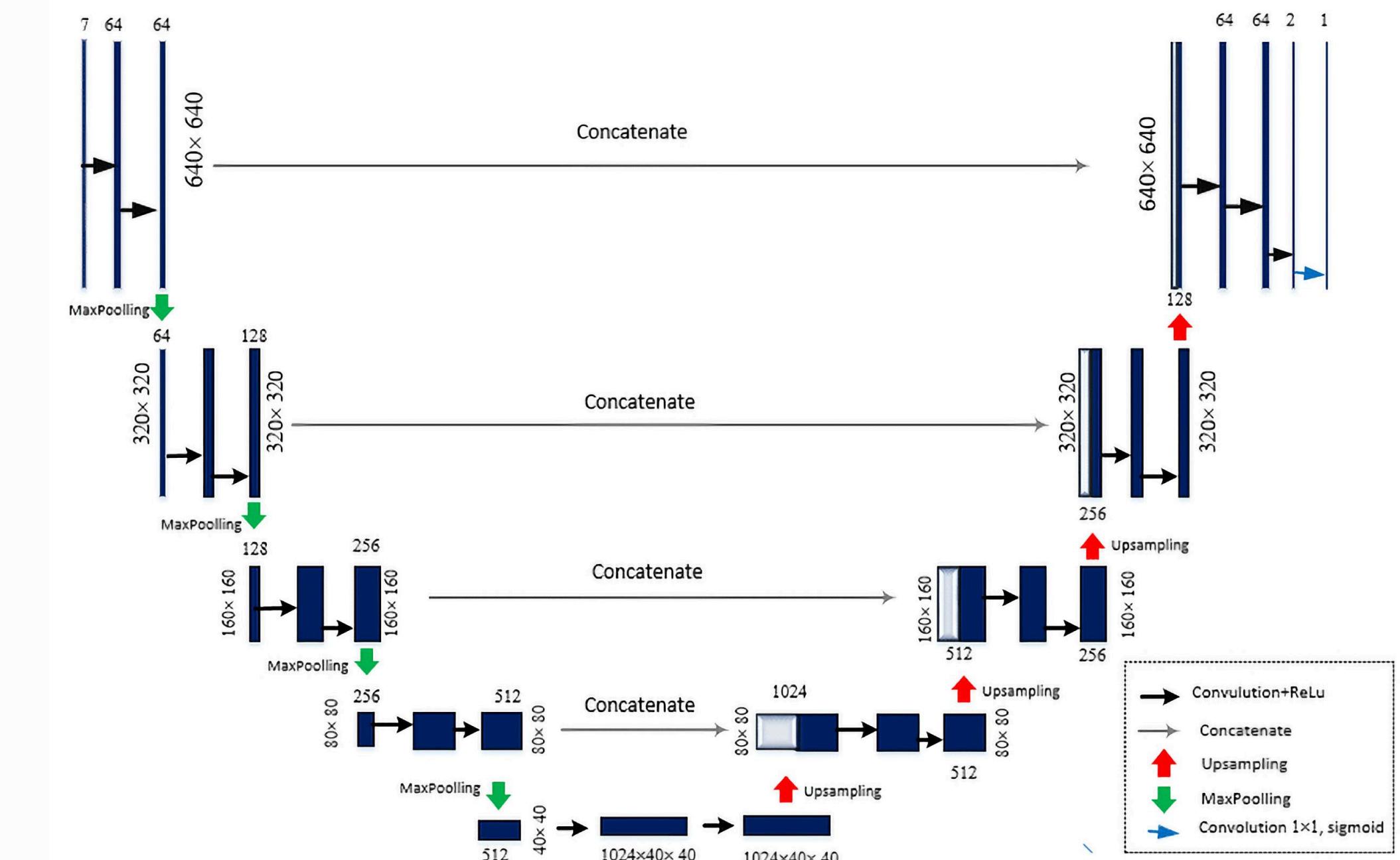
coeffienti di dettaglio



# Reti neurali e funzione di costo



Minimizzatore funzione di costo



Rete neurale convoluzionale U-Net

# Automatizzazione

- Raccolta risultati tramite lista di configurazioni
- Generazione automatica tabelle di confronto

```
● ● ●          tempi di ricostruzione
Training 1/4
Training Progress: 100% [██████] | 10001/10001 [16:48<00:00,  9.92it/s]
Training 2/4
Training Progress: 100% [██████] | 10001/10001 [16:41<00:00,  9.98it/s]
Training 3/4
Training Progress: 100% [██████] | 10001/10001 [16:47<00:00,  9.92it/s]
Training 4/4
Training Progress: 100% [██████] | 10001/10001 [16:48<00:00,  9.92it/s]
Training completed
```

```
linear_training_config

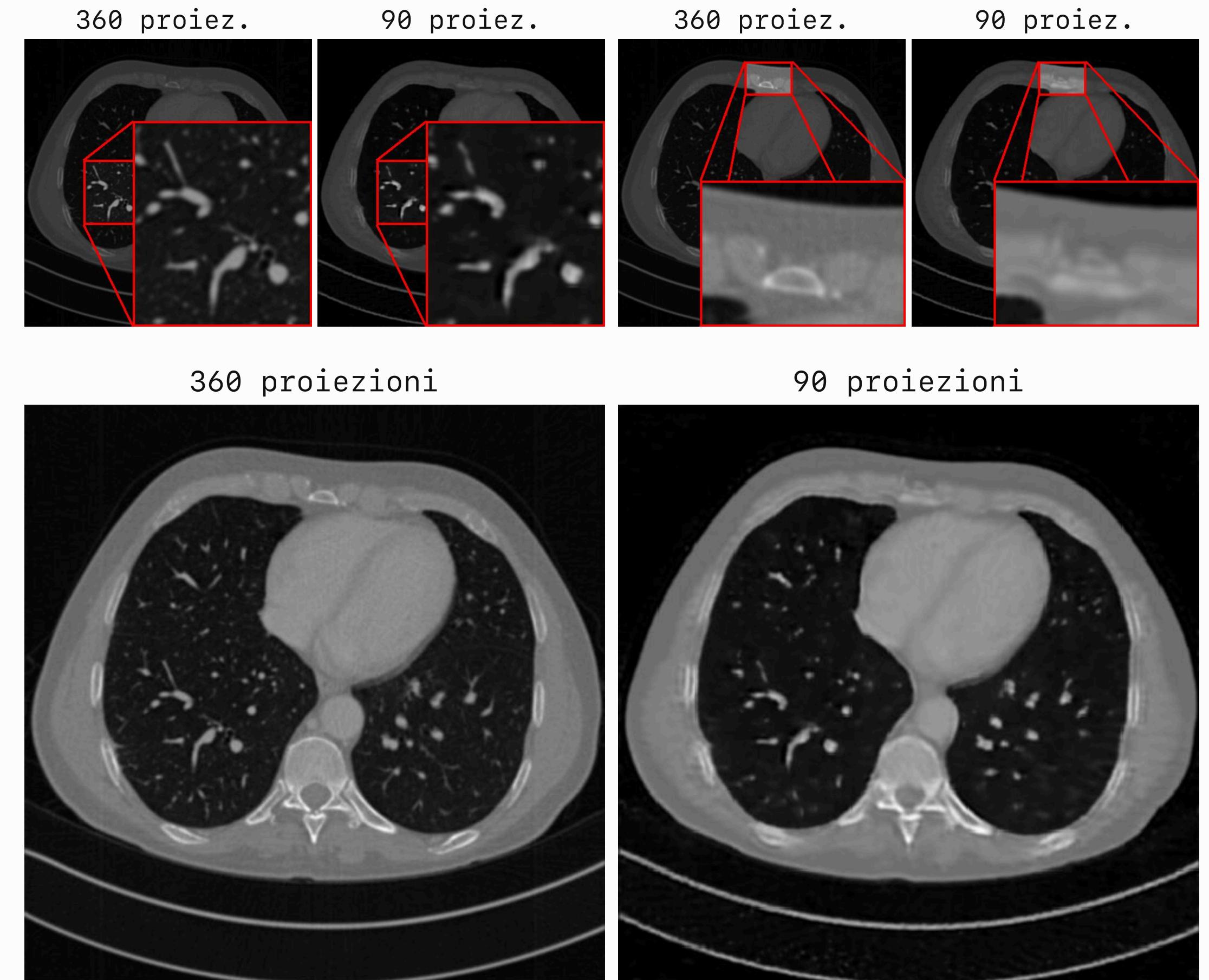
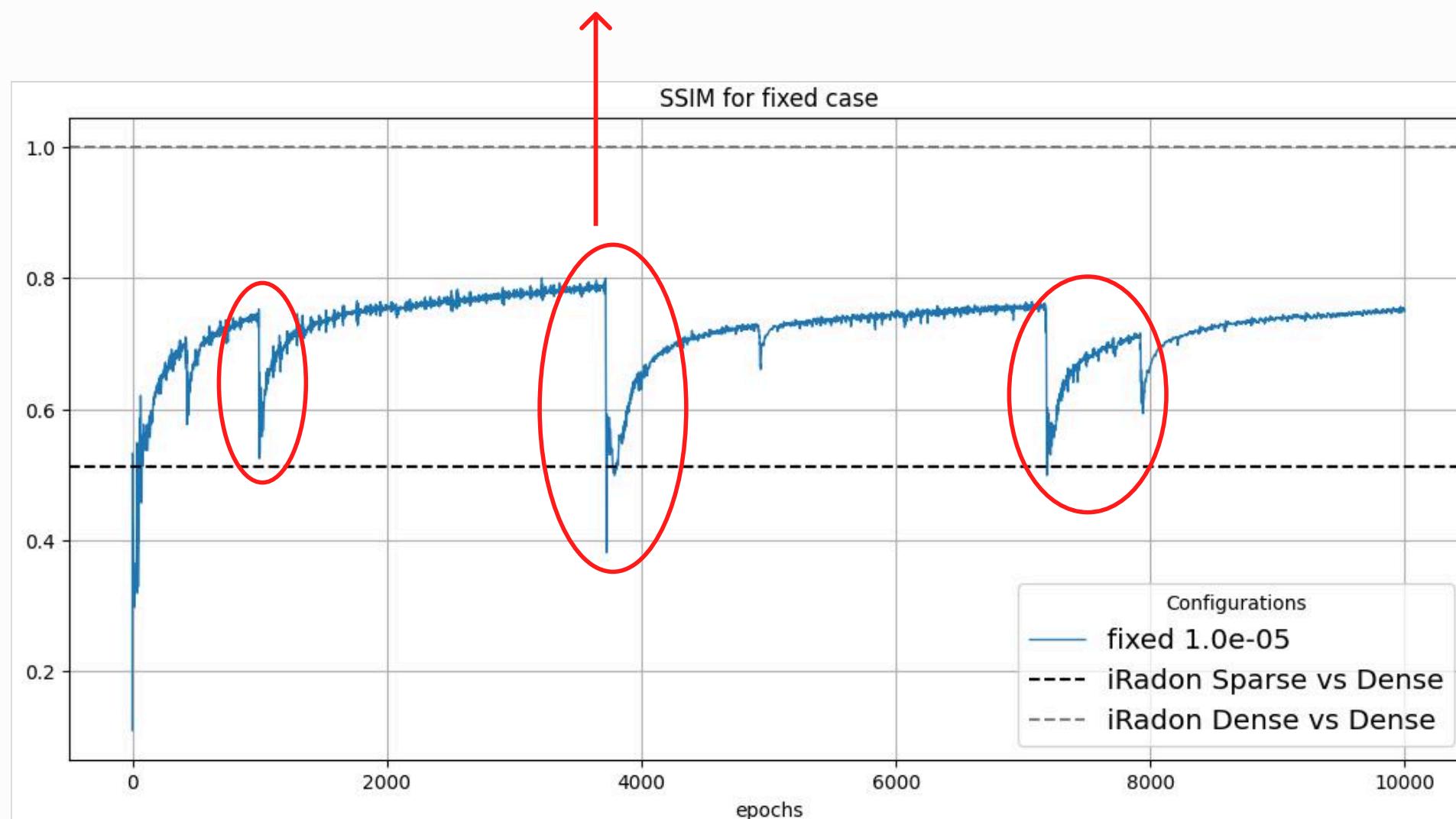
train_config_list: List[TrainConfig] = [
    {
        "loss_type": LossType.L1L2,
        "is_cL1_fixed": False,
        "cL1_values": np.linspace(
            1e-6, 1e-1, epochs
        ), # limite superiore pesa di più L1 ⇒ regolarizzazione più intensa
        "is_state_saved": True, # salva parametri e iperparametri rete, valori loss e ssim
        "description": "linearly increasing cL1 from 1e-6 to 1e-1",
        "variation_type": "linear",
    },
    {
        "loss_type": LossType.L1L2,
        "is_cL1_fixed": False,
        "cL1_values": np.linspace(1e-6, 1e-2, epochs),
        "is_state_saved": True,
        "description": "linearly increasing cL1 from 1e-6 to 1e-2",
        "variation_type": "linear",
    },
    {
        "loss_type": LossType.L1L2,
        "is_cL1_fixed": False,
        "cL1_values": np.linspace(1e-6, 1e-3, epochs),
        "is_state_saved": True,
        "description": "linearly increasing cL1 from 1e-6 to 1e-3",
        "variation_type": "linear",
    },
    {
        "loss_type": LossType.L1L2,
        "is_cL1_fixed": False,
        "cL1_values": np.linspace(1e-6, 1e-4, epochs),
        "is_state_saved": True,
        "description": "linearly increasing cL1 from 1e-6 to 1e-4",
        "variation_type": "linear",
    },
    {
        "loss_type": LossType.L1L2,
        "is_cL1_fixed": False,
        "cL1_values": np.linspace(1e-6, 5e-4, epochs),
        "is_state_saved": True,
        "description": "linearly increasing cL1 from 1e-6 to 5e-4",
        "variation_type": "linear",
    }
]
```



# Configurazione iniziale

Parametro di regolarizzazione costante.  
360 vs 90 proiezioni.

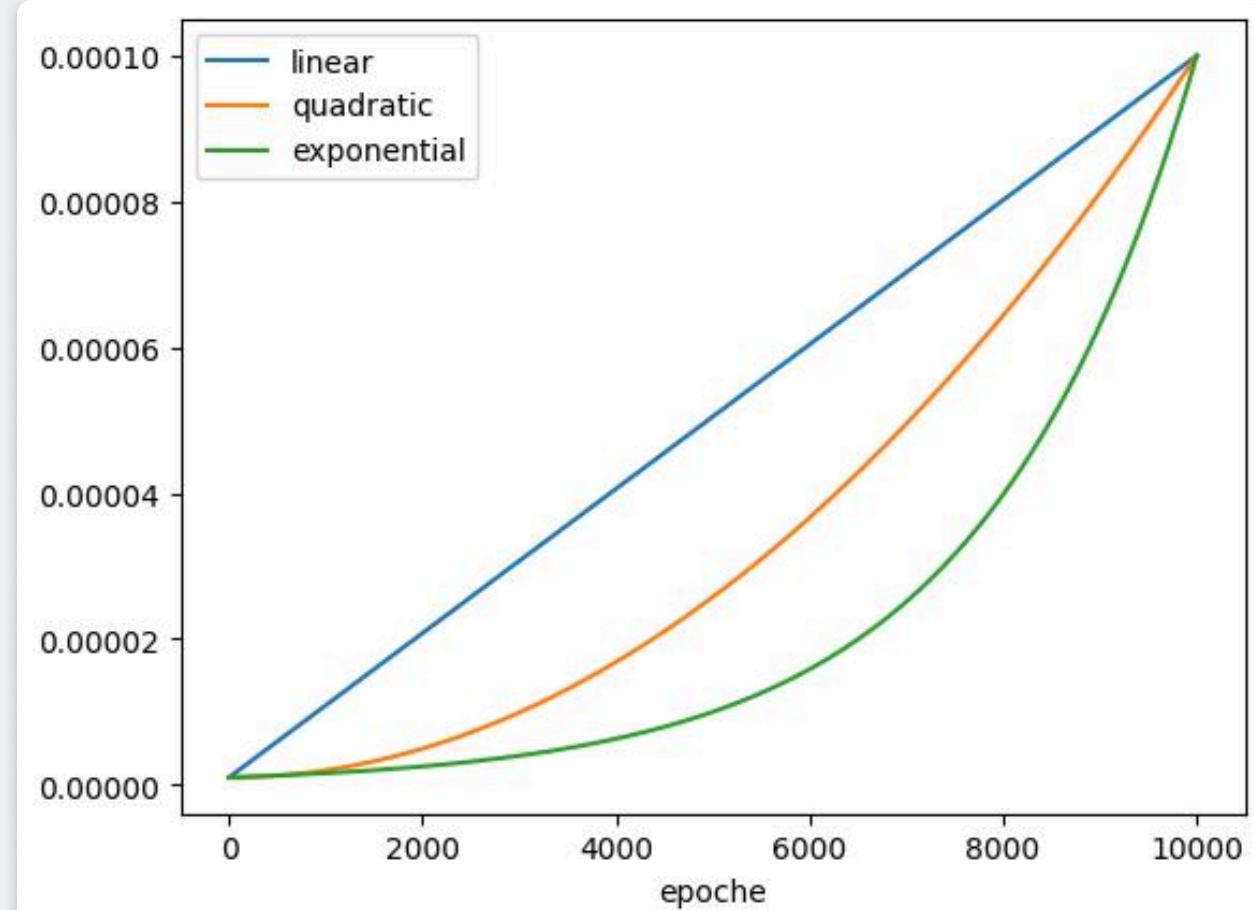
passaggio da un minimo locale all'altro



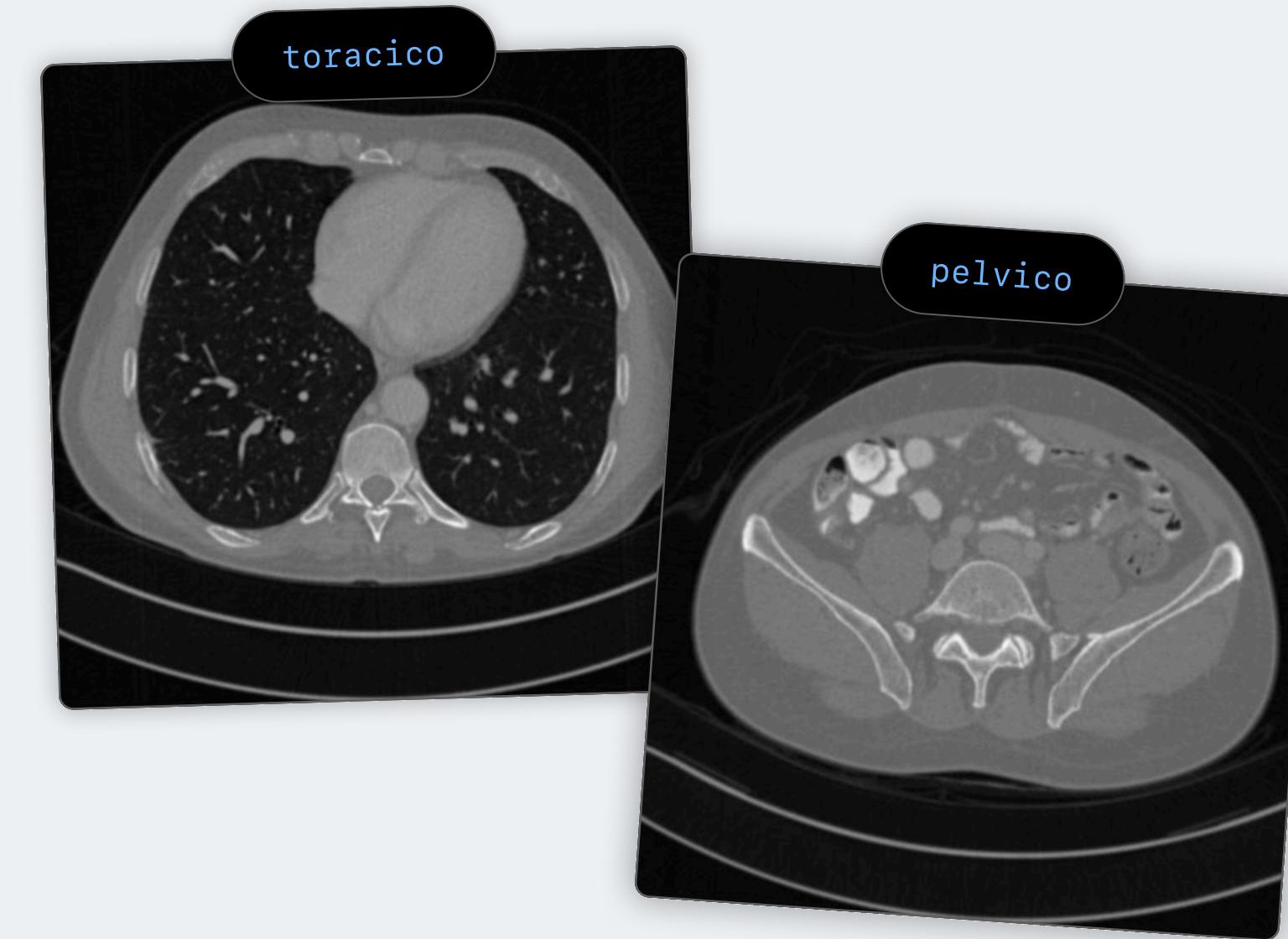
# Ottimizzazioni

## Regolarizzazione con leggi di variazione diverse

$$\mathcal{L} = L2 + \lambda L1$$

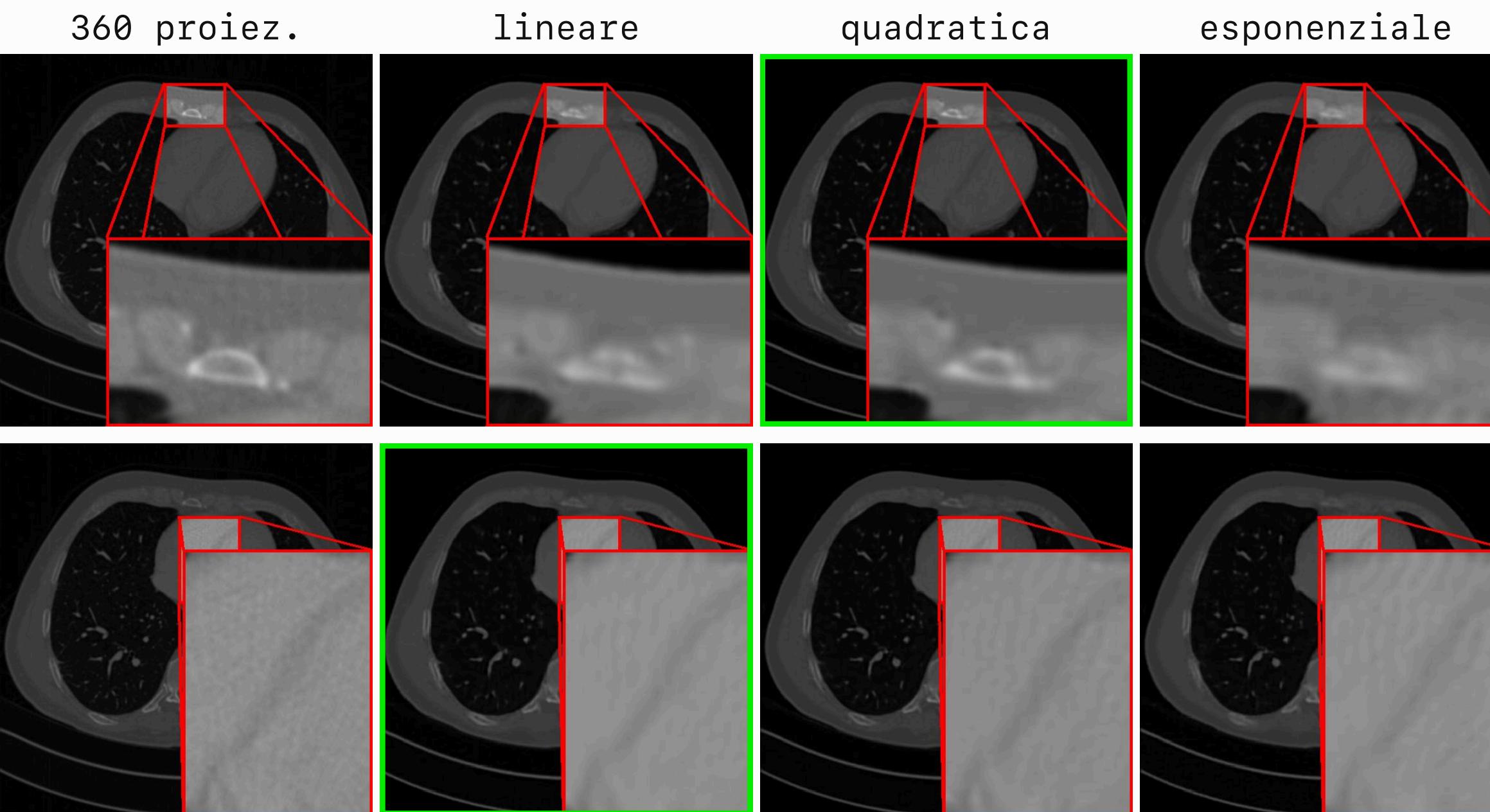


## Verifica prestazioni su profili diversi



# Analisi funzione di lambda

Confronto delle configurazioni migliori di ciascuna funzione per il profilo toracico.



360 proiezioni

lin. SSIM=0.778



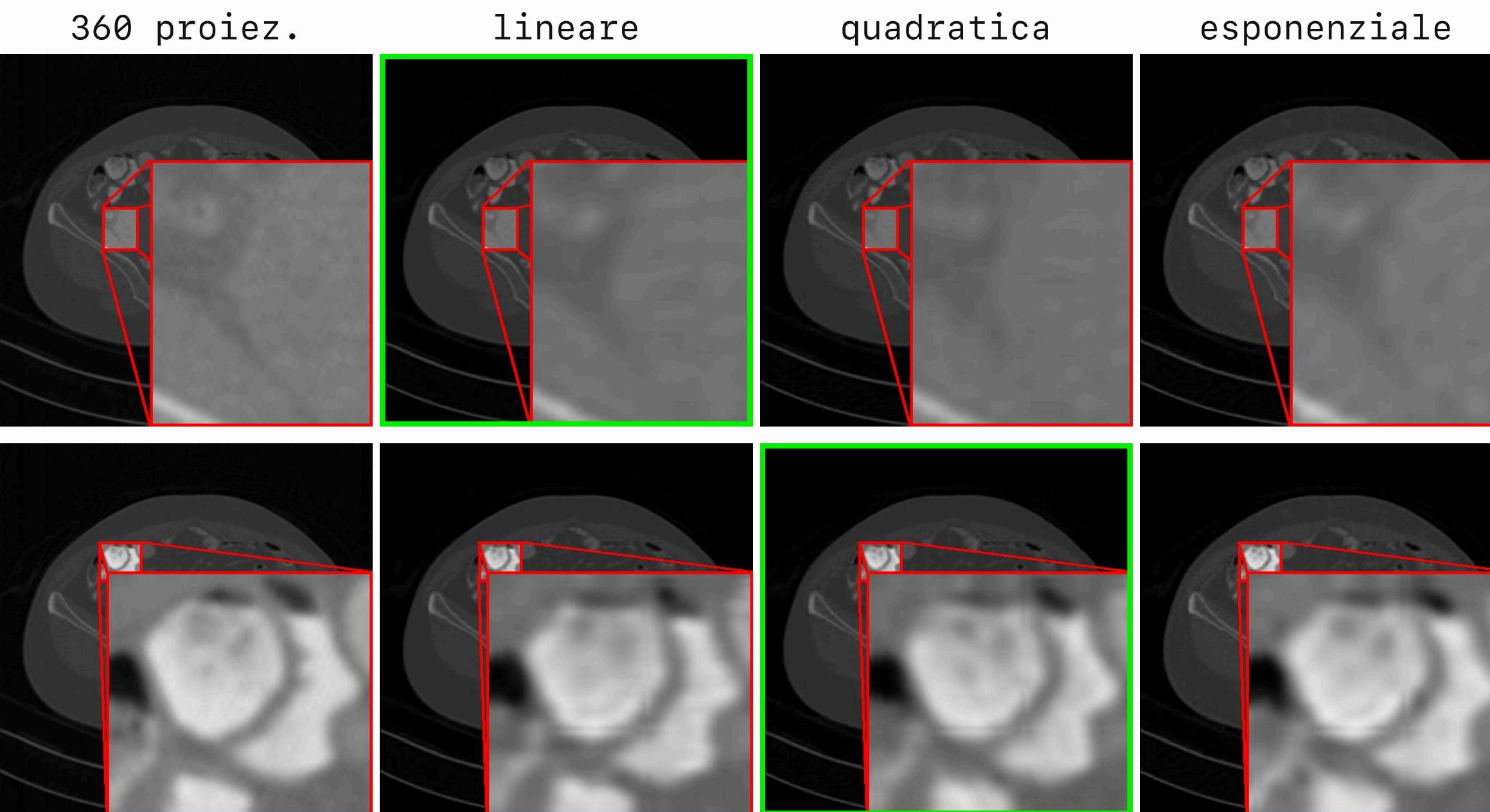
quad. SSIM=0.793



esp. SSIM=0.770

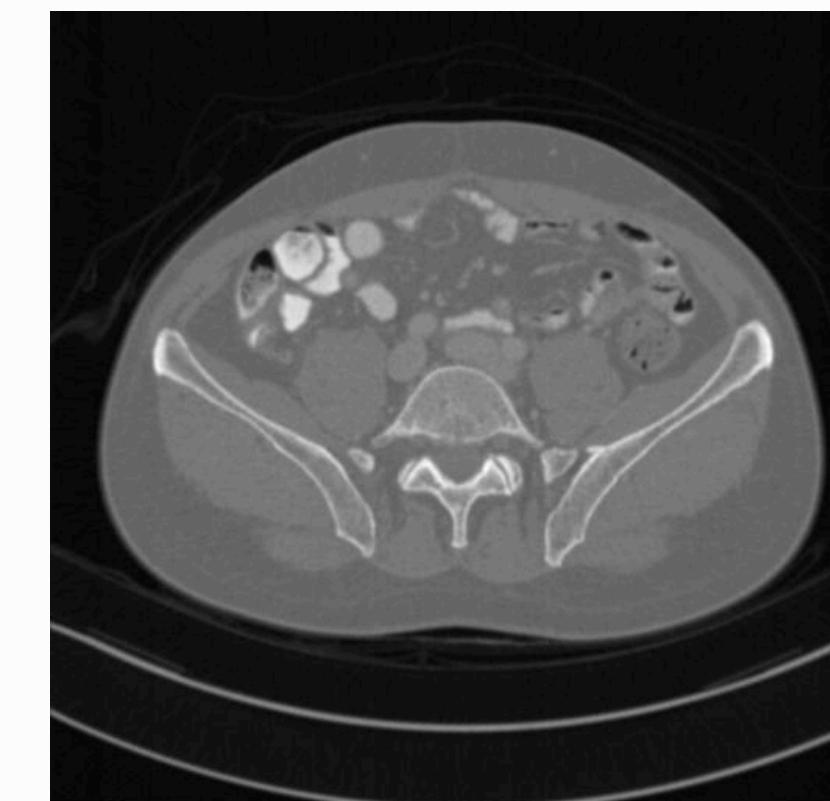
# Analisi funzione di lambda

Confronto delle configurazioni migliori di ciascuna funzione per il profilo pelvico.



360 proiez.

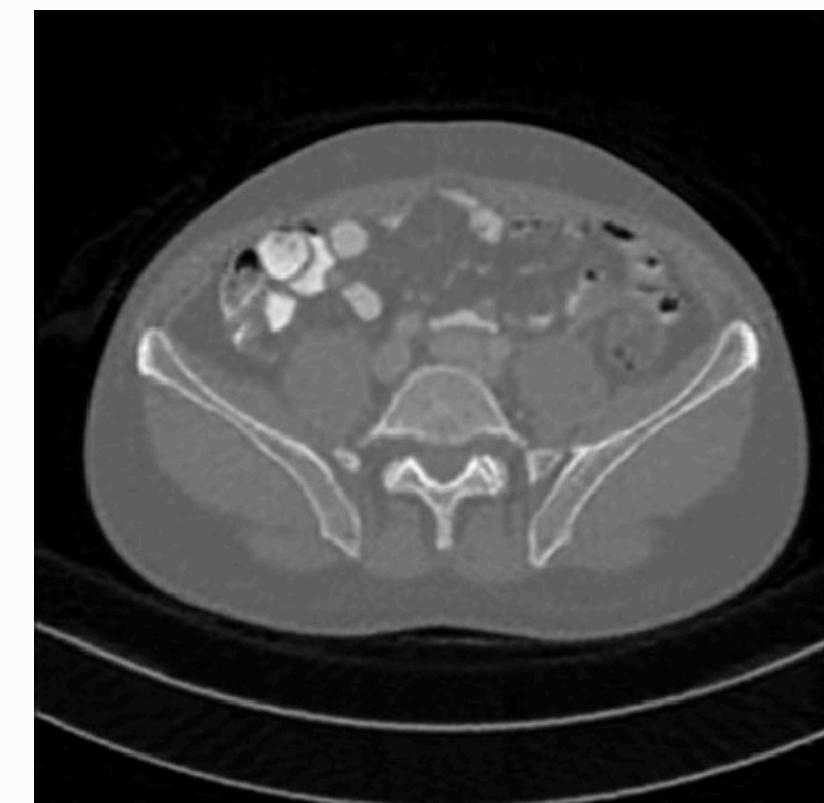
lin. SSIM=0.748



quad. SSIM=0.731

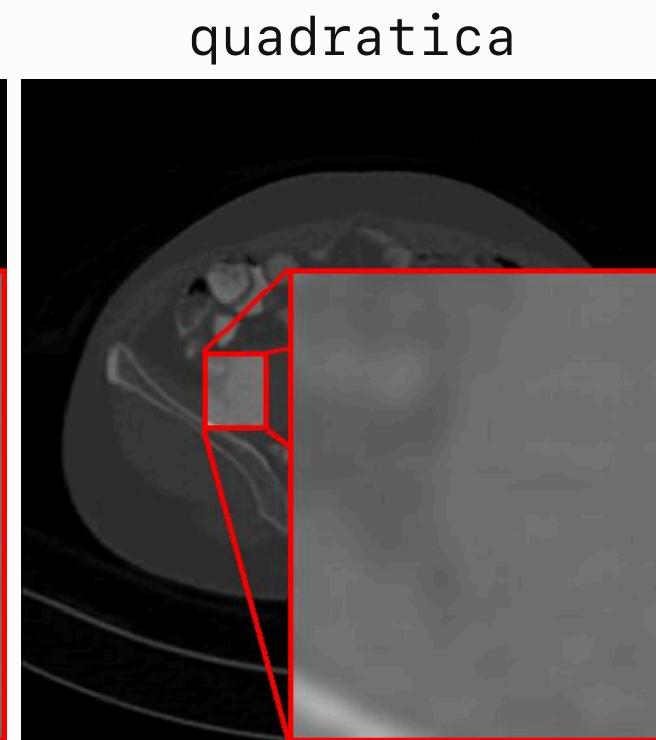
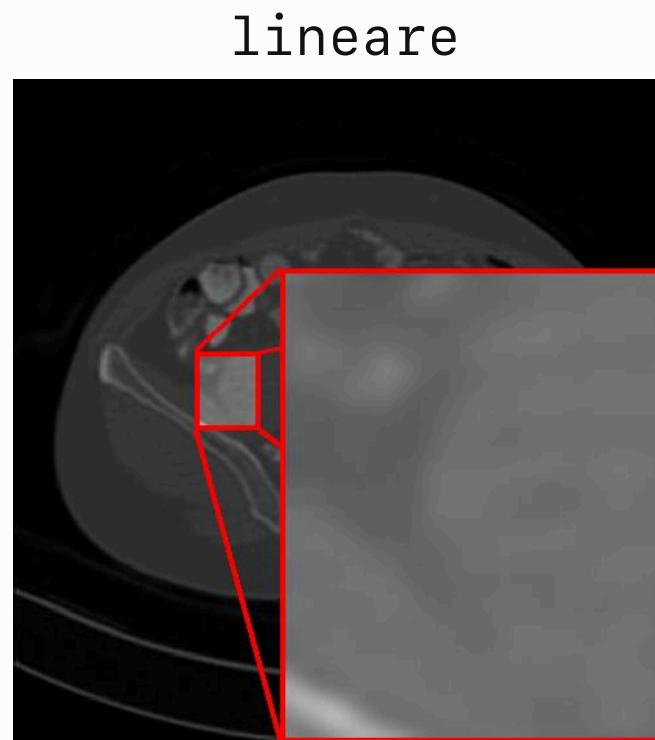
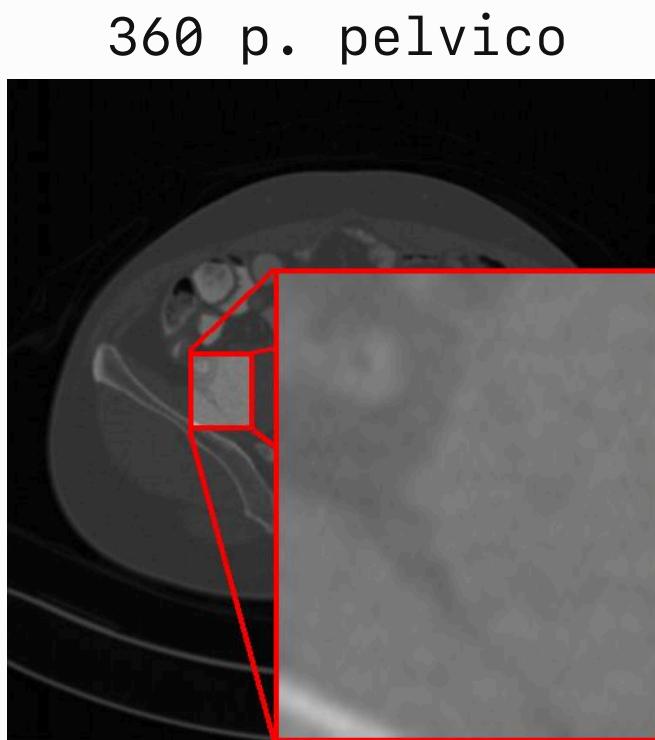


esp. SSIM=0.711

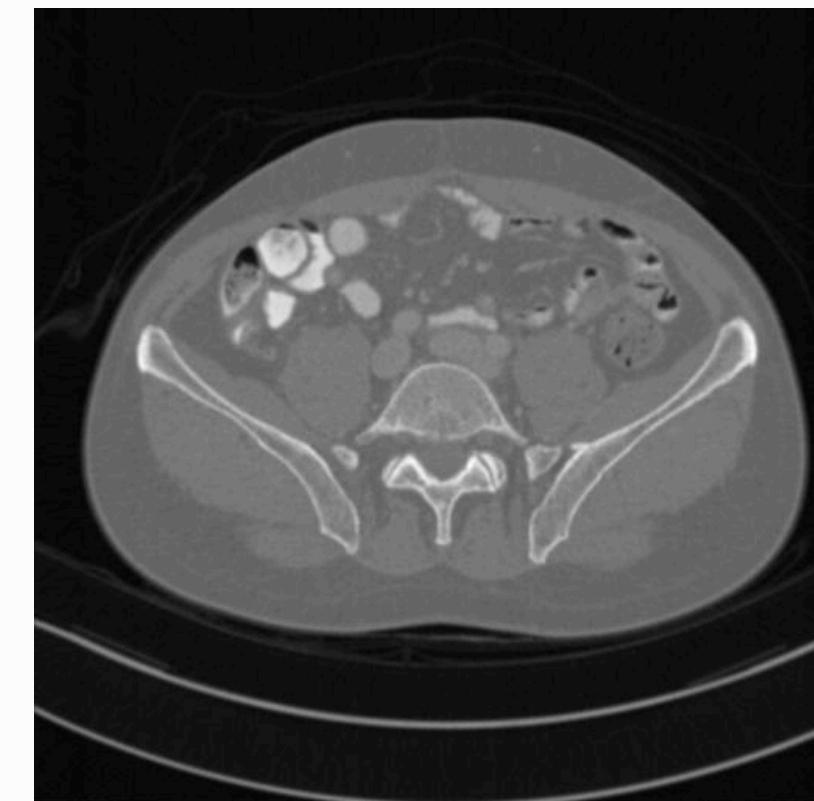


# Risultati e analisi

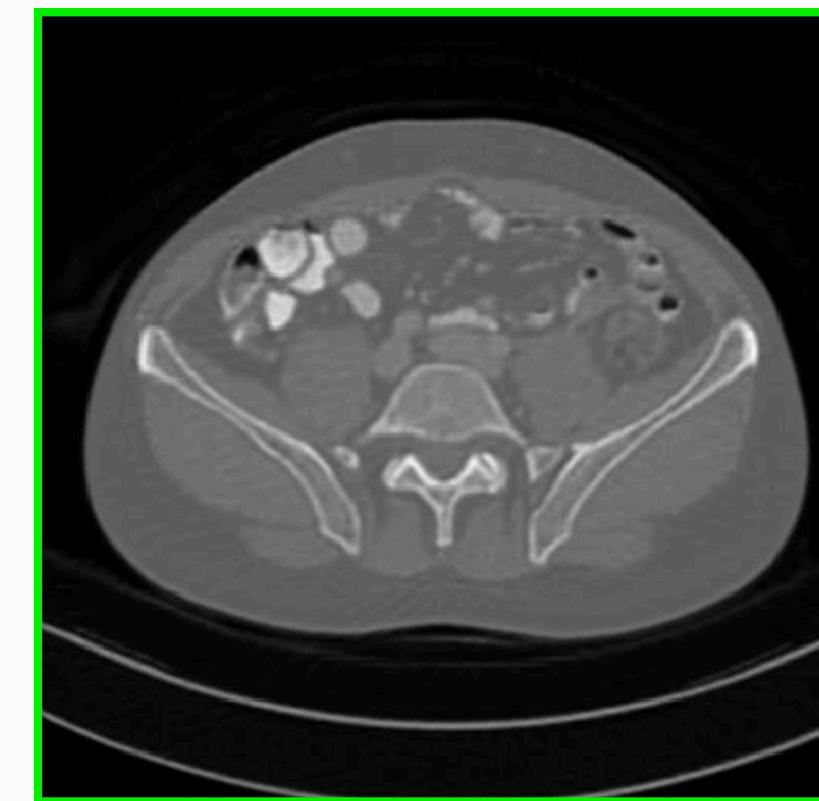
Confronto con i risultati ottenuti per il profilo pelvico.



360 proiez. pelvico



lin. SSIM=0.748



360 proiez. toracico



quad. SSIM=0.793



# Conclusioni e sviluppi futuri

- ✓ Automatizzazione del codice
- ✓ Identificazione della variazione ottimale del lambda
- ✓ Ricerca della configurazione migliore per profilo
- ✓ Analisi con diversi profili

## Sviluppi futuri

- ▶ Valutazione prestazione con regolarizzazioni diverse

# Grazie per l'attenzione!

