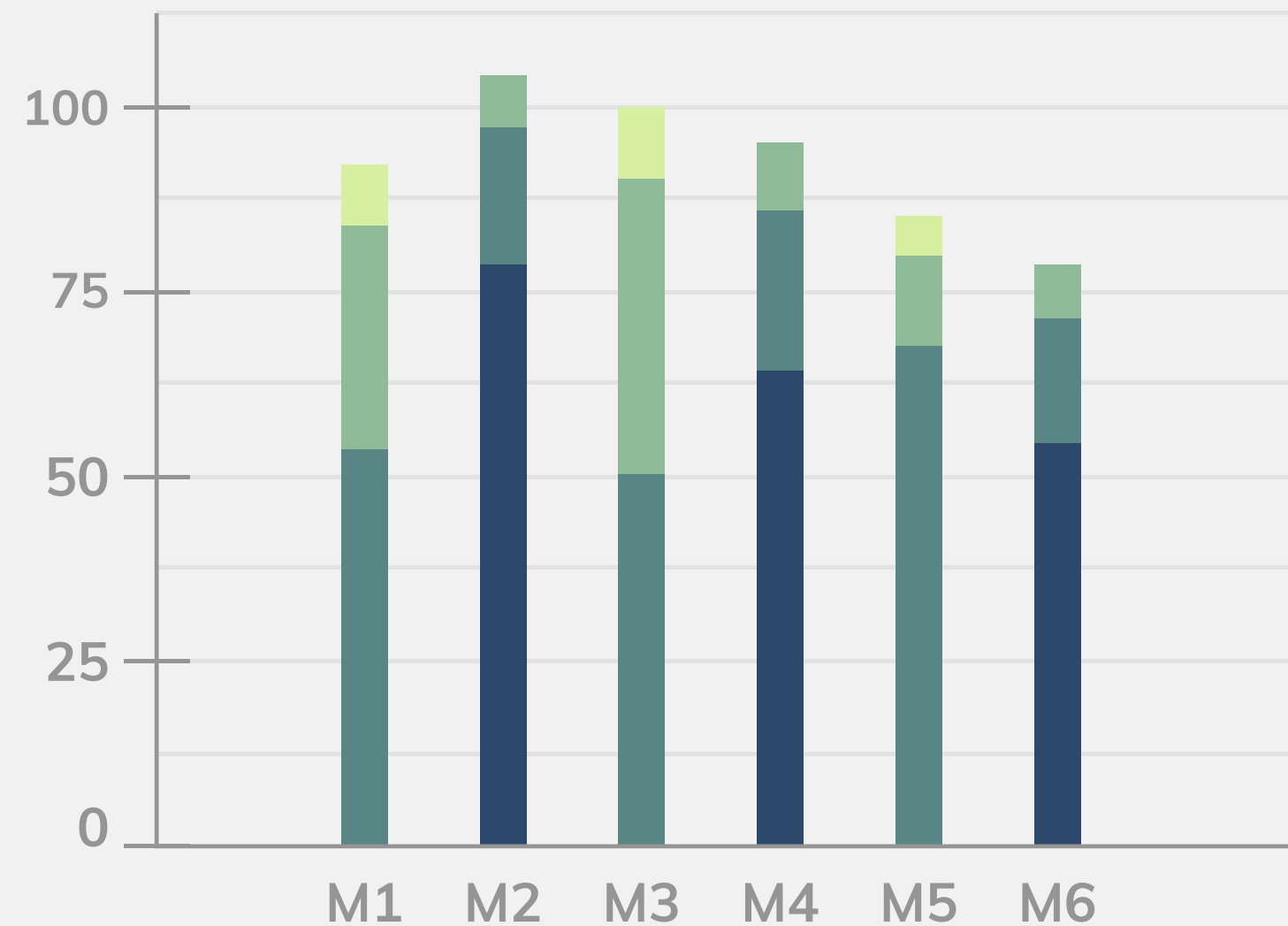


Luca Di Marco 0333083 - Luca Di Totto 0333084



# Analisi delle Code agli Sportelli Comunali: Ottimizzazione dei Servizi al Cittadino

Progetto valido per il corso di Performance Modeling of Computer Systems and Networks A.A. 22/23

# Introduzione

L'obiettivo di questo studio è la realizzazione e l'analisi di un **modello a reti di code** ispirato ad un caso di studio reale.

## Sistema

Il sistema reale analizzato è il **comune di Lanciano**, in provincia di Chieti.

## Scenario

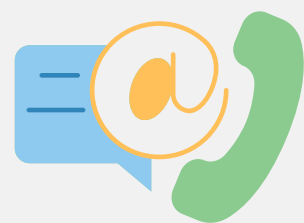
Un cittadino si rivolge ad uno degli sportelli dell'ufficio comunale di appartenenza, per **richiedere uno o più servizi** da questo offerto.

## Problematicità

Come noto, in tutti gli uffici comunali è presente il problema delle **lunghe attese** che scoraggiano i cittadini e creano malumori ogni qualvolta questi abbiano la necessità di rivolgersi ad uno sportello.

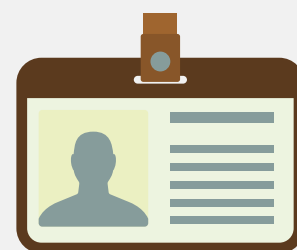
# Sportelli comunali

Gli sportelli comunali presi in considerazione nello studio sono i seguenti:



## Centralino

Accoglienza ed indirizzamento del cittadino presso lo sportello richiesto.



## Anagrafe

Rilascio certificati d'identità, servizi alla persona e gestione residenze e domicili.



## URP

Ascolto dei cittadini e comunicazione verso quest'ultimi.

# Sportelli comunali

Gli sportelli comunali presi in considerazione nello studio sono i seguenti:



## Servizi scolastici

Programmazione e attuazione servizi scolastici comunali per assistenza ed accoglienza.



## Servizi sociali

Elaborazioni misure per la prevenzione, riduzione ed eliminazione delle condizioni di disagio del cittadino.



## Stato civile

Documentazione di fatti influenti sullo stato delle persone: nascita, matrimonio etc.

# Sportelli comunali considerati

Gli sportelli comunali presi in considerazione nello studio sono i seguenti:



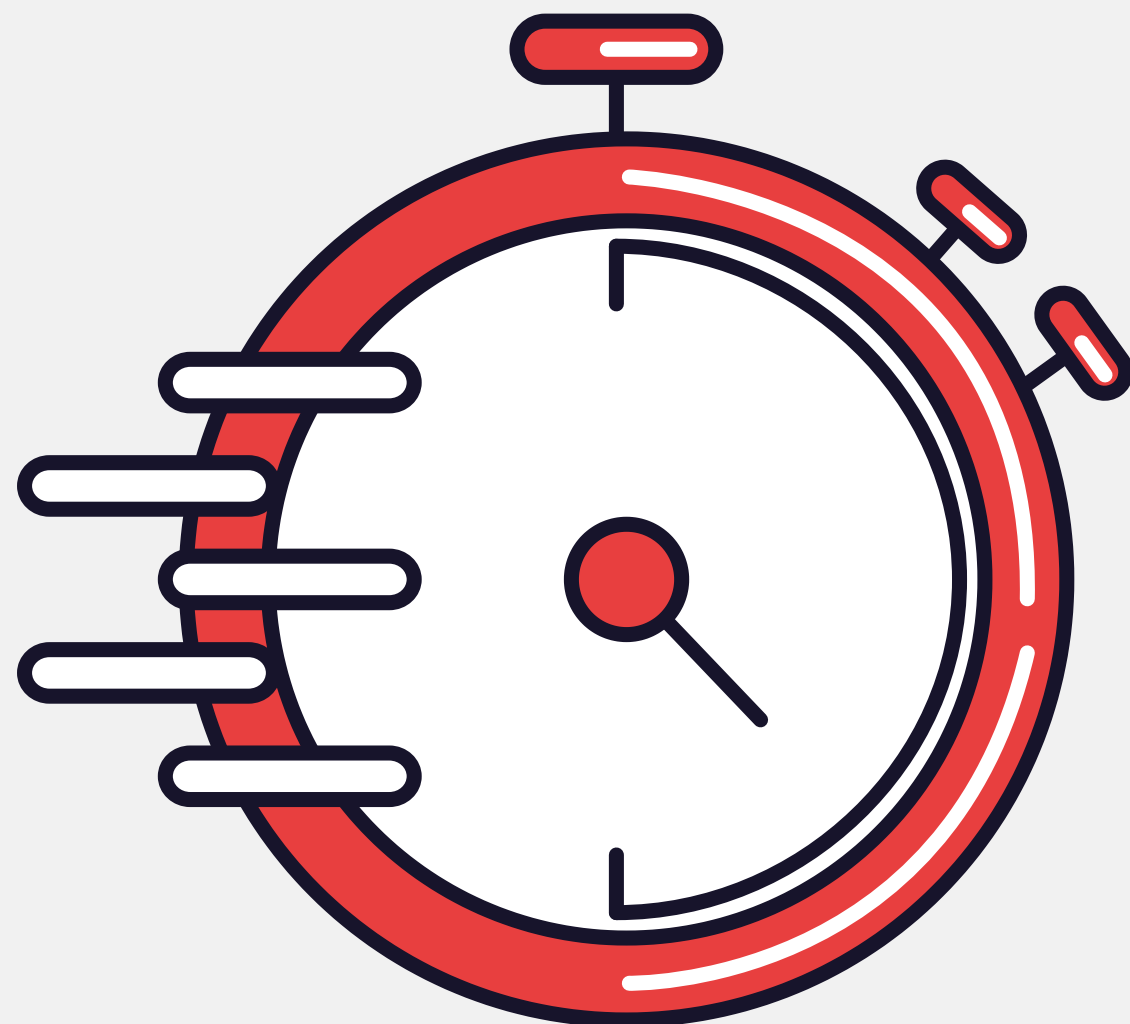
## Protocollo

Funzione giuridica di attestazione di esistenza di documenti e di gestione del flusso in ingresso e uscita degli stessi.



## Cultura

Promuove, organizza e sostiene iniziative culturali, sportive e ricreative.



## Tempi di servizio e di attesa

- I **tempi di servizio e di attesa medi** sono stati recuperati in loco presso l'ufficio comunale, basandosi su dati reali.



## Obiettivi

- Studiare il modello in modo da **identificare le cause** che rallentano l'esecuzione delle procedure.
- Creare un **modello migliorativo** che cerchi di abbassare i tempi di risposta, e di conseguenza, anche quelli di attesa media.



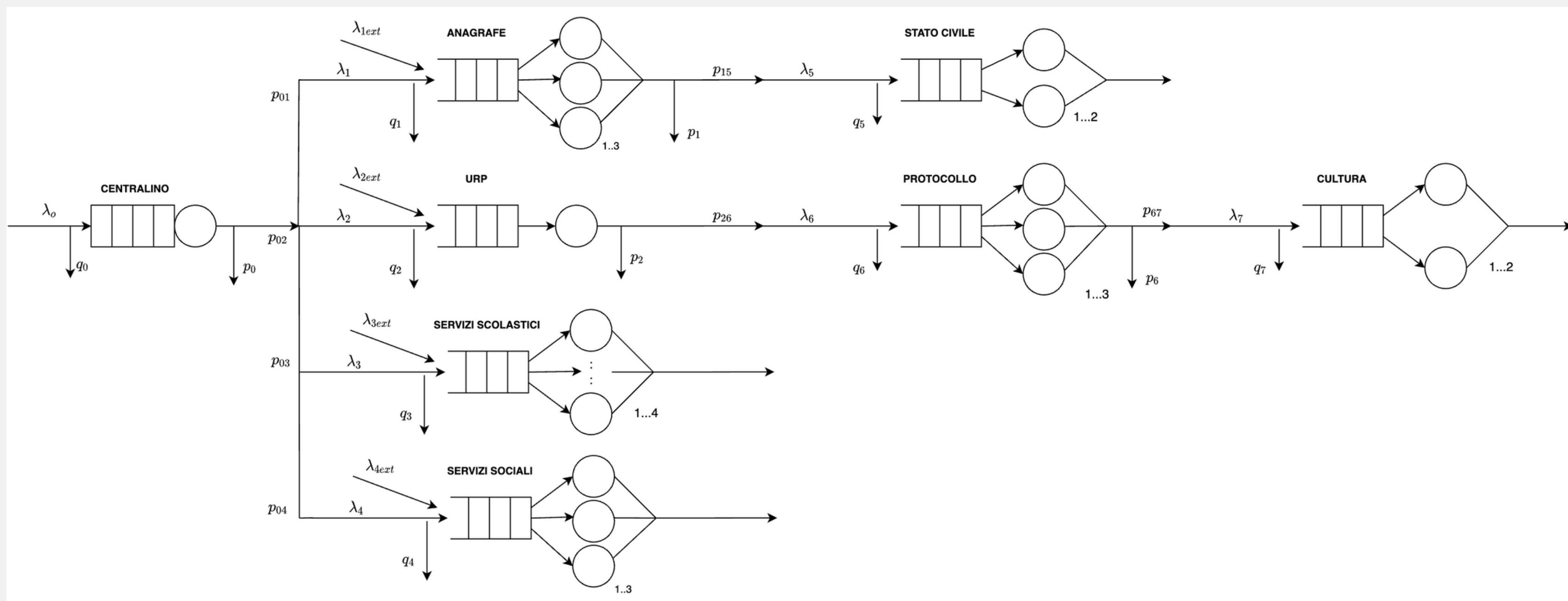
## QoS da raggiungere

- I **QoS** da raggiungere riguardano i **tempi di risposta dei centri (E(Ts))** e sono:
- Centralino: 2 minuti;
- Anagrafe: 30 minuti;
- URP: 35 minuti;
- **Servizi scolastici**: 60 minuti;
- **Servizi sociali**: 45 minuti;
- Stato civile: 35 minuti;
- Protocollo: 10 minuti;
- **Cultura**: 300 minuti.



# Modello concettuale

Il diagramma del sistema è il seguente:



# Modello concettuale

Le **caratteristiche** peculiari del sistema sono le seguenti:

## Code

Il sistema prevede singole **code infinite** per ogni centro. Le code seguono una politica di scheduling **FIFO non preemptive**. Il sistema è **work-conserving**.

## Arrivi

Gli **arrivi** possono avvenire **sia dall'esterno sia da precedenti centri**. Un job può abbandonare il sistema prima del suo servizio oppure uscire dopo essere stato servito.

## Sistema

I centri del sistema possono essere a **singolo servente o multi-servente**: ogni servente rappresenta un dipendente comunale. I **job** in ingresso **rappresentano le richieste** dei cittadini allo sportello.

# Modello delle specifiche

Le **specifiche** del sistema sono le seguenti:

## Tempi di servizio e di interarrivo

Le statistiche dei **tempi di servizio** dei vari sportelli, così come i **tassi di ingresso** al sistema sono stati recuperati in loco, presso l'ufficio comunale - si veda la documentazione.

## Tempi di servizio

**Distribuzione normale troncata:** permette l'eliminazione dei valori fuori norma ed improbabili al fine di riflettere al meglio il funzionamento del sistema reale.

## Tempi di arrivo

**Distribuzione esponenziale:** permette di modellare correttamente gli arrivi casuali ed indipendenti con frequenza costante dei cittadini presso uno sportello.

# Modello delle specifiche

Le **specifiche** del sistema sono le seguenti:

## Probabilità di routing

Le probabilità di routing tra un centro ed un altro e le probabilità di uscita dal sistema dopo essere stati serviti, sono determinate dalla **matrice di routing**.

## Costi e profitti

Nel caso di studio **non vengono presi in considerazione possibili costi** di mantenimento; per il profitto si intende il **soddisfacimento** del cittadino.

# Modello computazionale

Il modello **computazionale** ha le seguenti caratteristiche:

## Linguaggio ad oggetti

Linguaggio **Java**: la scelta deriva dal fatto che un ambiente come un sistema a code può essere meglio rappresentato da una **programmazione ad oggetti**.

## Clock di sistema

Classe **Time** per ogni istanza di Node: mantiene informazioni riguardanti il **tempo corrente** ed il **tempo dell'evento successivo**.

## Statistiche del servente

Classe **Sum** per ogni servente del nodo: mantiene informazioni su **quanti job sono stati serviti** dal servente e **per quanto tempo** ha effettuato servizio.

# Modello computazionale

Il modello **computazionale** ha le seguenti caratteristiche:

## Gestione degli eventi

Classe **EventList**: mantiene le informazioni degli eventi del centro. Si diversifica per i nodi che prevedono ingressi dall'esterno e per quelli che non lo prevedono.

## Estrazione del prossimo evento

All'interno di EventList: **metodo NextEvent()** che permette il **recupero dell'evento più imminente**, mediante la ricerca all'interno dell'array EventList dello specifico centro chiamante

## Gestore del sistema

Classe **EventHandler** mantiene lo stato interno del sistema: viene istanziata come classe **Singleton**.

# Modello computazionale

Il modello **computazionale** ha le seguenti caratteristiche:

## Nodi del sistema

Tutti i **nodi** del sistema sono **un'istanza** di **quattro possibili tipologie di classi** Java chiamate **Node**, dove ognuna descrive una determinata tipologia di sportello comunale.

## Gestione della generazione dei numeri randomici

La classe **RandomFunction** viene utilizzata per configurare i tempi di interarrivo e di servizio dei vari centri. Anche questa classe viene istanziata come **Singleton**. Al suo interno è presente il generatore **Rngs**.

# Verifica

- L'obiettivo è controllare che i **risultati** delle simulazioni siano **coerenti** e confrontarli con i valori teorici.
- Ricavati **simulando** il comportamento del sistema con tempi di servizio **esponenziali**.
- Ottenuti dalla simulazione ad **orizzonte infinito** mediante il metodo di **batch mean**:
  - **Centralino:  $b = 2048$   $k = 50$ ;**
  - **Altri centri:  $b = 200$   $k = 50$ .**

Risultati del nodo <i>Centralino (M/G/1)</i> attraverso il modello analitico	
Utilizzazione ( $\rho$ )	0.499
Numero medio di job in coda $E(N_q)$	0.497
Numero medio di job nel centro $E(N_s)$	0.997
Tempo di attesa medio in coda $E(T_q)$	0.996
Tempo di attesa medio nel sistema $E(T_s)$	1.996

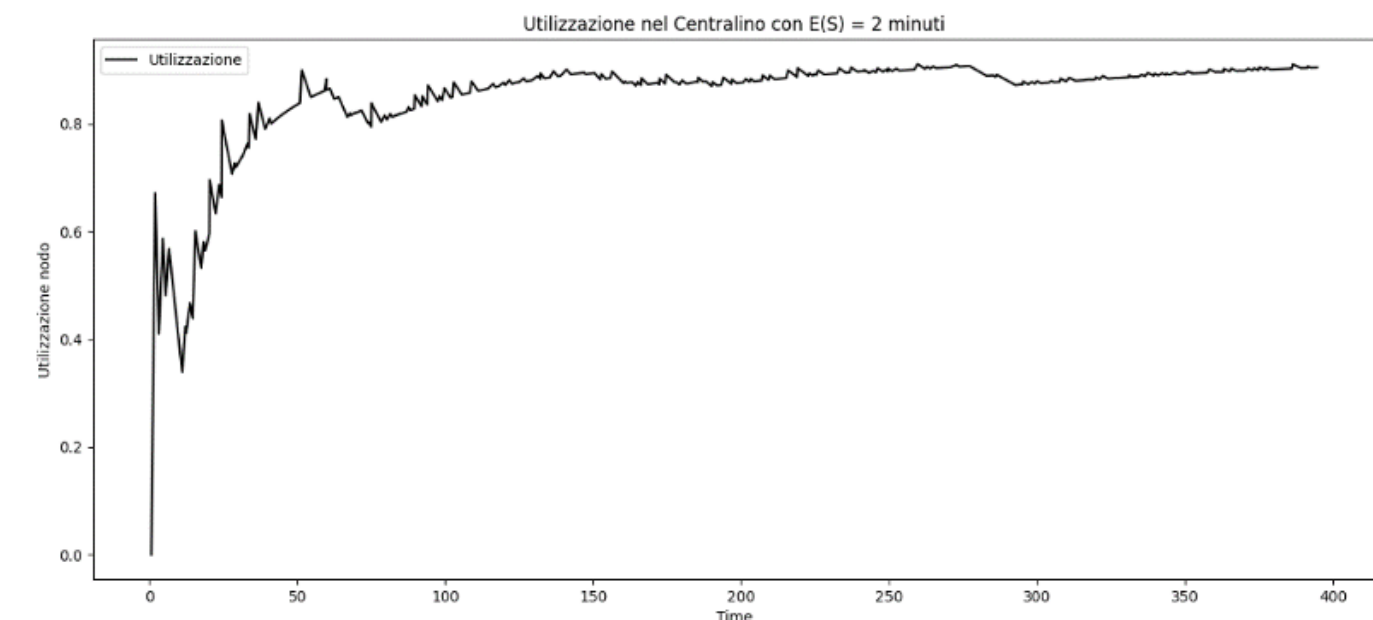
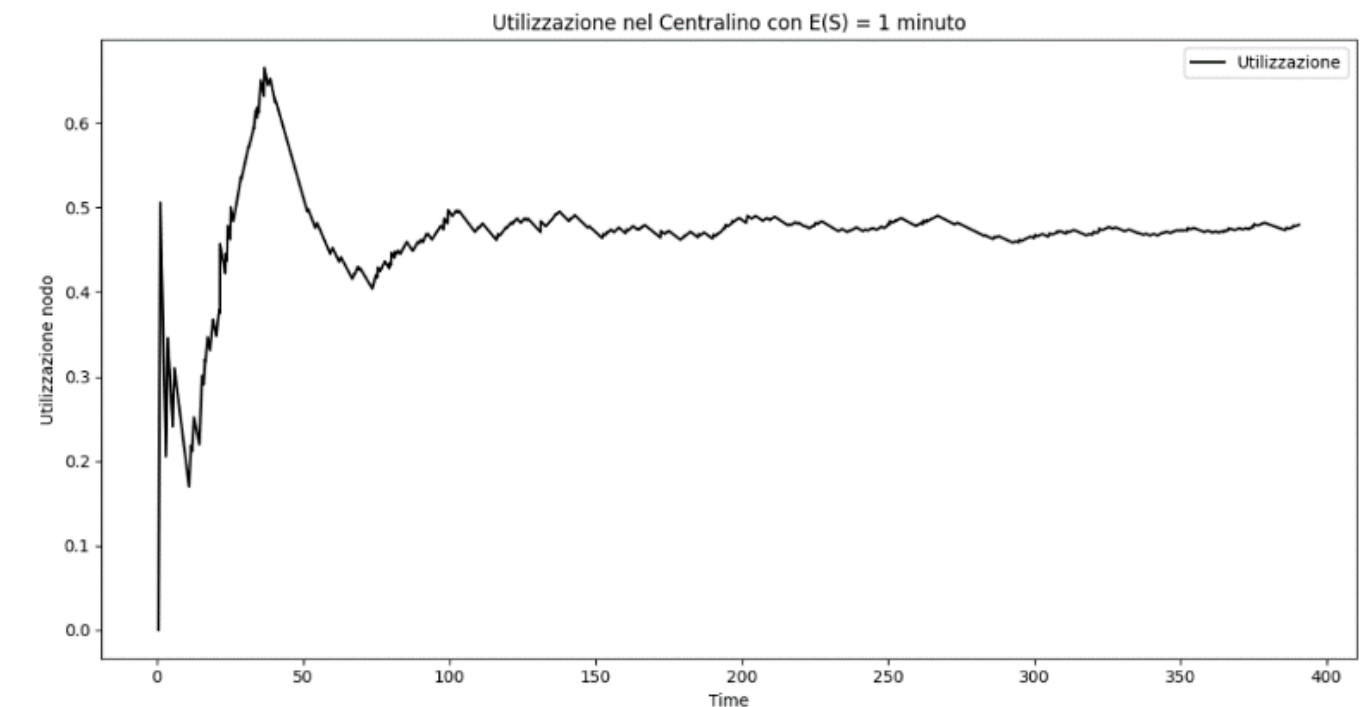
Risultati del nodo <i>Centralino (M/G/1)</i> prodotto dalla simulazione	
Utilizzazione ( $\rho$ )	$0.50 \pm 0.00$
Numero medio di job in coda $E(N_q)$	$0.50 \pm 0.02$
Numero medio di job nel centro $E(N_s)$	$1.01 \pm 0.02$
Tempo di attesa medio in coda $E(T_q)$	$1.00 \pm 0.04$
Tempo di attesa medio nel sistema $E(T_s)$	$2.00 \pm 0.05$



# Validazione

- Condotta mediante l'analisi del **comportamento** del sistema al **variare** di alcuni **parametri**, tale da verificare la corretta reazione dello stesso
- Aumentare e diminuire il **tempo di servizio**  $E(S)$ ;
- Aumentare o diminuire il **tasso di arrivo al Centralino**.
- Ottenuti dalla simulazione ad **orizzonte finito** mediante Replicazione per il calcolo delle medie.

Centralino	$E(S) = 1$	$E(S) = 0.5$	$E(S) = 2$
$\rho$	$0.51 \pm 0.00$	$0.26 \pm 0.00$	$0.95 \pm 0.01$
$E(T_s)$	$1.56 \pm 0.02$	$0.60 \pm 0.00$	$16.80 \pm 1.17$
$E(N_s)$	$0.79 \pm 0.02$	$0.31 \pm 0.00$	$7.89 \pm 0.57$



# Esecuzione degli esperimenti

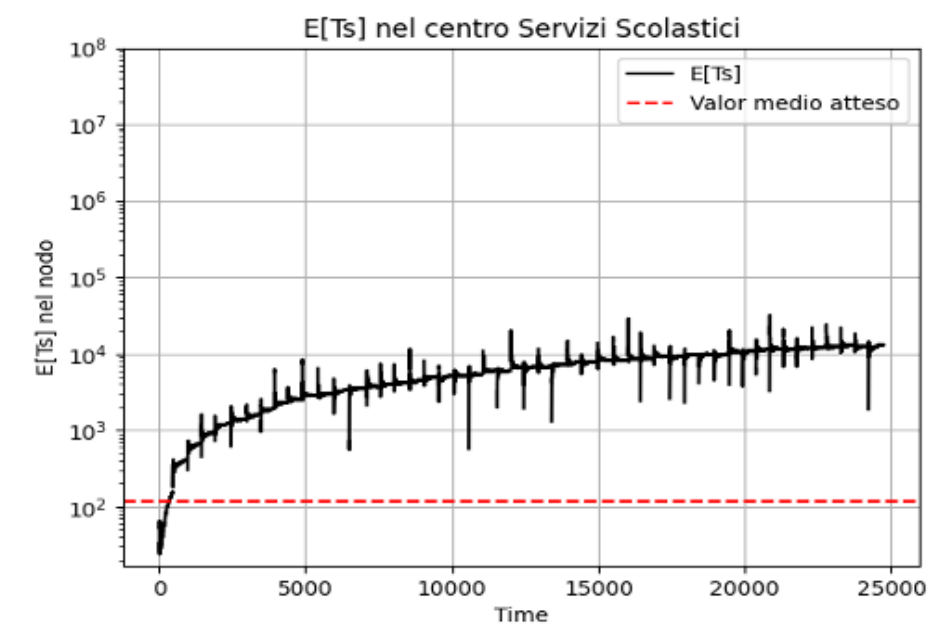
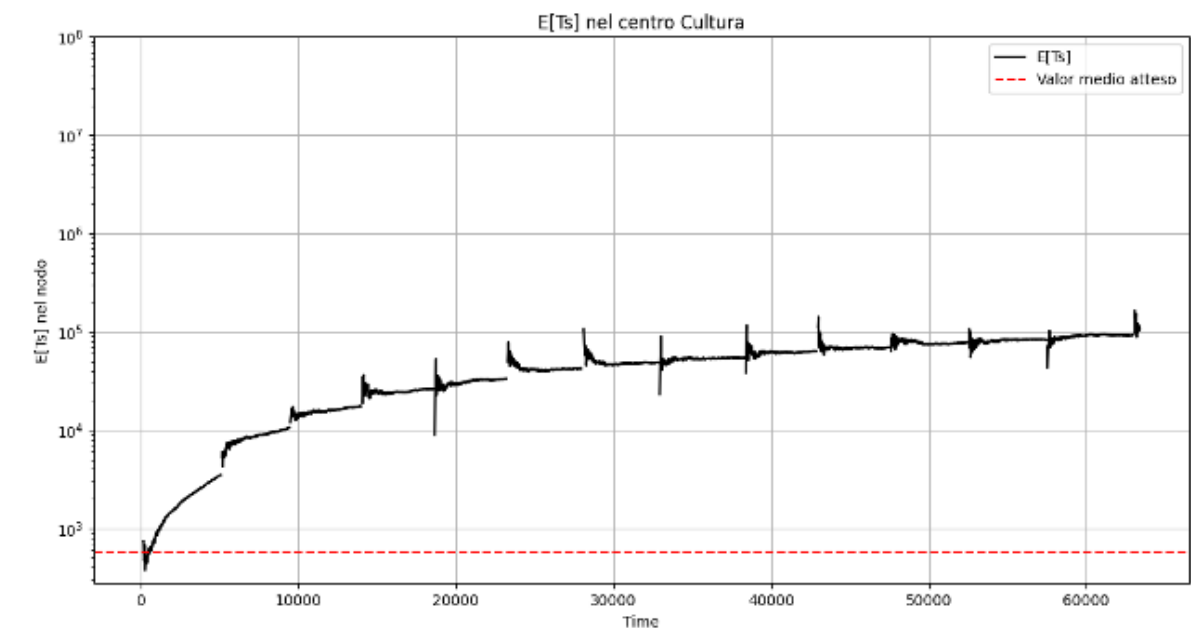
La fase di esecuzione delle simulazioni si compone di **tre passaggi**:

## Analisi del collo di bottiglia

- Calcolare, mediante metodi analitici, le visite medie e la domanda media per ogni centro al fine di **determinare i possibili colli di bottiglia del sistema**.
- Dai risultati ottenuti è possibile notare come il collo di bottiglia del sistema è rappresentato dal centro **Cultura**, seguito in ordine da **Servizi Sociali** e **Servizi Scolastici**.
- Questi centri saranno oggetti di studio nella parte **migliorativa**.

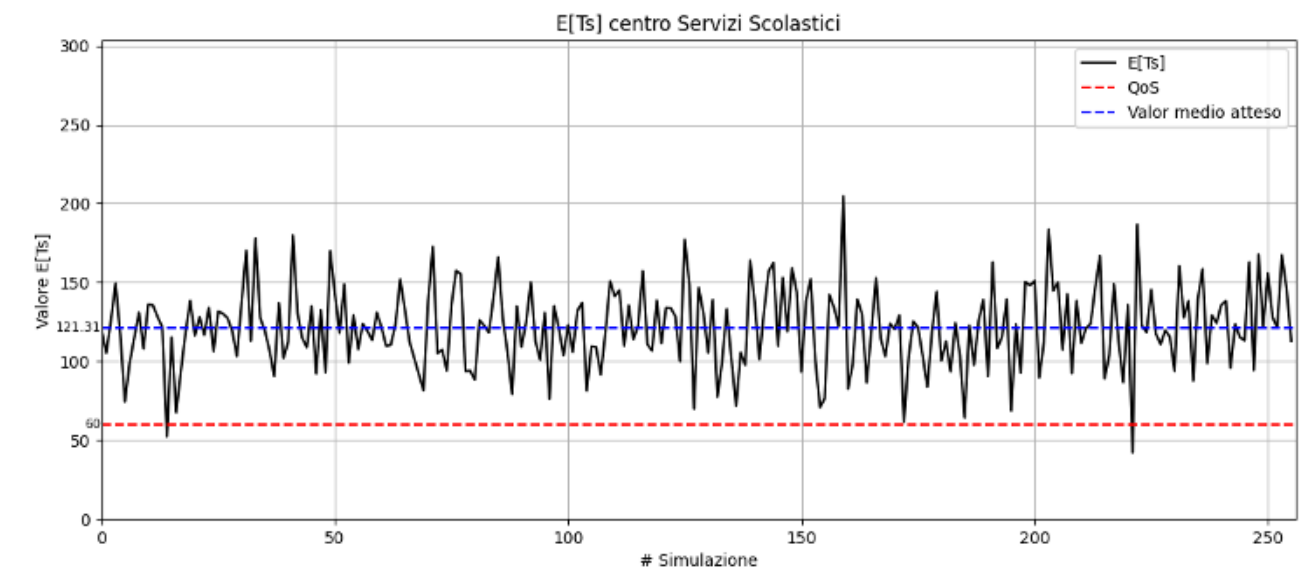
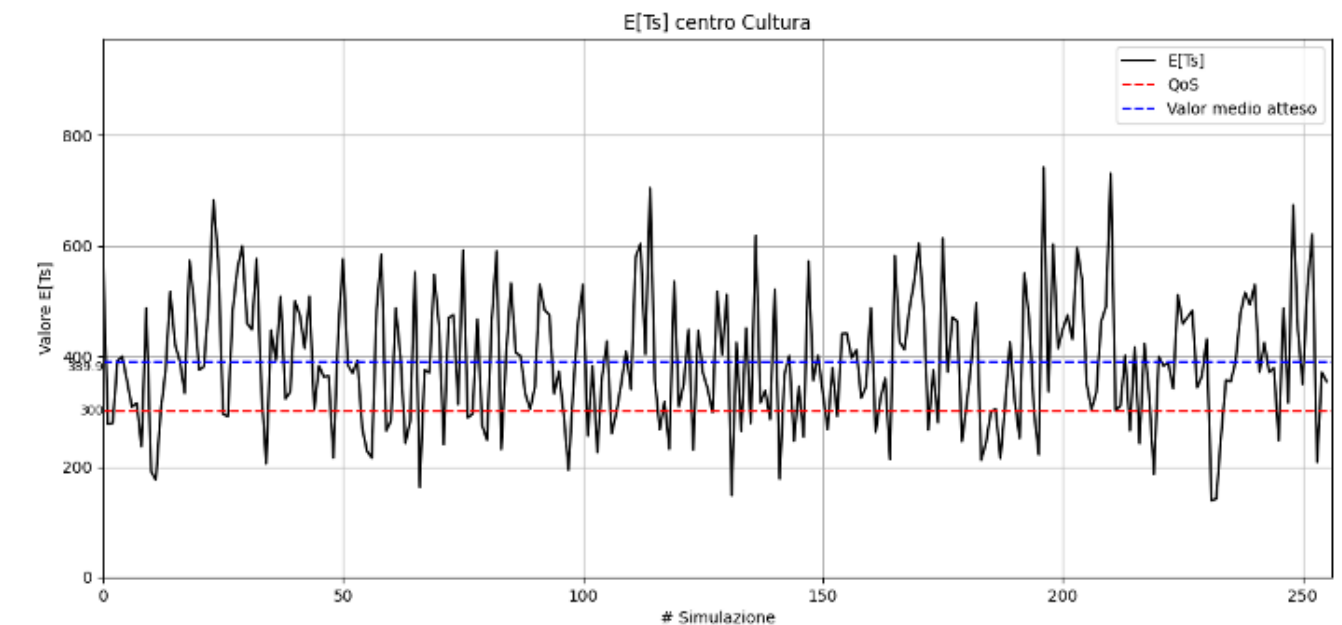
# Simulazione ad orizzonte infinito

- L'obiettivo è ottenere statistiche del sistema a **stato stazionario**.
- La simulazione viene eseguita mediante la tecnica dei **Batch Means**:
  - Centralino:  $b = 8192$   $k = 50$ ;
  - Altri centri:  $b = 200$   $k = 50$ .
- Simulando il sistema è possibile notare il **non raggiungimento della stazionarietà dei centri "collo di bottiglia"**.



# Simulazione ad orizzonte finito

- La simulazione è stata effettuata per una durata di **390 minuti** (6 ore e 30 minuti) per rappresentare la durata di una **giornata lavorativa** comunale.
- Simulazione ad orizzonte finito mediante la tecnica delle **Replicazioni**.
- Stima delle statistiche **transienti**.
- I centri "Collo di bottiglia" hanno valori medi che **non rispettano** i QoS.



# Versione migliorativa

La **versione migliorativa** è stata ottenuta studiando le risposte del sistema al variare:

## Tempi di esecuzione

Il miglioramento dei tempi di servizio prevede un **costo inferiore**, a discapito del **tempo** necessario per studiare tecniche migliorative al processo di lavoro.

## Numero di serventi

L'aumento del numero di serventi è sicuramente realizzabile nel **breve periodo**, con conseguente aumento **notevole** dei **costi** totali.

## Centri considerati

Vengono considerati i soli centri "**Collo di bottiglia**".

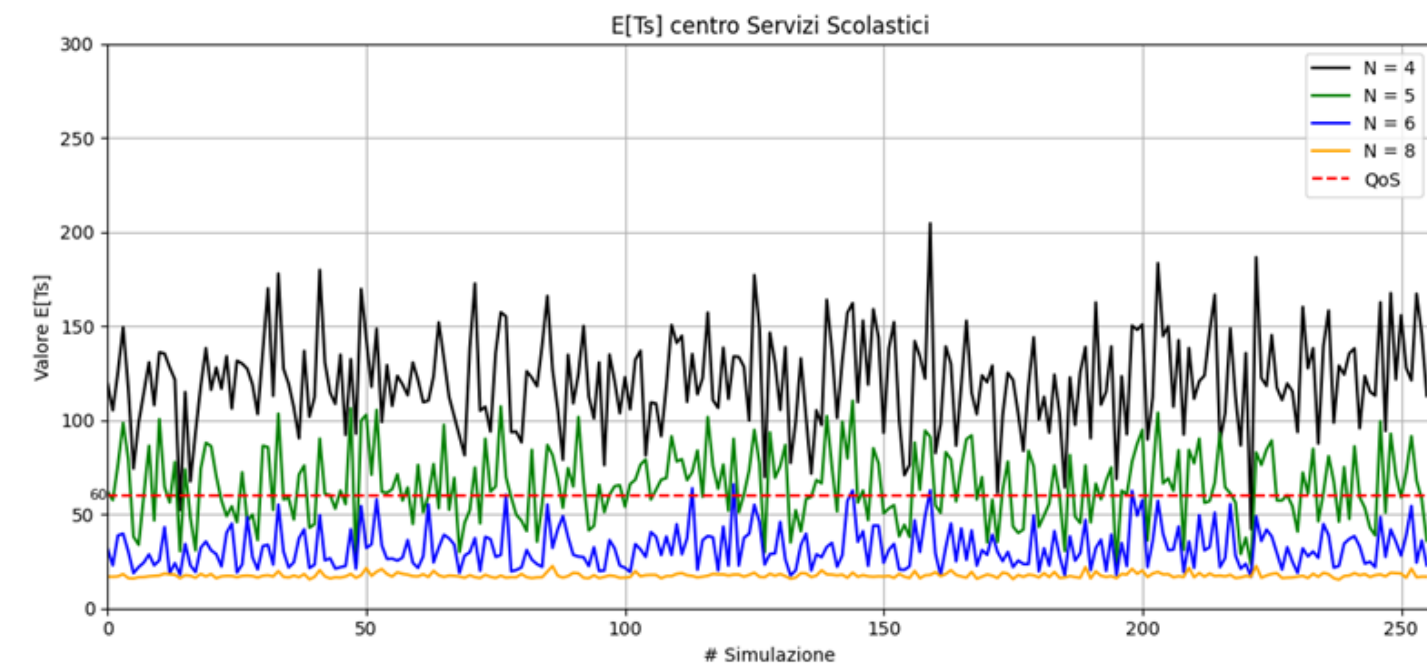
# Versione definitiva

La **versione definitiva** che **rispetta i QoS** è stata ottenuta mediante le seguenti modifiche:

## Servizi Scolastici

- Aumento di due serventi;
- Diminuzione del tempo di servizio del 13%.

N. Serventi	$\rho$	$E(T_s)$
4	$0.98 \pm 0.00$	$121.31 \pm 3.16$
5	$0.96 \pm 0.00$	$65.15 \pm 2.33$
6	$0.93 \pm 0.00$	$32.18 \pm 1.33$
8	$0.76 \pm 0.01$	$17.50 \pm 0.15$



# Versione definitiva

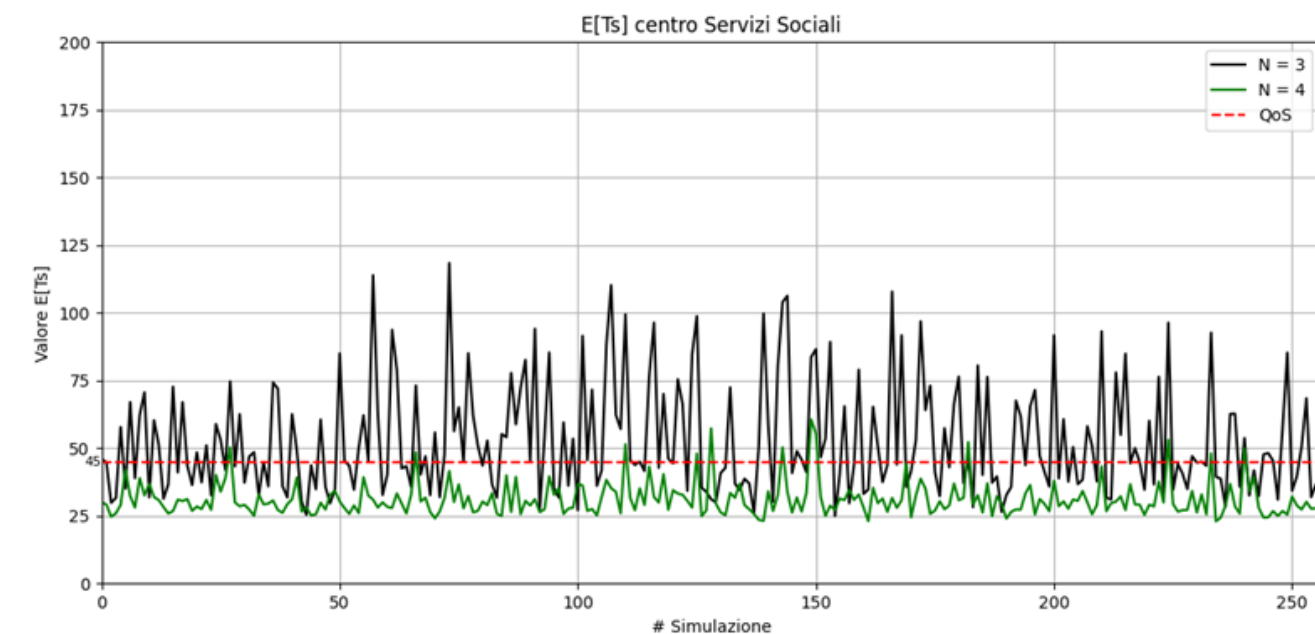
La **versione definitiva** che **rispetta i QoS** è stata ottenuta mediante le seguenti modifiche:

## Servizi Sociali

Scelta tra:

- Diminuzione del tempo di servizio dell'8% - costi ridotti e QoS parzialmente soddisfatti;
- Aumento di un server - costi maggiori e QoS soddisfatti.

N. Serventi	$\rho$	$E(T_s)$
3	$0.88 \pm 0.01$	$52.68 \pm 2.51$
4	$0.73 \pm 0.01$	$31.25 \pm 0.78$





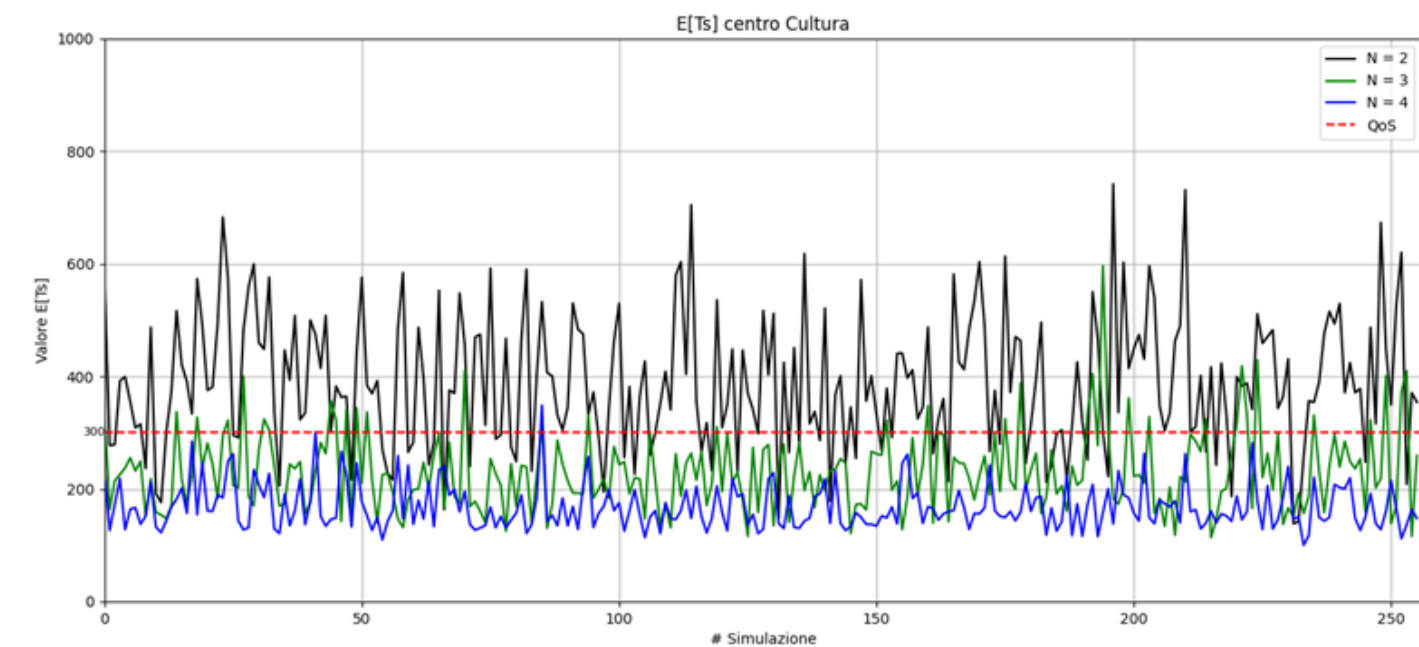
# Versione definitiva

La **versione definitiva** che **rispetta i QoS** è stata ottenuta mediante le seguenti modifiche:

## Cultura

- Aumento di un servente.

N. Serventi	$\rho$	$E(T_s)$
2	$0.91 \pm 0.01$	$389.90 \pm 14.59$
3	$0.83 \pm 0.01$	$230.09 \pm 8.61$
4	$0.75 \pm 0.01$	$168.25 \pm 4.93$





**Grazie per l'attenzione.**