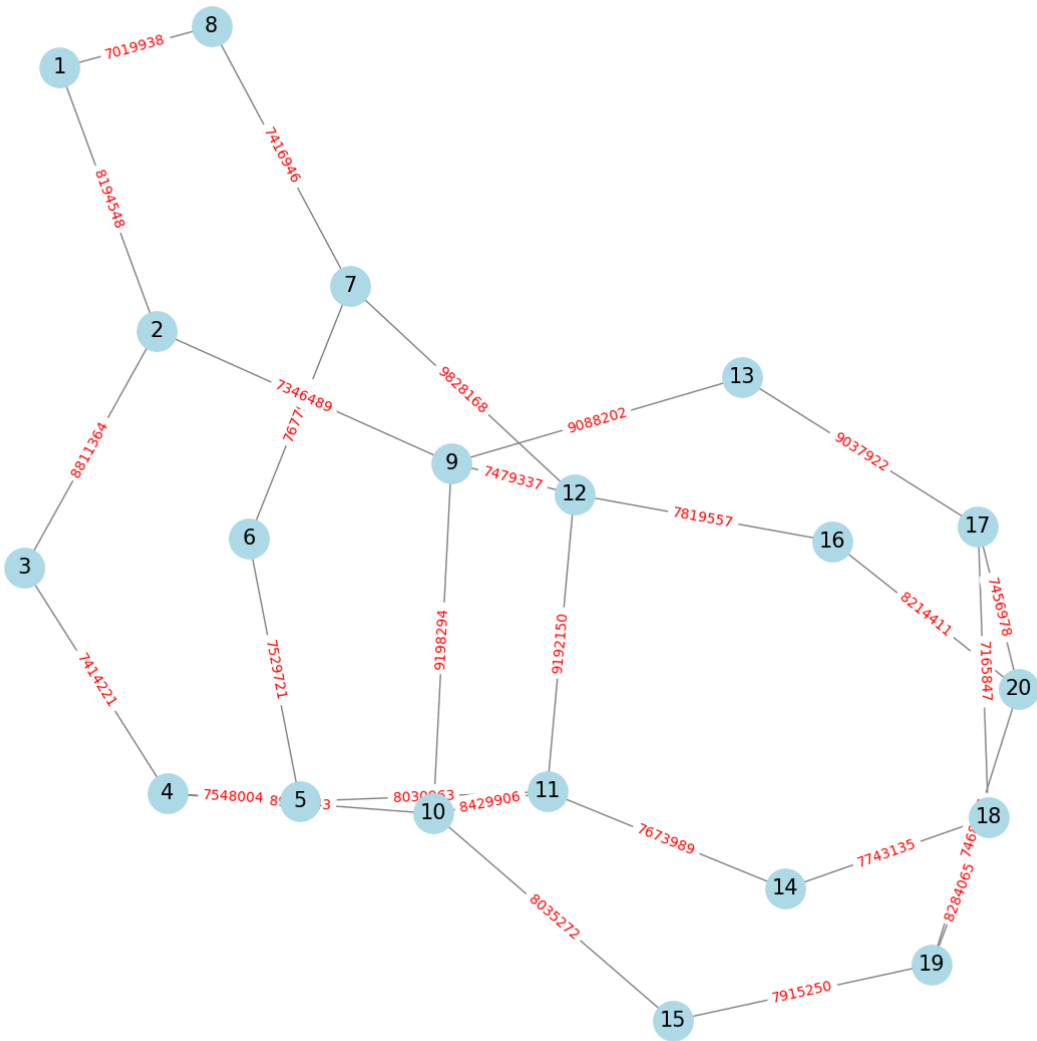


Topologia grafu:

$|V|=20|E|=28$

Struktura Sieci:

Topologia sieci była zaprojektowana tak, aby zawierała 20 wierzchołków i mniej niż 30 krawędzi, z żadnym izolowanym wierzchołkiem. Funkcje przepustowości (maksymalna liczba bitów na sekundę, które mogą być przesłane przez kanał) i przepływu (rzeczywista liczba pakietów na sekundę wprowadzanych do kanału) były dobrane tak, aby przepływ był zawsze mniejszy od przepustowości, co zapewnia efektywność transmisji bez przeciążenia sieci.

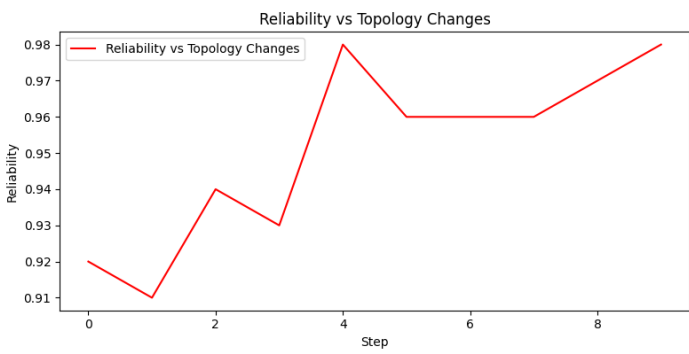
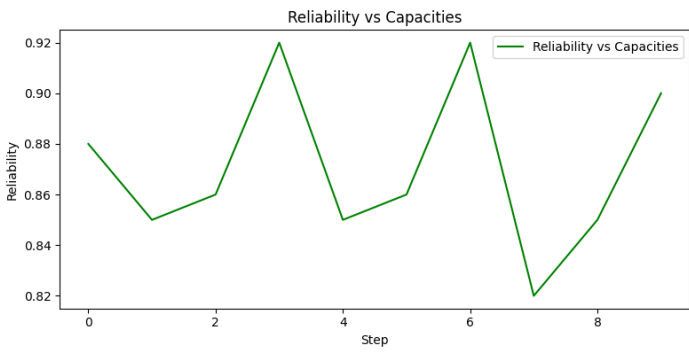
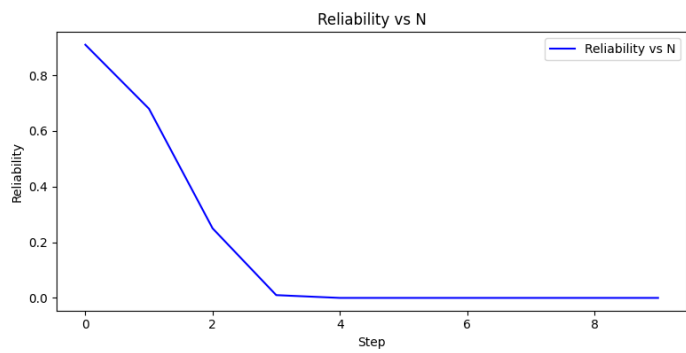


Mam trzy eksperymenty:

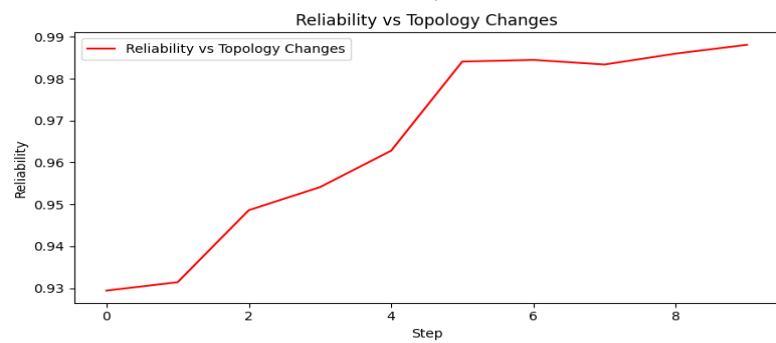
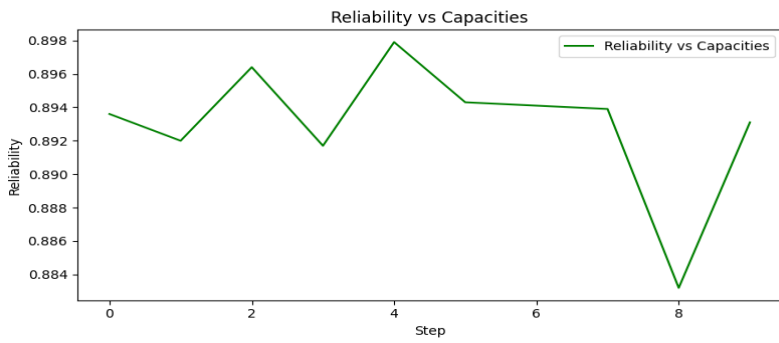
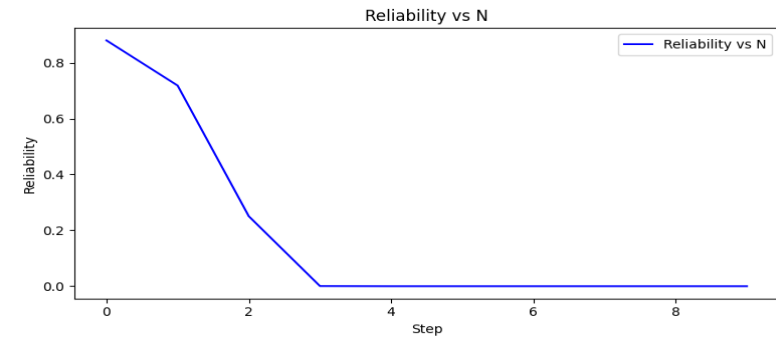
- 1)Stopniowo zwiększam wartości w macierzy natężeń(dodaje x pakietów, x należy do {10,20,...,100})
- 2)Stopniowo zwiększam przepustowości(każdego razu o 10% bo mam duże wartości przepustowości)
- 3) Stopniowo zmieniam topologię poprzez dodawanie nowych krawędzi o przepustowościach będących wartościami średnimi dla sieci początkowej(każdy krok +2 krawędzi)

```
V = 20 # Number of vertices in the graph
m = 1500 # Average packet size in bits
T_max = 0.1 # Maximum acceptable average packet delay
initial_p = 0.9 # Probability that an edge is not damaged
trials = 1000 # Number of trials for the simulation
steps = 10 # Number of steps for modifying network parameters
```

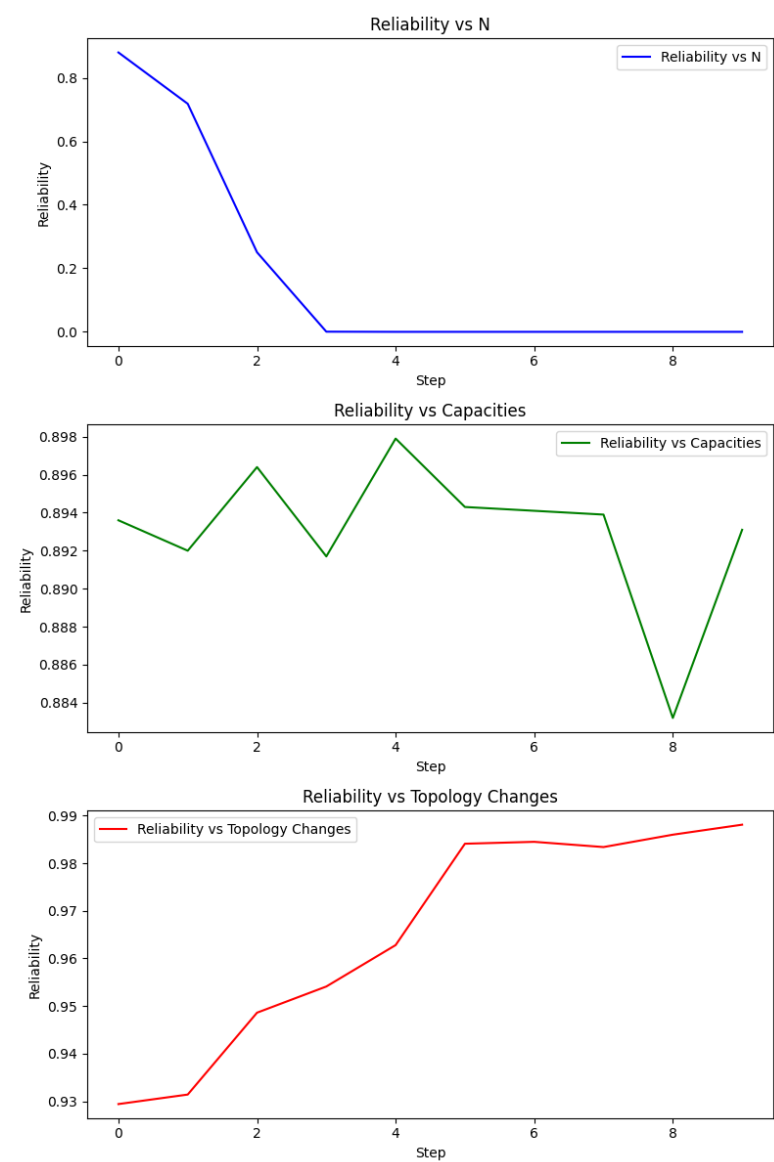
Dla trials=100



Dla trials=1000



Dla trials=10000



Zacznijmy od analizy wyników przedstawionych na grafikach:

1. **Niezawodność w stosunku do liczby elementów N (Reliability vs N):** Widać, że niezawodność spada wraz ze wzrostem N, co jest zgodne z oczekiwaniami. Im większa liczba elementów(pakietów), tym większa szansa na wystąpienie punktu niezawodności, który może wpłynąć na opóźnienia. Niezawodność systematycznie spadała z każdym zwiększeniem macierzy natężeń, co wskazuje na to, że sieć staje się mniej zdolna do utrzymania efektywnego przepływu pakietów przy wyższych obciążeniach.
2. **Niezawodność w stosunku do przepustowości (Reliability vs Capacities):** Obserwowano niestabilne (ale w małym zakresie) wyniki niezawodności przy różnych poziomach zwiększenia przepustowości. Niestabilność tych danych można przypisać losowemu uszkodzeniu krawędzi, co znacząco wpłynęło na zdolność sieci do utrzymania ciągłości przesyłu danych.
3. **Niezawodność w stosunku do zmian topologii (Reliability vs Topology Changes):** Wzrost niezawodności wraz z dodaniem nowych krawędzi jest widoczny. Oznacza to, że sieć staje się bardziej odporna na uszkodzenia pojedynczych kanałów, co prowadzi do zwiększenia prawdopodobieństwa utrzymania się  $T < T_{max}$ .

Na podstawie powyższych analiz można sformułować następujące wnioski:

1. Sieć jest wysoce wrażliwa na zwiększenie natężeń strumienia pakietów, co może prowadzić do przeciążeń i zwiększonych opóźnień w przesyłaniu danych.
2. Niestabilne wyniki przy zwiększaniu przepustowości krawędzi podkreślają znaczenie równomiernego rozkładu obciążeń i strategii redundancji w projektowaniu sieci.
3. Dodanie krawędzi zwiększa niezawodność, co jest zgodne z teorią, że redundancja w topologii sieci jest kluczowa dla utrzymania ciągłości działania i odporności na awarie.

Obserwacje:

**Wpływ przeciążenia na niezawodność:**

W pierwszym eksperymencie, obserwujemy, jak stopniowe zwiększanie natężeń strumienia pakietów prowadzi do znacznego spadku niezawodności. To wskazuje na to, że sieć ma określone limity wydajności, które przy przekroczeniu powodują zauważalne problemy z przepustowością. Wynik ten podkreśla znaczenie odpowiedniego projektowania sieci w kontekście przewidywanego obciążenia.

**Rola równomiernego rozłożenia obciążenia:**

Niestabilne wyniki niezawodności w drugim eksperymencie, gdzie zwiększano przepustowości, sugerują, że nie tylko wartość przepustowości jest ważna, ale również sposób jej rozłożenia w sieci. Losowe uszkodzenia krawędzi mogą prowadzić do nieoczekiwanych zmian w przepływie danych, co wpływa na ogólną wydajność sieci.

**Zależność od parametrów sieciowych:**

Eksperymenty pokazały, że zmiany w jednym parametrze (np. przepustowości) mogą nie być wystarczające do utrzymania optymalnej niezawodności, jeśli inne parametry (takie jak topologia czy rozmiar pakietów) nie są odpowiednio dostosowane. Sieć wymaga ciągłego monitoringu i dostosowywania różnych parametrów, aby utrzymać optymalne działanie.

**Krytyczne próg natężeń:**

Obserwacja, że niezawodność spada do zera przy zwiększaniu natężeń po pewnym punkcie, jest szczególnie istotna. Wskazuje to na istnienie krytycznego progu, po przekroczeniu którego system staje się całkowicie niewydajny. Rozumienie tego progu jest kluczowe dla planowania i projektowania sieci o wysokiej dostępności.