

## **Projekt z przedmiotu**

# **Projektowanie sieci pakietowych z QoS**

Niniejszy materiał w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody Autora.

© dr hab. inż. Sylwester KACZMAREK, prof. nadzw. PG  
Politechnika Gdańska  
Wydział ETI, Katedra ST  
e-mail: [kasyl@eti.pg.gda.pl](mailto:kasyl@eti.pg.gda.pl)  
pok. 606

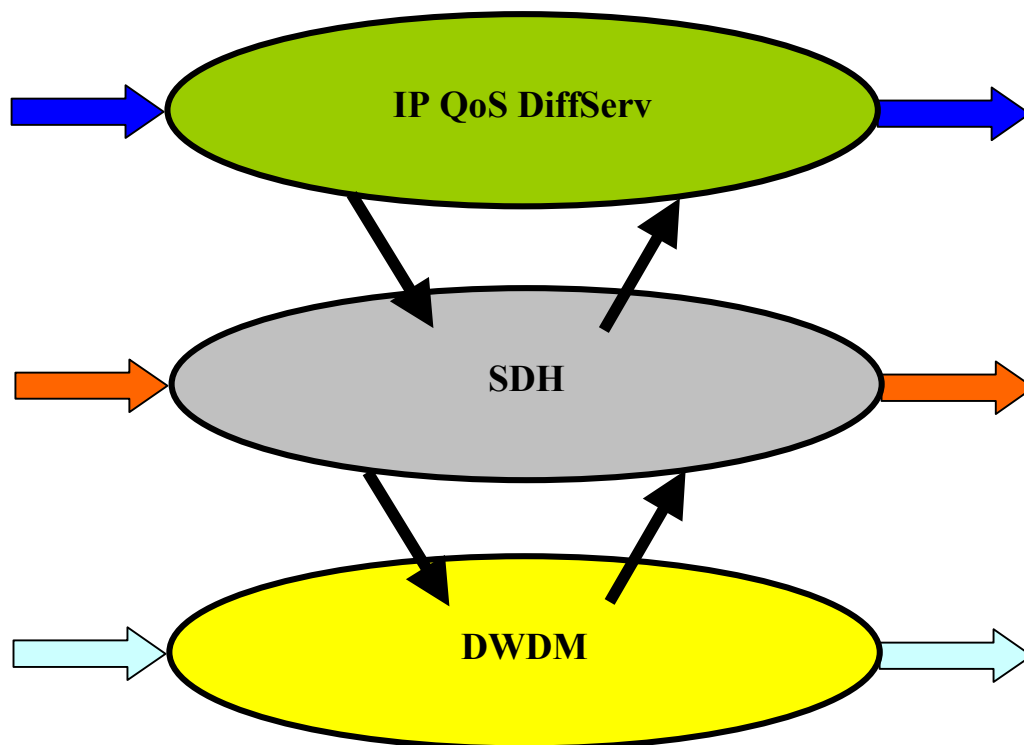
**Gdańsk, Październik 2012**

## 1. WPROWADZENIE

Każda trójosobowa grupa projektowa otrzymuje zadanie w którym sieć telekomunikacyjna będzie składała się z trzech warstw sieci zrealizowanych w różnych technologiach. Są to w kolejności od góry licząc:

1. warstwa IP QoS z architekturą DiffServ (może być wspierana przez MPLS),
2. warstwa SDH na której osadzone jest IP QoS z architekturą DiffServ,
3. warstwa DWDM na której osadzone jest SDH.

W każdej z warstw zadana jest struktura sieci, przedstawiona w postaci grafu składającego się z węzłów i gałęzi obrazujących łącza między tymi węzłami. Przy czym należy pamiętać, że łącza w grafie danej warstwy mogą być logiczne albo fizyczne. Warstwa pierwsza korzysta z zasobów warstwy drugiej, a warstwa druga z zasobów warstwy trzeciej. Można to przedstawić graficznie tak jak to pokazano na kolejnym rysunku. Do każdej z warstw napływają zapotrzebowania na obsługę ruchu wyrażone w wielkościach odpowiadających technologii danej warstwy. Jednocześnie zapotrzebowania warstwy wyższej są kierowane, w celu realizacji połączenia, do warstwy niższej, która obsługuje te zapotrzebowania.



Dla każdej z sieci zadane są zapotrzebowania wyrażone w zasobach technologii jaka jest stosowana w danej sieci i dla każdej z sieci należy określić zasoby konieczne do obsługi tego zapotrzebowania.

W przypadku sieci IP QoS są to zapotrzebowania scharakteryzowane przez różne typy źródeł ruchu zestawione w postaci tabel 1 i 2, które należy zaklasyfikować do zagregowanych strumieni typu strumieniowego i elastycznego (wynikowe zapotrzebowania zapisać w postaci tabel **ST**, **ET**).

W przypadku sieci SDH są to macierze zapotrzebowań **PCM** oraz **STM1** na strumienie 2Mbit/s oraz STM-1. Należy pamiętać, że stosowane systemy obsługują strumienie dwukierunkowo.

W przypadku sieci DWDM są to macierze zapotrzebowań **LDF** na liczbę długości fal. W tym przypadku są to zapotrzebowania jednokierunkowe.

Sieć IP QoS może korzystać z zasobów sieci SDH ze strumieni będących wielokrotnością 2Mbit/s oraz STM-1. Należy założyć, że w przybliżeniu tylko 90% tej przepływności jest dostępne strumieniom IP z uwagi na narzuty nagłówek dla protokołów. Natomiast sieć SDH, korzystając z zasobów sieci DWDM, oferuje strumienie STM-1 i STM-4, a dokładnie określając systemy tej krotności. Na jednej długości fali może być osadzony tylko jeden z tych strumieni (jeden system).

Projekt obejmuje sytuację nominalną oraz jedno uszkodzenie w sieci DWDM prowadzące się do uszkodzenia kabla światłowodowego.

**Należy zaprojektować** zapotrzebowanie na zasoby dla każdej z trzech sieci.

W przypadku sieci IP QoS należy określić zapotrzebowanie na przepływności **CST** i **CET** między poszczególnymi węzłami (ruterami) tej sieci. Także należy dla wskazanej drogi źródło-odbiorca przeprowadzić dodatkowe obliczenia następujących wielkości:

- parametrów jakościowych: średnie opóźnienie, zmienność opóźnienia, prawdopodobieństwo straty,
- długości buforów,
- parametry mechanizmów kontroli,
- pojemność styku z siecią PSTN/ISDN.

W przypadku sieci SDH należy określić zapotrzebowanie na systemy **SPCM**, **SSTM1** na wejściu do tej sieci oraz zapotrzebowanie na systemy **SSDH1**, **SSDH4** między węzłami sieci SDH.

W przypadku sieci DWDM należy określić zapotrzebowanie na liczbę długości fal **SLDF** na wejściu do tej sieci oraz zapotrzebowanie na liczbę długości fal **SLDFWDM** między węzłami sieci DWDM. Ponieważ zasoby te są silnie zależ-

ne od rodzaju użytych w węzłach DWDM komutatorów optycznych to w projekcie należy założyć, że są to komutatory długości fal bez konwersji długości fali czyli komutatory WSX.

## 2. WSPÓLNE DANE DLA PROJEKTU

Do węzłów brzegowych sieci IP QoS o numerach  $i=1, 2, 3, 4, 5$  i  $6$  dołączone są trzy klasy źródeł ruchu ( $k = 1, 2$  i  $3$ ) z sieci IP oraz źródła ruchu z sieci PSTN/ISDN ( $k = 4$ ). Parametry tych źródeł zostały zestawione w tabeli 1.

Tab. 1. Charakterystyka źródeł ruchu.

$k$	1	2	3	4
<b>Typ źródła</b>	CBR	VBR	BE	PSTN/ISDN
<b>Długość pakietu</b>	150B	M, 500B	MTU, 1500B	$E(t_{\text{pot}})=210s$
<b>Przepływność</b>	2.0Mb/s	13.0Mb/s	20.0Mb/s	$A_o[\text{Erl}]$

M - strumień markowowski

Założyć równomierny rozptyw ruchu między węzłami brzegowymi. Natomiast ulokowanie ruchu w domenie należy przeprowadzić samemu proponując własny algorytm jego lokowania ale tak aby, jeżeli jest to możliwe, łączy obciążyć w miarę równomiernie.

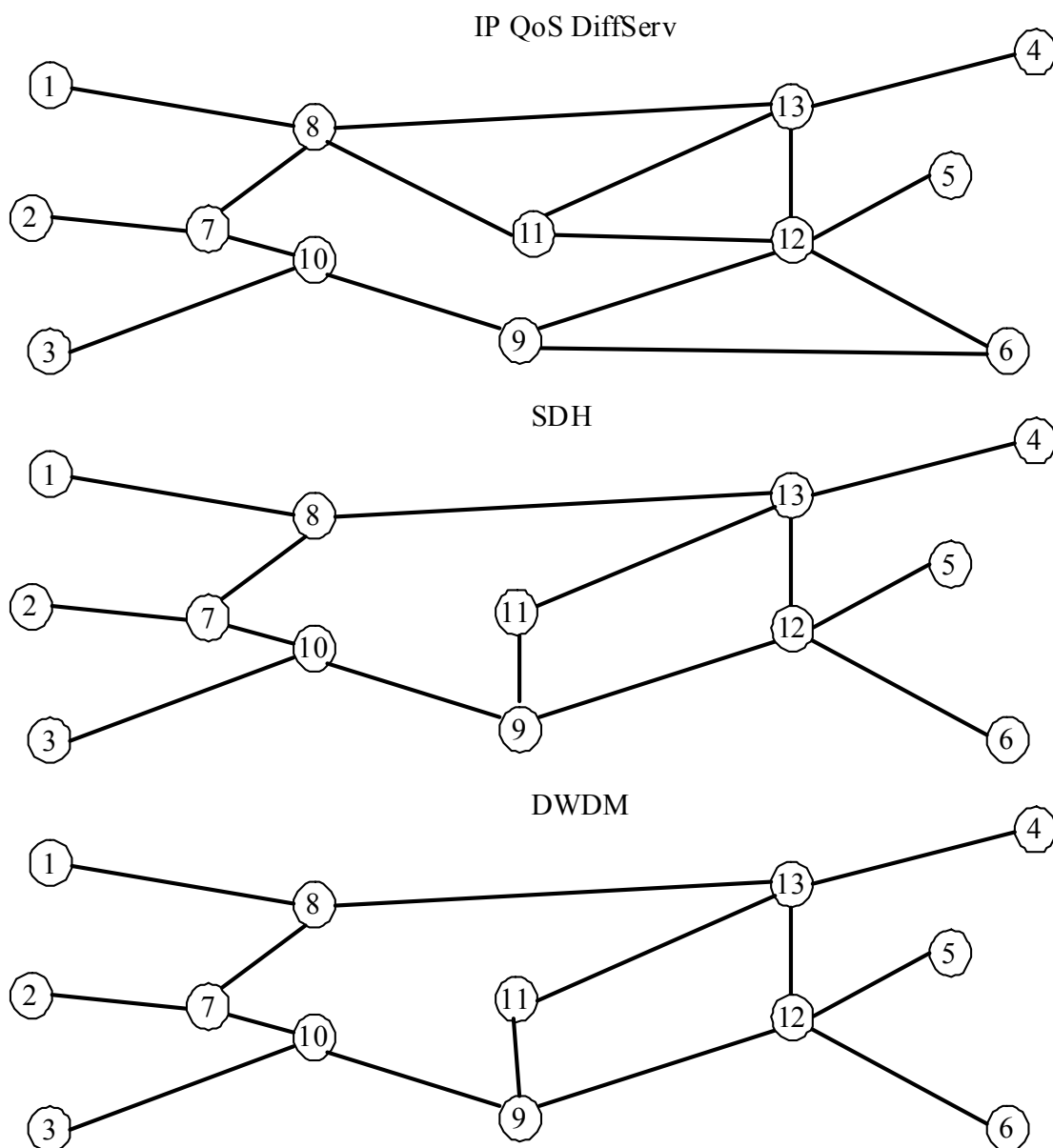
### 3. CZĘŚĆ INDYWIDUALNA

Ta część treści projektu jest indywidualna dla każdego projektu i składa się z informacji dotyczącej:

- struktury każdej z trzech sieci (odległości między węzłami należy określić samemu na podstawie rysunku, przyjmując że 1mm odpowiada odległości 10km),
- zapotrzebowań:
  - liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS (tab. 2),
  - **PCM**, **STM1**,
  - **LDF**.
- lokalizacji jednego uszkodzenia w sieci DWDM (uszkodzenia kabla światłowodowego między dwoma węzłami DWDM),
- drogi w sieci IP QoS dla której należy przeprowadzić dodatkowe obliczenia wielkości wymienionych w rozdziale 1.

## Projekt numer 1

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	50	43	40	533Erl
2	31	56	30	345Erl
3	41	43	57	499Erl
4	45	30	19	570Erl
5	41	43	34	547Erl
6	18	49	21	440Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 7 & 5 & 13 & 14 & 17 \\ 10 & - & 23 & 12 & 16 & 9 \\ 22 & 13 & - & 14 & 12 & 19 \\ 14 & 18 & 13 & - & 27 & 21 \\ 22 & 16 & 15 & 17 & - & 22 \\ 9 & 22 & 11 & 15 & 10 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 7 & 6 & 5 & 9 & 11 \\ 10 & - & 13 & 18 & 5 & 10 \\ 9 & 8 & - & 11 & 19 & 19 \\ 15 & 17 & 5 & - & 13 & 10 \\ 6 & 9 & 7 & 11 & - & 11 \\ 13 & 11 & 18 & 10 & 12 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 6 & 5 & 7 & 7 & 8 \\ 6 & - & 9 & 11 & 5 & 9 \\ 5 & 9 & - & 9 & 8 & 10 \\ 7 & 11 & 9 & - & 6 & 9 \\ 7 & 5 & 8 & 6 & - & 10 \\ 8 & 9 & 10 & 9 & 10 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

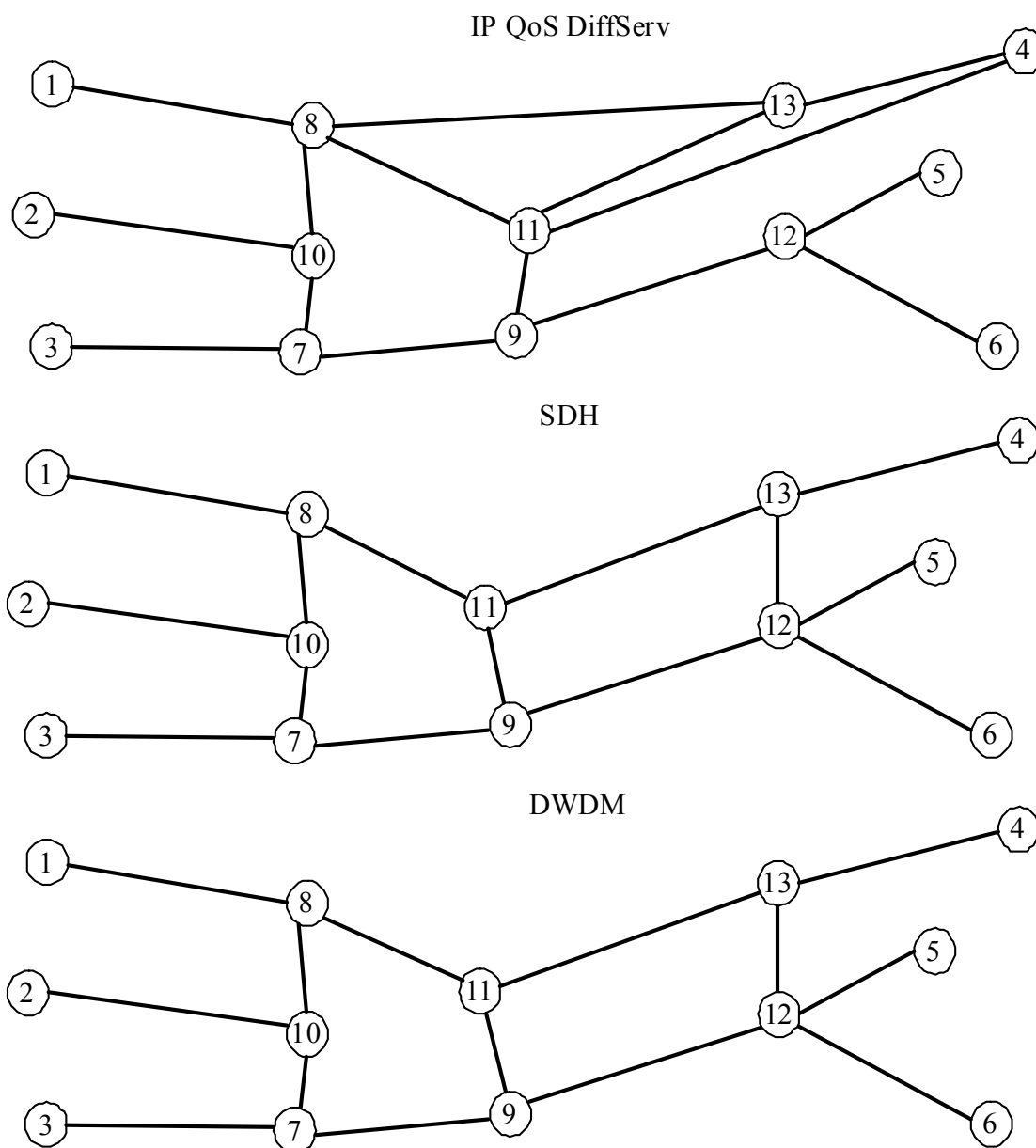
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 9 i 10.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych wielkości należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów  $\{1,8,13,4\}$ .

## Projekt numer 2

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	12	19	25	624Erl
2	27	19	21	567Erl
3	21	27	23	570Erl
4	27	23	23	637Erl



5	32	25	35	720Erl
6	20	33	37	547Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 43 & 11 & 19 & 12 & 13 \\ 16 & - & 23 & 17 & 16 & 12 \\ 25 & 11 & - & 19 & 16 & 17 \\ 16 & 15 & 19 & - & 21 & 26 \\ 27 & 16 & 19 & 21 & - & 25 \\ 13 & 23 & 14 & 22 & 15 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 6 & 4 & 5 & 6 & 10 \\ 12 & - & 13 & 11 & 17 & 9 \\ 8 & 16 & - & 9 & 15 & 11 \\ 12 & 19 & 9 & - & 11 & 13 \\ 20 & 13 & 15 & 19 & - & 15 \\ 13 & 10 & 9 & 21 & 19 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 7 & 5 & 5 & 9 & 2 \\ 7 & - & 7 & 10 & 8 & 9 \\ 5 & 7 & - & 9 & 4 & 3 \\ 5 & 10 & 9 & - & 7 & 7 \\ 9 & 8 & 4 & 7 & - & 8 \\ 2 & 9 & 3 & 7 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

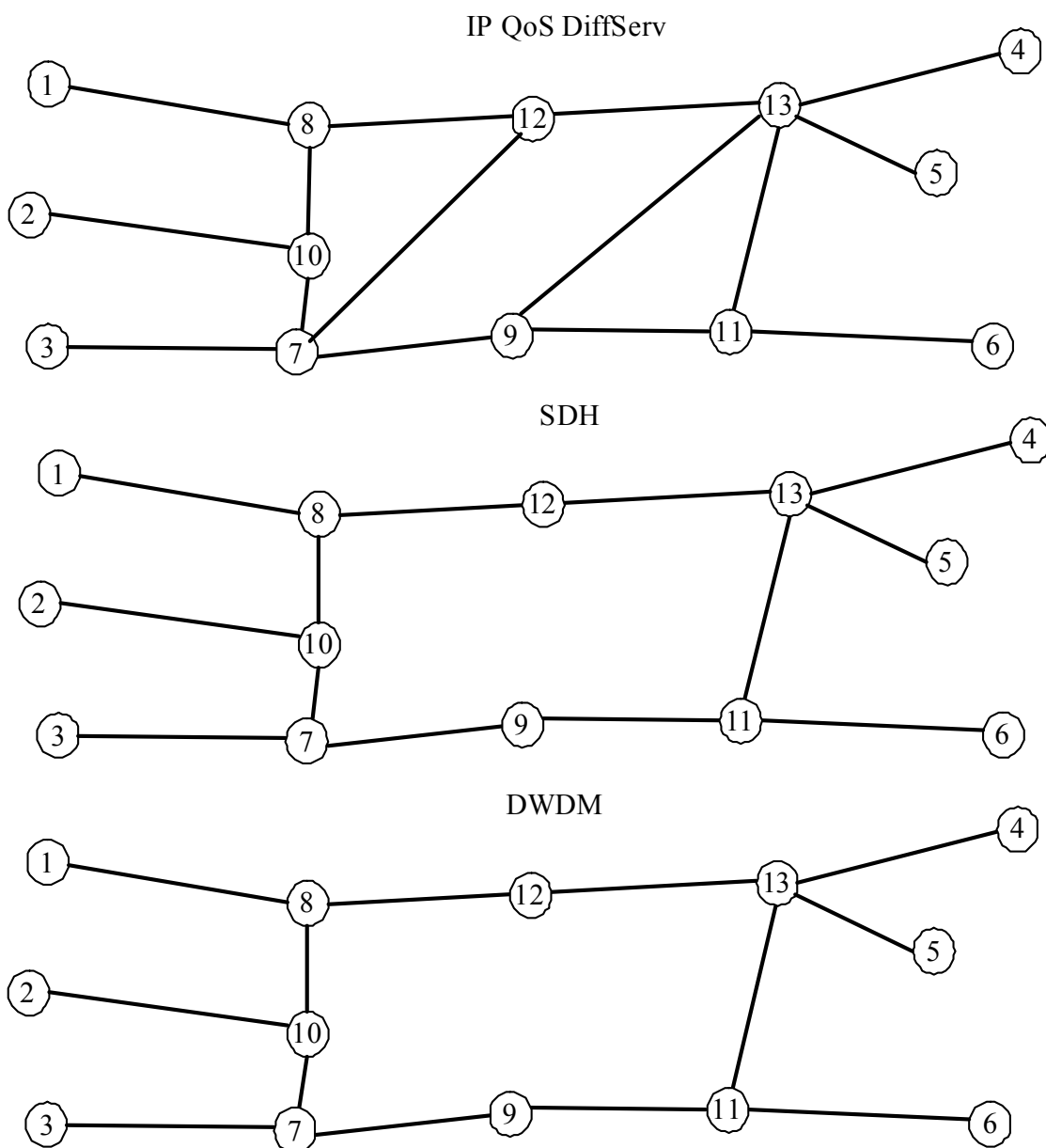
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 9 i 12.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych wielkości należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {1,8,13,4}.

## Projekt numer 3

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	47	27	27	490Erl
2	42	31	54	666Erl
3	41	18	27	478Erl
4	44	47	27	460Erl
5	29	49	46	646Erl

6	44	41	47	750Erl
---	----	----	----	--------

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 22 & 27 & 13 & 10 & 18 \\ 19 & - & 22 & 27 & 13 & 23 \\ 27 & 27 & - & 31 & 25 & 18 \\ 26 & 35 & 30 & - & 22 & 17 \\ 21 & 23 & 15 & 23 & - & 21 \\ 27 & 16 & 25 & 19 & 17 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 8 & 3 & 6 & 9 & 8 \\ 6 & - & 14 & 1 & 10 & 1 \\ 3 & 8 & - & 7 & 14 & 2 \\ 8 & 11 & 7 & - & 8 & 9 \\ 8 & 3 & 7 & 15 & - & 5 \\ 10 & 12 & 8 & 6 & 5 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 7 & 6 & 9 & 5 & 7 \\ 7 & - & 4 & 5 & 6 & 9 \\ 6 & 4 & - & 9 & 11 & 8 \\ 9 & 5 & 9 & - & 9 & 7 \\ 5 & 6 & 11 & 9 & - & 5 \\ 7 & 9 & 8 & 7 & 5 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

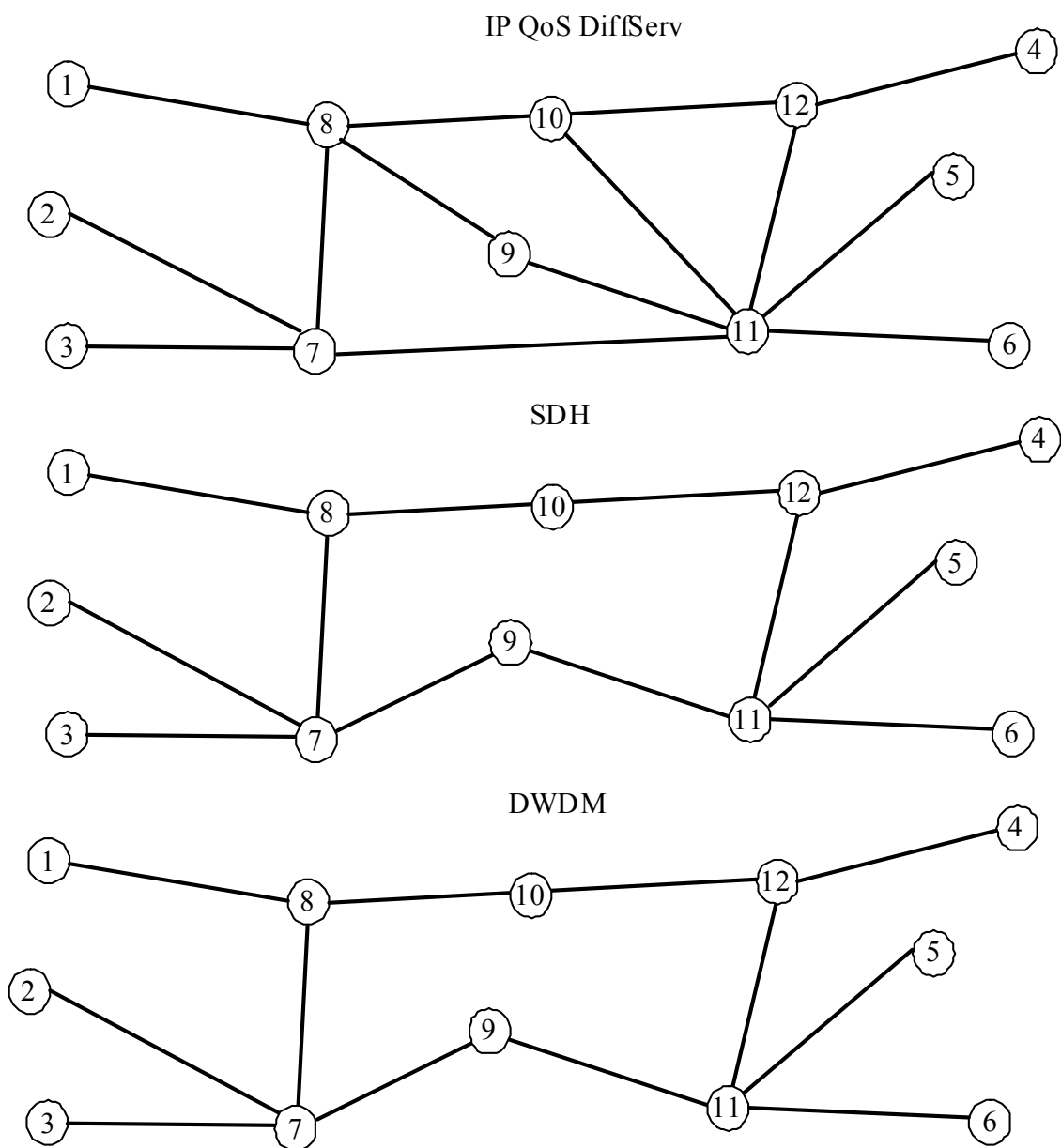
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 9 i 11.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {1,8,12,13,4}.

## Projekt numer 4

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	67	52	27	771Erl
2	64	51	37	690Erl
3	31	47	52	870Erl
4	51	29	42	821Erl
5	59	62	30	554Erl

6	47	58	24	721Erl
---	----	----	----	--------

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 33 & 25 & 21 & 22 & 23 \\ 26 & - & 24 & 34 & 17 & 20 \\ 23 & 20 & - & 30 & 11 & 0 \\ 11 & 31 & 18 & - & 24 & 2 \\ 20 & 25 & 25 & 21 & - & 20 \\ 28 & 24 & 21 & 21 & 28 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 9 & 7 & 8 & 9 & 6 \\ 3 & - & 4 & 10 & 7 & 3 \\ 6 & 2 & - & 5 & 4 & 7 \\ 4 & 10 & 6 & - & 6 & 13 \\ 3 & 9 & 5 & 4 & - & 4 \\ 7 & 5 & 11 & 6 & 7 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 9 & 7 & 15 & 12 & 9 \\ 9 & - & 9 & 10 & 8 & 2 \\ 7 & 9 & - & 9 & 11 & 5 \\ 15 & 10 & 9 & - & 5 & 7 \\ 12 & 8 & 11 & 5 & - & 5 \\ 9 & 2 & 5 & 7 & 5 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

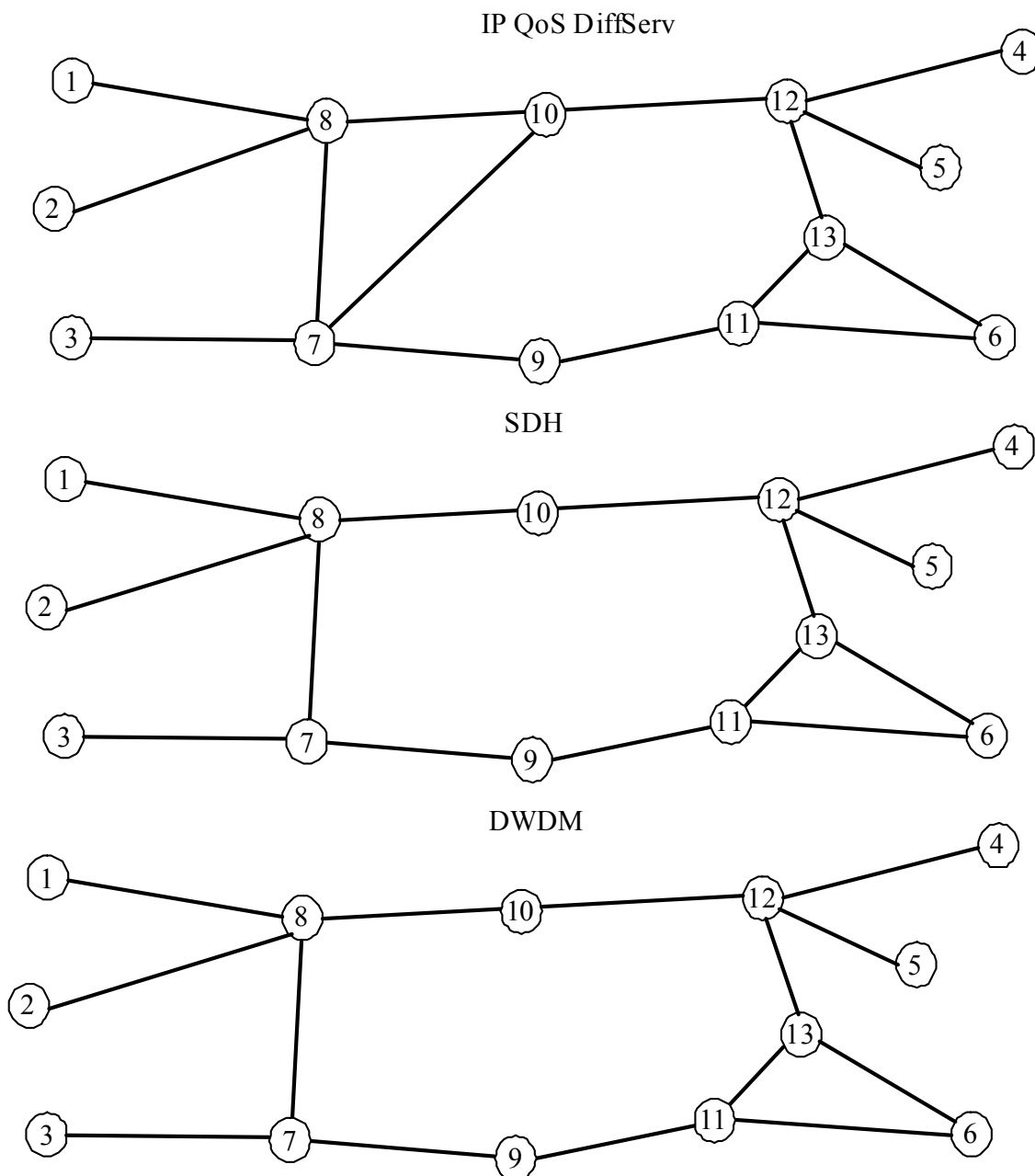
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 10 i 12.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {2,7,11,6}.

## Projekt numer 5

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	45	43	37	745Erl
2	59	34	48	790Erl
3	37	58	49	548Erl

<b>4</b>	57	49	31	700Erl
<b>5</b>	34	31	35	578Erl
<b>6</b>	43	31	32	575Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 29 & 17 & 21 & 0 & 24 \\ 20 & - & 29 & 24 & 35 & 23 \\ 29 & 24 & - & 32 & 29 & 2 \\ 37 & 25 & 29 & - & 21 & 7 \\ 26 & 19 & 21 & 27 & - & 26 \\ 20 & 21 & 18 & 16 & 25 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 12 & 7 & 11 & 9 & 8 \\ 7 & - & 13 & 12 & 9 & 2 \\ 5 & 14 & - & 3 & 8 & 4 \\ 16 & 2 & 7 & - & 4 & 7 \\ 7 & 11 & 4 & 8 & - & 7 \\ 5 & 12 & 9 & 7 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 9 & 7 & 13 & 12 & 9 \\ 9 & - & 8 & 11 & 3 & 5 \\ 7 & 8 & - & 9 & 11 & 6 \\ 13 & 11 & 9 & - & 9 & 7 \\ 12 & 3 & 11 & 9 & - & 8 \\ 9 & 5 & 6 & 7 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

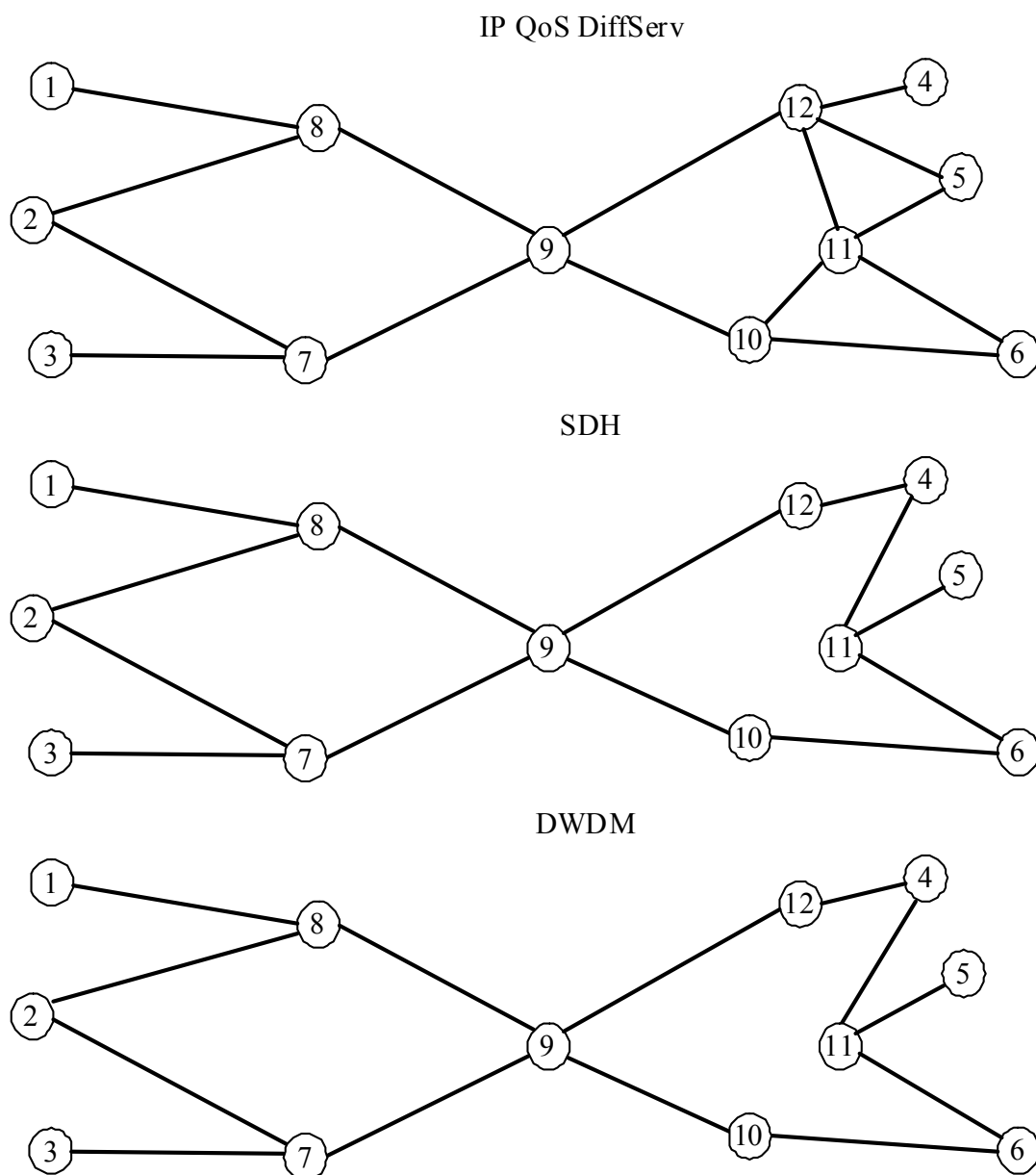
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 7 i 9.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {3,7,9,11,6}.

## Projekt numer 6

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	33	35	39	671Erl
2	51	47	37	731Erl
3	31	39	73	730Erl
4	58	31	37	667Erl
5	41	47	78	603Erl



6	36	35	38	730Erl
---	----	----	----	--------

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 49 & 17 & 21 & 0 & 24 \\ 20 & - & 29 & 23 & 30 & 43 \\ 25 & 22 & - & 32 & 29 & 2 \\ 37 & 35 & 26 & - & 31 & 10 \\ 26 & 16 & 21 & 27 & - & 26 \\ 27 & 51 & 38 & 19 & 25 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 22 & 8 & 11 & 9 & 10 \\ 5 & - & 20 & 7 & 4 & 2 \\ 9 & 14 & - & 3 & 11 & 4 \\ 16 & 12 & 7 & - & 14 & 19 \\ 7 & 9 & 4 & 5 & - & 7 \\ 7 & 12 & 9 & 10 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 6 & 7 & 13 & 12 & 9 \\ 6 & - & 8 & 13 & 3 & 10 \\ 7 & 8 & - & 9 & 12 & 6 \\ 13 & 13 & 9 & - & 9 & 17 \\ 12 & 3 & 12 & 9 & - & 5 \\ 9 & 10 & 6 & 17 & 5 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

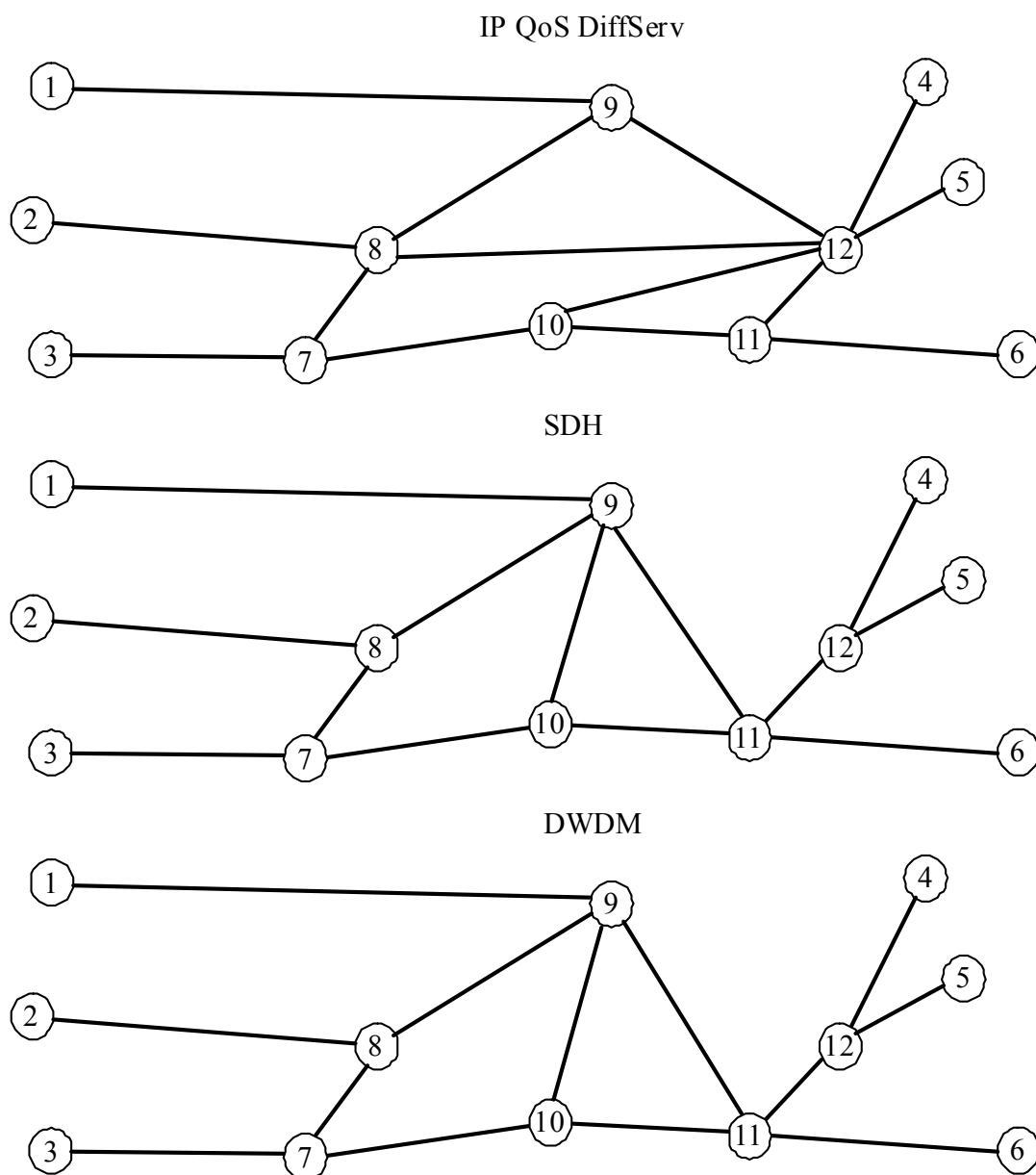
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 9 i 10.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {3,7,9,12,4}.

## Projekt numer 7

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	43	55	49	670Erl
2	51	47	47	741Erl
3	41	59	43	700Erl
4	48	41	57	877Erl

5	61	47	48	743Erl
6	46	65	48	741Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 49 & 17 & 21 & 12 & 24 \\ 20 & - & 30 & 23 & 38 & 43 \\ 29 & 22 & - & 32 & 25 & 2 \\ 38 & 35 & 23 & - & 25 & 7 \\ 26 & 18 & 21 & 22 & - & 26 \\ 25 & 53 & 38 & 18 & 23 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 22 & 7 & 11 & 9 & 8 \\ 7 & - & 20 & 8 & 6 & 12 \\ 5 & 4 & - & 13 & 8 & 4 \\ 16 & 12 & 17 & - & 14 & 17 \\ 9 & 20 & 7 & 15 & - & 7 \\ 15 & 12 & 9 & 7 & 9 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 8 & 7 & 11 & 8 & 10 \\ 8 & - & 6 & 7 & 6 & 7 \\ 7 & 6 & - & 14 & 16 & 8 \\ 11 & 7 & 15 & - & 5 & 16 \\ 8 & 6 & 16 & 5 & - & 13 \\ 10 & 7 & 8 & 16 & 13 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

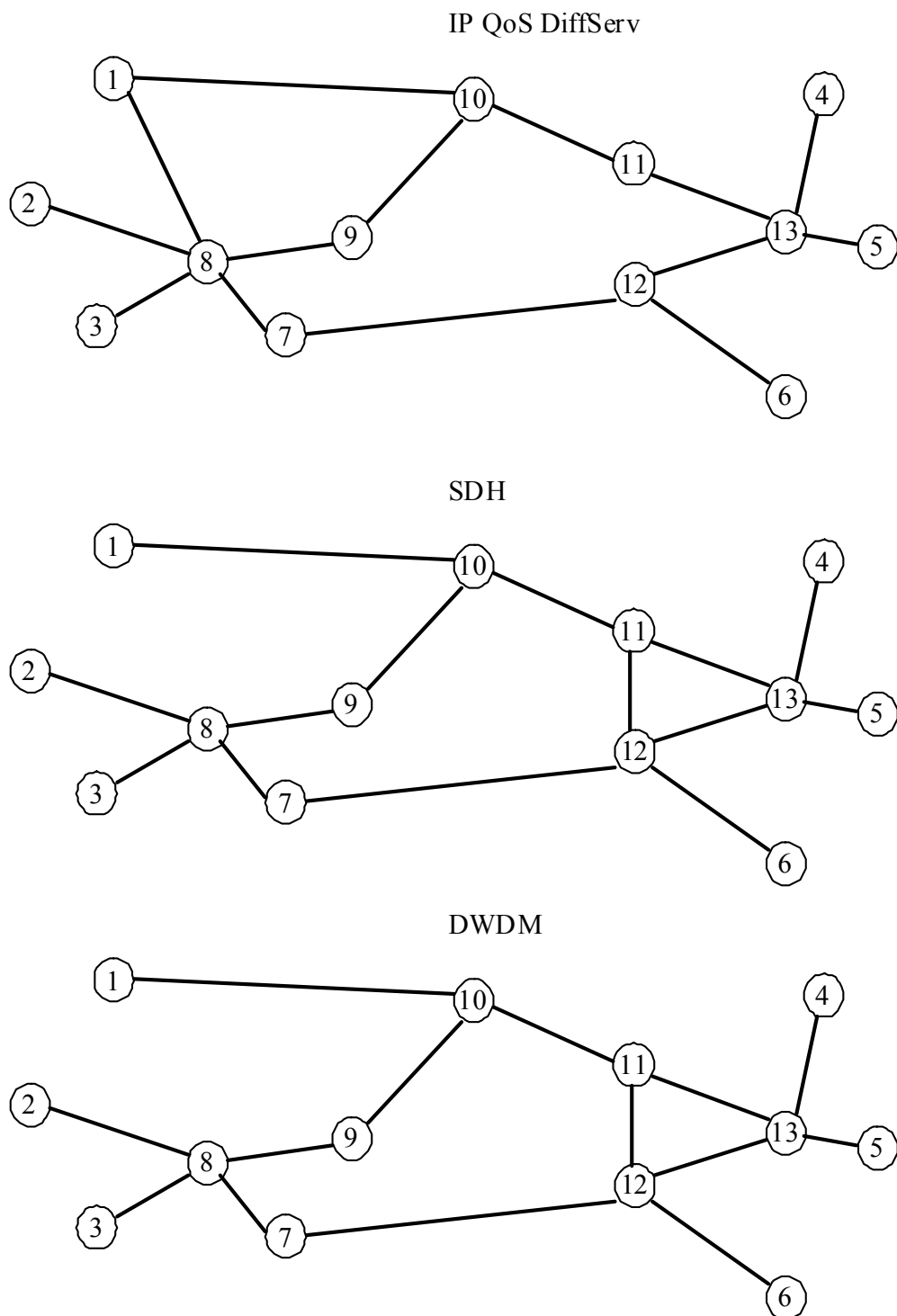
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 9 i 11.

### 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {2,8,12,5}.

## Projekt numer 8

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	43	65	49	700Erl
2	31	47	37	840Erl
3	61	49	53	745Erl
4	38	51	37	670Erl
5	51	37	28	743Erl
6	36	45	38	850Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 9 & 23 & 17 & 15 & 27 \\ 11 & - & 20 & 33 & 37 & 12 \\ 13 & 17 & - & 19 & 41 & 24 \\ 17 & 29 & 33 & - & 24 & 6 \\ 13 & 39 & 21 & 10 & - & 26 \\ 19 & 22 & 43 & 26 & 17 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 7 & 15 & 16 & 14 & 11 \\ 11 & - & 18 & 4 & 7 & 6 \\ 5 & 9 & - & 10 & 13 & 12 \\ 8 & 12 & 17 & - & 12 & 7 \\ 12 & 6 & 25 & 13 & - & 4 \\ 11 & 8 & 4 & 7 & 10 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 7 & 7 & 5 & 9 & 2 \\ 7 & - & 3 & 10 & 7 & 7 \\ 7 & 3 & - & 11 & 4 & 5 \\ 5 & 10 & 11 & - & 4 & 7 \\ 9 & 7 & 4 & 4 & - & 9 \\ 2 & 7 & 5 & 7 & 9 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

Zakładamy uszkodzenie między węzłami 7 i 12.

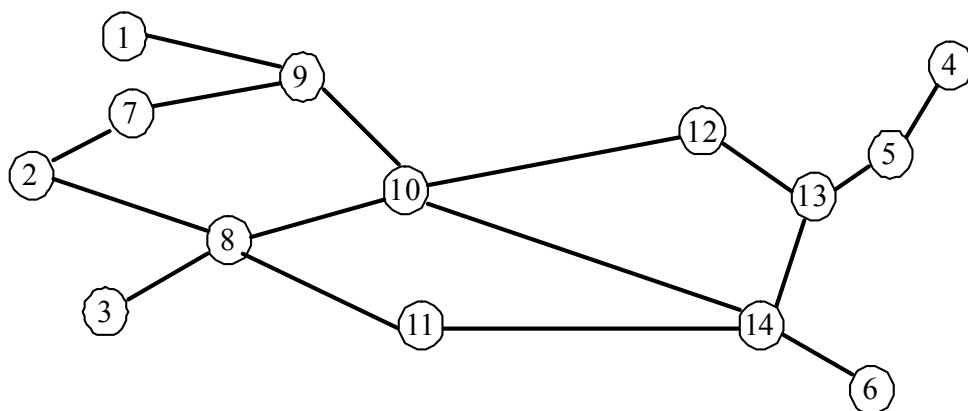
## 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów  $\{3,8,12,7,6\}$ .

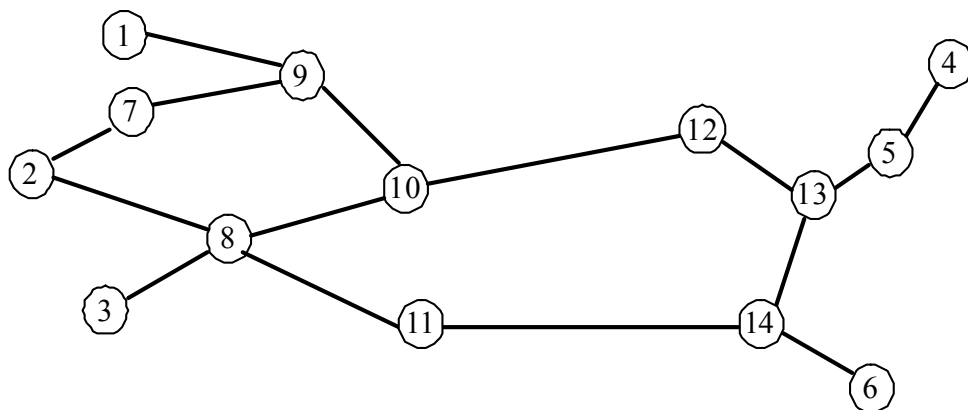
## Projekt numer 9

### 1. Struktura sieci

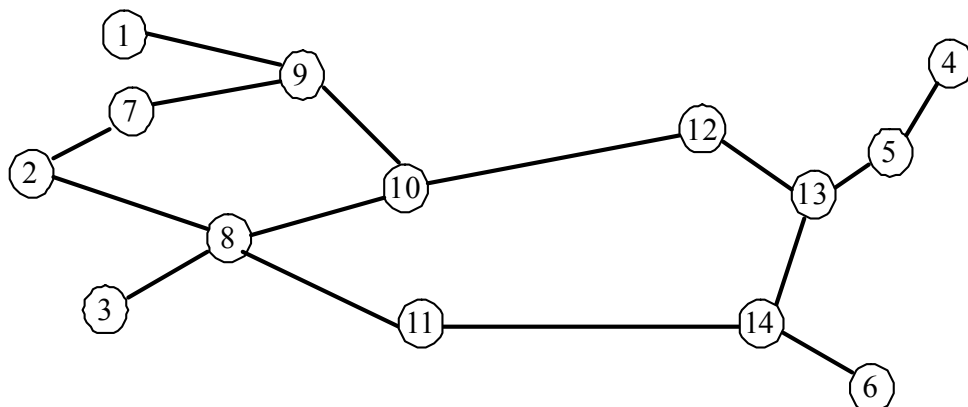
IP QoS DiffServ



SDH



DWDM



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3,4,5,6).

Tab. 2. Liczność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
-----------------	---	---	---	---

<b>1</b>	55	23	53	670Erl
<b>2</b>	69	54	37	574Erl
<b>3</b>	25	54	50	874Erl
<b>4</b>	34	45	57	490Erl
<b>5</b>	78	55	47	749Erl
<b>6</b>	27	67	44	689Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 28 & 18 & 11 & 24 & 19 \\ 22 & - & 20 & 25 & 29 & 27 \\ 25 & 29 & - & 19 & 24 & 22 \\ 27 & 36 & 31 & - & 25 & 15 \\ 19 & 14 & 19 & 24 & - & 27 \\ 24 & 3 & 32 & 0 & 25 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 10 & 5 & 5 & 10 & 9 \\ 12 & - & 2 & 5 & 8 & 4 \\ 11 & 3 & - & 11 & 9 & 3 \\ 13 & 4 & 13 & - & 5 & 3 \\ 3 & 12 & 5 & 4 & - & 8 \\ 9 & 13 & 10 & 1 & 4 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 4 & 3 & 10 & 5 & 11 \\ 4 & - & 7 & 6 & 7 & 7 \\ 3 & 7 & - & 13 & 13 & 8 \\ 10 & 6 & 13 & - & 6 & 5 \\ 5 & 7 & 13 & 6 & - & 4 \\ 11 & 7 & 8 & 5 & 4 & - \end{bmatrix}$$

### 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

Zakładamy uszkodzenie między węzłami 8 i 10.



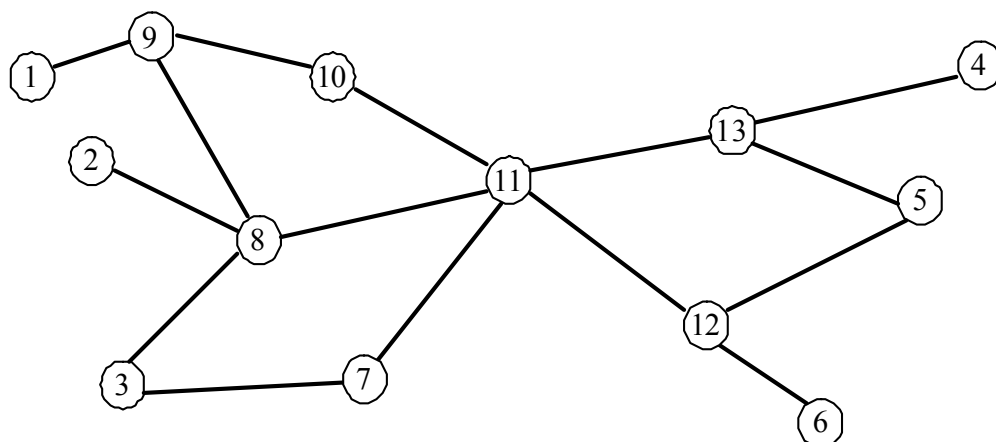
## 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów  $\{3,8,11,14,6\}$ .

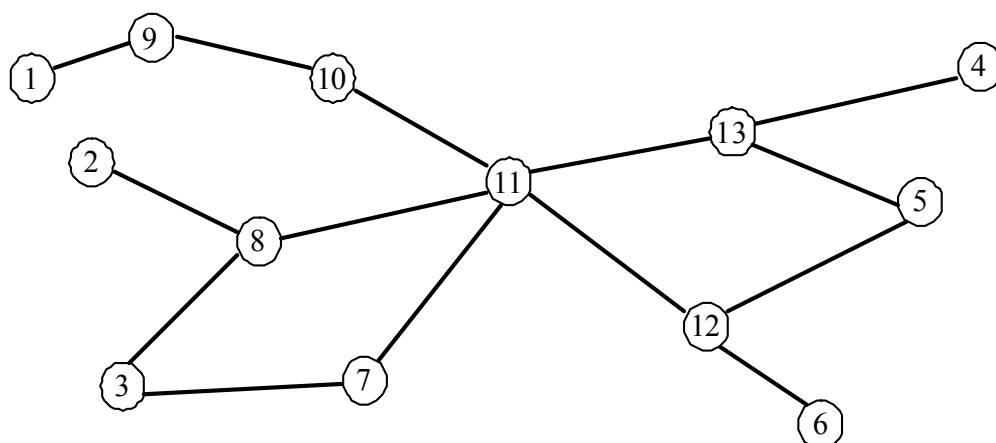
## Projekt numer 10

### 1. Struktura sieci

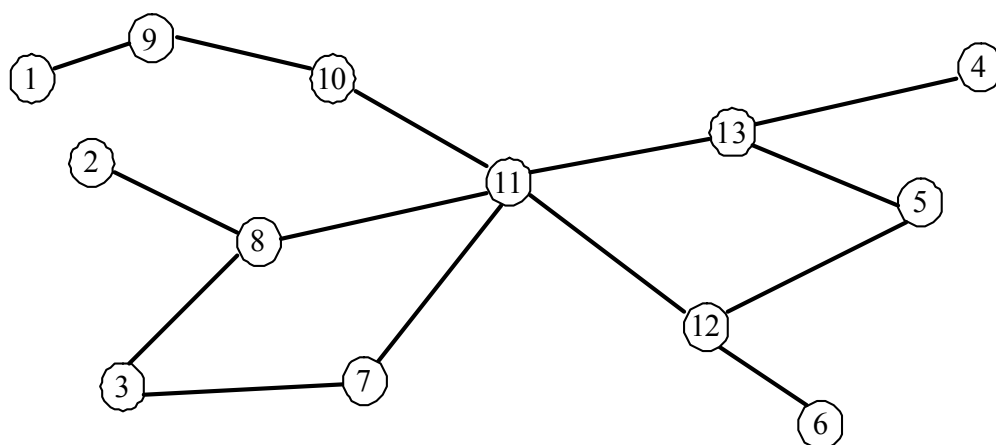
IP QoS DiffServ



SDH



DWDM



## 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3).

Tab. 2. Liczność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	54	27	27	399Erl
2	42	25	39	700Erl
3	61	28	35	578Erl
4	54	52	25	400Erl
5	35	45	55	656Erl
6	45	41	57	726Erl

## 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 8 & 11 & 17 & 16 & 18 \\ 12 & - & 24 & 15 & 24 & 12 \\ 15 & 17 & - & 16 & 23 & 12 \\ 18 & 12 & 33 & - & 24 & 6 \\ 13 & 19 & 21 & 19 & - & 26 \\ 18 & 21 & 15 & 26 & 18 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 7 & 6 & 8 & 12 & 12 \\ 9 & - & 13 & 4 & 7 & 7 \\ 6 & 9 & - & 4 & 9 & 12 \\ 6 & 13 & 16 & - & 13 & 8 \\ 12 & 12 & 5 & 13 & - & 3 \\ 10 & 6 & 5 & 7 & 6 & - \end{bmatrix}$$

## 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 9 & 9 & 13 & 12 & 11 \\ 9 & - & 10 & 11 & 7 & 2 \\ 9 & 10 & - & 9 & 13 & 6 \\ 13 & 11 & 9 & - & 9 & 9 \\ 12 & 7 & 13 & 9 & - & 5 \\ 11 & 2 & 6 & 9 & 5 & - \end{bmatrix}$$

## 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

Zakładamy uszkodzenie między węzłami 11 i 13.

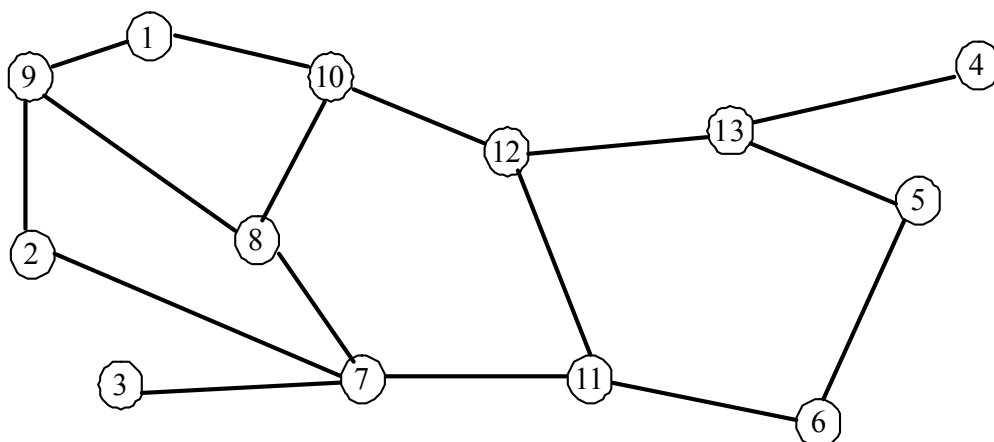
## 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów  $\{2,8,11,13,4\}$ .

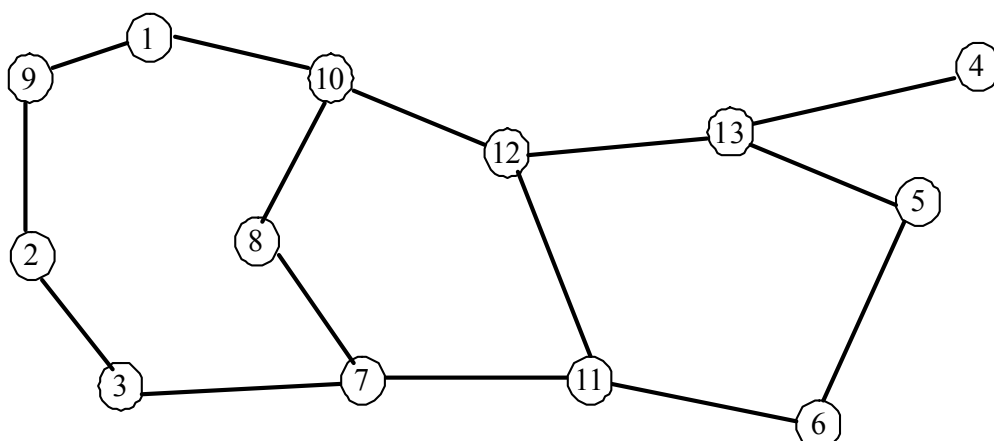
## Projekt numer 11

### 1. Struktura sieci

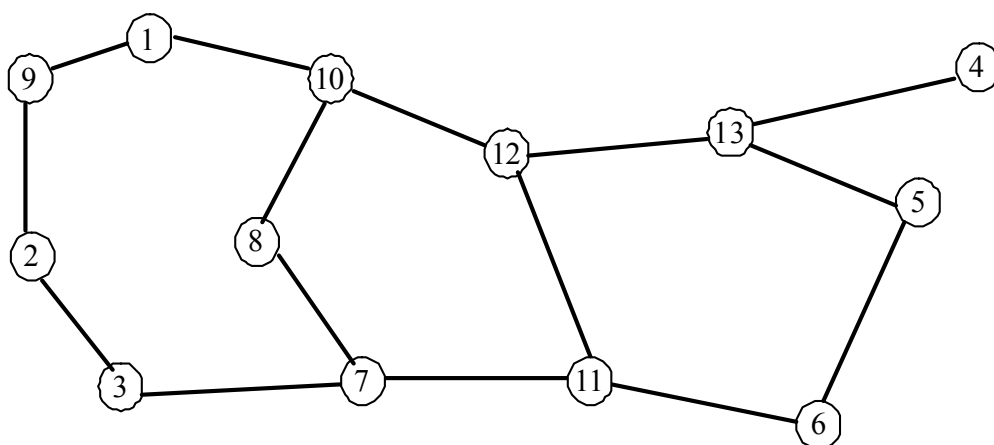
IP QoS DiffServ



SDH



DWDM



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS

W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	70	43	43	760Erl
2	42	37	37	555Erl
3	35	54	56	677Erl
4	47	30	38	811Erl
5	28	32	39	642Erl
6	37	33	47	710Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 49 & 17 & 25 & 0 & 24 \\ 20 & - & 29 & 33 & 38 & 43 \\ 33 & 22 & - & 23 & 20 & 12 \\ 33 & 35 & 23 & - & 30 & 11 \\ 26 & 16 & 26 & 27 & - & 26 \\ 25 & 47 & 38 & 15 & 25 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 22 & 9 & 11 & 10 & 8 \\ 6 & - & 20 & 7 & 4 & 25 \\ 11 & 14 & - & 4 & 8 & 12 \\ 16 & 11 & 7 & - & 15 & 17 \\ 17 & 12 & 4 & 5 & - & 7 \\ 5 & 14 & 10 & 10 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 7 & 6 & 9 & 11 & 10 \\ 7 & - & 2 & 9 & 10 & 3 \\ 6 & 2 & - & 7 & 9 & 13 \\ 9 & 9 & 7 & - & 4 & 5 \\ 11 & 10 & 9 & 4 & - & 7 \\ 10 & 3 & 13 & 5 & 7 & - \end{bmatrix}$$

## 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

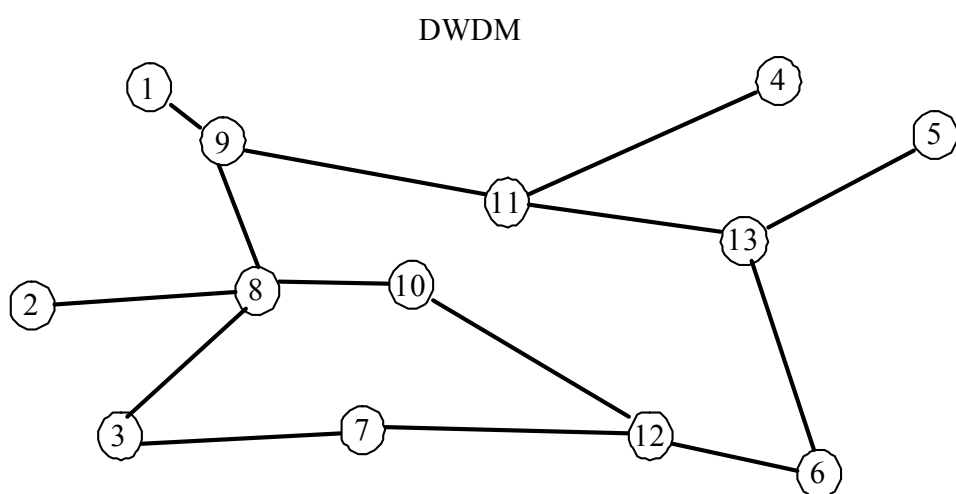
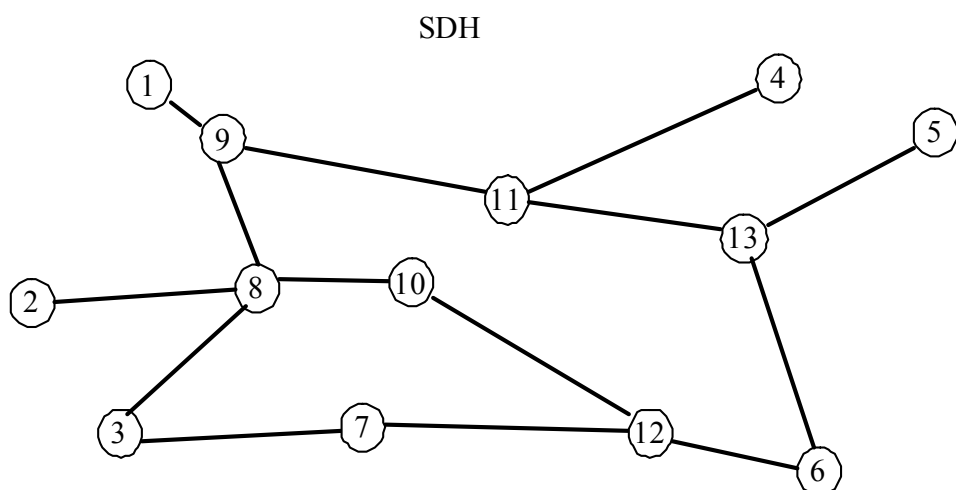
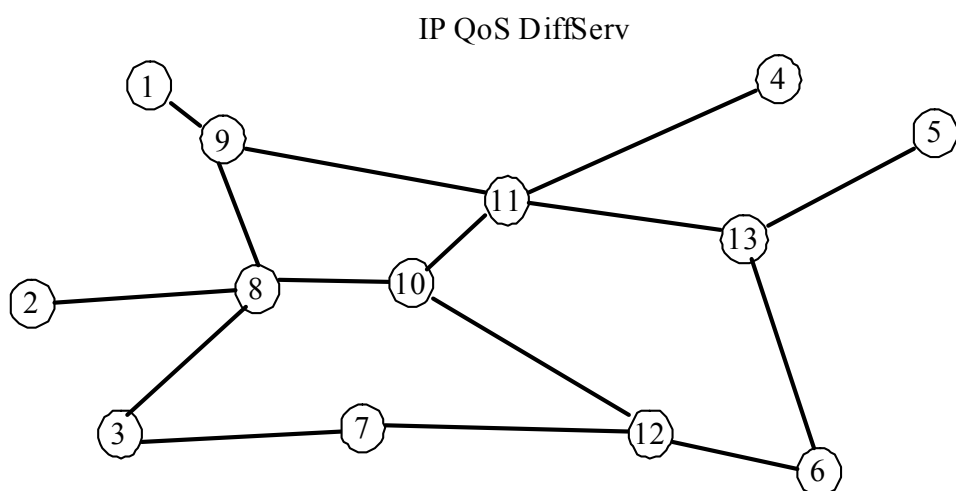
Zakładamy uszkodzenie między węzłami 10 i 12.

## 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów  $\{3,7,11,6\}$ .

## Projekt numer 12

### 1. Struktura sieci



### 2. Liczebności źródeł ruchu dla sieci IP QoS



W tabeli 2 zamieszczono liczebności  $S_i^k$  źródeł ruchu dla poszczególnych klas  $k$  (1,2,3,4) dla węzłów  $i$  (1,2,3).

Tab. 2. Liczebność  $S_i^k$  źródeł ruchu (strumieni)

$i \setminus k$	1	2	3	4
1	56	35	46	859Erl
2	48	39	45	771Erl
3	50	63	33	666Erl
4	38	41	61	667Erl
5	44	52	61	755Erl
6	49	47	51	741Erl

### 3. Zapotrzebowania na systemy PCM i STM1

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę systemów PCM oraz liczbę systemów STM1.

$$PCM = \begin{bmatrix} - & 53 & 22 & 27 & 19 & 41 \\ 21 & - & 29 & 35 & 29 & 27 \\ 22 & 18 & - & 27 & 9 & 26 \\ 8 & 25 & 21 & - & 38 & 19 \\ 13 & 13 & 21 & 22 & - & 24 \\ 16 & 14 & 15 & 39 & 24 & - \end{bmatrix}$$

$$STM1 = \begin{bmatrix} - & 8 & 4 & 9 & 16 & 21 \\ 7 & - & 10 & 9 & 6 & 21 \\ 22 & 10 & - & 23 & 16 & 16 \\ 13 & 7 & 10 & - & 14 & 11 \\ 17 & 23 & 22 & 12 & - & 9 \\ 9 & 21 & 9 & 6 & 8 & - \end{bmatrix}$$

### 4. Zapotrzebowania na liczbę długości fal

Zapotrzebowania te są podane w postaci macierzy określającej liczbę długości fal.

$$LDF = \begin{bmatrix} - & 4 & 5 & 6 & 3 & 9 \\ 4 & - & 3 & 8 & 4 & 3 \\ 5 & 3 & - & 5 & 8 & 7 \\ 6 & 8 & 5 & - & 2 & 4 \\ 3 & 4 & 8 & 2 & - & 6 \\ 9 & 3 & 7 & 4 & 6 & - \end{bmatrix}$$

## 5. Lokalizacja uszkodzenia w sieci DWDM

Zakładamy uszkodzenie między węzłami 7 i 12.

## 6. Dodatkowe obliczenia

Obliczenia dodatkowych parametrów należy przeprowadzić dla drogi w sieci IP QoS określonej przez ciąg węzłów {3,7,12,6}.