

CZĘSTOŚĆ LOTÓW MIĘDZY STOLICAMI EUROPY



WSTĘP

**MIARY
CENTRALNOŚCI
WIERZCHOŁKÓW**

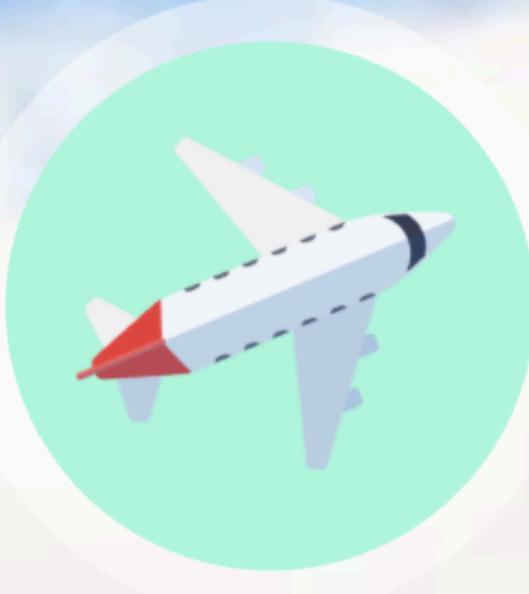
Przeszukiwanie

Społeczności

PODSUMOWANIE

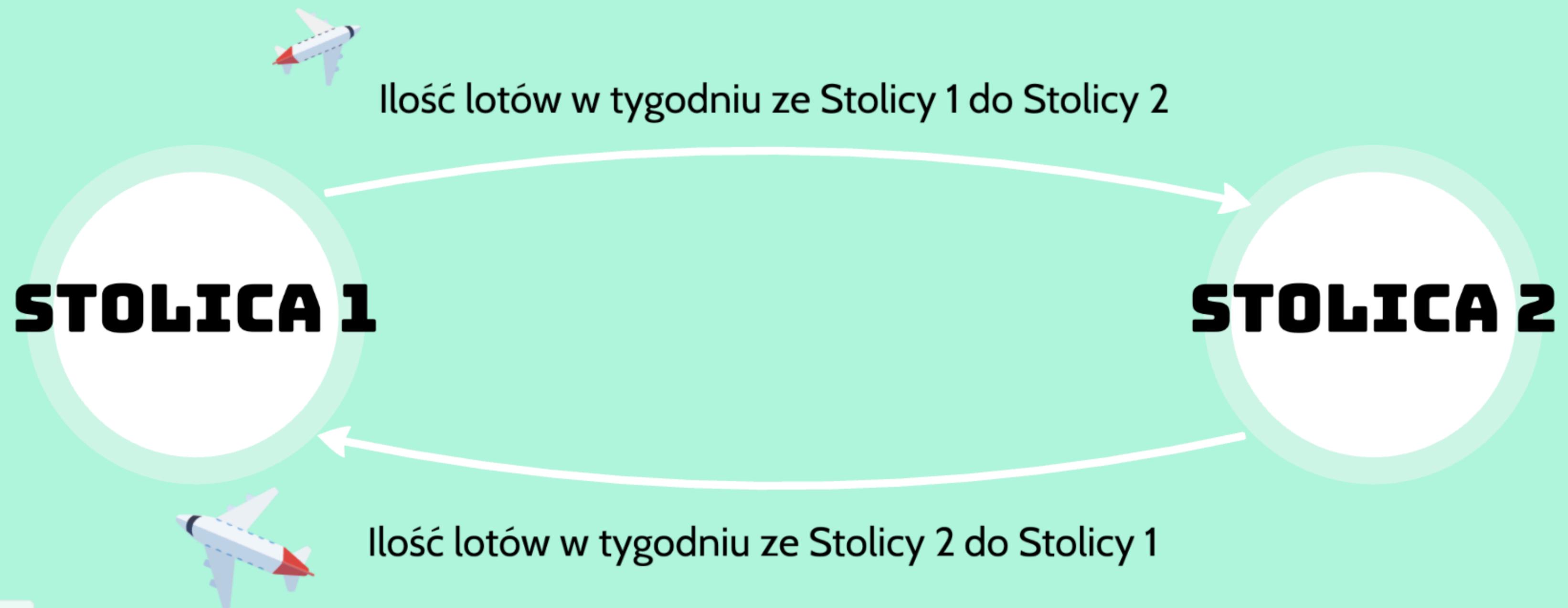
Kilka słów o naszej sieci

- skierowana
- ważona
- stworzona samodzielnie

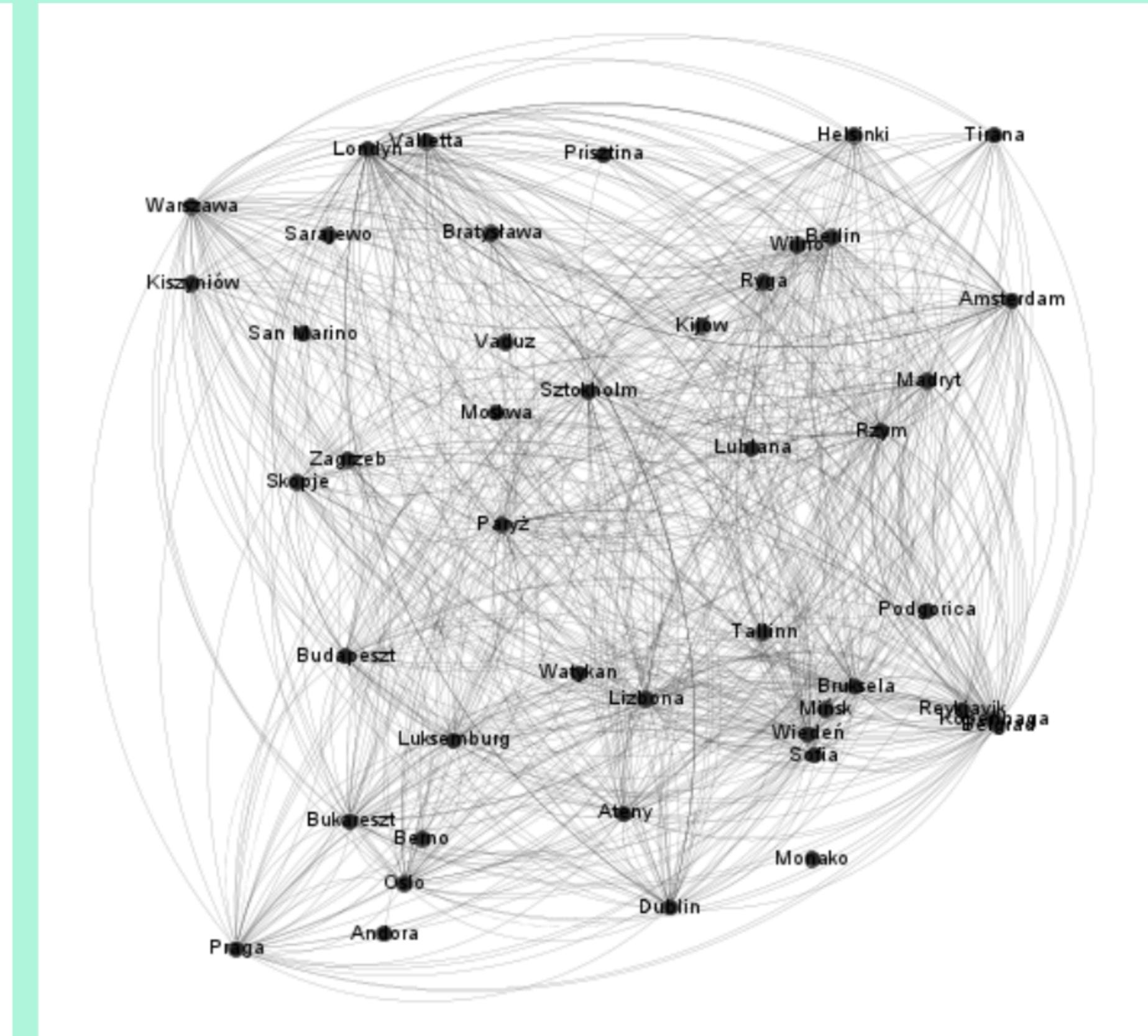
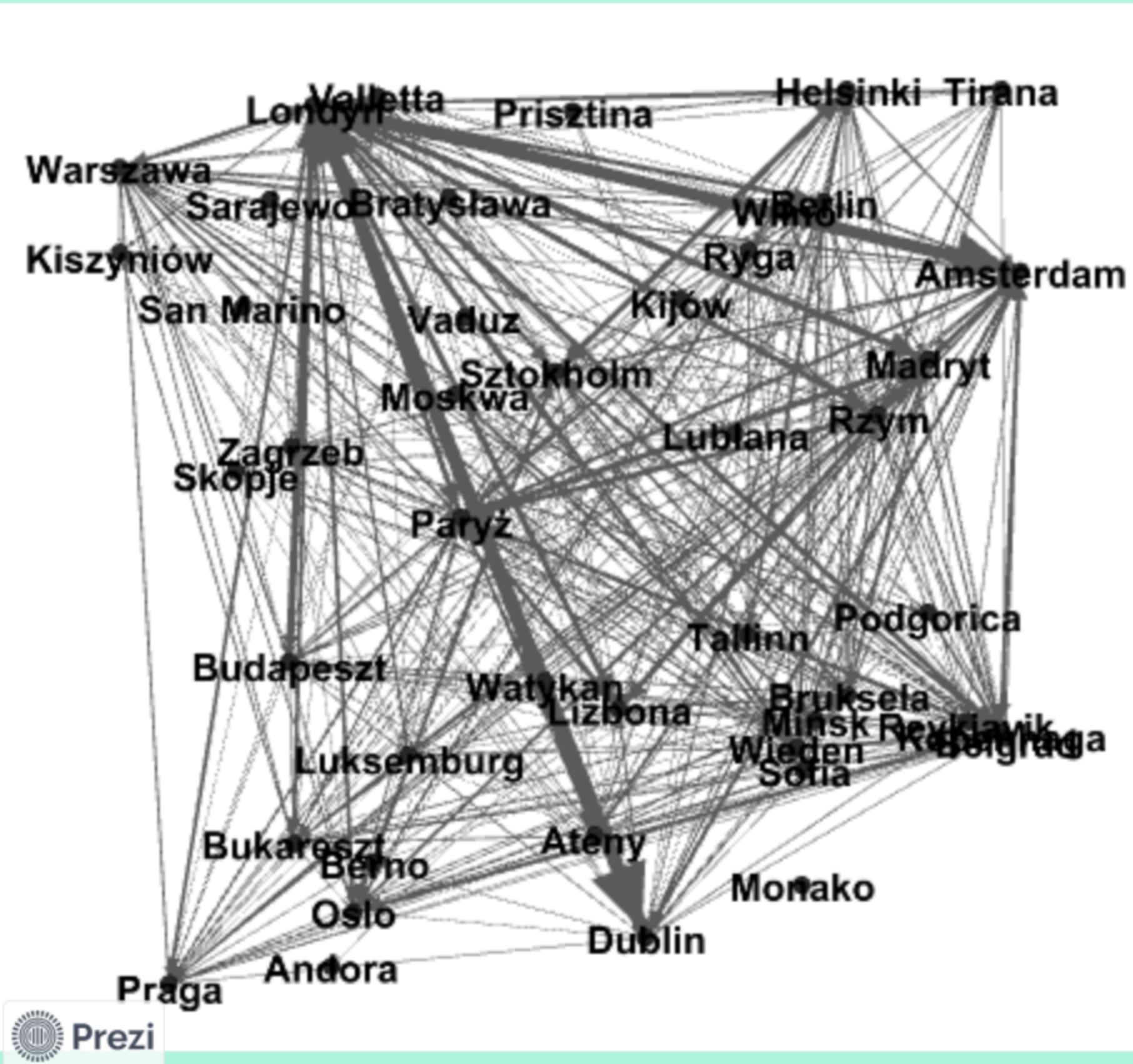


Podstawowe parametry

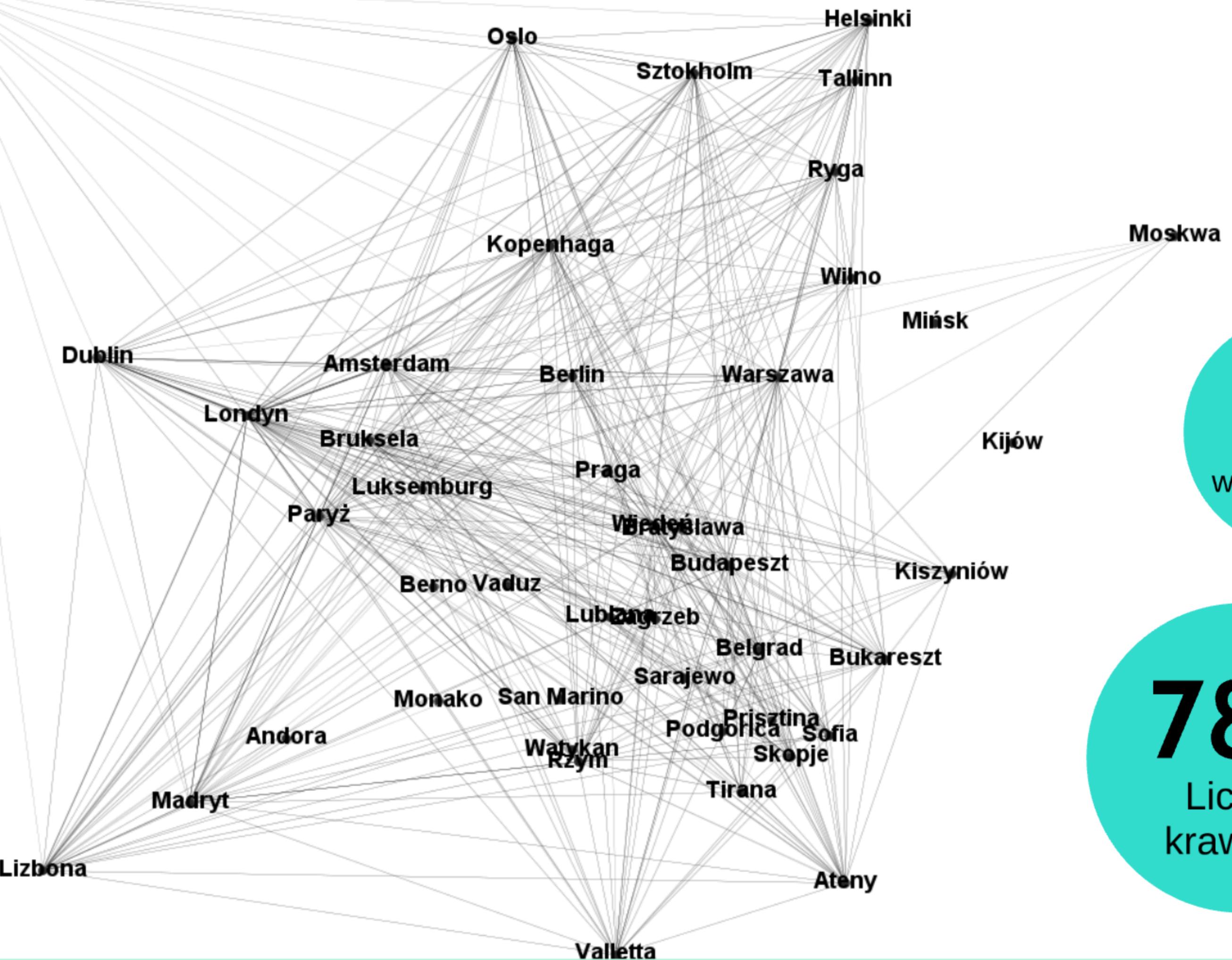
WIERZCHOŁKI I KRAWĘDZIE



Jak wygląda nasz graf?



Reykjavik



45

Liczba wierzchołków

784

Liczba krawędzi

$$N = |V(G)| = 45$$

$$|E(G)| = 784$$

PARAMETRY SIECI

45

Liczba wierzchołków

784

Liczba krawędzi

Gęstość (ang. density)

$$D(G) = \frac{\text{liczba krawędzi}}{\text{największa możliwa liczba krawędzi}}$$

Graf skierowany (directed): **Density: 0,396**

Graf nieskierowany (undirected): **Density: 0,419**



Średni stopień wierzchołka (ang. average degree)

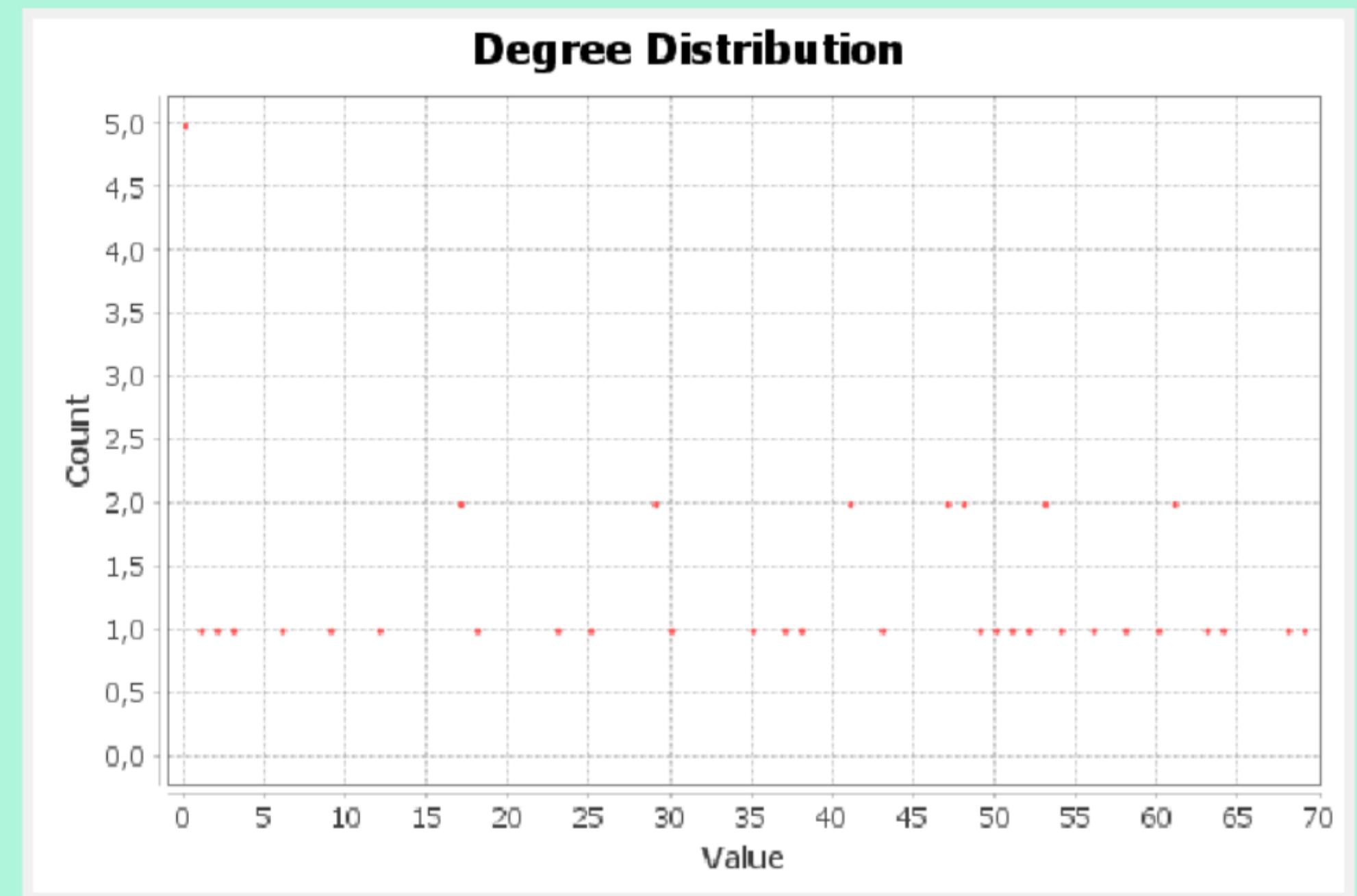
$$\langle k(G) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k(i)$$

$N = 45$

$k(i)$ - stopień wierzchołka i

$$\langle k(G) \rangle = \frac{\text{suma stopni wierzchołków}}{\text{liczba wierzchołków}}$$

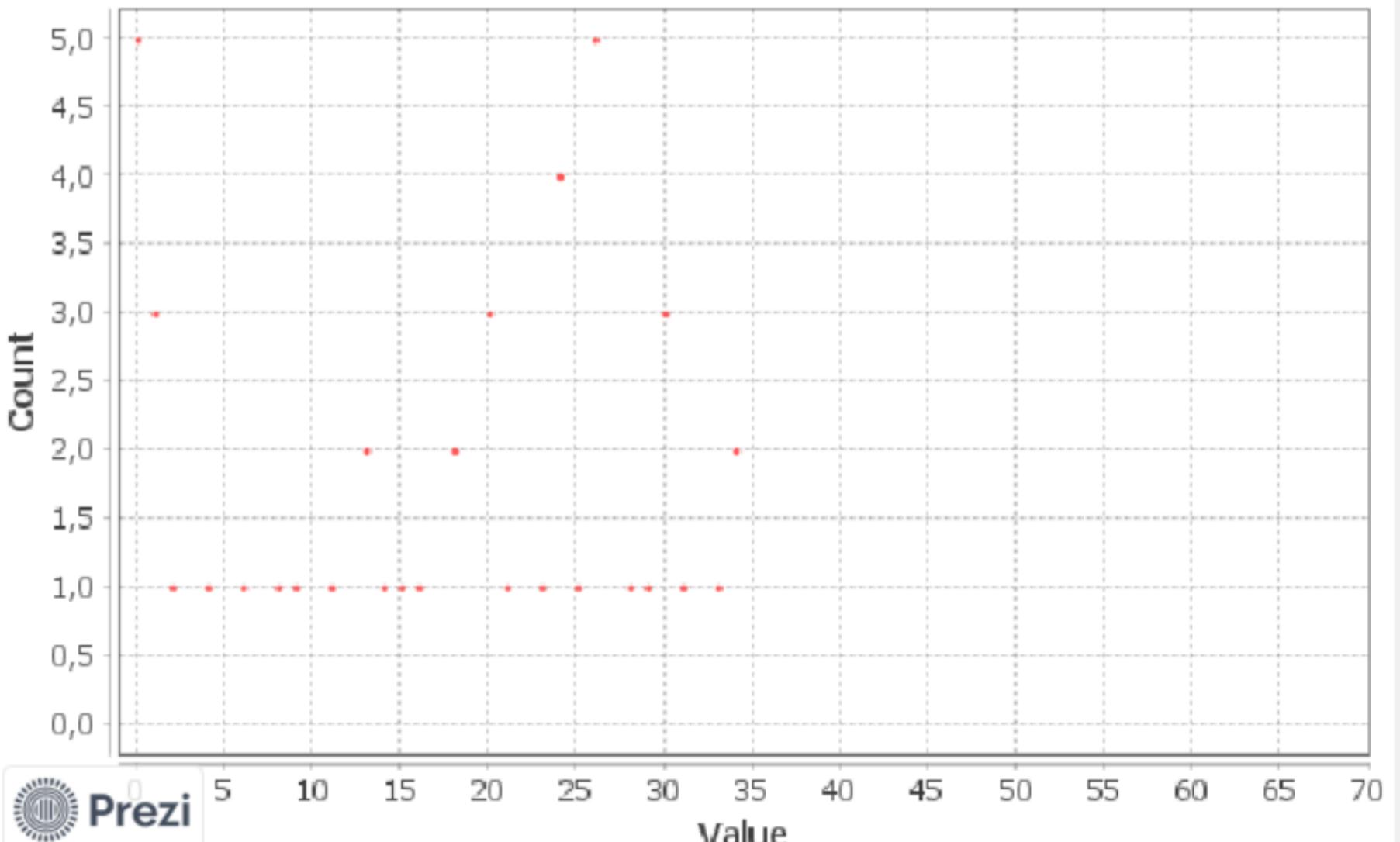
Average Degree: 17,422



Średni stopień wejściowy

17.422

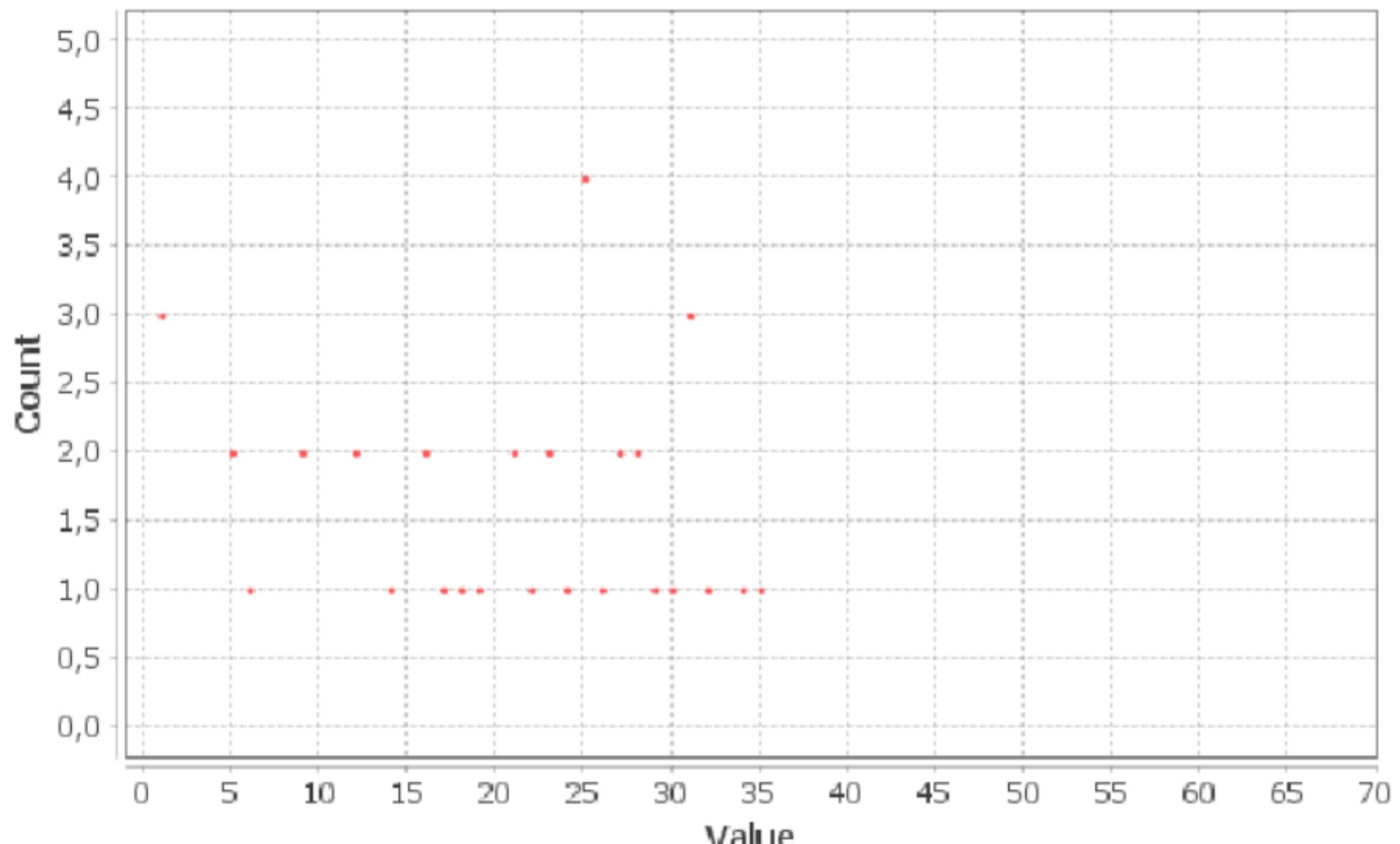
In-Degree Distribution



Średni stopień wyjściowy

17.422

Out-Degree Distribution



Liczba składowych (ang. connected components)

6



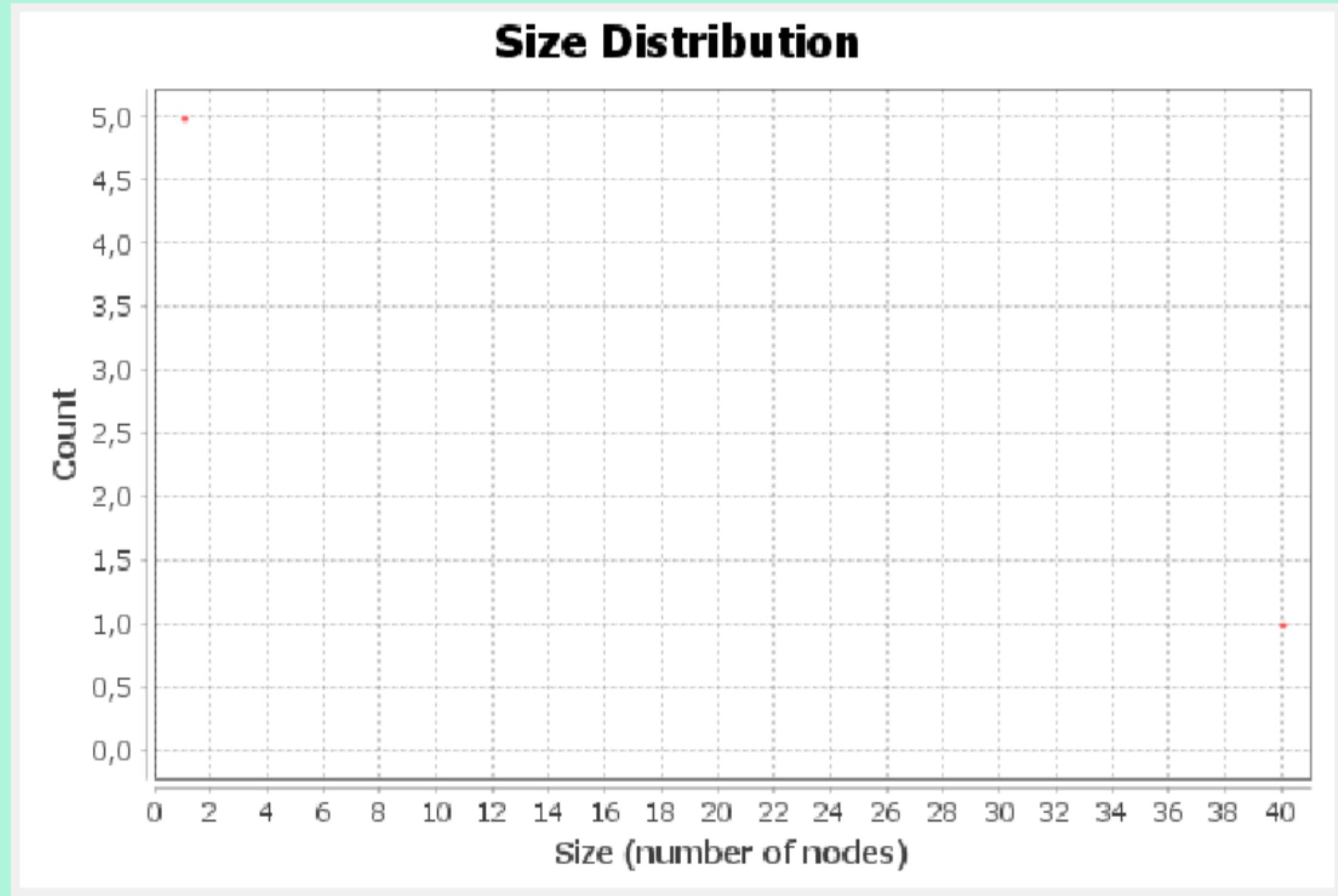
Watykan

San Marino

Monako

Vaduz

Kijów



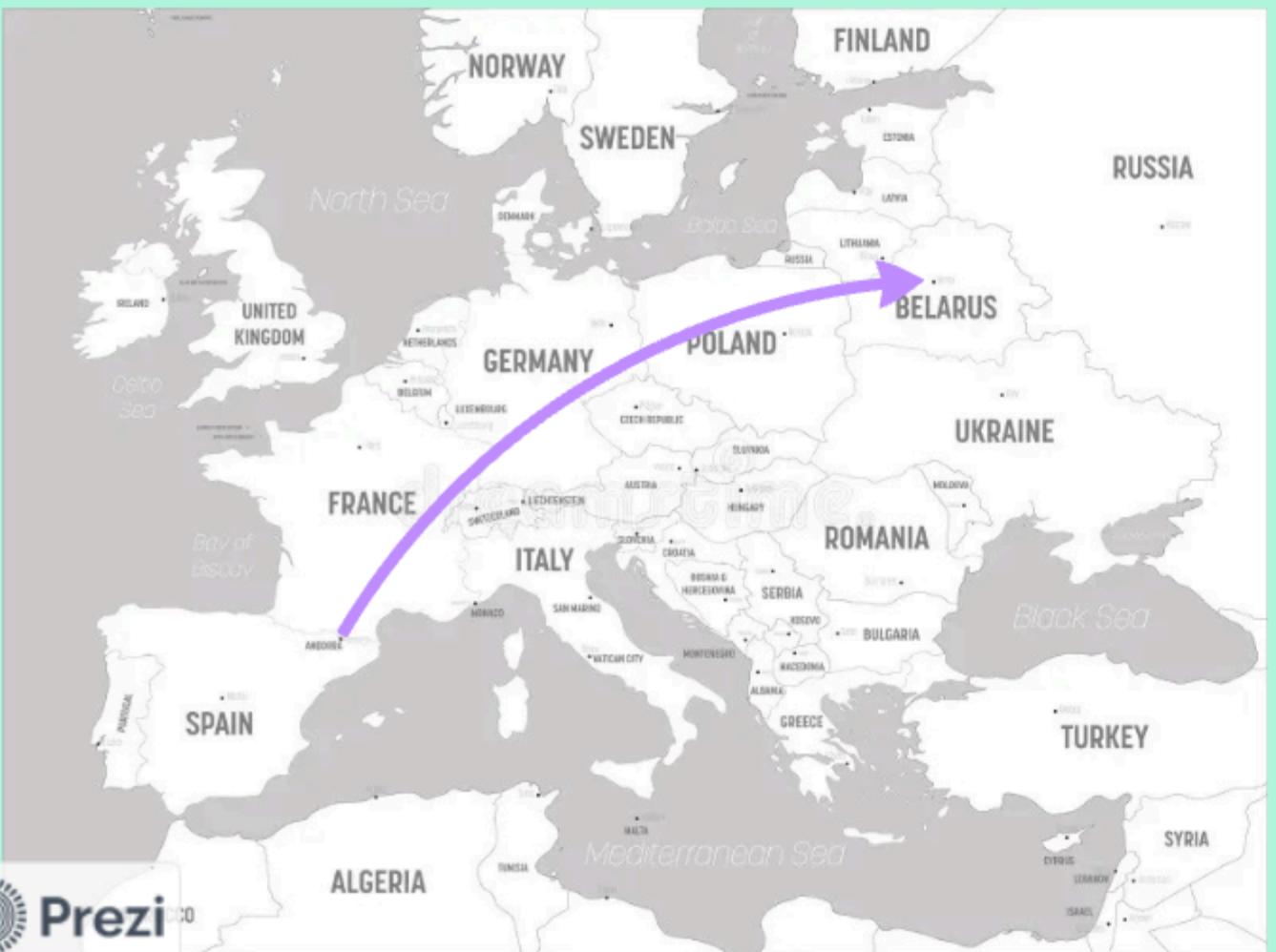
Średnica (ang. diameter)

Najdłuższa z najkrótszych ścieżek

$$\text{diam}(G) = \max_{i,j} d(i,j)$$

$d(i,j)$ – odległość między wierzchołkami i i j

5



Średnia długość ścieżki (ang. average path length)

Średnia długość wszystkich najkrótszych ścieżek

$$\text{sieć skierowana } \langle d(G) \rangle = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N d(i,j)$$

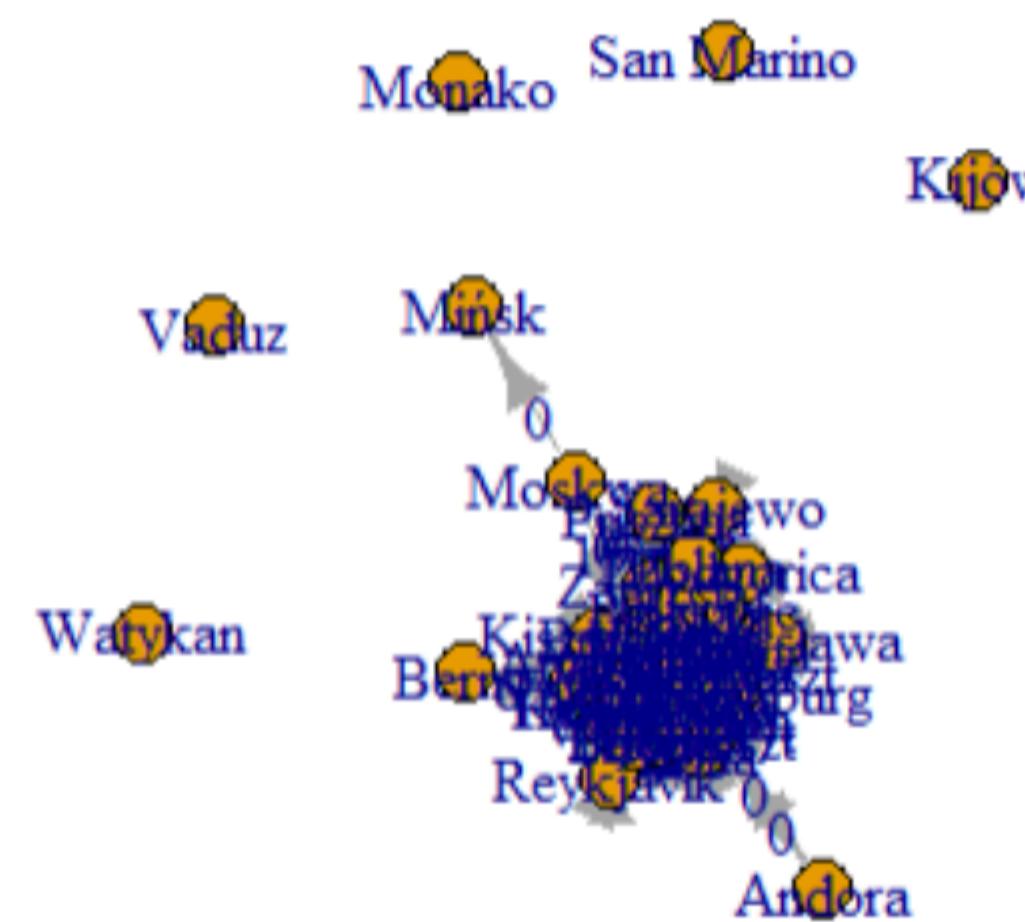
1.5595



MIARY CENTRALNOŚCI WIERZCHOŁKÓW

Miary centralności pomagają identyfikować istotne wierzchołki w grafach, ważne dla komunikacji i przepływu informacji.

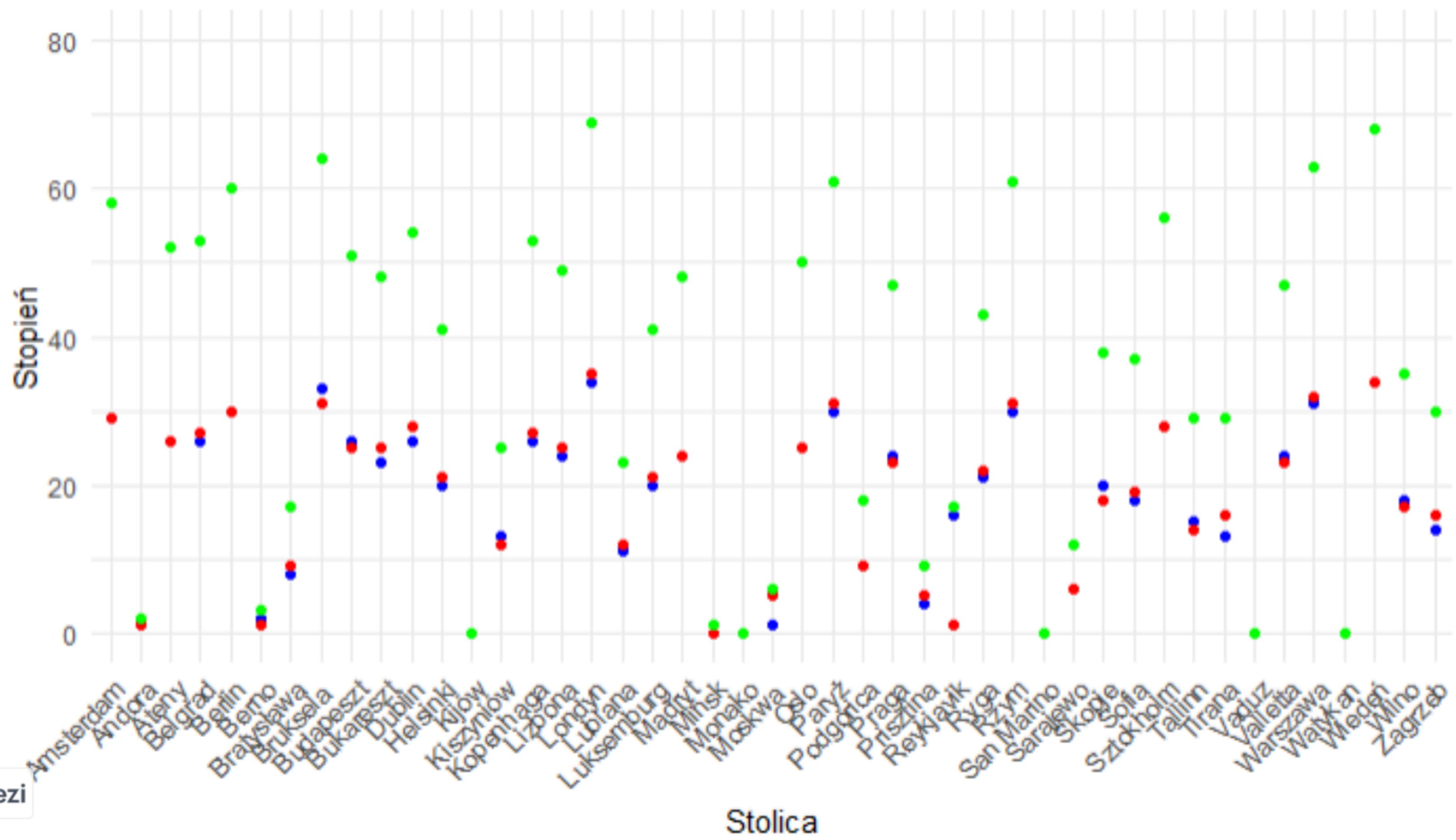
Graf Lotów Samolotów



Centralność stopnia wierzchołka

- Mierzy liczbę krawędzi związań z danym wierzchołkiem.
- Wysoki stopień wskazuje na dużą ilość połączeń.

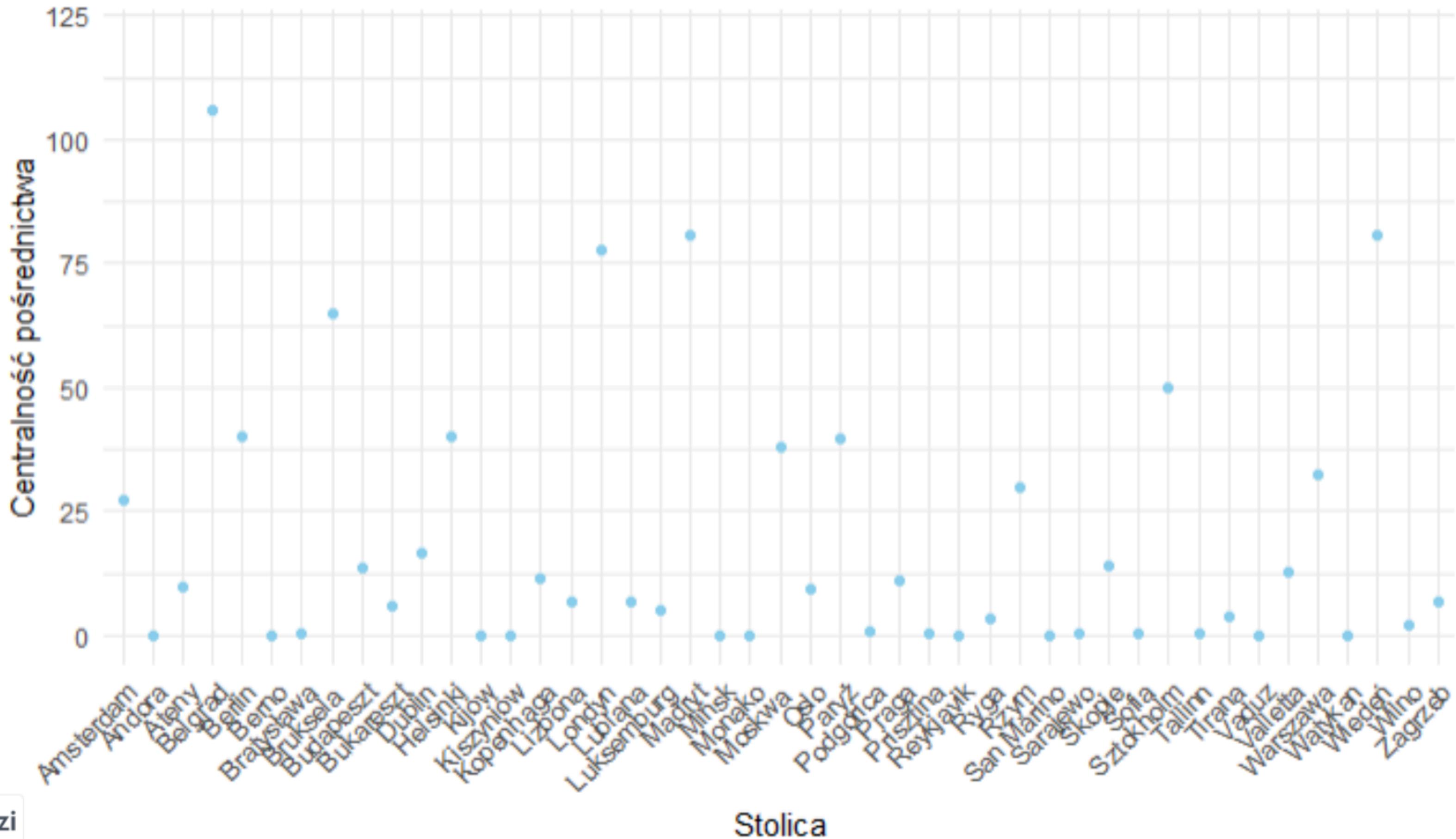
Stopnie wierzchołków w grafie



Centralność pośrednictwa

- Miasto odgrywa kluczową rolę w trasach lotów między innymi miastami.
- Wysokie pośrednictwo sugeruje znaczenie miasta jako ważnego połączenia lub hubu w sieci lotów.

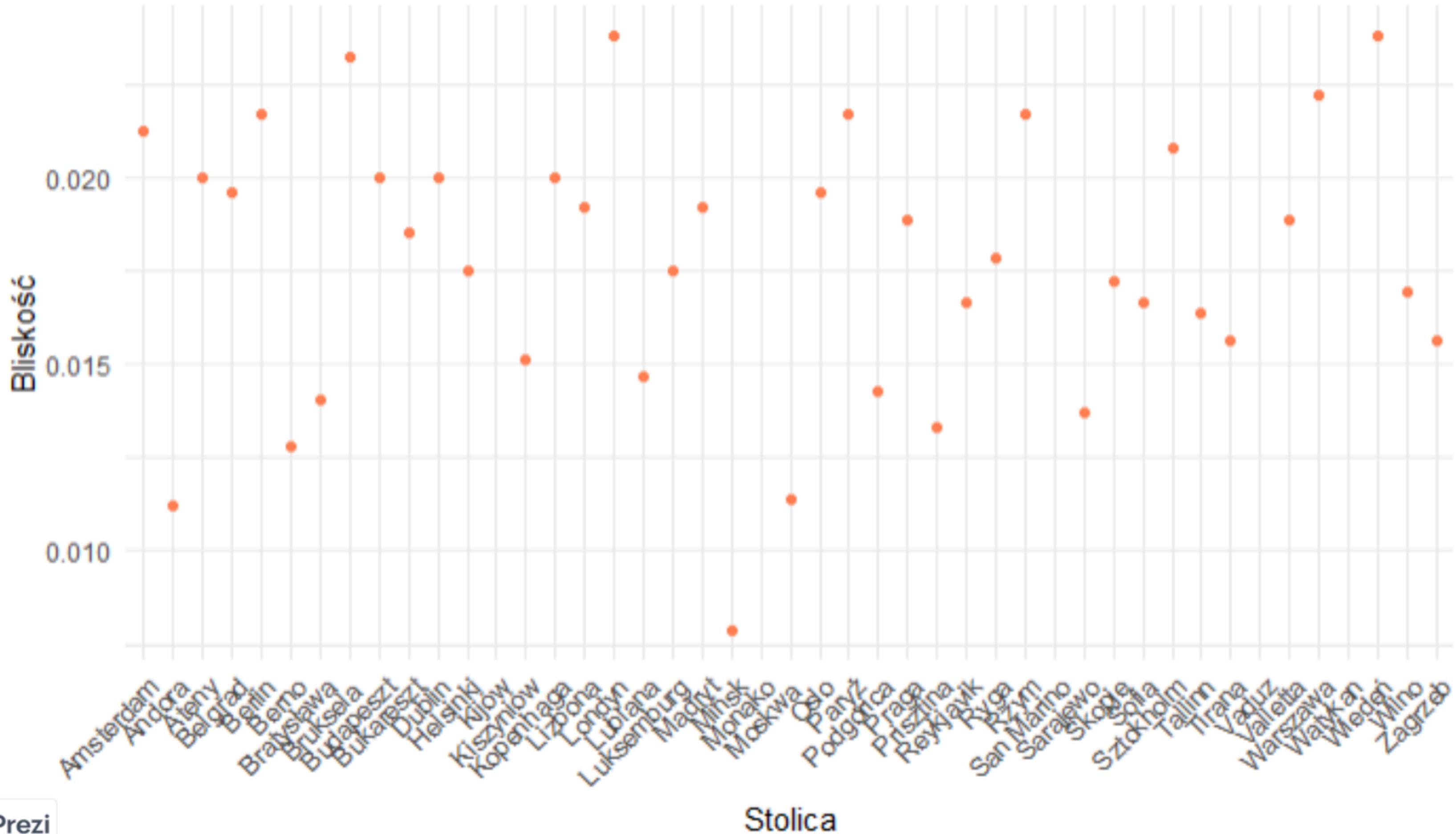
Centralność pośrednictwa w grafie



Centralność bliskości

- Wartość bliskości określa poziom dostępności miasta w sieci lotów.
- Wysoka bliskość oznacza dobrą komunikację miasta z innymi miejscami.

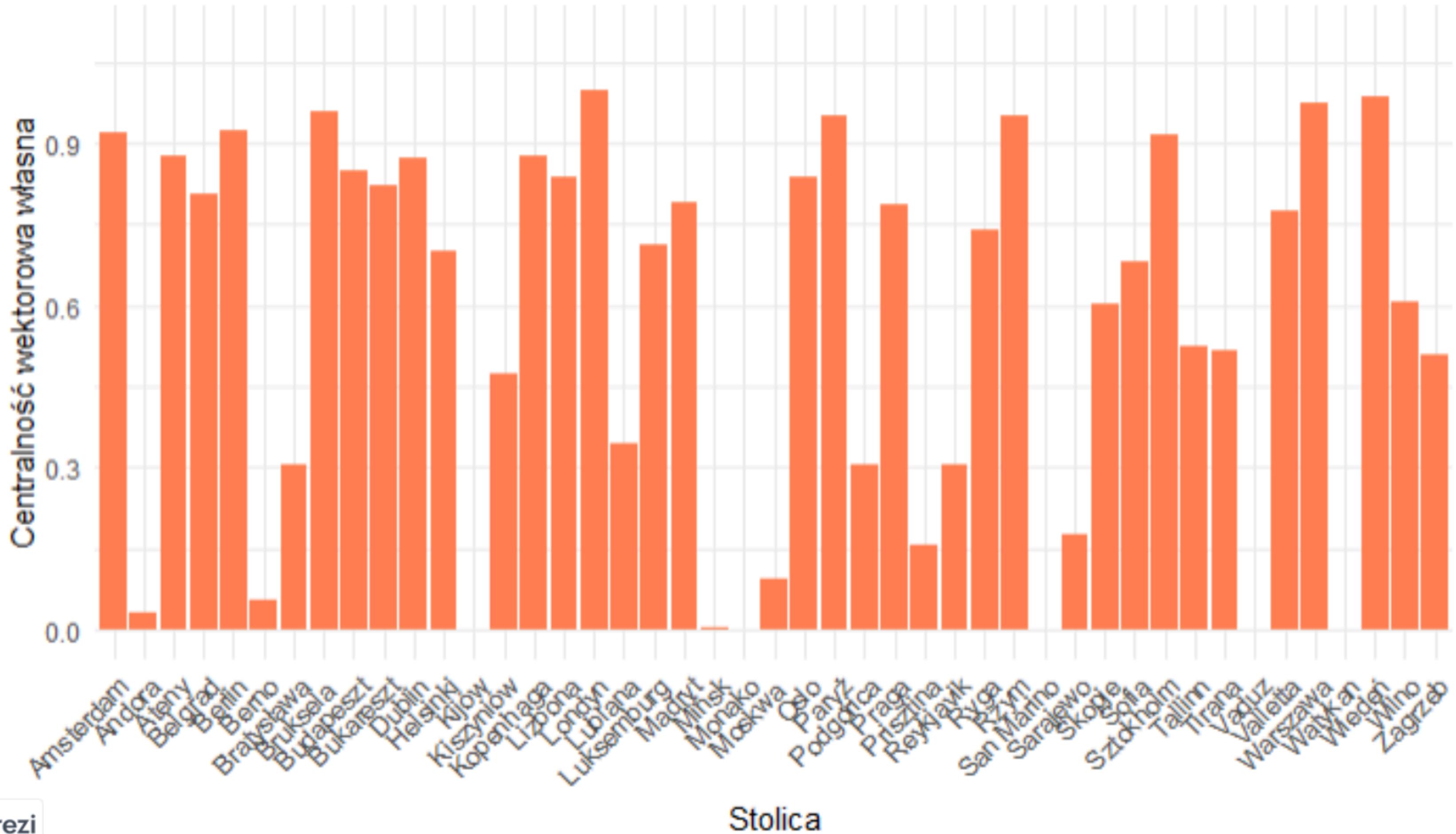
Bliskość wierzchołków w grafie



Centralność Wektorowa (Eigenvector Centrality)

- Miasto jest oceniane pod względem połączeń z innymi ważnymi miastami.
- Wysoka centralność wektorowa jest wskaźnikiem powiązań miasta z kluczowymi ośrodkami lotniczymi.

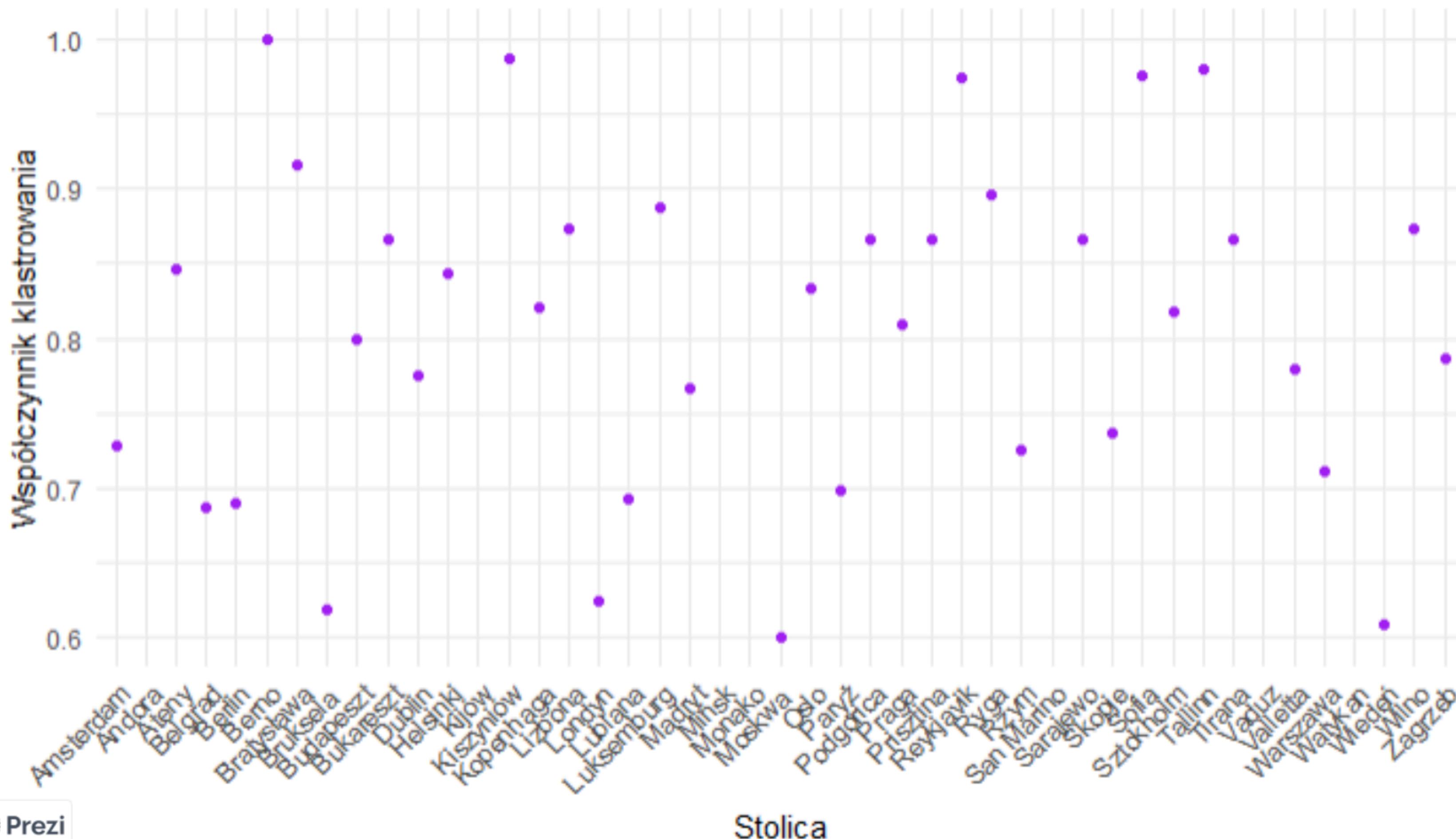
Centralność wektorowa własna dla wierzchołków w grafie



Centralność współczynnika klastrowania

- Wskaźnik klastrowania określa stopień skupienia lotów między danym miastem a innymi miastami.
- Wysoki współczynnik oznacza intensywne skupienie połączeń lotniczych wokół danego miasta.

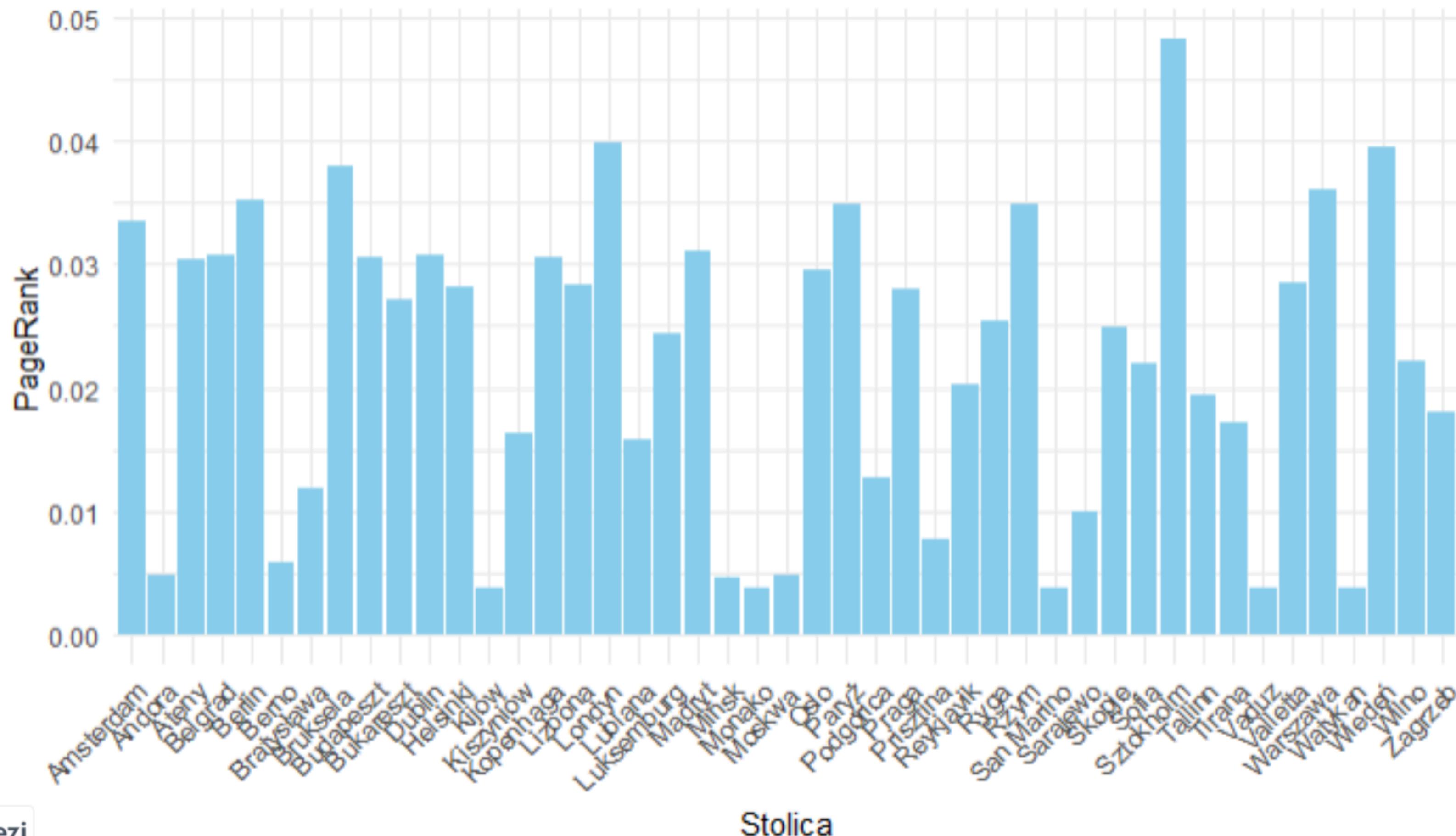
Współczynnik klastrowania wierzchołków w grafie



Centralność PageRank

- Algorytm PageRank ocenia ważność wierzchołków w oparciu o ich połączenia z innymi istotnymi wierzchołkami.
- Może być stosowany do identyfikacji kluczowych miast w sieci lotniczej.

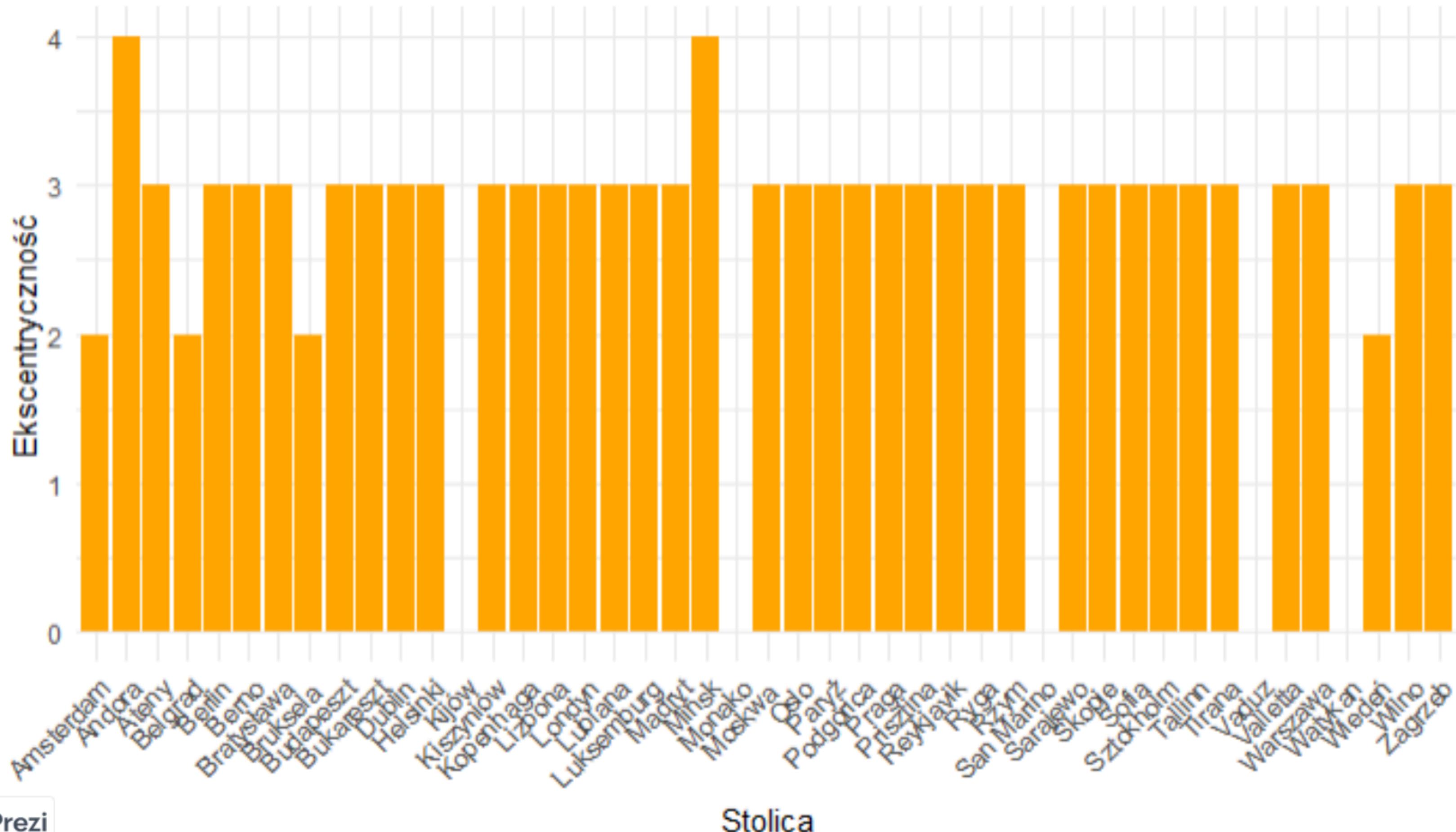
PageRank dla wierzchołków w grafie



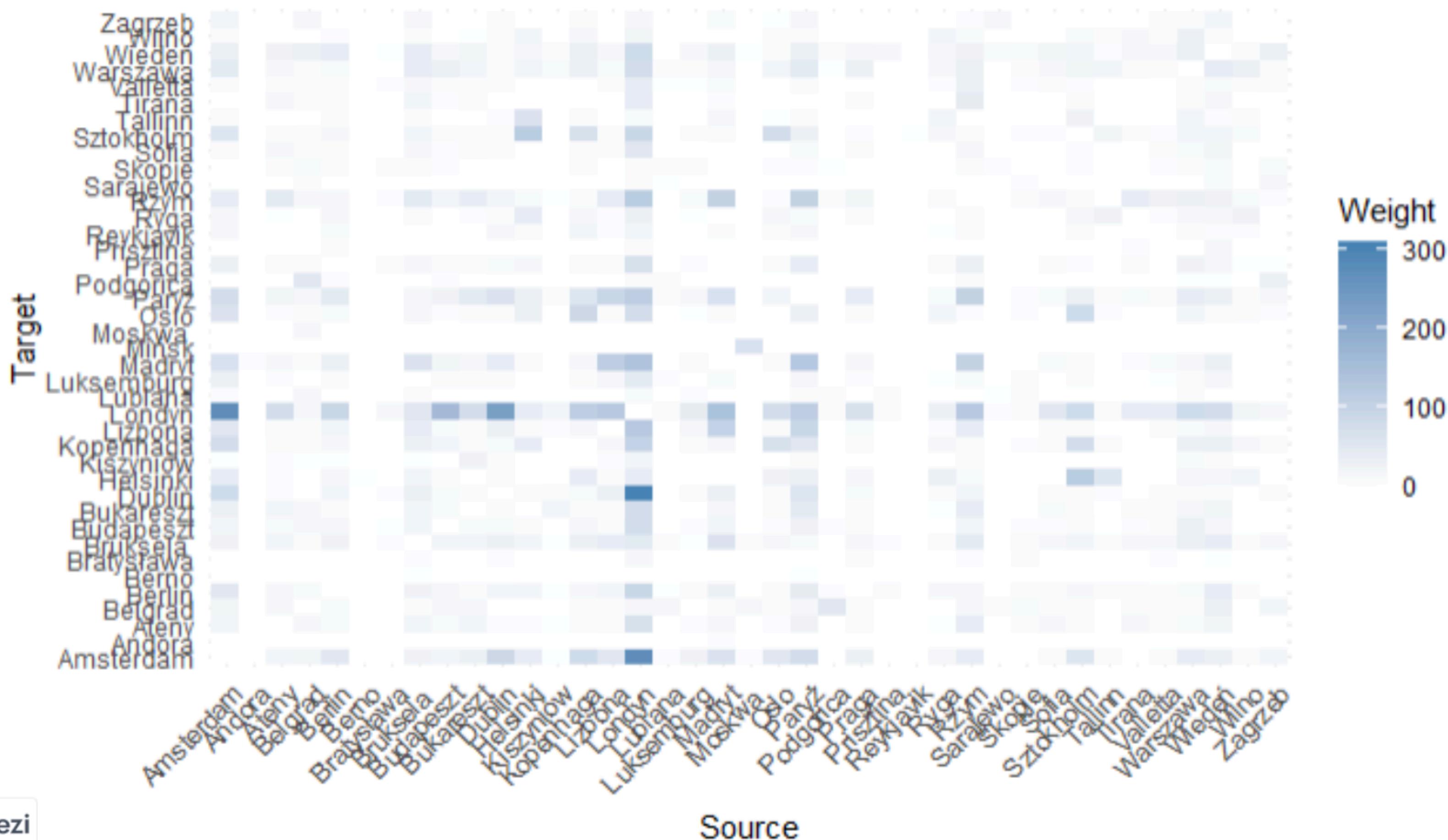
Centralność ekscentryczności

- Ekscentryczność mierzy odległość miasta od najbardziej oddalonego miasta w sieci lotów.
- Niska ekscentryczność wskazuje na dobrą komunikację miasta z resztą sieci.

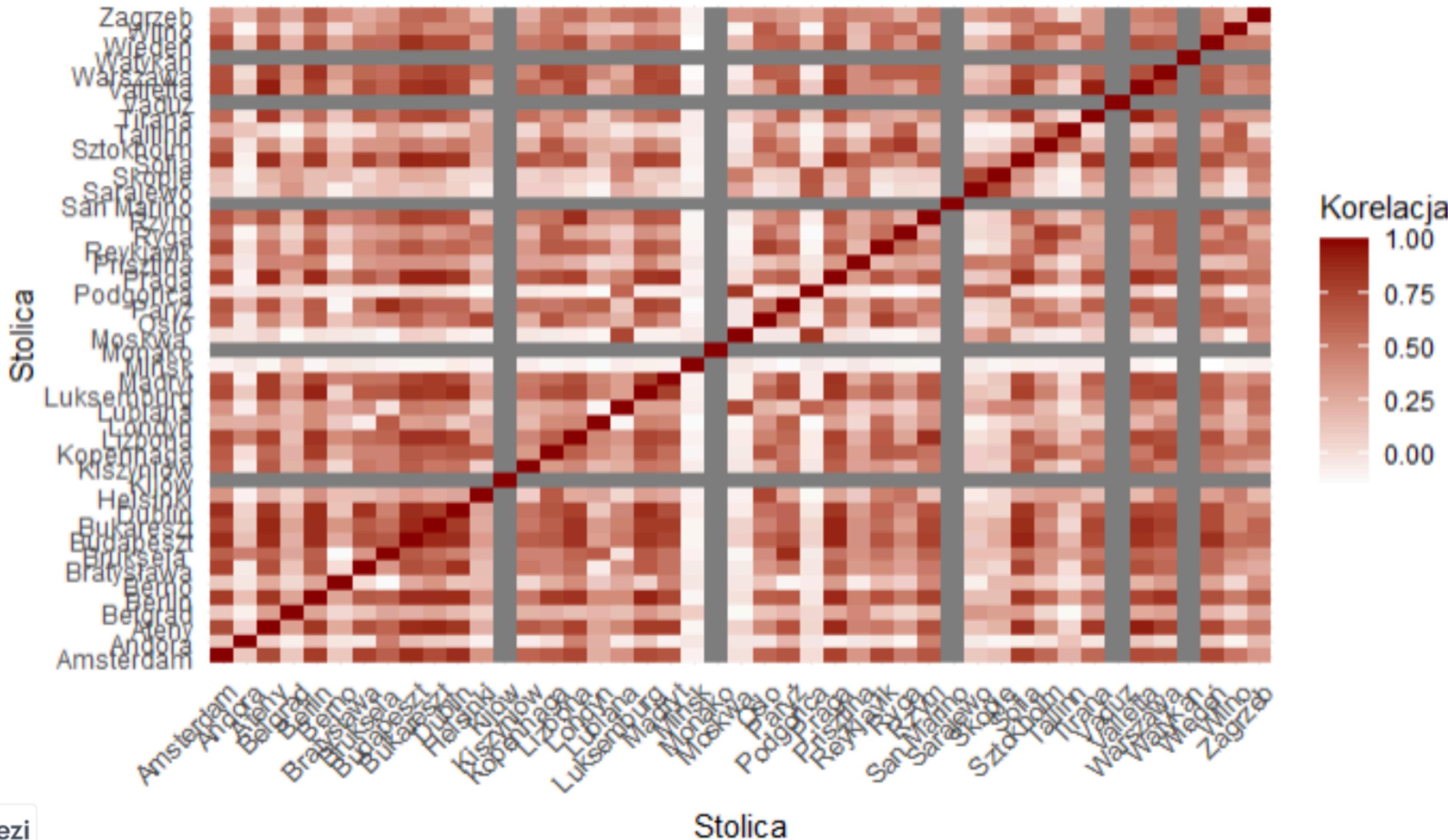
Ekscentryczność wierzchołków w grafie



Mapa cieplna macierzy podobieństwa



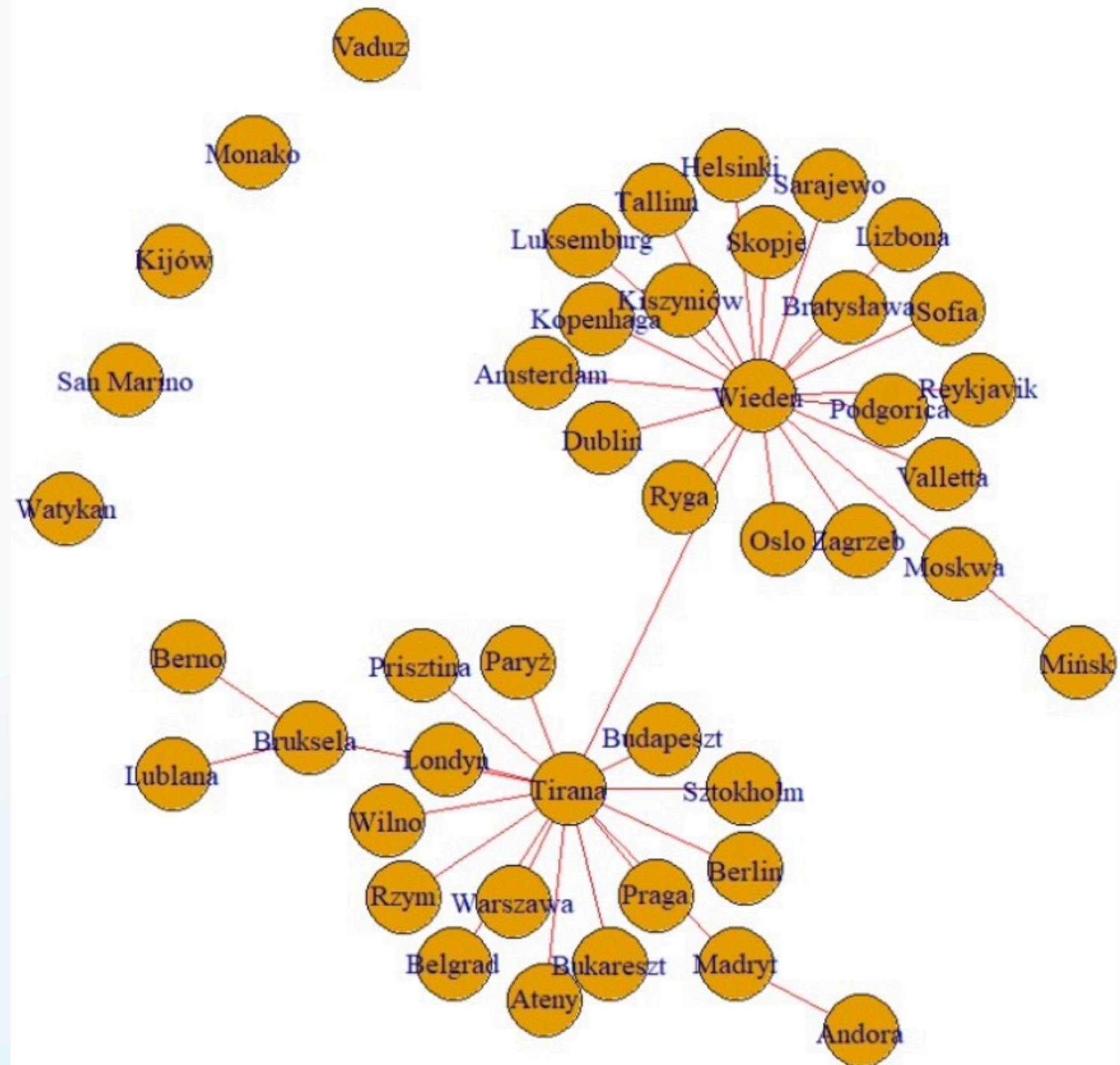
Mapa cieplna korelacji Pearsona



Algorytmy przeszukiwania

I drzewa rozpinające

Minimalne drzewo rozpinające



	Mińsk	Sarajewo	Oslo	Wilno	Dublin	Tallinn	Luksemburg
Londyn	3	1	1	1	1	1	1
Bratysława	3	2	2	2	1	2	2
Warszawa	3	2	1	1	1	1	1
Andora	4	3	2	3	2	2	2
Skopje	3	1	1	2	2	2	1
Tirana	3	2	2	1	2	2	2
Prisztina	3	2	2	2	2	2	2

Algorytmy przeszykiwania

DFS "W głąb"

1. LISTA := 0/;
- DFS(G,v)
2. dołącz v do LISTY;
3. zaznacz v jako odwiedzony;
4. dla wszystkich sąsiadów u wierzchołka v wykonaj
 - 4.1 jeśli u nie był jeszcze odwiedzony to wykonaj DFS(G,u);

BFS "Wszerz"

1. LISTA := 0/;
2. dołącz v do KOLEJKI;
3. dopóki KOLEJKA6= 0/ wykonuj
 - 3.1 usuń p z KOLEJKI; dołącz p do LISTY;
zaznacz p jako odwiedzony;
 - 3.2 dla wszystkich sąsiadów u wierzchołka p wykonaj
 - 3.2.1 jeśli u nie był jeszcze wykorzystany to dołącz u do KOLEJKI.

DFS

```
$order
+ 45/45 vertices, named, from feaea96:
[1] Warszawa Tirana Wiedeń Bruksela Sofia Praga Zagrzeb Sarajewo Skopje Podgorica Berlin
[12] Kopenhaga Tallinn Helsinki Paryż Ateny Madryt Andora Amsterdam Dublin Reykjavik Vilno
[23] Ryga Luksemburg Valletta Lizbona Kiszyniów Bukareszt Oslo Belgrad Moskwa Mińsk Lublana
[34] Londyn Bratysława Budapeszt Sztokholm Rzym Prisztina Berno Vaduz Monako San Marino Kijów
[45] Watykan
```

```
$father
+ 45/45 vertices, named, from feaea96:
Tirana Andora Wiedeń Bruksela Mińsk Sarajewo Sofia Zagrzeb Podgorica Praga Kopenhaga Tallinn
Warszawa Madryt Tirana Wiedeń Moskwa Zagrzeb Bruksela Praga Skopje Sofia Berlin Kopenhaga
Helsinki Paryż Ateny Madryt Amsterdam Dublin Reykjavik Vaduz Vilno Luksemburg Ryga Skopje
Tallinn Helsinki Paryż Ateny Madryt Amsterdam Dublin <NA> Reykjavik Ryga Wilno Sarajewo
Valletta Kiszyniów Monako Berlin Oslo Warszawa Lizbona Moskwa Bukareszt San Marino Belgrad Bratysława
Luksemburg Lizbona <NA> Podgorica Bukareszt <NA> Valletta Belgrad Kiszyniów <NA>
Lublana Berno Sztokholm Kijów Watykan Budapeszt Londyn Rzym Prisztina Londyn
Belgrad Paryż Budapeszt <NA> Bratysława Lublana Sztokholm Londyn
```

```
$dist
Tirana Andora Wiedeń Bruksela Mińsk Sarajewo Sofia Zagrzeb Podgorica Praga Kopenhaga Tallinn
1 17 2 3 30 7 4 6 9 5 11 12
Helsinki Paryż Ateny Madryt Amsterdam Dublin Reykjavik Vaduz Vilno Luksemburg Ryga Skopje
13 14 15 16 17 18 19 0 20 22 21 8
Valletta Kiszyniów Monako Berlin Oslo Warszawa Lizbona Moskwa Bukareszt San Marino Belgrad Bratysława
23 25 0 10 27 0 24 29 26 0 28 31
Lublana Berno Sztokholm Kijów Watykan Budapeszt Londyn Rzym Prisztina
29 15 33 0 0 32 30 34 31
```

BFS

\$order

+ 45/45 vertices, named, from feaea96:

[1]	Warszawa	Tirana	Wiedeń	Bruksela	Sofia	Zagrzeb	Podgorica	Praga	Kopenhaga	Tallinn	Helsinki
[12]	Paryż	Ateny	Madryt	Amsterdam	Dublin	Reykjavik	Wilno	Luksemburg	Ryga	Skopje	Valletta
[23]	Kiszyniów	Berlin	Oslo	Lizbona	Bukareszt	Belgrad	Lublana	Sztokholm	Budapeszt	Londyn	Rzym
[34]	Prisztina	Sarajewo	Moskwa	Bratysława	Berno	Andora	Mińsk	Vaduz	Monako	San Marino	Kijów
[45]	watykan										

\$father

+ 45/45 vertices, named, from feaea96:

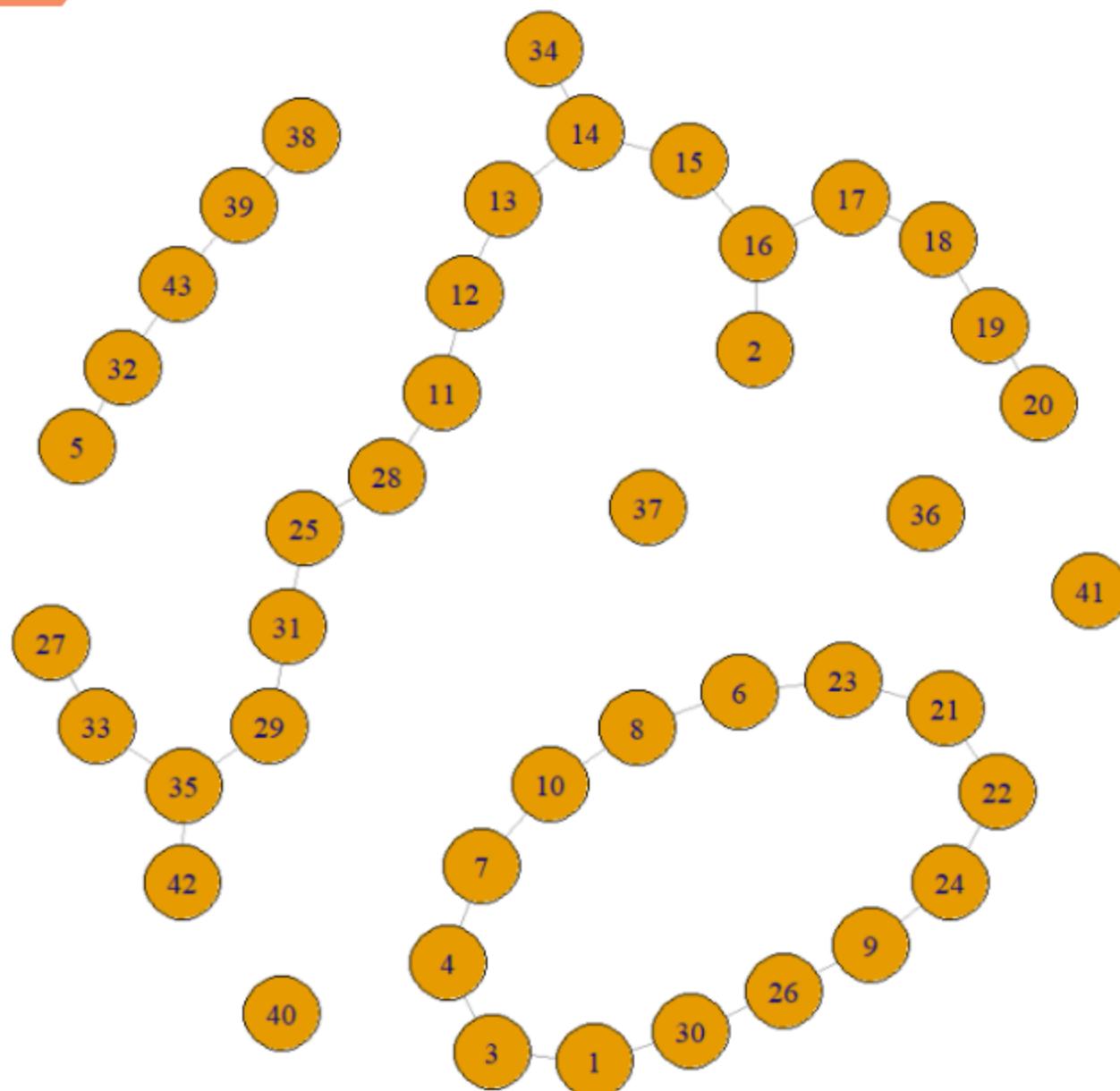
Tirana	Andora	Wiedeń	Bruksela	Mińsk	Sarajewo	Sofia	Zagrzeb	Podgorica	Praga	Kopenhaga	Tallinn
Warszawa	Madryt	Warszawa	Warszawa	Moskwa	Wiedeń	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa
Helsinki	Paryż	Ateny	Madryt	Amsterdam	Dublin	Reykjavik	Vaduz	Wilno	Luksemburg	Ryga	Skopje
Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa	Warszawa
Valletta	Kiszyniów	Monako	Berlin	Ostro	Warszawa	Lizbona	Moskwa	Bukareszt	San Marino	Belgrad	Bratysława
Warszawa	Warszawa	<NA>	Warszawa	Warszawa	<NA>	Warszawa	Wiedeń	Warszawa	<NA>	Warszawa	Wiedeń
Lublana	Berno	Sztokholm	Kijów	Watykan	Budapeszt	Londyn	Rzym	Prisztina	Tirana		
Warszawa	Bruksela	Warszawa	<NA>	<NA>	Warszawa	Warszawa	Warszawa				

\$dist

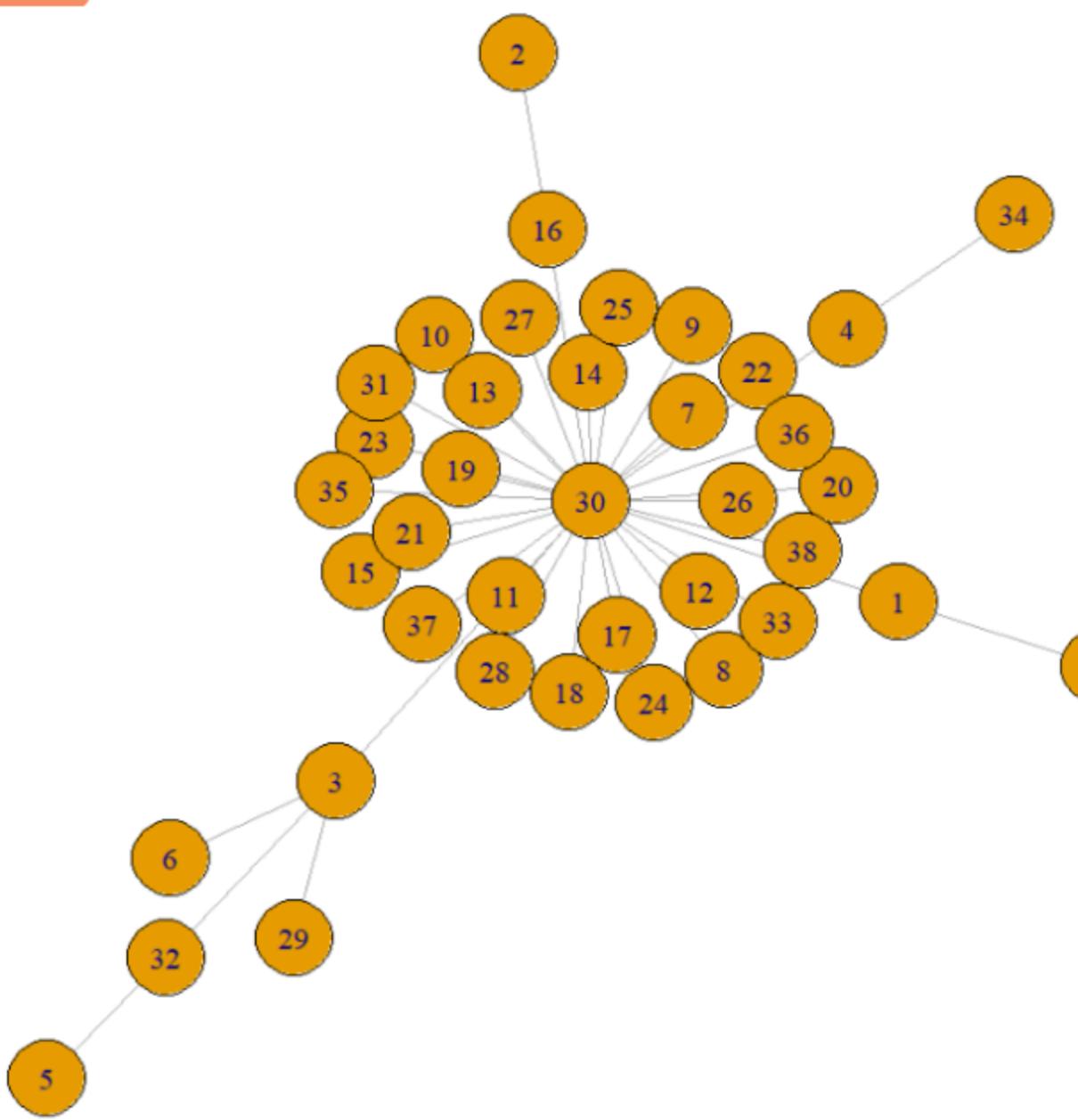
Tirana	Andora	Wiedeń	Bruksela	Mińsk	Sarajewo	Sofia	Zagrzeb	Podgorica	Praga	Kopenhaga	Tallinn
1	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1
Helsinki	Paryż	Ateny	Madryt	Amsterdam	Dublin	Reykjavik	Vaduz	Wilno	Luksemburg	Ryga	Skopje
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Valletta	Kiszyniów	Monako	Berlin	Ostro	Warszawa	Lizbona	Moskwa	Bukareszt	San Marino	Belgrad	Bratysława
1	1	0	1	1	0	1	2	1	0	1	2
Lublana	Berno	Sztokholm	Kijów	Watykan	Budapeszt	Londyn	Rzym	Prisztina			
1	2	1	0	0	1	1	1	2			

"Drzewa rozpinające" algorytmów

DFS



BFS





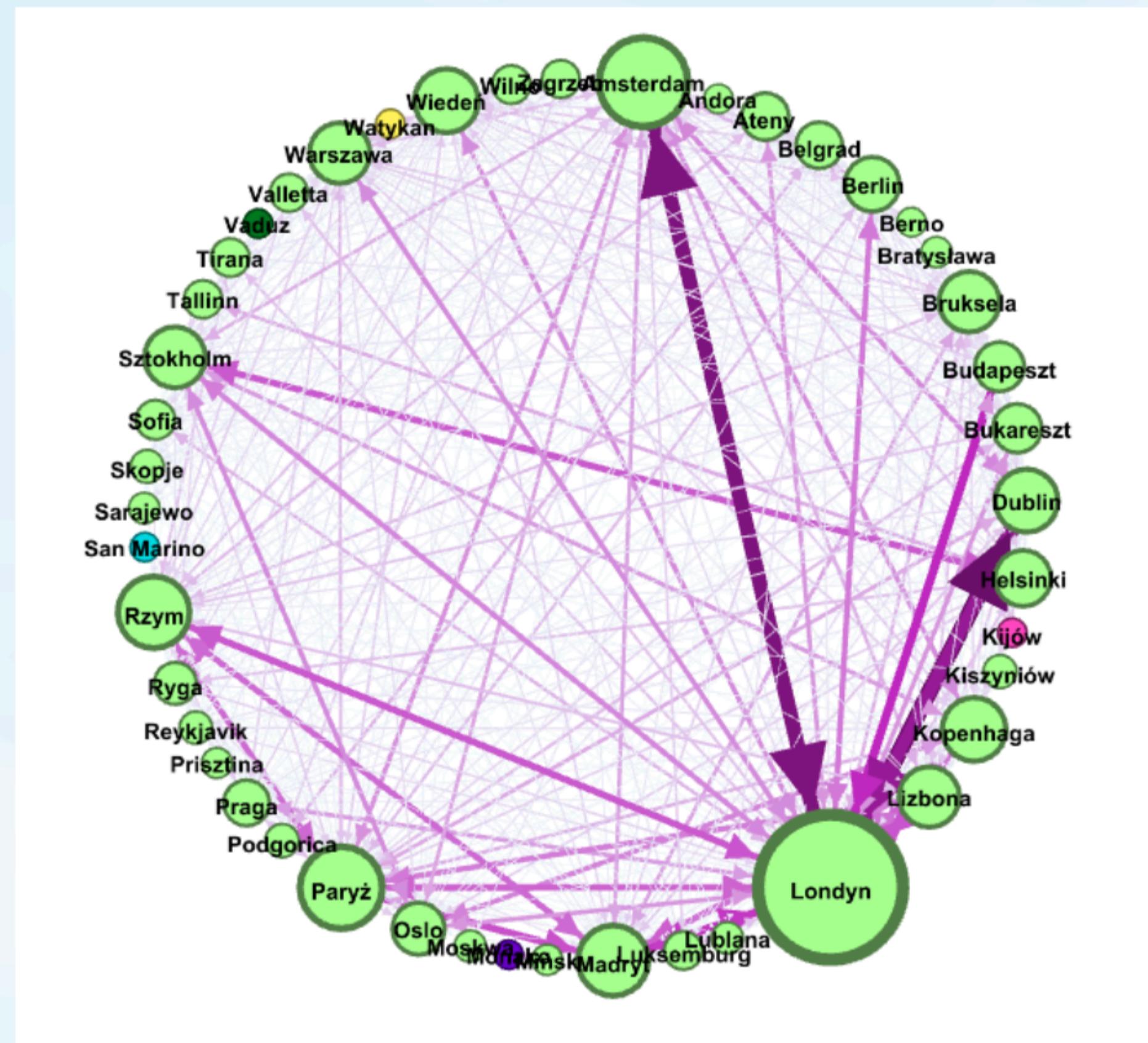
skupienia grupy wspólnoty klastry społeczności

ALGORYTMY KLASTROWANIA

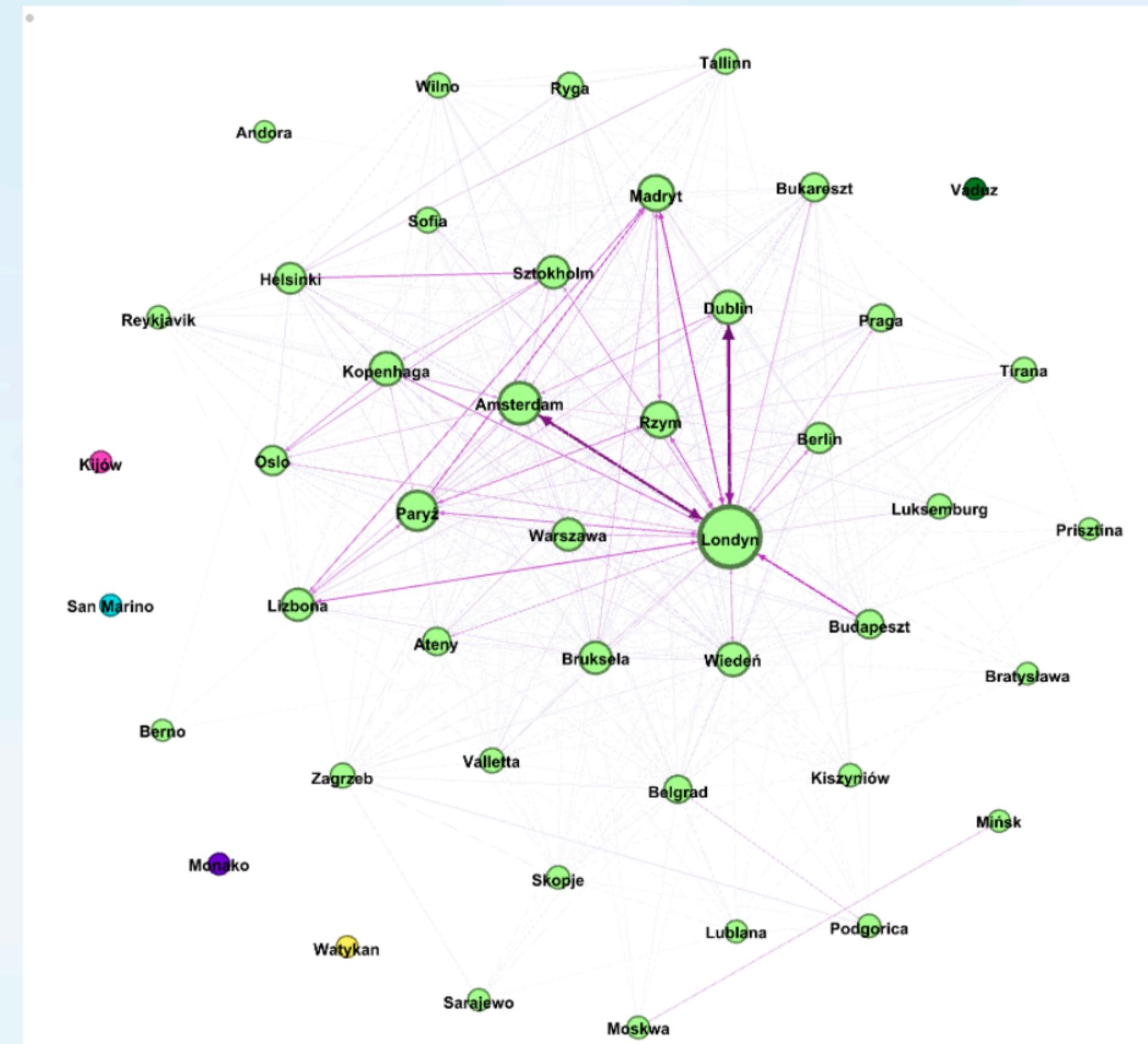
Algorytm	Liczba społeczności	Rozmiary społeczności	Modułowość
Pośrednictwa krawędzi	13	1,1,1,1,1,1,1,1, ,1,1,2,2,31	0.007209
Infomap	6	1,1,1,1,1,40	0.
Wiodący wektor własny	8	1,1,1,1,1,10,1 1,19	0.069515
Label propagating	6	1,1,1,1,1,40	0.
Optimal	3	1,2,42	0.024539
Walktrap	11	1,1,1,1,1,1,1,1, ,1,11,25	0.042029

<0.3

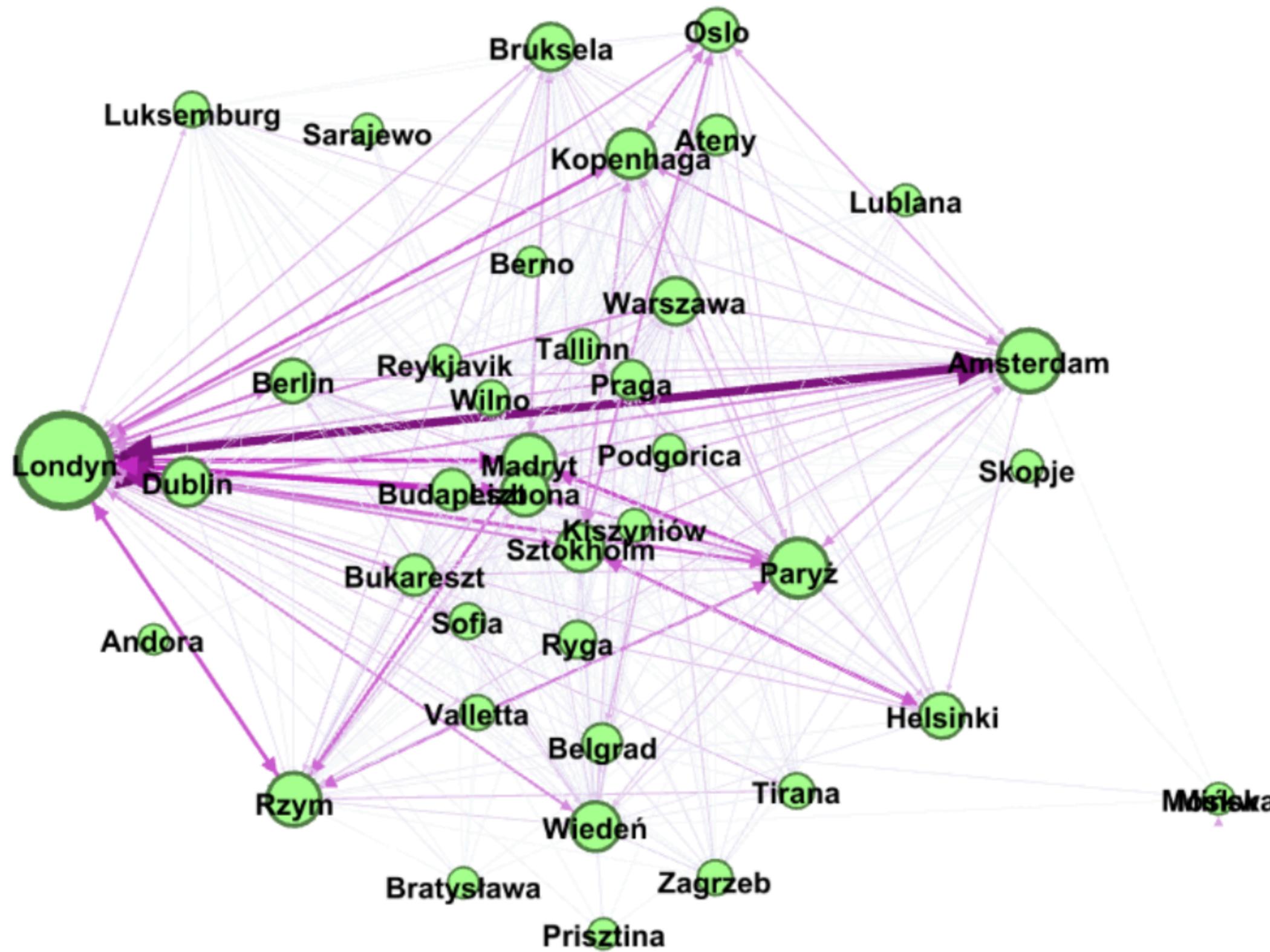
UKŁAD CIRCULAR LAYOUT



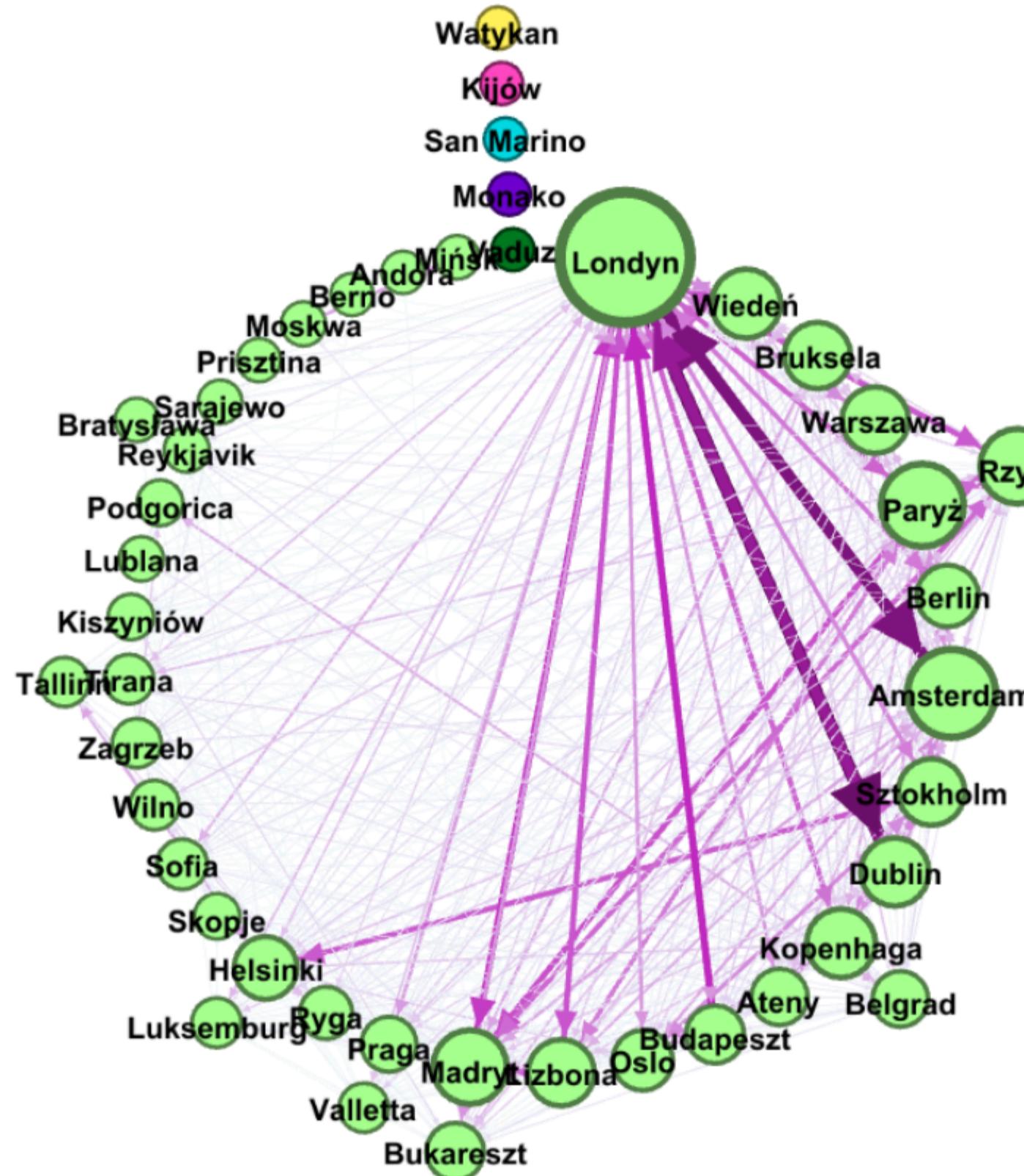
UKŁAD FRUCHTERMAN REINGOLD



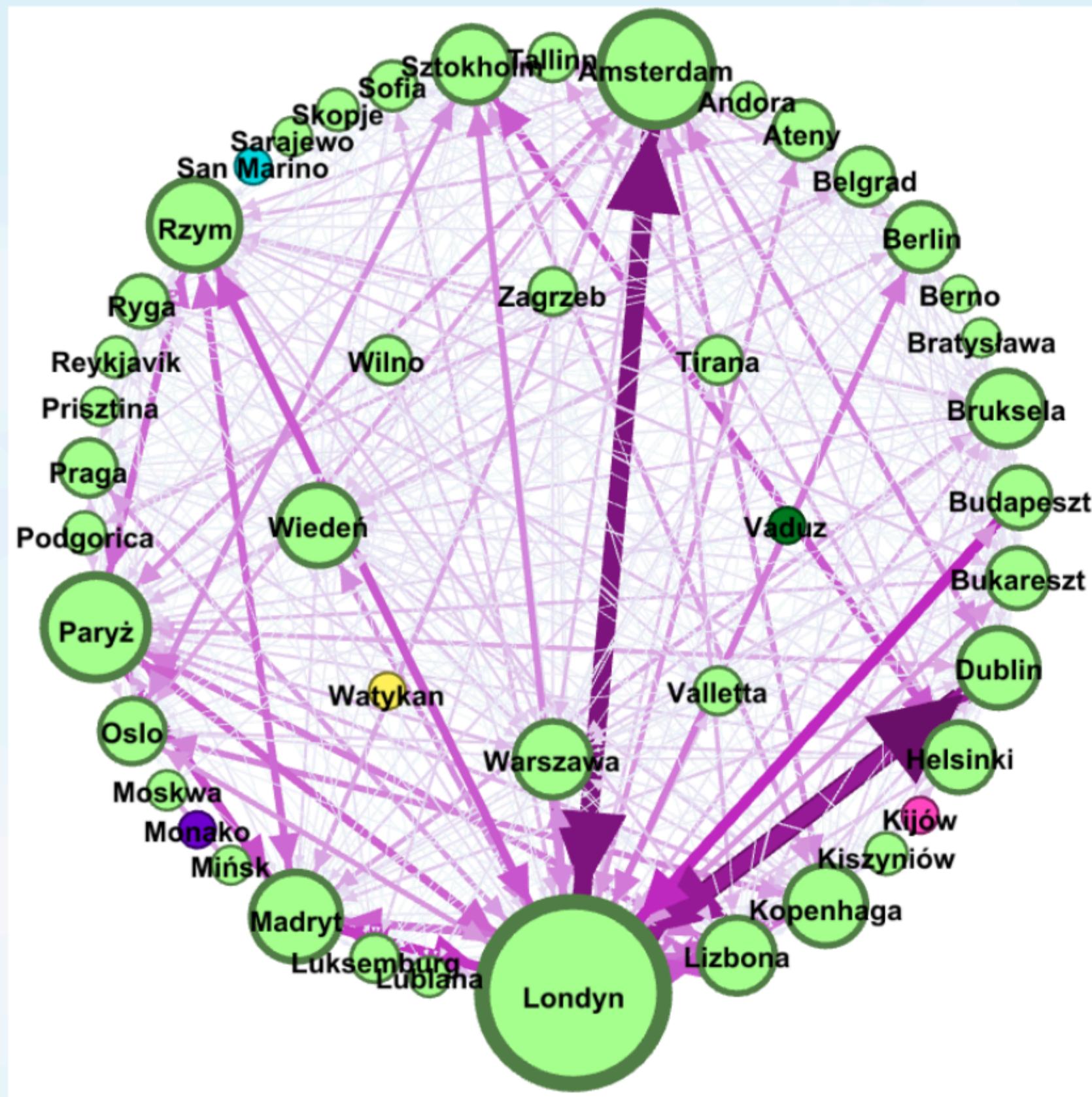
UKŁAD OPENORD



UKŁAD RADIAL AXIS LAYOUT

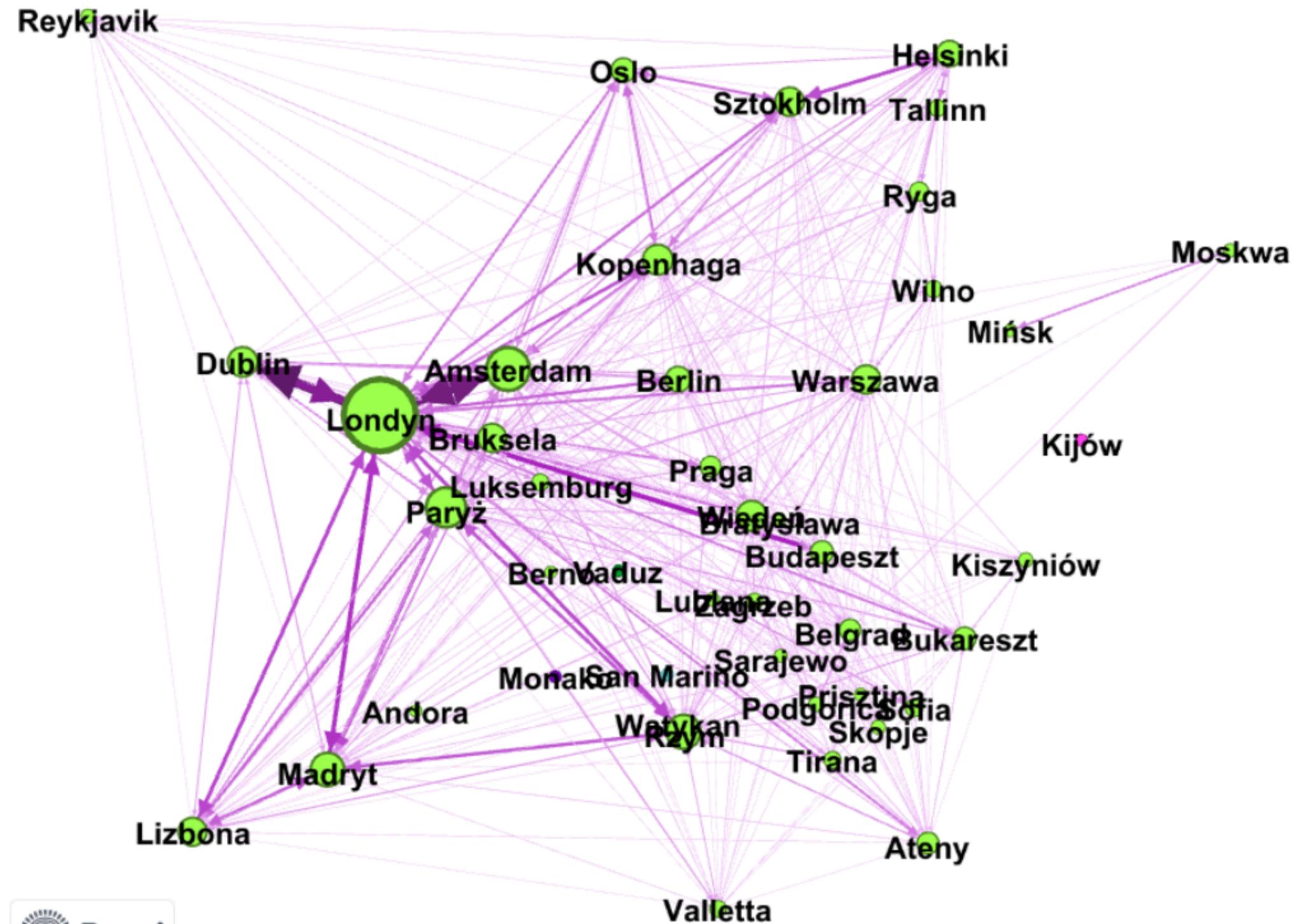


UKŁAD DUAL CIRCLE LAYOUT



Stolica 1	Stolica 2	Liczba lotów w tygodniu
Londyn	Dublin	309
Londyn	Amsterdam	272
Amsterdam	Londyn	272
Dublin	Londyn	230
Budapeszt	Londyn	157
Madryt	Londyn	144

NAJWIĘKSZA LICZBA ODLOTÓW I PRZYLOTÓW



ODLOTY

Stolica	Liczba odlotów w tygodniu
Londyn	2315
Amsterdam	1215
Paryż	1105
Rzym	866
Madryt	790
Kopenhaga	714

PRZYLOTY

Stolica	Liczba przylotów w tygodniu
Londyn	2312
Amsterdam	1179
Paryż	1020
Madryt	866
Rzym	841
Dublin	708



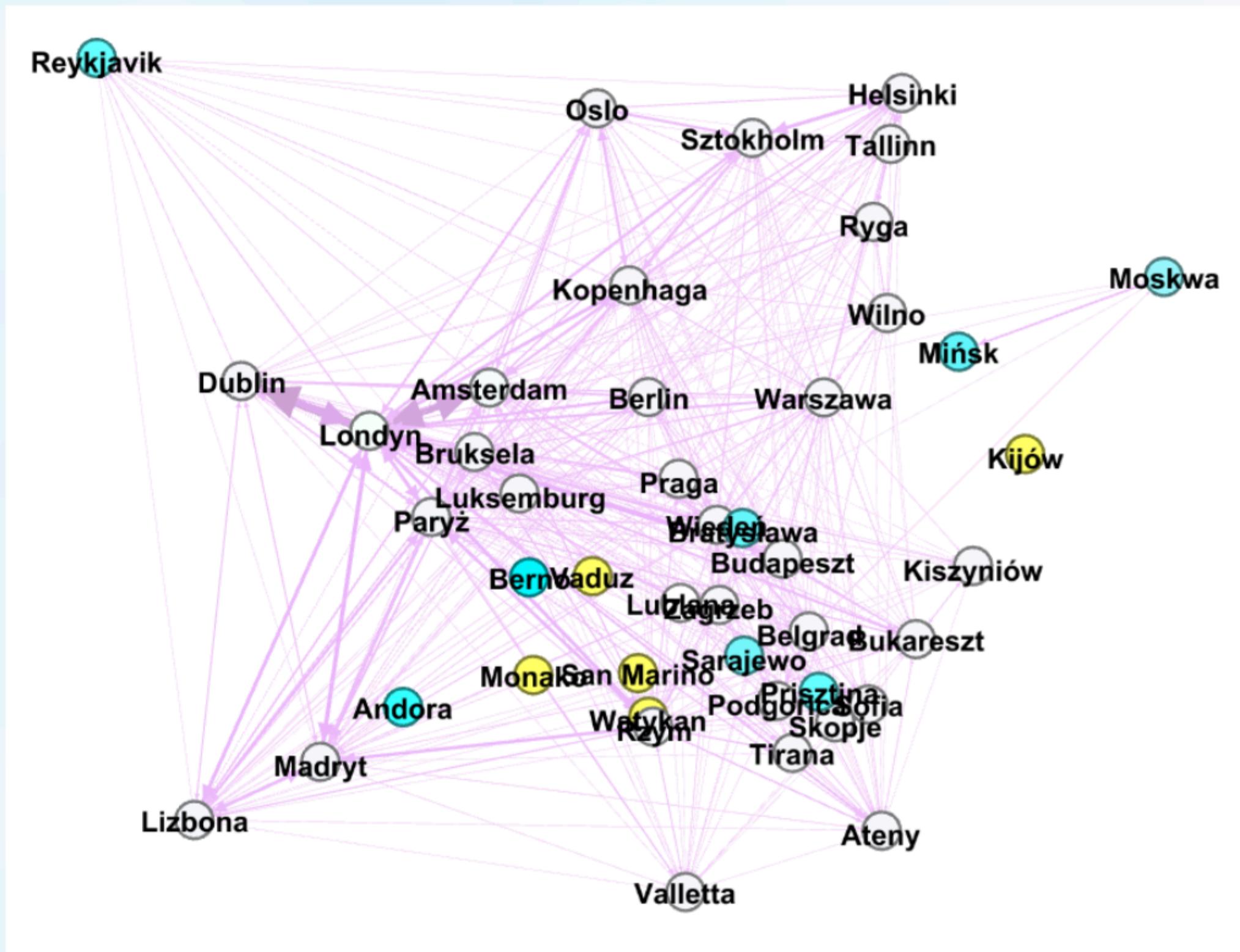
ODLOTY

Stolica	Liczba odlotów w tygodniu
Reykjavik	1
Berno	1
Andora	2
Prisztina	30
Bratysława	33
Sarajewo	38

PRZYLĘTY

Stolica	Liczba przylętów w tygodniu
Andora	2
Berno	2
Moskwa	14
Prisztina	26
Bratysława	33
Sarajewo	38

NAJMNIEJSZA LICZBA ODLOTÓW I PRZYLĘTÓW



PODSUMOWANIE

- Londyn - najlepiej skomunikowana stolica z innymi w Europie
- Europa jest dość dobrze skomunikowana
- Belgrad kluczowym punktem połączenia w sieci



DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ!

