

Cykl dydaktyczny ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT

Blok A: TRENDY SPOŁECZNE				Blok B: MIASTO PRZYSZŁOŚCI		Blok C: CZŁOWIEK I POSTCZŁOWIEK				Blok D: ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Oswajanie migracji	Pieniądze dla każdego	Srebrne tsunami	Fake News	Mobilność miejska	Transport dalekobieżny	Miasta odporne na klęski	Smart City	Człowiek udoskonalony	Roboty	Sztuczna inteligencja	Transfer umysłu	Gospodarka cyrkularna	Energetyka przyszłości	Rolnictwo i żywność	Geoinżynieria klimatyczna

MODUŁ 6.

Transport dalekobieżny

Hyperloop - technologia jutra

Jacek Warda,
Wojciech Kłosowski

POZIOM TRUDNOŚCI:

Ogółem trudność modułu:

NISKA



w tym trudność tematu merytorycznego:

ŚREDNIA



w tym trudność techniki dydaktycznej:

BARDZO NISKA



Motto:

„Interesuje mnie przyszłość, ponieważ zamierzam spędzić w niej resztę życia”

Charles F. Kettering

Opracowanie tych materiałów zostało sfinansowane z grantu udzielonego przez Stowarzyszenie „Instytut Nowych Technologii” w Łodzi w ramach **Inkubatora Innowacji** finansowanego z projektu „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020¹ z środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

¹ <http://inkubatorinnowacji.com/>

1. Wprowadzenie

Drogi czytelniku! Moduł dydaktyczny, którego opis trzymasz w rękach, jest częścią cyklu dydaktycznego ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT, będącego propozycją adresowaną do innowacyjnych nauczycieli przedmiotu Wiedza o Społeczeństwie w szkołach średnich. Propozycje szesnastu jedno- lub dwulekcyjnych modułów zajęć podejmujących ważne tematy współczesności, prowadzonych innowacyjnymi technikami dydaktycznymi, mają wesprzeć nauczycieli WOS w niezwykle trudnym i odpowiedzialnym zadaniu, jakim jest przygotowanie młodych ludzi do mądrego życia w coraz trudniejszym otoczeniu współczesnego, zmieniającego się świata. Wydaje się, że zrealizowanie wyłącznie podstawy programowej WOS to za mało, jeśli poważnie traktujemy to zadanie.

1.1. O cyklu zajęć „Zmieniający się Świat”, jego blokach i modułach...

Cykl ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT składa się z czterech bloków tematycznych, zaś każdy blok – z czterech modułów. W sumie cykl składa się więc z 16 modułów, co pokazuje poniższy schemat graficzny.



TRANSPORT DALEKOBIEŻNY to drugi z czterech modułów (jednostek metodycznych) wchodzących w skład bloku B. zatytułowanego „Miasto Przyszłości” i zarazem – szósty moduł całego cyklu „Zmieniający się Świat”. Każdy z szesnastu modułów cyklu opisuje pojedynczą jednostkę metodyczną (jedno- lub dwulekcyjną). Moduł co do zasady obejmuje zawsze dwa innowacyjne elementy:

1. nietypowy temat zajęć będący dyskusyjnym ujęciem jakiegoś ważnego problemu współczesnego świata, o którym na ogół nie rozmawia się w szkole, lub rozmawia się zbyt rzadko,
2. innowacyjną technikę dydaktyczną, nieużywaną podczas standardowych zajęć szkolnych.

Mamy więc cykl szesnastu ciekawych tematów zajęć i szesnastu ciekawych technik ich prowadzenia. Takie specyficzne połączenie trudnego, ale pasjonującego tematu i niestandardowej techniki dydaktycznej ma za zadanie wytrącić uczniów, ale i samych nauczycieli, z utartych kolein myślenia o otaczającym nas świecie. Ma pomóc odrzucić myślenie stereotypowe i sprowokować do otwartości intelektualnej.

KONKLUZJA 1.: *Kluczowe jest tu aby nauczyciel, który na co dzień ma zadanie przekazania uczniom wiedzy w gotowej postaci, tym razem zdefiniował swoją rolę inaczej: w ramach zajęć w cyklu „Zmieniający się Świat” celem nie jest podanie uczniom gotowej wiedzy, ale wyposażenie ich w narzędzia samodzielnego zdobywania tej wiedzy i następnie samodzielnego aktualizowania jej przez całe życie.*

Nie chodzi nam o to, aby po zajęciach wszyscy uczniowie myśleli to samo o migracjach, mobilności miejskiej czy o sztucznej inteligencji. Chodzi nam o to, aby uczniowie po naszych zajęciach umieli krytycznie oceniać zalewający ich codziennie strumień informacji na te tematy, aby chcieli samodzielnie analizować problemy, aby umieli w danej sprawie dokonać własnej oceny (niekoniecznie zgodnej z oceną nauczyciela) i wyrobić sobie własne zdanie, a potem – aby nie bali się zmienić tego zdania, gdyby w przyszłości okazało się już nie przystające do zmienionego świata. W głębszym ujęciu nie są to więc zajęcia przekazujące wiedzę, ale zajęcia kształtujące podwaliny pod mądrość. **A mądrość – jak powiada Zygmunt Bauman – tym różni się od wiedzy, że nie dezaktualizuje się.**

Poszczególne moduły a nawet bloki cyklu nie muszą być zawsze realizowane w zaproponowanej kolejności. Cykl nie musi także być zawsze zrealizowany w całości. Wartościowe będzie zrealizowanie nawet pojedynczego modułu, jeśli warunki pozwalają tylko na tyle. Nauczyciel może też, a nawet powinien, dostosowywać zakres i kolejność realizowanych modułów do specyfiki swoich uczniów i środowiska danej szkoły, do kontekstu lokalnego i kontekstu bieżących wydarzeń, które mogą uczynić jakiś temat szczególnie gorącym.

Autorzy dokonali oceny trudności prowadzenia poszczególnych modułów w skali pięciostopniowej (*bardzo łatwy, łatwy, średni, trudny, bardzo trudny*), przy czym ocena oddzielnie dotyczy trudności danego tematu a oddzielnie – trudności danej techniki i następnie jest uśredniana. Nauczyciel może kierować się tymi ocenami przy układaniu kolejności, unikając zaczynania od bloków trudnych i bardzo trudnych.

1.2. Wprowadzenie do modułu 6 „Transport Dalekobieżny”

Moduł 6 opisuje zwartą jednostkę dydaktyczną złożoną z jednej lekcji. Zawiera on obszernie wprowadzenie do zagadnienia naziemnego transportu międzymiastowego dużych prędkości, a w szczególności przyszłościowej technologii Hyperloop, która – jak się wydaje – zdominuje ten transport na kontynentach, zastępując tradycyjną kolej dużych prędkości.

To jeden z najłatwiejszych modułów w całym cyklu „Zmieniający się świat”. Oceniamy jego poziom trudności na 1,5 w skali pięciostopniowej, a więc pomiędzy „**łatwy**” a „**bardzo łatwy**” (wchodząca w jego skład technika jest **łatwa**, a temat oceniamy jako **bardzo łatwy**).

2. Temat: naziemny transport dalekobieżny

2.1. Wszystkie drogi prowadzą do Rzymu...

Niezwodny system dalekobieżnego transportu to krwiobiegi cywilizacji. Wiedzano o tym już w starożytności i Cesarstwo Rzymskie przez stulecia swego istnienia, dokonując niewyobrażalnego do dziś wysiłku technicznego i ekonomicznego, pokryło siecią utwardzonych dróg całą niemal Europę oraz rzymskie terytoria w Azji i Afryce. Ich mapa do dziś robi wrażenie i parząc na nią rozumiemy lepiej, co oznacza znane do dwóch tysięcy lat przysłowie: „Wszystkie drogi prowadzą do Rzymu”.

Ryc. 1. Sieć utwardzonych dróg Imperium Rzymskiego



Rys. W. Kłosowski na podstawie [Wikipedii](#)

Wraz z budową rzymskich dróg pojawiała się wzdłuż nich infrastruktura: kamienie milowe wyznaczające odległości, kamienie kurierskie co 5 mil, stacje pocztowe (służące także zmianie koni rozstawnych), zajazdy... Wiele odcinków rzymskich dróg przetrwało ponad 2 tysiące lat i istnieje do dziś. W ramce na ilustracji powyżej widoczna jest *Via Appia* wybudowana ok. 317 roku p.n.e., a więc mająca dziś ponad 2300 lat. W starożytnym Rzymie doskonale zdawano sobie sprawę, że transport dalekobieżny, przemieszczanie się towarów i ludzi, to warunek trwania i rozwoju całego Imperium.

Sieć transportowa utwardzonych dróg – ten genialny wynalazek Rzymian – przetrwała dużo dłużej, niż Cesarstwo. Przez kilkanaście stuleci po upadku Rzymu systemy transportowe praktycznie nie zmieniały się, bo też nie zmieniała się sama technologia transportu oparta o zaprzęgi konne.

Dopiero wraz z rewolucją przemysłową, w I połowie XIX wieku, lądowy długodystansowy transport przejęła kolej. Podróż była szybsza, niż zaprzęgiem konnym, ale nadal powolna i droga. Przejazd słynnym luksusowym pociągiem „[Orient Ekspres](#)” jadącym z Paryża do Istanbuhu trwał 56 godzin, czyli około 2,5 doby i kosztował majątek.

W II połowie XX wieku konkurencją dla kolei stał się transport samochodowy wykorzystujący sieć autostrad i dróg ekspresowych oraz pasażerski transport lotniczy. Jednak samochód jest środkiem transportu równie powolnym, jak pociąg i nieco od niego droższym. Zaś z podróżami lotniczymi sprawa nie jest prosta, choć dzięki tanim liniom lotniczym stały się one szerzej dostępne cenowo. Co prawda sam przelot jest szybki (ok 800 km/h), lecz lotniska znajdują się daleko poza centrami miast, więc dojazd do nich i z nich wydłuża czas podróży. Po drugie, specyfika bezpieczeństwa lotów jest taka, że odprawa i procedura wejścia na pokład musi trwać dość długo, często dłużej niż sam lot. Po trzecie – samolot zużywa ogromne ilości paliwa, a to przekłada się nie tylko na koszt ekonomiczny, ale także **koszty środowiskowe**. Lot z Londynu do Melbourne (Australia) w obie strony generuje emisję CO₂ w wysokości 16,8 tony na każdego pasażera. Transport lotniczy będzie miał zawsze wyższe zużycie energii w przeliczeniu na pasażera, niż transport kolejowy. A licząc czas podróży „od drzwi do drzwi” śródlądowe podróże lotnicze wcale nie są tak szybkie, a na krótkich trasach okazują się wolniejsze, niż kolej.

KONKLUZJA 2.: *Samoloty są nie do zastąpienia w transporcie międzykontynentalnym, ale w podróżach w ramach jednego kontynentu będą miały rosnącą konkurencję w postaci szybkiego transportu lądowego.*

- (1) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2018 Serwis www.samoloty.pl Jakub Płaza „[Ponaddźwiękowe i ekologiczne - samoloty pasażerskie przyszłości](#)”
- (2) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2012 WP Tech Łukasz Michalik „['Smarter Skies' - przyszłość lotnictwa według Airbusa](#)”
- (3) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2012-09-02 YouTube „[Airbus reveals future of formation flight in 'Smarter Skies'](#)”

2.2. Czy da się podróżować szybciej?

Czy pasażerski transport naziemny może rozwijać prędkości lotnicze rzędu 700 – 1200 km/h, a jednocześnie być tani? Takie pytanie nurtuje wizjonerów i wynalzców od połowy XX wieku.

Ostatnie 40 lat poprzedniego stulecia to rozwój szybkiej kolei. W ciągu ponad 50 lat swego istnienia francuskie pociągi TGV o prędkości 270 – 320 km/h skutecznie konkurują z liniami lotniczymi. Do TGV należy także światowy rekord prędkości pojazdu szynowego: 574,8 km/h. Zbliżone prędkości maksymalne i eksploatacyjne osiągnęły japońskie pociągi Shinkansen.

Ryc. 2. Francuski pociąg TGV Duplex



Ryc. 3. Japoński pociąg Shinkansen serii 500



Źródło: [Wikipedia](#)Źródło: [Wikipedia](#)

Jednym z ograniczeń prędkości pociągów jest tarcie kół o szyny i towarzyszące mu zjawiska wibracyjne. Odpowiedzią na ten problem miała być **kolej magnetyczna**, wykorzystująca zjawisko indukcji elektromagnetycznej do unoszenia składu kolejowego na „poduszce magnetycznej” bez styku z szynami. Idea kolei magnetycznej nie odniosła jednak na razie sukcesu. Na świecie działa w praktyce tylko jedna linia kolei magnetycznej o długości zaledwie 30 km (w Szanghaju w Chinach), oparta na niemieckiej technologii Rapid. Rozwija ona wprawdzie maksymalną prędkość ponad 400 km/h, ale okazuje się bardzo droga w budowie i eksploatacji, a niewiele szybsza od zwykłych elektrycznych pociągów wielkich prędkości jak TGV czy Shinkansen.

Ani zwykłe koleje wielkich prędkości, ani kolej magnetyczna, nie są w stanie pokonać najważniejszego ograniczenia prędkości pojazdów lądowych, jakim jest **opór powietrza**. Opory powietrza rosną początkowo proporcjonalnie do kwadratu prędkości (a więc dwukrotny wzrost prędkości to czterokrotne zwiększenie oporów i zużycia energii), a gdy przepływy powietrza przy większych prędkościach stają się turbulenty – nawet do sześciu prędkości. To podstawowy powód, dla którego pojazdy szynowe w zasadzie nie przekraczają prędkość 320 km/h.

KONKLUZJA 3.: *Nieuchronnie więc kierunkiem poszukiwań stają się systemy zamknięte, całkowicie odizolowane od otoczenia, w których pojazdy mogą się poruszać w rurach z radykalnie obniżonym ciśnieniem i z ogromnymi prędkościami.*

2.3. Hyperloop – podróże w rurach próżniowych

Ideę tanich podróży naziemnych z prędkościami lotniczymi sformułował słynny wizjoner, wynalazca i miliarder Elon Musk. Zirykowany prognozowanymi kosztami pociągu Los Angeles – San Francisco, w sierpniu 2013 roku Musk zaproponował rewolucyjny system transportu, który nazwał **Hyperloop**. Oto definicja tego nowego rozwiązania transportowego, zaczerpnięta z Wikipedii:

DEFINICJA 1: **HYPERLOOP** – projekt nowego środka transportu pasażerskiego i towarowego zainicjowany przez miliardera Elona Muska. Głównym celem projektu jest stworzenie systemu transportowego, który byłby szybki, jak transport lotniczy i tani, jak drogowy. Według założeń kapsuła zabierająca do 28 osób poruszałaby się w specjalnej rurze z radykalnie obniżonym ciśnieniem wewnątrz, co zmniejszyłoby opory powietrza i pozwoliłoby osiągnąć prędkość dźwięku (ok. 1200 km/h)

Nazwa *hyperloop* odwołuje się do jednego ze znaczeń angielskiego słowa loop (pętla), które znaczy także „objazd, przejazd, trasa”, a więc można ją umownie przetłumaczyć jako „hiperprzejazd”. Elon Musk nie tylko zaproponował ideę *hyperloop*, ale także finansuje badania warunkujące rozwój tej technologii. Osobista i biznesowa renoma Muska, który od razu zadeklarował, że swój projekt koncepcyjny udostępni bezpłatnie wszystkim zainteresowanym do dalszego rozwoju, wzbudziła olbrzymie zainteresowanie projektem, który był opisywany na całym świecie, także w polskiej prasie.

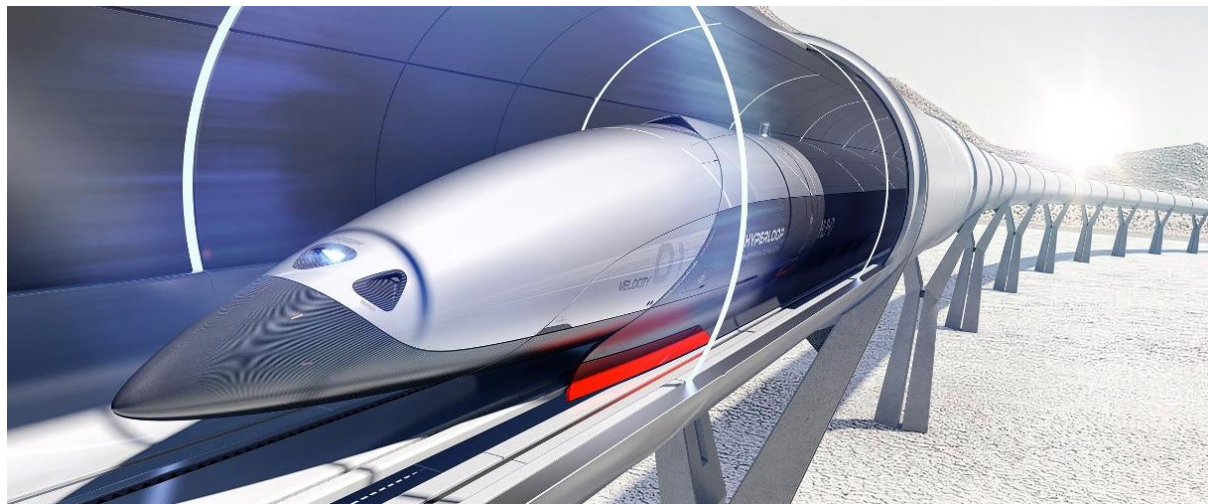
Ziarno rzucone przez Muska zaczyna kiełkować obiecująco. Na całym świecie powstało kilkaset firm i zespołów badawczych, które konkurują, ale też często współpracują między sobą w pracach nad rozwojem tej technologii. Obecnie większość z nich łączy ideę tuneli próżniowych z elementami technologii lewitacji magnetycznej. W grudniu 2018 w Los Angeles oddano do użytku pierwszy tunel testowy. Przykładów rozpoczętych już wdrożeń jest cała masa: bardzo poważnie w rozwój lokalnego systemu Hyperloop zaangażował się Dubaj, a w Europie – Hamburg, gdzie Hyperloop ma być środkiem transportu towarów z hamburskiego portu. W Polsce w Łodzi działa pręźnie firma **Hyper Poland**, która w swoim klipie promocyjnym znakomicie objaśnia ideę Hypeerloop.

[1]. Warto OBEJRZEĆ: Film [HYPER POLAND: Przyspieszamy Polskę](#)

(4) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2013-08-12 Oryginalny manifest Elona Muska ws [możliwości stworzenia nowego środka transportu - Hyperloopa](#)

(5) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2013-08-14 GWbiz „[Rewolucja w transporcie. Hyperloop, czyli 613 km w 38 minut.](#)”

Ryc. 4. Wizja wyglądu Hyperloop (tu – rozwiązanie towarowe wdrażane przez miasto Hamburg)



Źródło: [Geek Week](#)

CIEKAWOSTKA: Sytuacja obecnych prac nad *hyperloop* przypomina do złudzenia stan rozwoju prac nad koleją w pierwszych latach XIX wieku. Także wówczas szukano najlepszych rozwiązań technologicznych do powstających kolei poprzez równoległą pracę wielu inżynierów w kilku krajach. W październiku 1829 roku odbył się słynny konkurs Rainhill Trials, mający wybrać lokomotywę dla kolei Liverpool – Manchester (wygrała go „Rakieta” Georga Stephensona). Jeśli przyjmiemy tę datę jako umowy początek komercyjnej kolei, to ciekawym zbiegiem okoliczności jest fakt, że uruchomienie pierwszych komercyjnych tras systemu *hyperloop* ma nastąpić dokładnie 200 lat później – w 2029 roku.



➔
200 lat



(6) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2017-06-09 Polskie Radio „[George Stephenson i narodziny kolei parowej](#)”

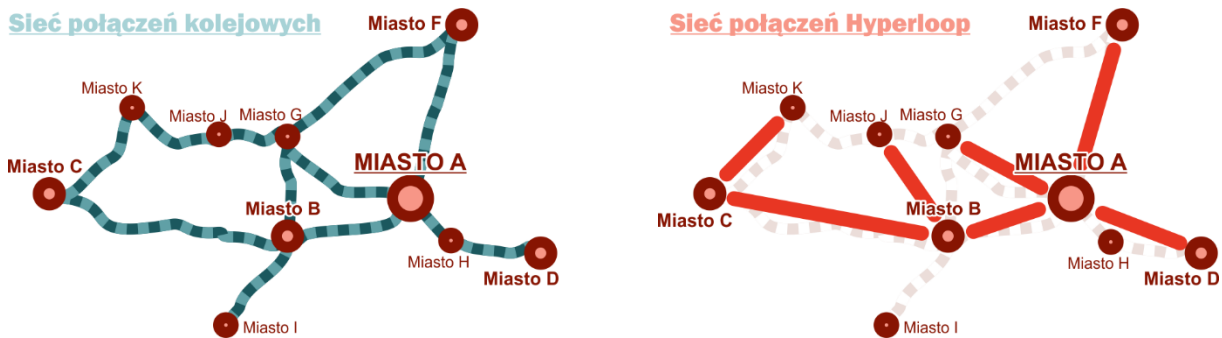
Obecnie działa na świecie kilkaset firm zajmujących się różnymi aspektami tworzenia systemu Hyperloop. W sposób oczywisty różne firmy tworzą odmienne szczegółowe rozwiązania techniczne i nie wiadomo, które z nich staną się w przyszłości standardem. A może będzie to kilka albo kilkanaście różnych standardów? Zauważmy, że gdy system nie przewiduje zmiany przez pojazd toru jazdy, to dworce kolejowe stają się rodzajem węzłów, gdzie bez przeszkód mogą się spotykać różne systemy techniczne Hyperloop, podobnie jak lotniska mogą przyjmować dowolne typy samolotów.

(7) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: Serwisy kilku wybranych firm zajmujących się rozwojem systemu Hyperloop <https://hyperloop-one.com/>, <https://www.hyperloop.global/progress>, <https://www.hyperpoland.com/pl/>

2.4. Jak może wyglądać sieć połączeń Hyperloop?

W odróżnieniu od systemów szynowych, w Hyperloop nie ma rozjazdów i zwrotnic, a trasy są względnie prostymi odcinkami „od punktu do punktu”, bez rozgałęzień. Dlatego przejazd między jednym, a drugim wybrzeżem USA będzie wymagać kilku przesiadek, choć mogą one być do jakiegoś stopnia zautomatyzowane. W każdym razie sieć połączeń w technologii Hyperloop będzie się różniła swoją topologią od sieci połączeń kolejowych i inna będzie w tym przypadku optymalizacja kształtu sieci. Oto przykład:

Ryc. 5. Porównanie topologii przykładowej sieci połączeń kolejowych i Hyperloop

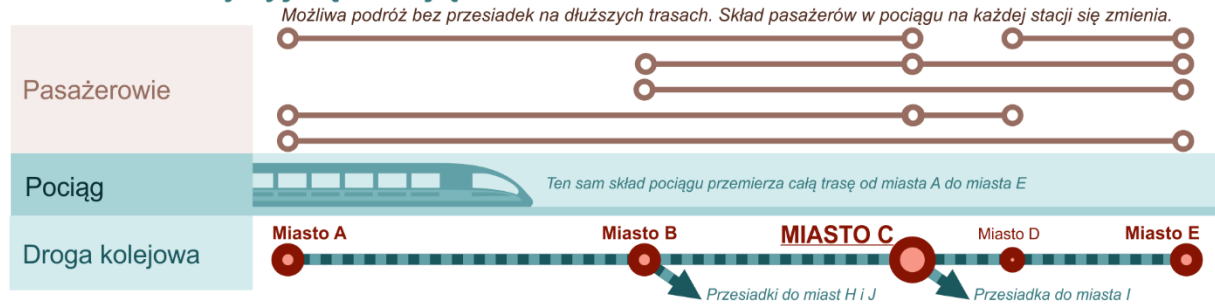


Rys. W. Kłosowski

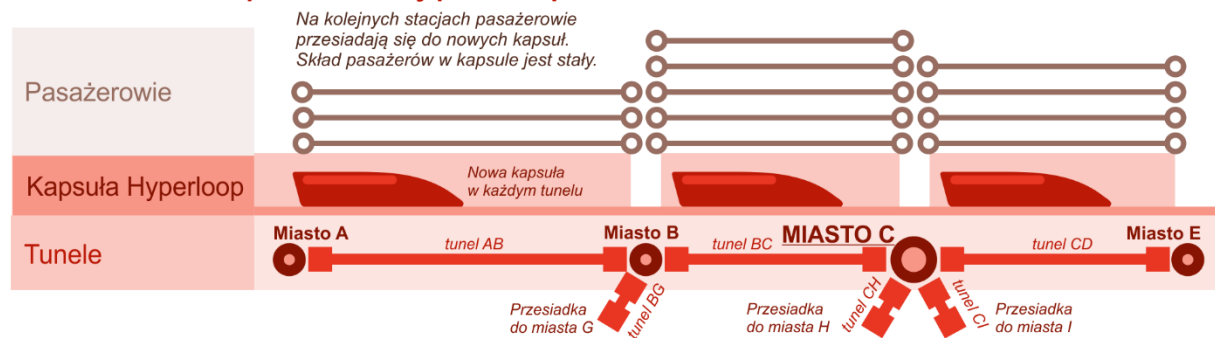
Linia kolejowa często jest planowana tak, aby po drodze obsłużyć jak największą ilość miast, a pasażerowie jadący tym samym pociągiem pokonują najróżniejsze odcinki trasy, wsiadając na jakiejś stacji i wysiadając na innej, więc skład podróżujących w pociągu co chwila się zmienia. W sieci Hyperloop każda podróż odbywa się dokładnie między dwoma punktami, nie ma żadnych stacji pośrednich (a więc także dosiadania się i wysiadania po drodze). Dłuższa podróż to po prostu cykl kolejnych przejazdów z miasta do miasta, gdzie następuje przesiadka.

Ryc. 6. Podróże koleją a podróże systemem Hyperloop – porównanie

Podróż tradycyjną koleją...



Podróż transportem Hyperloop

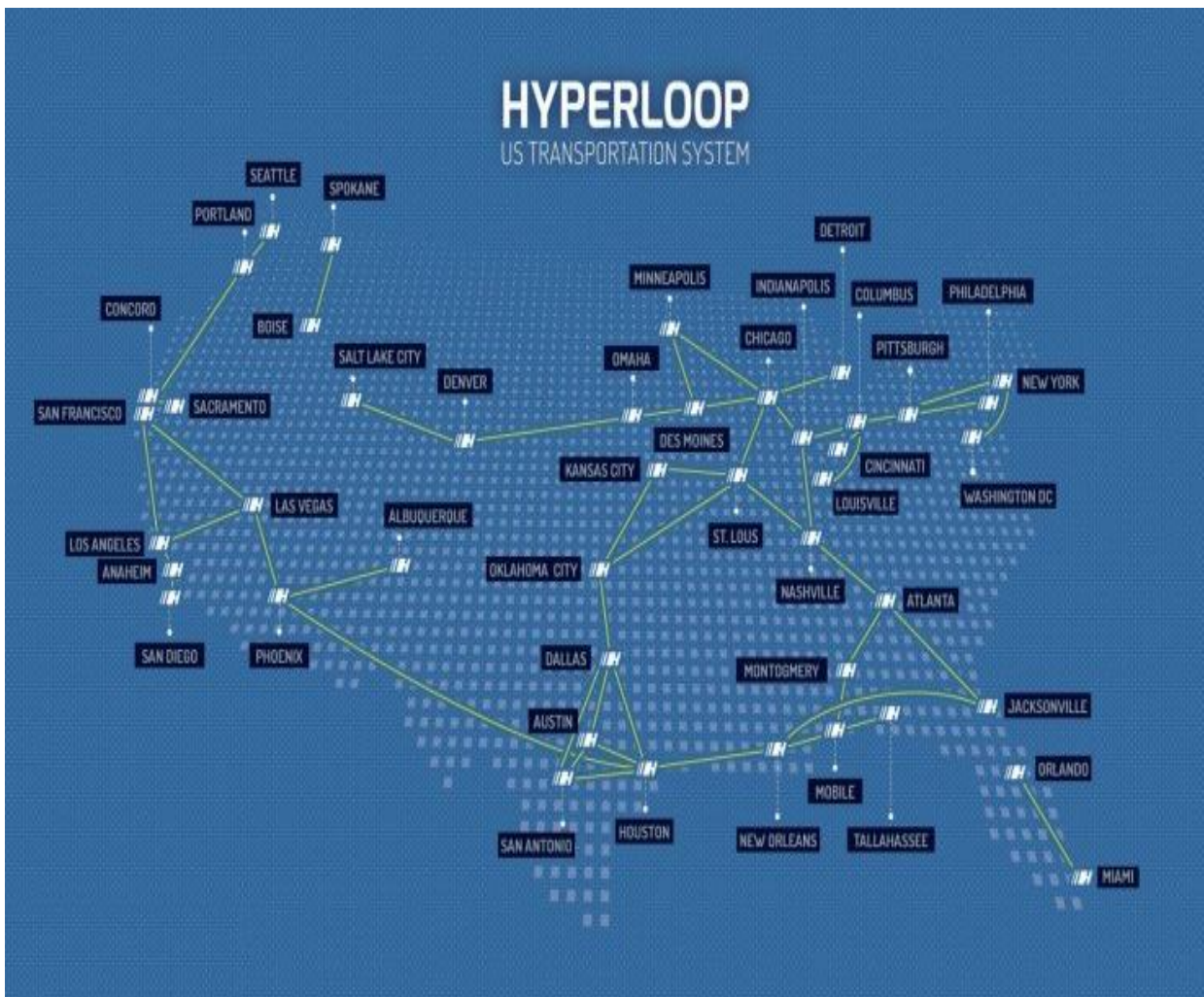


Rys. W. Kłosowski

Podsumujmy różnice między siecią połączeń Hyperloop, a siecią kolejową.

- Sieć kolejowa jest zarówno budowana, jak i użytkowana tak, aby obsłużyć dłuższe trasy przebiegające przez wiele miast. Po tych samych torach poruszają się zarówno pociągi dalekobieżne, jak i lokalne. Przesiadki są możliwe, ale najlepsze połączenie to takie, które przewiezie nas jednym pociągiem na całej trasie, jaką zamierzamy przebyć. Za to w pociągu będziemy widzieli co chwilę inny skład pasażerów, bo ludzie wsiadają i wysiadają na kolejnych stacjach.
- Inaczej jest z siecią Hyperloop. Jej tunele będą budowane wyłącznie do podróżowania między dwoma konkretnymi punktami. Danym tunelem będą się poruszać zawsze te same kapsuły. Przesiadki w takim systemie będą nieuniknione, jeśli chcemy pokonać dłuższą trasę. Za to gdy już wsiądziemy do kapsuły, będziemy widzieli na całej trasie ten sam skład pasażerów; nikt nie może z niej wysiąść ani dosiąść się w trakcie podróży, gdyż Hyperloop nie ma stacji pośrednich.

Ryc. 7. Wizja rozwoju systemu Hyperloop w USA



Źródło: 2015-03-17 Collective Evolution J. Roberts "Tesla's ultra -speed hyperloop transportation system will change transportation as we know it"

(8) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: „Rura, kapsuły i 1200 km/h, czyli Pendolino wg twórcy Tesli”

(9) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2014-12-19 The Huffington Post, Alexander C. Kaufman “[Elon Musk's Hyper-loop Could Be Just 10 Years Away](#)”

Ryc. 8. Projekt układu sieci Hyperloop dla Polski (liczby oznaczają czas podróży w minutach)



Źródło: 2018-02-26 Rzeczpospolita Michał Duszczyk „[Kolej w próżni szybka jak samolot](#)”

Istnienie centrów przesiadkowych będzie bardzo zwiększało znaczenie miast posiadających dworce Hyperloop. Z drugiej strony – powstanie rozległego systemu tego nowego środka transportu uczyni lotniczy transport kontynentalny nieopłacalnym: zużycie energii na pasażera, a więc i koszty, będą w systemie Hyperloop o rzędu wielkości niższe, niż w samolocie. Stąd powstają już koncepcje tworzenia sieci Hyperloop w skali globalnej.

Ryc. 9. Pierwszy projekt globalnego systemu transportu Hyperloop



2017-01-16 Invrse Mike Brown [“World Subway Map Shows What a Hyperloop-Powered Future May Look Like”](#)

- (10) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2014-12-22 USA TODAY Chris Woodyard, Report: [“Elon Musk's 'hyperloop' idea could work”](#)
- (11) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2017-01-30 Rz. R. Mościcki [“Hyperloop, czyli tunel Elona Muska coraz bliżej](#)
- (12) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2019-01-20 Rzeczpospolita Michał Duszczyk [„Polski hyperloop może wjechać na hiszpańskie tory”](#)
- (13) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2016-08-25 YouTube TEDxBydgoszczSalon Krzysztof Tabiszewski [„Czy Hyperloop to science fiction? | Krzysztof Tabiszewski”](#)
- (14) WARTO PRZECZYTAĆ TAKŻE: 2017-04-22 YouTube Hyper Poland University Team [„Jedź z nami z prędkością dźwięku!”](#)

3. „Wszystkie rury prowadzą do Warszawy?” – projektujemy mapę połączeń

3.1. Iteracyjna Metoda Graficzno-Obliczeniowa

Technika heurystyczna przewidziana do tego modułu – IMGO (Iteracyjna Metoda Graficzno-Obliczeniowa) to narzędzie równoważenia interesów poszczególnych miast w sieci poprzez odpowiednie kształtowanie sieci.



Zadanie polega na opracowaniu propozycji układu linii Hyperloop, jaki powinien być stworzony w Polsce. Zadaniem uczniów jest rozrysowanie na schematycznej mapie Polski (ryc. 10) optymalnego ich zdaniem układu sieci połączeń systemu Hyperloop. Zakładamy, że system powinien połączyć 18 miast posiadających status stolic województw². Na użytek tego ćwiczenia odległości, a więc długości odcinków liczymy po liniach prostych, jak dla połączeń lotniczych. W materiałach na końcu, na ryc. 10 jest tabela z zestawieniem odległości między wszystkimi 18-ma miastami. **Dylematy sieci Hyperloop, które mają rozwiązać uczniowie, są następujące:**

1. Czy postawić na jak najmniejszą liczbę przesiadek, czy też najmniejszą sumaryczną długość sieci?
2. System jest efektywny przy podróżach na duże odległości; jaka powinna być minimalna odległość między stacjami? Czy od tej reguły powinny być wyjątki? (problem duopolu Toruń-Bydgoszcz itp.)
3. Czy budujemy raczej układ gwiazdzisty, czy pierścieniowy?
4. Jaka powinna być kolejność budowy linii?
5. Gdzie powinny być tworzone połączenia z analogicznymi systemami budowanymi w innych krajach?

Miasta, które mają być połączone, to: **Białystok, Bydgoszcz, Gdańsk, Gorzów Wielkopolski, Katowice, Kielce, Kraków, Lublin, Łódź, Olsztyn, Opole, Poznań, Rzeszów, Szczecin, Toruń, Warszawa, Wrocław, Zielona Góra.**

3.2. Dlaczego nie komputer?

Czy optymalną sieć połączeń Hyperloop może zaprogramować komputer? Przecież mamy przynajmniej dwa działy matematyki: topologię i teorię grafów, które rozwiązują podobne zagadnienia. Znane są różne wersje matematycznych zagadnień optymalizacji sieci połączeń, nad którymi pracują naukowcy tworząc odpowiednie algorytmy.

PRZYKŁAD 1:

Jednym z przykładów zagadnienia z dziedziny *optymalizacji sieci połączeń* jest matematyczny **problem komiwojażera**: jak ułożyć trasę przejazdu by przejechać wszystkie ustalone punkty, pokonując jak najmniejszy dystans (a więc minimalizując koszt podróży), oraz zaczynając i kończąc podróż w tym samym punkcie – bazie. Matematyk powiedziałby, że problem ten, to *zagadnienie optymalizacyjne, polegające na znalezieniu minimalnego cyklu Hamiltona w pełnym grafie ważonym*. Główną trudność stanowi tu ilość danych do analizy: liczba kombinacji dla naszych 18 miast wynosi:

$$\frac{(18 - 1)!}{2} = 177\,843\,714\,048\,000$$

Czyli mamy do przeanalizowania blisko **178 bilionów** (milionów milionów) kombinacji.

² Mamy w Polsce 16 województw, ale dwa z nich mają „stolice” podwójne, bo samorząd województwa i wojewoda mają siedziby w różnych miastach. Są to Toruń i Bydgoszcz w województwie kujawsko-pomorskim oraz Zielona Góra i Gorzów Wielkopolski w województwie lubuskim.

Jednak w praktyce stosowanie algorytmów matematycznych przy projektowaniu sieci realnych połączeń międzymiastowych może być tylko narzędziem pomocniczym, bo kluczowym problemem, na który nie odpowie nam algorytm, jest to, **jakie dane powinniśmy wziąć pod uwagę**. Rozwińmy nieco to zagadnienie.

1. Strumienie przepływów transportowych nie są proporcjonalne do odległości między ośrodkami. W praktyce więcej podróży z danego miasta może odbywać się do odległej metropolii, niż do pobliskiego średniego miasta.
2. Znaczenie ma podział na województwa. Trzeba brać pod uwagę że mieszkańcy Kalisza częściej będą potrzebowali dojechać do Poznania (stolicy ich województwa), niż do większej i bliżej położonej Łodzi.
3. Między różnymi miastami istnieją odczuwane subiektywnie hierarchie „ważności” a między niektórymi z nich ukształtowało się nawet poczucie konkurencji i pewnego napięcia. Czy krakowianie zgodzą się jechać do Warszawy z przesiadką w Kielcach, skoro kielczanie będą wówczas mieli do stolicy podróż bezpośrednią? Inny przykład: oba konkurujące ośrodki województwa lubuskiego: Gorzów Wielkopolski i Zielona Góra potrzebują połączenia z Poznaniem, ale czy zgodzą się, aby jedno z nich miało połączenie bezpośrednie, a drugie – z przesiadką u konkurenta? Takie subiektywne odczucia „niedopuszczalności” niektórych rozwiązań warto brać pod uwagę, aby projektując sieć nie nasilać konfliktów.
4. Część przejazdów ma charakter sezonowy: w ciepłej porze roku większy ruch będzie się kierował do regionów turystycznych, w pozostałe części roku przepływy będą inne.
5. Wreszcie – co najważniejsze – sieć transportowa nie może być tylko bierną reakcją na aktualne przepływy transportowe. Być może ludzie jeżdżą mało między Łodzią i Lublinem, bo dojazd przez Warszawę jest długi i niewygodny. Dopiero gdybyśmy zbudowali bezpośrednią linię, okazałoby się, czy nie wytworzyłby się zwyczaj jeżdżenia w różnych sprawach między oboma miastami, co z kolei pobudziłoby ich rozwój. **Projektowanie sieci połączeń to nie tylko reagowanie na obecne potrzeby transportowe, ale też wpływanie na przyszłe szanse rozwojowe miast.** A które miasta chcemy rozwinąć w pierwszej kolejności, tego nie postanowi za nas algorytm, bo to sprawa decyzji człowieka.

KONKLUZJA 4.: *Wobec tego w naszym przypadku – przy stosunkowo niewielkiej liczbie miast i dużej ilości czynników społeczno-kulturowych do uwzględnienia – najlepszym narzędziem przydatnym do optymalizacji sieci połączeń jest zdrowy rozsądek i wyobraźnia przestrzenna, wsparte jedynie pomocniczo obliczeniami. Należy przyjąć że w przypadku sieci o niedużej liczbie węzłów (od trzech do około 30-50) w praktyce topologię takiej sieci najsprawniej planuje się iteracyjną metodą graficzno-obliczeniową.*

DEFINICJA 2: **Iteracyjne metody optymalizacji** polegają na dokonywaniu kolejnych iteracji (powtarzaniu pewnej sekwencji czynności w pętli), przy czym w każdej iteracji czynności są stopniowo udoskonalane), aż do uzyskania zadowalającego stanu systemu.

W odniesieniu do zadania *zaprojektowania sieci połączeń między miastami* kluczowe jest połączenie metody iteracyjnej z graficzną pracą na mapie. **Umysł ludzki potrafi intuicyjnie wyczytywać z obrazu „jednym rzutem oka” dużo bardziej złożone informacje, niż z tabeli czy opisu tekstowego.** Jednak pierwsza, intuicyjna ocena, powzięta na podstawie obejrzenia mapy, musi być następnie zweryfikowana obliczeniami. Stąd nazwa metody: „graficzno-obliczeniowa”: praca na grafice pomaga odrzucić olbrzymią większość wariantów jako nieoptymalnych na pierwszy rzut oka, zaś obliczenia pomogą wybrać wariant najlepszy z pozostałych. Iteracyjna Metoda Graficzno-Obliczeniowa (IMGO) polega więc na narysowaniu sieci łączącej wszystkie miasta-węzły w **dowolnej wersji niesprzecznej ze zdrowym rozsądkiem**³. Obliczamy sumaryczną długość takiej sieci posługując się tabelą i kalkulatorem a następnie – powtarzamy następującą sekwencję kroków:

1. przyglądając się mapie odnajdujemy miejsce, gdzie możliwy jest inny, alternatywny układ połączeń;
2. zmieniamy (przerysowujemy) w tym miejscu układ sieci i obliczamy ponownie jej długość;
3. Jeśli sieć jest dłuższa, wracamy do wariantu pierwotnego, jeśli krótsza – pozostawiamy wariant zmieniony.

³ Na tym etapie ujawnia się użyteczność **metody graficznej**, która pozwala od razu, „na pierwszy rzut oka”, intuicyjnie wybrać warianty względnie zbliżone do optymalnych.

4. Wracamy do punktu 1, chyba że uznajemy, iż sieć już osiągnęła stan zadowalająco zbliżony do optymalnego.

4. Scenariusz lekcji

Jednostka metodyczna „Transport Dalekobieżny” składa się z jednej lekcji

Informacje ogólne o lekcji		
Temat	Projektujemy polską sieć Hyperloop	
Usytuowanie	Ta lekcja jest drugą z czterech jednostek metodycznych bloku B. „Masto przyszłości” w cyklu zajęć „Zmieniający się Świat”.	
Adresat zajęć	Uczniowie szkoły średniej	
Miejsce i czas	Szkoła średnia, jedna godzina lekcyjna (45 minut)	
Cel główny	Zainteresowanie uczniów zagadnieniami transportu dalekobieżnego i uświadomienie im, że projektowanie sieci transportowej to zadanie złożone, ale podlegające zrozumiałym regułom.	
Cele operacyjne (szczegółowe):	Wiadomości	<ul style="list-style-type: none"> • Wywołanie refleksji nad znaczeniem transportu i ciekawości historią jego rozwoju, • Poznanie przez uczniów technologii Hyperloop • Poznanie pojęcia „optymalizacja sieci połączeń”
	Umiejętności	Uczniowie umieją analizować na mapie sieć połączeń pod kątem odległości przejazdów
	Postawy	Uczniowie czują się ośmieleni do rozważania wielkoskalowych zagadnień planistycznych, które przed zajęciami mogły się im wydawać hermetyczne i zastrzeżone dla fachowców.
Metody i techniki pracy	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykład wprowadzający, wsparty prezentacją 2. Praca zespołowa na dostarczonych mapkach konturowych 	
Formy pracy	Zalecana jest praca w kilkusobowych grupach.	
Środki dydaktyczne	<ul style="list-style-type: none"> • Prezentacja multimedialna + film HYPER POLAND • Mapka konturowa polski • Tabela odległości między miastami. 	
Przebieg lekcji		
Faza wstępna (około 15 min)	Wprowadzenie do tematu, definicje pojęć	<p>Nauczyciel wprowadza temat: Dalekobieżny transport jest od zawsze krwioobiegiem cywilizacji ludzkiej. Dziś porozmawiamy o najnowszej technologii dalekobieżnego transportu naziemnego, jaką jest Hyperloop.</p> <p>Bardzo krótkie wprowadzenie o historii rozwoju transportu: jeden slajd!</p> <p>Potrzeba szybkiego podróżowania i odpowiedzi na nią: szybka kolej,</p>

		transport lotniczy, samochód. Zalety i wady tych rozwiązań. HYPERLOOP jako jedyne rozwiązanie naziemne zapewniające podróże naziemne z prędkościami lotniczymi. Prezentacja różnych rozwiązań, pytania, odpowiedzi dyskusja
	Postawienie zadania	Zaprojektujemy sieć Hyperloop dla Polski
Faza realizacyjna (ok. 25 min.)	Rysujemy różne warianty sieci połączeń i obliczamy długość sieci	Klasa dzieli się na grupy. Pracujemy na mapkach metodą IMGGO korzystając z tabeli odległości. Należy wielokrotnie poprawiać nieudane projekty, „optymalizować sieć” kolejnymi krokami, szukając jak najkorzystniejszych połączeń.
Faza podsumowująca (ok. 5 minut)	Rekapitulacja pierwotna dokonana przez nauczyciela: „Sieć transportową da się planować racjonalnie. To zadanie na podstawowym poziomie jest dostępne także dla niefachowca. Nie bójmy się analizować takich zagadnień. Jako obywatele i przyszli użytkownicy sieci Hyperloop mamy do tego prawo i powinniśmy zabierać głos w tej sprawie”.	
Praca domowa	Zachęcamy do poszerzenia wiedzy o Hyperloop	
Ewaluacja	Ewaluacja polega na wypełnieniu przez nauczyciela karty ewaluacyjnej	

Ryc. 10. Osiemnaście miast wojewódzkich i odległości prostoliniowe między nimi



	Białystok	Bydgoszcz	Gdańsk	Gorzów Wlkp.	Katowice	Kielce	Kraków	Lublin	Łódź	Olsztyn	Opole	Poznań	Rzeszów	Szczecin	Toruń	Warszawa	Wrocław	Zielona Góra
Białystok	0	345	327	534	432	309	406	216	291	191	450	426	355	569	304	172	476	531
Bydgoszcz	345	0	143	194	331	307	369	375	180	177	273	110	443	231	40	228	234	215
Gdańsk	327	143	0	290	462	409	489	438	294	137	412	246	536	284	150	287	376	340
Gorzów Wlkp.	534	194	290	0	384	421	446	530	309	369	295	121	560	88	229	400	216	92
Katowice	432	331	462	384	0	128	73	274	177	410	92	283	216	469	313	267	175	308
Kielce	309	307	409	421	128	0	102	146	131	322	188	304	136	497	273	157	250	371
Kraków	406	369	489	446	73	102	0	222	195	416	163	338	144	529	344	254	245	375
Lublin	216	375	438	530	274	146	222	0	222	317	329	409	140	594	336	152	389	490
Łódź	291	180	294	309	177	131	195	222	0	233	163	188	265	378	150	120	188	270
Olsztyn	191	177	137	369	410	322	416	317	233	0	386	282	432	390	150	176	378	390
Opole	450	273	412	295	92	188	163	329	163	386	0	204	299	382	264	278	83	216
Poznań	426	110	246	121	283	304	338	409	188	282	204	0	443	194	132	282	142	107
Rzeszów	355	443	536	560	216	136	144	140	265	432	299	443	0	637	409	256	376	500
Szczecin	569	231	284	88	469	497	529	594	378	390	382	194	637	0	271	455	303	179
Toruń	304	40	150	229	313	273	344	336	150	150	264	132	409	271	0	188	237	239
Warszawa	172	228	287	400	267	157	254	152	120	176	278	282	256	455	188	0	308	379
Wrocław	476	234	376	216	175	250	245	389	188	378	83	142	376	303	237	308	0	133
Zielona Góra	531	215	340	92	308	371	375	490	270	390	216	107	500	179	239	379	133	0

