

CENTRALNY PORT KOMUNIKACYJNY

—
SOLIDARITY TRANSPORT HUB
POLAND

Pasażerski Model Transportowy

Skrócony Raport Techniczny

Biuro Planowania i Rozwoju Kolei

2020-12-07



Pasażerski Model Transportowy

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
Model Ruchu PLK



Centralny Port Komunikacyjny
Pasażerski Model
Transportowy

Kluczowe informacje

1 Rok bazowy 2017 i 2019

2 Prognoza: 2025, 2028, 2030, 2035, 2040, 2050:

- W0 – wariant bezinwestycyjny (bez portu lotniczego CPK oraz komponentu kolejowego)
- W1 – wariant inwestycyjny z portem lotniczym oraz komponentem kolejowym;

3 Udokumentowany i zweryfikowany

4 Otwarta architektura modelu

(edytowalne procedury na wszystkich etapach obliczeń)

Model Pasażerski

1 Miedzygałęziowy

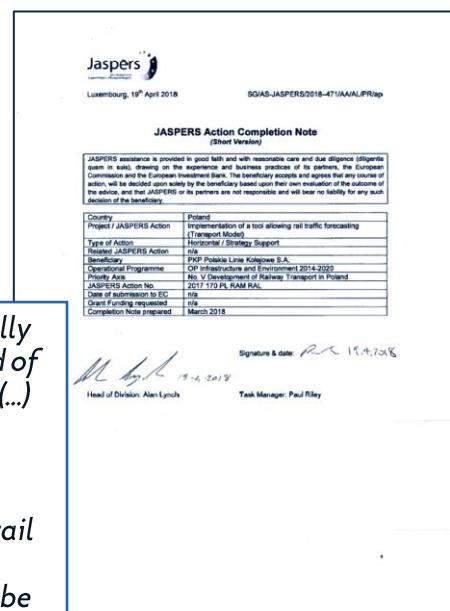
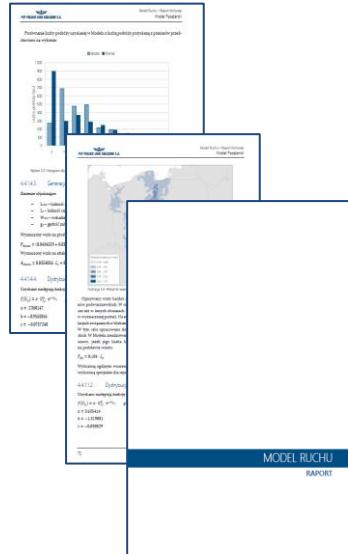
2 4-stopniowy model

3 Średni Dobowy Ruch w Roku

Dokumentacja & Weryfikacja

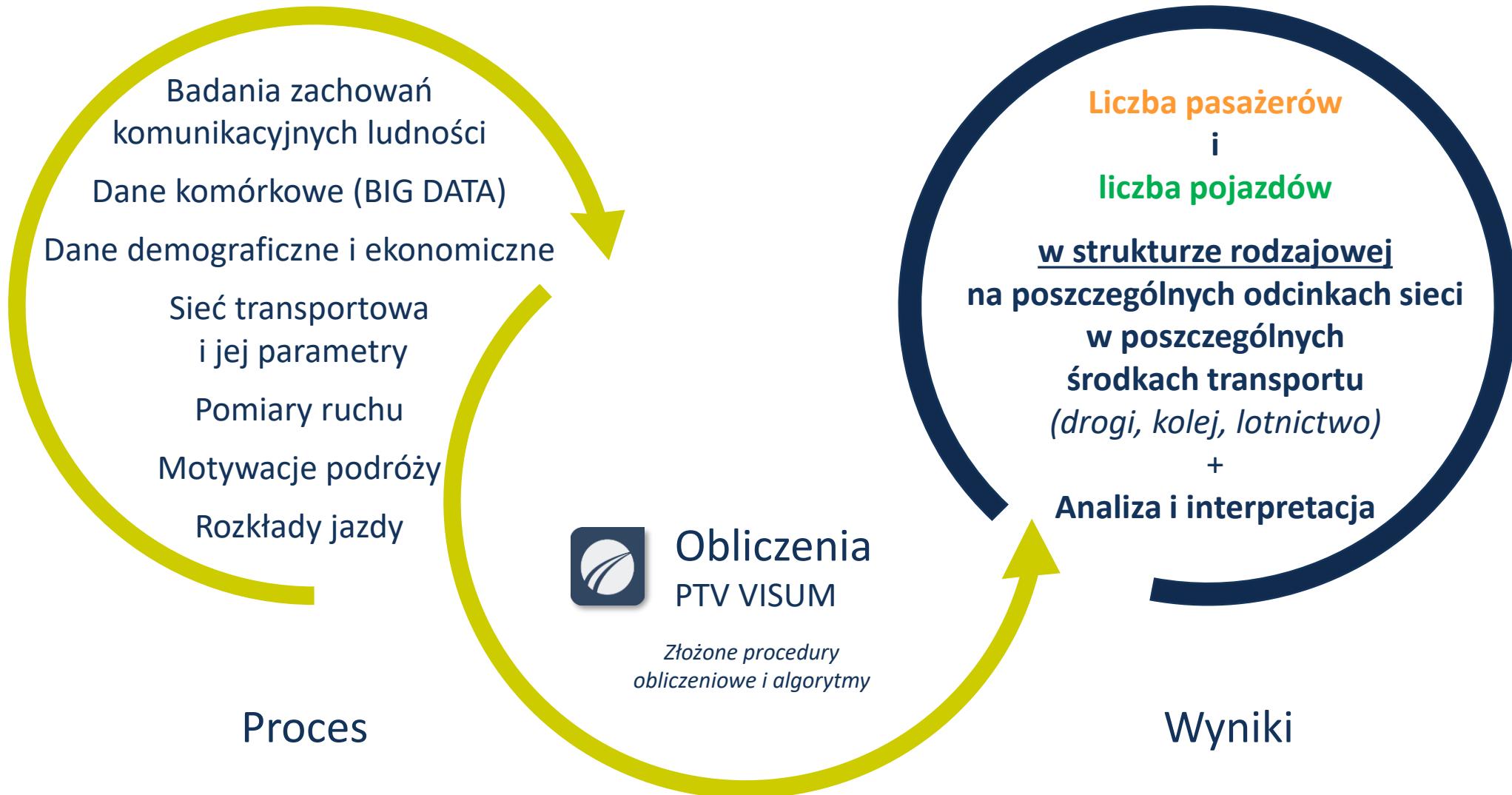
Weryfikacja Modelu Ruchu opracowanego przez PKP PLK S.A.

„The model uses the data in maximum extent. The approach of the modelling team is very scientific with good use of data and good access to gathered data. The model already forms a very good tool for strategic planning and for the modelling of the impact of the changes of the infrastructure including the lockouts of the sections.”



„In JASPERS' view the model is generally well documented, of good quality and of appropriate scope and level of detail (...) and has immediate applicability for appraisal of typical rail investment detail (...) and has immediate applicability for appraisal of typical rail investment measures (...) The team in itself is a valuable asset which would be the obvious starting base for further maintenance, operations and development of the model.”

Model ruchu – schemat działania



ZAKRES MODELU

Model obejmuje obszar

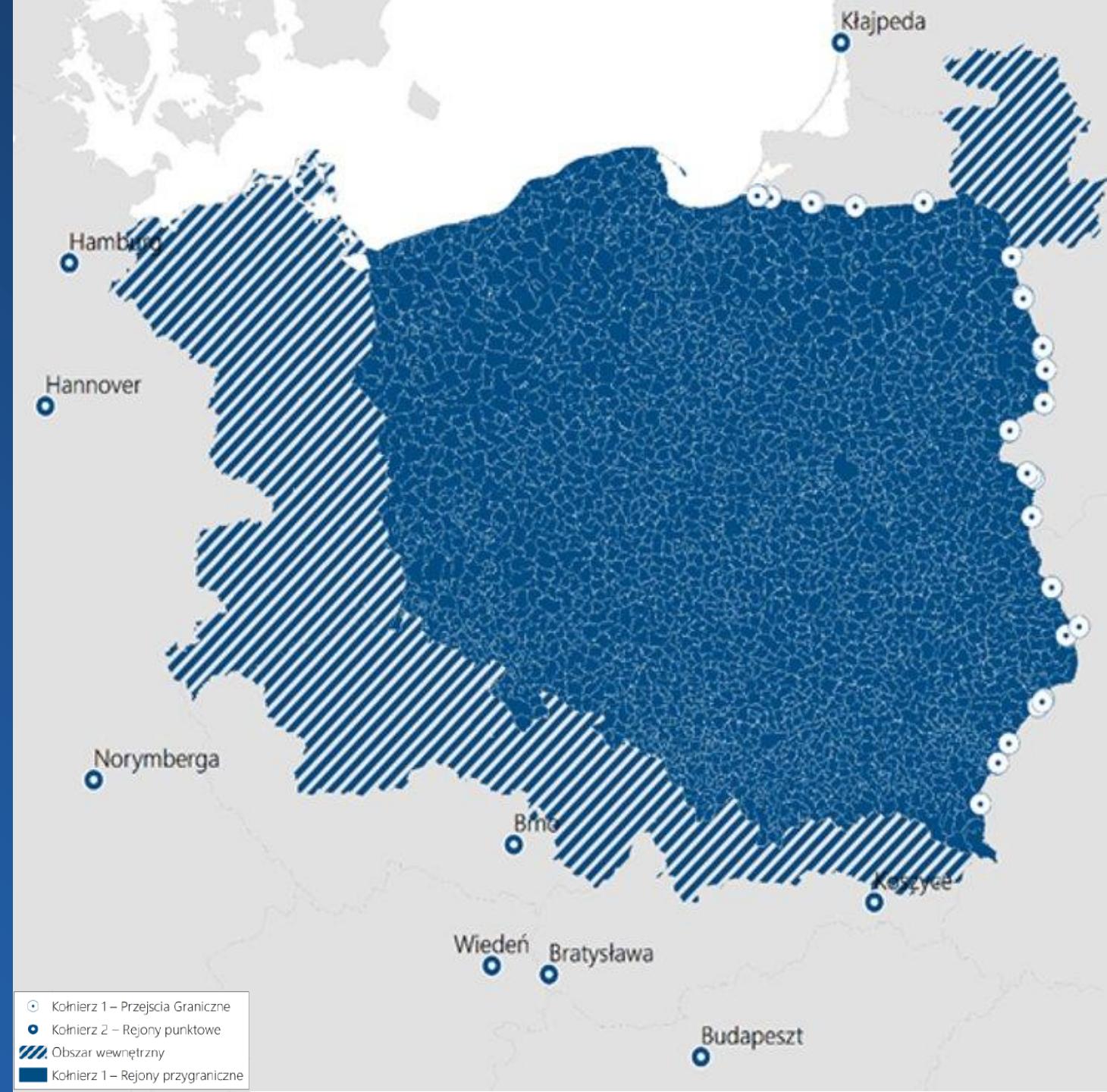
Wewnętrzny:

- 1 Obszar całego kraju – na poziomie gmin
- 2 Duże miasta zostały podzielone na mniejsze rejony komunikacyjne
- 3 Lotniska

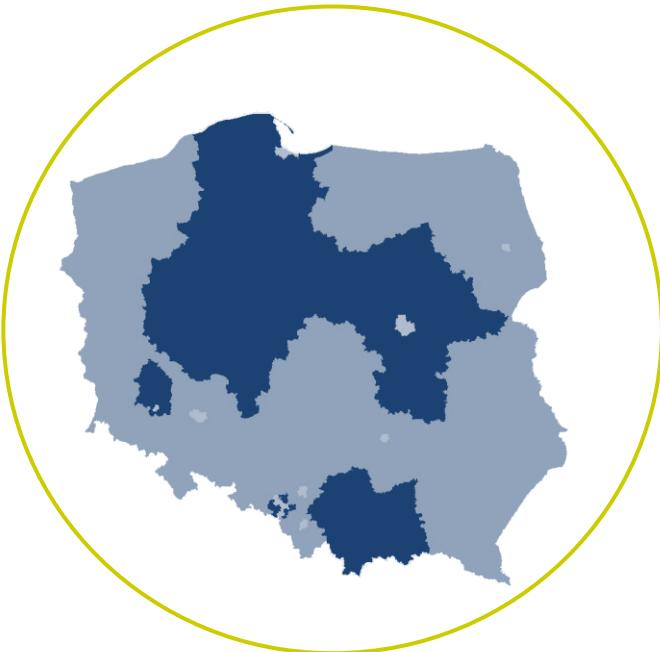
Zewnętrzny:

- 1 Kołnierz 1 – rejony bliskiego otoczenia w krajach Strefy Schengen
- 2 Kołnierz 2 - rejony-przejścia graniczne, z krajami spoza Strefy Schengen
- 3 Kołnierz 2 - rejony dalekiego otoczenia w krajach Strefy Schengen

W sumie Pasażerski Model Transportowy zawiera około 2 800 rejонów komunikacyjnych.



Dane wejściowe - modelowanie popytu



17
Przeprowadzonych
badań



~80 000
Gospodarstw
domowych



~183 000
Osób*

Ankietowe badania zachowań
komunikacyjnych ludności,
w tym pozyskane
od GUS badanie ogólnokrajowe*

* W 2015 r. GUS wykonał pierwsze w Polsce ankietowe badanie zachowań komunikacyjnych ludności w ramach pracy badawczej pt. „Badanie pilotazowe zachowań komunikacyjnych ludności w Polsce”. https://stat.gov.pl/statystyki-eksperymentalne/uslugi-publiczne/badanie-pilotazowe-zachowan-komunikacyjnych-ludnosci-w-polsce-popt-2007-2013_14_1.html



Miejsca pracy **Studenci**
Powierzchnia usług **Wynagrodzenie**
Miejsca w szkołach **PKB**
Powierzchnia Biurowa
Wskaźnik motoryzacji
Dostępność

$$Y_i^{m,g} = \sum_{x_i \in X} \beta_i x_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n$$

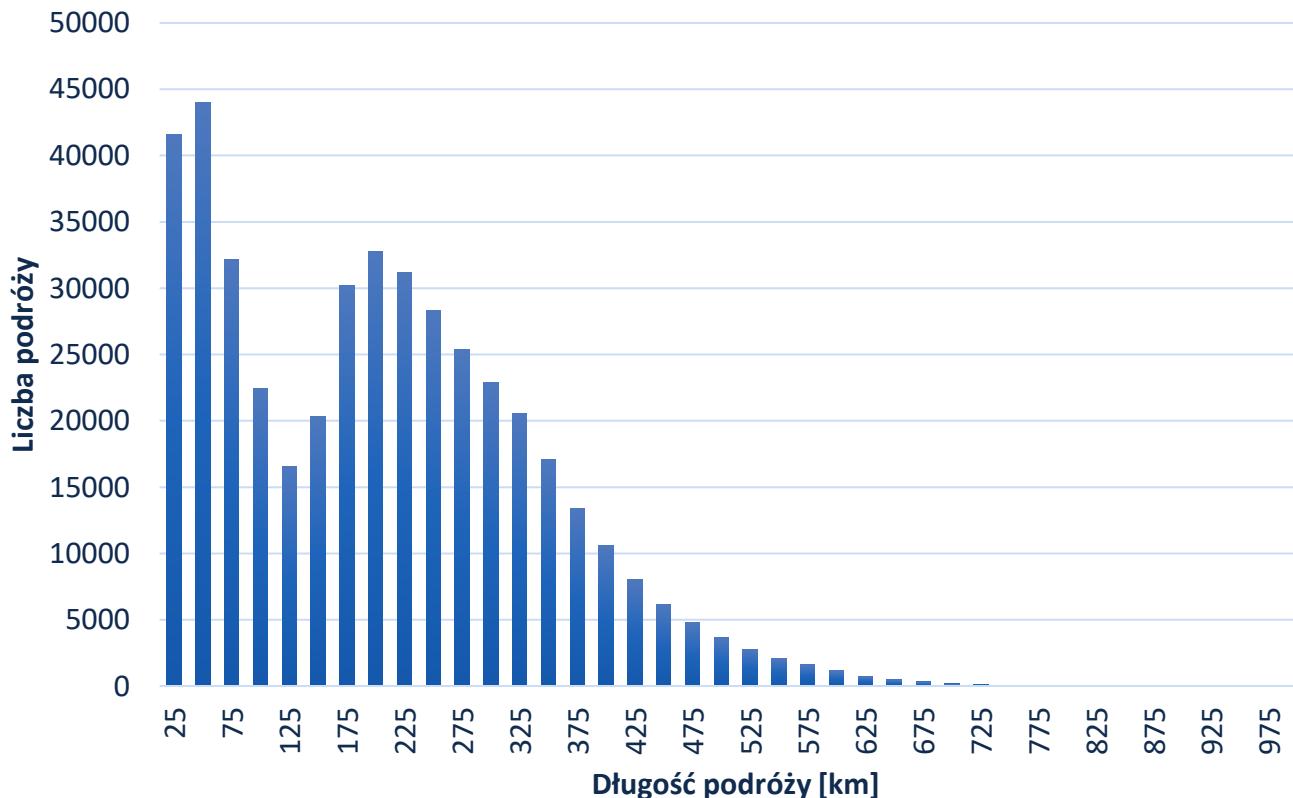
Generacja Podróży



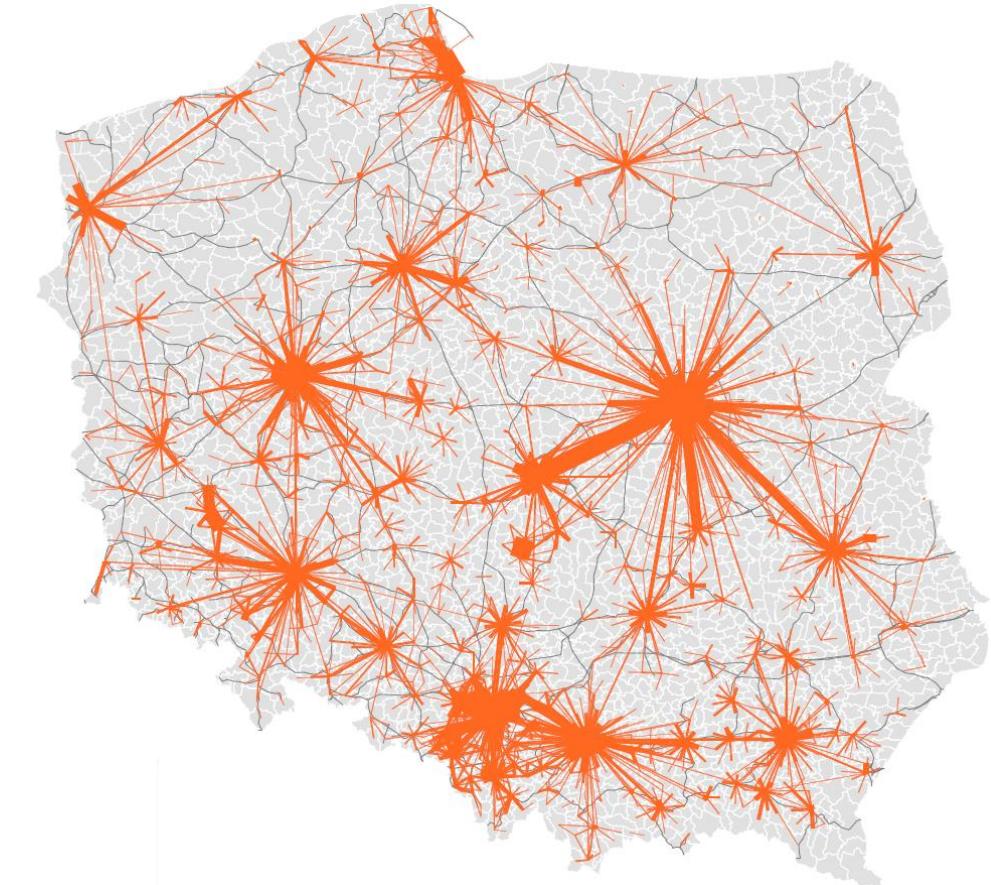
$$P_{domNauka} = \alpha_1 \cdot L_{uczn} + \alpha_2 \cdot L_{DuzychM} + \alpha_3 \cdot Wsk_{mot}$$

Dystrybucja Podróży

Dystrybucja podróży - Służbowe



Podróże: Dom-Praca
dane empiryczne z GUS



$$f(U_{ij}) = a \cdot U_{ij} \cdot e^{c \cdot U_{ij}}$$

Podział Zadań Przewozowych

W podziale względem:

- › Posiadanie dostępu do samochodu
- › Motywacja podróży

Komunikacja miejska
Wewnętrzpowiatowa
Regionalne
Międzyregionalne
Ekspresowe

Regionalne
Międzyregionalne
Międzyaglomeracyjne

Podział zadań przewozowych
wybór pomiędzy konkurencyjnymi środkami transportu



transport indywidualny



transport autobusowy



transport kolejowy



transport lotniczy

Środki Transportu

Podział Zadań Przewozowych



$$p_{n,s}^a = \frac{e^{U_{n,s}^a}}{\sum_{a' \in A} e^{U_{n,s}^a}}$$

$$U_{zmot}^{kMR} = \beta_0 + \beta_1 PJT_{kMR} + \beta_2 NTR_{kMR} + \beta_3 SFQ_{kMR}$$

Duża liczba różnorodnych danych wejściowych



Sieć kolejowa

Sieć drogowa zgodnie z PBDK

Program Budowy Dróg Krajowych
na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.).



Rozkłady jazdy pociągów

- › dalekobieżnych (InterCity - IC i InterRegio - IR)
- › regionalnych ekspresów (ReX)
- › regionalnych (R)

Rozkłady jazdy autobusów

- › ekspresowych (BUS Ex)
- › pospiesznych (międzyregionalne - BUS MR)
- › zwykłych (regionalne - BUS R)

Dane lotnicze

- › macierz przemieszczeń i liczby połączeń
- › prognozy dla poszczególnych portów
- › automatyczny moduł wyznaczania obszaru oddziaływania lotnisk
- › funkcje wyboru środka transportu w dojazdach do lotnisk
- › konkurencyjność KDP vs. samolot w lotach krajowych

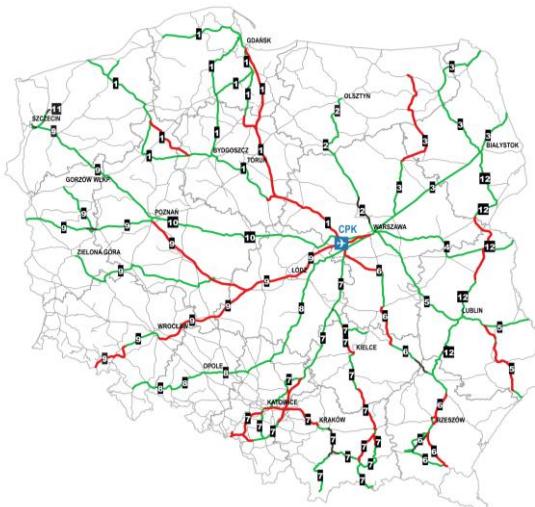
Zmienne objaśniające
np. demografia, PKB, wskaźnik motoryzacji, powierzchnie biurowe, powierzchnie noclegowe

Sieć kolejowa – horyzont docelowy
– rok 2035



Sieć drogowa – horyzont docelowy
– po roku 2040

Szczegółowo przyjęte parametry sieci kolejowej



Ciągi CPK na tle sieci kolejowej



Sieć kolejowa – rok 2017



Sieć kolejowa – rok 2025

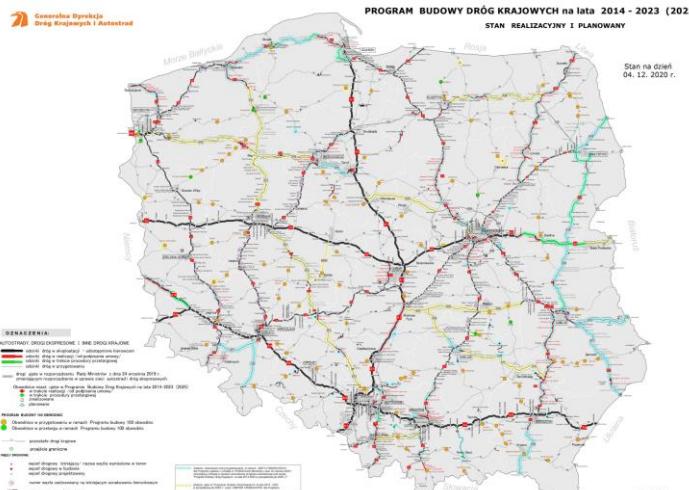


Sieć kolejowa – horyzont docelowy – po roku 2035

Kluczowe informacje

- › Szczegółowe parametry infrastruktury kolejowej dla horyzontów prognostycznych opracowane od podstaw
- › Dane niezbędne z punktu widzenia wykonywania prognoz dla ruchu pasażerskiego i towarowego
- › Wykorzystanie szczegółowych parametrów w algorytmach do obliczania czasów jazdy w prognozach

Szczegółowo przyjęte parametry sieci drogowej



Sieć drogowa zgodna z PBDK



Sieć drogowa – rok 2017



Sieć drogowa - rok 2025

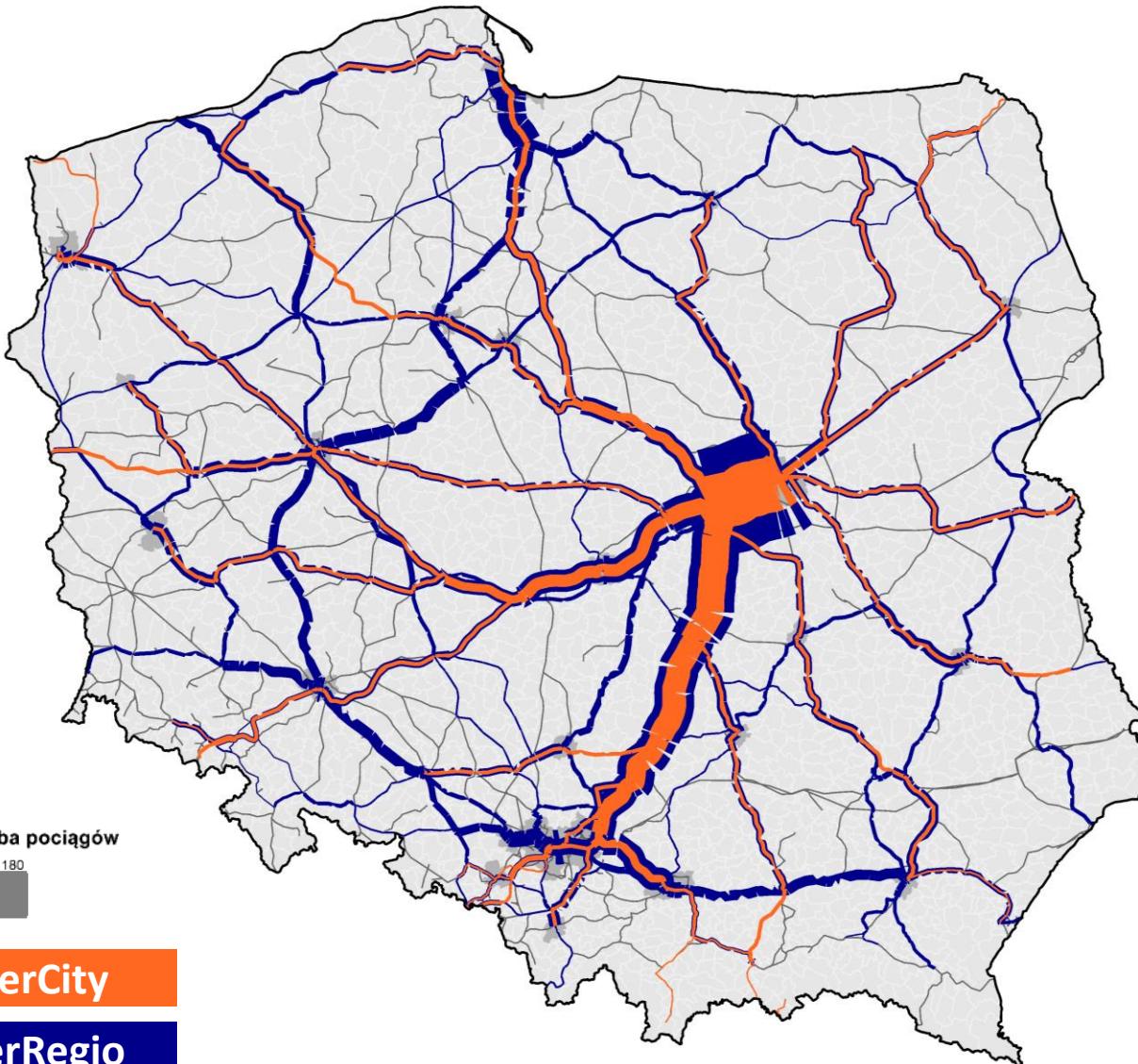


Sieć drogowa – rok 2050

Kluczowe informacje:

- › Szczegółowe parametry infrastruktury drogowej dla horyzontów prognostycznych
 - › W prognozach uwzględnione są konkurencyjne środki transportu, w tym transport drogowy
 - › Uwzględniono również plany rozwojowe związane m.in. z rozbudową sieci drogowej

Koncepcja kolejowego ruchu dalekobieżnego w całym kraju

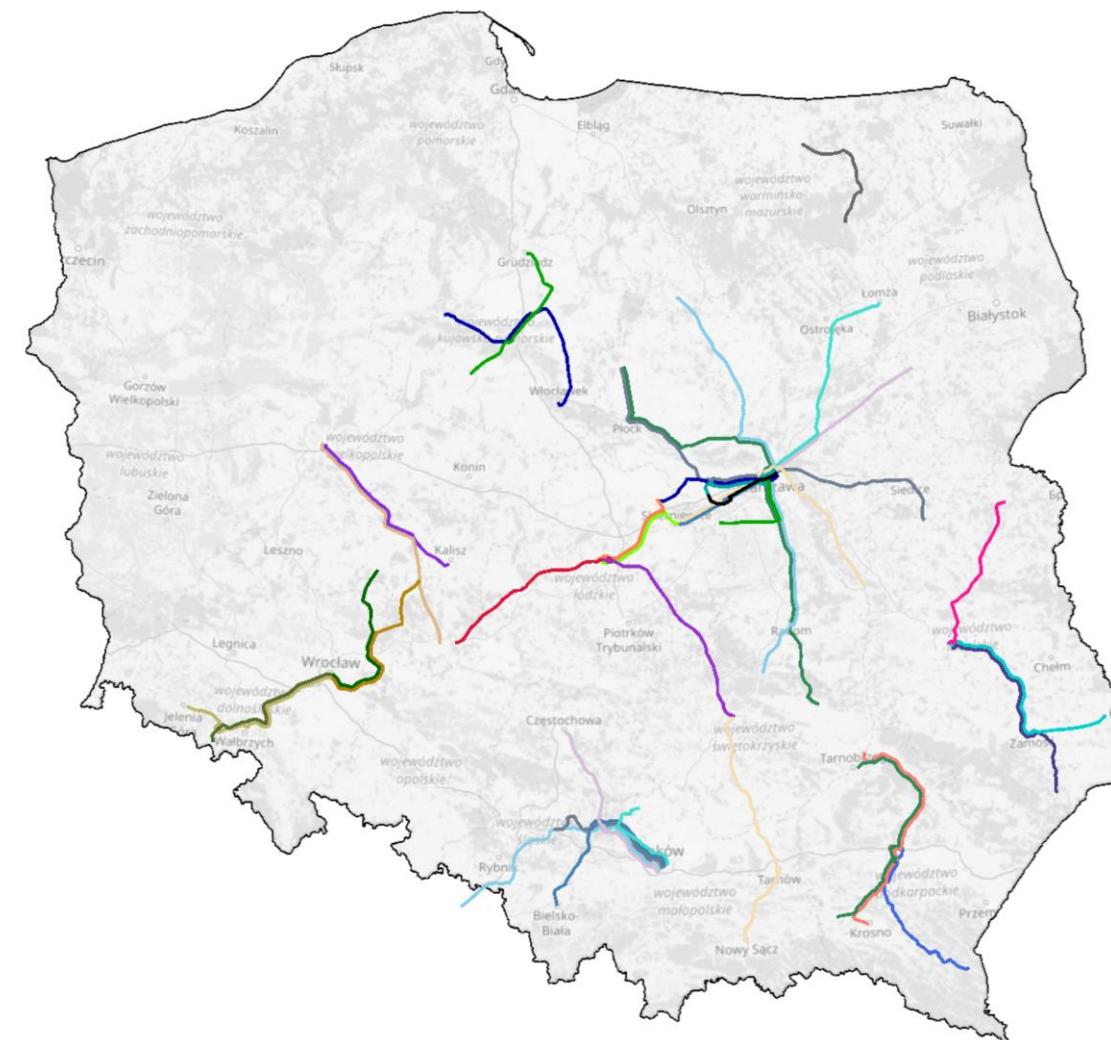


Kluczowe informacje

- › Zaimplementowana wypracowana wewnętrznie w CPK koncepcja oferty rozkładowej pociągów dalekobieżnych – implementacja założeń z Koncepcji CPK*
- › Szacunkowa wielkość pracy przewozowej 127 mln pociągokilometrów rocznie
- › Oferta została zoptymalizowana pod kątem pracy eksploatacyjnej – analizowano rozwinięte rynki kolejowe (Włochy, Francja, Niemcy, Hiszpania)
- › Oferta zakłada istotną funkcję przesiadkową węzła CPK: duża liczba pociągów na ciągach szprychowych, średnia liczba pociągów na ciągach obwodowych

* „Koncepcja przygotowania i realizacji inwestycji Port Solidarność – Centralny Port Komunikacyjny dla Rzeczypospolitej Polskiej” przyjętą Uchwałą nr 173/2017 Rady Ministrów z dnia 7 listopada 2017 r. (RM-111-163-17)

Rozkłady Jazdy pociągów - połączenia RegioExpress



1

Regionalne ekspresy – pociągi organizowane na poziomie wojewódzkim, o większej liczbie postojów niż pociągi dalekobieżne

2

Założenia liczby i relacji regionalnych ekspresów po wstępnych rozmowach z organizatorami przewozów w trakcie **RKS** (Regionalne Konsultacje Strategiczne)

3

Trzy podstawowe **moduły częstotliwości** przyporządkowane do różnych linii:

4

- › co 2h przez cały dzień
- › co 1h w szczytce, a poza szczytem co 2h
- › co 1h przez cały dzień

5

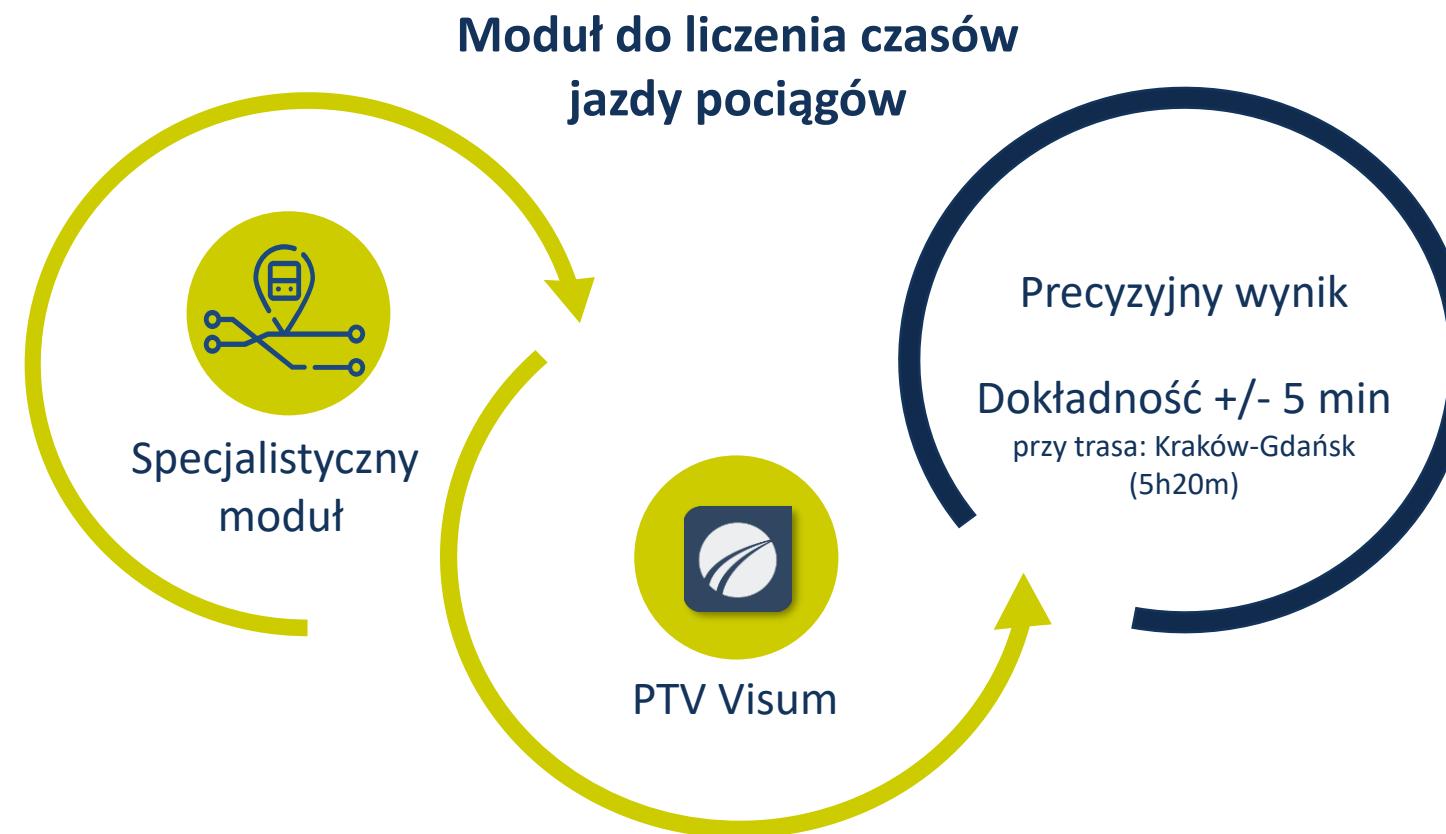
Do prognoz wykorzystano tylko połączenia wykorzystujące w części lub w całym przebiegu **infrastrukturę nowych linii kolejowych**

6

Na wybranych liniach kolejowych założono również **ruch pociągów regionalnych** (gęsta siatka postojów)

Ostateczna oferta będzie opracowana w toku prac nad poszczególnymi studiami wykonalności w uzgodnieniu z organizatorami przewozów

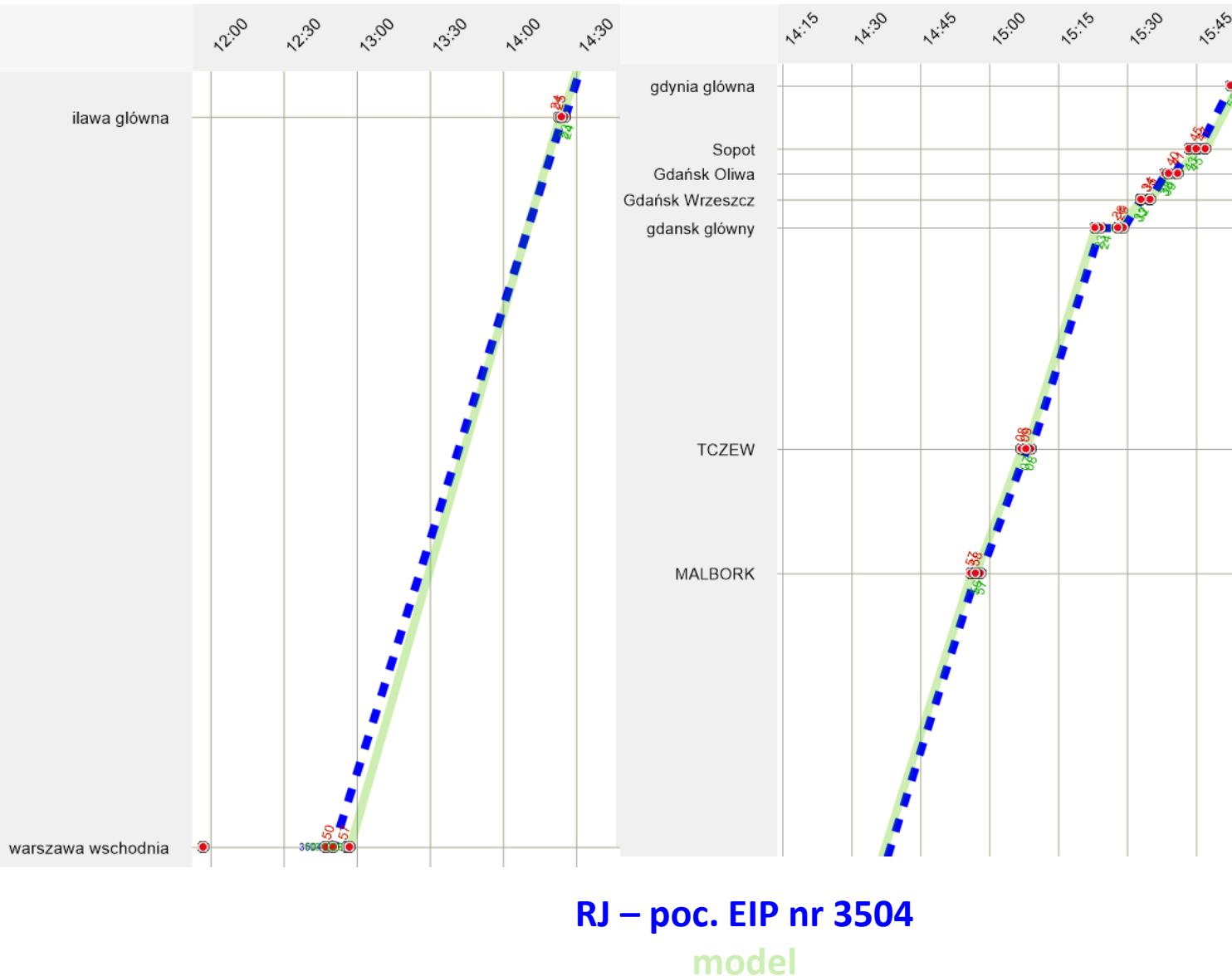
Czasy jazdy pociągów



Kluczowe informacje:

- › Opracowany wewnętrznie w CPK
- › Współpraca z ekspertami od mikrosymulacji ruchu kolejowego
- › Konsultowane pod katem metodycznym z ekspertami od RJ
- › Natychmiastowe przeliczenie

Moduł do liczenia czasów jazdy pociągów



Najważniejsze zmiany:

- › Pierwotny Model Ruchu PKP PLK nie miał możliwości automatycznego liczenia czasu jazdy w PTV VISUM
- › Wykorzystywano czasy jazdy pozyskiwane wprost z SKRJ
- › Zbudowano ten moduł od podstaw przez pracowników CPK
- › Metoda skalibrowana dla stanu istniejącego względem oficjalnych rozkładów jazdy
- › Metoda sprawdzana (krzyżowo) z metodami mikrosymulacyjnymi (rozbieżność poniżej 5%)
- › Główne założenia metody:
 - › wykorzystanie danych o sieci
 - › parametry taboru dla pociągów dalekobieżnych i regionalnych
 - › rezerwy eksplotacyjne
 - › wariantowanie siatki postojów

Komponent lotniczy

Stan istniejący (2017, 2019)

- **Macierz połączeń lotniczych**
(liczba połączeń i miejsc)
– dane z zasobu CPK
- **Macierz przemieszczeń**
(w osobach)

Zasoby CPK

Stan prognozowany (2040)

- **Macierz połączeń lotniczych**
(liczba połączeń i miejsc)
– dane z zasobu CPK
- **Macierz przemieszczeń**
(w osobach)

Zasoby CPK i założenia teoretyczne

Prognozy dla wszystkich portów lotniczych

ULC i założenia teoretyczne

Dane lotnicze

Konkurencyjność KDP vs samolot

Na podstawie badań zagranicznych

*Air and rail competition and complementarity, 2006,
Steer Davies Gleave*

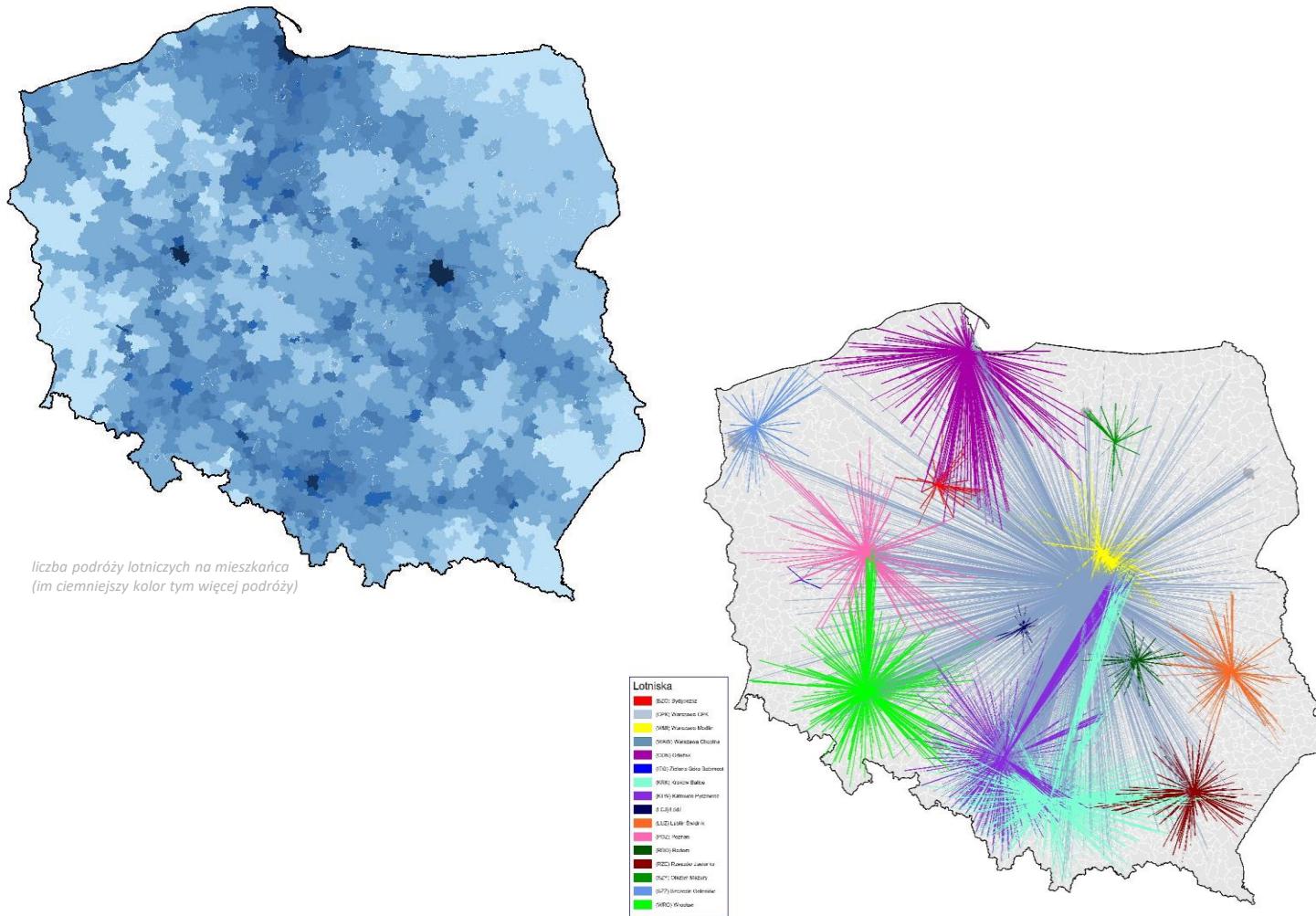
Catchment area

Na podstawie literatury i ogólnodostępnych danych

Podział zadań przewozowych dla lotnisk

Na podstawie funkcji dla podróży „Innych” z Modelu Ruchu PKP PLK
– weryfikacja na podstawie danych krajowych i zagranicznych zebranych przez komponent kolejowy
założenia teoretyczne

2040 W1 – liczba lotów na jednego mieszkańca oraz obszar ciążenia polskich lotnisk – założenia



Istotne założenia modułu:

- Uwzględnia istotny wpływ PKB na ruchliwość lotniczą mieszkańców poszczególnych gmin w Polsce
- Uzyskana znaczna koncentracja liczby podróży lotniczych dla ośrodków miejskich, charakteryzujących się wyższym PKB na mieszkańca

Wnioski

- Opracowane funkcje odwzorowują atrakcyjność lotnisk – prognozowana liczba pasażerów wpływa na wielkość obszaru oddziaływania lotniska
- Podróże lotnicze z CPK mają swoje źródło praktycznie w całej Polsce**
- Widac istotne, ponadregionalne znaczenie portów w Gdańsku, Krakowie, Wrocławiu czy Poznaniu
- Dzięki zbudowaniu mechanizmu „**catchment area**”, możemy uwzględnić dojazd do lotnisk w prognozach ruchu kolejowego
- Uwzględniony istotny **wpływ PKB** na ruchliwość lotniczą mieszkańców poszczególnych gmin w Polsce
- Uzyskaną istotną koncentrację liczby podróży lotniczych dla ośrodków miejskich, charakteryzujących się wyższym PKB na mieszkańca

CENTRALNY PORT KOMUNIKACYJNY

—
SOLIDARITY TRANSPORT HUB
POLAND

Wyniki Modelu



Wyniki

Natężenie ruchu pojazdów i potoki pasażerskie w 2017 roku

W0



Wyniki

Natężenie ruchu pojazdów i potoki pasażerskie w 2019 roku

W0



Wyniki

Natężenie ruchu pojazdów i potoki pasażerskie w horyzoncie progностycznym 2050

W1



CENTRALNY PORT KOMUNIKACYJNY

—
SOLIDARITY TRANSPORT HUB
POLAND

Informacje szczegółowe



Wymagania modelu PMT



18

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Silnik wykonawczy

Pasażerski Model Transportowy został wykonany z wykorzystaniem oprogramowania PTV VISUM w wersji **18**. Aktualnie Zamawiający użytkuje model przy pomocy wersji **18.02-16**.

Do obsługi modelu PMT wykorzystywana jest licencja o parametrach:

Wielkość licencji (ang. Network size name) – **3**

Liczba rejonów komunikacyjnych (ang. Zones) – **3 000**

Liczba profili czasowych dla transportu zbiorowego (ang. TProfiles) – **50 000**

Liczba odcinków – **bez ograniczeń**

Liczba węzłów – **bez ograniczeń**

Moduły (Add-ons) wymagane

- 1 MULTIMODAL (Multimodal)
- 2 DRT (Demand responsive transport)
- 3 PRT (User interface PrT)
- 4 PUT (User interface PuT)

Moduły (Add-ons) opcjonalne

- 1 PGEN (Subnetwork generator)
- 2 CAL (Calendar / valid days)
- 3 IP (Graphical timetable editor)

Przyjęta metodyka modelowania ruchu

-  **Model PMT można podzielić na dwie zasadnicze części:**
 -  podażową, na którą składają się informacje o sieci transportowej
 -  popytową, na którą składają się informacje o podróżach
-  **Część podażowa składa się z komplementarnych sieci:**
 -  kolejowej, wraz z opisaną ofertą przewozów pasażerskich
 -  drogowej, wraz z opisaną ofertą przewozów pasażerskich
 -  lotniczej, wraz z opisaną ofertą przewozów pasażerskich
-  **Modelowanie popytu wykonano jako model czterostopniowy:**

Na czterostopniowy model popytu składają się:

 -  Generacja ruchu, w której następuje wyznaczenie potencjałów produkcji i atrakcji rejonów komunikacyjnych
 -  Dystrybucja ruchu, w której wyznaczane są konkretne relacje źródło–cel dla podróży wygenerowanych w pierwszym etapie
 -  Podział międzygałęziowy, który odpowiada za odwzorowanie decyzji podróżnych w kwestii wyboru środka transportu
 -  Rozkład ruchu na sieć, czyli przyporządkowanie podróżom konkretnych przebiegów na sieci transportowej

Zmienne objaśniające używane w modelu popytu* PMT

Wszystkie zmienne objaśniające
przypisane są do
rejonów transportowych, które
natomiast są tożsame obszarowo z
gminami**

- 1 Ludność
- 2 Ludność aktywna zawodowo
- 3 Ludność w wieku szkolnym
- 4 Liczba miejsc w szkołach
- 5 Liczba miejsc na uczelniach
- 6 PKB
- 7 Wskaźnik motoryzacji
- 8 Gęstość zaludnienia
- 9 Powierzchnie noclegowe
- 10 Powierzchnie magazynowe
- 11 Siła ośrodków akademickich
- 12 Wskaźniki wzrostu ruchu - GDDKiA
- 13 Wskaźniki wzrostu wartości czasu
- 14 Odległość do Warszawy

*wymienione zmienne objaśniające wykorzystywane są w pierwszym kroku
modelu czterostopniowego (generacja ruchu); w pozostałych krokach
modelu czterostopniowego uwzględnione są również inne czynniki i zmienne
- szczegóły zawarte są w dokumentacji technicznej PMT

** wszystkie większe ośrodki miejskie i niektóre gminy ze
szczególnie skomplikowanym układem transportowym zostały dodatkowo
podzielone na małe rejony transportowe

Wykaz przekazywanych plików modelu PMT

Folder	Nazwa pliku	Wariant	Rok	Opis	Folder	Nazwa pliku	Wariant	Rok	Opis	
Version	PMT_2017_w0.ver	W0	2017	Plik modelu ruchu	Other Input Data\ InneKrótkie	N/D	N/D	N/D	Komplet plików w formatach programu Biogeme m.in. z parametrami funkcji podziału zadań przewozowych w motywacji Inne Krótkie	
	PMT_2019_w0.ver	W0	2019	Plik modelu ruchu						
	PMT_2025_w0.ver	W0	2025	Plik modelu ruchu						
	PMT_2030_w0.ver	W0	2030	Plik modelu ruchu						
	PMT_2035_w0.ver	W0	2035	Plik modelu ruchu						
	PMT_2035_w1.ver	W1	2035	Plik modelu ruchu						
	PMT_2040_w0.ver	W0	2040	Plik modelu ruchu						
	PMT_2040_w1.ver	W1	2040	Plik modelu ruchu						
	PMT_2050_w0.ver	W0	2050	Plik modelu ruchu						
	PMT_2050_w1.ver	W1	2050	Plik modelu ruchu						
Attributes	PotencjalyLot_{(ROK_WARIANT)}.att	W0/W1	2017 2019 2025 2028 2030 2035 2040 2050	Komplet plików przedstawiających prognozowe wartości potencjałów lotniczych	Other Input Data\ Lotnicze	N/D	N/D	N/D	Komplet plików w formatach programu Biogeme m.in. z parametrami funkcji podziału zadań przewozowych w motywacji dojazdów do lotnisk	
				Komplet plików zmieniających rok prognozy i atrybut wartości czasu						
				Komplet plików przedstawiających prognozowe wartości wskaźników wzrostu ruchu						
				Komplet plików przedstawiających prognozowe wartości zmiennych objaśniających						
Matrix	(WSZYSTKIE).mtx	W0/W1		Zestaw wszystkich niezbędnych macierzy do kalkulacji modelu PMT	Project Directories	Project Directories - drive C.pdf	N/D	N/D	Plik konfiguracji ścieżek projektu programu Visum (dla katalogu C:\VISUM\)	
				Zestaw wszystkich niezbędnych macierzy do kalkulacji modelu PMT						
Procedure parameters	Procedures_TimetableCalc.xml	N/D	N/D	Procedury służące do obliczenia czasów jazdy pociągów	Script	air_rail_ms.py	N/D	N/D	Skrypt wyliczający statystyki konieczne do działania modułu przeniesienia ruchu kolej-samolot	
Filter	LINES_KMR.fil	N/D	N/D	Zestaw filtrów do obsługi procedur do obliczenia czasów jazdy pociągów	Script	Get_rail_stats.py	N/D	N/D	Skrypt wyliczający statystyki transportu kolejowego	
Filter	LINES_KR.fil	N/D	N/D	Zestaw filtrów do obsługi procedur do obliczenia czasów jazdy pociągów	Script	PySplitter	N/D	N/D	Skrypt wyliczający podział zadań przewozowych dla wszystkich motywacji	
Other Input Data\ DPD	N/D	N/D	N/D	Komplet plików w formatach programu Biogeme m.in. z parametrami funkcji podziału zadań przewozowych w motywacji Dom-Praca-Dom	Global layout	Wyniki_Kolej.lay	N/D	N/D	Układ okienek w programie VISUM przedstawiający wyniki modelu w zakresie ruchu kolejowego	
					Global layout	Wyniki_SO.lay	N/D	N/D	Układ okienek w programie VISUM przedstawiający wyniki modelu w zakresie ruchu drogowego	
N/D	Pasażerski Model Transportowy - RAPORT				N/D	2020			Raport techniczny opisujący Pasażerski Model Transportowy	
N/D	MODEL RUCHU Raport				N/D	2017			Raport techniczny opisujący Modelu Ruchu PKP PLK oraz Kolejowego Modelu Towarowego PKP PLK	



Kontakt:

model-ruchu@cpk.pl

