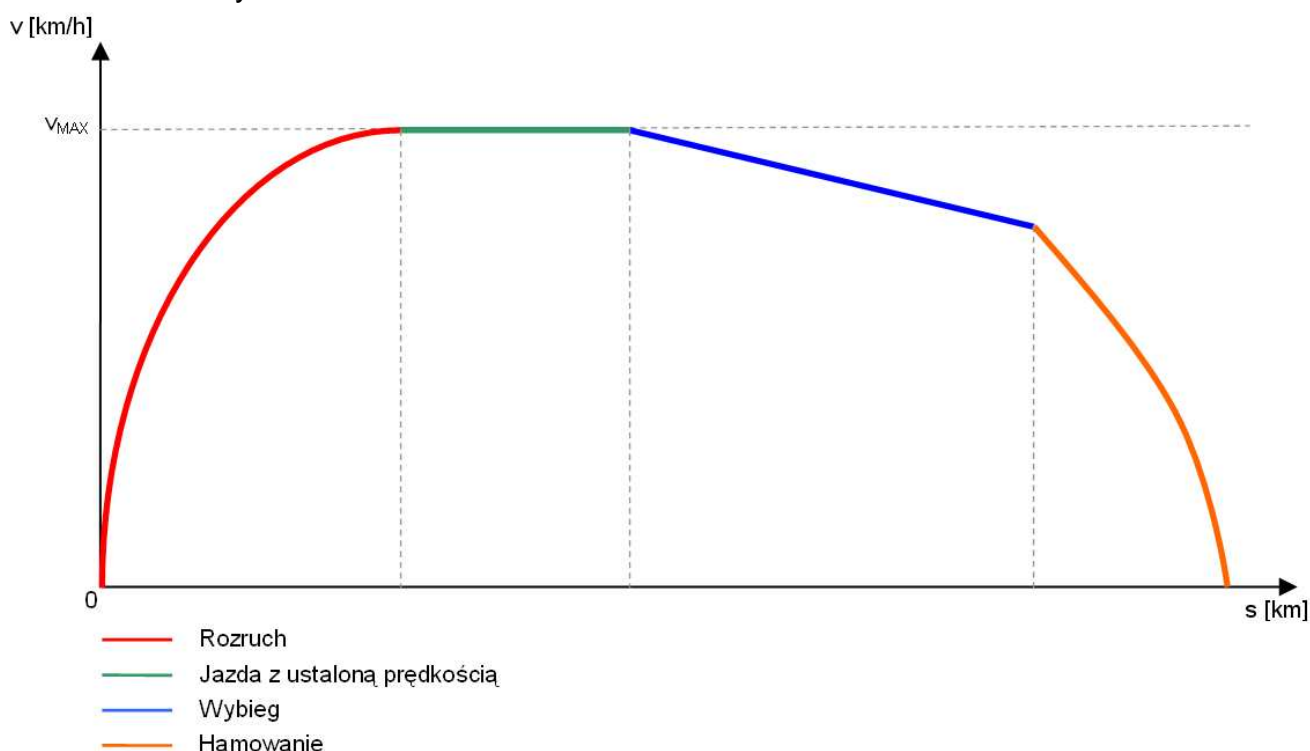


ORGANIZACJA RUCHU			
Wydział: <b>Maszyn Roboczych i Transportu</b>	Kierunek: <b>TRANSPORT</b>	Specjalność: <b>Transport Szynowy</b>	Semestr: <b>V</b>
Imię i nazwisko:		Data:	Ocena:

## 1. Wstęp:

### a) fazy ruchu pociągu:

Proces ruchu pociągu jest złożonym zjawiskiem fizycznym i uzależniony jest od bardzo dużej liczby czynników np: profil trasy, rozkład jazdy, warunki atmosferyczne, stan techniczny taboru i infrastruktury itd. Ruch każdego pojazdu szynowego (pociąg, tramwaj) możemy podzielić na 4 zasadnicze fazy.



→ **Rozruch** – rozpoczyna się w momencie ruszania pociągu z miejsca lub podczas zwiększania ustalonej prędkości w czasie jazdy. Faza ta, szczególnie na początkowym etapie jest najbardziej energochłonną częścią ruchu pociągu. Najważniejszym parametrem rozruchu jest przyspieszenie. Jest ono zależne od przyczepności kół, profilu trasy, maksymalnego prądu silników trakcyjnych.

→ **Jazda z ustaloną prędkością** – w czasie rozruchu pociąg osiąga prędkość dopuszczalną dla danego odcinka szlaku. Wówczas zadaniem maszynisty jest takie regulowanie nastaw jazdy, aby utrzymać maksymalną dopuszczalną prędkość. W zależności od charakterystyki pojazdu trakcyjnego oraz masy brutto składu występują pewne niewielkie odchyłki od prędkości maksymalnej.

→ **Wybieg** – po rozruchu i osiągnięciu dopuszczalnej prędkości maksymalnej pociąg może poruszać się z odłączonym napędem czyli „na luzie”. Wówczas prędkość jazdy stopniowo maleje wskutek działania oporów ruchu. Wyjątkiem mogą być odcinki na spadkach profilu, kiedy prędkość może pozostawać bez zmian lub nawet rosnać.

→ Hamowanie – faza ta polega na wytracaniu prędkości przez pociąg poprzez zamianę energii kinetycznej na ciepło (hamulce klockowe, tarczowe, hamowanie elektrodynamiczne bez rekuperacji) lub przy hamowaniu elektrodynamicznym z rekuperacją na energię elektryczną magazynowaną w akumulatorach lub oddawaną do sieci trakcyjnej. Podstawowym parametrem hamowania jest opóźnienie, które zależy od przyczepności kół, profilu trasy, sprawności układu hamulcowego.

b) sposoby regulacji przejazdu:

- rozkład jazdy (minimalno-czasowy lub z rezerwą czasową);
- urządzenia SRK;
- procedury przejazdu (minimalno-czasowa, quasi-forsowna, energooszczędna).

c) pojazdy wykorzystywane do symulacji:

- EU07 (4E/303E) – lokomotywa elektryczna uniwersalna produkowana od 1965 do 1974 roku przez wrocławski Pafawag na angielskiej licencji. W 1983 roku zakłady HCP wznowiły produkcję zmieniając konstrukcję ostoi, pudła, układu pneumatycznego i układów sterowania pozostawiając oznaczenie serii EU07 ale zmieniając typ na 303E. Charakterystyka tych lokomotyw jest wystarczająca do obsługi pociągów lokalnych, towarowych, pośpiesznych a nawet kwalifikowanych do prędkości 125km/h. W roku 1995 rozpoczęto przebudowę części lokomotyw na EP07 (wymiana silników trakcyjnych, zmiana przełożenia przekładni na 76:21). EU07 może prowadzić pociąg pasażerski o masie do 650 ton (15 wagonów) po torze poziomym z prędkością 125km/h.

- ET22 (201E) – lokomotywa elektryczna towarowa produkowana od 1969 do 1989 roku przez wrocławski Pafawag. Silniki trakcyjne, aparatura elektryczna i system przeniesienia napędu jest taki sam jak w lokomotywach EU07 co pozwoliło na unifikację najpowszechniejszych w Polsce lokomotyw. W 1973 roku próbowano dostosować lokomotywę ET22 do prędkości 160km/h poprzez zmianę przełożenia przekładni głównej oraz zmianę ułożyskowania wału drążonego. Niestety EP23 wykazała niedostateczne właściwości dynamiczne i przebudowano ją powrotem na ET22-121. ET22 na odcinkach równinnych może prowadzić pociąg towarowy o masie 2500 – 3100t z prędkością do 70km/h oraz pociąg towarowy o masie do 1200t z prędkością do 100km/h.

Dane techniczne badanych pojazdów:

Parametr	EU07 (4E/303E)	ET22 (201E)
Układ osi	Bo'Bo'	Co'Co'
Masa służbowa	80 000kg / 83 400kg	120 000kg
Długość ze zderzakami	15 915mm / 16 235mm	19 240mm
Liczba silników	4	6
Typ silników trakcyjnych	EE541	EE541
Moc ciągła	2000kW	3000kW
Moc godzinna	2080kW	3120kW
Przełożenie przekładni	79:19	79:18
Prędkość maksymalna	125km/h	125km/h
Nacisk osi na szyny	20t / 20,85t	20t
Rodzaj hamulca	Oerlikon	Oerlikon
Lata budowy	1965-1977 / 1983-1992	1969-1989
Ilość	489	1182



EU07-221 (4E) + EU07-305 (303E) Poznań Główny



ET22-844 + ET22-1003 + ET22-478 Poznań Franowo

- 111A – najpopularniejsze wagony osobowe na polskich szlakach kolejowych. Wagony tego typu powstawały we wrocławskim PAFAWAG-u oraz poznańskich Zakładach Hipolita Cegielskiego od roku 1969 roku do końca lat 80-tych. Pudło wagonu oparte jest na dwóch dwuosioowych wózkach typu 4ANc. Każdy zestaw kołowy wyposażony jest w hamulce klockowe po dwie żeliwne wstawki cierne w jednej obsadzie. Część pojazdów w trakcie napraw głównych została wyposażona w wózki 25AN z hamulcami tarczowymi.

Parametr	111A
Oznaczenie literowe	B, Bd, Brd, Bdu, Brdu, Bdn, Bdnu, Brdhnu
Masa służbowa	39 500kg
Długość ze zderzakami	24 500mm
Liczba wózków / osi	2 / 4
Prędkość maksymalna	120/146/160km/h
Nacisk osi na szyny	9 875t
Rodzaj hamulca	Oerlikon, klockowy
Lata budowy	1965-1977 / 1983-1992
Ogrzewanie	parowo-elektryczne, elektryczne, nawiewowe
Ilość przedziałów	10 (zgodnie z przepisami UIC)
Ilość miejsc	80 (zgodnie z przepisami UIC)



Wagon typu 111A na stacji Poznań Główny

d) symulacje jazd:

- rodzaje programów:

➔ RSEL (Run Simulation of Electric Locomotives) – program symulujący jazdę lokomotywy elektrycznej z ustalonymi wcześniej parametrami wejściowymi;

➔ RSDL (Run Simulation of Diesel Locomotives) - program symulujący jazdę lokomotywy spalinowej z ustalonymi wcześniej parametrami wejściowymi;

- ➔ HASLER – program do rysowania charakterystyk  $v(s)$ ;
- ➔ COPRE – program obliczający odcinki wymuszonego wybiegu.

- rodzaje obliczeń:

- czas przejazdu;
- bilans energii przejazdu (RSEL);
- zużycie paliwa i bilans mocy (RSDL);
- zestawienie faz jazdy;
- histogram nastawnika jazdy;
- histogram prędkości lokomotywy.

- parametry wejściowe przejazdów:

- CH07.txt – charakterystyka wejściowa lokomotywy EU07
- PR.txt – plik charakteryzujący wszystkie łuki, nachylenia torów wg kilometracji kolejowej;

- LOG.txt – plik zawierający procedurę przejazdu (minimalno-czasowa, quasi-forsowna, energooszczędna) oraz informacje o sposobie zapisu wyników;

- SR.txt – plik zawierający ograniczenia prędkości wg kilometracji kolejowej;

- TT.txt – plik zawierający rozkład jazdy;

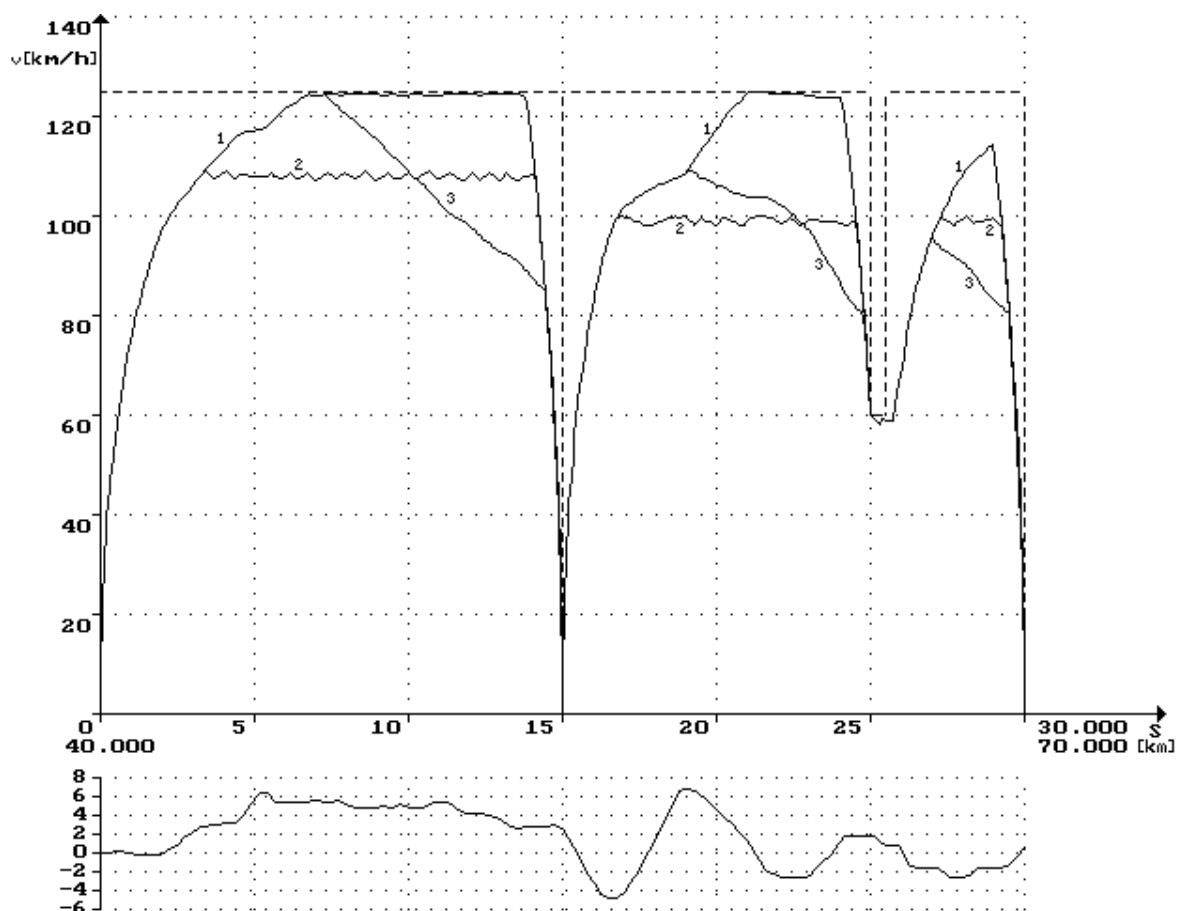
- TSD.txt – plik zawierający parametry składu wagonów takie, jak liczbę wagonów i osi, masę, długość, współczynnik mas wirujących;

- RES.txt – plik zawierający współczynniki oporów biegu wagonów;

- CM.txt – plik zawierający współrzędne odcinków wymuszonego wybiegu dla procedury jazdy energooszczędnej.

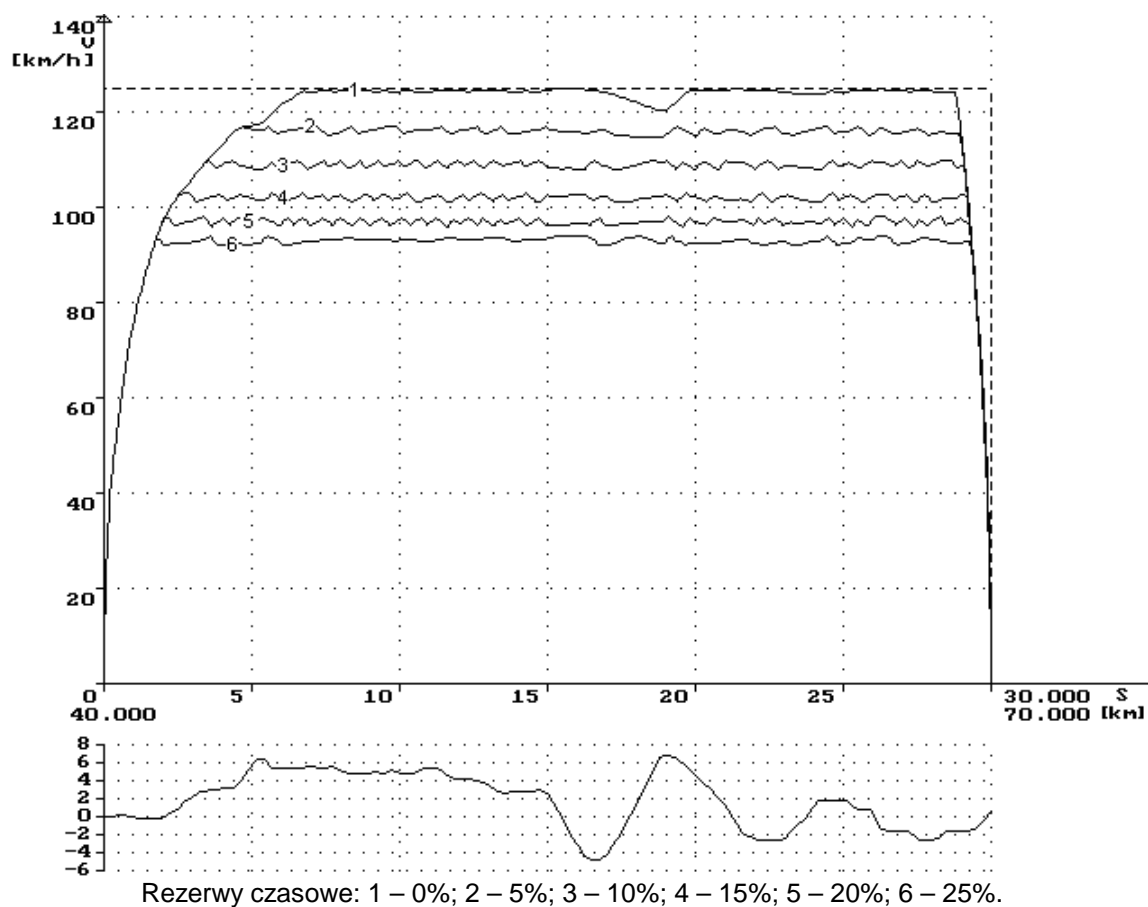
## 2. Wyniki eksperymentów symulacyjnych:

a) charakterystyki trakcyjne:

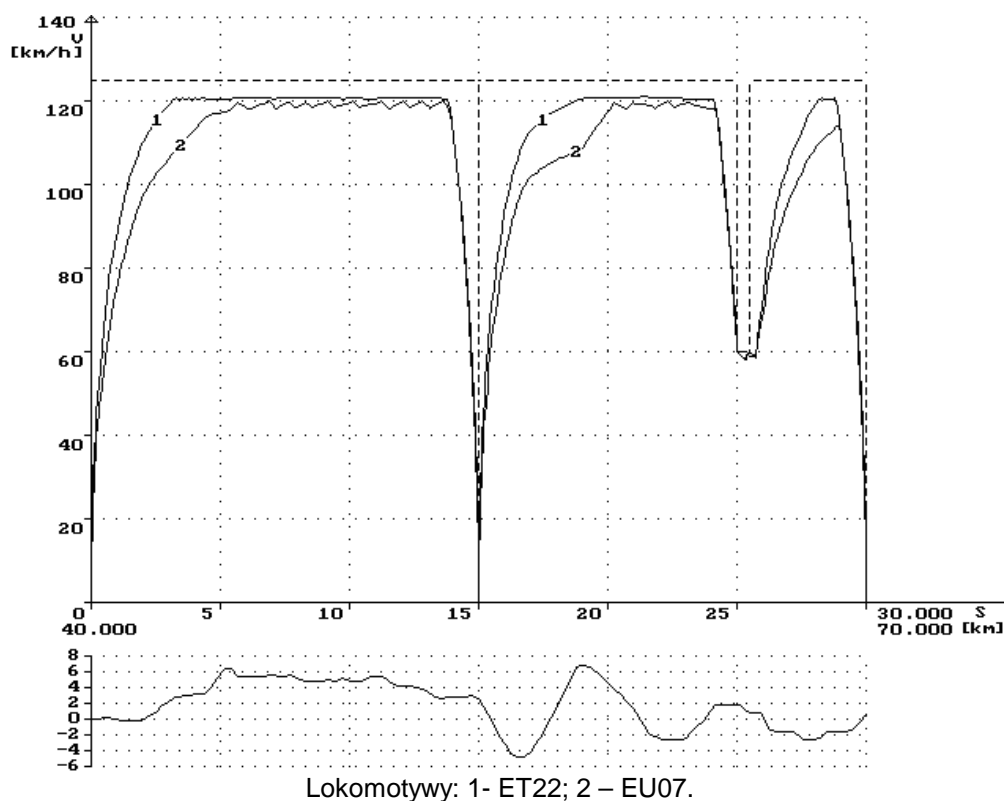


1 - przejazd minimalno-czasowy; 2 – przejazd quasiforsowny; 3 – energooszczędny

Wykres 1. Przejazd składu pociągu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem różnych procedur przejazdów.



Wykres 2. Przejazd składu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałą procedurą przejazdu przy różnych rezerwach czasowych w rozkładzie jazdy.



Wykres 3 Przejazd składu pociągu ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem lokomotyw elektrycznych EU07 i ET22.  
b) tabele wyników:

Parametr mierzony	Rodzaj procedury		
	Minimalnoczasowa [M]	Quasiforsowny [S]	Energooszczędny [F]
Prędkość średnia techniczna [km/h]	93,28	86,76	86,44
Prędkość średnia handlowa [km/h]	57,86	82,24	56,28
Czas przejazdu [s]	1867	1313	1919
Czas czystej jazdy [s]	1158	1245	1249
Czas postoju [s]	709	68	670
Całkowite zużycie energii [kWh]	<b>526,0</b>	<b>417,7</b>	<b>368,9</b>
Zużycie energii na trakcję [kWh]	<b>494,9</b>	<b>395,8</b>	<b>336,9</b>
Jednostkowe zużycie energii [Wh/tkm]	36,9	29,5	25,1
Całkowite zużycie energii [kNm]	1608047,7	1288197,5	1075151,1
Jednostkowe zużycie energii [Nm/tkm]	119780,1	95955,1	80085,74

Tab 1. Podstawowe dane z przejazdu składu pociągu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem różnych procedur przejazdów (z plików DR07BK.txt).

Parametr mierzony	Rodzaj procedury					
	Minimalnoczasowa [M]		Quasiforsowny [S]		Energooszczędny [F]	
	[kWh]	% udziału	[kWh]	% udziału	[kWh]	% udziału
Energia całkowita pobrana z sieci	506,64	100,00	417,71	100,00	368,91	100,00
Praca trakcyjna (siły pociągowej)	427,90	84,46	357,83	85,67	298,65	80,96
Praca oporów jazdy $R(v,s)$	225,87	44,58	206,68	49,48	208,16	56,43
Praca oporów biegu $R(v)$	222,51	43,92	203,23	48,65	204,84	55,53
Praca oporów wzniesień $R(i)$	-0,18	-0,04	-0,08	-0,02	-0,20	-0,05
Praca oporów krzywizn $R(K)$	4,04	0,80	4,03	0,97	4,03	1,09
Praca oporów profilu zast. $R(iz)$	3,86	0,76	3,95	0,95	3,83	1,04
Praca sił hamowania mechanicznego	-202,04	-39,88	-151,15	-36,19	-90,49	-24,53
Zużycie energii na napędy pomocnicze	31,19	6,16	21,89	5,24	31,98	8,67
Łączne straty energii	47,55	9,39	37,99	9,09	38,27	10,38
Straty w oporach rozruchowych	13,11	2,59	13,17	3,15	13,11	3,55
Straty w układzie poza oporami	34,44	6,80	24,82	5,94	25,16	6,82
Praca oporów biegu lokomotywy $Rl(v)$	58,23	11,49	51,95	12,44	52,44	14,21
Praca oporów biegu wagonów $Rw(v)$	164,29	32,43	151,28	36,22	152,40	41,31

Tab 2. Bilans energii przejazdu składu pociągu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem różnych procedur przejazdów (z plików SP07BK.txt).

Parametr mierzony	Rezerwa czasowa					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Prędkość średnia techniczna [km/h]	109,45	104,43	99,6	94,44	90,51	87,3
Prędkość średnia handlowa [km/h]	109,23	104,23	99,41	94,28	90,36	87,16
Czas przejazdu [s]	989	1036	1086	1146	1195	1239
Czas czystej jazdy [s]	987	1034	1084	1144	1193	1237
Czas postoju [s]	2	2	2	2	2	2
Całkowite zużycie energii [kWh]	388,6	361,4	331,6	316,4	294,3	283,5
Zużycie energii na trakcję [kWh]	372,1	344,2	313,5	297,3	274,4	262,8
Jednostkowe zużycie energii [Wh/tkm]	27,7	25,64	23,35	22,15	20,44	19,58
Całkowite zużycie energii [kNm]	1222622	1123846	1045770	966471	907140	869719
Jednostkowe zużycie energii [Nm/tkm]	91070,5	83712,9	77897,3	71990,4	67570,9	64783,6

Tab 3. Podstawowe dane z przejazdu składu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałą procedurą przejazdu przy różnych rezerwach czasowych w rozkładzie jazdy (z plików DR07BK.txt).

Parametr mierzony	Rezerwa czasowa					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Energia całkowita pobrana z sieci	388,61	361,42	331,57	316,41	294,33	283,45
Praca trakcyjna (siły pociągowej)	339,62	312,18	290,49	268,46	251,98	241,59
Praca oporów jazdy $R(v,s)$	257,3	240,95	226,52	212,52	202,48	194,84
Praca oporów biegu $R(v)$	253,93	237,52	223,15	209,11	199,19	191,53
Praca oporów wzniesień $R(i)$	-0,44	-0,41	-0,49	-0,43	-0,55	-0,52
Praca oporów krzywizn $R(K)$	4,04	4,04	4,06	4,06	4,06	4,05
Praca oporów profilu zast. $R(iz)$	3,61	3,62	3,56	3,62	3,51	3,53
Praca sił hamowania mechanicznego	-82,31	-71,23	-63,97	-55,95	-49,50	-46,75
Zużycie energii na napędy pomocnicze	16,48	17,27	18,11	19,09	19,92	20,65
Łączne straty energii	32,51	31,97	22,98	28,85	22,43	21,21
Straty w oporach rozruchowych	7	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06
Straty w układzie poza oporami	25,51	24,91	15,91	21,79	15,36	14,15
Praca oporów biegu lokomotywy $RI(v)$	68,53	63,25	58,59	53,99	50,72	48,18
Praca oporów biegu wagonów $Rw(v)$	185,39	174,27	164,56	155,12	148,47	143,35

Tab 4. Bilans energii przejazdu składu prowadzonego lokomotywą EU07 ze stałą procedurą przejazdu przy różnych rezerwach czasowych w rozkładzie jazdy (z plików SP07BK.txt).

Parametr mierzony	Rodzaj procedury	
	EU07	ET22
Prędkość średnia techniczna [km/h]	92,12	97,48
Prędkość średnia handlowa [km/h]	57,72	58,81
Czas przejazdu [s]	1871	1837
Czas czystej jazdy [s]	1172	1108
Czas postoju [s]	699	729
Całkowite zużycie energii [kWh]	265,2	531,8
Zużycie energii na trakcję [kWh]	255	501,2
Jednostkowe zużycie energii [Wh/tkm]	37,99	37,3
Całkowite zużycie energii [kNm]	832001,3	1708461,1
Jednostkowe zużycie energii [Nm/tkm]	123948	127259,7

Tab 5. Podstawowe dane z przejazdu składu pociągu ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem lokomotywy EU07 oraz ET22 (z plików DR07BK.txt).

Parametr mierzony	Rodzaj procedury	
	EU07	ET22
Energia całkowita pobrana z sieci	506,64	531,8
Praca trakcyjna (siły pociągowej)	427,9	474,57
Praca oporów jazdy $R(v,s)$	225,87	242,27
Praca oporów biegu $R(v)$	222,51	238,65
Praca oporów wzniesień $R(i)$	-0,18	-0,11
Praca oporów krzywizn $R(K)$	4,04	4,31
Praca oporów profilu zast. $R(iz)$	3,86	4,2
Praca sił hamowania mechanicznego	-202,04	-232,3
Zużycie energii na napędy pomocnicze	31,19	30,61
Łączne straty energii	47,55	26,62
Straty w oporach rozruchowych	13,11	2,07
Straty w układzie poza oporami	34,44	24,55
Praca oporów biegu lokomotywy $RI(v)$	58,23	66,8
Praca oporów biegu wagonów $Rw(v)$	164,29	171,85

Tab 6. Bilans energii przejazdu składu pociągu ze stałymi danymi wejściowymi (profil, ograniczenia, skład pociągu) z wykorzystaniem lokomotywy EU07 oraz ET22 (z plików SP07BK.txt).