



BME



KJKIT

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Az OpenTrack vasúti szimuláció

Bemutató előadás, alapfogalmak

Vasúti irányító és kommunikációs rendszerek II.

2014/2015 II. félév

Lövétei István Ferenc

PhD hallgató

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

ST. épület 108.

Tel: (36-1) 463-3089

lovetei.istvan@mail.bme.hu

A gyakorlat célja, követelmények

- Korszerű, vasútforgalmi szimulációs program elsajátítása az „Open Track – Simulation of Railway Networks” szoftver segítségével
- Követelmények:
 - Órákon való részvétel a TVSZ szerint
 - Féléves feladat elkészítése a konzultációs időpontokban
 - Otthoni munkavégzés nem lehetséges!!!
 - Önálló feladatvégzési lehetőség előre egyeztetett időpontokban
 - Féléves feladat bemutatása a 14. oktatási héten (feladatkiadás a 4. oktatási héten)



Tematika

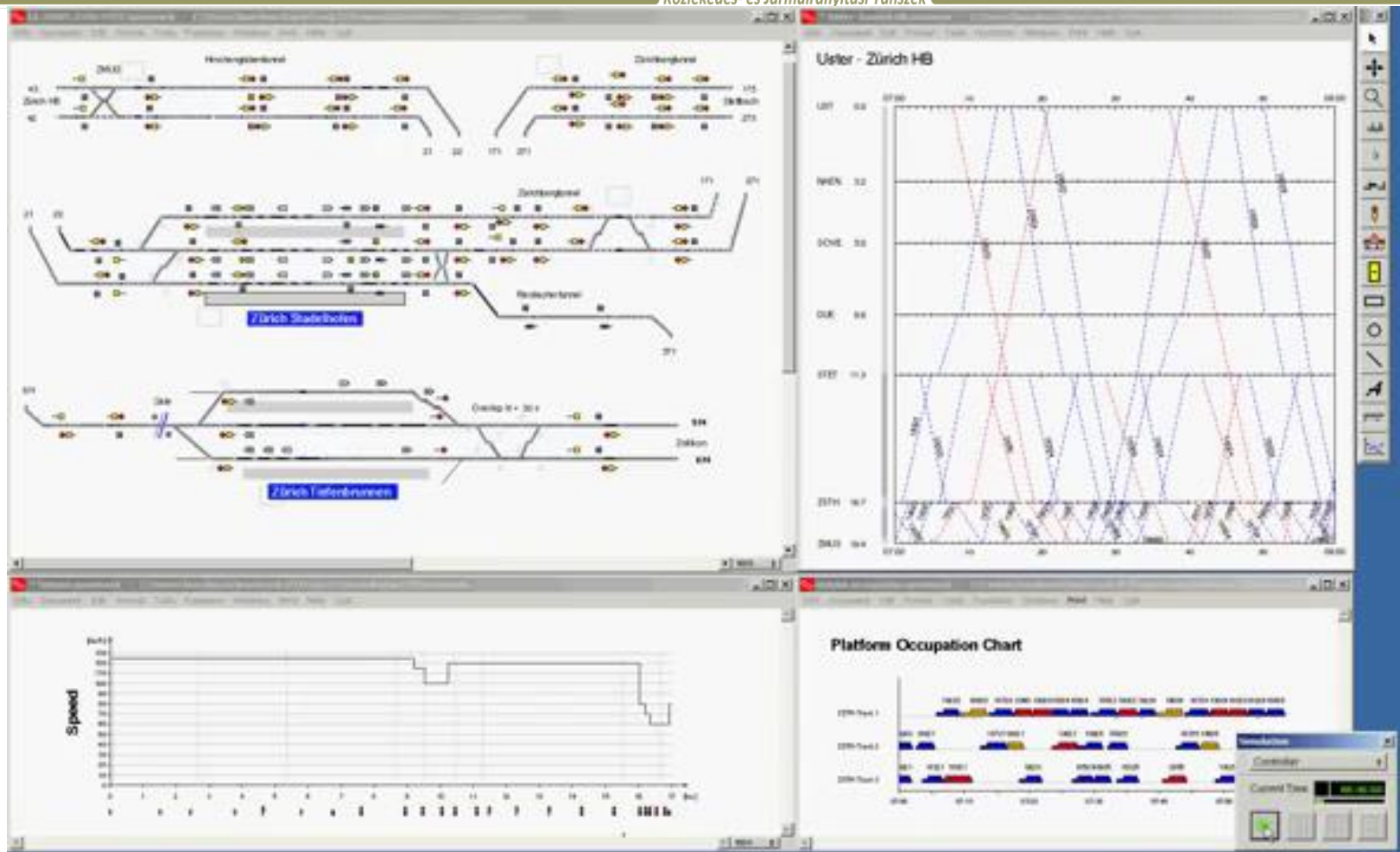
- Tervezett tematika az első hét oktatási hétre:
 1. A szoftver alkalmazási lehetőségeinek bemutatása, a szimuláció céljai, a program alap építőelemeinek bemutatása.
 2. Az adatbázis felépítése, infrastruktúra szerkesztés, első rész (vágányhálózat kialakítása).
 3. Infrastruktúra szerkesztés, második rész.
 4. Vágányutak, menetvonalak szerkesztése, munkalapok csatlakoztatása.
 5. Vonatok prioritáskezelése, járművek szerkesztése.
 6. Vonatösszeállítás, menetrend szerkesztés.
 7. Szimuláció és kiértékelés.

Példa, szimuláció Zürich Stadelhofen állomásán

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék



Az OpenTrack vasúti szimuláció célja, funkcionálitása

- Üzemi műveletek:
 - Állomások, nyílt vonali szakaszok kapacitásának meghatározása,
 - Szűk keresztmetszetek meghatározása,
 - Állomási foglaltsági idők meghatározása,
 - Optimális szerelvényforduló meghatározása,
 - Zavarok hatásának megállapítása,
 - Karbantartási, felújítási munkák tervezése,
 - Vizuális megjelenítés.
- Infrastruktúra:
 - Különböző infrastruktúra változatok részletes értékelése,
 - Jövőbeli fejlesztések részletes vizsgálata,
 - Jelzési rendszer tervezésének támogatása,
 - Infrastruktúra adatok kezelése.

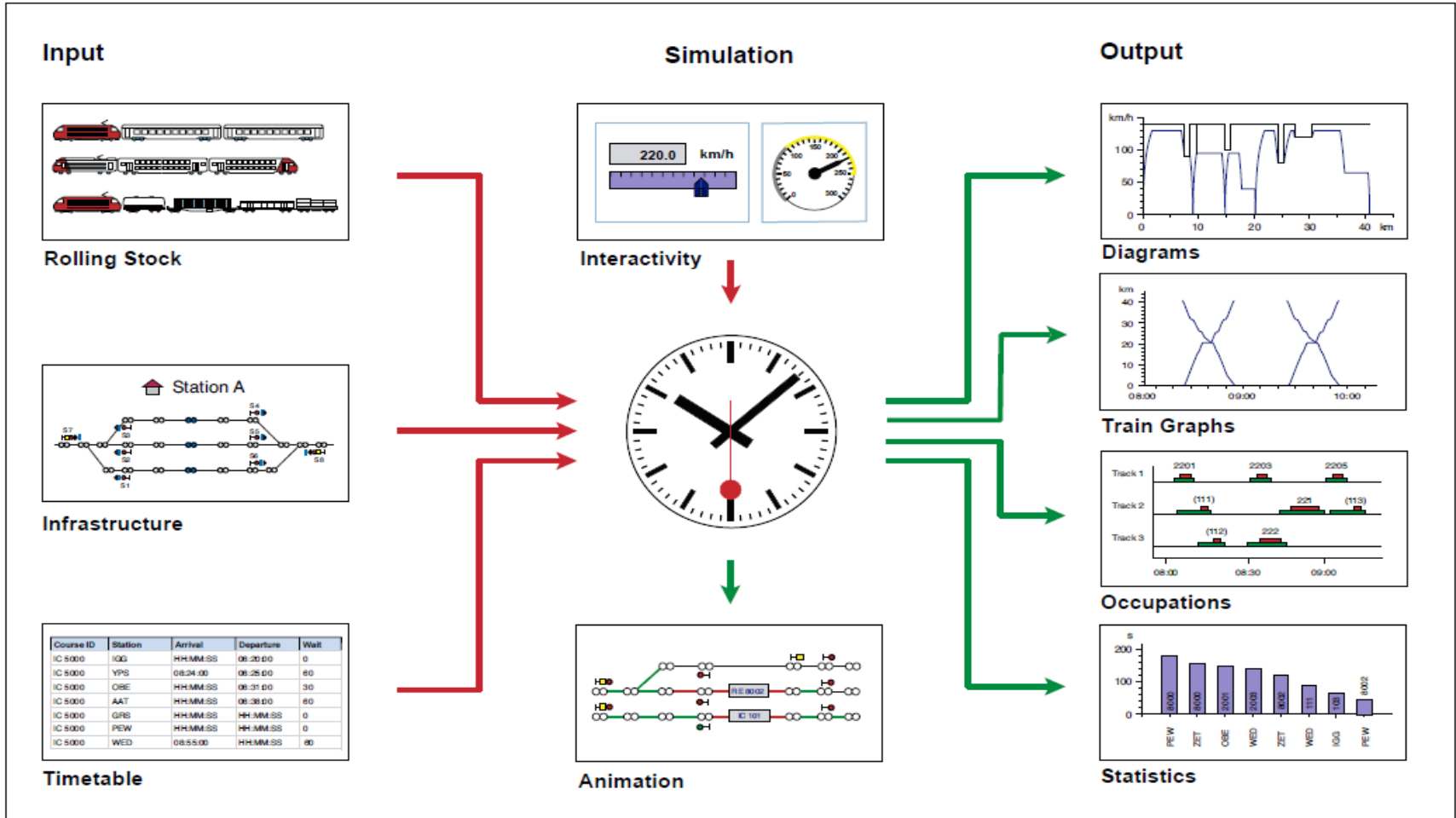
Az OpenTrack vasúti szimuláció célja, funkcionálitása

- Menetrend:
 - Menetidő számítás,
 - A menetrend konzisztenciájának megállapítása, lehetséges konfliktushelyzetek determinálása.
- Gördülőállomány:
 - Szerelvényforduló meghatározása,
 - Gördülőállomány jövőbeli igényének meghatározása.
- A szimuláció kiértékelését az alábbiak támogatják:
 - Út-idő diagramok,
 - Állomási vágányok foglaltsági idejét bemutató diagramok (kvázi üzemi terv),
 - Jelentések a zavarokról,
 - Vonatok menetdiagramja,
 - Vontatási erőszükségletek jelzése,
 - A tervezett és a tényleges menetrend összehasonlítása.

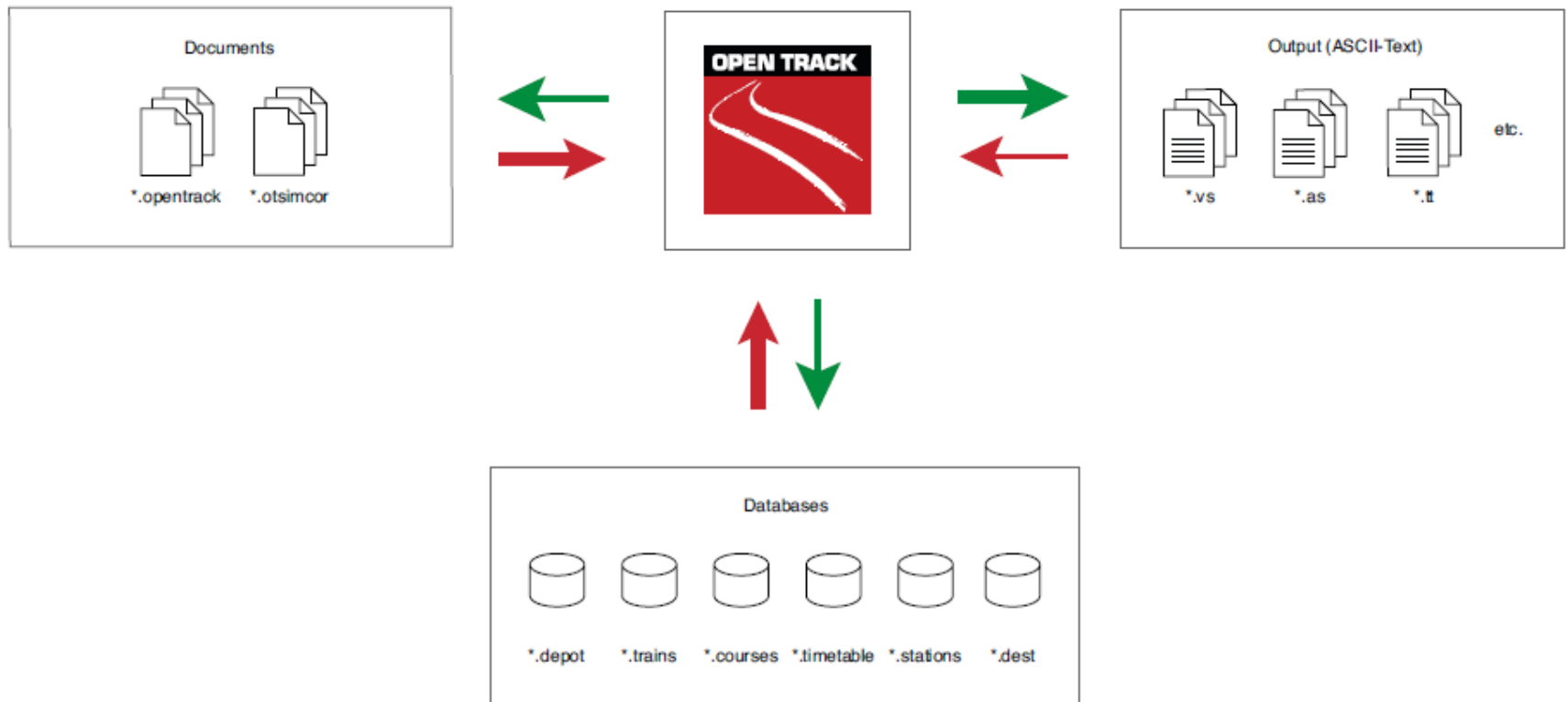
A program felépítése

- A szimuláció lefuttatásához szükséges:
 - a vasúti infrastruktúra valamennyi elemének (pl. váltók, jelzők, állomások, lassújelek, vontatási alállomások, fázishatárok, stb.) felvétele a valóságos pályaadatok alapján,
 - a közlekedtetni kívánt járművek „megépítése” a valóságos járművek tulajdonságainak alapján,
 - és a kívánt menetrend előállítás.

A program felépítése










Az adatbázis felépítése



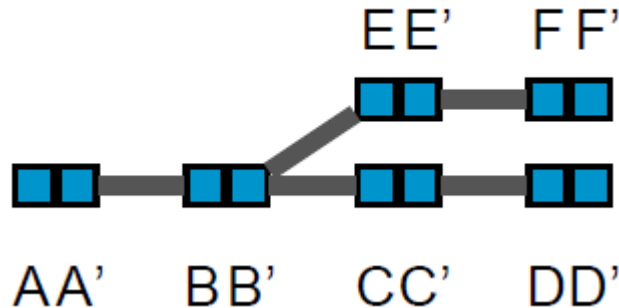
Az adatbázis felépítése

- A szimuláció lefuttatásához szükséges a megfelelő adatbázis file-ok használata.
 - Beállítás a „Preferences” menüben,
 - Data mappa: későbbi menetvonalak, vágányutak és menetrend file-ok
 - Output mappa: szimuláció lefutása utáni file-ok
 - Worksheet mappa: megépített vonalszakaszok, későbbi diagram file-ok

 OT Aliga-Bélaptelep	2014.08.18. 11:02	Fájlmappa	
 OTData	2015.01.26. 11:27	Fájlmappa	
 OTOutput	2014.11.12. 12:00	Fájlmappa	
 OTWorksheet	2014.09.23. 17:22	Fájlmappa	
 KJIT.depot	2014.09.10. 14:36	DEPOT fájl	11 KB
 KJIT	2014.08.18. 13:59	STATIONS fájl	2 KB
 KJIT.trains	2014.09.23. 16:23	TRAINS fájl	18 KB

A program felépítése

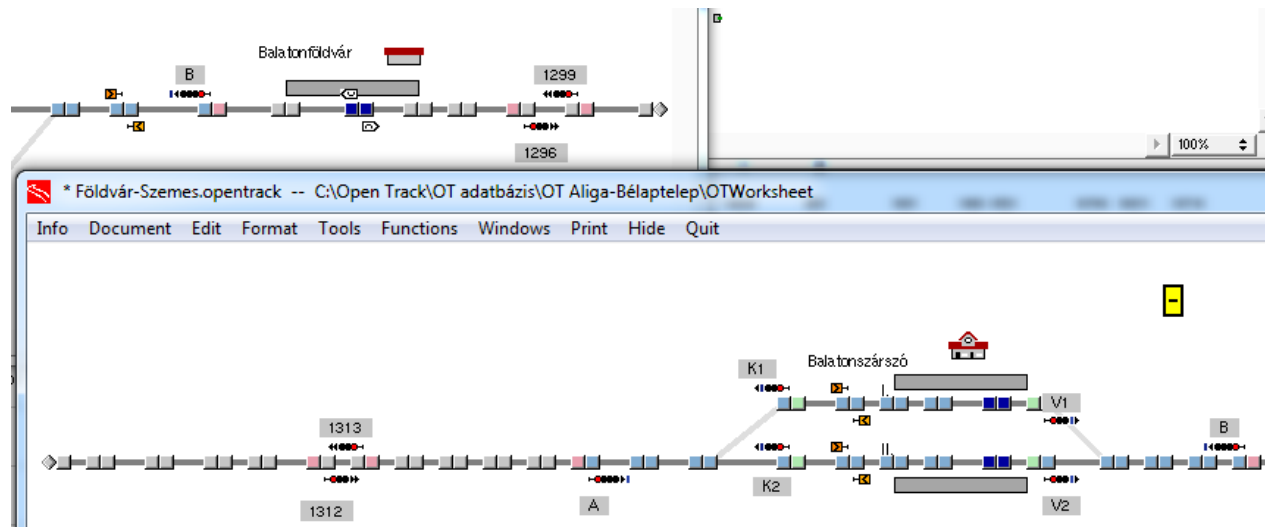
- Vertex:
 - A gráfok csúcsai, szelvényhelyes adat.
 - Ezekhez tudunk kitérőket, jelzőket, állomásokat, stb. rendelni.
 - DVG, double vertex graphs – a kitérők miatt.
- Edge:
 - **Irányított** élek, a vonal kezdőpontjától a végpontja felé mutat.
 - Szelvényhelyes információkat tartalmaznak (lejtés, sebesség, stb).



A program felépítése

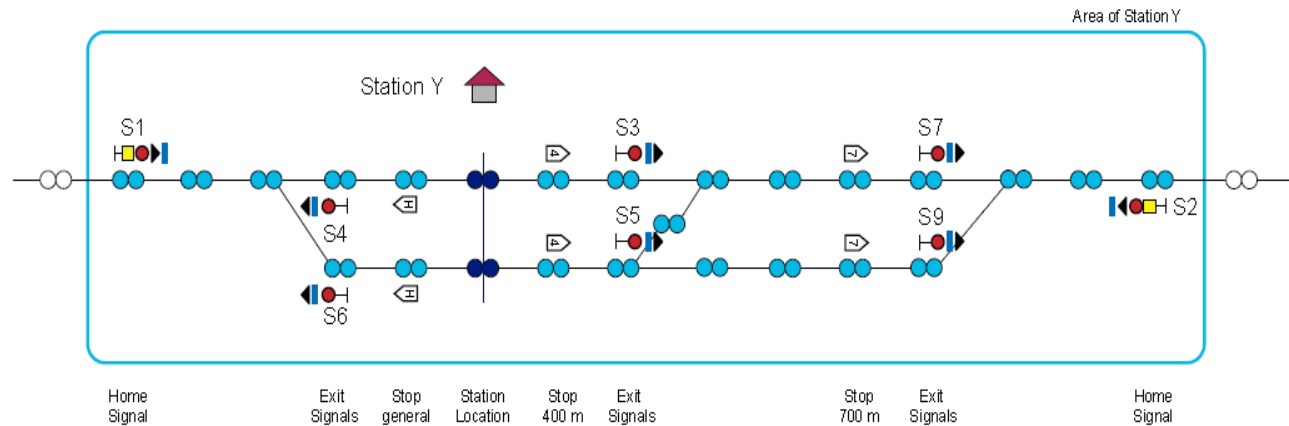
- Worksheet:

- Az infrastruktúra azon része, mely 1 munkalapon kerül ábrázolásra,
- A munkalapok összekapcsolásával jön létre az adott projekt (vonalszakasz),
- Csatlakozás ún. „connector vertex” használatával,
- Tárolás ún. „Document Set” formában.



A program felépítése



- Állomási körzet:
 - Azon elemek összessége, amelyek 1 állomáshoz tartoznak,
 - Peronok, váltók, jelzők, stb...
- Hasonló a vontatási körzet (egy vontatási alállomáshoz tartozó elemek összessége) fogalma is



A program felépítése

- Különböző biztosítóberendezési rendszerek megjelenése:
 - Vágányút beállítási idő egyenként megadható
 - Mechanikus berendezés hosszabb, elektronikus berendezés rövidebb idő.
 - Foglaltságok oldása lehetséges szakaszosan vagy egészben.
 - Váltó átállítási idő objektumonként beállítható.
 - Megcsúszások kezelése
 - Megcsúszási szakaszok beállíthatóak, egyidejű menetek kizárhatóak.
 - „Moving Block” rendszer beállítható.
 - Pl. metró rendszerek, ETCS L3 szintű vasútvonalak szimulálhatóak.
 - Fényjelző és alakjelző között nincs különbség, a jelzők jelzési képei egyenként testreszabhatóak.

A szimuláció felépítése

- A vonatok leközlekedtetése:
 - A vonatok haladása:
 - Az Euler egyenlet alapján.
 - Pálya, jármű tulajdonságok alapján.
 - Menetrend alapján.
 - Vasúti szabályok figyelembe vételével.
 - Vágányutak  menetvonalak  szerelvényfordulók
 - Prioritás kezelés:
 - Menetvonalak.
 - Vonat típusok.

A szimuláció futása

- Gyorsulás számítás:
 - Vonóerő görbe ($Z(v)$) és
 - Vonatadatok (elegytömeg, ellenállások) alapján.

$$F_z = Z(v) - R_f(v, s)$$

$$a = \frac{F_z}{m \cdot (1 + 0.01 \cdot \rho)}$$

F_z :	Tractive effort surplus	$[F_z] = \text{N}$
Z :	Tractive effort	$[Z] = \text{N}$
R_f :	Friction resistance	$[R_f] = \text{N}$
v :	Speed	$[v] = \text{m/s}$
s :	Distance covered	$[s] = \text{m}$

F_z :	Traction power surplus	$[F_z] = \text{N}$
a :	Acceleration	$[a] = \text{m/s}^2$
m :	Train weight (mass)	$[m] = \text{kg}$
ρ :	Mass factor for rotating masses	$[\rho] = 1$

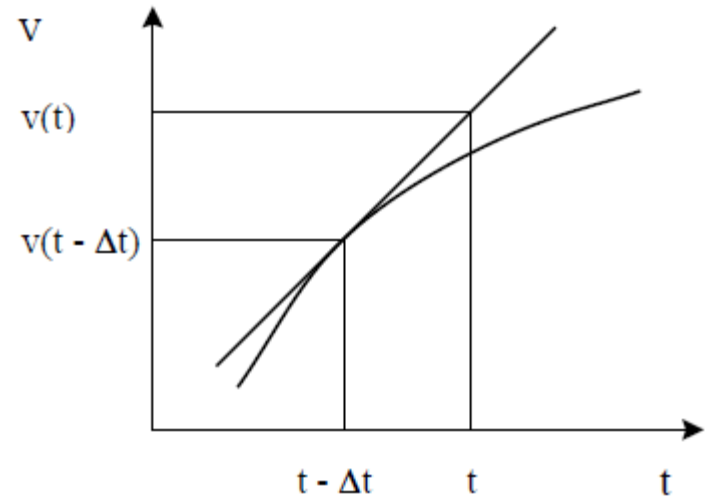
A szimuláció lefutása

- A vonat haladása az Euler – egyenlet alapján:

$$v(t) = v(t - \Delta t) + \Delta t \cdot \frac{dv}{dt}(t - \Delta t); v(t_0) = v_0$$

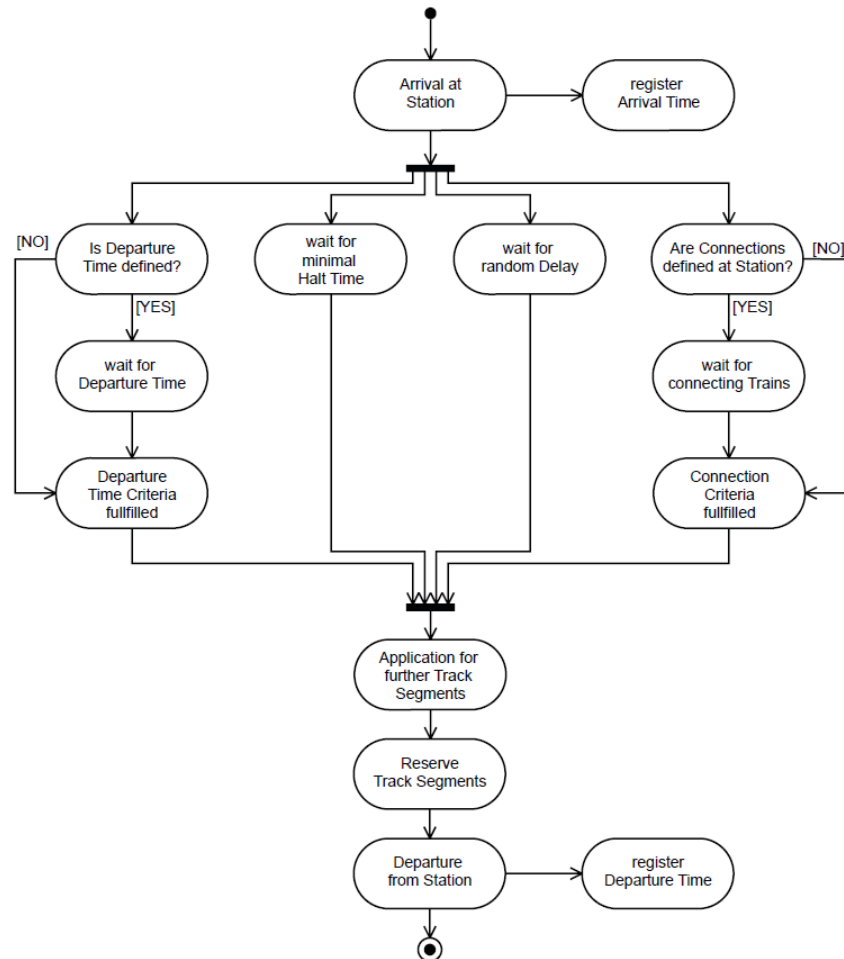
$$v = v_0 + \int_{t_1}^{t_2} a dt \quad - \text{OR} - \quad a = \frac{dv}{dt}$$

$$s = s_0 + \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad - \text{OR} - \quad v = \frac{ds}{dt}$$



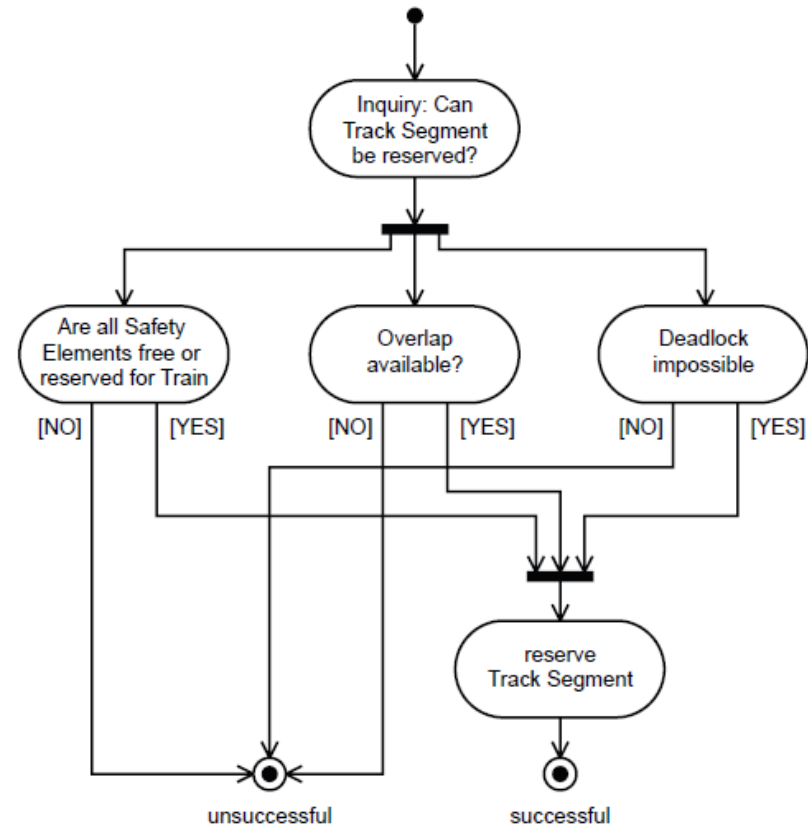
A szimuláció futása, példa

- Az állomási tartózkodás folyamata:
 - OpenTrack Flowchart
 - UML (Unified Modeling Language) Activity Diagram
 - Station Stop



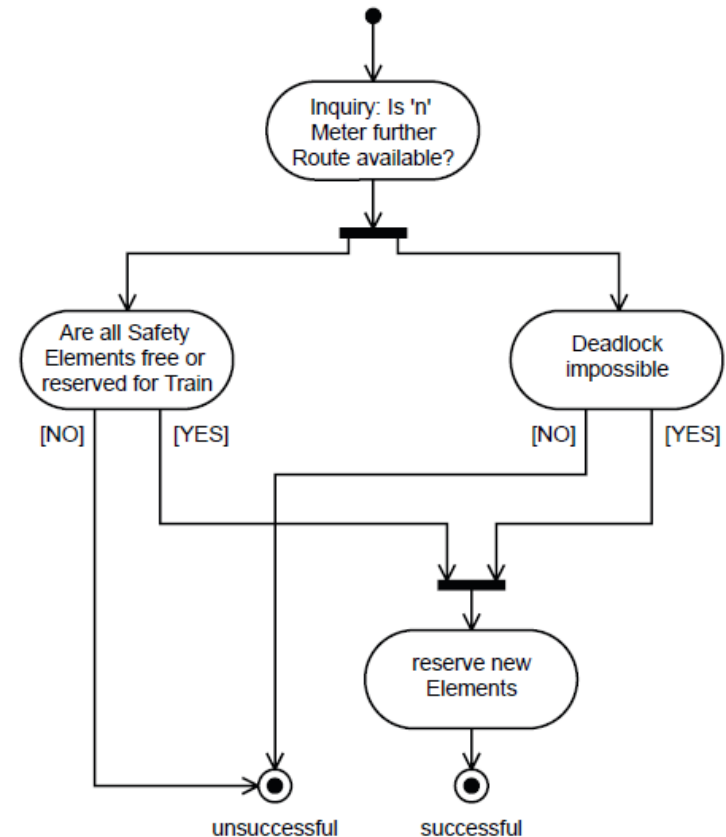
A szimuláció futása, példa

- Vágányszakaszok lefoglalása:
 - OpenTrack Flowchart
 - UML (Unified Modeling Language) Activity Diagram
 - Track Segment Reservation



A szimuláció futása, példa

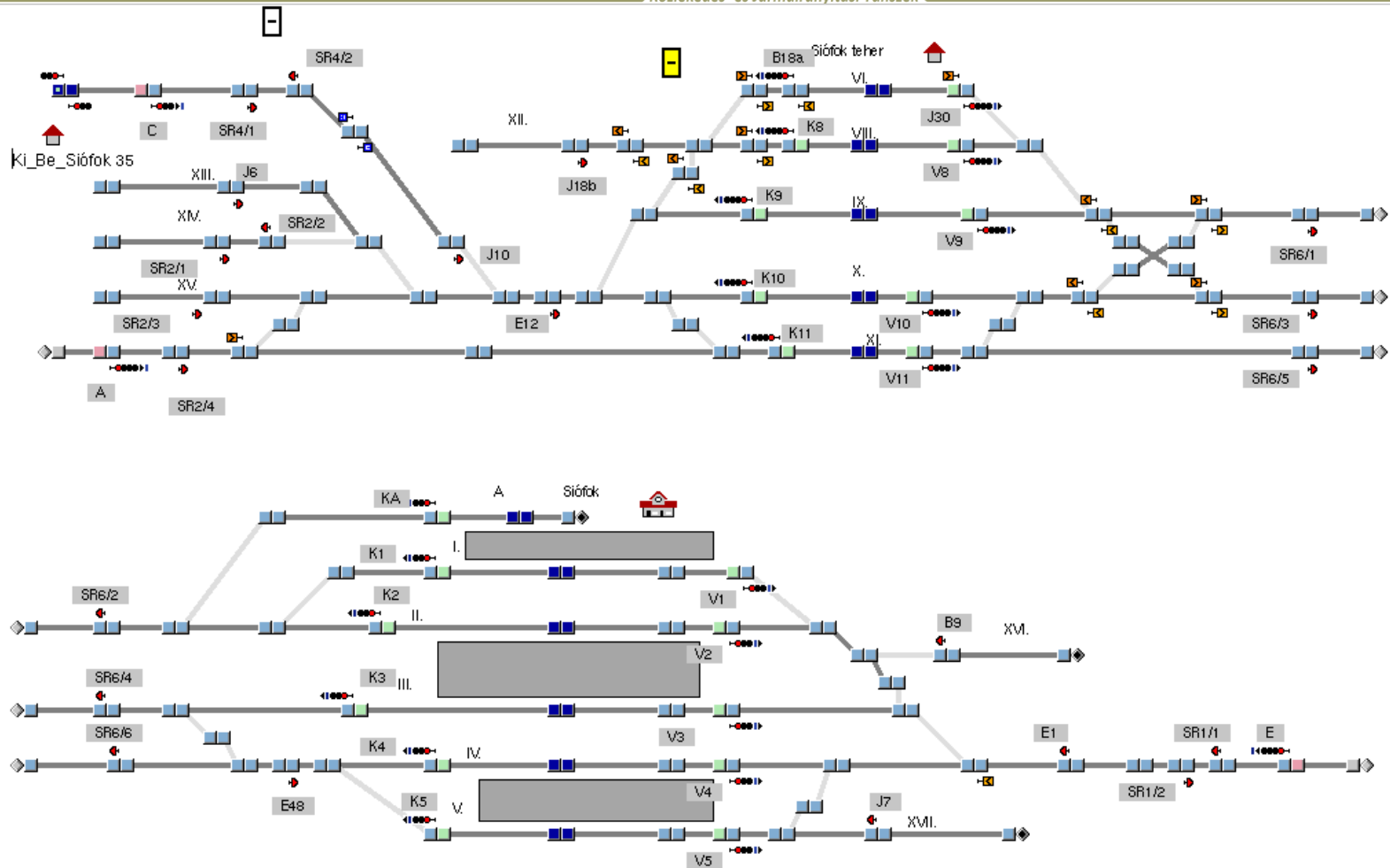
- Vágányszakaszok lefoglalása
„Moving Block” rendszerben:
 - OpenTrack Flowchart
 - UML (Unified Modeling Language) Activity Diagram
 - Route Reservation with Moving Block



Példa, szimuláció a Balaton déli partján

- 2014. évi nyári menetrend
- Balatonaliga – Bélatelepi vonalszakasz
- Szombat 03:10 – vasárnap 03:09
- Problémák a szimuláció során:
 - Pontatlan infrastruktúra adatok,
 - Hiányos járműadatok,
 - Üzemi terv hiánya (melyik vonat melyik vágányra érkezik),
 - Vonat összeállítások hiánya,
 - Szerelvényfordulók hiánya,
 - Tehervonati menetrend ismeretlen,
 - Üzemi menetrend hiánya,
 - Állomási/megállóhelyi tartózkodási idők ismeretlensége.

Példa, szimuláció a Balaton déli partján



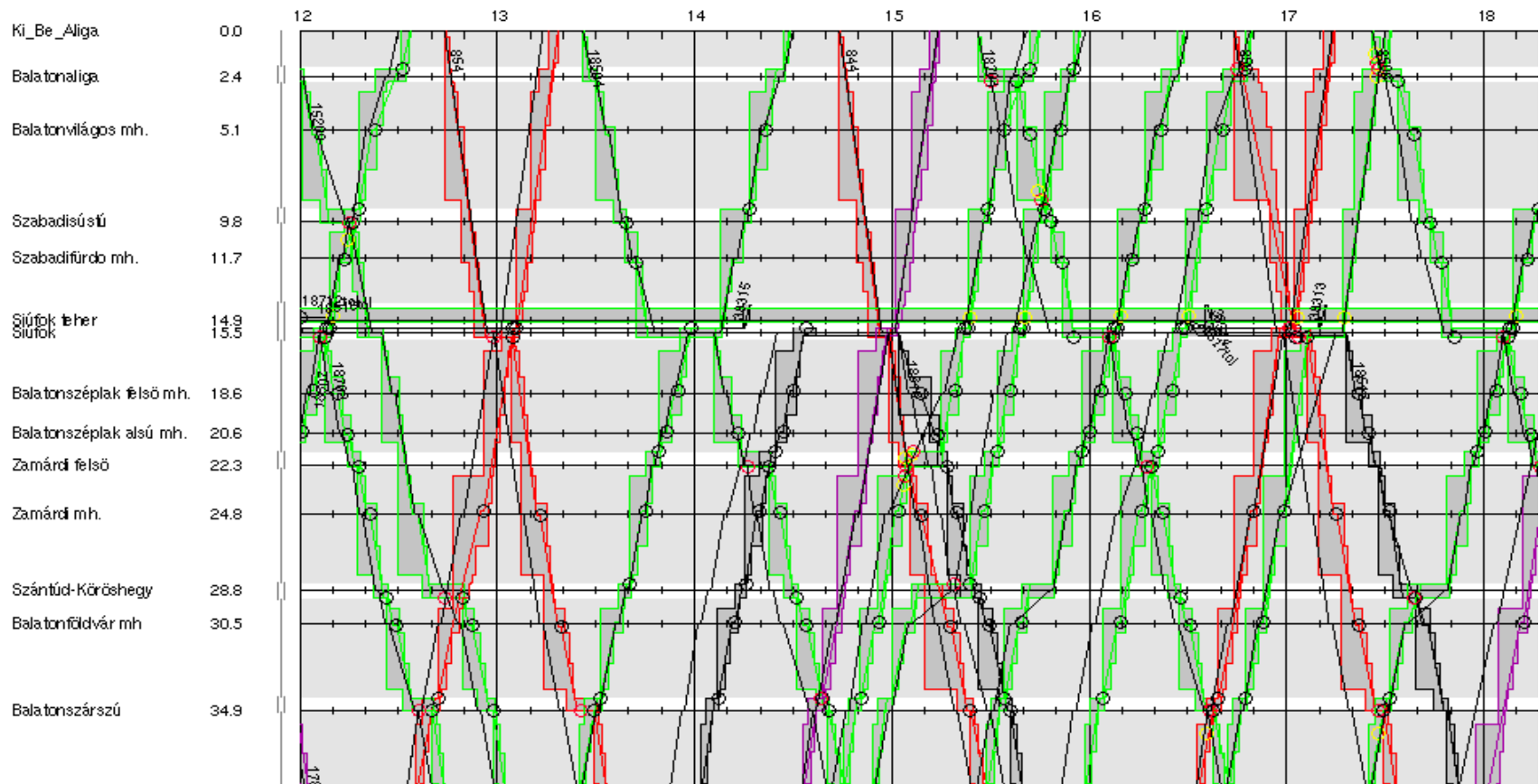
Példa, szimuláció a Balaton déli partján

- Értékelés:
 - Excel táblázatok – további számítások alapja
 - Diagramok (út-idő, foglaltság, menetdiagram, stb...

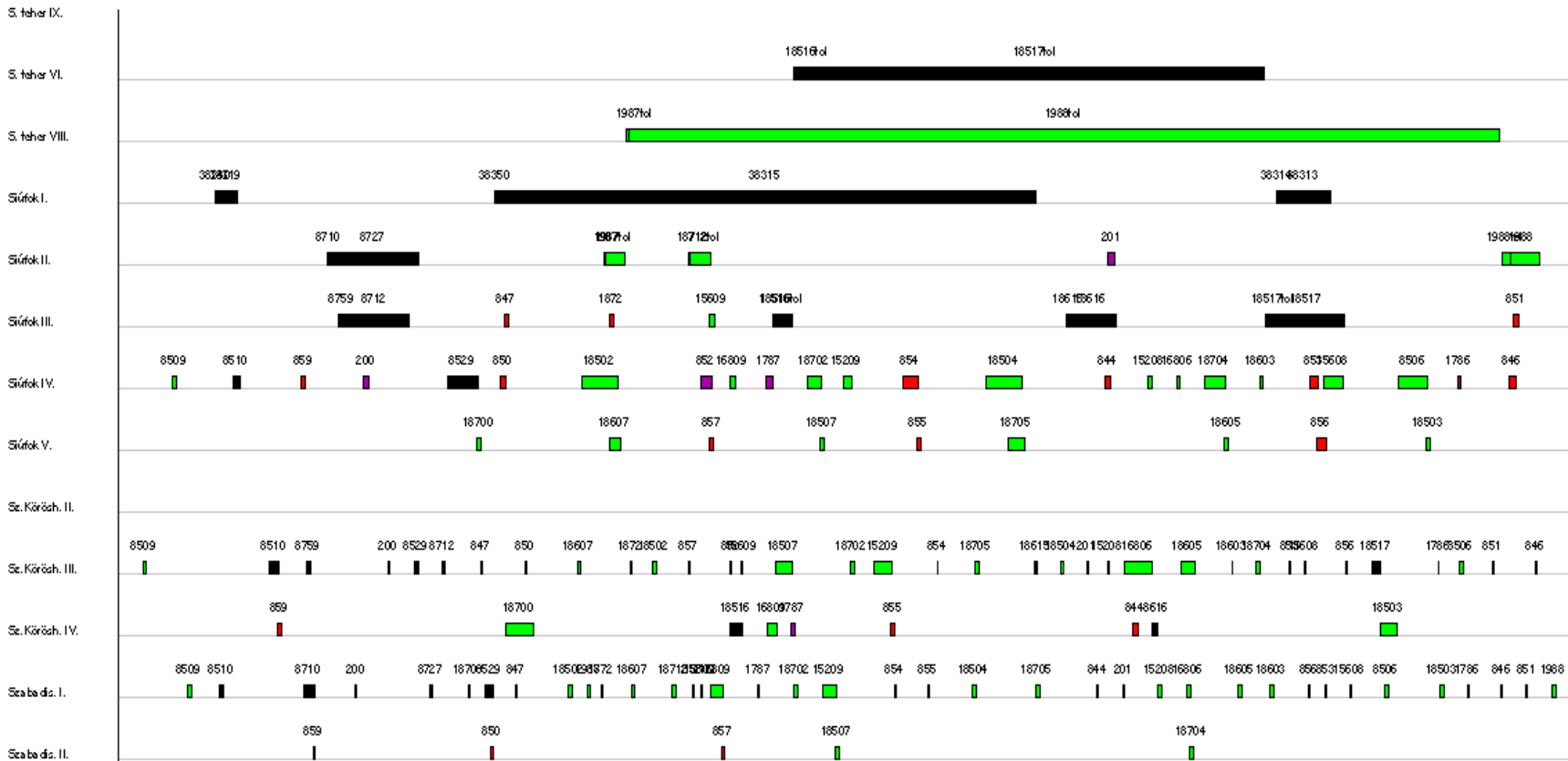
```
//  
// File: C:\Open Track\OT adatbázis\OT Aliga-Bélaptelep\OTOutput\OT_Physic.tsvP  
//  
// Produced by OpenTrack: Tue Sep 23 16:59:02 2014  
// Time/Distance/Speed/Acceleration/TractEffort/Resistance/Mech. Power/Power In/Energy In/Power Supply of all the Courses  
// Type : OT_Text  
// Desc. : OT_tsvP  
// Scenario: Adh. Outside: good / Adh. Tunnel: good / Delay: none / Global Perf.: 100.0 % / Step: 1.0 s / Time: 03:11:00 - 1/03:10:00  
// Col. 0: Course-ID  
// Col. 1: Time [s]  
// Col. 2: Distance [km]  
// Col. 3: Speed [km/h]  
// Col. 4: Acceleration [m/s^2]  
// Col. 5: Tractive Effort [kN]  
// Col. 6: Resistance [kN]  
// Col. 7: Mech. Power [kW]  
// Col. 8: Power In [kW]  
// Col. 9: Energy In [MJ]  
// Col.10: Power Supply  
//  
1 18729 11461 0 0 0 0 0 0 0 0  
2 18729 11520 0 0 0 0 0 0 0 0  
3 18729 11521 0.0004 2.7 0.753 297.0912 9.1177 223.5781 223.5781 0.1118 Fonyód-T1  
4 18729 11522 0.0015 5.4 0.75 296.1022 9.2163 225.0146 225.0146 0.3361 Fonyód-T1  
5 18729 11523 0.0034 8.1 0.744 294.1232 9.3248 446.1748 446.1748 0.6717 Fonyód-T1  
6 18729 11524 0.006 10.8 0.741 293.1344 9.4427 664.9734 664.9734 1.2273 Fonyód-T1
```

Példa, szimuláció a Balaton déli partján

Ki_Be_Aliga - Ki_Be_Bélatelep



Példa, szimuláció a Balaton déli partján



A tervezett 6 gyakorlat feladata

- 40. számú vasútvonal „kiépítése” Pusztaszabolcs (kiz.) – Dombóvár (bez.) viszonylaton – valamennyi adat rendelkezésre áll
- Állomásépítés, felosztás:
 1. Szabadegyháza (bez.) – Sárbogárd (kiz.)
 2. Sárbogárd (bez.) – Simontornya (kiz.)
 3. Simontornya (bez.) – Keszőhidegkút – Gyönk (kiz.)
 4. Keszőhidegkút – Gyönk (bez.) – Kurd (bez.)
 5. Kurd (kiz.) – Dombóvár (bez.)
- Részletes határok: adatbázisban (honlap), szelvény szerint!

Bővebb információk

- www.opentrack.ch
 - A program hivatalos honlapja
 - Korábbi projektek, szimulációk, érdekességek
- www.kjit.bme.hu
 - A gyakorlathoz kötődő valamennyi információ
 - Felhasználói kézikönyv (angol nyelven)
 - Segédletek, file-ok
- www.youtube.com
 - Videók a már használt szimulációkról
 - „open track simulation” keresés
- Egyéb
 - www.railml.org



BME



KJIT

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Köszönöm a figyelmet!

Lövétei István Ferenc

PhD hallgató

Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

ST. épület 108.

Tel: (36-1) 463 - 3089

lovetei.istvan@mail.bme.hu