

Analiza vozila u programskoj aplikaciji AVL Cruise

Perković, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:681141>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:
Prof.dr.sc.Zoran Lulić

Ivan Perković
0035164366

Zagreb, 2011.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Ivan Perković

Zagreb, 2011.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom studija i navedenom literaturom.

Posebno se zahvaljujem prof.dr.sc. Zoranu Luliću na pomoći i savjetima, te ostalim djelatnicima Katedre za motore i vozila.

U Zagrebu, 12.srpnja.2011.

Ivan Perković

Popis slika.....	6
Popis tablica.....	7
Popis mjernih jedinica	8
1. Uvod.....	9
2. Programska aplikacija AVL Cruise	10
2.1. Osnovno o programskoj aplikaciji	10
2.2. Mogućnosti aplikacije	10
2.3. Elementi za modeliranje vozila	11
2.4. Proračunske mogućnosti.....	11
2.5. Načini proračunavanja.....	12
2.6. Sučelje aplikacije.....	13
3. Opis i izrada primjera	16
3.1. Izrada projekta.....	17
3.2. Izrada modela vozila.....	18
3.3. Unos podataka za model.....	20
3.3.1. <i>Vehicle</i>	20
3.3.2. <i>Engine</i>	21
3.3.3. Karakteristika potpunog opterećenja(<i>eng. Full load characteristic</i>).....	23
3.3.4. <i>Motoring Curve</i>	23
3.3.5. <i>Load Signal Map</i>	24
3.3.6. <i>Engine Maps Basic</i>	25
3.3.7. <i>Clutch</i>	28
3.3.8. <i>Pressure force</i>	28
3.3.9. <i>Gear Box</i>	28
3.3.10. <i>Efficiency and Torque Loss Correction</i>	29
3.3.11. <i>Single Ratio Transmission</i>	29
3.3.12. <i>Efficiency and Torque Loss Correction</i>	29
3.3.13. <i>Wheel</i>	29
3.3.14. <i>Rolling Radius</i>	30
3.3.15. <i>Brake</i>	30
3.3.16. <i>Differential</i>	30
3.3.17. <i>Cockpit</i>	31
3.3.18. <i>Pedal characteristic</i>	31

3.3.19. <i>ASC(Anti-Slip Control)</i>	31
3.3.20. <i>Monitor</i>	31
3.4. Povezivanje komponenti	32
3.5. Project Data	34
3.6. Postavljanje zadatka za simulaciju modela.....	34
3.7. Pokretanje simulacije	36
3.8. Rezultati.....	37
4. Standardni ciklusi vožnje.....	38
4.1. Tijek testiranja.....	38
4.2. Prikaz rezultata pri simulaciji u različitim ciklusima.....	40
5. Karakteristike vozila koje možemo dobiti pomoću aplikacije.....	44
6. Zaključak	48
7. Literatura.....	49

Popis slika

Slika 2.1.- Sučelje AVL Cruisea	13
Slika 2.2.-Radni izbornik.....	14
Slika 3.1.-Pokretanje aplikacije	16
Slika 3.2.-Prikaz na zaslonu pri pokrenutoj aplikaciji.....	17
Slika 3.3.-Model vozila	19
Slika 3.4.-Vehicle	20
Slika 3.5.-Podatci vezani za postavke motora	21
Slika 3.6.-Load signal map	24
Slika 3.7.-Fuel consumption map	25
Slika 3.8.-CO emission map	26
Slika 3.9.-HC emission map	26
Slika 3.10.-Soot emission map	27
Slika 3.11.-Nox emission map.....	27
Slika 3.12.-Vrste veza između komponenti.....	32
Slika 3.13.-Primjere veza na komponentama	32
Slika 3.14.-Izgled izbornika Data Bus.....	33
Slika 3.15.-Dodavanje zadataka	35
Slika 4.1.-NEDC.....	39
Slika 4.2.-FTP-75	39
Slika 4.3.-Izmjenjeni ciklus	40
Slika 4.4.-Prikaz emisije CO ₂ po ciklusima	40
Slika 4.5.-Prikaz prosječne potrošnje goriva po ciklusu	41
Slika 4.6.-Prikaz prijednog puta po ciklusu.....	41
Slika 4.7.-Prikaz trajanja pojedinog ciklusa	42
Slika 4.8.-Prikaz prosječne brzine po ciklusu.....	42
Slika 5.1.-Prikaz koliki uspon može svladati vozilo u određenom stupnju prijenosa....	44
Slika 5.2.-Prikaz elastičnosti motora u 4. stupnju prijenosa.....	45
Slika 5.3.-Prikaz maksimalne brzine u svakom stupnju prijenosa	45
Slika 5.4.-Prikaz ubrzanaja u svakom stupnju prijenosa	46
Slika 5.5.-Prikaz „Drag 0-402m“	46
Slika 5.6.-Prikaz kočenja pri brzini od 100 km/h do 0km/h.....	47

Popis tablica

Tablica 3.1.-Podatci vezani za motor vozila.....	22
Tablica 3.2.-Podatci vezani za karakteristike motora.....	22
Tablica 3.3.-Karakteristika motora.....	23
Tablica 3.4.-Motoring curve.....	23
Tablica 3.5.-Postavke spojke.....	28
Tablica 3.6.-Sila na papučicu spojke.....	28
Tablica 3.7.-Postavke mjenjačke kutije.....	28
Tablica 3.8.-Vrijednosti učinkovitosti i gubitaka u mjenjačkoj kutiji.....	29
Tablica 3.9.-Postavke jednostupanjskog prijenosa.....	29
Tablica 3.10.-Postavke kotača.....	29
Tablica 3.11.-Dinamički promjer kotača.....	30
Tablica 3.12.-Postavke kočnica.....	30
Tablica 3.13.-Postavke diferencijala.....	30
Tablica 3.14.-Postavke kabine.....	31
Tablica 3.15.-Postavke papučice kočnice, spojke i gasa.....	31
Tablica 3.16.-Popis parametara koje je potrebno kontrolirati tokom rada.....	31
Tablica 3.17.-Popis komponenti koje je potrebno samostalno povezati.....	33
Tablica 3.18.-Podatci za opis vozila.....	34
Tablica 3.19.-Unos podataka vezan za zadatke.....	34
Tablica 3.20.-Postavke zadatka Cycle Run.....	35
Tablica 3.21.-Postavke vezane za ostale zadatke koji se provode u simulaciji.....	36

Popis mjernih jedinica

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
V	cm ³	Volumen
ϑ	°C	Temperatura
T	-	Takt
n	1/min	Broj okretaja
I	kg*m ²	Moment inercije
Hd	kJ/kg	Ogrjevna vrijednost
q _v	l/s	Volumenski protok
P	kW	Snaga
p	mbar	Tlak
M	Nm	Moment
η	-	Iskoristivost
F	N	Sila
r	m	Radijus
A	m ²	Površina
a	m/s ²	Ubrzanje
v	m/s	Brzina
s	m	Put
t	s	Vrijeme

1. Uvod

Programska aplikacija AVL Cruise služi za simulaciju dinamike vozila i analizu pogonskog sklopa. Predviđena je za unaprjeđivanje i optimizaciju motora s niskom emisijom ispušnih plinova, pogonskih sklopova i kontrolu rada motora te ponašanje vozila u pokretu i svakodnevnim potrebama. U nastavku će se opisat kako se mogu koristiti opcije i koje su mogućnosti same aplikacije. Mogućnosti same aplikacije će se popratiti generičkim primjerom vozila, koje će se pri tome ispitivati u određenim uvjetima s napomenom da će se primjer ispitivati u ciklusu koji je standardom predviđen u zemljama Europe i SAD-a i ciklusu koji je izmijenjen, točnije modificiran i prilagođen realnijim uvjetima vožnje.

Ova aplikacija je dio programskog paketa tvrtke AVL iz Austrije, koja se već više od 60 godina bavi razvojem vezano za sve vrste vozila, od kamiona, osobnih vozila do motocikala, a uključeni su i u razvoj bolida Formule 1 za natjecateljsku momčad Red Bull.

2. Programska aplikacija AVL Cruise

Aplikacija AVL Cruise je software koji se koristi za simulaciju voznih karakteristika, potrošnje goriva i emisija plinova određenog tipa vozila[1]. Njegov modularni koncept omogućava slobodno konstruiranje svih mogućih konfiguracija vozila dok se pomoću suvremenih matematičkih algoritama tzv. solvera osigurava kratko vrijeme izračuna.

2.1. Osnovno o programskoj aplikaciji

AVL Cruise se koristi pri razvoju vozila, s time da se provodi optimizacija i proračuni sljedećih stvari[2]:

- potrošnja goriva i emisija plinova
- vozne karakteristike (ubrzanje, elastičnost)
- prijenosni omjeri
- karakteristike kočenja

koristi se i za određivanje:

- cjelokupnog opterećenja i ispitivanje i proračun naprezanja
- vibracije pogonskog sklopa

Modularna struktura Cruise-a dozvoljava modeliranje svih postojećih vozila i budućih prototipova motocikala, osobnih automobila i teških teretnih vozila.

2.2. Mogućnosti aplikacije

AVL Cruise koristi mogućnosti različitih programskih paketa kako bi se proveo izračun voznih karakteristika vozila, potrošnje goriva i emisije ispušnih plinova[2], ponašanje u različitim ciklusima vožnje (npr: FTP75, ECE-R15, HDC, NEDC), dijagrame vučnih sila, ubrzanja, najveće brzine, sposobnost savladavanja uzbrdice itd. Korisnik može sam oblikovati prikaz izlaznih podataka, iako je većina potrebnih podataka unaprijed postavljena kao primarna u samom programu. Modularnost programa omogućuje slobodno modeliranje vozila pomoću osnovnih modula kao što su motor s unutarnjim izgaranjem, mjenjačka kutija, spojka, kočnice i sl., ali je moguće modelirati i koncepte vozila kao što su hibridna vozila ili vozila sa više motora. Uz ovaj modularni koncept, kao dodatak; a u svrhu poboljšanja prikaza voznih karakteristika vozila postoje i mogućnosti uključivanja opcija kao što su hladni start motora ili torzijsko osovina.

Proračuni statičkih i kombiniranih statičko-dinamičkih modela mogu se provoditi kvazi-stacionarno, sukladno vršnoj točki u mapi motora ili realnom ciklusu vožnje gdje se mogu odrediti pozicija vozača i položaj papučice gasa. Programski oblikovani profili vozača (u programu se nalazi osam različitih) razlikuju se po vozačkim navikama. Svaki profil odlikuje se drugačijom dinamikom vožnje, a odnosi se na individualne reakcije prilikom vožnje u različitim uvjetima.

2.3. Elementi za modeliranje vozila

Elementi koji se koriste za modeliranje vozila:

- Vozilo ili prikolica
- Motor(s unutarnjim izgaranjem, električni motor)
- Spojka(tarna spojka, hidraulički konverter, visko-spojka)
- Prijenos snage(mjenjačka kutija, CVT, diferencijal)
- Kontrolni elementi
- Osovine(krute i elastične)
- Prirubnica
- Kotači
- Električne komponente(generator, akumulator, napajanje)
- Kočnice, retarder
- Mehaničke komponente(uljna pumpa, ventilator rashladnog uređaja)
- Ispušni sistem
- Kabina
- Monitor
- Black Box(koristi se za korištenje algoritama koji je korisnik sam napravio),
MATLAB

Suvremeni sustav baze podataka je integriran u svrhu učinkovitog upravljanja velikom količinom unesenih podataka kako bi se iskoristile maksimalne mogućnosti aplikacije.

2.4. Proračunske mogućnosti

Proračun se može podijeliti u dvije grupe[2]:

- Prema potrošnji goriva i emisiji ispušnih plinova
- Prema voznim karakteristikama

Prema potrošnji goriva i emisiji ispušnih plinova koriste se sljedeći zadatci:

- Vozni ciklus(*eng. driving cycle*)- vozilo se podvrgava simulaciji vožnje pri određenoj brzini kretanja. Određuju se uvjeti u kojima se odvija ciklus kao što su brzina kretanja, stupanj prijenosa, brzina vjetra, vremenski uvjeti, koji se kroz ciklus konstantno izmjenjuju. Ciklus se provodi u ovisnosti o vremenu ili putu.
- Krstarenje(*eng. cruising*)- simulacija kretanja prema unaprijed određenoj putanji, unaprijed određenom brzinom kretanja, gdje su svi parametri konstantni.
- Vožnja konstantnom brzinom(*eng. Constant drive*)-opcija kretanje u svim stupnjevima prijenosa (*eng. Run in all gears*)- ova simulacija služi u svrhu dobivanja rezultata prema unaprijed određenim kriterijima tj. određenom broju okretaja ili određenoj brzini kretanja. Proračun počinje kada je brzina kretanja jednaka nuli.

Prema voznim karakteristikama:

- Vožnja konstantnom brzinom(*eng.Constant drive*)-opcija postizanje najveće brzine(*eng.Maximum velocity*)-izračun maksimalne brzine, teoretski moguće i brzine koja je dostignuta sa vozilom u najvećem stupnju prijenosa
- Savladavanje uspona(*eng.Climbing performance*)-provodi se simulacija u kojoj se mjeri maksimalni uspon koje je vozilo u mogućnosti savladati, pri tome se prati u kojem se stupnju prijenosa nalazi, pri kojoj brzini vrtnje motora se nalazi i kojom se brzinom kreće, može se promatrati slučaj s proklizavanjem i bez proklizavanja
- Ubrzanje pri najvećem opterećenju-ovdje se provode tri zadatka: najveće ubrzanje u svakom stupnju prijenosa, ubrzanje vozila od nule do najveće brzine u svim stupnjevima prijenosa i simulacija elastičnosti u određenom stupnju prijenosa
- Najveća vučna sila-tu se provodi stacionarni proračun, a vučne sile se prikazuju kao funkcije brzine vozila u svakom stupnju prijenosa.
- Kočenje-simulira se kočenje na tri načina: kočenje silom noge na papučicu kočnice, kočenje pomoću otpora zraka ili kočenje motorom.

2.5. Načini proračunavanja

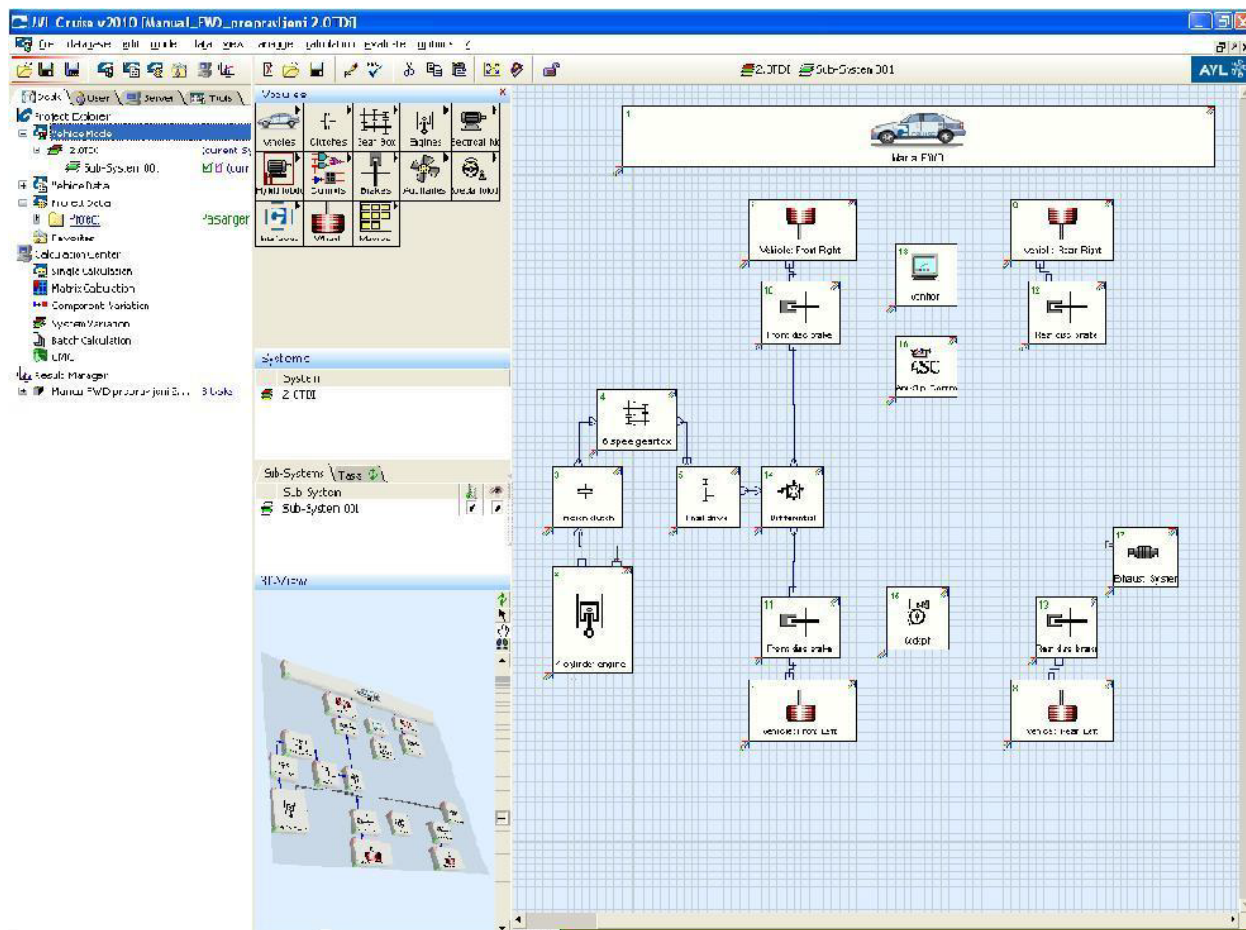
Stacionarni način proračunavanja- pri ovom načinu računanja, željene karakteristične varijable modela vozila se postupno proračunavaju za svaku brzinu. U ovom slučaju izračuna sva ubrzanja su jednaka nuli u pogonskom sustavu. Moguće je postići maksimalni uzlazni gradijent vozila koje može postići vozilo pri svakoj brzini vrtnje i stupnju prijenosa.

Kvazi-stacionarni način proračunavanja- ovaj način proračuna je sličan stacionarnom, znači isto se željene varijable proračunavaju postepeno za svaku brzinu. Razlika je u tome što akceleracija nije jednaka nuli, no zato njihov iznos mora biti konstantan. Ovim načinom proračuna je isto moguće proračunavati tranzijentne slučajeve, kao recimo cikluse vožnje ili ubrzanja pri maksimalnom opterećenju. Ovaj način proračuna je vrlo učinkovit i brz iz razloga što ne treba provoditi kontrolu.

Simulacija-suprotno u odnosu na kvazi-stacionarni način proračuna, dozvoljava modeliranje stvarnog procesa, stvarno ponašanje vozila u stvarnim uvjetima. Ovo će pri simuliranju stvarnih zadataka automatski dovoditi do toga da programom modelirani vozač ima kontrolnu funkciju. U ovom slučaju se još može odlučiti jesu li veze krute ili elastične(pri tome se misli na osovine u pogonskom sklopu), a kad se uzima u obzir to da su elastične potrebno je definirati i torzijsku čvrstoću jer se i ona uzima u obzir, zbog toga jer se tijelo počinje ponašati kao dinamičko tijelo s više masa.

2.6. Sučelje aplikacije

Glavni prozor aplikacije AVL Cruise se sastoji od dva dijela: upravljački izbornik(*eng. Navigation frame*) i izbornik za modeliranje vozila(*eng. Vehicle modeler*). Upravljački izbornik je prikazan kao stablo sa mogućnostima dok se u izborniku za modeliranje vozila nalaze ikone sa odabirom na željenu naredbu (Slika 2.1.).



Upravljački izbornik

Izbornik za modeliranje vozila

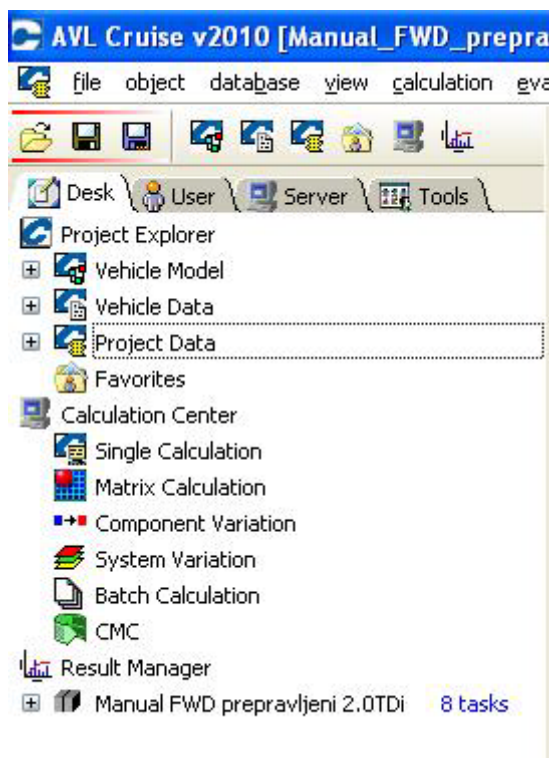
Slika 2.1.- Sučelje AVL Cruisea

Upravljački izbornik se sastoji od četiri kartice:

- Radni izbornik(*eng.Desk Area*)
- Korisnički izbornik(*eng.User Area*)
- Baza projekata(*eng.Server Area*)
- Alati za obradu i literatura(*eng.Tools Area*)

Radni izbornik je kartica u kojoj se modelira i ispituje model, a sastoji od tri dijela(slika 2.2.):

- Izbornik projekta(*eng.Project explorer*) - u njemu se može modelirati vozilo odnosno pogonski sklop koje se kasnije koristi u simulaciji, ima mogućnost unosa osnovnih parametara koji su potrebni za rad sa modelom, mogu se unositi parametri vezani za rad motora, snage kočnica, omjera brzina u mjenjaču, emisija ispušnih plinova, moguće je i mjenjati već unaprijed definirane rute koje su standardizirane, upisati svoje rute i provesti simulaciju. Mogućnost gledanja modela u 3D.
- Izbornik za provedbu proračuna(*eng.Calculation center*)-u ovom dijelu se pokreće cijela simulacija i izračun modela u određenim uvijetima.
- Izbornik za prikaz rezultata(*eng.Result manager*)- u ovom dijelu se nalaze rezultati simulacije, rezultate je moguće izraziti dijagramima ili samo u numeričkom obliku kojim se kasnije može upravljati svojevrijedno, moguće je koristiti vrijednosti rezultata i međusobno ih uspoređivati.

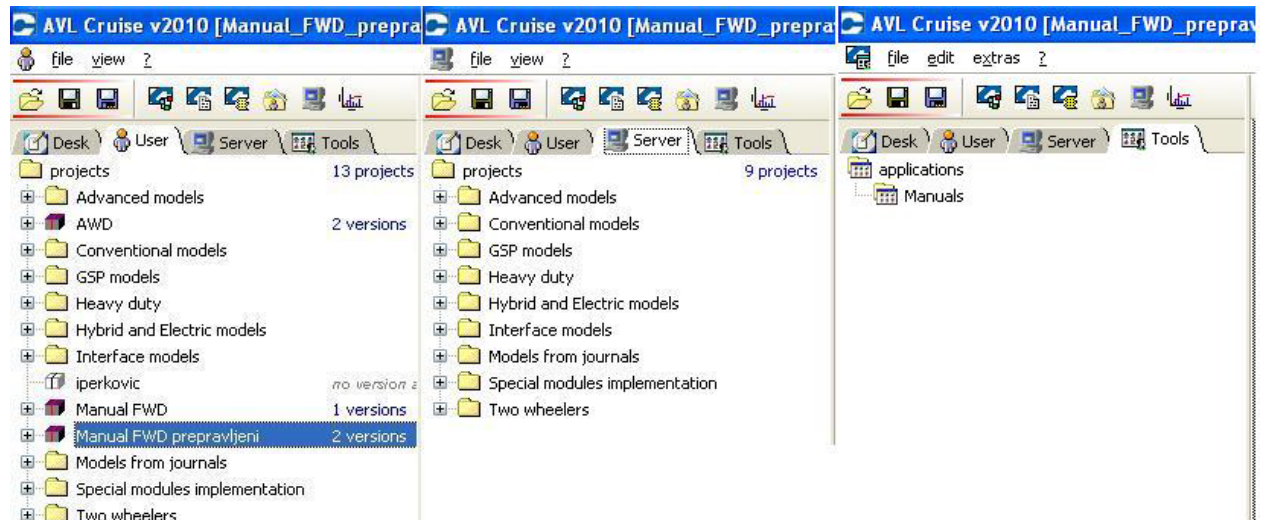


Slika 2.2.-Radni izbornik

Korisnički izbornik je kartica u kojoj se nalazi hijerarhijski prikaz projekata koji se nalaze samoj aplikaciji i projekata koji su izrađeni sa strane korisnika, moguće je vidjeti i njihove rezultate ako su provedene simulacije.

Baza projekata je kartica slična kartici korisnički izbornik, samo što se tu ne vide projekti koji su izrađeni već samo oni koji se nalaze u samoj aplikaciji i njihova dostupnost ovisi o razini prava koja posjeduje korisnik.

Alati za obradu i literatura je kartica u kojoj je moguće naći korisnički priručnik i upute za kasnije obrađivanje podataka dobivenih simulacijom.

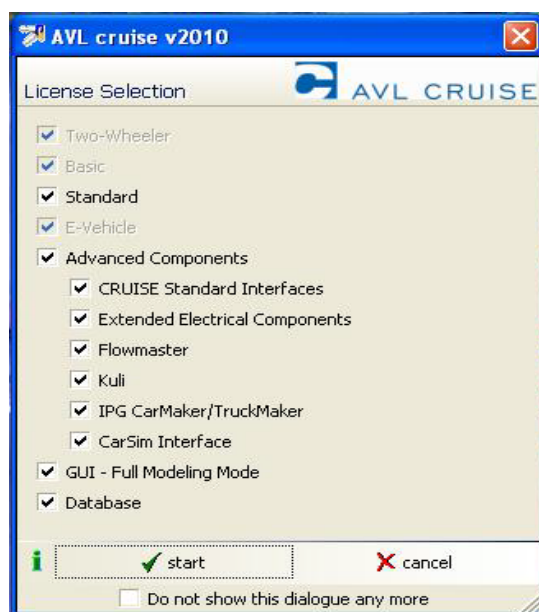


Slika 2.3.-Prikaz kartica

3.Opis i izrada primjera

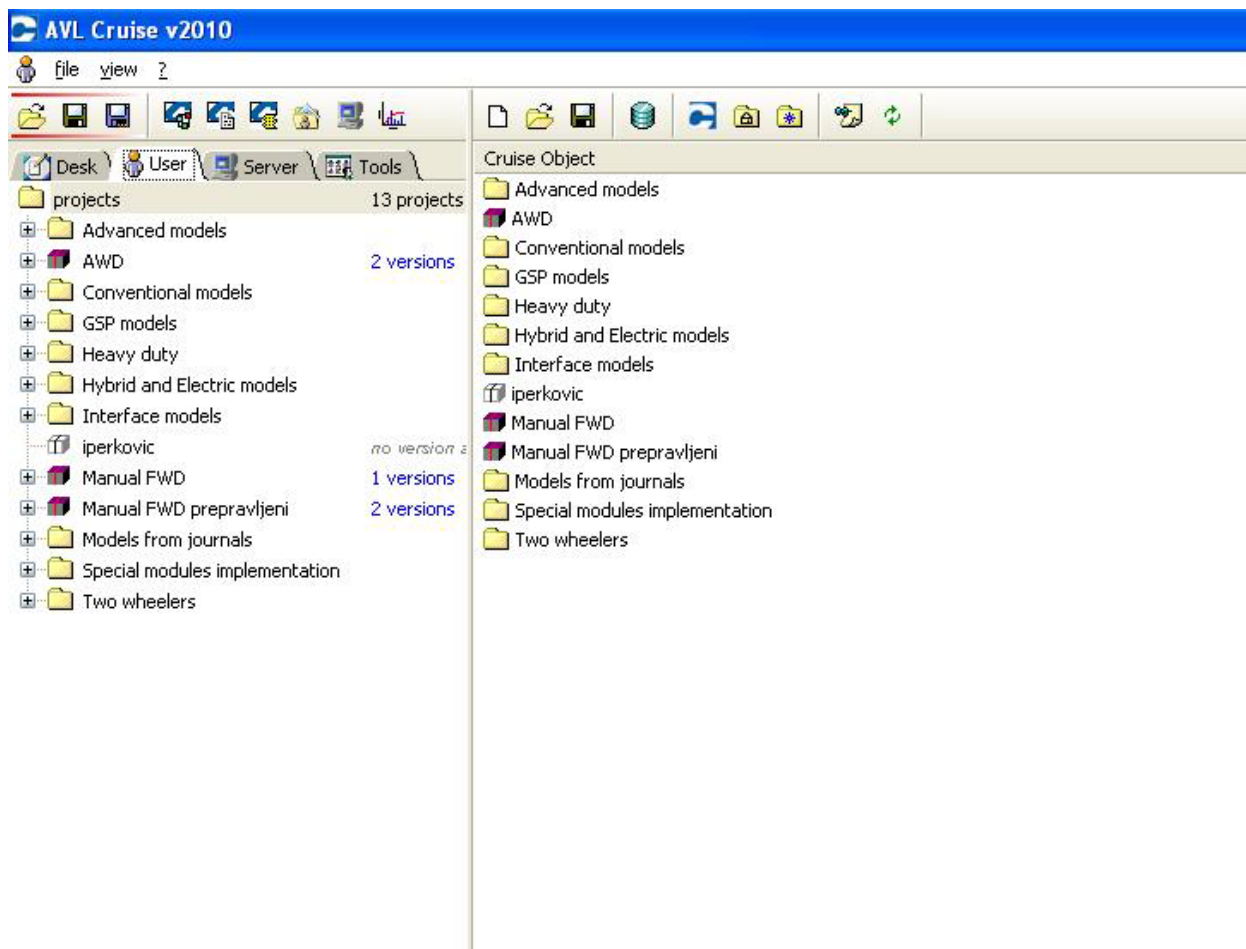
U ovom poglavlju će se govoriti kako pokrenuti program i kako napraviti model koji će se kasnije koristiti[3]. Za bolja objašnjenja je potrebno posegnuti za korisničkim priručnikom aplikacije[2] i primjerom koji se nalazi u dokumentaciji koja se dobije uz aplikaciju.

Kada se pokrene aplikacija prikaže se prozor u kojem se odabire licenca za željeni software koji se želi koristiti(Slika 3.1.).



Slika 3.1.-Pokretanje aplikacije

Nakon što se odaberu licence pritisne se tipka **start** i otvara se korisnički izbornik(Slika 3.2.).



Slika 3.2.-Prikaz na zaslonu pri pokrenutoj aplikaciji

3.1. Izrada projekta

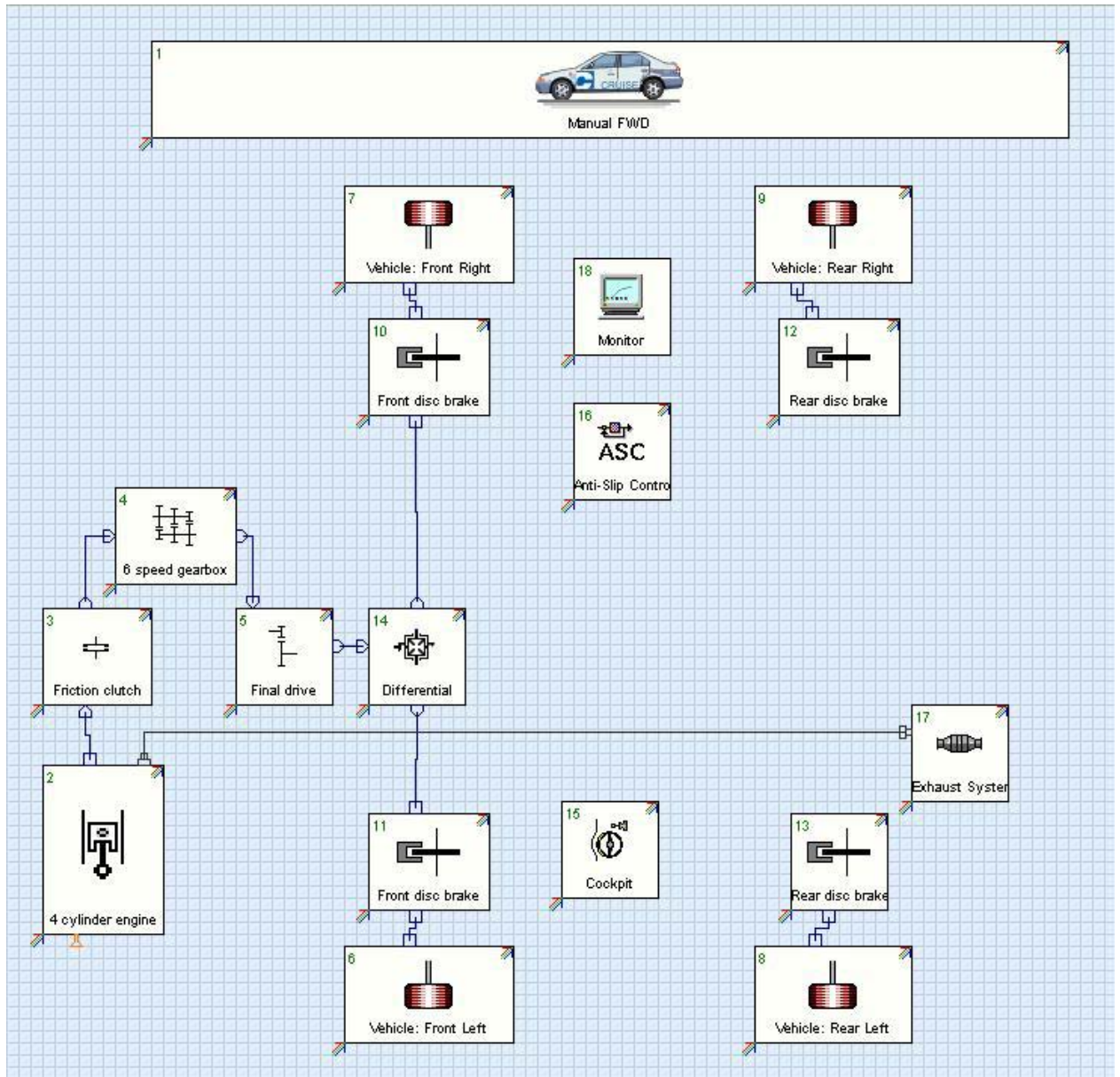
U sljedeća tri koraka će se započeti projekt:

1. U korisničkom izborniku treba se pritisnuti *Projects* s desnom tipkom miša i označiti **new | project**, nakon toga se treba upisati ime projekta i stisnuti **OK**. Novo ime će se pojaviti u stablu projekata.
2. Označiti taj novi projekt s desnom tipkom miša i pritisnuti **new | version**. Moguće je upisati novo ime ili ostaviti postojeće ime projekta.
3. Označiti verziju s desnom tipkom miša i pritisnuti **save**, nakon toga su svi direktoriji i pod-direktoriji kreirani koji su potrebni za projekt.

3.2. Izrada modela vozila

U sljedećim koracima će se vidjeti kako se izrađuje model vozila:

1. U korisničkom izborniku treba se pritisnuti *Vehicle Model*.
2. Dodavanje komponenti vozila na radnu plohu se izvodi s lijevom tipkom miša, pomoću opcije drag'n'drop.
3. Sljedeće komponente je potrebno dodati na radnu plohu:
 - Vozilo(*eng.Vehicle*)
 - Motor(*eng.Engine*)
 - Spojka(*eng.Clutch*)
 - Mjenjačka kutija(*eng.Gear Box*)
 - Jednostupanjski prijenos(*eng.Single Ratio Transmission*)
 - Kotač(*eng.Wheel*), 4 komada
 - kočnice(*eng.Brakes*), 4 komada
 - Diferencijal(*eng.Differential*)
 - Vozačka kabina(*eng.Cockpit*)
 - Modul protiv proklizavanja(*eng.ASC(Anti-Slip Control)*)
 - Monitor

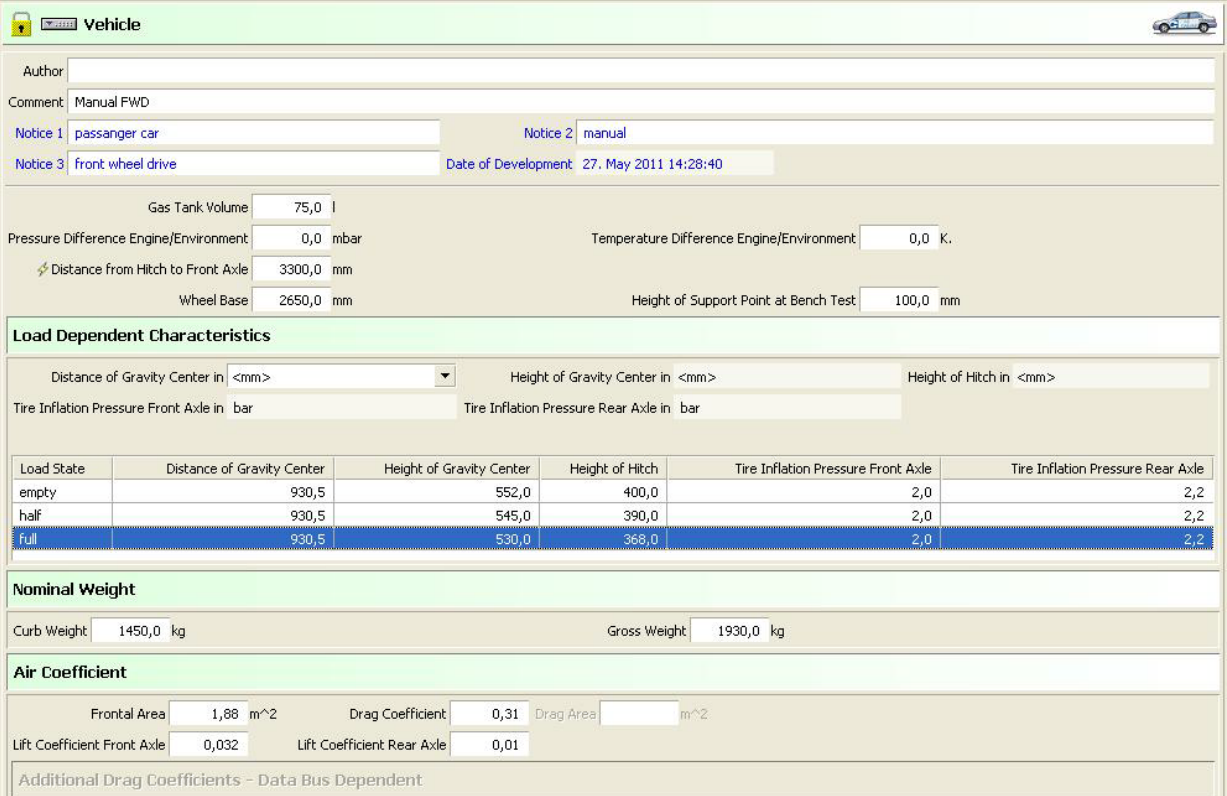


Slika 3.3.-Model vozila

3.3. Unos podataka za model

3.3.1. Vehicle

Dvostrukim klikom na *Vehicle* na radnoj površini otvara se izbornik i u njega je potrebno unijeti podatke sa slike(Slika 3.4.).



Vehicle

Author:

Comment: Manual FWD

Notice 1: Notice 2:

Notice 3: Date of Development:

Gas Tank Volume: l

Pressure Difference Engine/Environment: mbar

Temperature Difference Engine/Environment: K.

Distance from Hitch to Front Axle: mm

Wheel Base: mm

Height of Support Point at Bench Test: mm

Load Dependent Characteristics

Distance of Gravity Center in: Height of Gravity Center in: Height of Hitch in:

Tire Inflation Pressure Front Axle in: Tire Inflation Pressure Rear Axle in:

Load State	Distance of Gravity Center	Height of Gravity Center	Height of Hitch	Tire Inflation Pressure Front Axle	Tire Inflation Pressure Rear Axle
empty	930,5	552,0	400,0	2,0	2,2
half	930,5	545,0	390,0	2,0	2,2
full	930,5	530,0	368,0	2,0	2,2

Nominal Weight

Curb Weight: kg

Gross Weight: kg

Air Coefficient

Frontal Area: m²

Drag Coefficient: Drag Area: m²

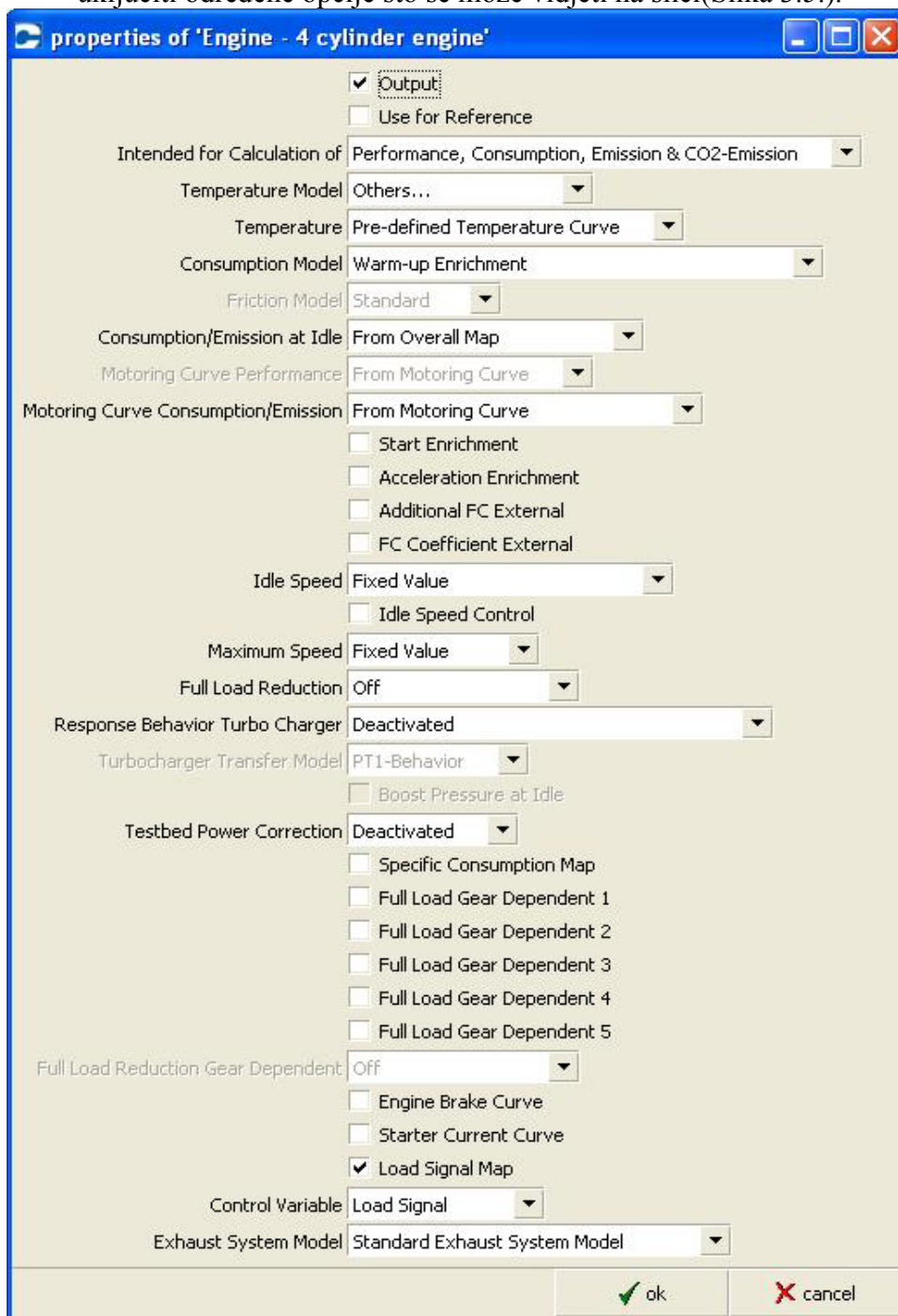
Lift Coefficient Front Axle: Lift Coefficient Rear Axle:

Additional Drag Coefficients - Data Bus Dependent

Slika 3.4.-Vehicle

3.3.2. Engine

Prije samog unosa podataka potrebno je desnim klikom na *Engine* otići na *properties* i uključiti određene opcije što se može vidjeti na slici(Slika 3.5.).



Slika 3.5.-Podatci vezani za postavke motora

Dvostrukim klikom na *Engine* otvara se prozor i u rubrike unosimo podatke iz tablice:


Tablica 3.1.-Podatci vezani za motor vozila

Comment	4 cylinder engine
Notice 1	Diesel
Notice 2	Inline
Engine type	Diesel
Charger	TC and intercooler
Engine displacement	1995.0 cm ³
Engine working temperature	90.0 C
Number of cylinders	4

Tablica 3.2.-Podatci vezani za karakteristike motora

Number of strokes	4
Idle speed	800.0 1/min
Maximum speed	5000.0 1/min
Inertia moment	0.348 kg*m ²
Response time	0.1 s
Fuel type	
Fuel type	Diesel
Heating value	42000.0 kJ/kg
Fuel density	0.835
Weight rate carbon	0.865
Fuel shut-off	
Fuel shut-off	Relative speed differences
Residual fuel consumption	0,0 l/h
Speed difference between idle and lower speed limit	50 1/min
Speed difference between idle and higher speed limit	150 1/min
Consumption increase after deactivation	Sharp rise

3.3.3. Karakteristika potpunog opterećenja (eng. *Full load characteristic*)

S desne strane se nalaze kartice, potrebno je označiti karticu *Full Load Characteristic*. Treba označiti kW na padajućem izborniku pod **b**. Dodavanje redaka se izvodi pomoću tipke .

Potrebno je unijeti sljedeće podatke iz tablice:

Tablica 3.3.-Karakteristika motora

a	b
100	1,62316
1000	162316
1250	28,1434
1500	47,1239
1750	59,5594
2000	71,2094
2250	80,1106
2500	89,0118
2750	95,8971
3000	100,531
3250	103,803
3500	107,024
3750	109,17
4000	110,165
4250	108,594
4500	106,029
4750	100,976
5000	95,295

Nakon toga je potrebno pritisnuti tipku osvježi (eng. *Update*) kako bi se prikazala krivulja.

3.3.4. *Motoring Curve*

S desne strane je kartica na kojoj piše *Motoring Curve*, pod **b** je potrebno promjeniti u mbar te je potrebno u nju unijeti vrijednosti iz tablice:

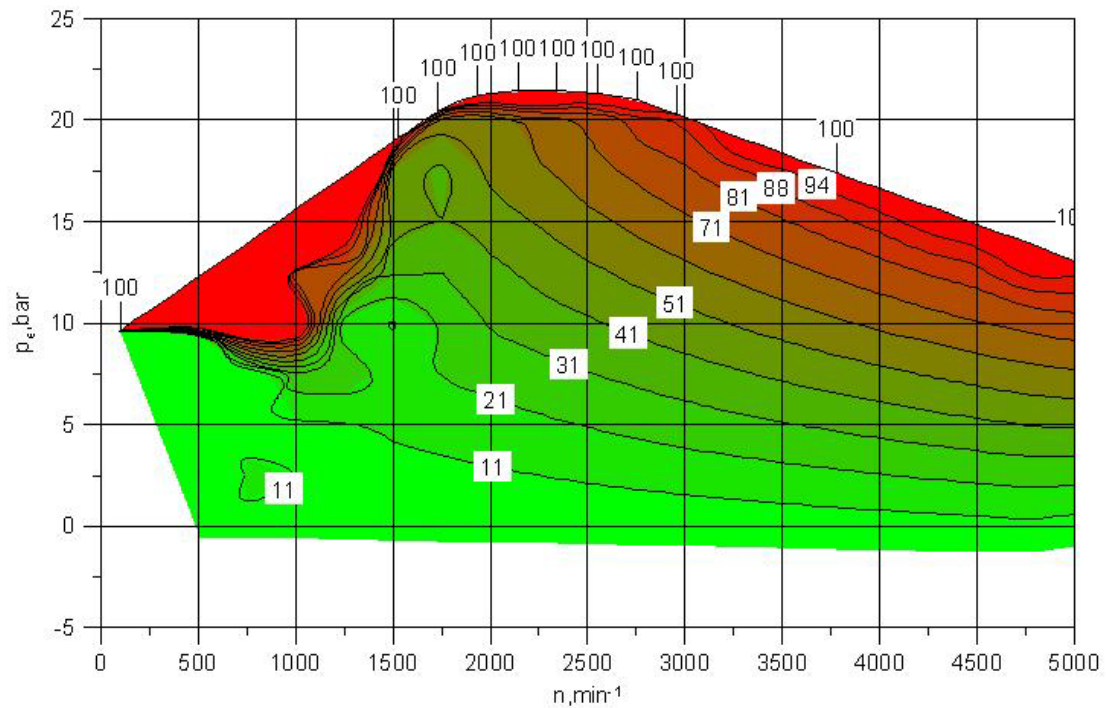
Tablica 3.4.-*Motoring curve*

a	b
100	-0,1
500	-0,5
1000	-0,6
3000	-1
6000	-1,5
7000	-1,7

Nakon toga je potrebno pritisnuti *Update* kako bi se prikazala krivulja na dijagramu.

3.3.5. Load Signal Map

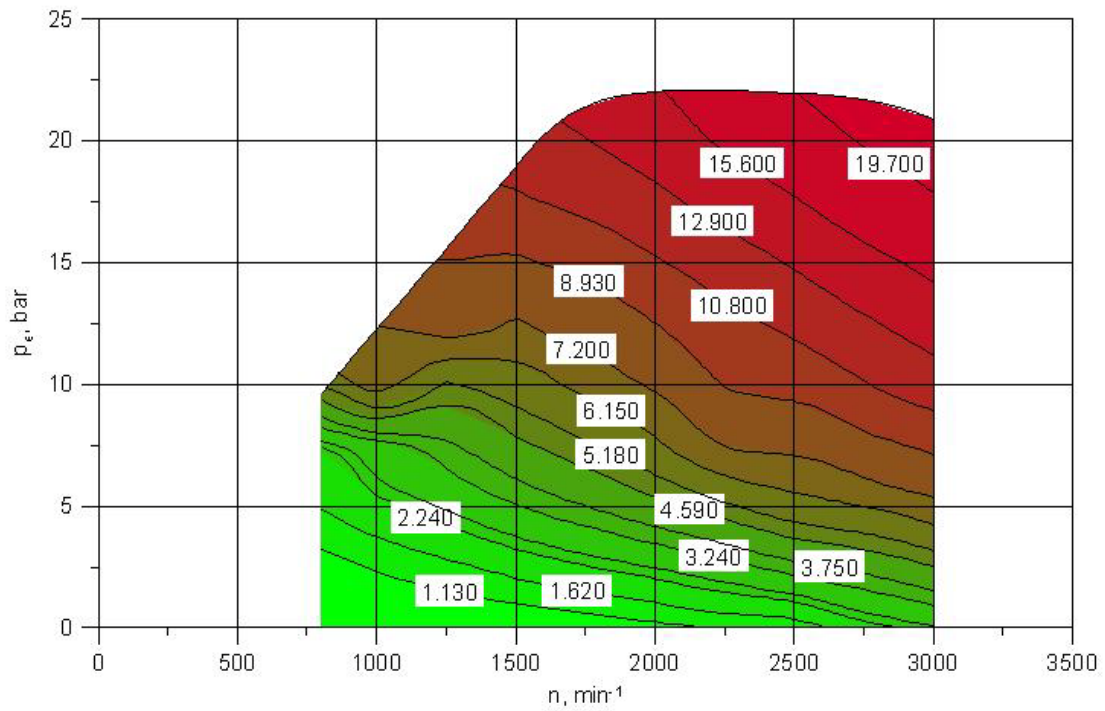
Iz slike 3.6. može se vidjeti mapa koja je potreban kako bi se opisao rad motora odnosno koliki je iznos srednjeg efektivnog tlaka pri određenom opterećenju motora.



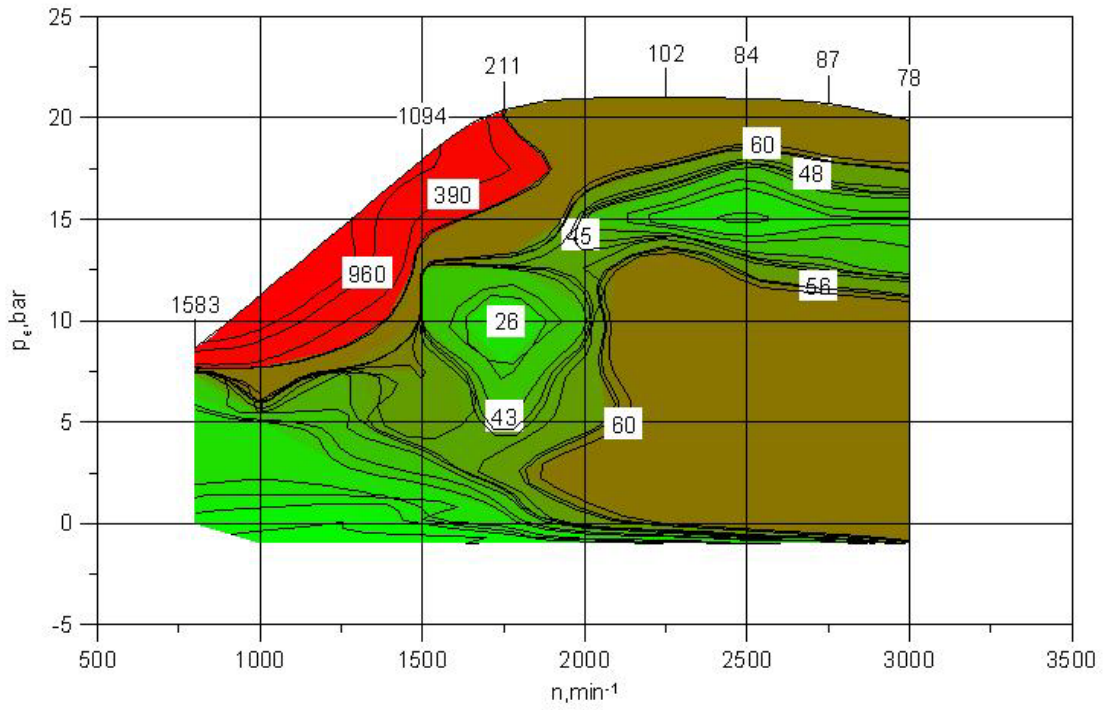
Slika 3.6.-Load signal map

3.3.6. Engine Maps Basic

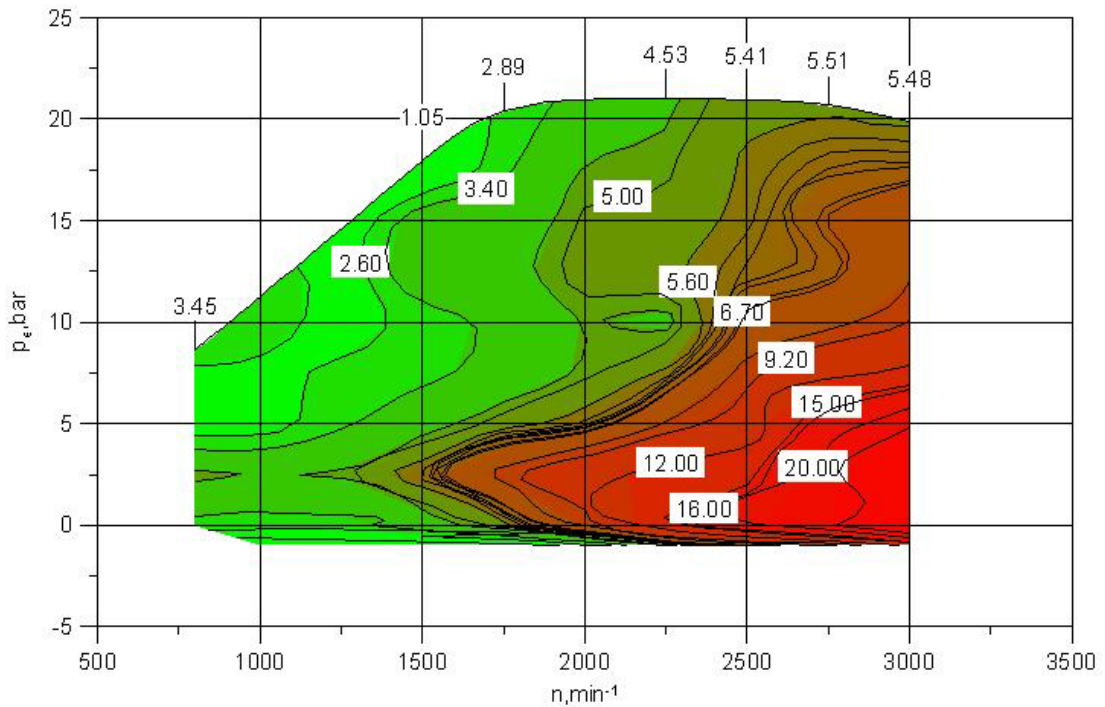
U kartici *Engine Maps Basic* se nalaze mape emisija ispušnih plinova motora i mapa potrošnje goriva.



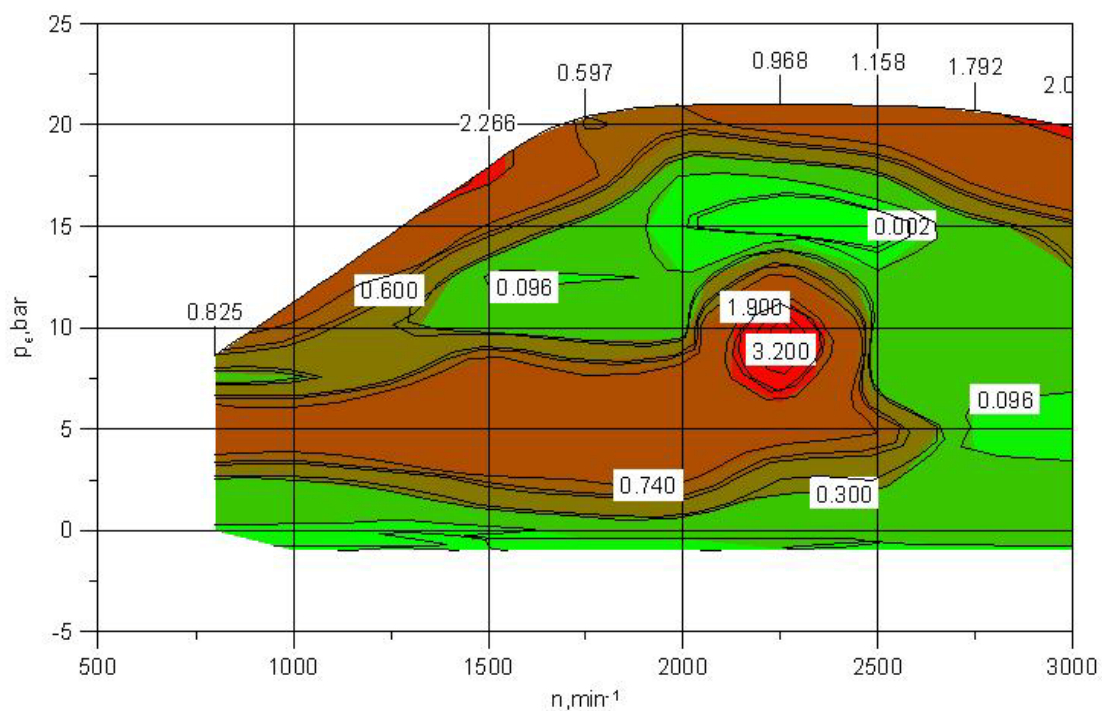
Slika 3.7.-Fuel consumption map



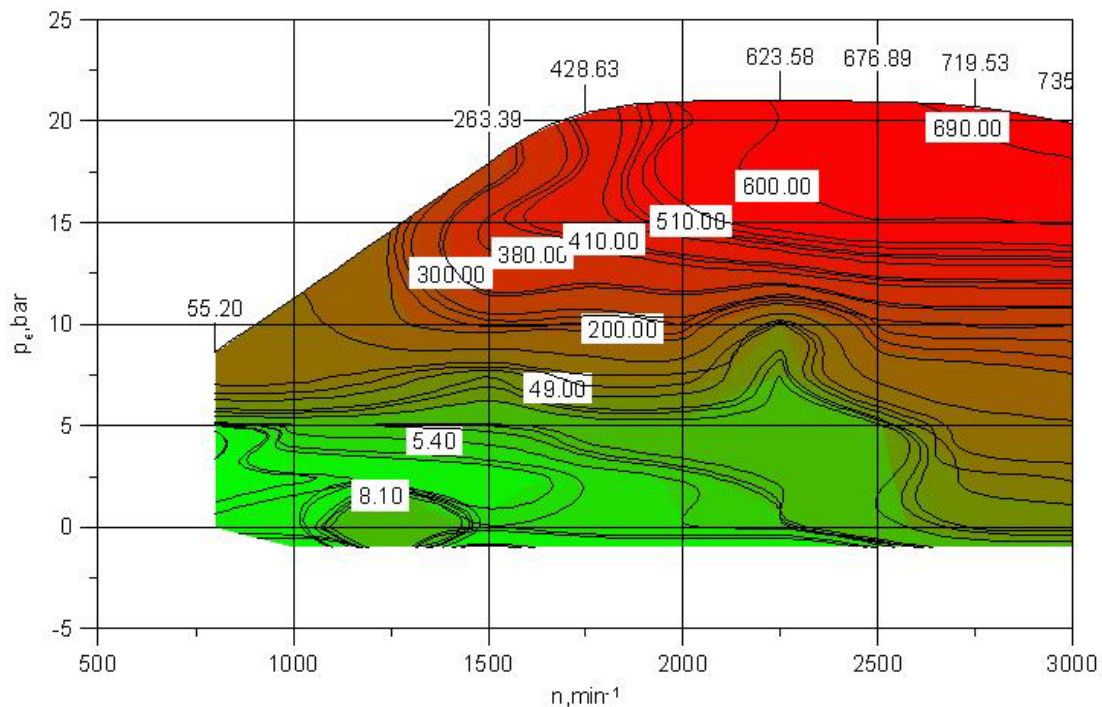
Slika 3.8.-CO emission map



Slika 3.9.-HC emission map



Slika 3.10.-Soot emission map



Slika 3.11.-Nox emission map

3.3.7. Clutch

Dvostrukim klikom na Clutch otvara nam se prozor u kojem je potrebno unijeti sljedeće podatke iz tablice:

Tablica 3.5.-Postavke spojke

Comment	Friction clutch
Notice 1	Mmax=350Nm
Inertia moment in	0,01kg*m ²
Inertia moment out	0,01 kg*m ²
Simple model	
Maximum transferable torque	350Nm

3.3.8. Pressure force

S desne strane se nalazi kartica na kojoj piše *Pressure force*, a ona označava silu kojom se djeluje na papučicu spojke.

Tablica 3.6.-Sila na papučicu spojke

a	b
0	5000
33	2250
66	750
100	0

Pritisnuti *Update* kako bi se prikazala krivulja u dijagramu.

3.3.9. Gear Box

Dvostrukim klikom na *Gear Box* će se otvoriti prozor u kojem je potrebno unijeti podatke iz tablice:

Tablica 3.7.-Postavke mjenjačke kutije

Comment	6 speed Gear Box				
Gear Ratio Table					
a	b	c	d	e	f
0	3,90909	0,0015	0,005	11	43
1	3,90909	0,0015	0,005	11	43
2	2,10526	0,0015	0,005	19	40
3	1,3871	0,0015	0,005	31	43

4	1,02326	0,0015	0,005	43	44
5	0,81395	0,0015	0,005	43	35
6	0,67391	0,0015	0,005	46	31

3.3.10. Efficiency and Torque Loss Correction

S desne strane se nalazi kartica *Efficiency and Torque Loss Correction*, njome se izražava iskoristivost i gubitci pri prijenosu momenta u mjenjačkoj kutiji. Potrebno je unijeti podatke iz tablice:

Tablica 3.8.-Vrijednosti učinkovitosti i gubitaka u mjenjačkoj kutiji

a	b
0	0,95
1	0,95
2	0,95
3	0,95
4	0,95
5	0,95
6	0,95

Potrebno je stisnuti *Update* kako bi se iscrtala krivulja na dijagramu.

3.3.11. Single Ratio Transmission

Dvostruki klik na *Single Ratio Transmission* otvara prozor u kojem je potrebno unijeti podatke iz tablice:

Tablica 3.9.-Postavke jednostupanjskog prijenosa

Comment	Final drive
Notice 1	Front
Transmission ratio	3,36842
Inertia moment in	0,008 kg*m ²
Inertia moment out	0,015 kg*m ²

3.3.12. Efficiency and Torque Loss Correction

S desne strane se nalazi kartica *Efficiency and Torque Loss Correction* i potrebno je upisati samo jednu vrijednost, on a iznosi 0,97.

3.3.13. Wheel

Za sva četiri kotača su podatci isti, stoga je na svaki kotač potrebno samo kliknuti i otvoriti će se prozor u koji se unose podatci. Na svaki kotač je potrebno pritisnuti desni klik miša i otići na *properties* i tamo označiti poziciju kotača, odnosno *Wheel Location*.

Tablica 3.10.-Postavke kotača

Comment	Manual FWD
---------	------------

Inertia Moment	0,51 kg*m ²
Wheel Slip	
Friction Coefficient of Tire	0,95
Reference Wheel Load	2500 N
Wheel Load Correction Coefficient	0,02

3.3.14. Rolling Radius

S desne strane se nalazi kartica u koju je potrebno unijeti sljedeće podatke:

Tablica 3.11.-Dinamički promjer kotača

Static Rolling Radius	305 mm
Circumference	1916,37 mm
Dynamic Rolling Radiusa	312 mm
Cicumference	1960,35 mm

3.3.15. Brake

Dvostrukim klikom otvaramo prozor u koji treba unesti podatke za kočnicu, no s obzirom da imamo dva para kočnica, zbog toga se u tablici nalaze podatci posebno za prednje kotače i posebno za zadnje kotače.

Tablica 3.12.-Postavke kočnica

	Front disc brake	Rear disc brake
Comment	Front disc brake	Rear disc brake
Notice 1	Front right/Front left	Rear right/Rear left
Brake piston surface	1800 mm ²	1500 mm ²
Friction Coefficient	0,25	0,25
Specific Brake Factor	1	1
Effective friction radius	130	110
Efficiency	0,99	0,99
Inertial Moment	0,02 kg*m ²	0,015 kg*m ²

3.3.16. Differential

Dvostrukim klikom na *Differential* otvara se prozor u koji je potrebno unijeti podatke iz tablice:

Tablica 3.13.-Postavke diferencijala

Comment	Differential
Notice 1	Front
Differential Lock	Unlocked
Torque split factor	1
Inertia moment in	0,015 kg*m ²

Inertia moment out 1	0,015 kg*m ²
Inertia moment out 2	0,015 kg*m ²

3.3.17. Cockpit

Dvostrukim klikom na *Cockpit* otvara se prozor u kojem je potrebno unijeti podatke iz tablice:

Tablica 3.14-Postavke kabine

Comment	Cockpit
Notice 1	Passanger car
Notice 2	Manual
Shift mode	Manual
Number of gears	Forward: 6 Reverse: 1
Maximum brake force	100 N
Number of retarder steps	0

3.3.18. Pedal characteristic

S desne strane se nalaze tri kartice, *Acceleration Pedal Characteristic*, *Clutch Pedal Characteristic* i *Brake Pedal Characteristic*, za sve tri kartice je potrebno unesti iste podatke iz tablice:



Tablica 3.15.-Postavke papučice kočnice, spojke i gasa

a	b
0	0
100	100

3.3.19. ASC(Anti-Slip Control)

Za ovu postavku nije potrebno unosti nikakve podatke.

3.3.20. Monitor

U ovoj kartici je potrebno kliknuti na karticu *Description of Data Bus* koja se nalazi s desne strane. Nakon toga se otvara prazna tablica u koju je potrebno unijeti parametre koje želimo kontrolirati i nadzirati njihovo ponašanje tokom rada. Unos u tablicu se izvodi pomoću tipke *edit*, nakon toga se otvara prozor u kojem se nalaze tri parametra koja moramo definirati. Jedan od njih je *Data Bus Channel*, njega editiramo pomoću klika na ikonu  nakon koje odabiremo jedan od ponuđenih *inputa*(npr: INPUT0, INPUT1...) redom. U parametru *Description* upisujemo naziv, a pod parametrom *Unit*, nakon što kliknemo na ikonu  dobijemo popis parametara koji se mogu kontrolirati i na temelju njih odabiremo mjerne jedinice u kojima ih želimo iskazivati. Za naš slučaj koristiti podatke iz tablice:





Tablica 3.16.-Popis parametara koje je potrebno kontrolirati tokom rada

Data Bus Channel	Description	Unit
------------------	-------------	------

INPUT0	Vehicle Acceleration	m/s ²
INPUT1	Vehicle Velocity	km/h
INPUT2	Vehicle Distance	m
INPUT3	Engine Load Signal	-
INPUT4	Engine Speed	1/min

3.4. Povezivanje komponenti

Postoje dvije vrste veza u aplikaciji, energetska koja nam pokazuje smjer izmjene energije u sustavu i informacijska veza kojom vidimo tok informacija kroz sustav. Što se tiče energetske veze postoje tri vrste, a za informacijsku vezu se koristi samo jedna veza, izgled tih veza je moguće vidjeti na slici.

Energetske veze		Mehaničke veze
		Ispušna veza
		Električna veza
Veza za dovod informacija		Tok informacija

Slika 3.12.-Vrste veza između komponenti

Energetske veze je moguće pomicati po rubovima komponente, a njihov broj je moguće povećavati kloniranjem i to samo mehaničke veze, primjer mehaničke veze je prikazana na slici.

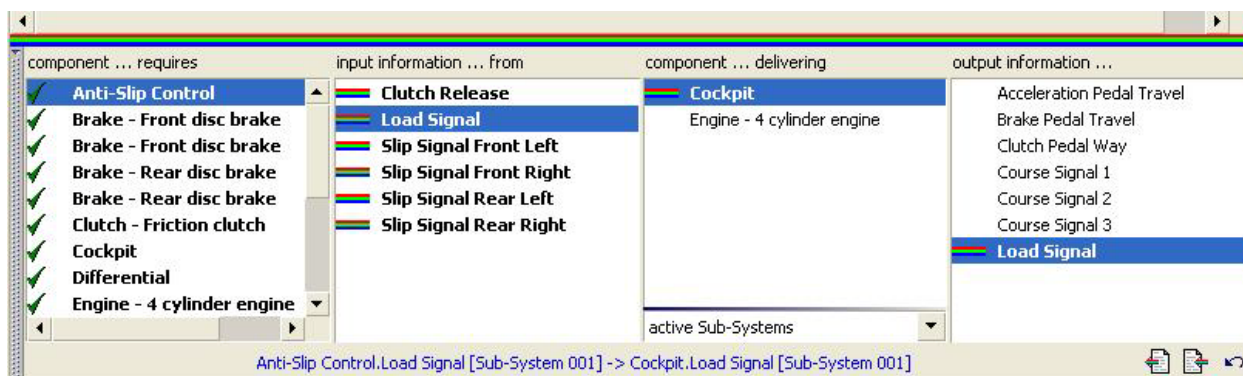


Slika 3.13.-Primjere veza na komponentama

Spajanje informacijskih veza se izvršava u prozoru *Data Bus*, do njega dolazimo dvostrukim klikom na obojene linije koje se nalaze na dnu prozora (crvena, zelena i plava). *Data Bus* sam povezuje pojedine komponente dok neke mora korisnik sam povezati, u ovom primjeru je potrebno povezati komponente koje se nalaze u tablici. Komponente koje nemaju kvačicu je potrebno povezati, princip povezivanja je slijedeći; kliknemo komponentu koja nije definirana, nakon toga nam se u drugom stupcu pojavi popis komponenti s kojima je možemo povezati, pogledamo u tablicu i odaberemo potrebnu komponentu kojom šaljemo informaciju, nakon toga nam se otvara u trećem stupcu popis komponenti kojom ćemo prenijeti informaciju, nakon odabira otvara nam se i četvrti stupac u kojem odabiremo signal koji želimo pratiti i kontrolirati u sustavu.

Tablica 3.17.-Popis komponenti koje je potrebno samostalno povezati

Component requirement	Input information from	Component Delivering	Output information
Anti slip control	Clutch release	Cockpit	Desired clutch release
	Load signal	Cockpit	Load signal
	Slip signal front left	Wheel-Vehicle-Front left	Slip Signal
	Slip signal front right	Wheel-Vehicle-Front right	Slip signal
Brake	Brake pressure	Cockpit	Brake pressure
Clutch-Friction Clutch	Desired clutch release	ASC	Clutch release
Gear box	Desired gear	Cockpit	Desired gear
Cockpit	Gear indicator	Gear box	Current gear
	Operational control 0	Engine	Operational Control
	Speed	Engine	Speed
Engine	Load signal	ASC	Load signal
	Start switch	Cockpit	Start switch



Slika 3.14.-Izgled izbornika *Data Bus*

3.5. Project Data

Potrebno je kliknuti na *Project*, te nakon toga unijeti podatke iz tablice.

Tablica 3.18.-Podatci za opis vozila

Comment	Manual FWD
Notice 1	Passanger car
Notice 2	Manual
Notice 3	Front wheel drive
Project name	Manual FWD

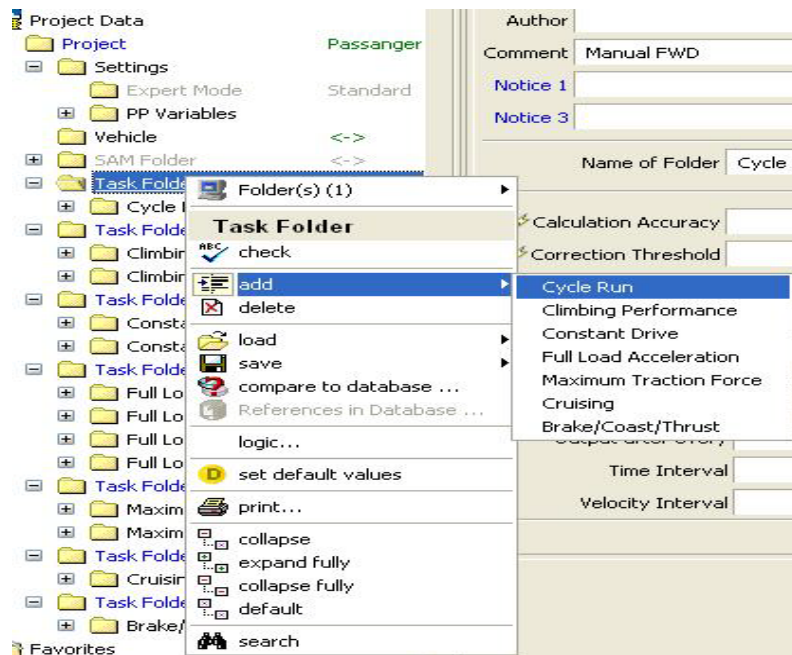
S lijeve strane se nalazi kratica *Settings*, u njoj nije potrebno ništa mijenjati već ostaviti sve kako je već unaprijed podešeno, za ovaj primjer. U kartici *Vehicle* je potrebno promijeniti na *standard manual* kod parametra *Drive Train Model*. Potrebno je još odznačiti opciju *Switching to Drive Train Model“general“ permitted* i pritisnuti *OK* nakon što izađe poruka na ekranu.

3.6. Postavljanje zadatka za simulaciju modela

U kartici **Project Data**, potrebno je kliknuti na **Project** desnim klikom miša i označiti **add | Task folder**. U otvoreni prozor je potrebno upisati podatke iz tablice:

Tablica 3.19.-Unos podataka vezan za zadatke

Comment	Manual FWD
Name of Folder	Cycle run
Max.Simulation time Step	0,05s



Slika 3.15.-Dodavanje zadataka

Nakon toga je potrebno desnim klikom na *Task folder* doći do opcije **add** i odabrati s izbornika jednu mogućnost u našem slučaju je to **Cycle run**.

Uza sve to potrebno je unijeti podatke iz tablice za ovaj zadatak:

Tablica 3.20.-Postavke zadatka *Cycle Run*


Comment	Manual FWD		
Name	UDC		
	Hot Start- transient		
	Quasi-stationary S		
	Gear Shifting Program		
Load State-Vehicle:	Half		
Course			
Ambient temperature & Humidty	a	b	c
	0	20	0,65
Air density or pressure	a	b	
	0	1,19	
Friction Coefficient	a	b	
	0	1	
Profile	Za Velocity Profile, učitati datoteku po imenu <i>UDC_man.pro</i> . Datoteka se nalazi u mapi <i>Conventional models</i> .		
Driver	Učitati datoteku <i>Standard.drv</i> .		

Potrebno je dodati još šest zadataka, način dodavanja u stablo je identičan kao i za zadatak *Cycle Run*, parametre koje je potrebno promijeniti nalaze se u tablici.

Tablica 3.21.-Postavke vezane za ostale zadatke koji se provode u simulaciji

Task folder 2	Time interval: 1,0s
Climbing performance	<i>Climbing.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.003</i> Učitati <i>climbing performance without slipping</i>
Climbing performance	Učitati <i>climbing performance without slipping-limited</i>
Task folder 3	Time interval: 1,0s
Constant drive	<i>Constant.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.004</i> Učitati <i>Run in all gears</i>
Constant drive	Učitati <i>Maximum velocity without Slip</i>
Task folder 4	
Full load acceleration	<i>Fulload.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.005</i> Učitati <i>Acceleration in all Gears,without Slip</i>
Full load acceleration	Učitati <i>Shifting Gears from Standstill without Slip-limited</i>
Full load acceleration	Učitati <i>Elasticity 80-140 4th gear, without slip</i>
Task folder 5	Time interval: 1,0s
Maximum Traction Force	<i>Traction.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.006</i> Učitati <i>Maximum Traction Force without Slip</i>
Maximum Traction Force	Učitati <i>Maximum Traction Force without Slip-limited</i>
Task Folder 6	Time interval: 1,0s
Cruising	<i>Cruising.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.007</i>
Task folder 7	Time interval: 0,2s
Brake/Coast/Thrust	<i>Braking.tsk</i> se nalazi u <i>projects\Man_FWD\ver_0001\folder.008</i>

3.7. Pokretanje simulacije

Za pokretanje simulacije potrebno je u *Desk Area* otići u stablu na *Calculation Centar* ili otići na ikonu u gornjem desnom uglu . Za pokretanje simulacije je potrebno kliknuti na ikonu



3.8. Rezultati

Dobiveni rezultati se prikazuju u tekstualnom i u dijagramskom obliku. U tekstualnom obliku se zapisuju vrijednosti za svaki slučaj posebno, ispisuju nam se greške i problemi koji su se dogodili tokom simulacije. Greške i upozorenja su označeni kodovima, a popis kodova i objašnjenje koje dolazi uz njega se nalazi u korisničkom priručniku. Primjer dijagrama i tekstualnog zapisa ćemo vidjeti u nastavku.

4. Standardni ciklusi vožnje

Ciklusi vožnje su simulacije vožnje automobila u određenim uvjetima. Pod uvijete se misli na brzinu kojom se vozilo kreće u određenom trenutku, u kojem stupnju prijenosa se nalazi i koliko traje cijeli ciklus vožnje. Ciklusi se dijele na tri osnovna: Europski; pod njega spadaju EUDC, ECE15 i NEDC, Američki; pod njega spadaju FTP72, FTP75, SFTP, US06, SFTP i SC03 i Japanski 10-15 Mode. Ciklusi vožnje mogu biti tranzijentni i modalni, tranzijentni ciklusi oni ciklusi kod kojih nema dijelova u kojima se vozilo kreće konstantnom brzinom(FTP72, FTP75), dok su modalni ciklusi oni u kojima ima dijelova ciklusa u kojima se vozilo kreće konstantnom brzinom(NEDC i Japan 10-15Mode). Cilj ovih ciklusa je prikazati prosječnu potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. Ciklusi se dijele na nekoliko dijelova, na vožnju u gradskim uvjetima i vožnju po autoputu. U ovom radu će se koristiti za usporedbu NEDC, FTP75 i modificirani ciklus koji je napravljen kao prikaz realnog ciklusa.

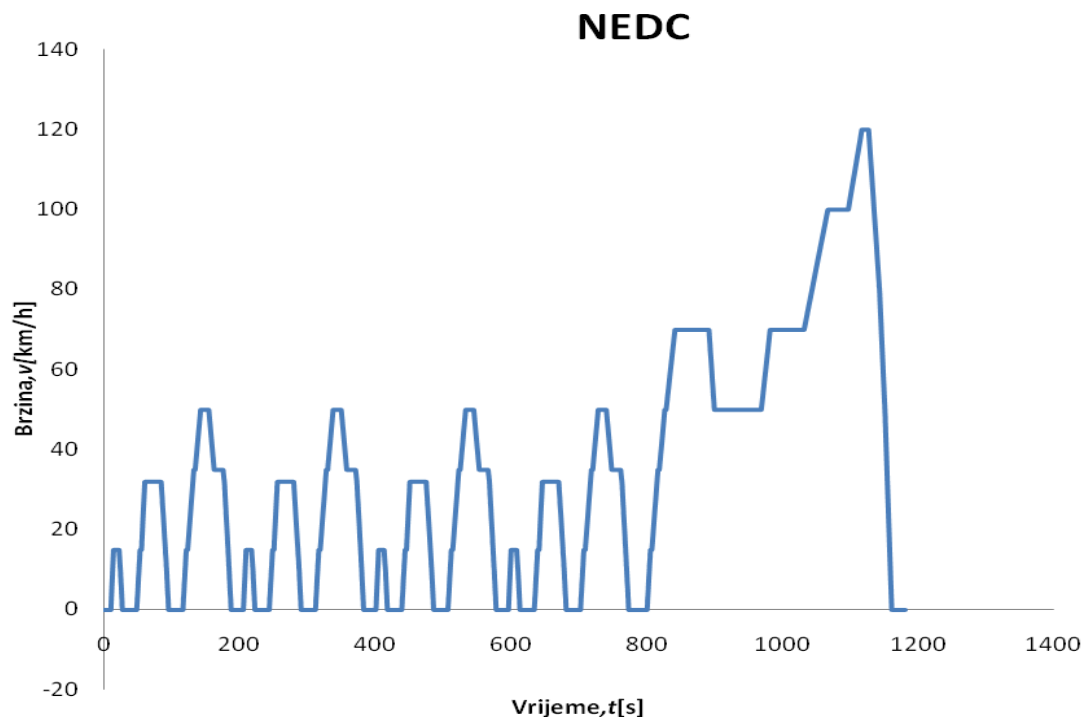
4.1. Tijek testiranja

NEDC(New European Driving Cycle)[4] je ciklus koji se sastoji od četiri ponavljana ECE15 ciklusa i EUDC-a(Extra-Urban Driving cycle). NEDC predstavlja tipičnu upotrebu vozila u Europi, a služi nam za prikazivanje prosječne potrošnje goriva i emisije ispušnih plinova.

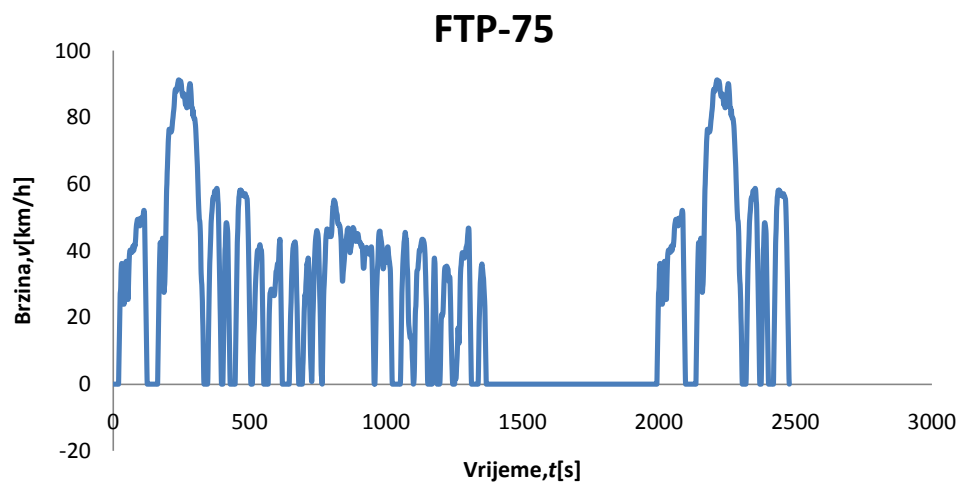
FTP75 (Federal Test Procedure)[5] je ciklus koji se provodi u SAD-u, sastoji se od tri faze: hladni start(0-505s), tranzijentna faza(505-1369s) i treća faza je kad je motor na radnoj temperaturi(0-505s), nakon 10 minuta mirovanja. Ovaj ciklus je realniji od NEDC jer je tranzijentan, odnosno nema dijelova u kojem je vožnja konstantna, postoje stalne izmjene brzine kretanja.

Modificirani ciklus je ciklus koji traje 1400 sekundi u kojem su zastupljeni svi načini vožnje, od gradske vožnje, vožnje po otvorenoj cesti do vožnje po autoputu pri vrlo velikim brzinama.

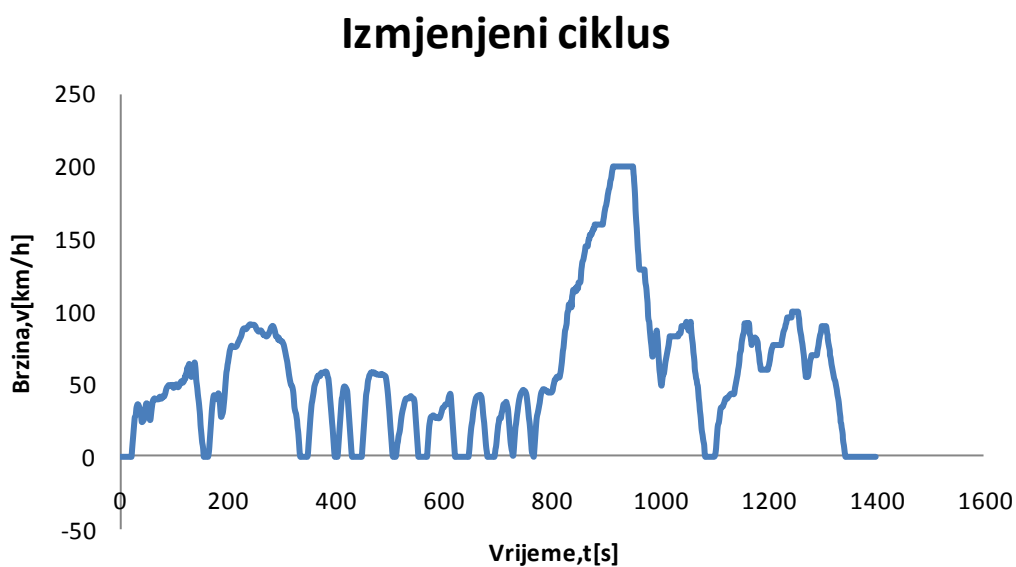
Testiranje vozila mora se provoditi kada vozilo ima hladan motor, odnosno na temperaturi od 20-30°C. Testiranje se može provoditi na ravnoj cesti bez prisutnosti vjetra, no kako bi se olakšalo ponavljanje ciklusa uglavnom se testiranja provede na valjcima za mjerenje snage. Ovaj tip uređaja posjeduje elektromotor koji simulira, oponaša otpor u skladu sa koeficijentom otpora zraka i masom vozila. Za svako vozilo postoje druge postavke, svaka brzina odgovara određenoj veličini otpora koje vozilo pruža pri vožnji. U sklopu cijelog uređaja se nalazi i ventilator kojim se osigurava dovod zraka vozilu i hlađenje u skladu sa brzinom kretanja[4]. Način testiranja i uvjeti u kojima se vozila nalaze su isti za sve cikluse. Izglede ciklusa možemo vidjeti u dijagramima koji slijede.



Slika 4.1.-NEDC

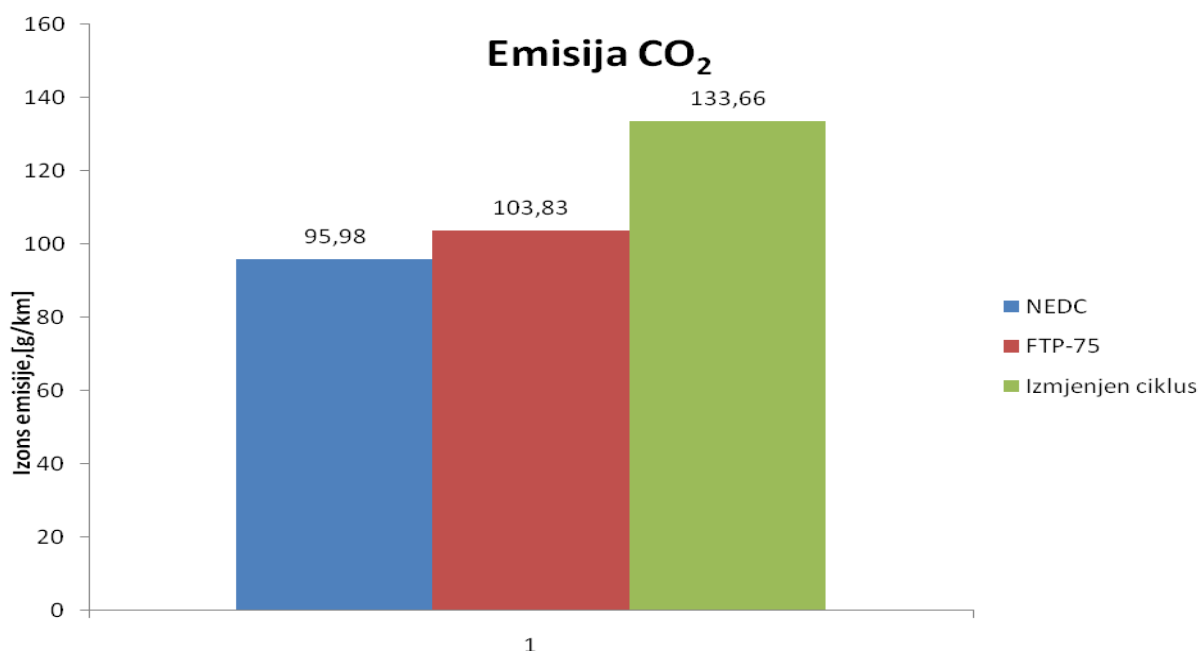


Slika 4.2.-FTP-75

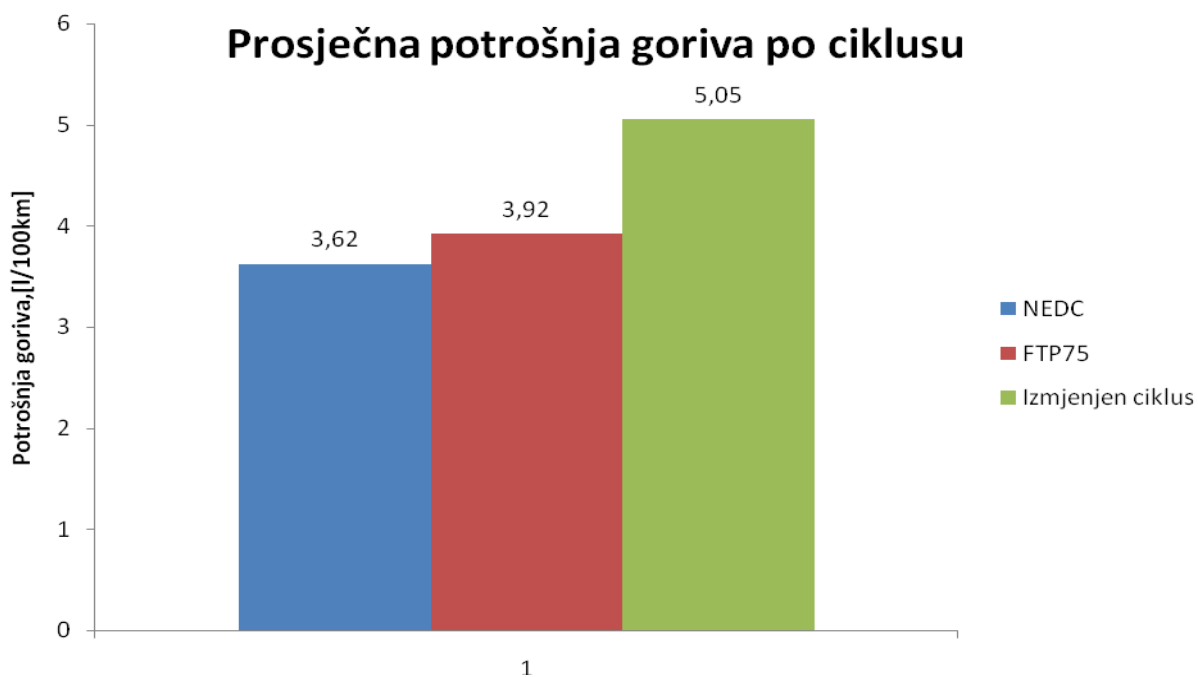


Slika 4.3.-Izmjenjeni ciklus

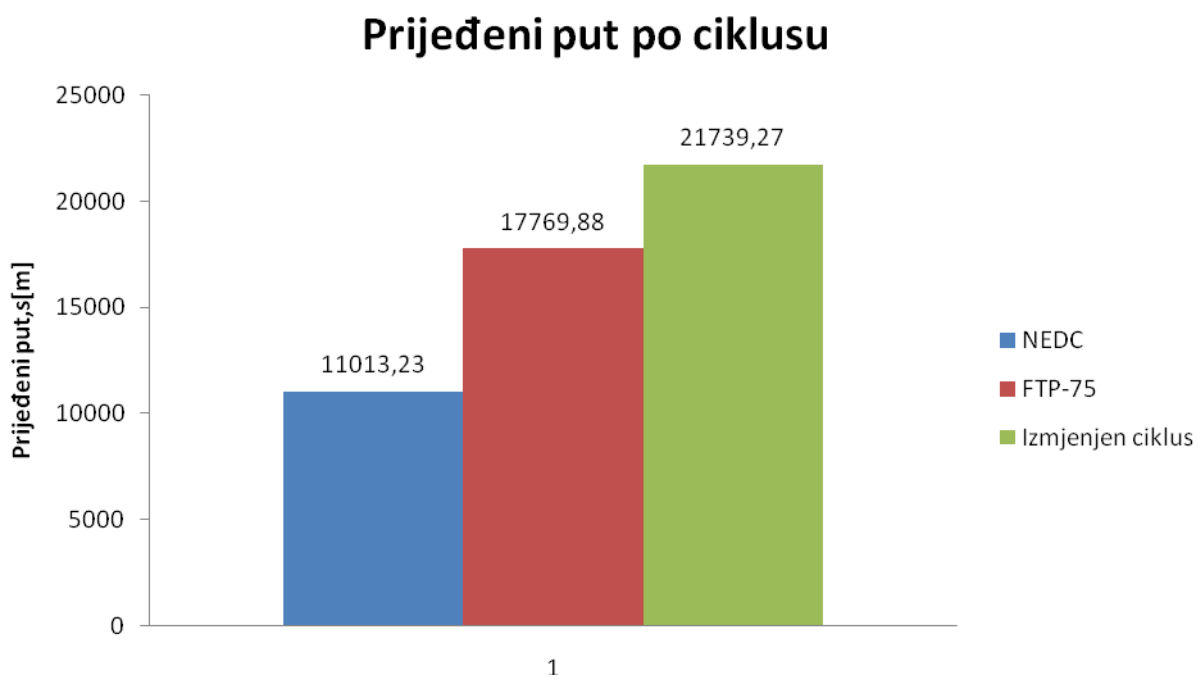
4.2. Prikaz rezultata pri simulaciji u različitim ciklusima



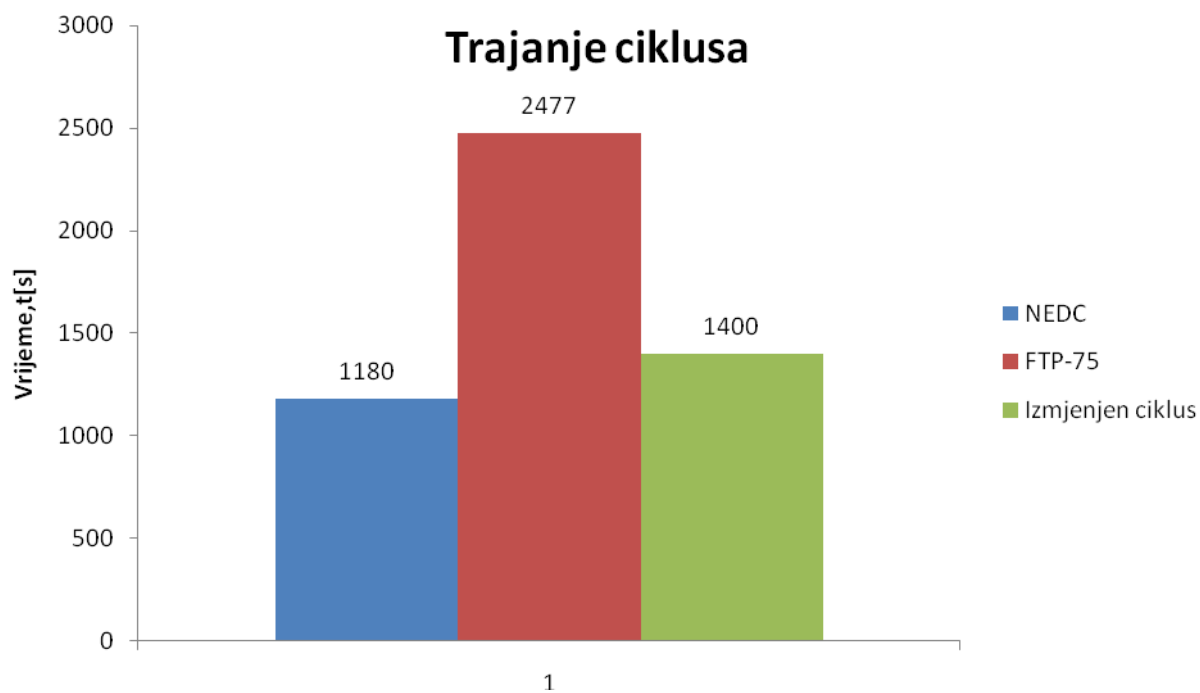
Slika 4.4.-Prikaz emisije CO₂ po ciklusima



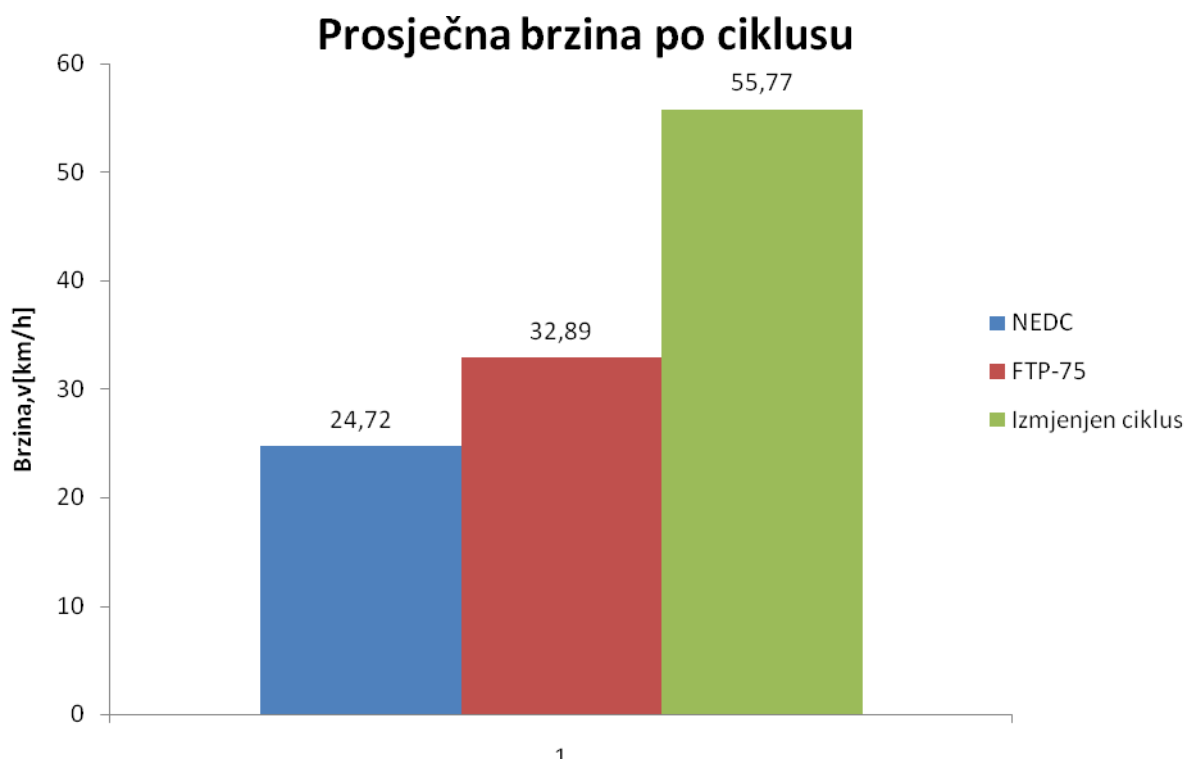
Slika 4.5.-Prikaz prosječne potrošnje goriva po ciklusu



Slika 4.6.-Prikaz prijeđenog puta po ciklusu



Slika 4.7.-Prikaz trajanja pojedinog ciklusa

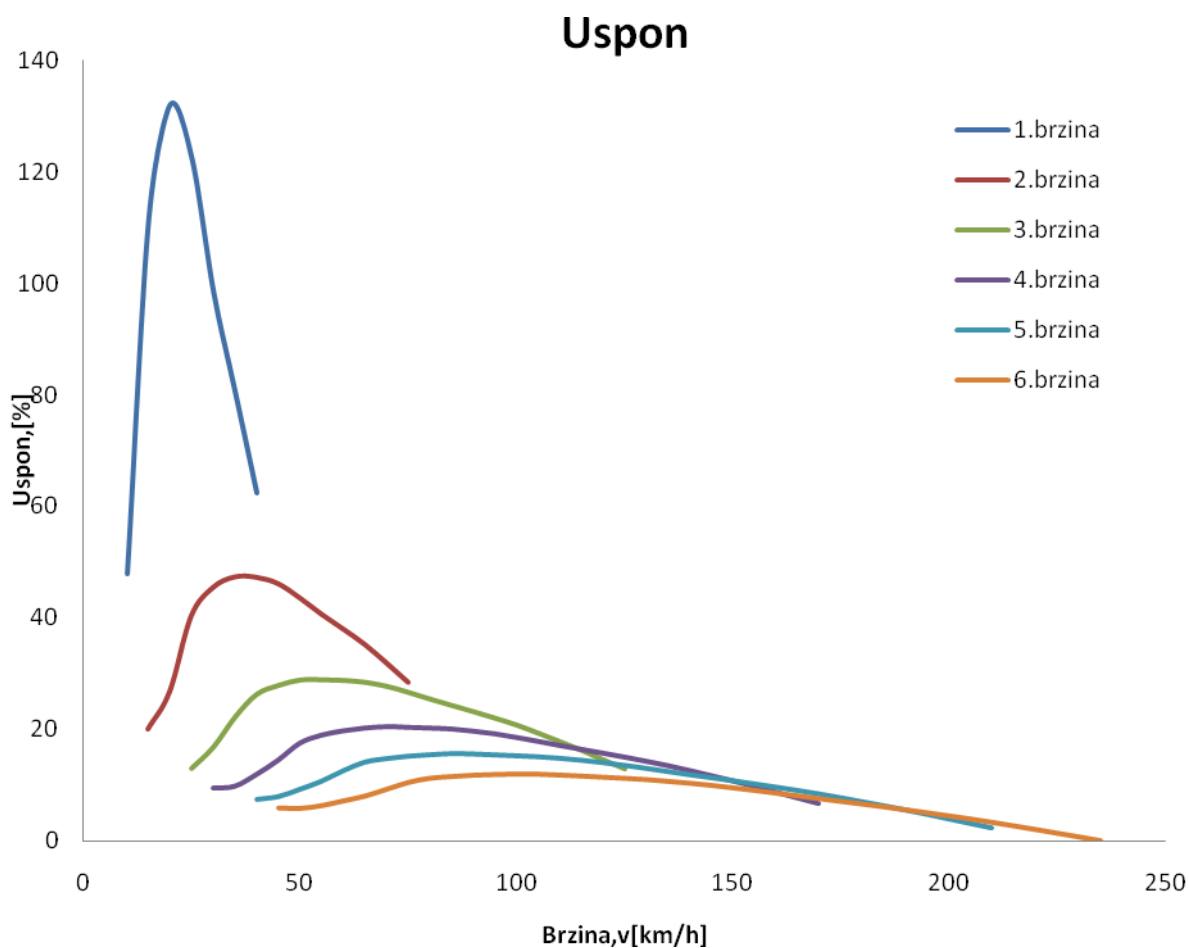


Slika 4.8.-Prikaz prosječne brzine po ciklusu

U ovim dijagramima se mogu vidjeti rezultati koji su se dobili simulacijom različitih ciklusa vožnje. NEDC je ciklus koji traje najkraće, ima najmanje emisije ispušnih plinova, ispituje se na najkraćoj relaciji i kroz cijeli ciklus se kreće malim brzinama i konstantno, stoga je i rezultat svega niska emisija ispušnih plinova i mala potrošnja goriva. Kod FTP-75 ciklusa je situacija drugačija, njegova glavna karakteristika je konstantno ubrzavanje i usporavanje vozila što rezultira povećanjem emisije ispušnih plinova(8.2%) i potrošnje goriva(8,3%). Jedna od odlika ovog ciklusa je da traje najduže, no treba se uzeti u obzir da vozilo miruje deset minuta u jednom dijelu ciklusa. U izmjenjenom ciklusu je zastupljeno tranzijentno stanje, znači imamo stalna ubrzanja i usporavanja vozila, stalne izmjene stupnjeva prijenosa, što se može vidjeti i iz slike koja prikazuje ciklus. U odnosu na standardizirane cikluse ovdje se postižu puno veće brzine kako bi se prikazala što realnija situacija korištenja vozila i kakve su emisije i potrošnja goriva u tim trenucima. Rezultati prikazuju da se emisija ispušnih plinova u odnosu na NEDC povećala za 39%, a u odnosu na FTP-75 za 28%, isti iznosi vrijede i za potrošnju goriva. Zaključak koji se izvodi nakon ove usporedbe je da se treba vozilo podvrgnuti realnijim i tranzijentnijim ciklusima kako bi se došlo do što točnijih podataka vezanih za potrošnju goriva i emisiju ispušnih plinova.

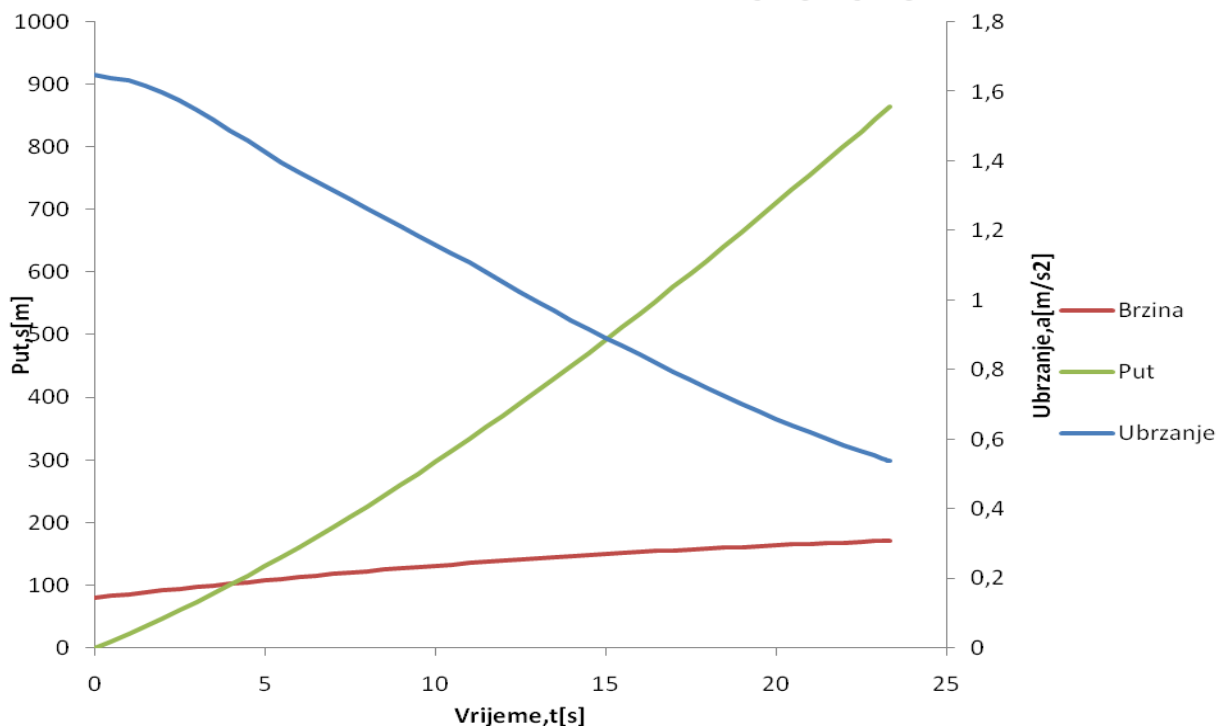
5. Karakteristike vozila koje možemo dobiti pomoću aplikacije

Karakteristike vozila koje se mogu proračunati u aplikaciji su ponašanje vozila za vrijeme standardnih ciklusa vožnje, koje su mu mogućnosti pri uspinjanju, odnosno koliki je uspon u mogućnosti savladati vozilo, elastičnost motora u određenom stupnju prijenosa, put kočenja, kolika su ubrzanja u određenim stupnjevima prijenosa, kolika je maksimalna brzina vozila teoretska i ostvariva itd. U svakom od tih zadataka, moguće je mijenjati postavke, a samim time i utjecati na rezultat. Simulacije su provedene u normalnim uvjetima, temperatura je 20°C, relativna vlažnost zraka je 65%, tlak zraka 1013hPa. U nastavku slijede dijagrami kojima se prikazuju rezultati simulacije.



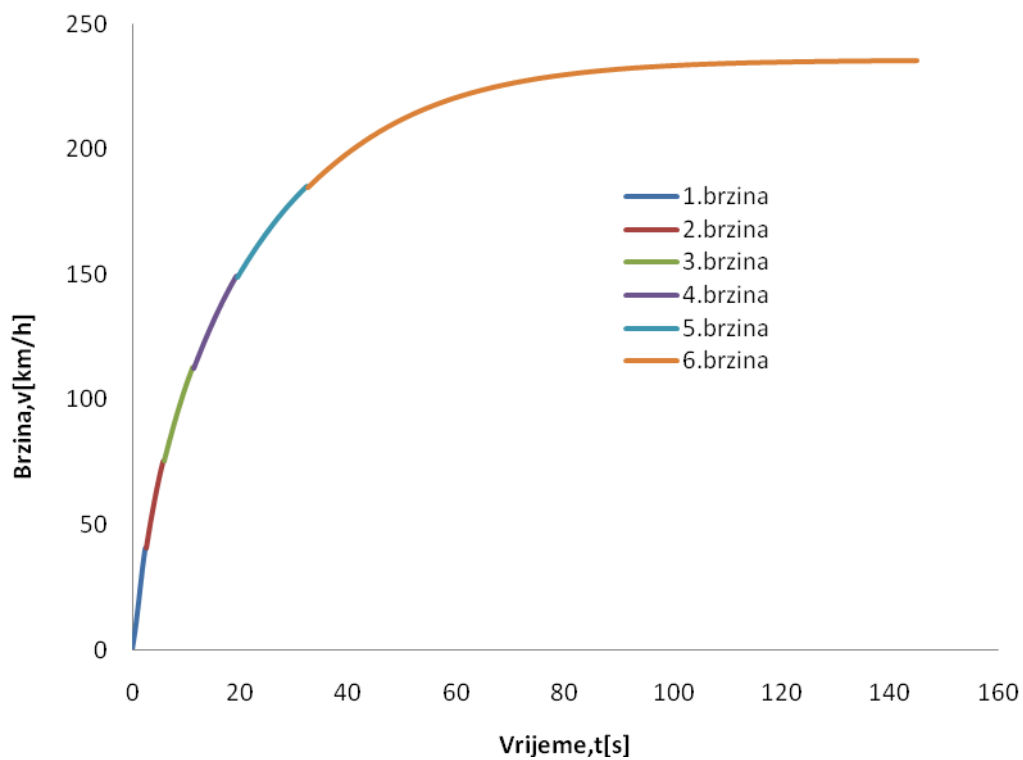
Slika 5.1.-Prikaz koliki uspon može svladati vozilo u određenom stupnju prijenosa

Elastičnost motora u 4.stupnju prijenosa



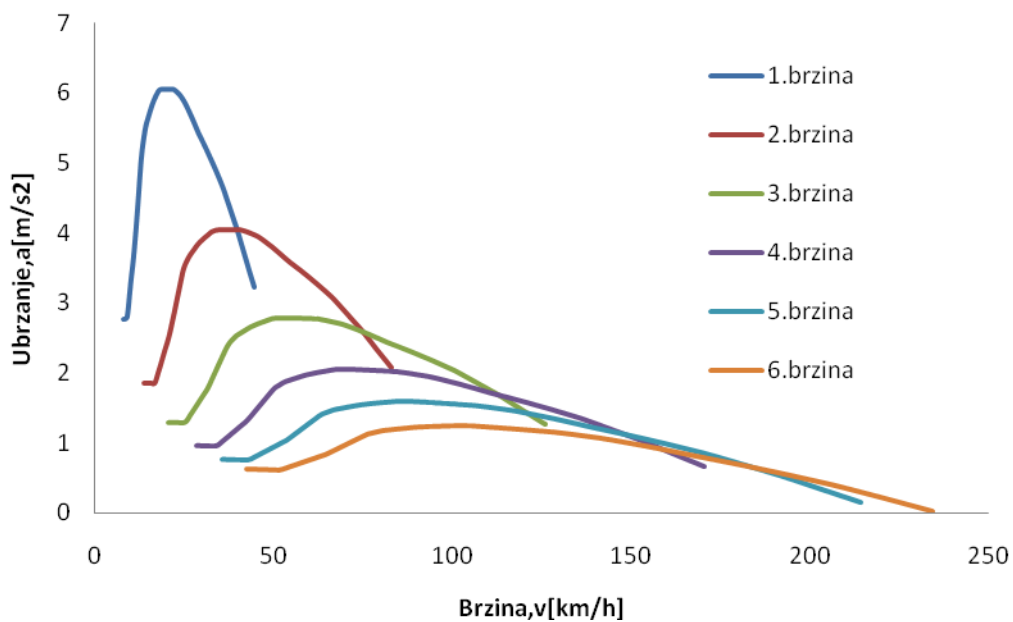
Slika 5.2.-Prikaz elastičnosti motora u 4. stupnju prijenosa

Maksimalna brzina



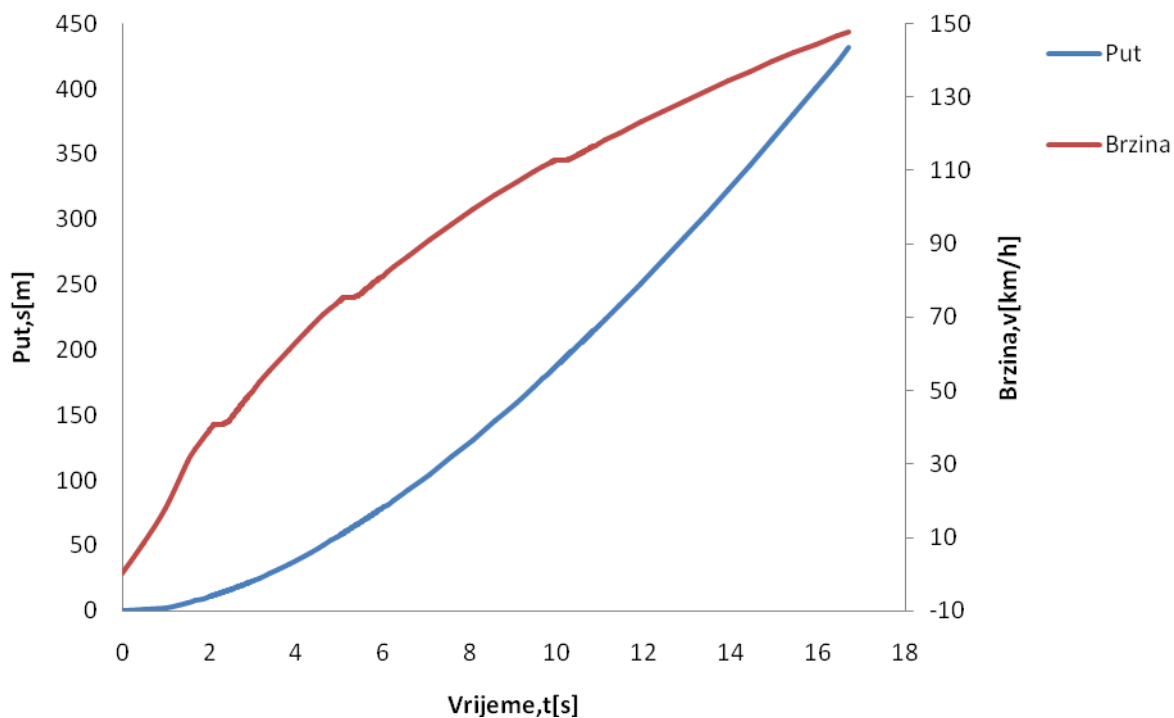
Slika 5.3.-Prikaz maksimalne brzine u svakom stupnju prijenosa

Ubrzanje u svim brzinama

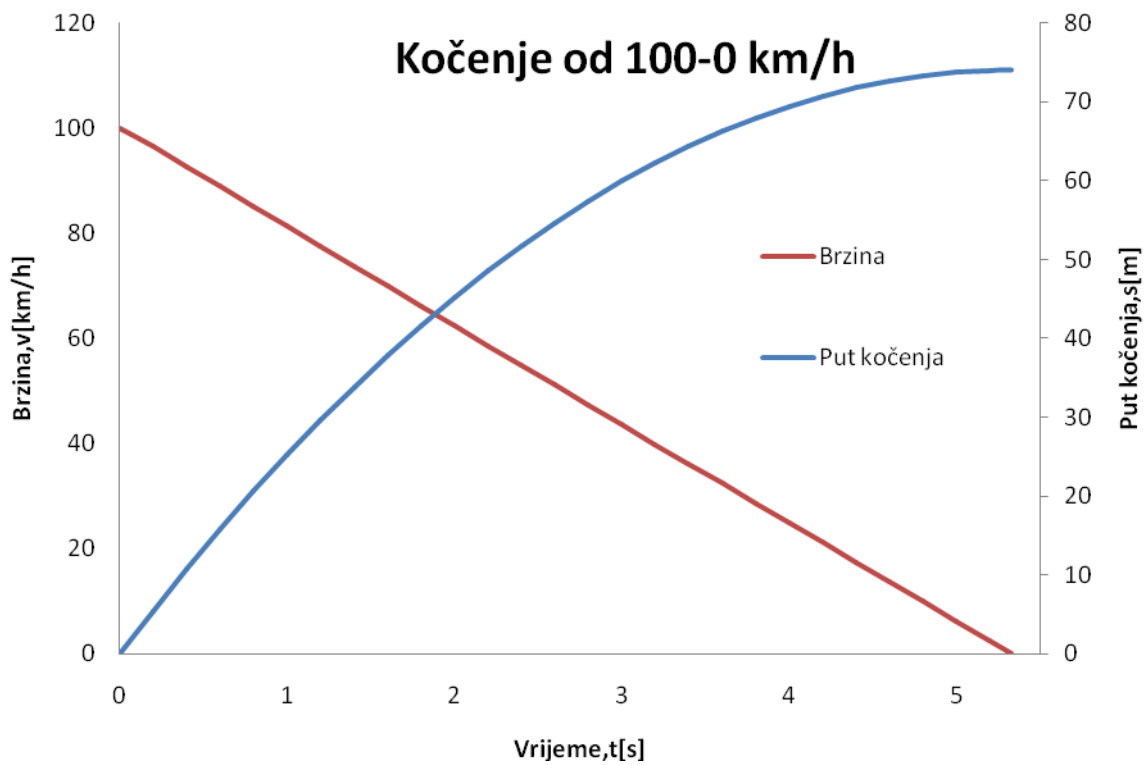


Slika 5.4.-Prikaz ubrzanaja u svakom stupnju prijenosa

0-402m



Slika 5.5.-Prikaz „Drag 0-402m“



Slika 5.6.-Prikaz kočenja pri brzini od 100 km/h do 0km/h

6. Zaključak

Tokom rada smo govorili o programskoj aplikaciji AVL Cruise. Kao što je već rečeno, ona se bavi simuliranjem uvijeta vožnje i dinamikom, ima mogućnost optimiziranja vozila dok su još na samom početku razvoja. U ovom radu se je opisala izrada modela vozila koje je služilo za prikazivanje koje mogućnosti sve posjeduje aplikacija. Uz prikaz standardnih mogućnosti koje posjeduje aplikacija izrađen je dodatni ciklus vožnje i simulirana je utrka „Drag 0-402m“ kako bi se prikazalo da je uz standardne zadatke moguće dodavati nove zadatke. Treba spomenuti da je moguće aplikaciju kombinirati sa nekim drugim aplikacijama kao npr MATLAB i ostalim aplikacijama iz AVL programskog paketa(Boost, Exhaust, itd).

Zaključak koji se može izvesti iz svega što je do sada rečeno i učinjeno je to da ovaj program posjeduje puno mogućnosti i da je bitan alat u razvoju automobilske industrije, no da bi se mogao iskoristiti sav potencijal ove aplikacije potrebno je uložiti mnogo truda i potrebno je posjedovati dosta znanja vezanog za automobilsku industriju.

7. Literatura

[1]

http://www.mathworks.com/products/connections/product_detail/product_35685.html

[2] AVL Cruise -Korisnički priručnik(*eng. User manual*)

[3] AVL Cruise –Izrada primjera(*eng. Primer*)

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle

[5] <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.html>