

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

SEMINARSKI RAD

## **SEMINARSKI RAD EVH**

Ivan Derdić

Zagreb, prosinac, 2023.

# Sadržaj

<b>1. Zadatak A</b>	<b>3</b>
1.1. Opis zadatka	3
1.2. Rješenje	3
<b>2. Zadatak C</b>	<b>9</b>
2.1. Opis zadatka	9
2.2. Rješenje	9
<b>3. Zadatak D</b>	<b>11</b>
3.1. Opis zadatka	11
3.2. Rješenje	11
<b>4. Zadatak E</b>	<b>13</b>
4.1. Opis zadatka	13
4.2. Rješenje	13
<b>5. Zadatak F</b>	<b>16</b>
5.1. Opis zadatka	16
5.2. Rješenje	16
<b>6. Zadatak G</b>	<b>18</b>
6.1. Opis zadatka	18
6.2. Rješenje	18
<b>7. Zadatak H</b>	<b>20</b>
7.1. Opis zadatka	20
7.2. Rješenje	20

<b>8. Zadatak I</b>	<b>22</b>
8.1. Opis zadatka	22
8.2. Rješenje	22
<b>9. Zadatak J</b>	<b>23</b>
9.1. Opis zadatka	23
9.2. Rješenje	23
<b>10. Zadatak K</b>	<b>24</b>
10.1. Opis zadatka	24
10.2. Rješenje	24
<b>11. Zadatak L</b>	<b>26</b>
11.1. Opis zadatka	26
11.2. Rješenje	26

# 1. Zadatak A

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak A.

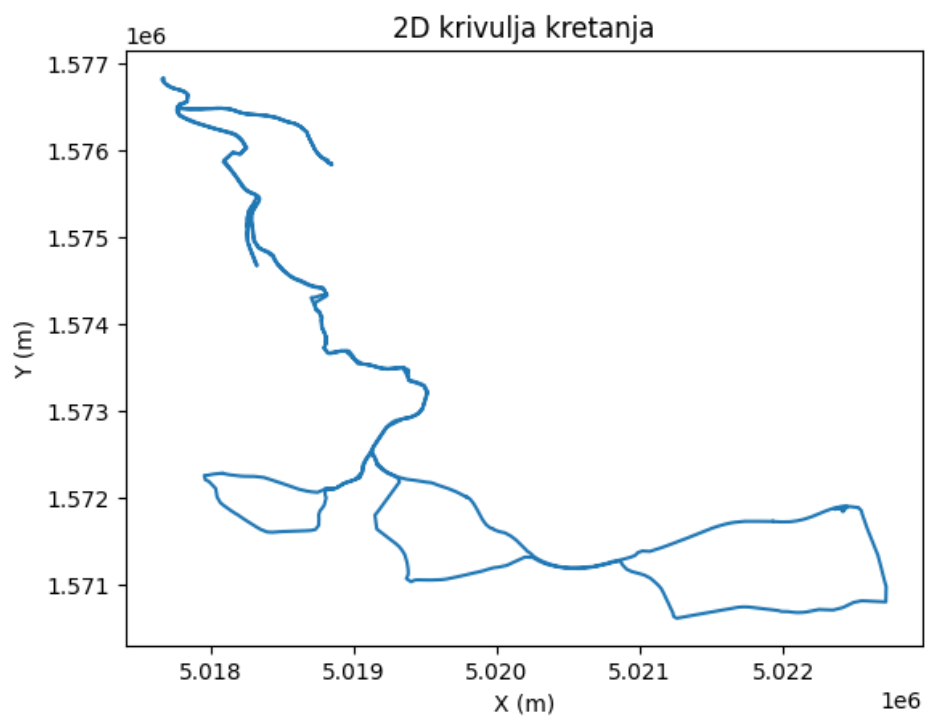
## 1.1. Opis zadatka

Prikazati krivulje kretanja u 2D i 3D obliku, krivulje prijeđenog puta [u SI jeidnicama], brzine vožnje[u SI jeidnicama], ubrzanja[u SI jeidnicama], promjene visine[u SI jeidnicama], nagiba ceste [u jedinicama : rad, °, %]. Dodatno, za svaku varijablu je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku. Napomena a) : potrebno je prikazati “čitljive” podatke, to upućuje na korištenje filtera (kao „movAvgFilt“) u svrhu izgladivanja krivulje, ali uz to da se ne izgubi stvarna slika krivulje. Potrebno je filtrirati većim intezitetom i eventualno ograničit promjenu visine na način da nagib ceste ne prelazi vrijednost od  $\pm 10\%$ .

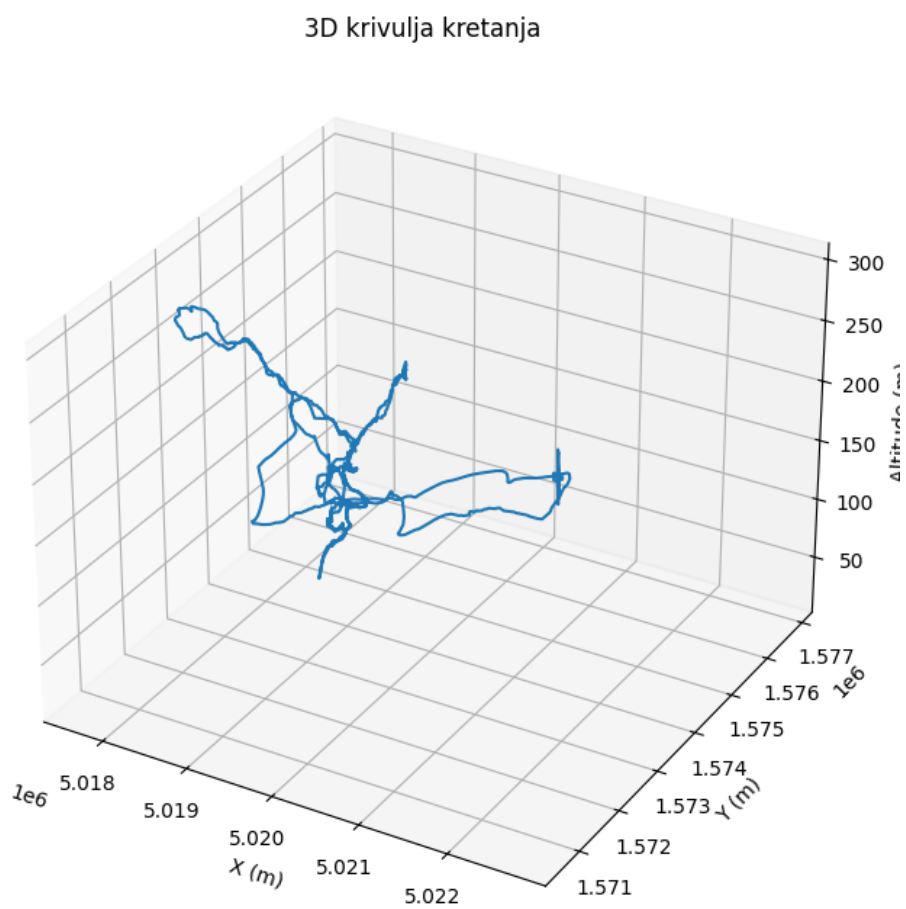
## 1.2. Rješenje

Zadatak je riješenje koristeći Python i biblioteke *NumPy*, *Matplotlib* i *Polars*. U nastavku je opisan postupak rješavanja zadatka.

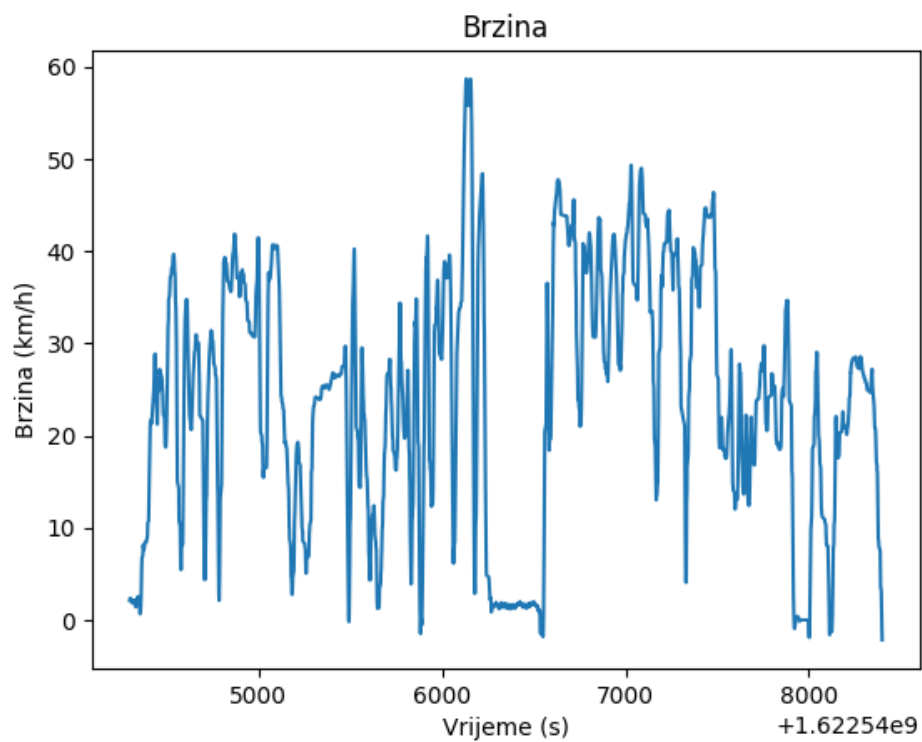
Prije svega, potrebno je učitati podatke iz datoteke *data.csv*. To je napravljeno pomoću funkcije *read\_csv* koja vraća *DataFrame* objekt koji sadrži sve podatke iz datoteke. Nakon toga bilo je potrebno pretvoriti tipove podataka u *float* kako bi se mogli koristiti u daljnjem radu. Izračunat je i stupac *DateTime* koji sadrži vrijeme u obliku *DateTime*. Nakon toga, potrebno je izbaciti stršeće vrijednosti iz podataka. Na kraju su nacrtani svi traženi grafovi koristeći *Matplotlib*.



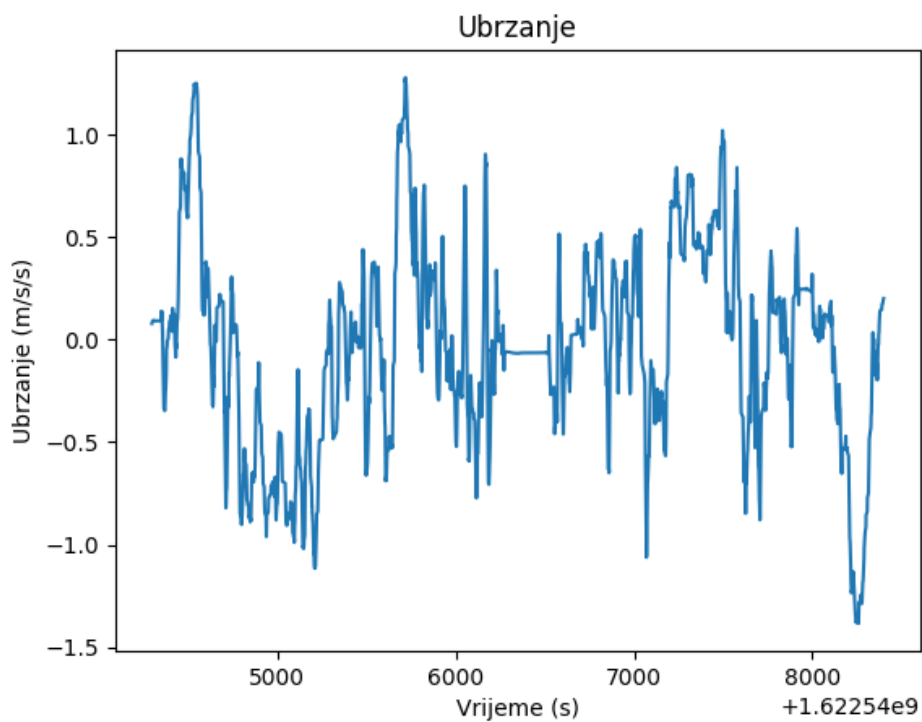
**Slika 1.1.** 2D prikaz krivulje kretanja.



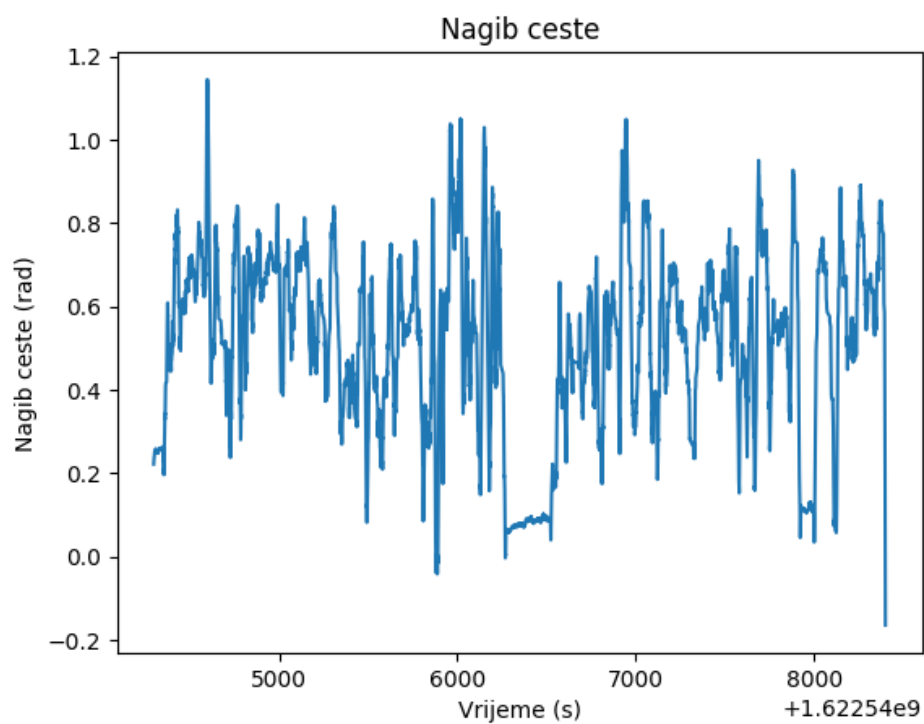
**Slika 1.2.** 3D prikaz krivulje kretanja.



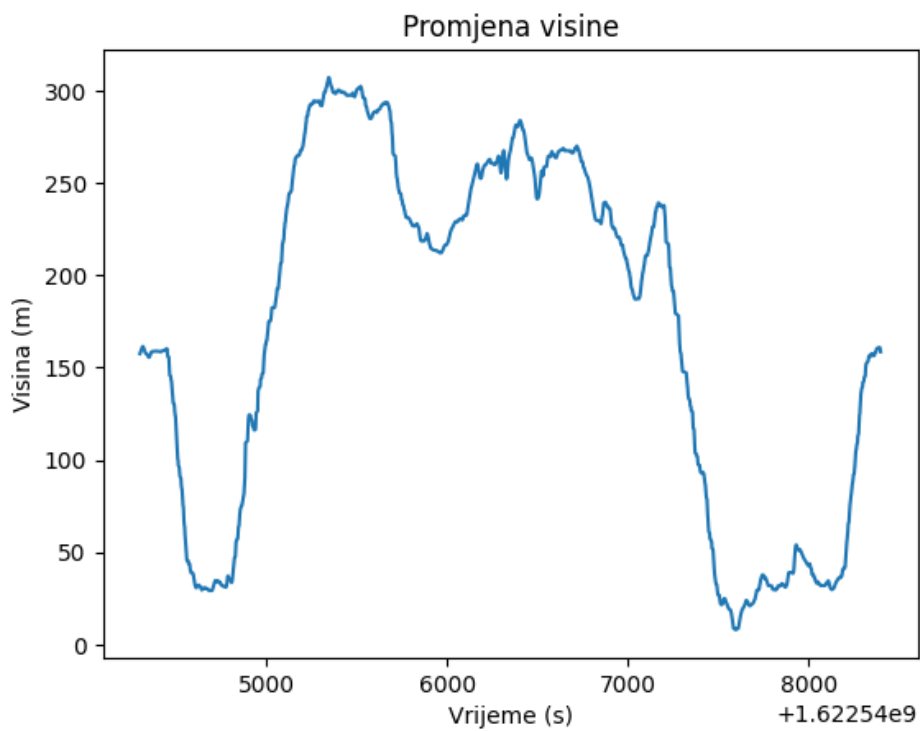
**Slika 1.3.** Prikaz izmjerene brzine kretanja kroz vrijeme.



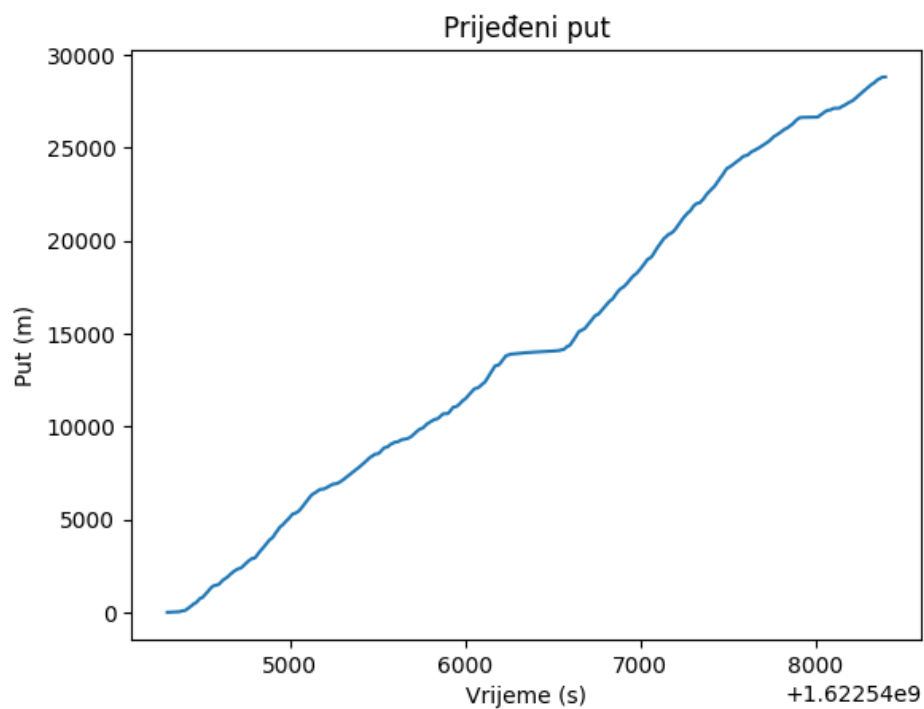
**Slika 1.4.** Prikaz izmjerenog ubrzanja kretanja kroz vrijeme.



**Slika 1.5.** Prikaz izmjerenog nagiba ceste kroz vrijeme.



**Slika 1.6.** Prikaz izmjerene nadmorske visine kroz vrijeme.



**Slika 1.7.** Prikaz izračunatog prijednog puta kroz vrijeme.

Tablica 1.1. Opis podataka.

<b>describe</b>	<b>AccelerationX</b>	<b>AccelerationY</b>	<b>AccelerationZ</b>	<b>GyroscopeX</b>
count	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0	0.0
mean	-0.050049	-0.004825	1.003017	-0.440136
std	0.037009	0.058152	0.010231	0.53678
min	-0.17733	-0.17736	0.97196	-2.08956
25%	-0.07448	-0.03706	0.99773	-0.68926
50%	-0.0427	-0.00652	1.00438	-0.45114
75%	-0.03152	0.0284	1.00763	-0.20376
max	0.06896	0.17369	1.03259	1.21343

Tablica 1.2. Opis podataka.

<b>GyroscopeY</b>	<b>GyroscopeZ</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Velocity</b>	<b>Altitude</b>
9776.0	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-0.004038	0.052931	14.134695	45.092696	22.580305	174.023895
0.558823	1.41705	0.018312	0.014516	15.827058	97.517645
-1.66491	-4.23632	14.109408	45.075358	0.0	6.4
-0.24799	-0.39591	14.12051	45.080807	2.5928	51.2
0.00122	-0.06167	14.12425	45.086985	25.5576	215.1
0.24188	0.49669	14.155648	45.103833	35.7436	258.1
1.66778	4.25036	14.165298	45.120837	59.6344	308.8



Tablica 1.3. Opis podataka.

<b>Position</b>	<b>DateTime</b>	<b>Y</b>	<b>X</b>
9776.0	""9776""	9776.0	9776.0
0.0	""0""	0.0	0.0
10.795417	null	1.5734e6	5.0196e6
0.403417	null	2038.45233	1615.866881
10.0	""2021-06-01 10:44:57.688000""	1.5706e6	5.0177e6
11.0	null	1.5719e6	5.0183e6
11.0	null	1.5723e6	5.0190e6
11.0	null	1.5758e6	5.0208e6
11.0	""2021-06-01 11:53:18.980000""	1.5768e6	5.0227e6

## 2. Zadatak C

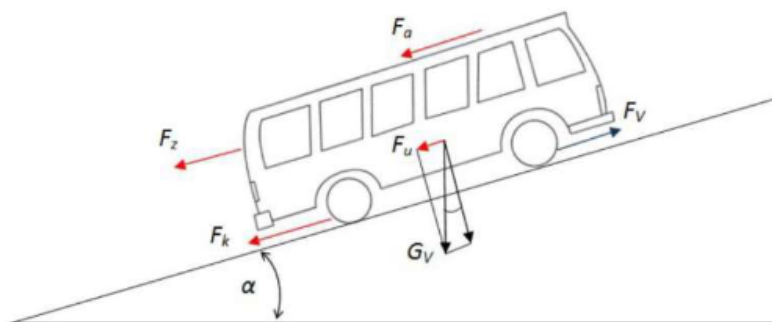
U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak C.

### 2.1. Opis zadatka

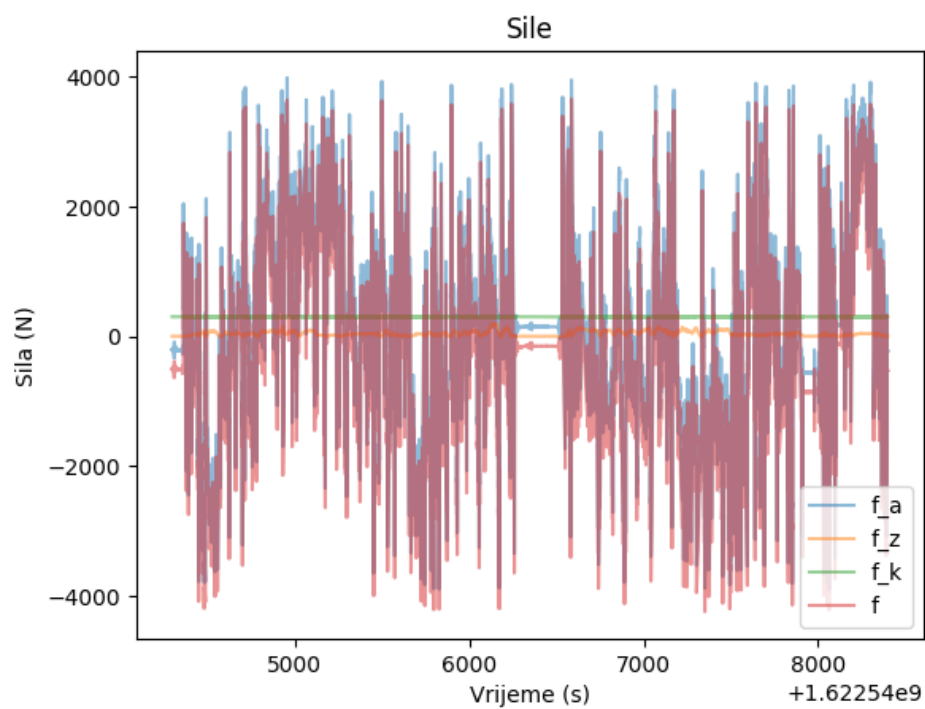
odrediti fizikalnu sliku vozila prema matematičkom modelu s auditornih vježbi. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente sile zasebno i sve na jednom grafu s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu sile je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku

### 2.2. Rješenje

Slika vozila sa svim silama koje djeluju na vozilo prikazana je na slici 2.1. Slika je kopirana iz prezentacije. Sila  $F_a$  i  $F_u$  su sjedinjenje u jednu pošto akcelometar mjeri i ubrzanje i gravitaciju. Sila  $F_k$  računa se koristeći 'AccelerationZ' pošto je ta os okomita na vozilo i cestu. Sila  $F_z$  računa se koristeći 'Velocity' i ostale konstante. Konačna sila  $F$  je vektorski zbroj navedenih sila.



**Slika 2.1.** Prikaz svih sila koje djeluju na vozilo.



**Slika 2.2.** Prikaz izračunatih sila kroz vrijeme.

Tablica 2.1. Anaiza sila na vozilo

describe	f_a	f_z	f_k	f
count	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0	0.0
mean	108.203167	40.246409	299.161135	-231.204377
std	1304.093637	38.85141	3.051616	1306.52905
min	-3895.112885	0.0	289.898032	-4236.798241
25%	-636.888744	0.355842	297.584225	-973.533845
50%	146.215303	34.574766	299.567662	-154.408851
75%	831.09496	67.626311	300.537012	478.256518
max	3977.415058	188.240394	307.981613	3648.567624

### 3. Zadatak D

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak D.

#### 3.1. Opis zadatka

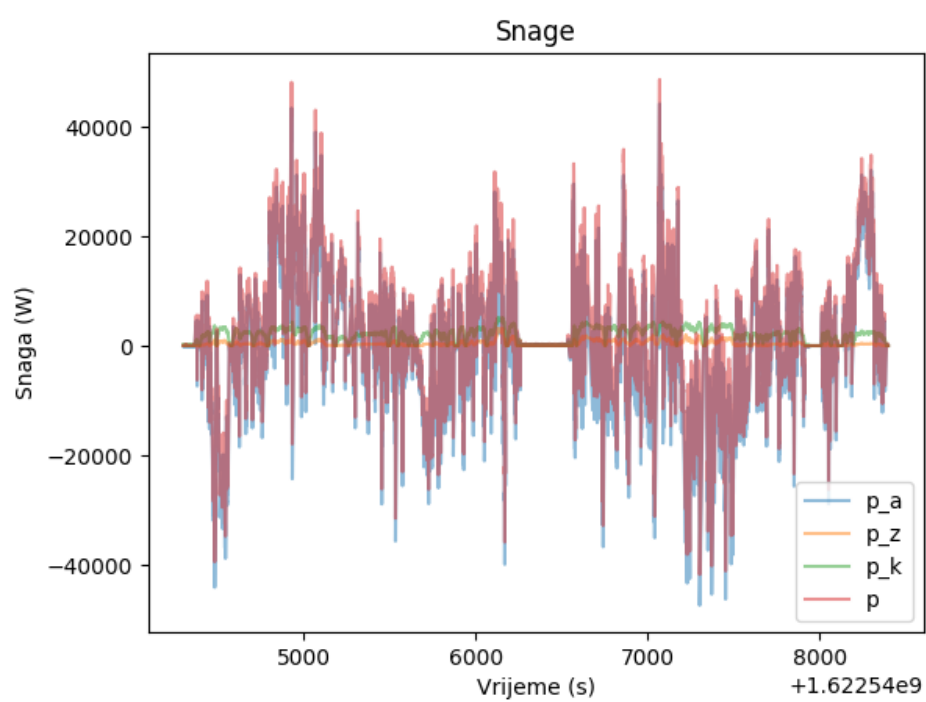
odrediti svaku komponentu mehaničke snage potrebne za savladavanje otpora na temelju fizikalne slike vozila. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente mehaničke snage zasebno i sve na jednom grafu s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu snage je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku.

#### 3.2. Rješenje

Za rješavanje ovog zadatka potrebno je izračunati pomnožiti sve sile iz zadatka c sa brzinom vozila. Brzinu vozila je potrebno podijeliti s 3.6 pošto je mjerena u km/h.

Tablica 3.1. Anaiza snaga na vozilu

<b>describe</b>	<b>p_a</b>	<b>p_z</b>	<b>p_k</b>	<b>p</b>
count	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0	0.0
mean	516.75318	414.467539	1876.065364	2807.286083
std	10284.685553	520.405078	1315.56626	10458.743532
min	-47349.443215	0.0	0.0	-41737.887992
25%	-4092.952681	0.256285	216.047435	-1485.0432
50%	58.491354	245.45779	2122.481816	252.956319
75%	5408.477454	671.446613	2962.317587	8141.98921
max	44103.738373	3118.223036	5060.441445	48529.830356



**Slika 3.1.** Prikaz izračunate snage kroz vrijeme.

## 4. Zadatak E

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak E.

### 4.1. Opis zadatka

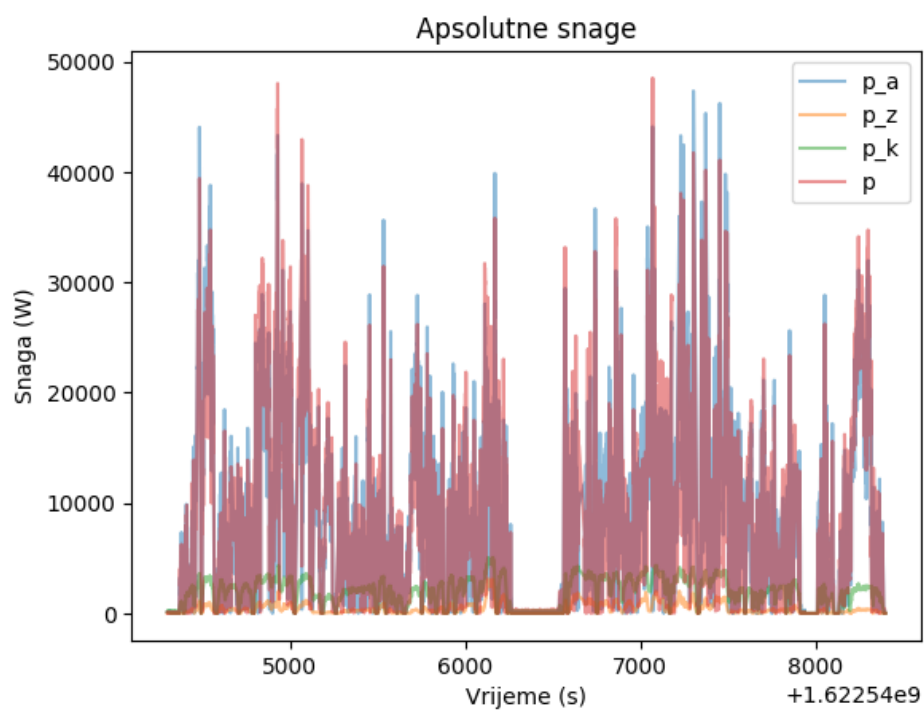
na temelju podataka iz d) dijela zadatka, potrebno je odrediti mehaničku snagu koju vozilo mora utrošiti kako bi prevalilo zadanu rutu sa zadanim profilom vožnje, mehaničku snagu koju vozilo može iskoristiti na zadanoj rutu sa zadanim profilom vožnje za regeneraciju energije. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente mehaničke snage zasebno i sve na jednom grafu s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu snage je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku

### 4.2. Rješenje

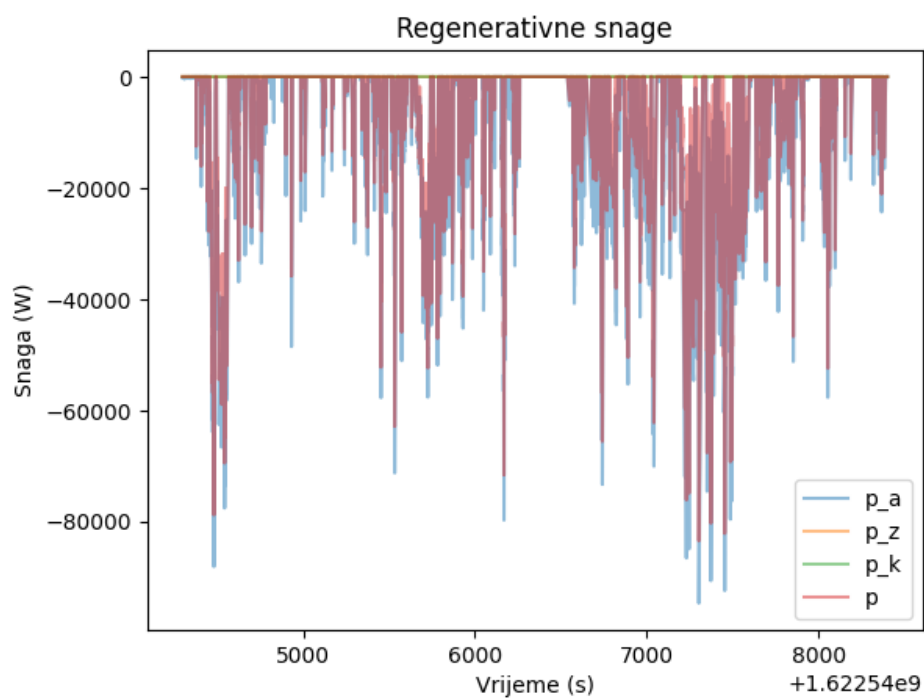
Prvo je potrebno izračunati apsolutne snage iz zadatka d. To je napravljeno tako da se sve negativne vrijednosti pretvore u pozitivne. Za regenerativne snage je potrebno oduzeti apsolutne snage od početnih.

Tablica 4.1. Anaiza apsolutnih snaga na vozilu

<b>describe</b>	<b>p_a</b>	<b>p_z</b>	<b>p_k</b>	<b>p</b>
""count""	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
""null_count""	0.0	0.0	0.0	0.0
""mean""	6968.339474	414.467539	1876.065364	7304.462425
""std""	7581.496918	520.405078	1315.56626	7994.144607
""min""	0.0	0.0	0.0	0.0
""25%""	261.422895	0.256285	216.047435	321.075536
""50%""	4894.030421	245.45779	2122.481816	5085.982462
""75%""	10762.063021	671.446613	2962.317587	10817.709694
""max""	47349.443215	3118.223036	5060.441445	48529.830356



**Slika 4.1.** Prikaz izračunate apsolutne snage kroz vrijeme.



**Slika 4.2.** Prikaz izračunate regenerativne snage kroz vrijeme.

Tablica 4.2. Anaiza regenerativnih snaga na vozilu

<b>describe</b>	<b>p_a</b>	<b>p_z</b>	<b>p_k</b>	<b>p</b>
count	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0	0.0
mean	-6451.586294	0.0	0.0	-4497.176342
std	12574.648658	0.0	0.0	10209.126977
min	-94698.88643	0.0	0.0	-83475.775983
25%	-8185.905362	0.0	0.0	-2970.0864
50%	0.0	0.0	0.0	0.0
75%	0.0	0.0	0.0	0.0
max	-0.0	0.0	0.0	0.0



## 5. Zadatak F

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak F.

### 5.1. Opis zadatka

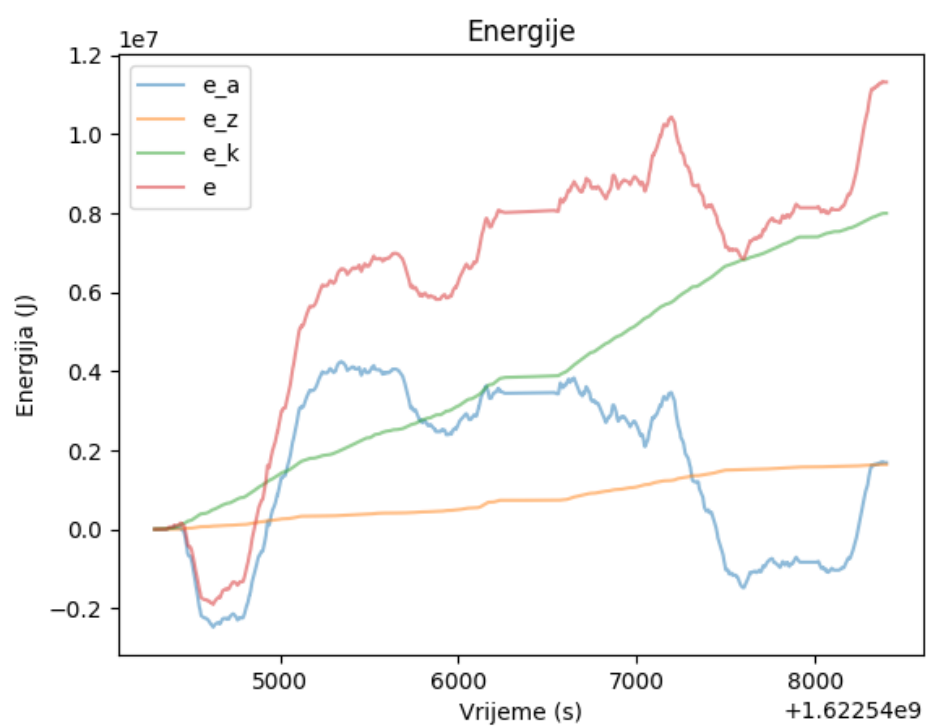
na temelju podataka iz d) dijela zadatka, potrebno je odrediti svaku komponentu mehaničke energije potrebne za savladavanje otpora na temelju fizikalne slike vozila. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente mehaničke energije zasebno i sve na jednom grafu s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu energije je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku

### 5.2. Rješenje

Za rješavanje ovog zadatka potrebno je izračunati pomnožiti sve snage iz zadatka d sa vremenom. Nakon toga potrebno je obaviti *scan\_sum* operaciju nad svim energijama kako bi se dobila ukupna energija.

Tablica 5.1. Analiza energija na vozilu

<b>describe</b>	<b>e_a</b>	<b>e_z</b>	<b>e_k</b>	<b>e</b>
""count""	9776.0	9776.0	9776.0	9776.0
""null_count""	0.0	0.0	0.0	0.0
""mean""	1.5759e6	789315.717893	3.9534e6	6.3186e6
""std""	2.0992e6	528533.332128	2.3441e6	3.3057e6
""min""	-2.4799e6	0.0	0.0	-1.9022e6
""25%""	-795646.262964	380748.85302	2.2792e6	5.9182e6
""50%""	2.5803e6	732464.143333	3.8511e6	7.5995e6
""75%""	3.4450e6	1.3209e6	6.0400e6	8.1365e6
""max""	4.2387e6	1.6376e6	7.9961e6	1.1334e7



**Slika 5.1.** Prikaz izračunate energije kroz vrijeme.

## 6. Zadatak G

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak G.

### 6.1. Opis zadatka

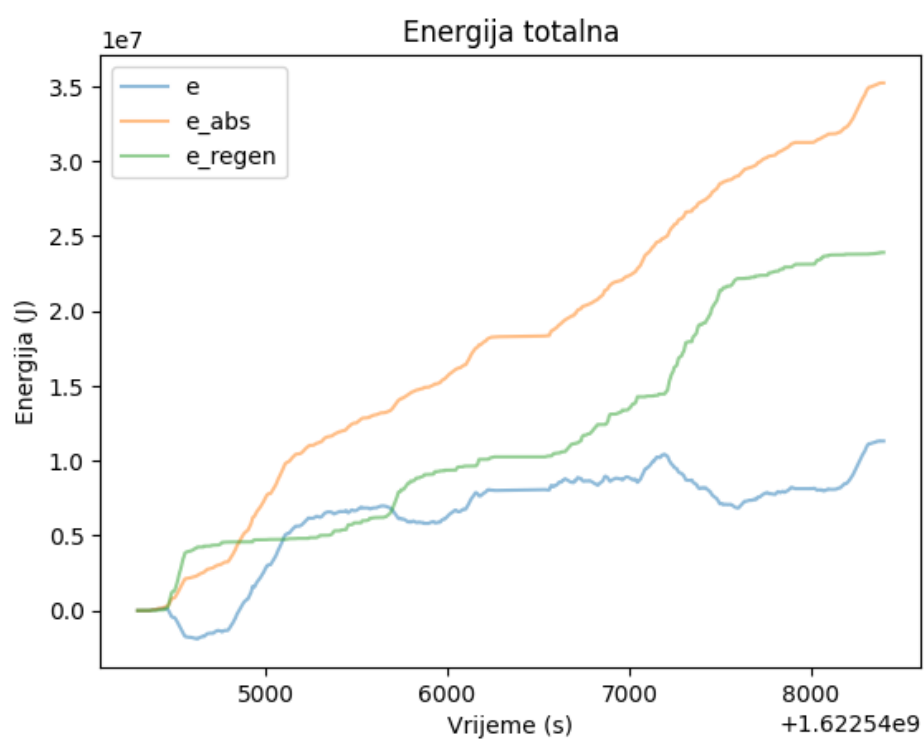
na temelju podataka iz f) dijela zadatka, potrebno je odrediti mehaničku energiju koju vozilo mora utrošiti kako bi prevalilo zadanu rutu sa zadanim profilom vožnje, mehaničku energiju koju vozilo može iskoristiti na zadanoj rutu sa zadanim profilom vožnje za regeneraciju energije. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente mehaničke energije zasebno i sve na jednom grafu uz ukupnu mehaničku energiju s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu energije je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku

### 6.2. Rješenje

Za rješenje potrebno je apsolutnei regenerativne snage iz zadatka e pomnožiti sa vremenom. Zatim je potrebno obaviti *scan\_sum* operaciju nad svim energijama kako bi se dobila ukupna energija.

Tablica 6.1. Analiza apsolutne i regenerativne energija na vozilu

<b>describe</b>	<b>e</b>	<b>e_abs</b>	<b>e_regen</b>
count	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0
mean	6.3186e6	1.8002e7	1.1684e7
std	3.3057e6	9.6363e6	7.1102e6
min	-1.9022e6	0.0	0.0
25%	5.9182e6	1.2422e7	5.7249e6
50%	7.5995e6	1.8289e7	1.0260e7
75%	8.1365e6	2.6147e7	1.6971e7
max	1.1334e7	3.5225e7	2.3908e7



**Slika 6.1.** Prikaz izračunate energije kroz vrijeme.

## 7. Zadatak H

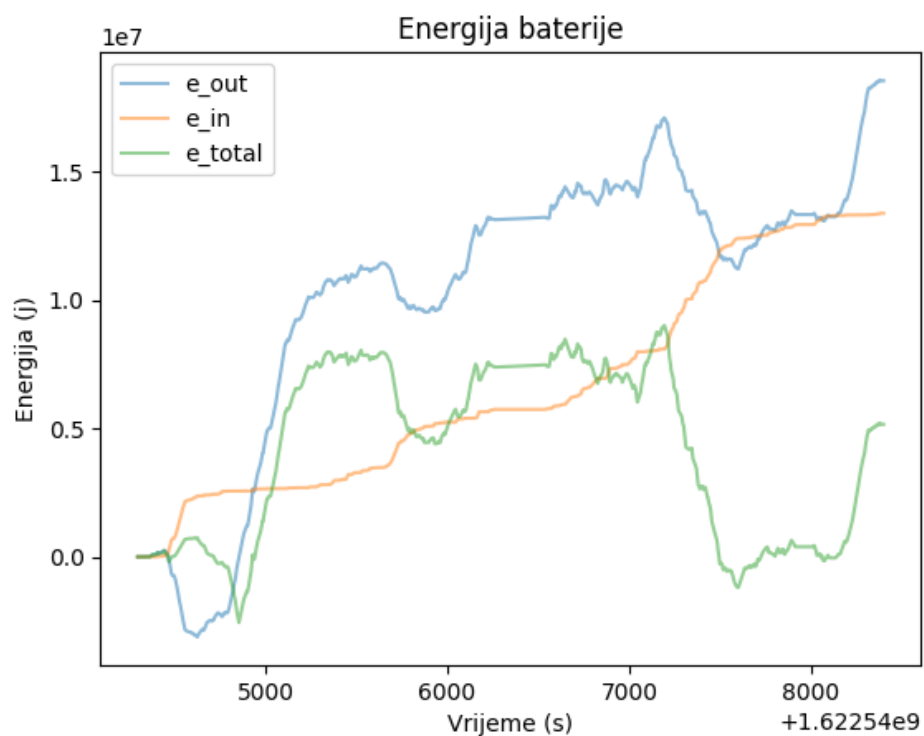
U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak H.

### 7.1. Opis zadatka

na temelju podataka iz h) dijela zadatka, potrebno je odrediti mehaničku energiju koju vozilo mora utrošiti kako bi prevalilo zadanu rutu sa zadanim profilom vožnje, mehaničku energiju koju vozilo može iskoristiti na zadanoj rutu sa zadanim profilom vožnje za regeneraciju energije, ali u ovom slučaju iz perspektive baterijskog paketa. Odnosno koliko energije se prazni i puni iz/u baterijski paket. Potrebno je prikazati krivulje svake komponente mehaničke energije zasebno i sve na jednom grafu uz ukupnu mehaničku energiju s točno naznačenim oznakama. Dodatno, za svaku komponentu energije je potrebno odrediti minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost krivulje, te prikazati je u tabličnom obliku. Napomena h) : za preračunavanje energije i snage preko korisnosti potrebno je uzeti u obzir blokovsku shemu iz prezentacije. Korisnosti svakog bloka sheme je zapisana u tablici u prezentaciji, za proračun se koriste isključivo elementi iz blokovske sheme, tablica je općenita za više vozila.

### 7.2. Rješenje

Za rješenje je potrebno koristiti podatke iz zadatka g. Ukupna energija se treba podijeliti s efikasnošću od baterije do kotača kako bi se dobila energija koja se mora uzeti iz baterije. Regenerativna energija se mora pomnožiti s efikasnošću od kotača do baterije kako bi se dobila energija koja se vraća u bateriju. Oduzimanjem regenerativne energije od izlazne energije dobiva se energija koju baterija mora moći sadržati.



**Slika 7.1.** Prikaz izračunate energije na bateriji kroz vrijeme.

Tablica 7.1. Analiza energija na bateriji

describe	e_out	e_in	e_total
count	9776.0	9776.0	9776.0
null_count	0.0	0.0	0.0
mean	1.0358e7	6.5428e6	4.1977e6
std	5.4191e6	3.9817e6	3.4035e6
min	-3.1183e6	0.0	-2.5612e6
25%	9.7020e6	3.2059e6	357062.111733
50%	1.2458e7	5.7457e6	5.1647e6
75%	1.3339e7	9.5036e6	7.4284e6
max	1.8580e7	1.3388e7	9.0084e6

## **8. Zadatak I**

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak I.

### **8.1. Opis zadatka**

na temelju tablice potrošnje električne energije pomoćnih sustava iz prezentacije, potrebno je izračunati ukupnu potrošnju energije svih pomoćnih sustava [Wh/km]. Dodatno, potrebno je sve prikazati u tabličnom obliku. Napomena i) : u ovom slučaju se ne koristi DC/DC pretvarač za pomoćne sustave

### **8.2. Rješenje**

Potrebno je zbrojiti snage pomoćnih sustava sa zadanim koeficijentima.

Snaga pomoćnih sustava je 1981.4 W.

## 9. Zadatak J

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak J.

### 9.1. Opis zadatka

na temelju podataka iz h) i i) dijela zadatka, potrebno je odrediti srednju potrošnju energije električnog vozila vozila [Wh/km], srednju vrijednost regeneracije energije vozila [Wh/km] te ukupno utrošenu energiju [Wh] za električno vozilo tako da vozilo može prevaliti rutu sa istom topologijom i profilom vožnje, ali skaliranu na udaljenost od 250 km

### 9.2. Rješenje

Prvo je potrebno izračunati prosječnu potrošnju energije po putu i prosječnu regeneraciju energije po putu. To je napravljeno tako da se delte energija podijeli s deltama puta i od tih koeficijenata se uzme maksimalna vrijednost. Zatim je tome potrebno dodati prosječnu potrošnju pomoćnih sustava po putu. Time je dobivena prosječna potrošnja energije po putu. Za prosječnu regeneraciju energije po putu je postupak jednak kao i za potrošnju.

Za konačnu energiju baterijskog paketa je potrebno pomnožiti prosječnu potrošnju energije po putu sa skaliranim putem i oduzeti prosječnu regeneraciju energije po putu pomnoženu sa skaliranim putem.

Dobiveno je da baterijski paket mora sadržavati 120203491 J energije.



## 10. Zadatak K

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak K.

### 10.1. Opis zadatka

na temelju podataka iz i) dijela zadatka i zadanog nazivnog napona baterijskog paketa i baterijske ćelije, potrebno je na temelju zadane baterijske ćelije odrediti broj serijski i paralelno spojenih baterijskih ćelija, izračunati nazivni napon, maksimalni napon punjenja, minimalni napon pražnjenja, na temelju broja serijskih spojenih ćelija, te kapacitet baterijskog paketa, maksimalnu struju punjenja, nazivnu struju punjenja, maksimalnu struju pražnjenja i nazivnu struju pražnjenja temelju broja paralelno spojenih ćelija. Napomena k) : broj ćelija je potrebno zaokružiti na sljedeći veći cijeli broj, napone je potrebno izračunati na temelju broja serijski spojenih ćelija, izračunati napon mora biti veći ili jednak od zahtjevanog napona. Potrebni kapacitet izračunati na temelju ukupno utrošene energije iz h) dijela zadatka i zadanog napona. Stvarni nazivni kapacitet je potrebno računati na temelju broja paralelno spojenih ćelija, izračunati kapacitet mora biti veći ili jednak od potrebnog kapaciteta

### 10.2. Rješenje

Koristeći formule iz prezentacije, potrebno je izračunati broj ćelija, napon, kapacitet, struje punjenja i pražnjenja.

Dobivene vrijednosti su:

**broj ćelij u seriji** 154,

**broj ćelij u paraleli** 282,

**napon baterijskog paketa** 554.4 V,  
**maksimalni napon punjenja** 646.8 V,  
**maksimalni napon punjenja** 385 V,  
**kapacitet baterijskog paketa** 1410 Ah,  
**maksimalna struja punjenj** 1410 A,  
**nazivna struja punjenja** 705 A,  
**maksimalna struja pražnjenja** 4230 A i  
**nazivna struja pražnjenjana** 282 A.

## 11. Zadatak L

U ovom poglavlju je opisan i odrađen zadatak L.

### 11.1. Opis zadatka

na temelju podataka iz b) i ukupne sile iz c) dijela zadatka, potrebno je izračunati moment i brzinu okretaja na oba kotača te preko zadanog prijenosnog omjera diferencijala odrediti potrebnu brzinu okretaja i moment na osovini električnog motora kako bi vozilo moglo imati zadani profil vožnje. Korisnost diferencijala iznosi 0.95

### 11.2. Rješenje

Koristeći formule iz prezentacije, potrebno je izračunati moment i brzinu okretaja na kotačima i osovini motora.

Dobivene vrijednosti su:

**brzina okretaja na kotačima** 71.22 rad/s,

**moment na kotaču** 680.09 Nm,

**brzina okretaja na osovini motora** 655.22 rad/s i

**moment na osovini motora** 155.63 Nm.