

**ANALIZA ODRŽIVIH
KONCEPCIJA POGONA
DRUMSKIH VOZILA**

Konvencionalna goriva

- Tečna ugljovodonična goriva u motorima SUS
- Konvencionalna goriva: motorni („olovni“) benzin, bezolovni i dizel
- Današnji bezolovni benzin i dizel mnogo ekološki povoljniji nego pre (EURO norme)
- Novi dizel: ULSD, Fišer-Tropš dizel, smeša sa biodizelom, smeša sa etanolom, emulzija sa vodom...

Alternativna goriva

- Tečni naftni gas (TNG), Prirodni (zemni) gas: komprimovani (KPG) i tečni (TPG), Biogas, Biodizel, Alkoholi, Vodonik
- Detaljniji prikaz sledećih alternativnih goriva:
 - Biodizel I i II generacije
 - Bioetanol i
 - Vodonik

Biodizel I generacije

- Od semena uljane repice, soje, korišćenih biljnih ulja, životinjske masti...
- Bolji efekti sagorevanja, obnovljivo, korozivno
- U Francuskoj:
 - B5 (5% biodizela) na putničkim vozilima
 - B30 do B50 za vozila javnog prevoza
- U Nemačkoj i Austriji:
 - nekoliko stotina stanica za snabdevanje gorivom
 - počinje na vozilima JP i većim voznim parkovima

Biodizel II generacije (BtL)

- Sirovine: drvo, slama, kompletne stabljike žitarica, korov
- Od 1 tone drveta dobija se i do 300 litara BtL
- BtL se koristi kao smeša sa dizelom ili potpuno čist
- Instalacije za snabdevanje gorivom treba da budu kompatibilne sa biodizelom
- Rezervoar za biodizel mora se čistiti svake dve godine

Biodizel III generacije

- Dobija se od ulja iz algi
- Predstavlja veliki potencijal za buduću proizvodnju zbog visokih prinosa ulja iz algi



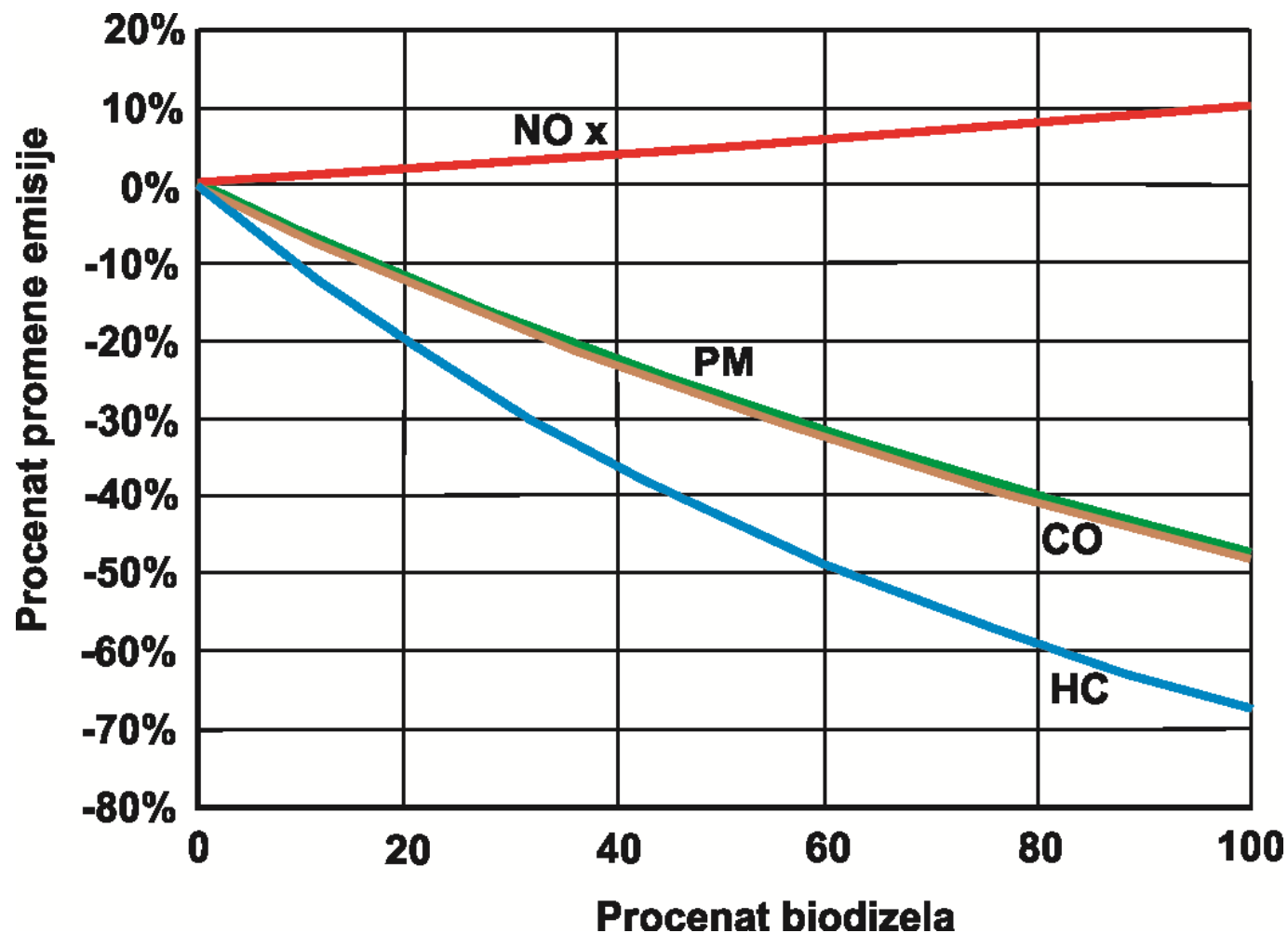
Karakteristike biodizela

- Minimalna tačka paljenja biodizela B100 je viša od dizel goriva (120°C u odnosu na 70°C)
- Tačka smrzavanja biodizela iz palminog ulja je visoka (13 °C)
- Toplotna moć biodizela je niža u odnosu na dizel gorivo – nešto viša potrošnja goriva

Karakteristike biodizela

- Bolje podmazuje motor od dizel goriva – manje habanje i duži vek motora
- Javljaju se oksidacioni problemi pri dužem skladištenju (formiranje taloga)
- Korozivan je i rastvara naslage nečistoća u rezervoaru za gorivo

Karakteristike biodizela



Procentualne promene u emisiji štetnih izduvnih gasova u zavisnosti od učešća biodizela u smeši sa dizel gorivom

Bio-etanol (etil alkohol)

- čista, bezbojna tečnost sa karakterističnim, prijatnim mirisom iz celulozne biomase (ku-kuruz / fermentisana pulpa otpadnog drveta)
- Većina SSG (SAD, Brazil, Kanada) benzin E10 do 10% etanola (smeša slična benzinu)
- Smeša etanola sa benzinom označena prema procentualnom sadržaju etanola E5-E10-E85
- Etanolske smeše \geq E10 samo na fleksibilnim vozilima za različite smeše (Flex-fuel FFV)

Vodonik (*Hydrogen*)

- produkt sagorevanja samo vodena para
- Niska toplotna moć (1/3 toplotne moći KPG)
- Vodonik se može direktno koristiti kao izvor energije u konvencionalnim motorima SUS ili u gorivim ćelijama (izvor električne energije)
- Skladišti se kao komprimovani gas ili u tečnom stanju

Koncepcije pogona

Vrste pogona vozila:

- Motor SUS (komprimovani prirodni gas, vodonik)
- Motor na komprimovani vazduh (CAT)
- Hibridni pogon

Vozila sa pogonom na KPG

- **OTO motori** praktično bez rekonstrukcije,
 - ugradnja mešača gasa u usisnu granu
 - mogućnost izbora između KPG ili benzina
- **Dizel motor**
 - Adaptacija za napajanje smešom dizel goriva i prirodnog gasa
 - Konverzija u OTO motor samo na prirodni gas

Vozila sa pogonom na KPG

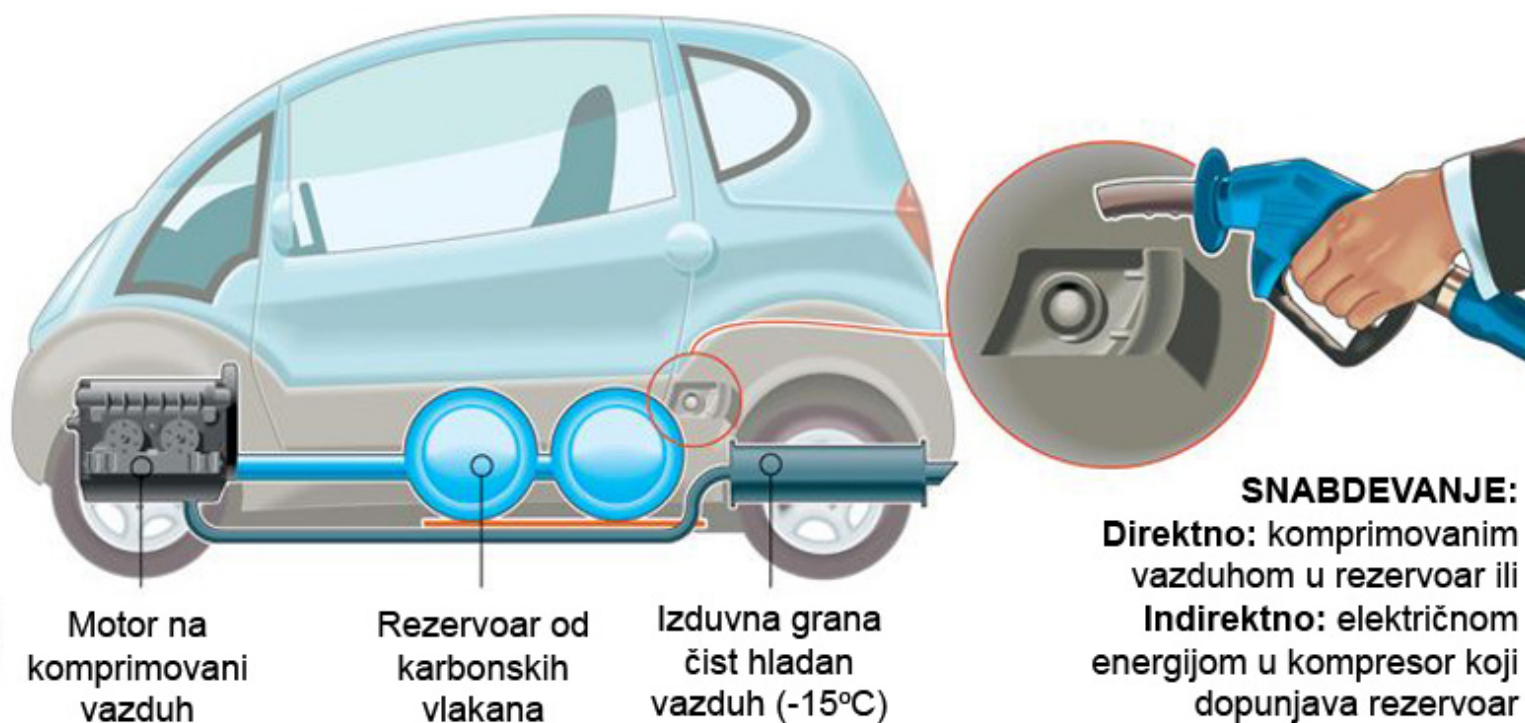


Rezervoar za KPG

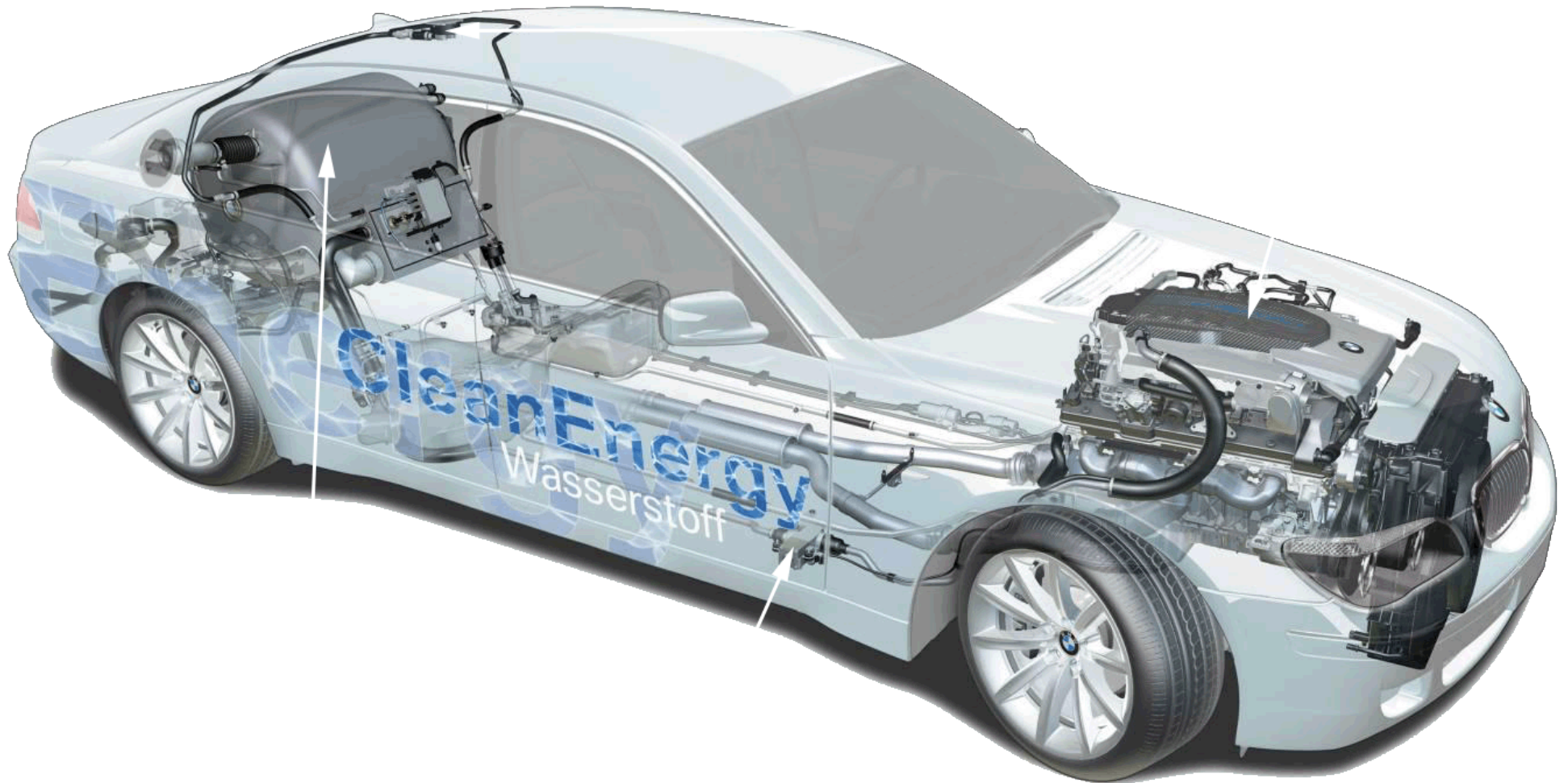
Adsorpcija (aktivni ugalj)

- značajno smanjenje težine rezervoara u odnosu na zapreminu uz niže pritiske (30-50 bara) u odnosu na klasične (200-250 bara)
- skladištenje do 150 puta veće zapremine adsorbovanog gasa

Pogon na komprimovani vazduh



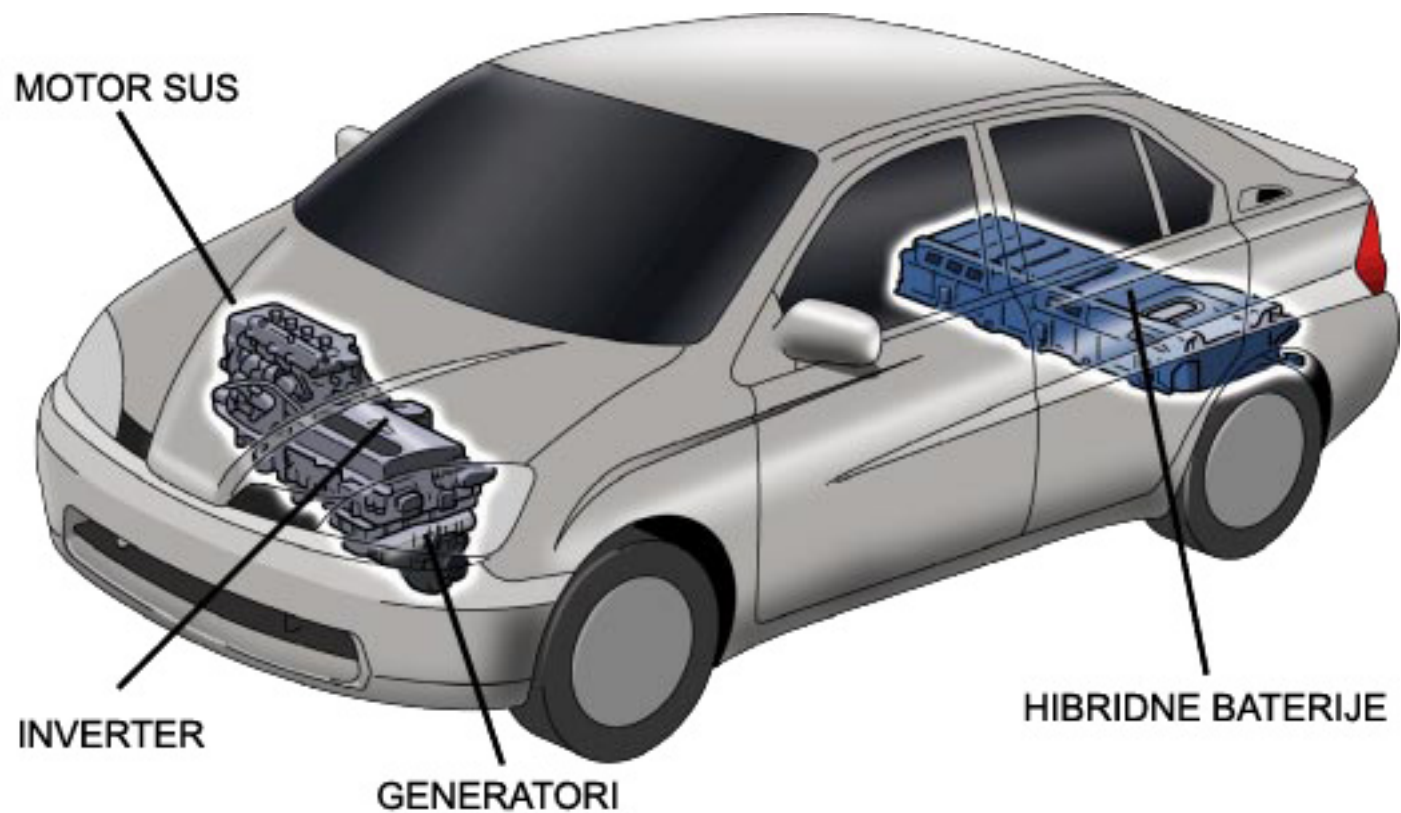
Pogon na vodonik (SUS)



Hibridni pogon

- Kombinacija dva pogona na vozilu najčešće elektromotora i motora SUS
- Glavne komponente hibridnog sistema su: motor SUS, generator, elektromotor, (hibridna) baterija i jedinica za kontrolu snage
- Efikasnost uvećana regeneracijom energije kočenja (toplotni gubici tokom kočenja u regenerativnu električnu energiju)

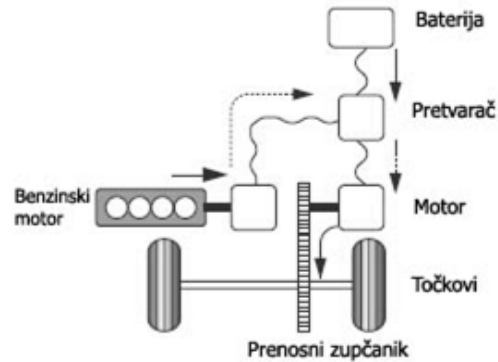
Hibridni pogon



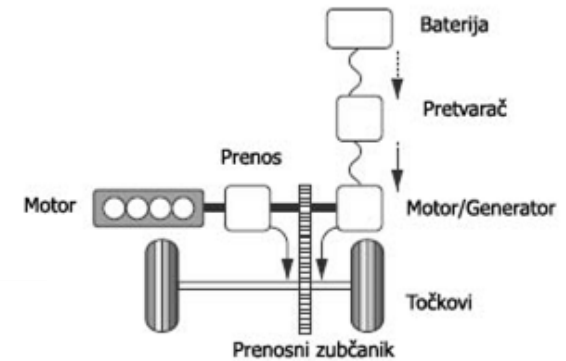
Hibridni pogon

- Tri konfiguracije:

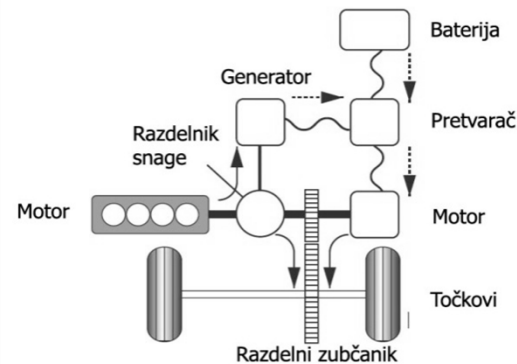
- Serijski



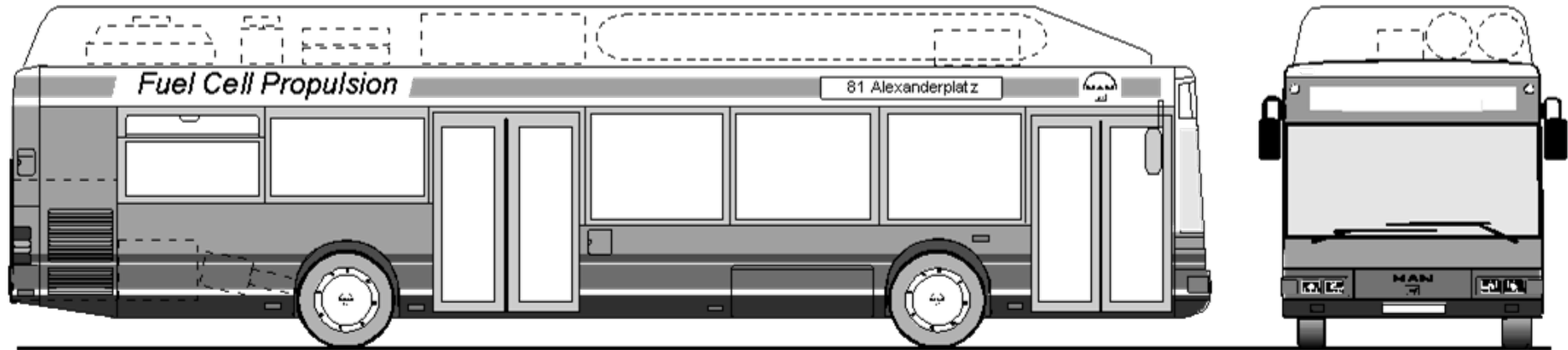
- Paralelni



- Serijsko-paralelni



Gorive ćelije



- Specijalni slučaj serijskog tipa hibridnog pogona
- **Goriva ćelija** se sastoji od:
 - anode, na koju se dovodi gorivo
 - katode, na koju se dovodi kiseonik
 - polupropusne membrane
 - katalizatora i
 - elektrolita

Specifičnost održavanja

- Nedovoljno: pogona za održavanje i obučениh radnika
- Korektivne intervencije: specifične samo direktno vezane za tehnologiju pogona (rezervoar i dovod goriva)
- Povećanje obima održavanja u pogledu preventivnih intervencija u oblasti dijagnostike i češće vizuelne provere sistema
- Priprema vozača

Struktura u odnosu na pogon

- Preko 90% voznog parka gradskih autobusa u Evropi na dizel
- Preostalih 10% vozila su na komprimovani prirodni gas (KPG), tečni naftni gas (TNG), biodizel, biogas, etanol, različite smeše dizela i biodizela i elektro-vozila
- Npr. u Beču svi autobusi na TNG, hibridni autobusi 0,2%

Projekti za vrednovanje održivih pogona vozila

- Analizirani su projekti:
- A. Udruženja nemačkih saobraćajnih preduzeća (VDV)
- B. Javnog gradskog preduzeća u Štutgartu (SSB AG)

Predmet istraživanja

- Uslovi okruženja (referentni vozni park, period posmatranja...)
- Scenariji nabavke vozila (različiti pogoni vozila i primenjena goriva)
- Ekološki i finansijski efekti (emisija CO₂, primarna energija, troškovi...)

Istraživanje (VDV)

- referentni vozni park: 100 solo autobusa (dizel, bez filtera čestica čađi)
- Eko-ciklus autobusa:
 - proizvodnja autobusa
 - priprema / proizvodnja goriva
 - upotreba autobusa
 - reciklaža

Analizirana goriva (VDV)

- Dizel
- Fosilni vodonik (zemni gas)
- Sintetički biodizel iz biomase (BtL)
- Obnovljivi vodonik (elektroliza u uređajima pogonjenim snagom vetra)

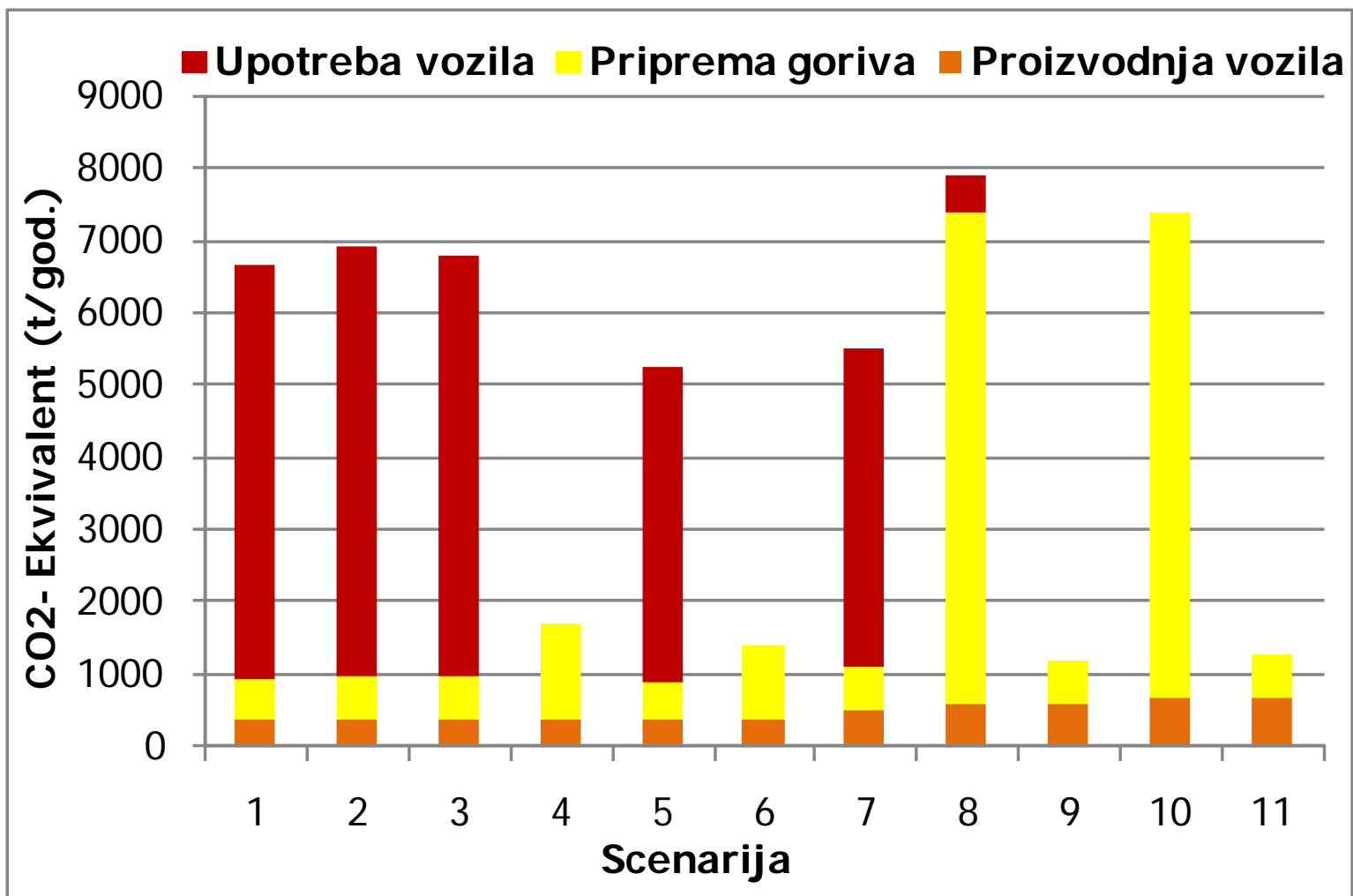
Scenariji (VDV)

- **S1:** dizel autobusi
- **S2:** S1 + filterom čađi
- **S3:** S2 + SCRT sistem
- **S4:** S3 na biodizel (BtL)
- **S5:** S3 na hibridni pogon
- **S6:** S5 na biodizel (BtL)
- **S7:** S5 na (KPG)
- **S8:** S5 na fosilni vodonik
- **S9:** S8 sa obnovljivim vodonikom
- **S10:** hibridna vozila sa gorivim ćelijama i fosilnim vodonikom
- **S11:** S10 sa obnovljivim vodonikom

Kriterijumi (VDV)

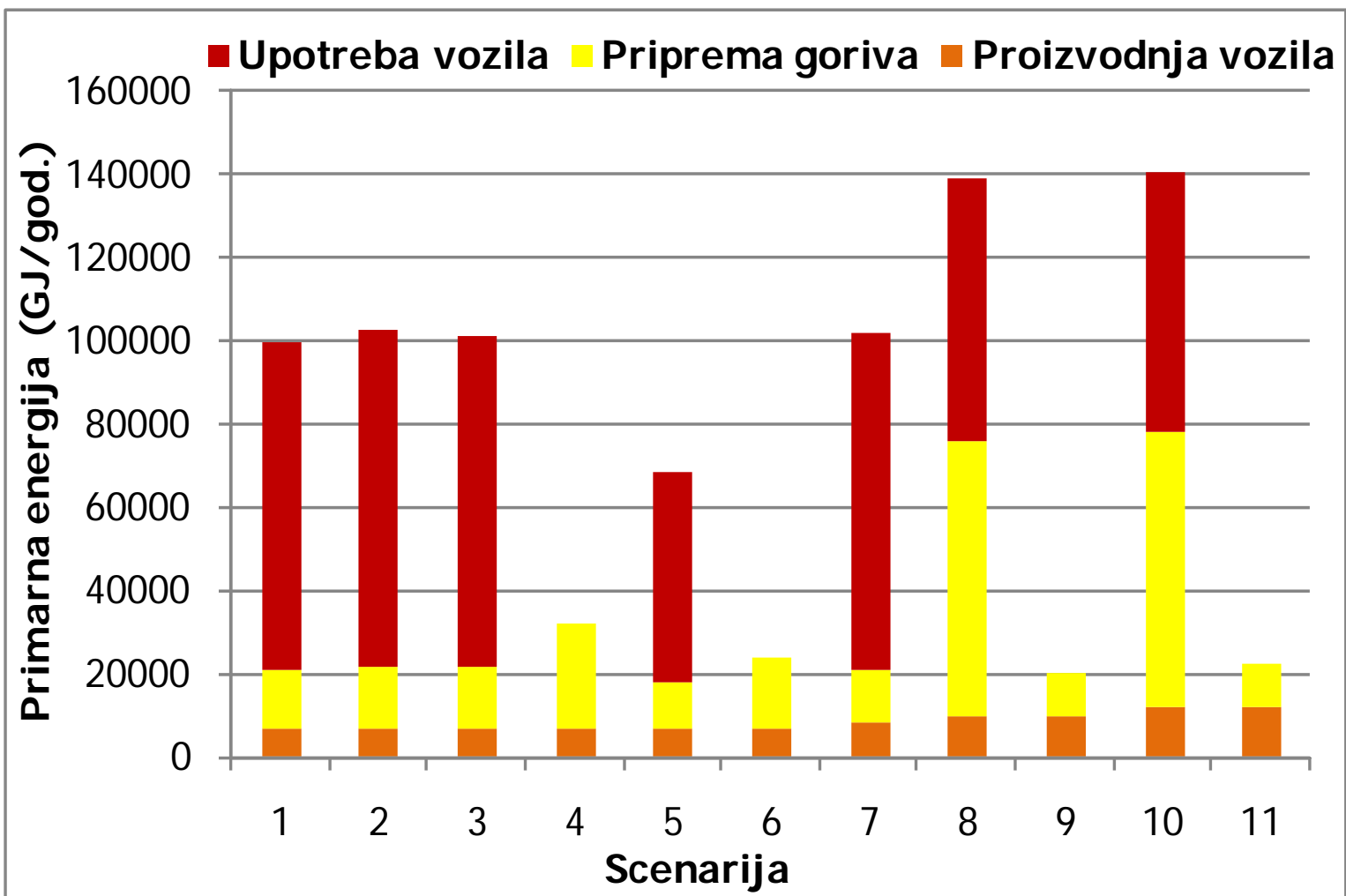
- ekološki kriterijumi:
 - emisija čestica čađi
 - emisija azotnih oksida (NO_x)
 - emisija ugljen dioksida (CO₂)
 - potrošnja primarne energije
- finansijski kriterijumi:
 - troškovi (proizvodnja autobusa, goriva, stanica za snabdevanje gorivom, održavanja)

Emisija CO₂ (VDV)



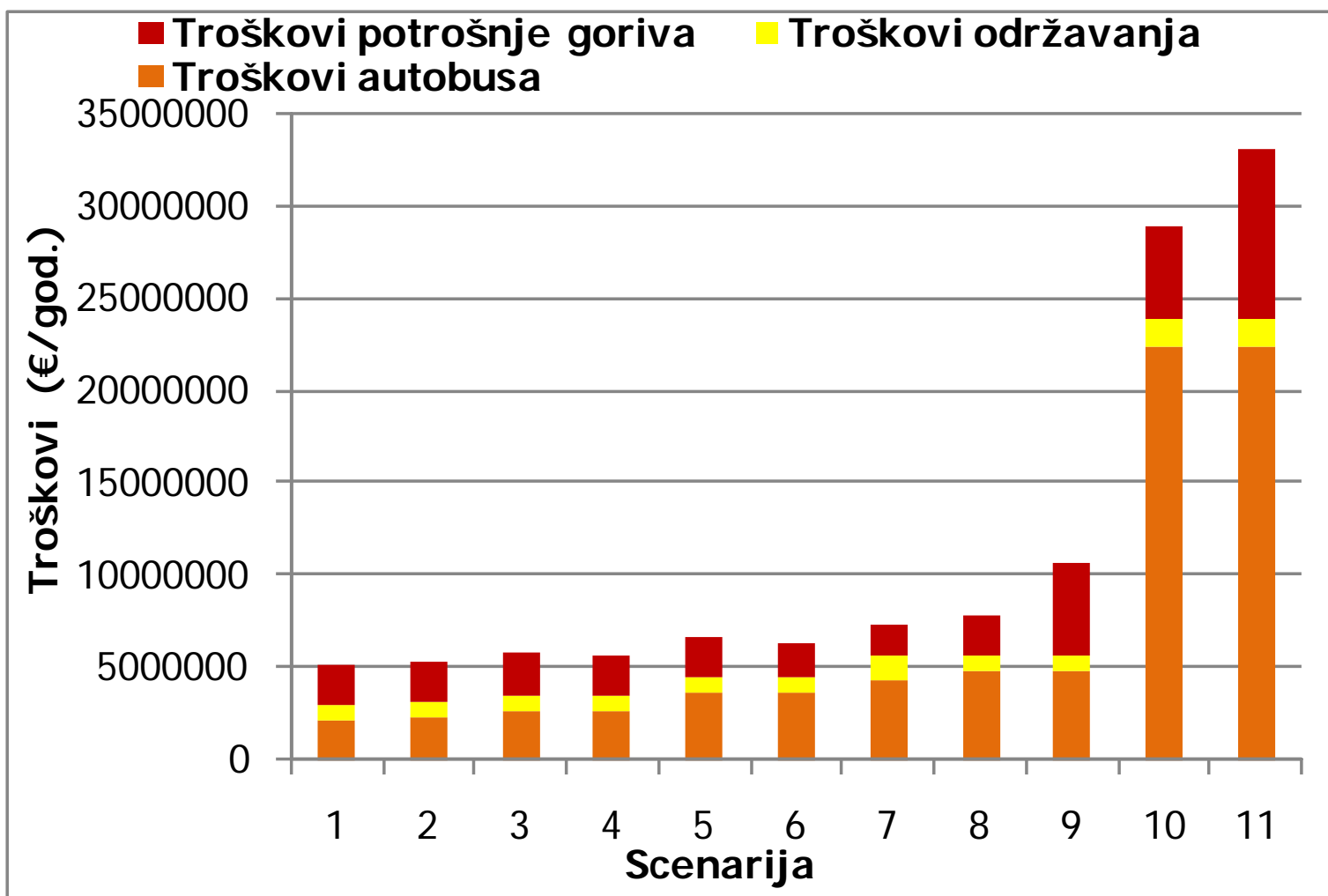
- S1=dizel
- S2=S1+filter
- S3=S2+SCRT
- S4=S3 BtL
- S5=S3 Hibrid
- S6=S5 BtL
- S7=S5 KPG
- S8=S5 H fos.
- S9=S5 H ob.
- S10=GĆ H fos.
- S11=GĆ H ob.

Primarna energija (VDV)



- S1=dizel
- S2=S1+filter
- S3=S2+SCRT
- S4=S3 BtL
- S5=S3 Hibrid
- S6=S5 BtL
- S7=S5 KPG
- S8=S5 H fos.
- S9=S5 H ob.
- S10=GĆ H fos.
- S11=GĆ H ob.

Troškovi (VDV)



- S1=dizel
- S2=S1+filter
- S3=S2+SCRT
- S4=S3 BtL
- S5=S3 Hibrid
- S6=S5 BtL
- S7=S5 KPG
- S8=S5 H fos.
- S9=S5 H ob.
- S10=GĆ H fos.
- S11=GĆ H ob.

Predlog (VDV)

Kao održivo rešenje, VDV predlaže scenario **S6** -
vozni park sa vozilima na **hibridni pogon** sa
sintetičkim **biodizelom iz biomase (BtL)**

- Za plasman na tržište ove koncepcije autobusa neophodne subvencije države

Istraživanje (SSB)

- referentni vozni park: autobuski park JP Štuttgart (2005) (87 solo, 155 zglobnih)
- period posmatranja je od 2005 – 2020
- posmatra se ceo životni vek autobusa (od proizvodnje do reciklaže) i proizvodnja goriva
- svake godine zamena 7 solo i 13 zglobnih autobusa autobusima novijih tehnologija

Analizirana goriva (SSB)

- Dizel
- Biodizel iz uljane repice (RME)
- Sintetički biodizel iz zemnog gasa (GtL)
- Sintetički biodizel iz biomase (BtL)
- Prirodni zemni gas
- Biogas
- Fosilni vodonik (zemni gas)
- Obnovljivi vodonik (elektroliza u uređajima pogonjenim snagom vetra)

Scenariji (SSB)

- S0** – (2006) Euro 3 + CRT
(2007) Euro 5 + SCRT
- S1** – **S0** + (2007-2009) naknadna ugradnja SCR
- S2** – **S1** (2006 – 2009)
(2010) Euro 5 hibridni
- S3** – **S1** + (2007 – 2010) Euro 5 KPG
(2011) Euro 5 hibrid + KPG
- S4** – (2006 – 2010) Euro 5 + SCRT
(2007 – 2009) naknadna ugradnja SCR
(2011) Gorive ćelije

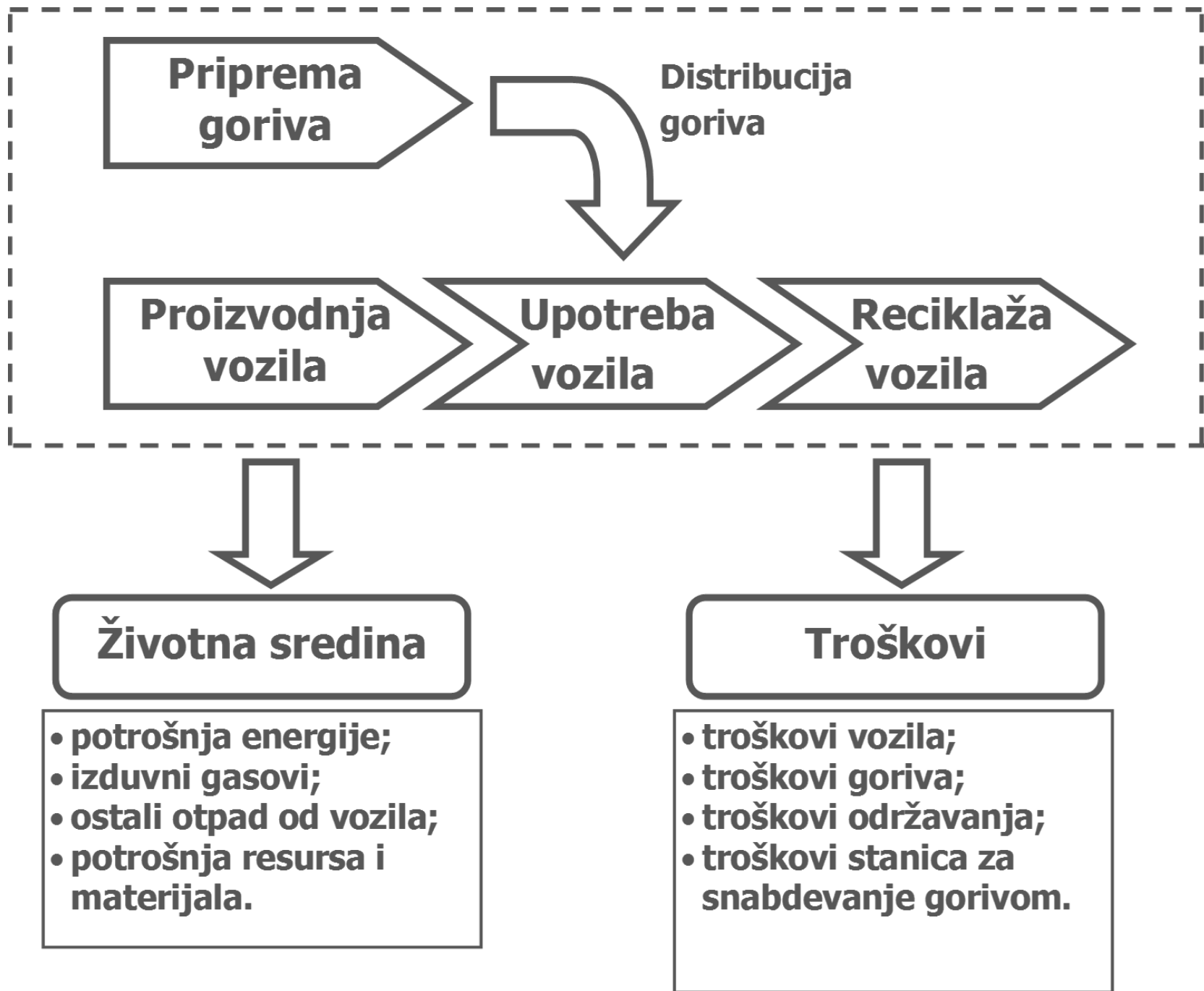
Kriterijumi (SSB)

- ekološki kriterijumi:
 - emisija čestica čađi
 - emisija azotnih oksida (NO_x)
 - emisija ugljovodonika (HC)
 - emisija ugljen dioksida (CO₂)
 - potrošnja primarne energije
- finansijski kriterijumi:
 - troškovi (proizvodnja autobusa, goriva, stanica za snabdevanje gorivom, održavanja)

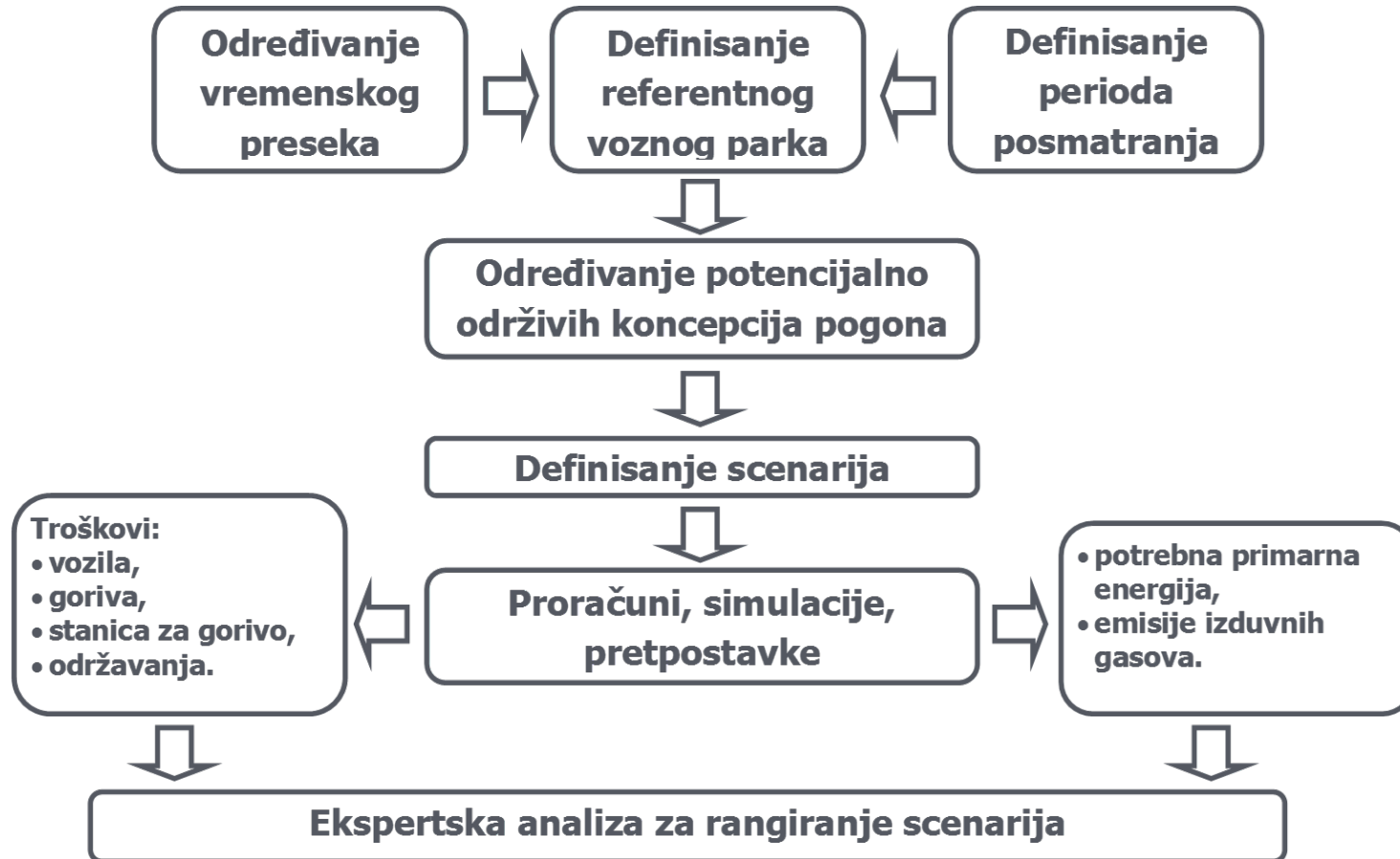
Predlog (SSB)

Kao najbolje održivo rešenje za Štuttgart u sledećem periodu smatra se **dizel hibridni** autobus sa pogonom na sintetički **biodizel iz biomase (BtL)**

Za SSB najpovoljniji je scenario **S2**



Metodologija vrednovanja održivih pogona vozila



Zaključak

- energetska efikasnija i ekološki „čistija“ komercijalna vozila
- ekološki i finansijski kriterijumi vrednovanja pogona globalno u odnosu na celokupan vek vozila
- izbor najpovoljnijeg koncepta pogona u konkretnom slučaju zavisi od karakteristika postojećeg voznog parka i uslova okruženja
- za izbor održivog koncepta pogona ekološki efekti svode se na jedinične troškove