

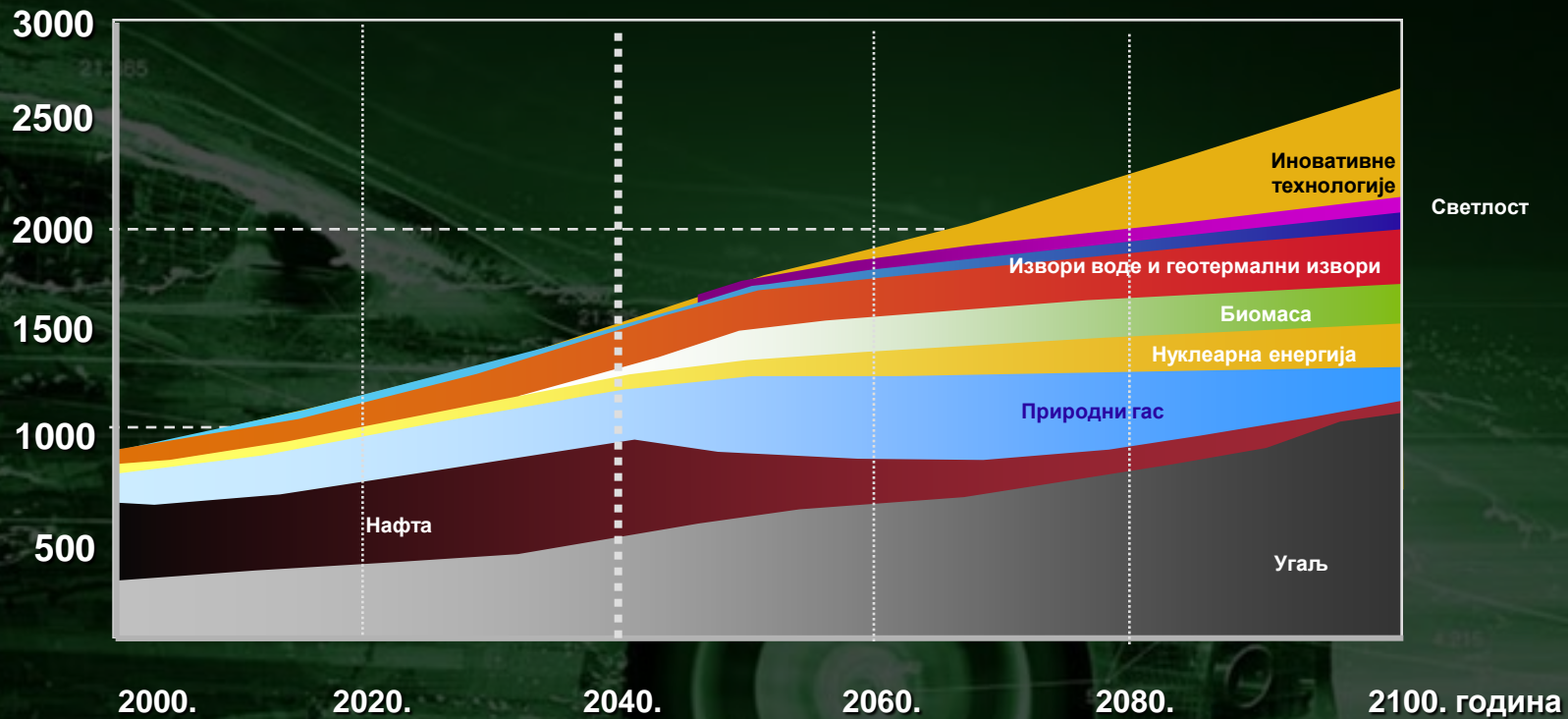
АЛТЕРНАТИВНИ ПОГОНИ ВОЗИЛА

Проф. др Иван Благојевић
Универзитет у Београду
Машински факултет



Значај смањења потрошње горива и издувне емисије

Количина добијене примарне енергије прерачуната у милионе тона сирове нафте



- Са порастом потрошње расте и издувна емисија (CO_2 пропорционално, HC и NO_x знатно више)

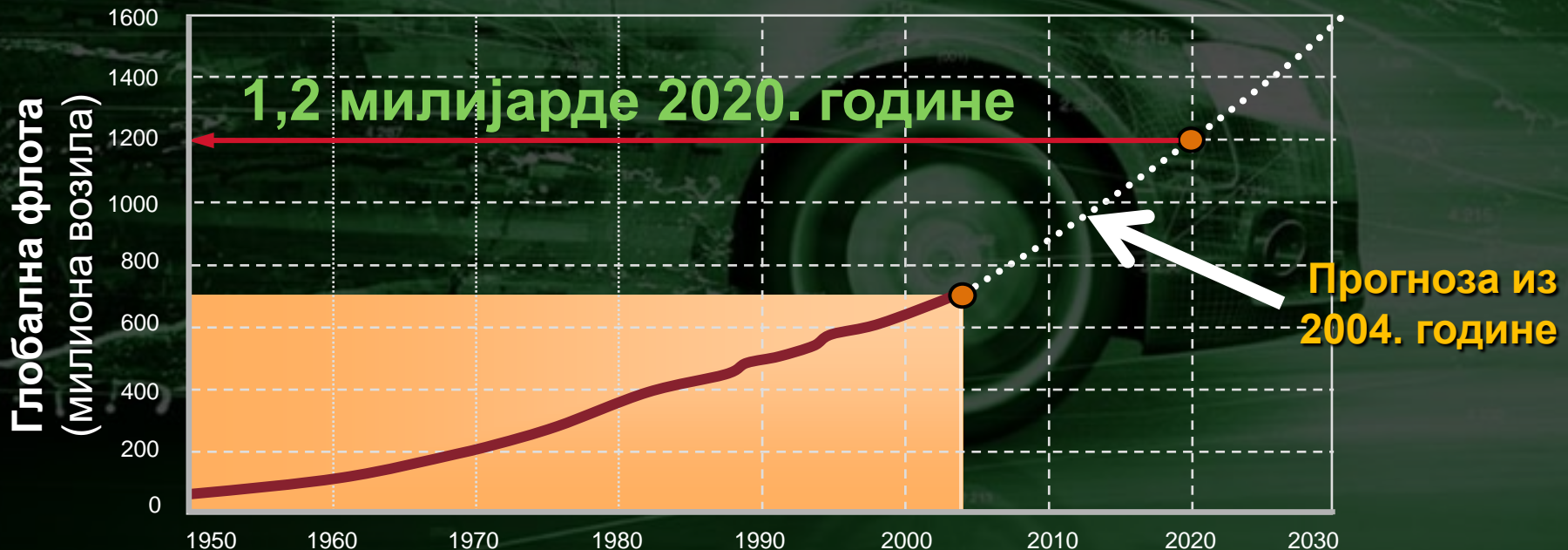
Значај смањења потрошње горива и издувне емисије

2014. 1,23 милијарде моторних возила (преко 98% користи фосилна горива)

1970. око пет пута мање, а 1986. двоструко више

2009-2014. увећање од преко 20%.

2035. 2 милијарде моторних возила

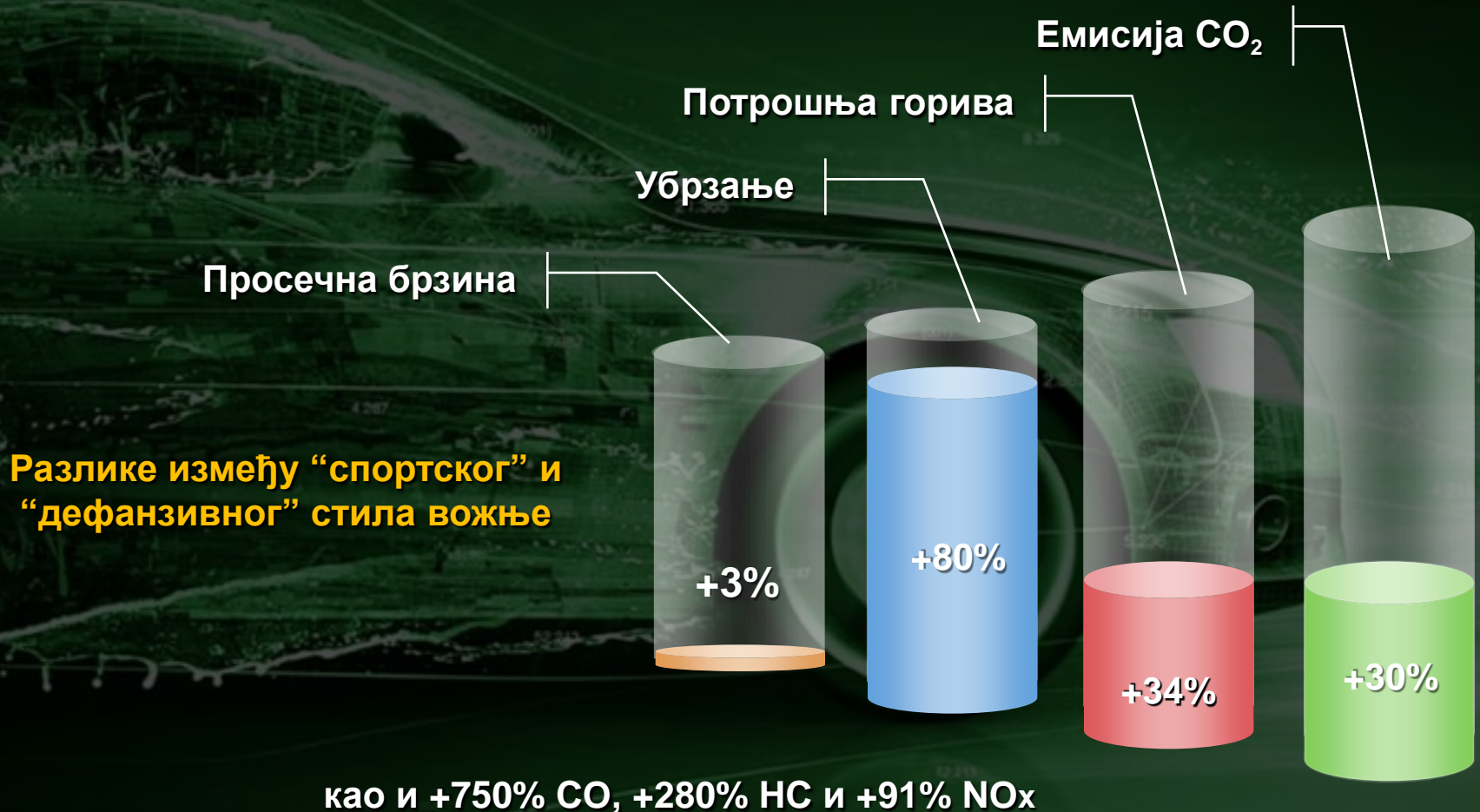


Фактори који утичу на потрошњу горива и издувну емисију



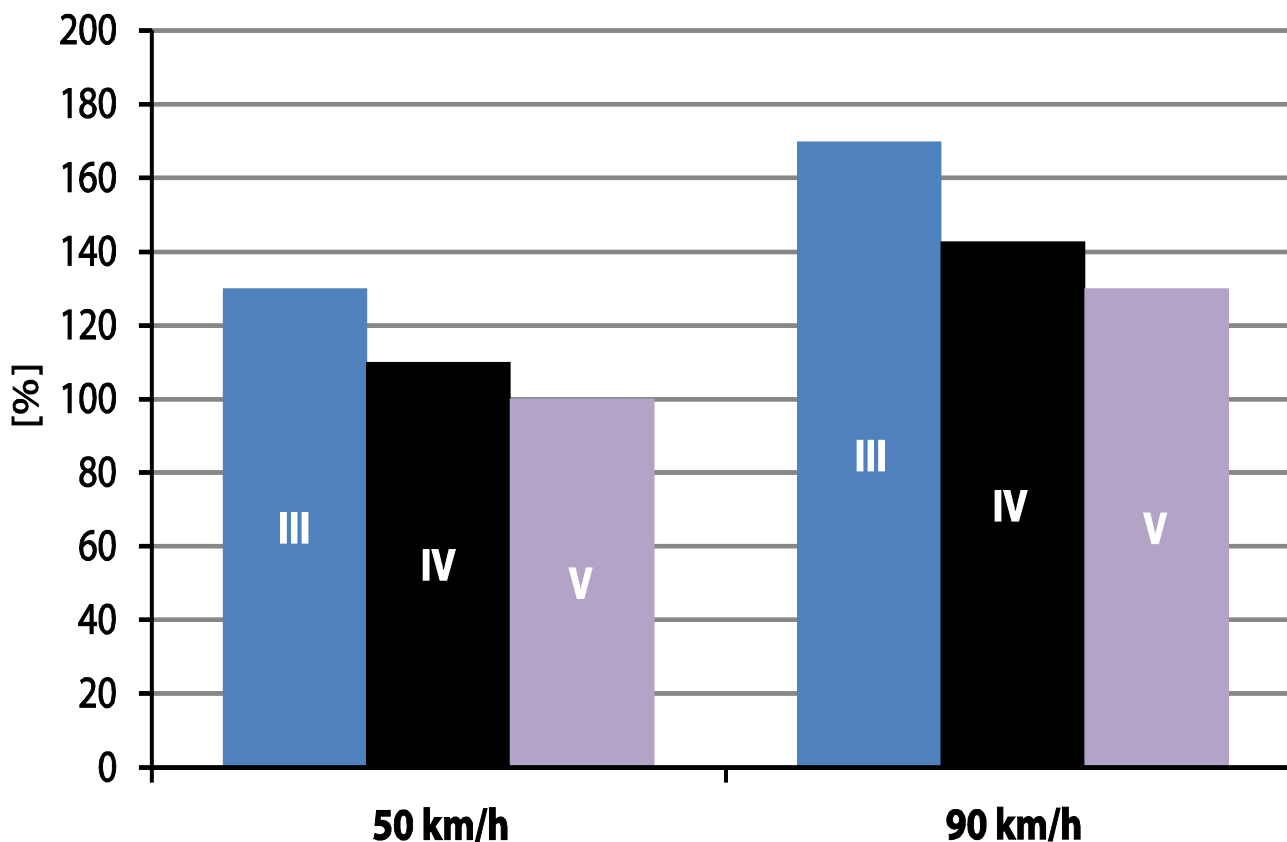
Понашање возача

“Произвођачи возила улажу огромне напоре и средства да се потрошња смањи само за 1%, а при томе се не утиче на понашање возача које може произвести разлике у потрошњи и до 50%.”



Понашање возача и промена степена преноса

Утицај избора степена преноса (III, IV и V степен преноса) на потрошњу горива при брзинама кретања 50 km/h и 90 km/h у односу на потрошњу при брзини од 50 km/h у петом степену преноса



Мозућа решења

Проблеми потрошње горива и издувне емисије решавају се:

- Употребом савремених решења у већ постојећим моторима СУС, којима се смањује потрошња горива и издувна емисија
- Употребом алтернативних горива попут течног нафтног гаса, компримованог природног гаса или одређених врста биогорива
- Употребом савремених алтернативних погона моторних возила:
 - хибридна возила
 - електрична возила
 - возила која за погон користе водоник

Хибридна возила – идеја хибридног погона

- Свако возило код којег се два или више различитих видова енергије претварају у механичку енергију која га погони, називамо хибридним возилом
- Највећу употребу имају хибридна електрична возила (*Hybrid Electric Vehicle - HEV*) која за погон користе мотор са унутрашњим сагоревањем (бензински или дизел) и електромотор
- У знатно мањој мери користи се и комбинација мотора СУС и хидрауличког или пнеуматског погонског система, као и још неке варијанте о којима неће бити речи
- Хибридно возило има задатак да обједини добре стране оба погонска извора, а број неповољних карактеристика смањи на минимум

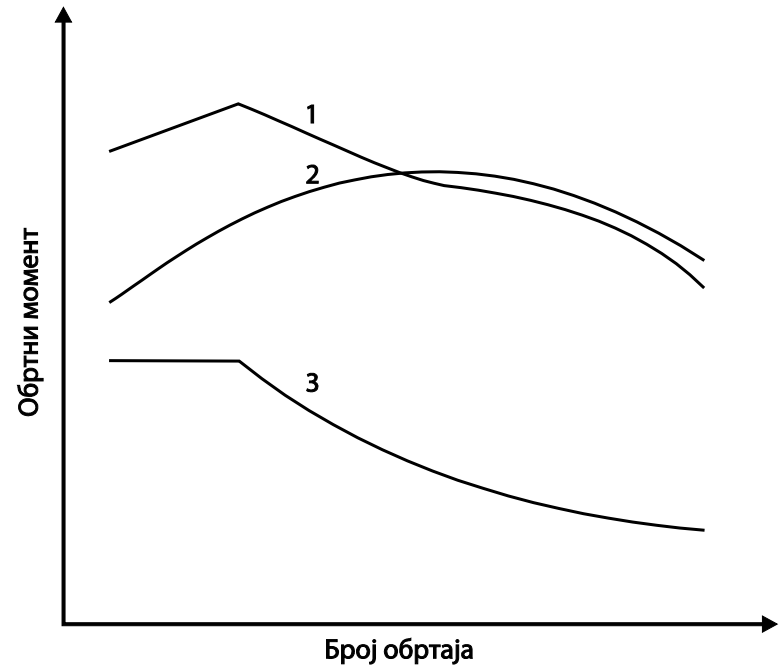
Хибридна возила – особине

Мотор СУС:

- + маса и простор
- + допуна горива
- + аутономија кретања
- степен корисности
- издувна емисија
- обртни момент и спец. потрошња

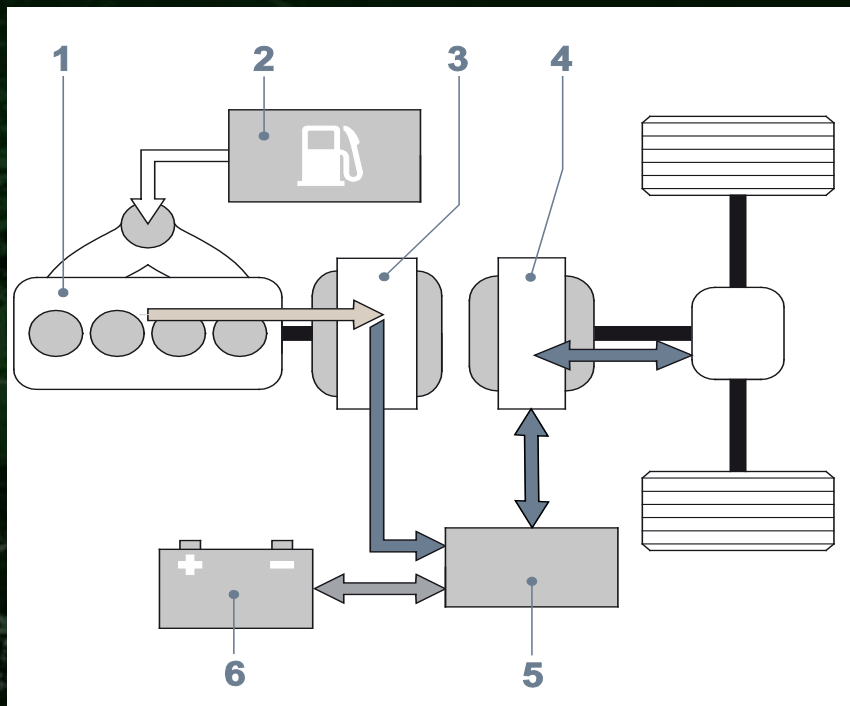
Електромотор:

- + обртни момент
- + издувна емисија штетних гасова
- + степен корисности
- маса
- пуњење
- аутономија кретања



- 1 – хибридни погон
- 2 – мотор СУС
- 3 – електромотор

Хибридна возила – конфигурације



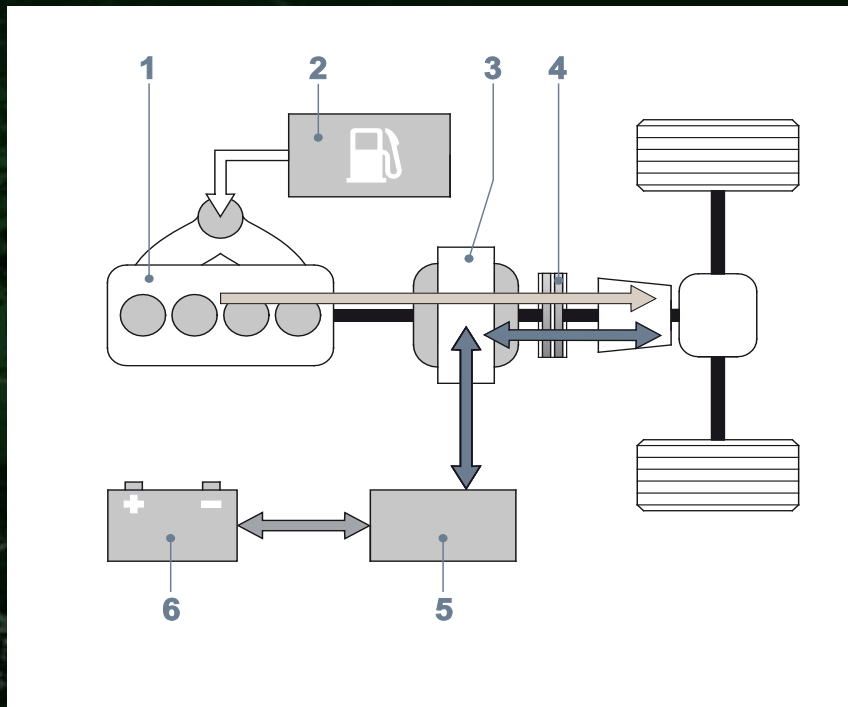
1. мотор СУС
2. резервоар
3. генератор
4. електромотор
5. инвертор
6. батерија

Редни хибриди

- + једноставна конструкција
- + оптималан рад мотора СУС
- + више типова брзоходних мотора
- + смештај мотора и генератора
- + нема трансмисије
- + могућност електромотора у точку
- + погодан за градске услове
- вишеструка трансформација енергије и губици при томе
- кретање већим брзинама

- Најчешће код тешких теретних возила и градских аутобуса (више простора)
- Могуће је регенеративно кочење

Хибридна возила – конфигурације

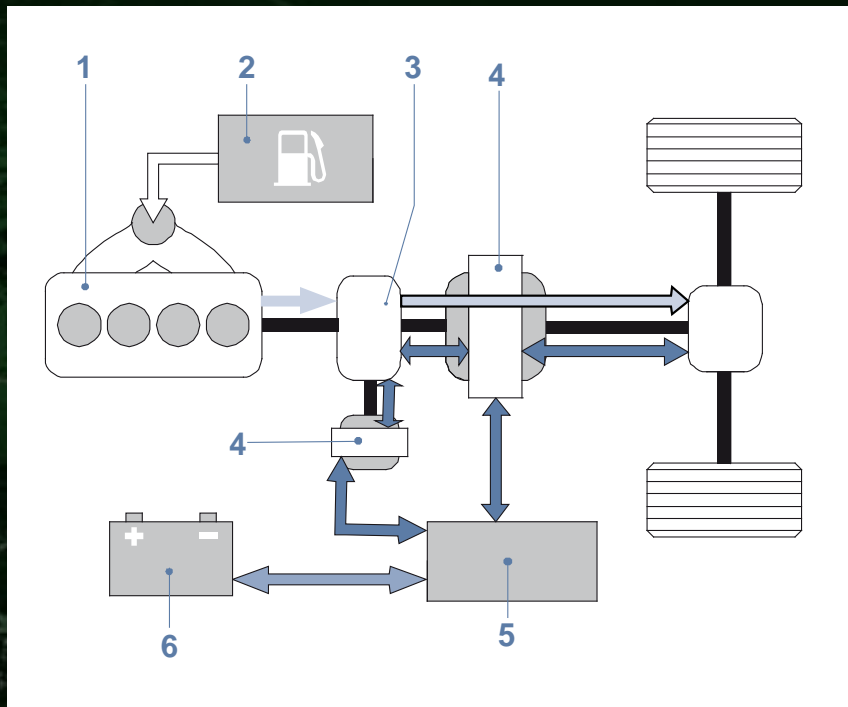


1. мотор СУС
2. резервоар
3. електромотор / генератор
4. спојница
5. инвертор
6. батерија

Паралелни хибриди

- + оба мотора учествују у погону
 - + нема вишеструке трансформације
 - + компактна конструкција
 - мотор СУС и ЕМ механички повезани са трансмисијом
 - рад мотора СУС није најоптималнији
- Најчешће код путничких возила
 - Могуће је регенеративно кочење
 - Постоји више варијанти паралелних хибрида, као и варијанта са две погонске осовине где се једна погони мотором СУС, а друга електромотором

Хибридна возила – конфигурације



1. мотор СУС
2. резервоар
3. планетарни разводник снаге
4. електромотор / генератор
5. инвертор
6. батерија

Хибриди са планетарним разводником (редно-паралелни хибриди)

- + оптимизован рад мотора СУС
- + редни и паралелни хибрид зависно од режима вожње
- + режим нулте емисије (ел. возило)
- + међуубрзања
- + регенеративно кочење и допуна батерија у кретању и мировању
- сложена конфигурација и алгоритам управљања

- Мотор СУС и ЕМ/генератор спојени преко планетарног преносника
- Најчешће код путничких возила (*Toyota Sinergy Drive - Prius*)

Хибридна возила – нивои хибридизације

| Функције / режими | Нивои хибридизације | | | |
|----------------------|---|--|--|---|
| | Микро хибрид (<i>Micro hybrid</i>) | Благи хибрид (<i>Mild hybrid</i>) | Потпуни хибрид (<i>Full hybrid</i>) | Плаг-ин хибрид (<i>Plug-in hybrid</i>) |
| Старт / стоп | • | • | • | • |
| Регенеративно кочење | • | • | • | • |
| Хибридни режим | | • | • | • |
| Електрични режим | | | • | • |
| Допуна на пунилишту | | | | • |

Електрична возила

- Електрично возило или електровозило је моторно возило које се покреће помоћу електромотора који се напаја из електрохемијског извора електричне енергије
- Својим радом не загађују животну средину и зато се могу назвати и возилима нулте емисије издувних гасова (*Zero Emission Vehicle - ZEV*)

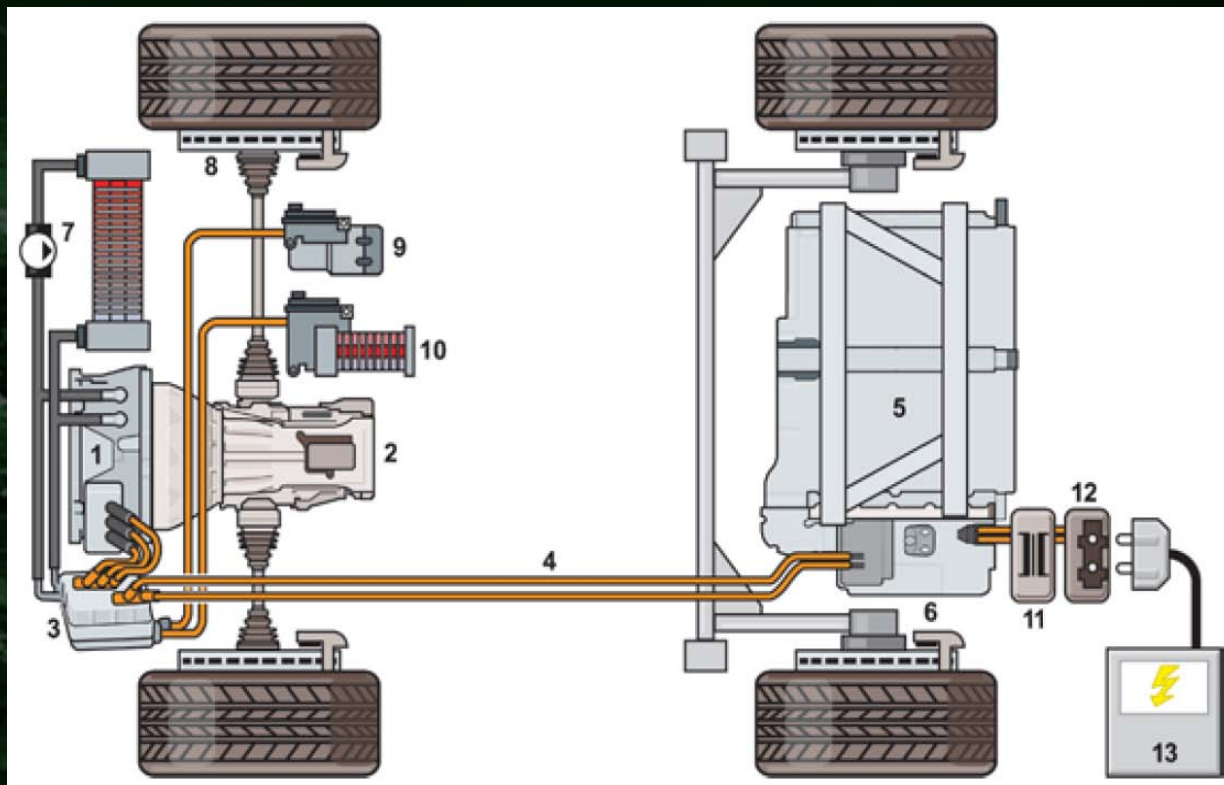


- Издувна емисија
- Бука и вибрације
- Стартовање при ниским температурама
- Тренутна расположивост максималног обртног момента
- Трошкови одржавања и експлоатациони трошкови



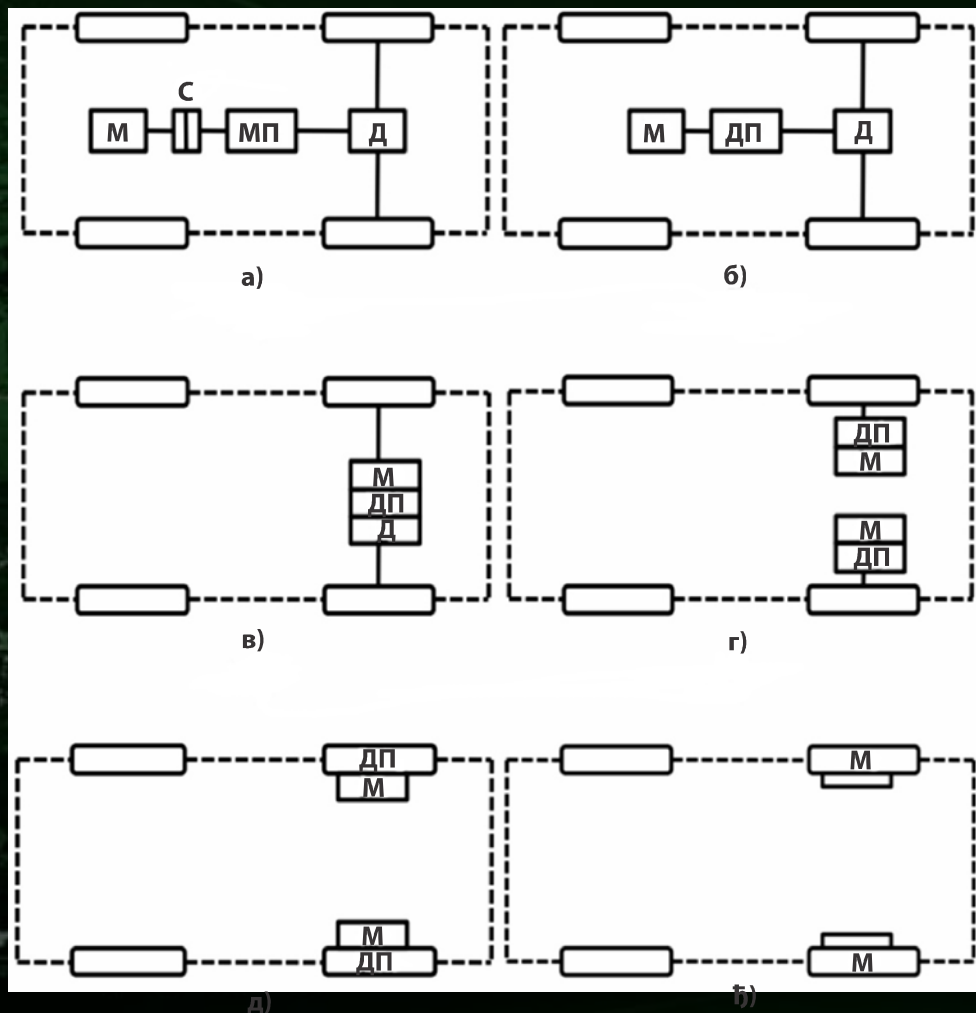
- Мања аутономија и брзина кретања
- Већа маса и мање слободног простора због батерија
- Спорија допуна батерија и инфраструктура допуне

Структура електропогона и њени елементи



- 1 - електромотор (генератор); 2 - систем трансмисије;
3 - контролер; 4 - проводници електричне енергије; 5 - батерија;
6 - инвертор; 7 - систем за хлађење; 8 - систем за (регенеративно) кочење;
9 - компресор клима уређаја; 10 - систем за грејање; 11 - пуњач батерије;
12 - прикључак за пуњење; 13 - спољни извор електричне енергије

Структура електропогона и њени елементи



М – електромотор

С – спојница

МП – мењачки преносник

ДП – допунски преносник
(редуктор)

Д – диференцијални преносник



Електромотори електровозила

- Ефикасност електромотора је знатно већа (и до 96%) у односу на мотор СУС

Најчешће су у употреби:

- Трофазни мотори наизменичне струје - индукциони (асинхрони) мотори и синхрони мотори са сталним магнетом
- Мотори једносмерне струје који за рад користе четкице или их не користе (са побудом сталног магнета)

Мотори са сталним магнетом

- + компактни, карактеристика снаге
- алгоритам управљања

Мотори једносмерне струје

- + уградња, цена, краткотрајна убрзања до мањих брзина
- пораст температуре при раду, неконтролисан пораст броја обртаја, карактеристике у режиму рада генератора

Батерије електровозила

| Тип батерије | Pb | NiCd | NiMH | Li-Ion |
|------------------------------|---------|-----------|---------|----------|
| Ном. напон ћелије [V] | 2 | 1,2 | 1,2 | 3,6 |
| Густина енергије [Wh/kg] | 35 | 50÷80 | 70÷95 | 118÷250 |
| Специфична снага [W/kg] | 180 | 200 | 200÷300 | 200÷430 |
| Месечно самопражњење [%] | <5 | 10 | 20 | <5 |
| Број циклуса пуњења | 1000 | 2000 | <3000 | 2000 |
| Радна температура [°C] | -15÷50 | -20÷50 | -20÷60 | -20÷60 |
| Трошкови производње [\$/kWh] | 60 | 250÷300 | 200÷250 | 150 |
| Тип батерије | Li-Po | LiFePO4 | Zn-air | ZEBRA |
| Номинални напон ћелије [V] | 3,7 | 3,2 | 1,6 | 2,6 |
| Густина енерг. [Wh/kg] | 130÷225 | 120 | 460 | 90÷120 |
| Специфична снага [W/kg] | 260÷450 | 2000÷4500 | 80÷140 | 155 |
| Месечно самопражњење [%] | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Број циклуса пуњења | >1200 | >1200 | 200 | >1200 |
| Радна температура [°C] | -20÷60 | -45÷70 | -10÷55 | -245÷350 |
| Трошкови производње [\$/kWh] | 150 | 350 | 90÷120 | 230÷345 |

Водоник као погонско гориво



- Распрострањеност, али у хемијским једињењима
- Нема загађења издувном емисијом (угљеникових или азотових једињења)



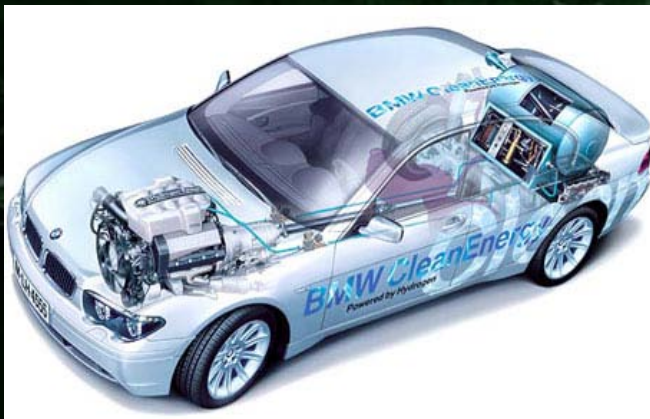
- Трошкови производње водоника (5 пута већи од производње бензина)
- Производња процесом електролизе зависи од извора електричне енергије
- Инфраструктура пунилишта и транспорт водоника
- Цена технологија

Употреба у возилима као погонско гориво:

- Сагоревањем у моторима СУС
- Добијање електричне енергије путем горивних ћелија процесом супротним од електролизе

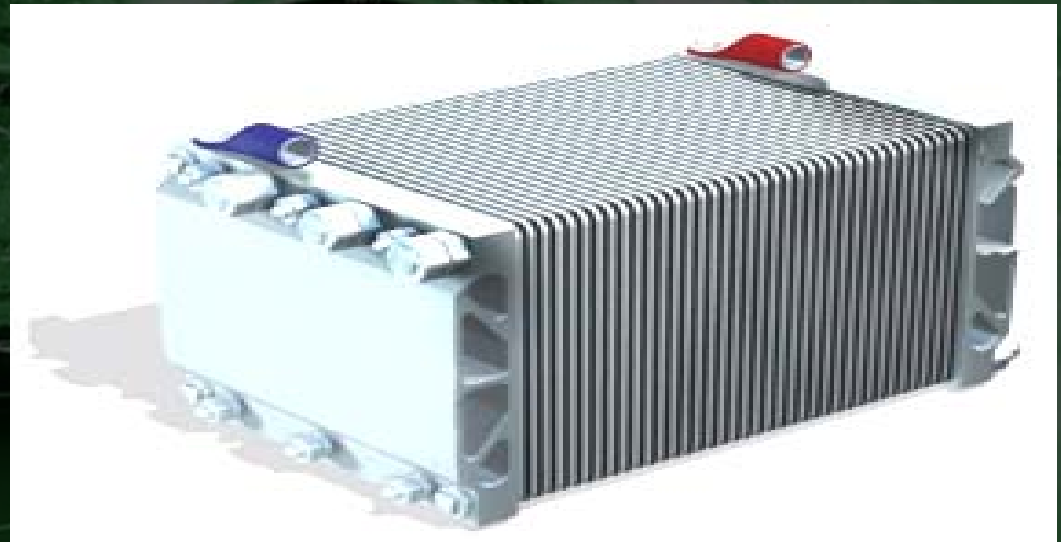
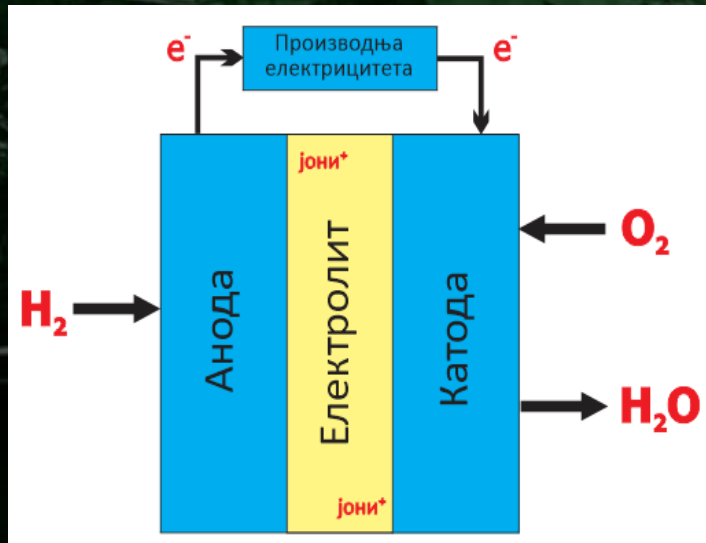
Сагоревање водоника у моторима СУС

- Због мање густине енергије коју водоник има на притисцима у цилиндрима, запремина мотора мора бити два до три пута већа него код бензинских мотора (за прихватљиве перформансе око 4 l, а сам погонски агрегат би имао 8-12 цилиндара)
- Користи се течни водоник расхлађен на температуру од 20 K, због знатно веће густине и потребне су специјалне пунионице и резервоари
- Неке од модификација мотора СУС подразумевају термичко ојачавање вентила, коришћење свећица са врхом који није од платине, већи напон калема, бризгаљке које морају бити конструисане за гас (а не течност), издржљивији материјал заптивки, већу температуру моторног уља и сл.



Водоник и горивне ћелије

- Горивна ћелија претвара хемијску енергију у електричну уз помоћ хемијске реакције позитивно наелектрисаних јона водоника са кисеоником или другим оксидационим агенсом
- Неопходан је проток горива и кисеоника (ваздуха) како би се одржала хемијска реакција за производњу електрицитета
- Енергетска ефикасност горивних ћелија износи од 40 до 60%, а може се повећати и до 80% уколико се употреби ослобођена топлота

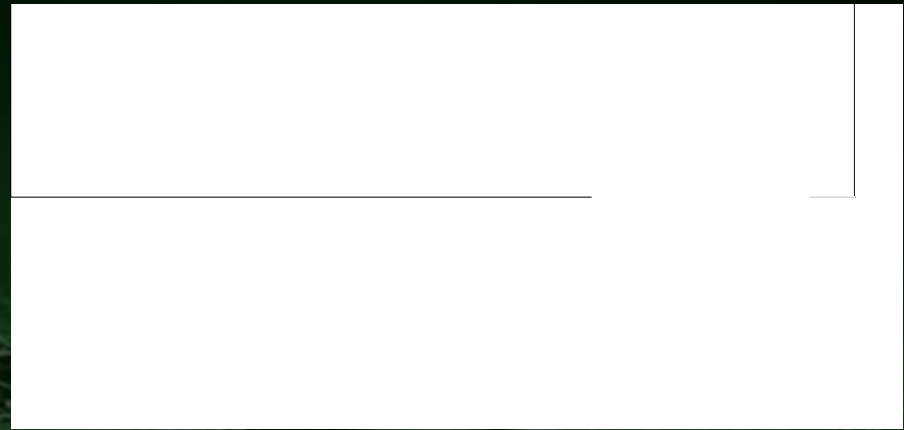


Водоник и горивне ћелије

Toyota Mirai

(јап. будућност)

- 370 редно везаних горивних ћелија са полимерном мембраном ($PEM: d = 1,34 \text{ mm}; m = 102 \text{ g}$)
- Пуњење 3-5 min
- Аутономија 500 km
- $P_{\text{max}} = 114 \text{ kW}$
- Два резервоара ($m = 88 \text{ kg}$)
- Маса празног возила 1850 kg



Закључак

Електровозила

- Све досадашње прогнозе, а посебно оне са краја прошлог века, прогнозирале су знатно већу употребу електровозила у првој и другој деценији ХХ века, што се није десило
- Узроци: "нафтни лоби", још увек висока цена возила, инфраструктура пунионица...
- Стварни еколошки учинак електровозила

Водоник као погонско гориво

- Најраспрострањенији хемијски елемент
- Неопходно смањење трошкова производње и транспорта водоника, као и изградња разгранате инфраструктуре точионица
- Масовна производња возила неће заживети у наредних 15 година

Закључак

Хибридна возила

- Најраспрострањенија (иако заједно са електровозилима не чине ни 1%)
- Употреба хибридних возила нема изражене недостатке
- Не могу се сматрати возилима нулте издувне емисије, иако се еколошка предност у односу на класичан погон мотором СУС никако не сме занемарити
- Прелазно решење ка возилима нулте издувне емисије
- Неколико светских произвођача возила најавило је да ће у наредних 5 до 10 година у потпуности прећи на хибридни и/или електро погон

Научно-технолошки развој само је потребан, али не и довољан услов за решавање наведених проблема.

Довољан услов лежи у еколошкој свести сваког од нас.

Хвала на пажњи!

