

# ADBLUE SISTEMOS ĮTAKA VARIKLIO GALIAI, TYRIMAS

*Darius Klemas, lekt. Tomas Kalinauskis*

*Šiaulių valstybinė kolegija, Aušros al. 40, Šiauliai*

**Anotacija.** Tyrime praktiškai įvertinta AdBlue sistemos įtaka 2022 m. „Renault Trafic“ 2.0 dCi variklio galiai ir emisijoms. Matavimai atlikti naudojant galios stendą „Dynamag“ ir BOSCH ESI[tronic] 2.0 sistemą, lyginant duomenis su veikiančia ir atjungta AdBlue sistema. Rezultatai atskleidė azoto oksidų (NOx) sumažėjimą ir galios skirtumus.

**Pagrindiniai žodžiai:** AdBlue, dyzelinis variklis, azoto oksidai (NOx), galios matavimas, emisijos.

## Įvadas

Šiuolaikiniai aplinkosaugos reikalavimai skatina ir įpareigoja transporto priemonių gamintojus diegti pažangias technologijas, padedančias mažinti į aplinką išmetamų kenksmingų medžiagų kiekį. Viena iš tokių technologijų yra AdBlue sistema, kuri padeda žymiai sumažinti azoto oksidų (NOx) emisijas dyzeliniuose varikliuose. Nepaisant akivaizdžių AdBlue sistemos privalumų, jos poveikis dyzelinių variklių eksploatacinėms savybėms, tokioms kaip variklio galia, degalų sąnaudos ir emisijos, dar nėra iki galo išanalizuotas. Siekiant objektyviai įvertinti šios sistemos efektyvumą, būtina ją tirti konkrečiame variklio modelyje realiomis darbo sąlygomis.

Tyrimo metu nagrinėjamas AdBlue sistemos veikimo principas bei jos poveikis variklio darbui realiomis eksploatacinėmis sąlygomis. Praktinių bandymų metu matuojami šie parametrai: variklio galia, sukimo momentas, degalų sąnaudos, azoto oksidų (NOx) emisijos, degalų įpurškimo slėgis, oro srautas, EGR vožtuvo padėtis ir įsiurbiamo oro slėgis. Matavimai atliekami su veikiančia ir atjungta AdBlue sistema, naudojant BOSCH diagnostinę sistemą ir Dynamag galios matavimo stendą.

Tyrimo objektas: 2022 metų „Renault Trafic“ su 2.0 dCi 96 kW (130 AG) dyzeliniu varikliu ir integruota AdBlue sistema.

Tyrimo tikslas: Praktinių būdu įvertinti AdBlue sistemos poveikį variklio galiai ir remiantis gautais variklio sistemų duomenimis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti AdBlue sistemos ir su ja susijusių variklio sistemų komponentus, jų veikimo principus bei integravimą į dyzelinį variklį;
2. Ištirti AdBlue poveikį variklio eksploatacinėms savybėms (galiai, emisijoms, degalų sąnaudoms);
3. Atlikti praktinius bandymus su aktyvia ir išjungta AdBlue sistema naudojant galios matavimo stendą Dynamag bei BOSCH ESI[tronic] 2.0 diagnostinę įrangą;
4. Atlikti gautų duomenų analizę ir palyginimą, įvertinant variklio darbo režimų pokyčius prie įvairių apsakų ir apkrovų;

5. Pateikti išvadas dėl AdBlue sistemos efektyvumo ir įtakos variklio darbui;

Informacijos šaltiniai: techninė literatūra, duomenų bazės, internetiniai šaltiniai.

Darbo metodai: kuriant baigiamąjį projektą naudota bendrosios ir techninės literatūros tyrimai, apibendrinimas, palyginimas.

### **Adblue sistemos ir tyrimo apžvalga**

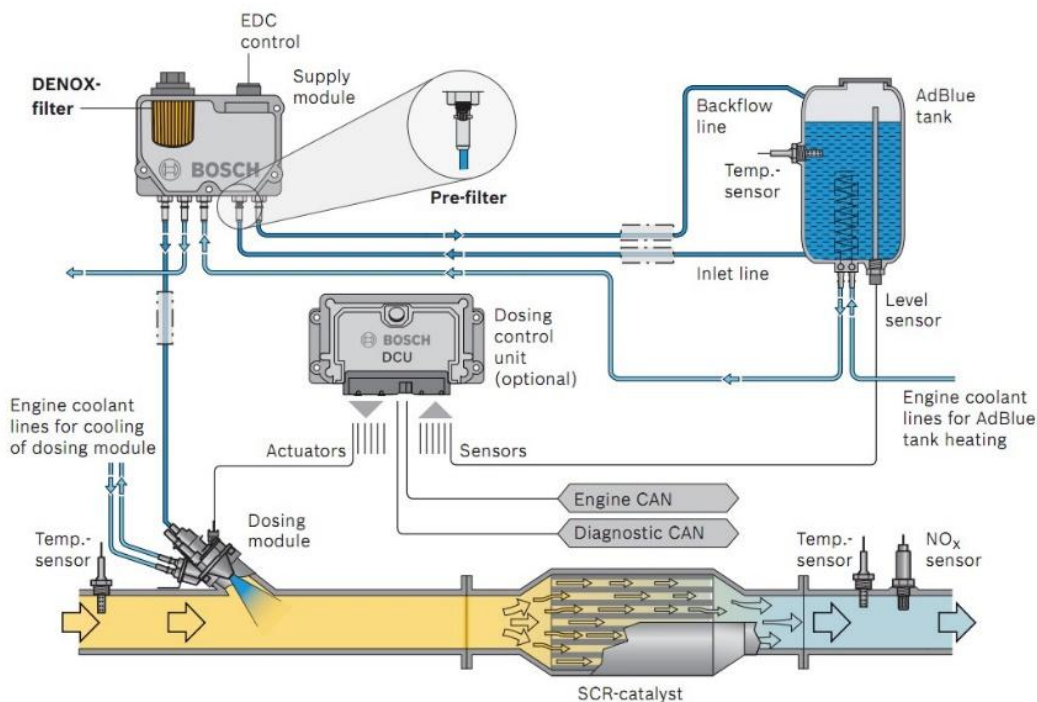
AdBlue – tai karbamido (32,5 %) ir demineralizuoto vandens (67,5 %) tirpalas, naudojamas SCR - selektyvios katalizinės redukcijos sistemose, siekiant sumažinti azoto oksidų NO<sub>x</sub> emisijas iš dyzelinių variklių. Ši technologija padeda transporto priemonėms atitikti griežtus Euro 6 ir Euro VI emisijų standartus bei prisideda prie oro kokybės gerinimo.



1 pav. AZO AdBlue skystis. [3]

### **Veikimo principas**

Veikimo principas – AdBlue įpurškimas į išmetimo sistemą prieš katalizatorių. Aukštoje temperatūroje karbamidas skyla į amoniaką (NH<sub>3</sub>), kuris katalizatoriuje reaguoja su azoto oksidais (NO<sub>x</sub>) ir paverčia juos nekenksmingu azotu (N<sub>2</sub>) ir vandens garais (H<sub>2</sub>O). Įpurškimo kiekis kontroliuojamas valdymo bloką pagal variklio darbo režimą ir azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) jutiklių duomenis.



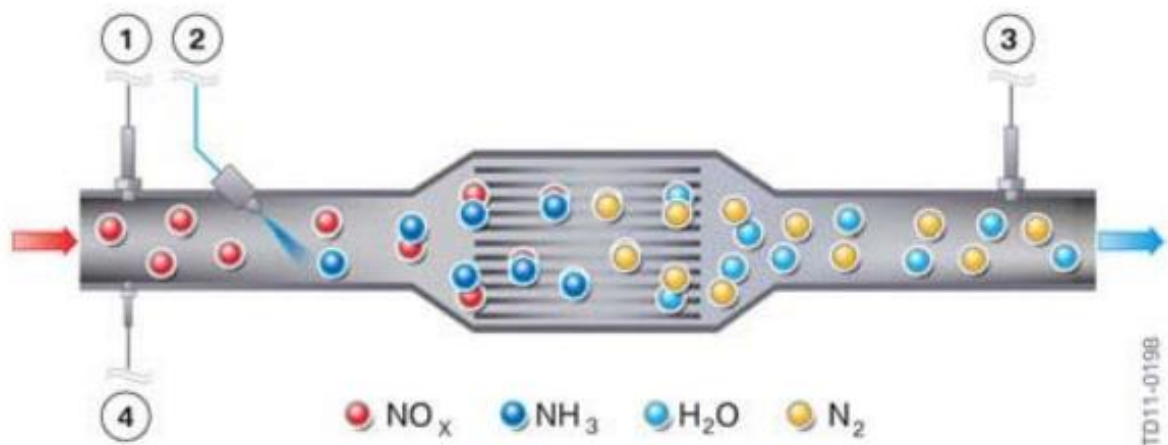
2 pav. AdBlue veikimo principas ir komponentai. [4]

AdBlue sistemos komponentai susideda iš:

- Talpos su temperatūros ir lygio jutikliais;
- Purkštuvo ir tiekimo linijų;
- DCU valdymo bloko, kuris komunikuoja su variklio ECU;
- SCR katalizatoriaus, kuriame vyksta cheminė oksidų, azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) redukcija;
- Azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) jutiklių prieš ir po katalizatorių;
- Šildymo sistemos, apsaugančios AdBlue nuo užšalimo žiemą.

## SCR katalizatorius

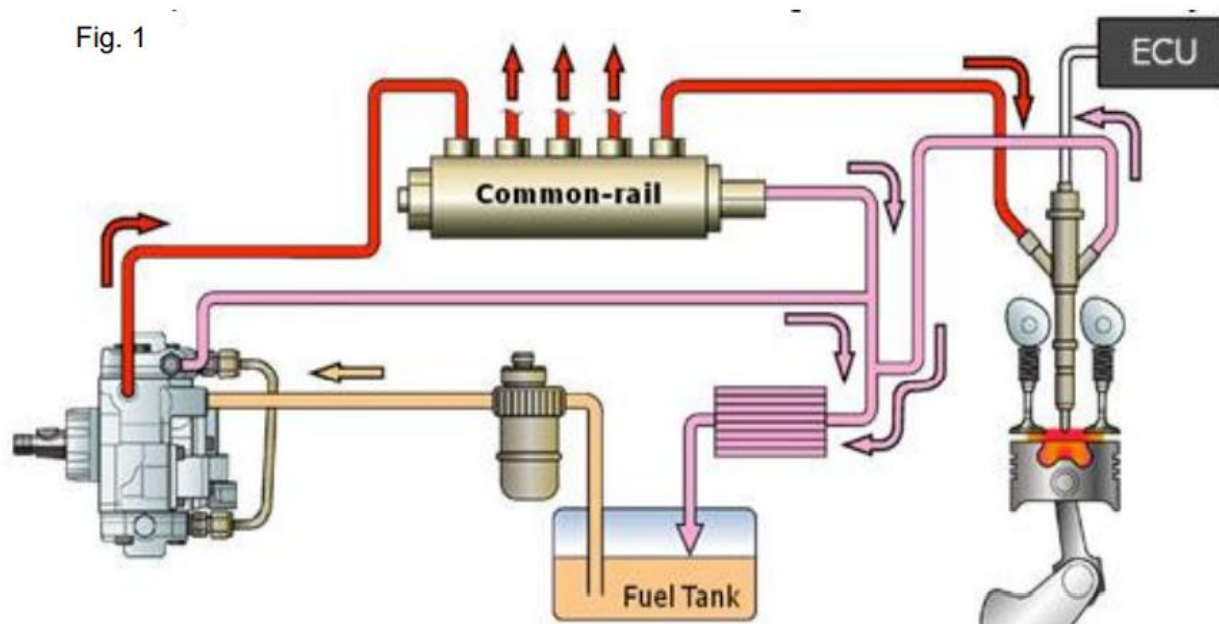
SCR (Selective Catalytic Reduction) katalizatorius yra pagrindinė AdBlue sistemos dalis. Jame vyksta katalizinė reakcija tarp amoniako ir azoto oksidų (NO<sub>x</sub>). Ši sistema gali sumažinti azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) emisijas iki 90–95 %, užtikrindama, kad transporto priemonė atitiktų Euro 6 reikalavimus. Optimalus katalizatoriaus darbas vyksta esant 200–400 °C temperatūrai.



3 pav. SCR katalizatoriaus. [9]

### Common Rail sistema

Modernūs dyzeliniai varikliai, naudoja Common Rail degalų įpurškimo sistemą, kuri užtikrina tikslų ir aukšto slėgio degalų įpuršimą. Ši technologija pagerina degimo procesą ir sumažina azoto oksidų ( $\text{NO}_x$ ) kiekį, kurį reikia neutralizuoti SCR sistemoje. Dėl to sumažėja ir AdBlue sunaudojimas.



4 pav. Common rail sistemos komponentai ir veikimas. [10]

## Renault Trafic



5 pav. Renault trafic 2022m. Modelis.[12]

Renault Trafic 2022 m. 2.0 dCi variklis atitinka Euro 6d-TEMP standartą ir turi:

- SCR sistemą su AdBlue;
- DPF (dyzelino kietųjų dalelių filtrą);
- Common Rail įpurškimo sistema;
- EGR sistemą (išmetamųjų dujų recirkuliaciją).

Šis variklis užtikrina gerą galią (96 kW / 130 AG), mažas emisijas ir vidutines CO<sub>2</sub> emisijas apie 155–170 g/km.

### Euro emisijų standartai

Euro emisijų standartai reglamentuoja leidžiamas azoto oksidų (NO<sub>x</sub>), kietųjų dalelių ir kitų teršalų emisijas. Nuo Euro 3 iki Euro 6, azoto oksidų (NO<sub>x</sub>) ribos dyzeliniams varikliams sumažintos nuo 0,5 g/km iki 0,08 g/km. Šių normų laikymasis be AdBlue nebūtų įmanomas.

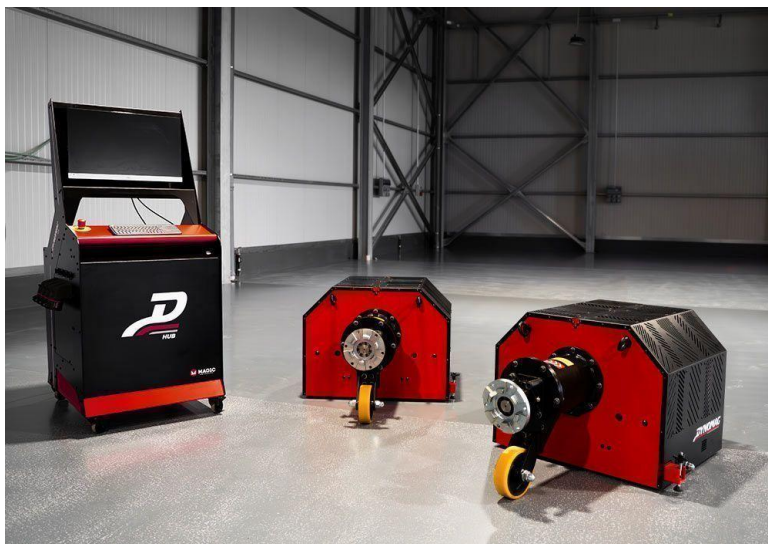
Euro 6d-TEMP reikalauja mažesnių emisijų realiomis važiavimo sąlygomis, todėl tokios technologijos kaip AdBlue tapo privalomos sunkvežimiuose ir daugelyje lengvųjų komercinių automobilių.

### Praktinių matavimų aprašymas

Tyrimo tikslas – išmatuoti AdBlue sistemos poveikį variklio eksploatacinėms savybėms (galiai, degalų sąnaudoms, emisijoms) ir pateikti duomenimis pagrįstą įvertinimą.

### Naudota įranga

Dynomag Hub DNH02.000 4WD – galios matavimo stendas, tai profesionalus galios matavimo stendas, skirtas tiksliai matuoti variklio galią ir sukimo momentą 2WD ir 4WD transporto priemonėse. Įrenginį gamina Italijos kompanija Magicmotorsport. [17]



6 pav. Dynamag Hub DNH02.000 4WD galios matavimo stendas. [17]

BOSCH FSA740 + ESI[tronic] 2.0. Yra pažangi transporto priemonių diagnostikos įranga, skirtas išsamiai elektronikos ir elektros sistemų diagnostikai. Kartu su programine įranga ESI[tronic] 2.0 ši sistema suteikia servisams galingą įrankį efektyviam gedimų nustatymui ir šalinimui.[18].



7 pav. BOSCH FSA740 + ESI[tronic] 2.0 diagnostika. [18]

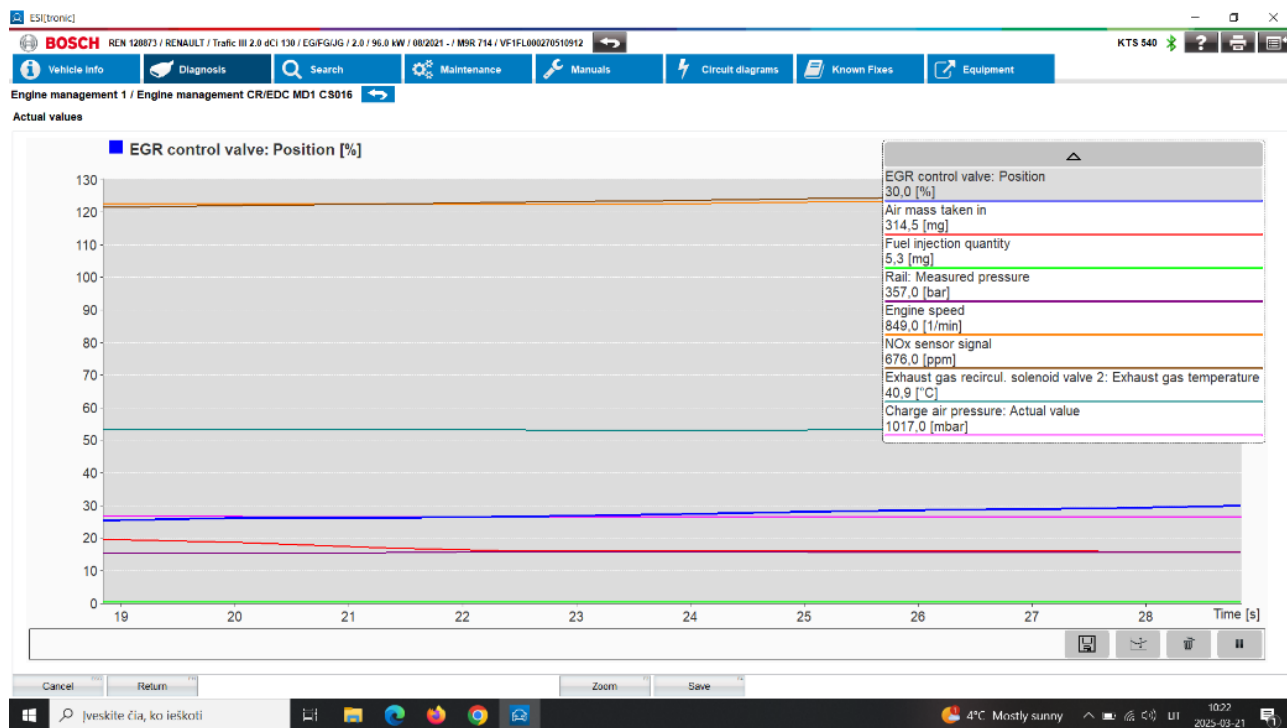
### Tyrimo eiga

1. Atliekama pradinė diagnostika per OBD2;
2. Užfiksuojami gyvi AdBlue sistemos ir ECU parametrai.

Variklio valdymo sistema (ECU), tai pagrindinė sistema, valdanti degalų padavimą, oro tiekimą, slėgį, variklio darbą ir našumą.

8 pav. (EGR ir variklio sistemos parametrai) paveiksliuke užfiksuoti šie variklio ir EGR sistemos parametrai:

- EGR vožtuvo padėtis – 30,0 % (Išmetamųjų dujų recirkuliacijos sistema – EGR);
- Įsiurbiamo oro kiekis – 314,5 mg (Variklio oro tiekimo sistema);
- degalų egalų įpurškimo kiekis – 5,3 mg (Variklio degalų sistema – Common Rail);
- Common Rail slėgis – 357,0 bar (Degalų tiekimo sistema);
- Variklio apskukos – 849 1/min (Variklio darbinis režimas);
- NOx jutiklio reikšmė – 676 ppm (Išmetamųjų dujų kontrolės sistema – NOx);
- Gražinamų dujų temperatūra – 40,9 °C (EGR sistema);
- Turbininio slėgio reikšmė – 1017,0 mbar.



8 pav. EGR ir variklio sistemos parametrai.

## Įrangos paruošimas ir transporto priemonės prijungimas



9 pav. Sumontuotas Dynomag Hub DNH02.000 4WD – galios matavimo stendas.

Prieš atliekant variklio galios matavimus, buvo sumontuotas Dynomag Hub tipo galios matavimo stendas. Transporto priemonės ratai buvo nuimti, o stebulės prijungtos tiesiogiai prie rato galios matuokliai. Taip išvengiama ratų slydimo ir pasiekiamas didesnis matavimo tikslumas. Taip pat priekyje pastatytas ventiliatorius, užtikrinantis efektyvų variklio ir aušinimo sistemos veikimą testavimo metu – tai svarbu išlaikyti stabilias darbo sąlygas. Kairėje matomas valdymo kompiuteris su specialia Dynomag valdymo programine įranga, kurioje atliekama kalibracija, matavimo eiga ir rezultatų fiksavimas žr. (9 pav.).

### Bandymų eiga ir duomenų analizė

Eksperimentinio tyrimo atlikimas.

Tyrimo metu buvo vertinama AdBlue sistemos įtaka dyzelinio variklio darbui, atliekant du palyginamuosius matavimus: su veikiančia AdBlue sistema ir su atjungta (neaktyvia) sistema.

Kiekvieno bandymo metu buvo fiksuojami šie parametrai:

Variklio diagnostikos (BOSCH ESI[tronic]) metu fiksuojami parametrai:

- Variklio sūkliai (RPM);
- EGR vožtuvo padėtis (%);
- Įsiurbiamo oro kiekis (mg);
- Degalų įpurškimo kiekis (mg);
- Common Rail slėgis (bar);

- NOx jutiklio duomenys (ppm);
- Išmetamųjų dujų temperatūra (vožtuvas 2) (°C);
- Įsiurbiamo oro slėgis (turbo) (mbar);
- AdBlue purkštuvo srovė (A);
- AdBlue slėgis (bar) (jei yra parodytas).

Galios matavimo (DynoMag) metu fiksuojami parametrai:

- Variklio galia (kW);
- Sukimo momentas (Nm);
- Variklio sūkliai (RPM);
- Galia ant ratų (kW);
- Nuostoliai (Power lost);
- Bandymų tipas (Single Sweep Test);
- Testo eiga laike (laikinis grafikas).

Matavimai buvo atliekami skirtingais variklio sūkliais, o rezultatai fiksuoti BOSCH ESI[tronic] 2.0 diagnostikos lange bei galios matavimo stende Dynamag Hub. Toliau pateikiami rezultatų variantų analizė pagal gautus parametrus iš paveikslelių.

## Matavimo rezultatai

Su AdBlue sistema (~1800 rpm), pagal BOSCH ESI[tronic] 2.0 grafiką :



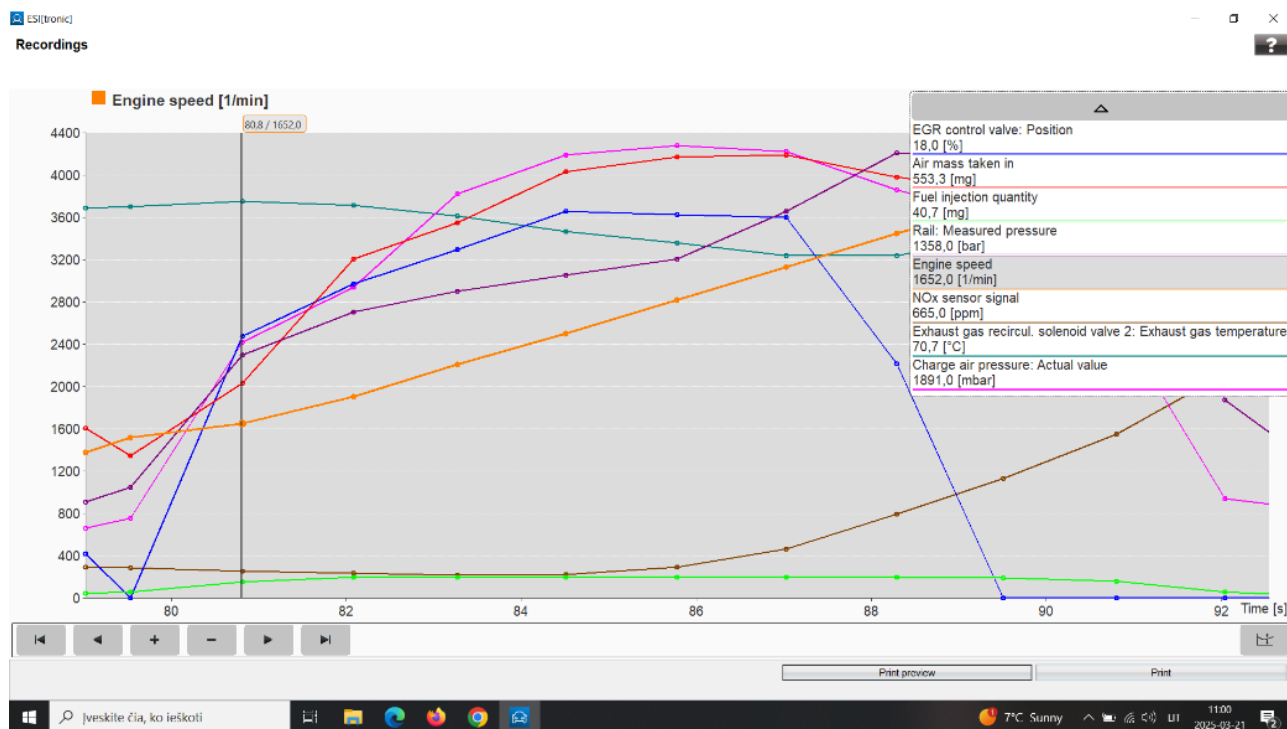
10 pav. su AdBlue sistema (~1800 rpm).

Fiksuoti parametrai esant 1724 variklio aps./min:

- Variklio sūkliai: 1724 aps./min;
- EGR vožtuvo padėtis: 18,1 %;

- Įsiurbiamo oro kiekis: 858,7 mg;
- Įpurškiamų degalų kiekis: 61,3 mg;
- Common Rail slėgis: 1599,0 bar;
- NOx jutiklio duomenys: 675,0 ppm;
- Išmetamųjų dujų temperatūra (vožtuvas 2): 72,9 °C;
- Įsiurbiamo oro slėgis (turbo): 2417,0 mbar.

Be AdBlue sistemos (~1800 rpm) BOSCH ESI[tronic] 2.0grafiką:

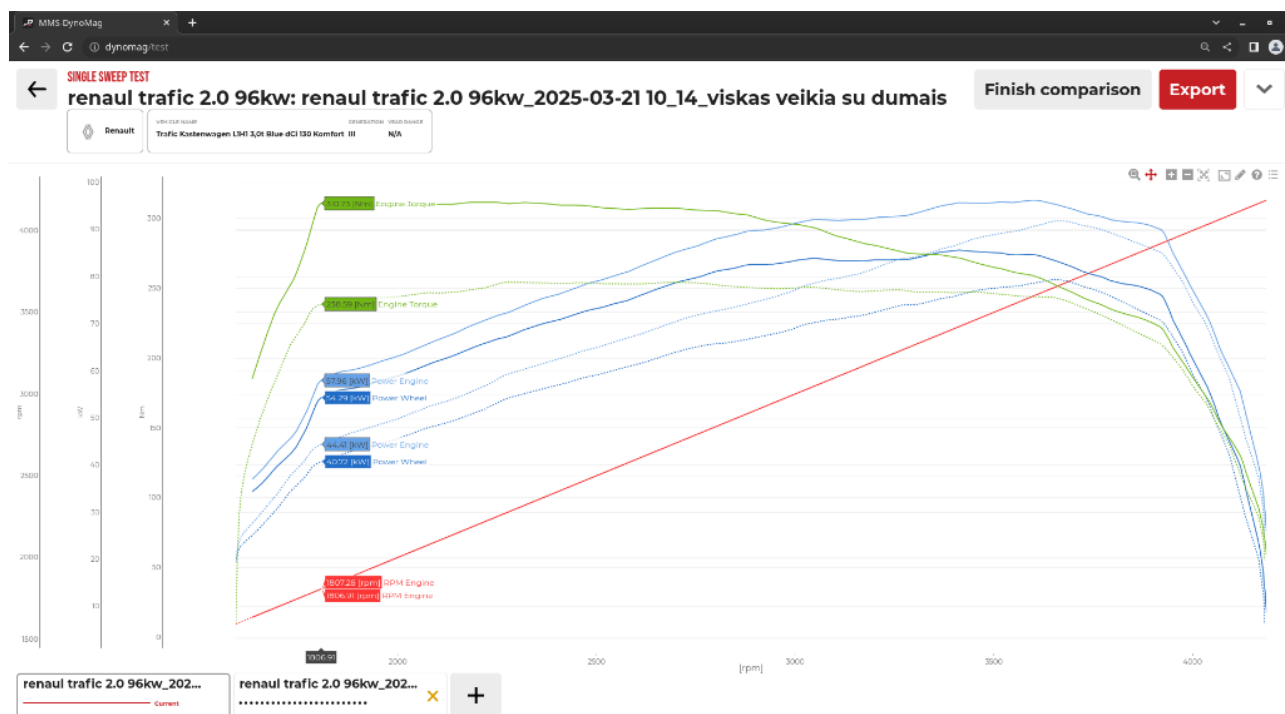


11 pav. be AdBlue sistemos (~1800 rpm).

Fiksuoti parametrai esant 1652 aps./min variklio sūkiams, buvo užfiksuoti šie parametrai be veikiančios AdBlue sistemos:

- Variklio sūkliai: 1652,0 [1/min];
- Įsiurbiamo oro kiekis: 553,3 mg;
- Degalų įpurškimo kiekis: 40,7 mg;
- Common Rail slėgis: 1358,0 bar;
- NOx jutiklio rodmuo: 665,0 ppm;
- Išmetamųjų dujų temperatūra (vožtuvas 2): 70,7 °C;
- EGR vožtuvo padėtis: 18,0 %;
- Įsiurbiamo oro slėgis (turbo): 1891,0 mbar.

Galios matavimo palyginimas su ir be AdBlue (pagal DynoMag):



12 pav. galios matavimo palyginimas su ir be AdBlue (pagal DynoMag).

Matavimai atlikti esant variklio sūkiams apie 1807 rpm (su AdBlue) ir 1806 rpm (be AdBlue).

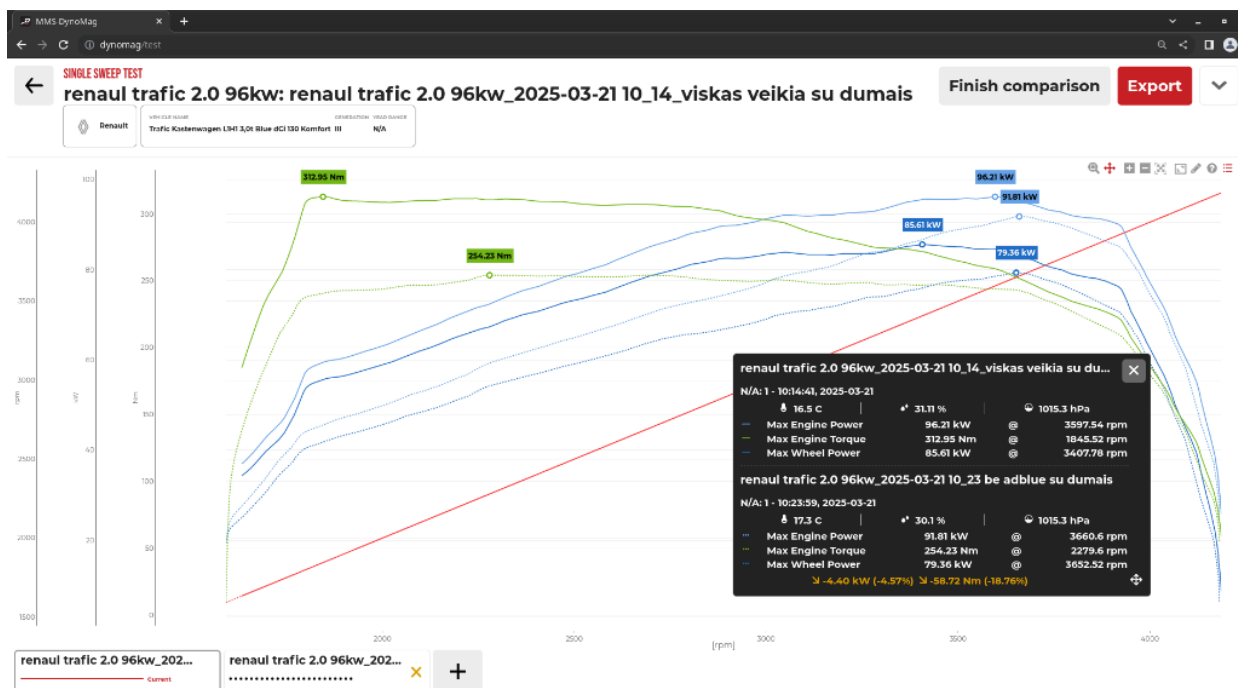
Su AdBlue sistema (pilna linija):

- Variklio sūkliai: 1807,28 rpm;
- Variklio galia: 57,96 kW;
- Galia ant ratų: 54,29 kW;
- Sukimo momentas: 310,73 Nm;

Be AdBlue sistemos (brūkšninė linija):

- Variklio sūkliai: 1806,91 rpm;
- Variklio galia: 44,4 kW;
- Galia ant ratų: 40,72 kW;
- Sukimo momentas: 238,59 Nm.

Pagal paskutinio matavimo DynoMag grafiką ir parametrų suvestinę, matomi aiškūs variklio veikimo skirtumai su aktyvia ir be AdBlue sistema:



13 pav. Paskutinio matavimo DynoMag grafikas ir parametų suvestinę.

Variklio parametrai su AdBlue sistema:

- Maksimali variklio galia: 96,21 kW prie 3597,54 rpm;
- Maksimalus sukimo momentas: 312,95 Nm prie 1845,52 rpm;
- Maksimali galia ant ratų: 85,61 kW prie 3407,78 rpm.

Variklio parametrai be AdBlue sistemos:

- Maksimali variklio galia: 91,81 kW prie 3660,6 rpm;
- Maksimalus sukimo momentas: 254,23 Nm prie 2279,6 rpm;
- Maksimali galia ant ratų: 79,36 kW prie 3652,52 rpm.

Skirtumų apibendrinimas:

- Variklio galia be AdBlue sumažėjo 4,4 kW (4,57 %);
- Sukimo momentas be AdBlue sumažėjo ženkliai, net 58,72 Nm (18,76 %).

1 lentelė. Parametų suvestinė

| Parametras           | Su AdBlue | Be AdBlue | Skirtumas | Skirtumas (%) |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Variklio galia (kW)  | 96,21     | 91,81     | -4,40 kW  | -4,57 %       |
| Sukimo momentas (Nm) | 312,95    | 254,23    | -58,72 Nm | -18,76 %      |
| Ratų galia (kW)      | 85,61     | 79,36     | -6,25 kW  | -7,30 %       |

Variklio maksimalių parametų pasiekimo sūčiai be AdBlue sistemos yra aukštesni, o tai reiškia, jog variklis turi veikti didesnėmis apsukomis, kad pasiektų optimalią galią.

Atjungus AdBlue sistemą pastebimai krenta variklio efektyvumas ir našumas. Labiausiai išsiskiria žymiai sumažėjęs sukimo momentas. Tai rodo, kad AdBlue sistema reikšmingai prisideda ne tik prie ekologijos (mažesnių azoto oksidų (NOx) emisijų), bet ir prie optimalaus variklio veikimo bei našumo charakteristikų.

2 lentelė. Visų gautų parametrų suvestinė

| Gauti rezultatai su ir be AdBlue sistemą pagal BOSCH ESI[tronic] 2.0 diagnostikos grafiką. |                  |                                   |                                         |                                |                                      |                                      |                                           |                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Variklio<br>sūkliai<br>(rpm)                                                               | AdBlue<br>būsena | Išsiurbiam<br>o oro<br>kiekis(mg) | Įpurškiam<br>ų degalų<br>kiekis<br>(mg) | Common Rail<br>slėgis<br>(bar) | NOx<br>jutiklio<br>duomenys<br>(ppm) | EGR<br>vožtuv<br>o<br>padėtis<br>(%) | Išmetamųjų<br>dujų<br>temperatūra<br>(°C) | Išsiurbiam<br>o oro<br>slėgis<br>(turbo):<br>(mbar) |
| 1800                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 553,3                             | 40,7                                    | 1358                           | 665                                  | 18                                   | 70,7                                      | 1891                                                |
| 1800                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 664,7                             | 43,5                                    | 1574                           | 781                                  | 20,7                                 | 78,2                                      | 2115                                                |
| 2000                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 874,3                             | 52,5                                    | 1599                           | 663                                  | 21,6                                 | 70,4                                      | 2102                                                |
| 2000                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 782,8                             | 46,8                                    | 1756                           | 732                                  | 21,4                                 | 76,1                                      | 2149                                                |
| 2250                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 968,4                             | 53,5                                    | 1717                           | 661                                  | 24                                   | 69,6                                      | 2465                                                |
| 2250                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 882,1                             | 49,2                                    | 1833                           | 744                                  | 21,2                                 | 75,2                                      | 2177                                                |
| 2500                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 1100,9                            | 53                                      | 1806                           | 662                                  | 26,6                                 | 68,4                                      | 2616                                                |
| 2500                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 949,1                             | 49,7                                    | 1872                           | 763                                  | 20,8                                 | 75                                        | 2218                                                |
| 2750                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 1137,7                            | 52,2                                    | 1894                           | 669                                  | 26,4                                 | 67,5                                      | 2652                                                |
| 2750                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 1004,2                            | 49,6                                    | 1924                           | 779                                  | 20,6                                 | 74,8                                      | 2261                                                |
| 3000                                                                                       | Su<br>AdBlue     | 1143,4                            | 52,3                                    | 2164                           | 686                                  | 26,2                                 | 66,5                                      | 2628                                                |
| 3000                                                                                       | Be<br>AdBlue     | 1065,8                            | 50,6                                    | 2128                           | 806                                  | 19,1                                 | 74,5                                      | 2329                                                |

|      |              |        |      |      |     |      |      |      |
|------|--------------|--------|------|------|-----|------|------|------|
| 3250 | Su<br>AdBlue | 1086,9 | 53,5 | 2488 | 719 | 16,1 | 66,5 | 2479 |
| 3250 | Be<br>AdBlue | 1088,1 | 52,8 | 2297 | 854 | 13,2 | 75,1 | 2356 |
| 3500 | Su<br>AdBlue | 1053,2 | 51,2 | 2486 | 753 | 0    | 68,1 | 2372 |
| 3500 | Be<br>AdBlue | 942,6  | 41,8 | 2395 | 867 | 0    | 74,2 | 1979 |
| 3750 | Su<br>AdBlue | 914,4  | 35   | 2125 | 867 | 0    | 74,2 | 1697 |
| 3750 | Be<br>AdBlue | 502,8  | 10,4 | 1057 | 929 | 0    | 77,4 | 1454 |
| 4000 | Su<br>AdBlue | 649,5  | 14,2 | 1106 | 852 | 0    | 73,5 | 1284 |
| 4000 | Be<br>AdBlue | 942,6  | 41,8 | 2395 | 795 | 0    | 70,4 | 1979 |

3 lentelė. Visų gautų parametrų suvestinė

| Galios matavimo palyginimas su ir be AdBlue pagal DynoMag garfiką |                  |                           |                        |                            |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|
| Variklio<br>sūkiai<br>(rpm)                                       | AdBlue<br>būsena | Variklio<br>galia<br>(kW) | Galia ant<br>ratų (kW) | Sukimo<br>momentas<br>(Nm) | Variklio galia, su ir be Adblue sistemos<br>palyginimas |
| 1800                                                              | Su<br>AdBlue     | 57,96                     | 54,29                  | 310,73                     | 13,56 kW 30,5 %                                         |
| 1800                                                              | Be<br>AdBlue     | 44,4                      | 40,72                  | 238,59                     |                                                         |
| 2000                                                              | Su<br>AdBlue     | 63,19                     | 58,98                  | 308,63                     | 13,26 kW 26,6 %                                         |
| 2000                                                              | Be<br>AdBlue     | 49,93                     | 45,71                  | 243,91                     |                                                         |
| 2250                                                              | Su<br>AdBlue     | 71,82                     | 66,84                  | 311,23                     | 13,44 kW 23,0 %                                         |
| 2250                                                              | Be<br>AdBlue     | 58,38                     | 53,39                  | 253,29                     |                                                         |
| 2500                                                              | Su<br>AdBlue     | 79,12                     | 73,31                  | 307,73                     | 14,06 kW 21,6 %                                         |

|      |              |       |       |        |                 |
|------|--------------|-------|-------|--------|-----------------|
| 2500 | Be<br>AdBlue | 65,06 | 59,2  | 253,16 |                 |
| 2750 | Su<br>AdBlue | 86,47 | 79,78 | 305,82 | 14,69 kW 20,5 % |
| 2750 | Be<br>AdBlue | 71,78 | 65,05 | 253,8  |                 |
| 3000 | Su<br>AdBlue | 91,4  | 83,44 | 295,75 | 14,16 kW 18,3 % |
| 3000 | Be<br>AdBlue | 77,24 | 71,24 | 250,22 |                 |
| 3250 | Su<br>AdBlue | 92,79 | 83,54 | 276,89 | 9,38 kW 11,2 %  |
| 3250 | Be<br>AdBlue | 83,41 | 73,65 | 248,82 |                 |
| 3500 | Su<br>AdBlue | 95,74 | 85,08 | 264,82 | 6,83 kW 7,7 %   |
| 3500 | Be<br>AdBlue | 88,91 | 77,52 | 246,06 |                 |
| 3750 | Su<br>AdBlue | 93,04 | 80,39 | 240,17 | 2,62 kW 2,9 %   |
| 3750 | Be<br>AdBlue | 90,42 | 77,27 | 233,22 |                 |
| 4000 | Su<br>AdBlue | 76,95 | 62,28 | 185,6  | 2,57 kW 3,5 %   |
| 4000 | Be<br>AdBlue | 74,38 | 59,1  | 179,42 |                 |

## Išvados

Tyrimo metu buvo įvertinta AdBlue sistemos įtaka dyzelinio variklio eksploatacinėms savybėms, remiantis tiek diagnostikos duomenimis, tiek galios matavimo rezultatais. BOSCH ESI[tronic] diagnostikos duomenys aiškiai parodė, kad veikianti AdBlue sistema leidžia reikšmingai sumažinti azoto oksidų (NOx) emisijas, skirtinguose variklio sūkių režimuose emisijų sumažėjimas siekė nuo 100 iki 150 ppm. Tuo pačiu buvo pastebėta, kad variklio darbas su veikiančia AdBlue sistema yra stabilesnis: EGR vožtuvas veikia tolygiau, įpurškiamų degalų kiekis dažnai būna mažesnis, o Common Rail degalų slėgis – žemesnis, kas rodo efektyvesnį degimo procesą.

Naudojant DynoMag galios matavimo stendą nustatyta, kad aktyvi AdBlue sistema lemia šiek tiek didesnę variklio galią – vidutinis padidėjimas siekė apie 5 kW (apie 5 %), o sukimo momentas – apie 7–10 % aukštesnis nei išjungus AdBlue sistemą. Pastebėta, kad šie skirtumai ryškiausiai atsispindi žemųjų–vidutinių sūkių diapazone (1800–3250 rpm), kur variklis generuoja didžiausią momentą. Nors kai kuriais režimais degalų įpurškimas su aktyvia AdBlue sistema buvo šiek tiek didesnis, tai nebuvo reikšminga tendencija – daugeliu atvejų sistema veikė ekonomiškai ir efektyviai. Papildomai pastebėta, kad naudojant AdBlue, išmetamųjų dujų temperatūra išlieka šiek tiek žemesnė, o įsiurbiamo oro slėgis labiau subalansuotas. Šie veiksniai sudaro palankesnes sąlygas SCR reakcijai ir visos emisijų mažinimo sistemos veikimui. Gauti duomenys leidžia daryti išvadą, kad AdBlue sistema yra efektyvi priemonė mažinant teršalų kiekį ir užtikrinant atitiktį šiuolaikiniams aplinkosaugos reikalavimams. Nors jos poveikis variklio galiai ir sukimo momentui nėra didelis bet AdBlue sistemos veikimas turi tiesioginę įtaką variklio galiai, nes jos išjungimas lemia galios ir sukimo momento sumažėjimą.

### Informacijos šaltiniai

1. Adblue sistemos apžvalga . Iš indianjournals.com puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijes&volume=2&issue=2&article=036&type=pdf>
2. Adblue sistemos tyrimas . Iš pmc.ncbi.nlm.nih.gov puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10882660/pdf/ao3c09052.pdf>
3. Adblue skystis . Iš gaschema.lt puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.gaschema.lt/en/anti-pollution-products/products/adblue>
4. Adblue veikimo principas . Iš imperialengineering.co.uk puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.imperialengineering.co.uk/understanding-adblue-exhaust-treatment-technology>
5. Adblue sistemos komponentai . Iš automotivetechno.com puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://automotivetechno.com/wp-content/uploads/2022/07/More-on-BlueTEC-and-AdBlue-Technology.pdf>
6. Adblue sistemos komponentai. Iš linkedin.com puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.linkedin.com/pulse/adblue-compulsory-australia-ecoblue--uj0gc>
7. Adblue sistemos poveikis varikliui . Iš springer.com puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-024-13920-z>

8. Adblue sistemos priežiūra ir eksploatavimas . Iš static.nhtsa.gov puslapio. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://static.nhtsa.gov/odi/tsbs/2015/MC-10119978-9999.pdf>
9. SCR sistemos komponentai ir veikimo principas. Iš ia801005.us.archive.org. Prieiga per internetą 2025-05-25:  
[https://ia801005.us.archive.org/11/items/BMWTechnicalTrainingDocuments/ST1307%20SCR%20%20%282nd%20Generation%20SCR%20System%29/SCR%20\\_US.pdf](https://ia801005.us.archive.org/11/items/BMWTechnicalTrainingDocuments/ST1307%20SCR%20%20%282nd%20Generation%20SCR%20System%29/SCR%20_US.pdf)
10. Common rail sistemos komponentai ir veikimo principas. Iš orbitcollege.co.za Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.orbitcollege.co.za/CRD%20-%20Learning%20Material.pdf>
11. Common rail sistemos komponentai ir veikimo principas. Iš exxotest.com Prieiga per internetą 2025-05-25:  
[https://exxotest.com/wp-content/uploads/2018/03/GU\\_MT-H9000\\_EN.pdf](https://exxotest.com/wp-content/uploads/2018/03/GU_MT-H9000_EN.pdf)
12. Renault trafic techniniai duomenys. Iš renault.sostena.lt Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://renault.sostena.lt/modelslt/Trafic-Van-MY22/specs>
13. Renault trafic techniniai duomenys. Iš mymotorlist.com Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://mymotorlist.com/engines/renault/m9r/>
14. Renault trafic techniniai duomenys. Iš jdmfsm.info Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://jdmfsm.info/Auto/Japan/Nissan/J10%20Qashqai/2007%20J10/ECR.pdf>
15. Euro emisijų standartai. Iš climate.ec.europa.eu Prieiga per internetą 2025-05-25:  
[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en)
16. SCR sistemos komponentai ir veikimo principas. Iš rvtechlibrary.com Prieiga per internetą 2025-05-25:  
[https://www.rvtechlibrary.com/engine/Cummins\\_DEF.pdf](https://www.rvtechlibrary.com/engine/Cummins_DEF.pdf)
17. Dynamag Hub galios matavimo stendo techninės specifikacijos Iš magicmotorsport.shop Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://magicmotorsport.shop/en/shop/dynamag-hub-precise-compact-dyno-2wd-4wd-vehicles.html#description>
18. BOSCH FSA 740 techninės specifikacijos Iš boschaftermarket.com Prieiga per internetą 2025-05-25:  
<https://www.boschaftermarket.com/gb/en/diagnostics/engine-service/vehicle-systems-analysers/fsa-740-with-kts-560/>
19. Saugus darbas automobilių remonto įmonėse. Iš valstybinė darbo inspekcija. Prieiga per internetą 2025-05-25: <[www.vdi.lt](http://www.vdi.lt)>