

Lisa 3. CO₂ eriheite referentsväärtuse leidmise meetodika kirjeldus puuduva väärtusega sõidukitele

Mootorsõidukimaksu aluseks olev CO₂ näitaja on arvestataval osal sõidukitel liiklusregistris erinevatel põhjustel märkimata. Peamiselt on need vanemad sõidukid, mis on registreeritud ajal, mil CO₂ mõõtmine ja märkimine ei olnud kohustuslik. Nendele sõidukitele määratakse maksustamise referentsväärtus, mis põhineb muudel registrisse märgitud näitajatel. Need näitajad on valitud statistilise analüüsi tulemusena, kasutades neid sõidukeid, millel on CO₂ näitaja registris olemas. Üldine analüüsi loogika on tuvastada CO₂ näitaja ning muude registrinäitajate-vaheline parameetiline seos nii, et see oleks statistiliselt oluline ning usaldusväärselt kasutatav referentsväärtuse hindamiseks.

Analüüsimeetodiks on valitud lineaarne regressioonanalüüs¹ vähimruutude meetodil². Regressioonanalüüs võimaldab hinnata seoseid ja nende tugevust mitme näitaja vahel korraga, mida lihtsam korrelatsioonanalüüs ei võimalda. Parim matemaatiline seos näitajate vahel ei pruugi olla lineaarne, kuid selleks, et referentsväärtuse arvutuskäik oleks võimalikult lihtne ja arusaadav võimalikult paljudele inimestele, on valitud lineaarne seos, mis on kõigist võimalikest (näiteks logaritmiline-, eksponentsiaalne- või ruutseos) kõige lihtsam ja näitajavaheliste seoste analüüsidest ka kõige enam kasutusel.

Analüüsi aluseks olev andmestik on Liiklusregister 2022. aasta lõpu seisuga, ning sellest on võetud M- ning N-kategooria sõidukid, millel on CO₂ näitaja märgitud. Analüüsiks on NEDC meetodil hinnatud CO₂ näitaja teisendatud WLTP ekvivalendiks koefitsiendiga 1,21 (N-kategoorial 1,3).

Kuna registris võib olla tehniliselt sarnaseid sõidukeid mitu, on analüüsi võetud iga unikaalne sõidukimudel ühe korra. Hinnata on vaja näitajate vahelist seost, mitte kogu autopargi seost CO₂ emissioonide näitajaga. Unikaalsuse tuvastamise kriteeriumideks on sõiduki tootja, mudel, väljalaskeaasta, mootorimaht, mootori kütuseliik, võimsus, keretüüp, käigukasti tüüp, tühimag ning CO₂ näitaja.

Analüüsi käigus testiti erinevaid CO₂ eriheidet mõjutavate näitajate kombinatsioone. Lõplik valik tehti kahe kriteeriumi alusel. Esiteks, et mudeli statistiline usaldusväärsus oleks võimalikult suur ning teiseks, et valitud näitajad oleksid kõigil sõidukitel registris olemas.

Lõplikud mudeli näitajad, mille järgi arvutatakse puuduoleva CO₂ näitajaga sõidukile referentsväärtus, on sõiduki võimsus, vanus³, tühimag ning kasutatava kütuse liik.

Hinnatud mudel M-kategooria sõidukitele on antud järgmise valemiga:

$$\text{Referentsväärtus } \left(g \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} \right) = 0,29 \times \text{mootori võimsus } (kW) + 0,07 \times \text{tühimag } (kg) + 4,92 \times \text{vanus } (a) + \text{kütuse liik } (\text{vajadusel})$$

¹ <https://et.wikipedia.org/wiki/Regressioonanal%C3%BC%C3%BCs> ; https://en.wikipedia.org/wiki/Regression_analysis (i.k)

² https://et.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4himruutude_meetod ; https://en.wikipedia.org/wiki/Ordinary_least_squares (i.k)

³ 2022 miinus väljalaskeaasta.

Kuna erinevat kütuseliiki kasutatavatel sõidukitel on keskmiselt erinev CO₂ näitaja, on regressioonimudelid ka kütuseliiki tähistavad nukkm muutujad⁴, mille hinnatud parameetrid on esitatud alljärgnevas tabelis 1.

Tabel 1. Referentsväärtuse kütuse parameetrid M-kategooria sõidukitele

| Kütuseliik (M-kategooria) | Parameetri väärtus, g CO ₂ /km |
|---------------------------|---|
| Diisel | -35 |
| Diisel-hübriid | -52 |
| Bensiin-Hübriid | -39 |

Mudeli kõiki parameetreid on korrutatud koefitsiendiga 0,9, et vähendada mudeli tõenäosuslikust olemusest tulenevat ebatäpsust ning seeläbi on parameetreid muudetud maksimumsajale soodsas suunas. Samuti on lõpptulemusele sätestatud ülempiir kuna väga vanadele, rasketele ja võimsatele sõidukitele võib mudel anda tulemuseks ebaloogiliselt suure referentsväärtuse.

Kui sõidukil on üks nimetatud kütuseliikidest, lahutatakse mudeli tulemusest vastav väärtus. Põhimudel kehtib bensiinimootoriga- ja mitmekütuseliste M-kategooria sõidukitele, välja arvatud pistikhübriidid ja elektrimootoriga sõidukid. Pistikust laetavate hübriidelektrisõidukite CO₂ näitaja on teiste sõidukitega võrreldes oluliselt väiksem. Kuna neid on vähe, varieeruvus ei ole väga suur, kuid mudeli parameeter võib teatud erandjuhtudel anda lõpptulemuseks negatiivse tulemuse, on nende puhul valitud referentsväärtuseks 46 g CO₂/km, mis on praegu registris olevate sõidukite WLTP või selle NEDC ekvivalendi mediaanväärtus.

Mudeli hindamise käigus testiti ka gaasiautodele ja M1G alamkategooria sõidukitele eraldi parameetri hindamist. Hinnatud parameeter ei erinenud statistiliselt olulisel määral nullist, mistõttu neid eraldi ei käsitleta.

Hinnatud mudel N-kategooria sõidukitele on antud järgmise valemiga:

$$\text{Referentsväärtus (g } \frac{\text{CO}_2}{\text{km}}) = 0,4 \times \text{mootori võimsus (kW)} + 0,07 \times \text{tühi mass (kg)} + 5,16 \times \text{vanus (a)} + \text{kütuse liik (vajadusel)}$$

Kuna erinevat kütuseliiki kasutatavatel sõidukitel on keskmiselt erinev CO₂ näitaja, on regressioonimudelid ka kütuseliiki tähistavad nukkm muutujad, mille hinnatud parameetrid on esitatud alljärgnevas tabelis 2.

Tabel 2. Referentsväärtuse kütuse parameetrid N-kategooria sõidukitele

| Kütuseliik (N-kategooria) | Parameetri väärtus, g CO ₂ /km |
|----------------------------|---|
| Bensiin | +22,4 |
| Diisel- või bensiinhübriid | -19,9 |

Analoogselt M-kategooria sõidukitega on mudeli kõiki parameetreid korrutatud koefitsiendiga 0,9, et vähendada mudeli tõenäosuslikust olemusest tulenevat ebatäpsust ning seeläbi on

⁴ I.k. *dummy*

parameetreid muudetud maksimumaksjale soodsas suunas. Samuti on lõpptulemusele sätestatud ülempiir kuna väga vanadele, rasketele ja võimsatele sõidukitele võib mudel anda tulemuseks ebaloogiliselt suure referentsväärtuse.

Kui sõidukil on üks nimetatud kütuseliikidest, lahutatakse mudeli tulemusest vastav väärtus. Kuna N-kategooria sõidukid on valdavalt diiselmootoriga, on loogilisem põhimudel hinnata nende järgi. Põhimudel kehtib diislimootoriga- ja mitmekütuseliste N-kategooria sõidukitele, välja arvatud pistikhübriidid ja elektrimootoriga sõidukid. Pistikust laetavate hübriidelektrisõidukite CO₂ näitaja on teiste sõidukitega võrreldes oluliselt väiksem. Kuna neid on vähe, varieeruvus ei ole väga suur, kuid mudeli parameeter võib teatud erandjuhtudel anda lõpptulemuseks negatiivse tulemuse, on nende puhul valitud referentsväärtuseks 69 g CO₂/km, mis on registris olevate N-kategooria sõidukite WLTP või selle NEDC ekvivalendi mediaanväärtus.

Mudeli hindamise käigus testiti ka gaasiautodele ja N1G alamkategooria sõidukitele eraldi parameetri hindamist. Hinnatud parameeter ei erinenud statistiliselt olulisel määral nullist, mistõttu neid eraldi ei käsitleta.

Regressioonimodelite statistilise usaldusväärsuse hindamiseks on erinevaid meetodeid. Vähimruutude meetodil hinnatud lineaarse regressioonimudeli puhul on üks peamisi mudeli täpsust hindavaid näitajaid determinatsioonikordaja⁵ (tavaliselt tähisega R²), mis kirjeldab, kui suure osa hinnatavas näitajas (sõiduki CO₂) sisalduvast variatsioonist kirjeldab kõnealune mudel oma parameetritega. M-kategooria sõidukitele hinnatud mudeli vastav näitaja on 98,0%, N-kategooria mudelil on vastav näitaja 98,3%. Selle tõlgendus on, et mudeli poolt hinnatud referentsväärtuse variatsioonist vaid ~2% on selgitamata võrreldes tegeliku CO₂ näitajaga.

Alljärgnevalt on välja toodud hinnatud regressioonivõrrandite täpsemad statistilised parameetrid (tabelid 3 ja 4). Lõplikus referentsväärtuse valemis on parameetreid korrutatud koefitsiendiga 0,9.

Tabel 3. Regressioonimudel M-kategooria sõidukitele (unikaalsete sõidukite põhjal)

| Source | SS | df | MS | Number of obs | = | 34,628 |
|----------|------------|--------|------------|---------------|---|----------|
| Model | 1.5802e+09 | 6 | 263358706 | F(6, 34622) | > | 99999.00 |
| Residual | 32392504.6 | 34,622 | 935.604661 | Prob > F | = | 0.0000 |
| Total | 1.6125e+09 | 34,628 | 46567.6545 | R-squared | = | 0.9799 |
| | | | | Adj R-squared | = | 0.9799 |
| | | | | Root MSE | = | 30.588 |

| co2_komb | Coef. | Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] |
|-----------------|-----------|-----------|---------|-------|----------------------|
| mootori_voimsus | .3230597 | .0030158 | 107.12 | 0.000 | .3171485 .3289708 |
| tyhimass | .0795605 | .0003582 | 222.09 | 0.000 | .0788583 .0802626 |
| vanus | 5.469115 | .0246202 | 222.14 | 0.000 | 5.420858 5.517371 |
| diisel_d | -38.90677 | .3871153 | -100.50 | 0.000 | -39.66553 -38.14801 |
| hübriid_diisel | -57.83069 | 1.166459 | -49.58 | 0.000 | -60.11699 -55.5444 |
| hübriid_bensiin | -43.57358 | .985893 | -44.20 | 0.000 | -45.50597 -41.6412 |

Tabel 4. Regressioonimudel N-kategooria sõidukitele (unikaalsete sõidukite põhjal)

| Source | SS | df | MS | Number of obs | = | 6,375 |
|----------|------------|-------|------------|---------------|---|----------|
| Model | 396930219 | 6 | 66155036.6 | F(6, 6369) | = | 62909.00 |
| Residual | 6697633.98 | 6,369 | 1051.59899 | Prob > F | = | 0.0000 |
| | | | | R-squared | = | 0.9834 |
| | | | | Adj R-squared | = | 0.9834 |
| Total | 403627853 | 6,375 | 63314.1731 | Root MSE | = | 32.428 |

| co2_komb | Coef. | Std. Err. | t | P> t | [95% Conf. Interval] |
|-----------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| mootori_voimsus | .4408188 | .012223 | 36.06 | 0.000 | .4168576 .46478 |
| tyhimass | .0759115 | .0007249 | 104.73 | 0.000 | .0744906 .0773325 |
| vanus | 5.728195 | .0812942 | 70.46 | 0.000 | 5.568831 5.887559 |
| bensiin_d | 24.92845 | 1.556911 | 16.01 | 0.000 | 21.87638 27.98052 |
| hybriid_diisel | -21.94838 | 12.2777 | -1.79 | 0.074 | -46.0168 2.120048 |
| hybriid_bensiin | -22.11585 | 12.33765 | -1.79 | 0.073 | -46.3018 2.070108 |