

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 analüüsides 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 ja 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 ja 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 nukkmuutujad⁴, 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 maksimumsjaale 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 MIG 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 nukkmuutujad, 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