



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
ELEKTROENERGEETIKA JA MEHHATROONIKA INSTITUUT

Elekter- ja gaastranspordi sotsiaal- majanduslikud ja tehnilised mõjud

Teadus-arendustöö Lep15088 lõpparuanne

Tallinn 2018

Teadus-arendustöö täitjad:

Ivo Palu	vastutav täitja, professor, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Roman Bogdanovitš	doktorant, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Matti Keel	teadur, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Hardi Koduvere	nooremteadur, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Ott Koppel	külalislektor, TTÜ mehaanika ja tööstustehnika instituut
Reeli Kuhi-Thalfeldt	dotsent, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Kati Kõrbe Kaare	dotsent, TTÜ mehaanika ja tööstustehnika instituut
Karl Kull	nooremteadur, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut
Jelena Šuvalova	vanemlektor, TTÜ elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Sisukord

0.	Laiendatud kokkuvõte (<i>Executive Summary</i>).....	6
0.1.	Teadus-arendustöö eesmärgid	6
0.2.	Kaupade ja reisijate liikumised.....	7
0.3.	Veerem.....	8
0.4.	Transpordi infrastruktuur.....	9
0.5.	Energiakasutus transpordis	9
0.6.	Veonduse keskkonnamõju	10
0.7.	Modelleeritud stsenaariumid	10
0.8.	Tulemused	12
	Veeremi läbisõit	12
	Elektrienergia	13
	Emissioonid.....	14
	Transpordistsenaariumide mõju energiatootmisele.....	20
	Stsenaariumide finants- ja majandusanalüüs.....	22
0.9.	Järeldused ja soovitusel	23
1.	Sissejuhatus	25
2.	Transport Eestis.....	27
2.1.	Transpordisektori määratlus	27
2.2.	Transpordinõudlus: reisijate- ja kaubavedu ning tööstustransport	29
	Transpordisüsteem	29
	Inimeste liikumised	34
	Kaupade liikumised.....	41
2.3.	Transpordipakkumine: veoviisid ja -liigid ning veerem.....	42
2.4.	Füüsiline transpordiinfrastruktuur ja selle läbilaskevõime.....	48
2.5.	Transpordi institutsionaalne infrastruktuur	52
2.6.	Transpordikütused	57
	Liigid	57
	Kütteväärtused.....	65
	Transpordikütuste tarbimine Eestis ja võrdlusriikides	65
2.7.	Kahjulike ainete emissioonid transpordis.....	75
3.	Metoodika.....	79

3.1.	Uurimisstrateegia.....	79
3.2.	Transpordikütuste kasutamise struktuurimuudatused	80
3.3.	Eesti transpordisüsteemi arengud	84
	Sõiduautode kasutamine.....	86
	Maanteetransport.....	87
	Raudteetransport.....	88
	Muu ühistransport	89
	Vetelvedu	89
	Tööstustransport.....	89
3.4.	Transpordi arengutsenaariumid.....	89
0.	Nullstsenaarium (<i>business as usual, BAU</i>)	91
A.	Elektertranspordi forsseeritud arendamine.....	91
B.	Gaastranspordi forsseeritud arendamine	92
C.	Elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud areng	92
D.	„Naftatoodete vastulööök“	92
3.5.	Transpordivaldkonna modelleerimine	93
3.6.	Energiavaldkonna modelleerimine	103
3.7.	Sotsiaalmajanduslik tasuvusanalüüs.....	104
	Kulu-tulu analüüsi põhimõtted.....	104
	Turu- ja turuvälised hinnad	106
4.	Süntees	112
4.1.	Transpordivaldkonna modelleerimise tulemused.....	112
4.2.	Energiavaldkonna modelleerimise tulemused	119
	Tarbimine	120
	Tootmine	121
	Elektritootmise emissioonid	123
4.3.	Sotsiaalmajanduslik tasuvus	123
	Kütusehinnad.....	123
	Elektri hind ja investeeringud elektritootmisse	124
	Tunnipõhine modelleerimine	127
	Paindliku laadimise lisaanalüüs	128
	Finantsanalüüs	131
	Majandusanalüüs	132
	Töö tulemused poliitikadokumentide kontekstis.....	133

5. Kokkuvõte	135
Kasutatud allikad.....	136
Lisad	143
Lisa 1. Eesti sõidukipargi keskmise kütuse erikulu (kWh/100 km kohta) prognoos 2016-2030	143
Lisa 2. Transpordikütuste tarbimine 0-stsenaariumis ja stsenaariumides A...D	145
Lisa 3. Elektrienergia tarbimiskoormuste suurenemine maakonniti stsenaariumis A nullstsenaariumi suhtes	148

0. Laiendatud kokkuvõte (*Executive Summary*)

Transport (veondus) on teenindus- (tertsiaarse) sektori majandusharu, mis tegeleb kaupade ja inimeste siirdamisega (liigutamisega) ühest punktist teise ning on oluline sektor riigi majandusele. 2015. aastal moodustasid maismaaveondus, toru-, vee- ja õhustransport kokku 3,6% Eesti SKP-st. Kogu Eesti rahvamajanduses loodud lisandväärtusest moodustasid transport koos laonduse, veonduse ja abistavate tegevusaladega ca 7,9% SKP-st.

Eesti transpordi arengukavas 2014-2020 püstitatud eesmärgid tulenevad Euroopa transpordi valge raamatu eesmärkidest. Euroopa Liidu transpordipoliitika strateegiline eesmärk on luua transpordisüsteem, tänu millele oleks võimalik edendada Euroopa majandust, suurendada selle konkurentsivõimet, tagada kõrgekvaliteedilised liikuvusteenused ja samal ajal kasutada tõhusalt ressursse. Lühidalt on võimalik eesmäärke kokku võtta järgneva kaheksa punkti abil:

- a) mugav ja nutikas liikumiskeskond;
- b) kvaliteetsed teed ning sujuv, ohutu ja kestlik liiklus;
- c) transpordi keskkonnamõjude vähendamine;
- d) taastuvate kütuste kasutamise soodustamine maanteetranspordis;
- e) liikluskahjude vähendamine;
- f) mugav ja kaasaegne ühistransport;
- g) turismi ja ettevõtlust toetavad rahvusvahelised reisiühendused;
- h) Eesti kui transpordikoridori konkurentsivõime tõstmine.

0.1. Teadus-arendustöö eesmärgid

Käesoleva teadus-arendustöö eesmärgiks oli hinnata elekter- ning gaastranspordile ülemineku sotsiaalmajanduslikke mõjusid Eesti ühiskonnale. Töö käigus kaardistati võimalikud arengud transpordisektoris aastani 2030. Koostatud stsenaariumidesse kombineeriti erinevad trendid, mis andsid alust prognoosida elektri või gaasi osakaalu olulist suurenemist transpordikütuste bilansis kuni aastani 2030. Modelleerimise raames hinnati stsenaariumide mõju elektri- ja gaasitarbimisele ning koormusgraafiku kujule, energiabilansile, emissioonidele ning väliskaubandusbilansile, kasutades kahte modelleerimistarkvara – LEAP ja Balmorel.

Olenemata uurimustöö tulemustest on perioodi 2014-2020 suurimad arenguvajadused järgmised:

- säilitada põhimaanteede seisukord ja parandada tugi- ja kõrvalmaanteede seisukorda;
- vähendada linnades autokasutuse osakaalu, parandades kõndimise, jalgrattaga sõitmise ja ühistranspordi kasutamise võimalusi;
- kasutada maksimaalselt ära reisirongiliiklusesse tehtud investeeringuid, suurendades ühenduste kiirusi ja sagedusi ning seeläbi vähendades aegruumilisi vahemaid linnade vahel;
- suurendada liiklusohutust, eelkõige pöörata tähelepanu liikluses hukkunute arvu vähendamisele;
- suurendada energiakasutuselt efektiivsemate sõidukite osakaalu uute sõidukite soetamisel;
- suurendada taastuvate, sh eelistatult Eestis toodetud kütuste osakaalu;
- suurendada mittemahukaupade osakaalu transiidis ning Eestis kaupadele loodud lisandväärtust;
- tagada Eesti laevanduse rahvusvaheline konkurentsivõime ning suurendada reisijate ja kaupade vedu meretranspordiga;
- tagada piisavad lennuühendused ettevõtluse arendamiseks ja turismisektori arengueesmärkide täitmiseks.

0.2. Kaupade ja reisijate liikumised

Kaupade liikumised siseriiklikult toimuvad peamiselt maanteedel. Viimasel viiel aastal on kaubaveo maht püsinud 22-24 mln tonni ümber ning veokäive 1300-1600 mln neto tonnkilomeetri piires. Ka siseriikliku kaubaveo kogused raudteel on märkimisväärsed, kuid seda eelkõige kaevandustest põlevkivi veo arvel (tegemist on tööstustranspordiga). Mitmeaastal raudteel (eelkõige Enefit Kaevandused AS) on viimasel viiel aastal veetud 17-19 mln tonni kaupu (peamiselt põlevkivi) veokäibega 380-460 mln neto tonnkilomeetrit. Avalikul raudteel on kaubaveo maht langenud 5,4 mln tonnilt (2011) ehk 336 mln neto tonnkilomeetrilt 3,5 mln tonni (2014) ehk 219 mln neto tonnkilomeetrini, mis on ka peamiseks siseriiklike kaupade liikumisi iseloomustavaks trendiks. Laevadega teostatava siseriikliku kaubaveo maht on peaaegu olematu.

Rahvusvahelises kaubaveos domineerivad transiitveod. Raudteel on toimunud erakordselt kiire kaubaveomahu langus – 26 mln tonnilt ehk 5500 mln neto tonnkilomeetrilt (2011) 16 mln tonni

ehk 2656 mln neto tonnkilomeetrit (2014). Teisalt veeti maanteedel 2014. aastal rahvusvaheliste vedudena 14 mln tonni ehk 5314 mln neto tonnkilomeetrit kaupu, võrrelduna 6,9 mln tonni ja 4605 mln neto tonnkilomeetriga 2010. aastal.

Inimeste ootusele mittevastav ühistranspordi kvaliteet on tinginud selle, et ühistranspordiga, jalgrattaga või jala tööle käijate osatähtsus on kümne aastaga märgatavalt vähenenud – 58%-lt 2004. aastal 42%-ni 2014. aastal. Kui 2004. aastal kasutas tööl käimiseks autot 38% tööga hõivatud elanikest, siis 2014. aastal ulatus nende osatähtsus 53%-ni.

0.3. Veerem

Eestis oli 2016. aasta lõpu seisuga arvel 703 tuhat sõiduautot. 2014. aasta andmetel oli ca 43% sõiduautodest registreeritud Tallinnas või Harjumaal. Arvel olevate sõiduautode arvu kasvu tempo 2000ndatel aastatel on olnud keskmiselt 3,8% aastas. Perioodil 2012-2014 registreeriti Eestis aastas ca 47-50 tuh sõiduautot, millest veidi üle 40% olid uued sõidukid.

Mootori tüübi järgi oli seisuga 31.12.2015 Eestis kõige enam arvel bensiinimootoriga sõiduautosid, mis moodustasid ligi 64% kõikidest sõiduautodest. Võib öelda, et pea kõik ülejäänud sõiduautod olid diiselmootoriga, sest alternatiivsetel transpordikütustel põhinevate mootorite või hübriidmootoritega sõiduautosid kokku oli vähem kui 4000 ehk ca 0,6% sõidukipargist.

Eestis arvel olevate veoautode arv oli seisuga 31.12.2015 kokku ca 102 tuhat, millele lisandus ca 91 tuh. haagist. Viimase viie aasta jooksul on veokite, eriti aga haagiste arv hüppeliselt kasvanud, mis korreleerub (rahvusvaheliste) veomahtude kasvuga maanteedel samal perioodil.

Ühistranspordi veeremist on Eestis kõige enam busse. Bussidest ca 30% on registreeritud Tallinnas. Busside arv on viimase viie aasta jooksul kasvanud, samas kui trollide, trammide ja reisirongide arv on kahanenud.

2015. aasta lõpu seisuga oli Eesti laevaregistrites 15 kaubalaeva, 41 kalalaeva ning 34 tehnilist ja abilaeva. Laevade arv ei ole viimastel aastatel oluliselt muutunud. Rahvusvahelistel laevalii-

nidel tegutseb Eesti ettevõtte Tallink 16 reisilaevaga. Enamus neist kasutavad naftatoodetel põhinevat laevakütust, kuid 2017. aastast on liinil veeldatud maagaasi (LNG) kasutav kiirlaev Megastar. Kokku oli seisuga 03.08.2017 rahvusvahelisi reisilaevaühendusi Soome (kuni 27 väljumist päevas) ja Rootsi (kuni 3 väljumist päevas).

0.4. Transpordi infrastruktuur

Statistikaameti ja Maanteeameti andmetel oli Eestis seisuga 31.12.2016 16 594 km riigiteid (sh 11 742 km kattega teid), 18 398 km era- ja metsateid, 23 944 km kohalikke teid ja tänavaid ning jalg- ja jalgrattateid (sh trolliliikluseks vajaliku infrastruktuuriga 56 km ja 28 km trammiteid), 916 km avaliku 1520 mm rööpmelaiusega raudtee peateid, millest 132 km on elektrifitseeritud, ning 636 km mitteavalikku raudteed.

0.5. Energiakasutus transpordis

Eurostati andmetel ulatus 2014. aastal energia lõpptarbimine Eesti transpordis ligi 8,6 TWh-ni ning see on perioodil 2005-2014 püsinud pea samal tasemel. Sõiduautode, busside, trollide/trammide ja rongidega rahuldati transpordinõudlust 5,4 TWh (0,3 kWh sõitja-km kohta). Kaupade liikumisel ei ole transpordinõudlust energiaühikutesse korrektne taandada, sest ei ole teada tarbitud kütuste jaotumine siseriiklike ja rahvusvaheliste vedude vahel, mistõttu kauba-veol kulutati selgelt rohkem kütust kui Eestist soetatud 3,1 TWh ekvivalendis.

Peamiseks diislikütuse tarbijaks Eestis oligi 2014. aastal transpordisektor (sh reisijate- ja kaubaveo osutamine; 4,9 TWh), millele järgnesid põllumajandus- ja kalandussektor (1,1 TWh), kodumajapidamised (valdavalt eraisikute sõiduautod; 0,8 TWh), ehitussektor (0,2 TWh) ning äri- ja avaliku teenistuse sektor (0,1 TWh). Kõige suuremateks bensiinitarbijateks 2014 olid kodumajapidamised (2,2 TWh) ja transpordisektor (0,6 TWh). Vedelgaasi tarbimine Eesti transpordisektoris moodustas 20% kogu vedelgaasi tarbimisest. Alternatiivsetest transpordikütustest kasutati 2014. aastal enim biolisanditega bensiini (0,068 TWh) maanteetranspordis, elektrit (0,030 TWh), mis kulus sisuliselt kogu mahus trollide, trammide ja elektrirongide liikluseks, lisaks maagaasi (0,020 TWh) ja LPGd (0,002 TWh, 2013. aasta andmed) maanteetranspordis.

Maagaasi kasutamine transpordis on perioodil 2011-2014 enam kui viiekordistunud ning bioliquiditega bensiini osakaal on kasvanud 2,3%ni tarbitavast bensiinist 2014. aastal (2010. aastal oli see 0%). Elektri kasutamine on oluliselt vähenenud seoses uute elektrirongide kasutuselevõtu ja trolliliikluse vähendamisega. LPG kasutamine on sama aja jooksul transpordis vähenenud ligi 20 korda. Taastuvenergia osakaal transpordis ulatus 0,21%ni 2014, mis oli isegi madalam kui 0,24-0,25% tase perioodil 2009-2013.

Erinevates uuringutes on prognoositud, et kütusetarbimise tehnoloogiad on tulevikus säästlikumad. Uued Eestis kasutusele võetavad sõidukid asendavad vanu, ebaökonomsemaid, mistõttu väheneb ka sõidukipargi kui terviku kütusekulu.

0.6. Veonduse keskkonnamõju

Kui Eesti sõiduautode keskmine kasvuhoonegaaside heide oli 1990. aastal 206 g/km, siis 2008. aastal oli vastav näitaja 199 g/km. Ökonoomsemate (A-, B- ja C-energiaklassi) autode osakaal on Eestis küll aasta-aastalt kasvamas, moodustades 2011. aastal umbes viiendiku uutest autodest, kuid samas on Eestis ebaökonomsete autode osakaal väga suur – üle 51% uutest autodest jäävad energiaklassidesse E-G. Seetõttu pole ainult autokasutuse osakaalu vähendamisega võimalik keskkonna-, kliima- ja energiapoliitika eesmärke saavutada, kuna tervikuna võib eeldada, et liikuvuse suurenemise tõttu autode läbisõit siiski kasvab. Seetõttu on vajalik parandada transpordisektori energiaefektiivsust ja vähendada sõltuvust fossiilsetest kütustest.

0.7. Modelleeritud stsenaariumid

Alljärgnevalt on kirjeldatud uurimustöö stsenaariume, mis võtsid arvesse eelpool käsitletud arenguvõimalusi, et leida lahendusi, mis võivad aidata kaasa transpordikütuste kasutamise struktuurimuudatuste esile kutsumisele. Arengud on markeeritud kahel skaalal – kliimapoliitika ja transport, kusjuures esimene neist kujutab edasise modelleerimise seisukohalt piiranguid.

0. Nullstsenaarium (*business as usual*, BAU)

1. Trammiteede puhul arvestatakse nende pikendamisega Tallinna Lennujaamani ning Tallinna Vanasadamani.

2. Raudteetaristu nullstsenaarium kattub 2016. aasta seisuga. Rail Baltic rajatakse. Diisel- ja elektrimootorrongide arv ei muutu.
3. Trolliliikluseks vajalik taristu demonteeritakse Tallinnas aastaks 2024.
4. Laevade ja tööstustranspordi kütuse erikulu jääb aastate 2014-2015 tasemele.

A. Elektertranspordi forsseeritud arendamine

1. Tehnoloogia teeb aastaks 2020 olulise läbimurde, muutes elektrisõiduaudod konkurent- sivõimeliseks. Stsenaariumi kohaselt on Eestis 2020. aasta lõpuks ligi 10 000 ning 2030. aasta lõpuks ca 100 000 elektrimootoriga sõiduaudot. Sõidukite koguarv võrreldes täna- sega ei muutu.
2. Elektrirongide koosseis kasvab 18-lt (2015. aasta tase) 30-ni (aastaks 2021), mis lubaks suurendada elektrirongide läbisõitu 1,8 mln km-lt (2015) 2,6 mln km-ni (alates 2021). Vedurite ja diiselmootorrongide arv ei muutu.
3. Trammiliiklust Tallinnas suurendatakse ning rajatakse uusi trammiteid ja soetatakse juurde veeremit. Aastaks 2020 valmib täiendavalt 15 km ja aastaks 2030 veel 15 km trammiteid. Valikust: kokku ca 48 km (2020) ning aastaks 2030 ca 65 km (vt AAA-04). Trammiliikluse teenindamiseks hoitakse käigus ja soetatakse uut veeremit: vastavalt 50 (2014), 70 (2020) ja 100 (2030) trammi.
4. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

B. Gaastranspordi forsseeritud arendamine

1. CNG-audode ja veokite populaarsus kasvab kiires tempos. Stsenaariumi kohaselt on Eestis 2020 ca 10 000 sõiduaudot ja 4000 veokit, mis sõidavad gaasiküttel. 2030 aastaks kasvab arv ca 100 000 gaasimootoriga sõiduaudot ning 27 000 veokini. Sõidukite ko- guarv ei muutu.
2. Gaasil on potentsiaal ka bussiliikluses. Kui kevadel 2016 oli Eestis 56 gaasibussi, siis aastaks 2020 prognoositakse vastavaks näitajaks 300 ja aastaks 2030 1300.
3. On arvestatud, et Eesti diiselseisrongiveerem ja kaubavedurid ehitatakse aastaks 2020 ümber *dual fuel* tehnoloogiale, mis võimaldab neis kasutada nii diiselnütust kui ka LNG-d.
4. Erinevalt elektrist on gaas tõsiseltvõetav alternatiiv laevanduses ja tööstustranspordis. Eeldatakse, et gaastranspordi forsseeritud arendamisel hakkab osa laevu ja tööstussõi- dukeid kasutama LNGd.

C. Elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud areng

Vaadatakse olukorda, kus nii elekter kui gaas omandavad olulise osa transpordikütuste turust. On eeldatud, et elekter ja gaas konkureerivad omavahel üksnes sõiduautode turul ehk võrreldes stsenaariumidega A ja B on elektri- ja gaasimootoriga sõiduautode arv mõlemal juhul vastavalt 40% väiksem. Raudteeliikluse kohta vt stsenaarium B, trammi- ja trolliliikluse kohta vt stsenaarium A. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

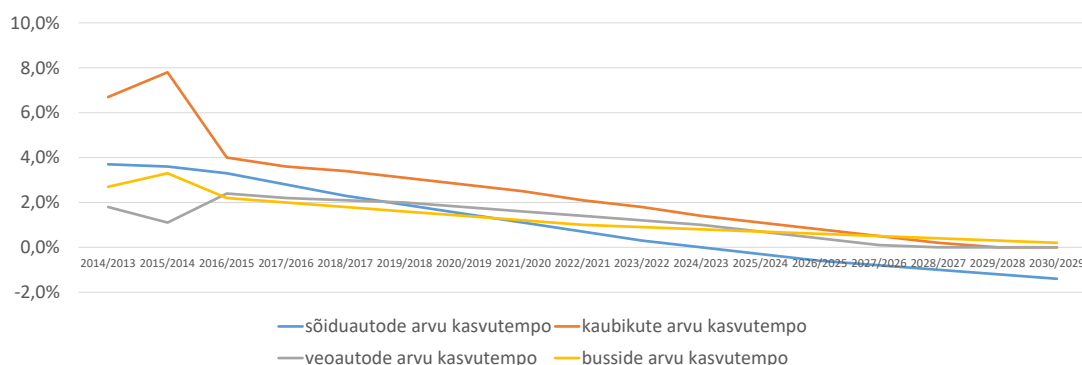
D. „Naftatoodete vastulööki“

Stsenaariumis eeldatakse n.-õ traditsiooniliste naftatoodete, täpsemalt biolisandeid sisaldavate kütuste „vastulööki“ elektrile ja gaasile. Selle tulemusena ei soetata sedavõrd palju elektri- ja/või gaasisõidukeid nagu stsenaariumis C. Raudteeliikluse kohta vt stsenaarium B, trammi- ja trolliliikluse kohta vt stsenaarium A. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

0.8. Tulemused

Veeremi läbisõit

Võrreldes ENMAKi aluseks oleva Jüssi ja Rannala tööga kujunes sõiduautode arvu kasvuprognosis mõneti erinevaks – ENMAKis eeldati, et mittesekkumise puhul (ehk 0-stsenaariumis) on aastaks 2030 Eestis 723 tuhat sõiduautot ehk 563 sõiduautot 1000 elaniku kohta, võrreldes 682 tuhande autoga käesolevas töös. ENMAKis eeldati tõenäoliselt sõiduautode arvu lineaarset kasvu ning lagi oli seatud samale tasemele nagu käesolevas töös. Detailidesse laskumata võib väita, et käesoleva töö 0-stsenaarium on sõiduautode osas perioodil 2020-2030 väga sarnane ENMAKis mittesekkumise stsenaariumiga (vt joonis 0.1).



Joonis 0.1. Maantee sõidukite arvu kasvuprognosis, aastate 2014 ja 2015 andmed

Stsenaariumides A-D maanteeõidukite koguläbisõidud 0-stsenaariumiga võrreldes ei kasvanud. See tähendab, et lisandunud elekter- või gaasisõiduki arvel vähenes bensiin- või diiselsõidukite arv. Kuna osades stsenaariumides oli elekter- ja/või gaasisõidukite arv oluliselt suurem kui teistes, siis bensiin- ja diiselsõidukite keskmine läbisõit võeti transpordi arengu plaanimise mudelis muutuvaks. Tulemusena kujunes see stsenaariumide kaupa erinevaks, mistõttu näiteks bensiin- ja/või diiselsõiduki tegelik keskmine läbisõit võis isegi langeda. Seeläbi tagati, et elekter- ja/või gaastranspordi forsseeritud areng ei tekitanud mudelis automaatselt täiendavat läbisõitu ning sellega kaasnevat suuremat kütusetarbimist.

Erandiks oli intermodaalsusega arvestamine. Kõikides stsenaariumides, sh 0-stsenaariumis eeldati, et trolliliiklus väheneb aasta-aastalt ja lõpeb aastal 2024. Trolliliikluse vähenemise kompenseerimiseks suurendati busside läbisõitu sama hulga kilomeetrite võrra. Trammiliikluse suurendamisel stsenaariumides A, C ja D vähendati sõiduauto- ja bussiliiklust püürtingimisel, et sõitjakäive ei muutu. Arvutuslikult vähendas üks täiendav kilomeeter trammide läbisõitu 1,004 kilomeetri võrra sõiduautode ja 0,8422 kilomeetri võrra busside läbisõitu. Analoogselt vähendas üks täiendav elektrireisirongi kilomeeter stsenaariumides A, C ja D vastavalt sõiduautode ja busside läbisõitu 2,1 ja 4,5 kilomeetri võrra. Intermodaalsuse mõju osutus koguläbisõidu muutusele marginaalseks.

0-stsenaariumis eeldati alates aastast 2019 kaubaveomahtude kasvu 1520 mm rööpmelaiusega raudteel keskmiselt 5% aastas, mis mõjutab ka vastavat kütusekulu. Lisaks eeldati, et raudtee-kaubaveo mahu madalseis jõudis kätte aastal 2016 ja püsib kuni aastani 2018. Kokkuvõttes kujuneb transpordi arengu mudelist tulenev elektrienergia ja maagaasi, samuti naftatoodete tarbimine transpordikütustena selliseks, nagu on esitatud lisas 2. Viidatud lisast järeldub, et kõikide stsenaariumide korral jäävad transpordikütustena domineerima naftatooted, täpsemalt diislikütus. Siiski kasvab alternatiivsete kütuste maht perioodil 2020-2030 0-stsenaariumiga võrreldes märgatavalt, moodustades kütustest kuni 28% aastal 2030, mis tähendab, et ENMAK 2030 eesmärgid transpordikütuste osas on saavutatavad aastaks 2030.

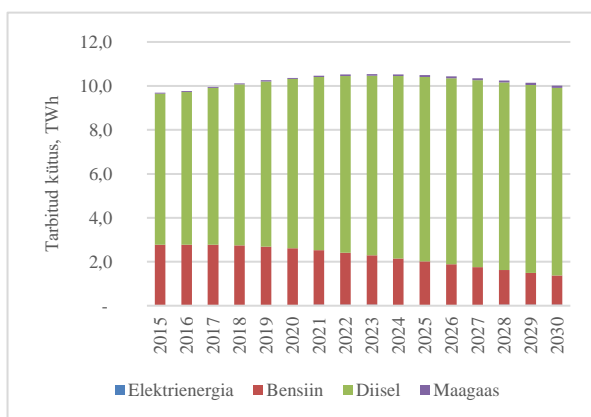
Elektrienergia

Elektrienergia kasutamist on käesolevas uuringus käsitatud suurema põhjalikkusega elektrisüsteemi tehniliste eripärade tõttu. Kuna elektrienergia salvestamiseks või ladustamiseks ei ole

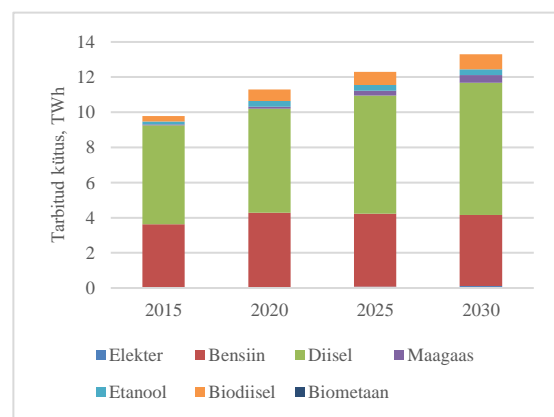
elektrisüsteemis soodsat võimalust, tuleb igal ajahetkel elektrienergia tarbimine katta tootmisega täpselt samas mahus. Seega on oluline ka elektrienergia tarbimise aeg päeva sees. Keskmised elektertranspordi elektrienergia tarbimised igal tunnil on leitud vastavalt aruande koostajate eeldustele, veoviiside kasutamise aegadele ning eeldatavale transpordinõudluse ajale süsteemis.

Võrreldes ENMAKi stsenaariumitega on transpordikütuse kogukulu 0-stsenaariumis LEAP mudeli väljundiga, on võimalik näha, et lähteandmed on kahes uuringus küllaltki sarnased. ENMAKi BAU-stsenaariumis nähti ette nii veidi kõrgemat energiatarvet transpordisektoris üldisemalt kui ka oluliselt kiiremat kütuste tarbimise kasvu (vt joonis 0.2).

0-stsenaariumi modellemise tulemused LEAP mudelis



ENMAK transpordistsenaariumid



Joonis 0.2. Transpordikütuste kogukulu 0-stsenaariumis ja ENMAKi transpordistsenaariumides

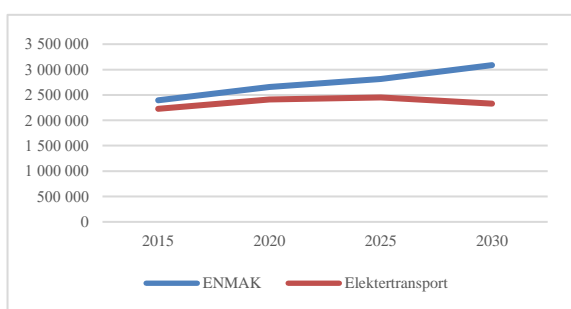
Käesolevas uuringus jääb kütuste tarbimise tase pigem stabiilseks ning aastaks 2030 on isegi teatavas langustrendis. Tuleb tähele panna, et ENMAKis analüüsiti põhjalikumalt maantee- (autod, bussid, veokid, mootorrattad), õhu-, raudtee- ja siseveetranspordi, ehk käesoleva uuringu raamistik ei kattu ENMAKiga täies ulatuses.

Emissioonid

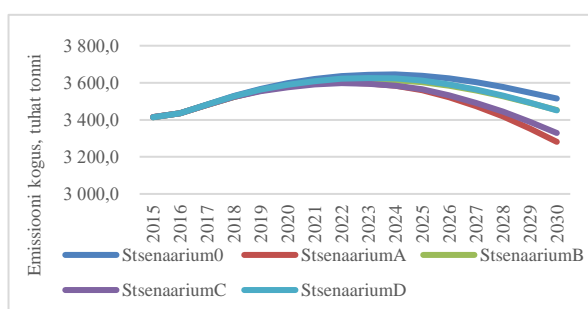
Käesolevas töö stsenaariumite analüüsis hinnati ka seda, milline oleks energiatarve ja KHG emissioonid transpordis, kui transpordinõudluse ja -pakkumise koosmõjul, st inimeste teadlikkuse suurenemise ning tehnoloogilise läbimurde tulemusena, õnnestuks järgmisel kümnendil oluliselt suurendada alternatiivsete transpordikütuste osakaalu.

Süsinikdioksiidi emissioonide võrdlust ENMAK BAU stsenaariumis ja käesoleva uuringu 0-stsenaariumis kirjeldab joonis 0.3.a. CO₂ emissioonide prognoositud trendid on kahes uuringus küllaltki sarnased kuni aastani 2025. Elektertranspordi stsenaariumis on tulenevalt tagasihoidlikumast energiatarbimisest mõnevõrra madalamad emissioonid. Suurem erinevus tekib aastaks 2030, kuna käesolevas uuringus prognoositakse transpordikütuse tarbimise mõningast vähenemist.

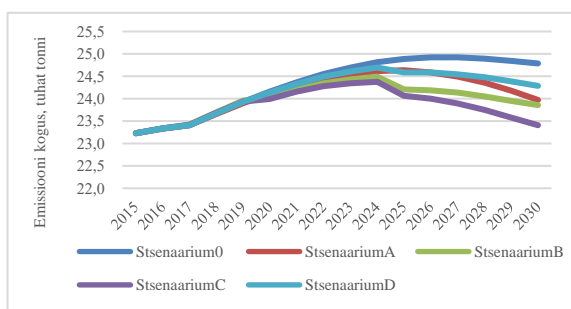
a. CO₂ emissioonid stsenaariumis A ja ENMAK BAU stsenaariumis (tonni)



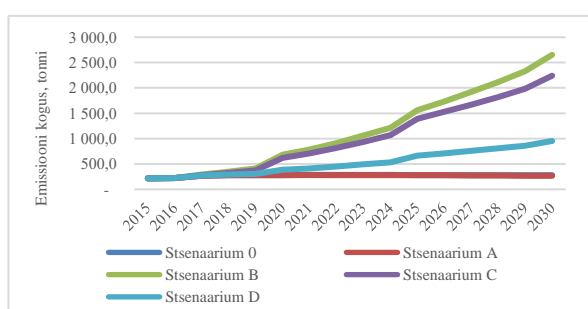
b. CO₂ emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina



c. NO_x emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina



d. CH₄ emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina

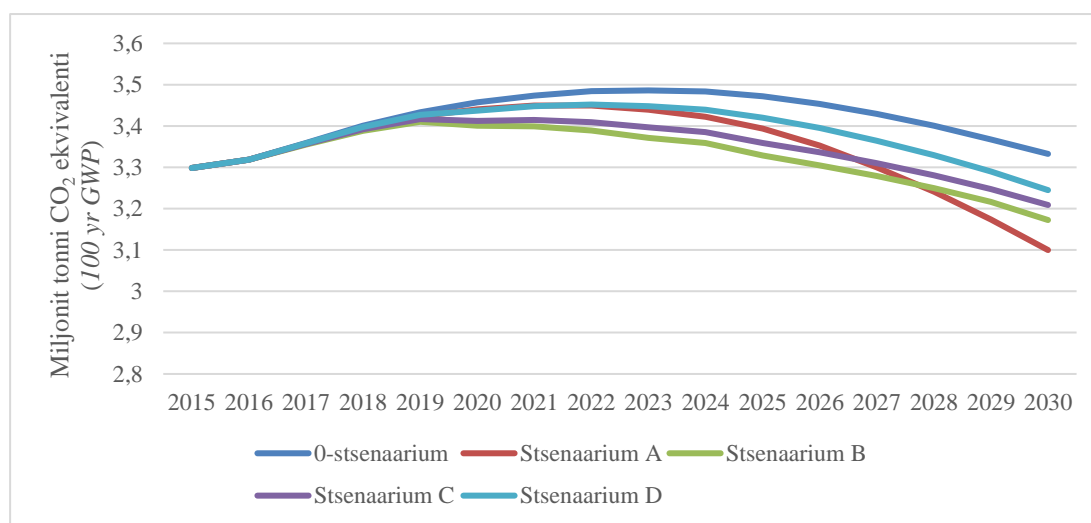


Joonis 0.3. Modelleerimise tulemused LEAP mudelis (b. kuni d.) ja A-stsenaariumi võrdlus ENMAKi transpordistrateegiatega BAU stsenaariumiga (a.)

Lähtudes sarnasusest käesoleva uuringu LEAP mudeli ja ENMAK 2030+ koostamisel kasutatud Coperti tulemuste vahel võib öelda, et LEAP mudel oli adekvaatselt kalibreeritud, et teha emissioonide ning kütuste kasutamise kohta arvutusi ning analüüse.

Nii CO₂ kui NO_x emissioonide puhul on märgatav lähituleviku kasvutrend, kuid samas ka uus langus enne 2030. aastat. CH₄ langustrend ei esine modelleerimise lõpuaastatel kõikides stsenaariumides maagaasi kasutamise kasvu tõttu, millega kaasneb ka metaani vahetu atmosfääri sattumine. Kõikide emissioonide kaupa on stsenaarium A küllaltki konkurentsivõimeline, kuid näiteks NO_x emissioonide poolest on vähimad emissioonid stsenaariumides B ja C. Emissioonide vähenemine võrreldes 0-stsenaariumiga on täheldatav kõikide emissioonide ja stsenaariumide kaupa.

Jooniselt 0.4 on näha, et summaarne keskkonnaheitmete kogus süsinikdioksiidi ekvivalendina on sarnane süsinikdioksiidi enda heitmetega, mis tähendab, et CO₂ on suurim panustaja transpordivaldkonnas kasvuhoonegaaside mahtudesse. Aastaks 2030 on vähima keskkonnamõjuga stsenaarium A, suurima mõjuga stsenaarium 0. Mainitud kahe (0 ja A stsenaariumi) erinevus aastal 2030 on ca 240 tuhat süsinikdioksiidi ekvivalenttonni.



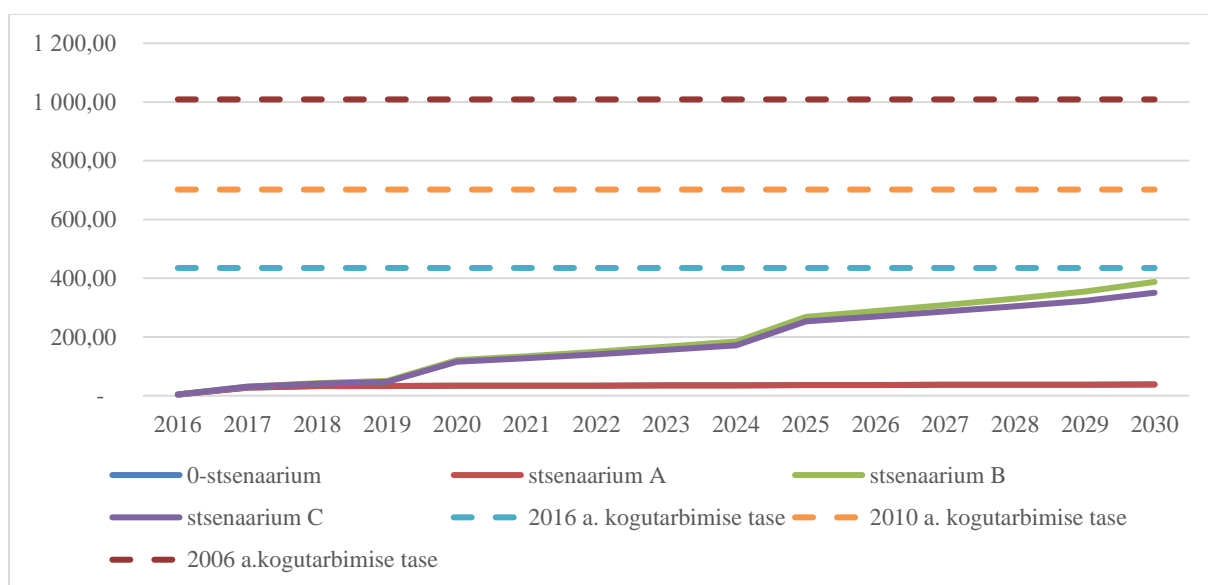
Joonis 0.4. Transpordistsenaariumide summaarsed keskkonnaheitmed CO₂ ekvivalendina (ümberarvutatuna 100 aasta kliimasoojenemise potentsiaaliks)

Kokkuvõtvalt, transpordikütuste tarbimise põhjal leiti LEAP-mudelit kasutades transpordi kahjulike ainete summaarsed emissioonid, mis taandati CO₂ ekvivalendile. Ning nii forsseeritud elektri kui ka tasakaalustatud stsenaariumi puhul langevad keskkonnaheitmed 2030. aastal tänasega võrreldes kuni 6%.

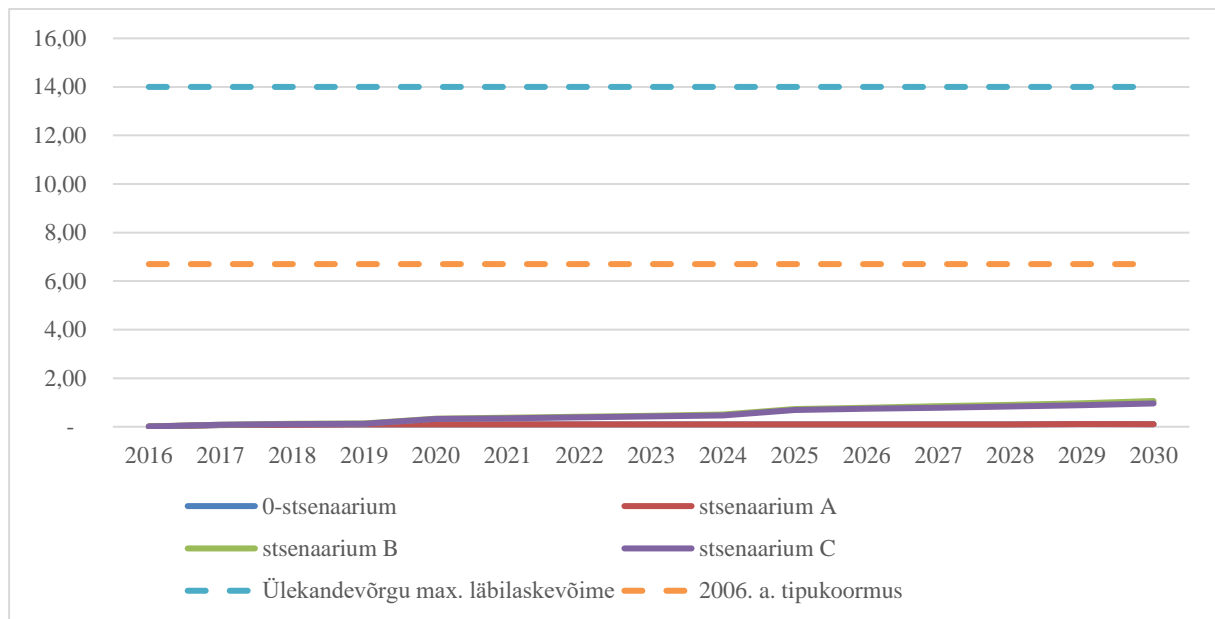
Maagaasi tarbimine

Vastavalt autopargi stsenaariumite ning veeremi tüübi energiavajadusele leiti stsenaariumite kohta transpordisektori summaarsed energiatarbimise aastased mahud, mis konverteeriti maagaasi ühikutesse (Mm³). Stsenaariumite päevaste gaasitarbimise koormuse leidmisel eeldati, et autotranspordi gaasitarbimine on igapäevaselt ühtlasel tasemel.

Koormuste ning läbilaskevõime hinnangu andmiseks võrreldi saadud tulemusi Eesti viimase 16. aasta kõige külmemate ning ühtlasi ka kõige suurema koormusega aastate gaasitarbimise andmetega. Lisaks on võrreldud tulemusi 2016. aasta tarbimismahtudega.



Joonis 0.5 Transpordistsenaariumite summaarne maagaasi koormuse tarbimise kasv võrreldes Eesti gaasitarbimise tasemetega (Mm³)



Joonis 0.6 Transpordistsenaariumite maagaasi koormuse kasvud ($Mm^3/päev$)

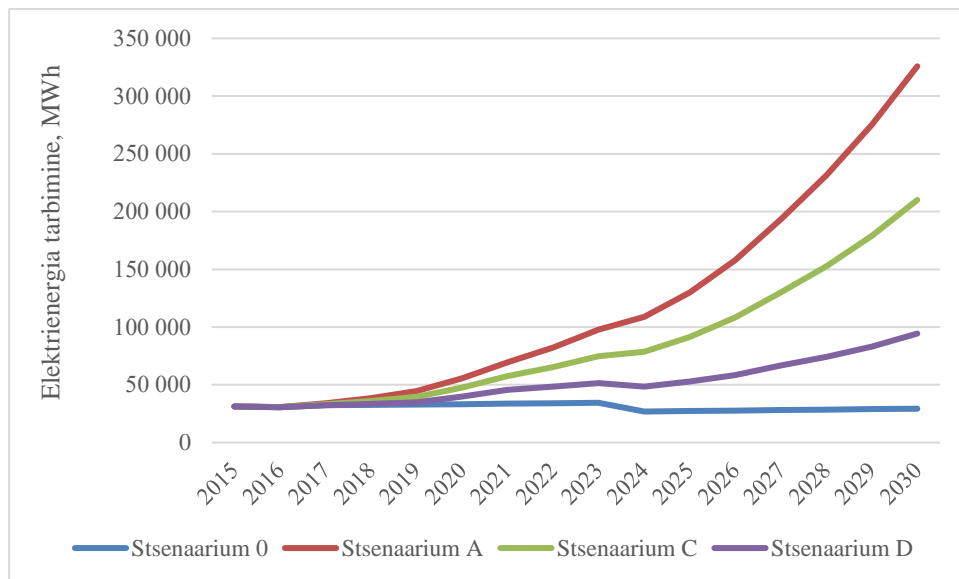
Vastavalt joonisele 3.9 kasvab nii B kui ka C stsenaariumis praeguste gaasitarbimise tasemega võrreldes.

Isegi kui gaasitarbimine kasvab kahekordseks, siis tulemuste põhjal ei ületaks ühegi stsenaariumi puhul tarbimine Eesti viimase 16. aasta maksimum tarbimist ning vastavalt joonisele 3.10 on võimalik järeldada, et transpordisektor stsenaariumite põhjal piisab ka olemasolevast läbilaskevõimest.

Vastavalt eelnevale põhinedes võib järeldada, et mitte ühegi transpordistsenaariumist tingitud gaasitarbimise mahu kasv ei eelda stsenaariumite realiseerumise korral gaasiülekanne läbilaskevõime suurendamist.

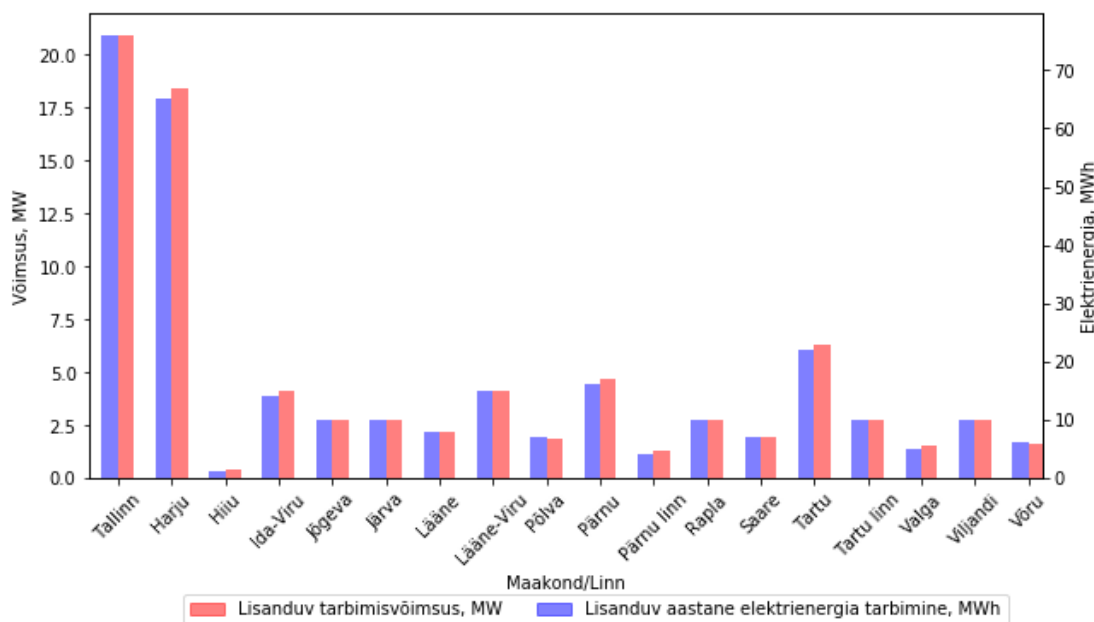
Elektrienergia tarbimine

Balmorel-mudelil analüüsiti käesoleva teadus-arendustöö 0-stsenaariumit ning võrreldi seda stsenaariumidega A, C ja D. Nimetatud stsenaariumid erinesid üksteisest elektrienergia tarbimise poolest. Kõikide stsenaariumide jaoks leiti tunnipõhine elektertranspordi eelisarendamisest tulenev elektrienergia tarbimise muutus, mis lisati riikide elektritarbimise prognoosidele baasstsenaariumis.



Joonis 0.7. Transpordisektori elektrienergia tarbimise muutus stsenaariumide kaupa

Stsenaariumide sisendina kasutatud transpordisektori elektrienergia tarbimise muutust aastate lõikes Eestis on võimalik jälgida joonisel 3.11. Mudeli sisendina on võrreldes 0-stsenaariumiga suurimat elektrienergia tarbimise tõusu märgata stsenaariumis A, millele järgneb stsenaarium C. Stsenaariumis D jääb muutus elektrienergia tarbimises tagasihoidlikumaks. Stsenaariumis A, kus kujutatakse elektertranspordi elektertranspordi kõige hoogsamat arengut, moodustab aastaks 2030 transpordisektori elektrienergia tarbimine kogu Eesti elektrienergia tarbimisest umbkaudu 3,3%.



Joonis 0.8. Elektertranspordi stsenaariumi arengust lisanduva elektrienergia tarbimise jaotumine geograafiliselt

Jooniselt 0.8 on võimalik saada A stsenaariumi elektritranspordi kasvust tingitud tarbimisvõimsuse kasvu informatsiooni maakondade ning suuremate Eesti linnade põhisel. Summaarselt lisandub elektritranspordistsenaariumi korral 2030. aastaks 83 MW tarbimisvõimsust, moodustades 2030. aasta eeldatavast tibatarbimise võimsusest (1700 MW) suurusjärgus 5%.

Stsenaariumides analüüsitud erinevaid transpordisektori elektrienergia tarbimise koguseid on rakendatud ka teistele mudelisse kaasatud riikidele: Soome, Läti, Leedu, Rootsi, Taani, Norra, Saksamaa ja Poola.

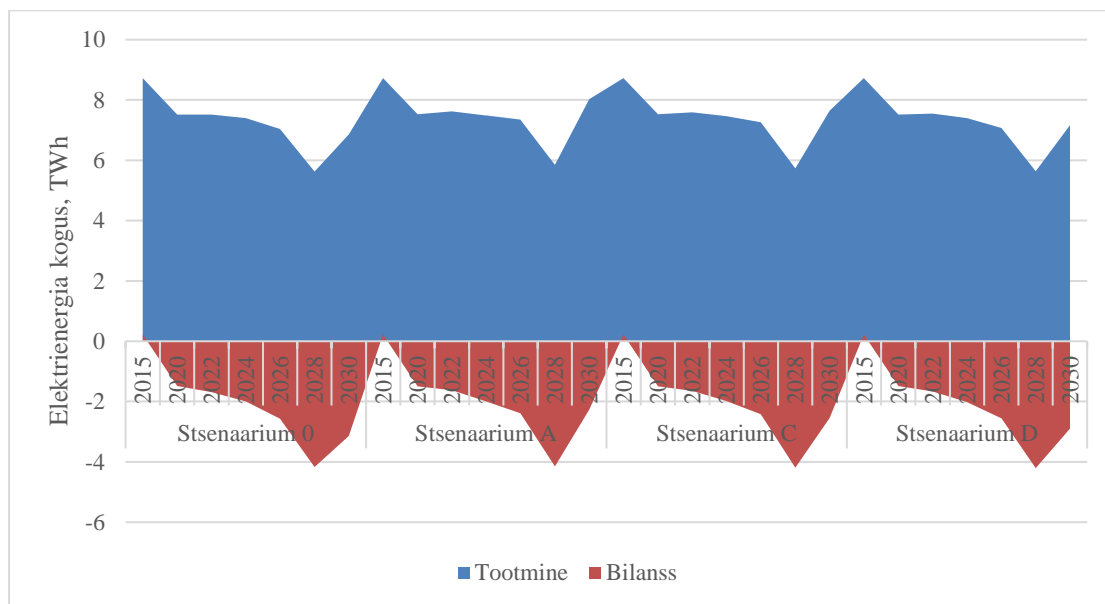
Transpordistsenaariumide mõju energiatootmisele

Elektri- ja kaugküttesoojuse tootmiseks kasutatud kütuste koguste muutused on küllaltki väikesed. Seda põhjusel, et olulisim muutus investeeringutes oli stsenaariumis A tehtud investeering elektrituulikutesse, mistõttu elektrienergia tootmine ei ole otseselt kütuse kuluga seotud.

Suuri muudatusi tootmisvõimsuste turule jõudmises stsenaariumide kaupa ei täheldata: kõikides modelleeritud stsenaariumides ilmneb, et 2030. aastaks muutuvad elektriturul hinnatõusu ning elektrituulikute tehnoloogia arengu tõttu konkurentsivõimeliseks elektrituulikud. Turule

jõudvate tuulikute maht sõltub mõnevõrra elektertranspordi tarbimise mahust, olles stsenaariumis A 194 MW võrra suurem kui stsenaariumis 0.

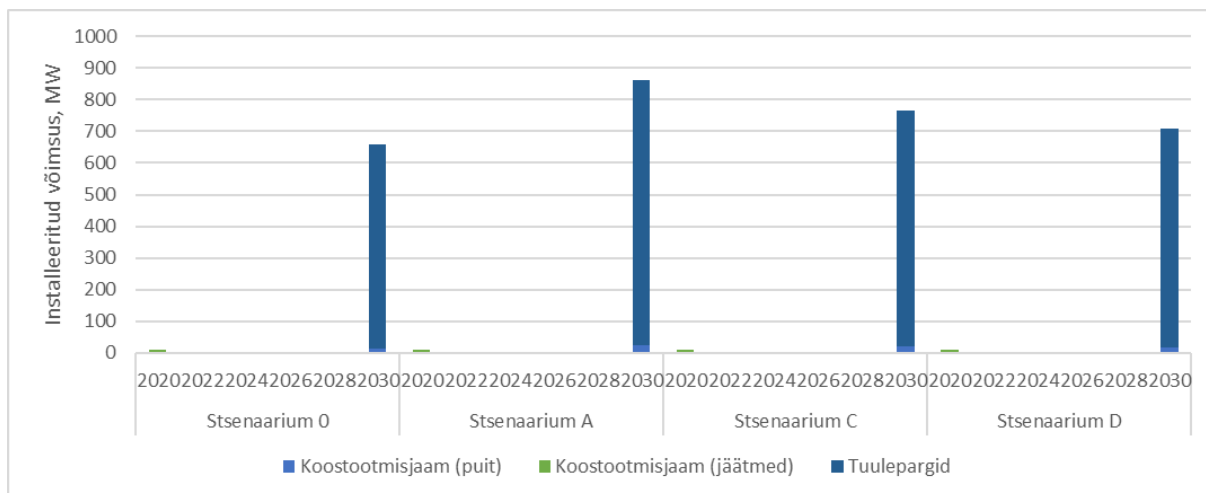
Elektrienergia netoimpordi kogus jääb stsenaariumide kaupa sarnaseks, kuna suurema tarbimisega stsenaariumides ilmnevad ka suuremad investeeringud tuuleparkidesse Eestisse (vt joonis 0.5).



Joonis 0.8. Elektrienergia tootmine Eestis ja elektrienergia bilanss stsenaariumide kaupa

Transpordistsenaariumite mõju elektrienergia turuhinnale ei ole suur ning elektrienergia hind on küllaltki sarnane kõikides stsenaariumides. Elektrienergia hinna erinevus muutub suuremaks, kui modelleeritud periood jõuab lähemale aastale 2030, kus muutub suuremaks ka erinevus baasstsenaariumi ning uuritud stsenaariumide elektrienergia tarbimise vahel.

Investeeringud elektrienergia tootmisvõimsustesse elektriturul Eestis hinnapiirkonnas on kujutatud joonisel 0.6. Investeeringud on stsenaariumide kaupa küllaltki sarnased, millega võib eeldada, et transpordistsenaariumid ei avalda erilist mõju elektrisüsteemi investeeringutele. Elektrienergia tarbimise muutusest tulenevad erinevused investeeringutes väljenduvad tuuleparkide ehitamises 2030. aastal ning vähesel määral ka biomassi koostootmisjaama ehitamises.



Joonis 0.9. Investeeringud elektrienergia tootmisesse Eestis stsenaariumide kaupa

Stsenaariumide finants- ja majandusanalüüs

Finantsanalüüsi tulemused näitavad elektertranspordi stsenaariumi (A) lihtmajanduslikku tasuvust erinevalt stsenaariumidest B, C ja D (vt tabel 0.1). Majandusanalüüsist (vt tabel 0.2) selgus, et stsenaarium C, elekter- ja gastranspordi tasakaalustatud areng, omab eeldusteks võetud tingimustel suurimat majanduslikku nüüdispuhasväärtust. Stsenaarium A nõrkuseks on energeetikavaldkonna kahju, mille vähendamisel võib saada eelise elektertranspordi eelisarendamise stsenaarium.

Majandusanalüüsis sõltub gastranspordi edukus energeetikavaldkonna kahjust, mida ei tohi esineda. Sellisel juhul on gastranspordi arendamine majanduslikult kasulikum kui elektertranspordi arendamine, kuid tema majanduslik nüüdispuhasväärtus jääb siiski alla elekter- ja gastranspordi tasakaalustatud arengu stsenaariumile. Analüüsis on võetud eeldusesks, et elektriauto hinnaks on 28 600 eurot käibemaksuta.

Stsenaarium, mis eeldas jäämist konventsionaalsete transpordikütuste juurde, ei osutunud tasuvaks üheski analüüsi etapis.

Tabel 0.1. Finantsanalüüsi diskonteeritud tulemused (mln eurodes) võrrelduna 0-stsenaariumiga

Näitaja	Stsenaarium			
	A	B	C	D
Energeetikavaldkonna kasu	-82,0	N/A	-51,6	-16,8
Transpordivaldkonna kasu, sh	218,9	213,2	313,7	131,1
maanteetransport	223,4	173,8	275,8	93,2
linna elektertransport	-1,5	0	-1,5	-1,5
raudteetransport	-3,0	39,4	39,4	39,4
Maksulaekumiste muutus	-117,2	-406,7	-414,1	-257,1
KOKKU FNPV	19,7	-193,5	-152,0	-142,8

Tabel 0.2. Majandusanalüüsi diskonteeritud tulemused (mln eurodes) võrrelduna 0-stsenaariumiga

Näitaja	Stsenaarium			
	A	B	C	D
Energeetikavaldkonna kasu (vt tabel 3.2.)	-82,0	N/A	-51,6	-16,8
Transpordivaldkonna kasu (vt tabel 3.3.)	218,9	213,2	313,7	131,1
Transpordisektorite emissioonide muutus, sh	80,5	63,0	59,0	43,8
KOKKU ENPV	217,4	276,2	315,7	155,3

0.9. Järeldused ja soovitused

Stsenaariumide tulemustest võib märkida, et lisandunud elekter- või gaasisõidukite arvelt vähenes bensiin- või diiselsõidukite arv ning arvutuslikult ka keskmine läbisõit. Kuna osades stsenaariumides oli elekter- ja/või gaasisõidukite arv oluliselt suurem kui teistes, siis bensiin- ja diiselsõidukite keskmine läbisõit võeti transpordi arengu plaanimise mudelis muutuvaks. Tulemusena kujunes see stsenaariumide kaupa erinevaks, mistõttu näiteks bensiin- ja/või diiselsõiduki tegelik keskmine läbisõit võis isegi langeda. Seeläbi tagati, et elekter- ja/või gaastranspordi forsseeritud areng ei tekitanud mudelis automaatselt täiendavat läbisõitu ning sellega kaasnevat suuremat kütusetarbimist.

Kõikide stsenaariumide korral jäävad transpordikütustena domineerima naftatooted, täpsemalt diislikütus ning kütuste tarbimise tase pigem stabiilseks ning aastaks 2030 on isegi teatavas

langustrendis. Sellegi poolest kasvab alternatiivsete kütuste maht perioodil 2020-2030 0-stsenaariumiga võrreldes märgatavalt, moodustades kütustest kuni 28% aastal 2030, mis tähendab, et ENMAK 2030 eesmärgid transpordikütuste osas on saavutatavad aastaks 2030. Kütusepoliitika kujundamisel on riigil vaja pöörata seetõttu erilist tähelepanu alternatiivkütuste turule tuleku soodustamist, et vähendada transpordikütuste emissioonide osakaalu.

CO₂ emissioonide prognoositud trendid on kahes uuringus küllaltki sarnased kuni aastani 2025. Elektertranspordi stsenaariumis on tulenevalt tagasihoidlikumast energiatarbimisest mõnevõrra madalamad emissioonid. Aastaks 2030 on vähima keskkonnamõjuga stsenaarium A, suurima mõjuga stsenaarium 0. BAU ning A stsenaariumi erinevus aastal 2030 on ca 240 tuhat süsinikdioksiidi ekvivalenttonni. A stsenaariumi abil väheneb heitmete kogused 2015. aastaga võrreldes 7% .

Kõikide emissioonide kaupa on forsseeritud elektritranspordi stsenaarium küllaltki konkurentsivõimeline, kuid näiteks NO_x emissioonide poolest on vähimad emissioonid stsenaariumides, kus käsitleti elektri ja gaasitranspordi tasakaalustatud arengut. Emissioonide vähenemine võrreldes 0-stsenaariumiga on täheldatav kõikide emissioonide ja stsenaariumide kaupa.

Kokkuvõtvalt, transpordikütuste tarbimise põhjal leiti LEAP-mudelit kasutades transpordi kahjulike ainete summaarsed emissioonid, mis taandati CO₂ ekvivalendile. Ning nii forsseeritud elektri kui ka tasakaalustatud stsenaariumi puhul langevad keskkonnaheitmed 2030. aastal tänasega võrreldes kuni 7%.

Antud lahendused eeldavad investeeringuid nii avaliku- kui ka erasektori poolt ning siinkohal on vajalik avalikkusele luua hea kommunikatsiooniplaan, et põhjendada investeeringuid ning kulusid puhtama keskkonna saavutamise nimel. Gaasitranspordi stsenaariumite põhjal gaasiülekandevõimsuste suurendamise jaoks investeeringuid teostada otseselt pole vaja. Tulevikus tuleb jälgida kriitiliste parameetritena transpordiühikute arvusid. Antud aruande stsenaariumite puhul ei ületa transpordikütuste energiakogused elektrisüsteemi ja gaasivõrgu tipukoormuseid, aga kui transpordiühikute mahud ületavad stsenaariumite lõppmahtusid, siis on vajalik jälgida ülekandevõrgu läbilaskevõimet ja tegutseda vastavalt vajadusele.

1. Sissejuhatus

Käesoleva teadus-arendustöö eesmärgiks on hinnata elektri- ning gaasitranspordile ülemineku sotsiaalmajanduslikke mõjusid Eesti ühiskonnale. Transpordisektor on olulise potentsiaaliga elektri- ja gaasitarbija. Antud potentsiaali realiseerumiseks on vajalik elektri ja gaasi konkurentsivõime teiste transpordikütustega ning nendele ülemineku positiivne sotsiaalmajanduslik mõju.

Seni transpordis valdavalt kasutatavad vedelkütused on taastumatud ja emissioone põhjustavad loodusressursid, mida Eesti impordib välisriikidest. Seetõttu tuleb vaadelda kohalikult toodetavate kütuste, sealhulgas taastuvate kütuste, potentsiaalset mõju Eesti majandusele. Töö tellijale on elektri- ja gaasisüsteemi haldurina oluline elektri- ning gaasitarbimise areng ja selle geograafiline jaotus, et tõhusalt arendada vastavaid ülekandevõrke.

Veondus on käesolevas töös defineeritud kui ühisnimetaja raudteetranspordile, maantee kaubavedudele, liikumistele sõiduautodega, ühistranspordile, vetelveole ja tööstustranspordile (st veod kaevandustes, põllumajanduses, ehituses jm). Eesti transpordisektori ülevaate koostamisel juhindutakse Eesti transpordivaldkonna peamistest strateegiadokumentidest – Transpordi arengukava 2014-2020 (AAA-01), üleriigiline planeering Eesti 2030+ (AAA-02), samuti Tallinna ühistranspordi arengukava 2011-2020 (AAA-03) ja Harju maakonna ühistranspordi arengukava 2025 (AAA-04), ning energeetika valdkonna peamistest strateegiadokumentidest – Eesti energiamajandus 2015 (AAA-05) ja Energiamajanduse arengukava ENMAK 2030 (AAA-06), sh viimase raames koostatud transpordi ja liikuvuse stsenaariumidest (AAA-07).

Töö käigus kaardistatakse võimalikud arengud transpordisektoris aastani 2030. Eelpoolloetletud dokumentidest pärit analüüse ja visioone täiendatakse aktuaalse informatsiooniga, mida kogutakse nii avalikest allikatest kui ka intervjuudest transpordi- ja energeetikavaldkonna esindajatega. Kvantitatiivne andmestik pärineb valdavalt Eesti Statistikaametist (AAA-08), Eurostatist (AAA-09) ja valdkondlikest aruannetest.

Transpordikütustena on töö fookuses elekter ja gaas. Gaasi all mõistetakse maagaasi, biomeetaani, (bio-) propaani, veeldatud maagaasi (LNG), sünteetilist vesinikku ja sünteetilist metaani. Töös analüüsitakse nende kasutusvõimalusi ja konkurentsivõimet transpordikütustena, ning mõju Eesti gaasitarbimisele ja ühiskonnale tervikuna. Võrreldavateks alternatiivideks on naftatooted.

Koostatud stsenaariumidesse kombineeritakse erinevad arengud, mis annavad alust prognoosida elektri või gaasi osakaalu olulist suurenemist transpordikütuste bilansis kuni aastani 2030. Stsenaariumides lähtutakse transpordinõudlusest (tonn- ja reisija-/sõitjakilomeetrid) ja -pakkimisest (veoviisid) Eesti asjakohastes arengukavades ja statistikas (vt eespool). Lisaks viiakse läbi stsenaariumide eri aspektide modelleerimine, transpordikütuste hinnakonkurentsivõime analüüs ning stsenaariumide sotsiaalmajanduslike mõjude hindamine.

Modelleerimise raames hinnatakse koostatud stsenaariumide mõju elektri- ja gaasitarbimisele ning koormusgraafiku kujule, energiabilansile, emissioonidele ning väliskaubandusbilansile. Töös kasutatakse kahte modelleerimistarkvara – LEAP (AAA-10) ja Balmorel (AAA-11) – ning luuakse seoste ja tulu-kuluanalüüsi (CBA) mudelid tellija poolt nõutud väljundandmete leidmiseks. Samuti käsitatakse lähteülesandes nimetatud konkureerivate transpordikütuste hindu ja hindade konkurentsivõimet (sh rahalist kokkuhoidu elekter- ja/või gaastranspordi kasutamise tõttu, kui see ilmneb); konkureerivaid transpordikütuseid käsitatakse võrreldaval alusel maksude ja subsiidiumide seisukohalt.

Töö lõpptulemuseks on Eesti transpordisektori arengustsenaariumide analüüs ning nende mõjuhinnang elektri ja gaasi tarbimise kasvule.

2. Transport Eestis

2.1. *Transpordisektori määratlus*

Transport (veondus) on teenindus- (tertsiaarse) sektori majandusharu, mis tegeleb kaupade ja inimeste siirdamisega (liigutamisega) ühest punktist teise. Veondus jaguneb **veoliikideks**:

- reisijatevedu (ühistransport), sh kaug-, linnalähi- ja linnavedu;
- kaubavedu, sh rahvusvaheline (eksport-, import-, transiit-) ja kohalik (linnadevaheline põhivedu ja linna jaotus-) transport;
- tootmissisene vedu (tööstustransport), mis ei kuulu transpordi kui majandusharu koosseisu.

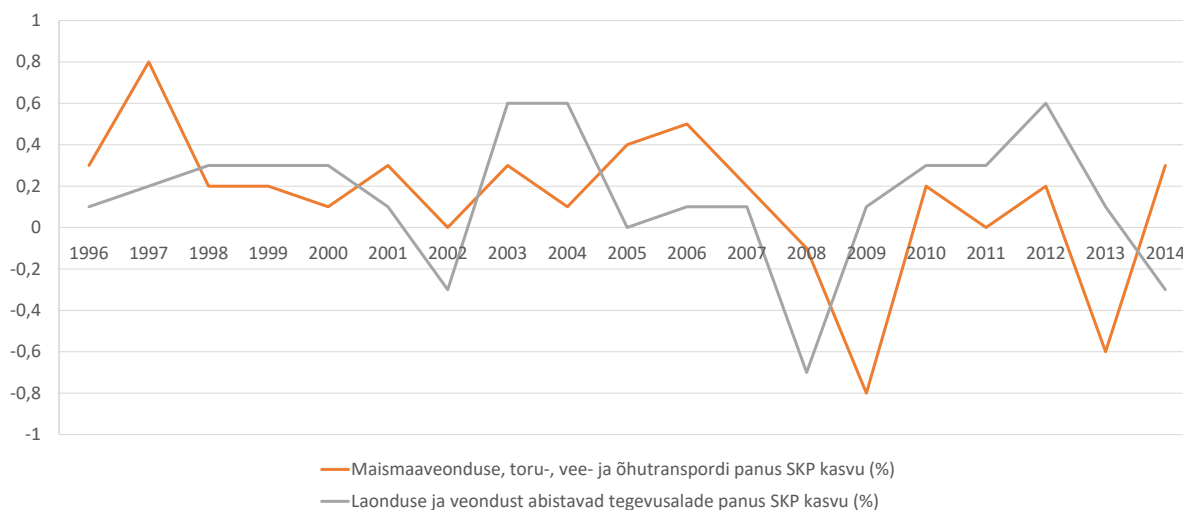
Veonduse tehnilise baasi moodustavad erinevate veoviiside veerem ja infrastruktuur (taristu).

Veoviisid on infrastruktuuri- (nt raudtee-, maantee-, toru-, linna elekter-, siseveetransport) või sõlmepõhised (nt mere- ja õhustransport). **Veerem** on reisijate ja kaupade veol kasutatavate liiklusvahendite kogum. Transpordi **infrastruktuur** koosneb füüsilisest infrastruktuurist (teed ja rajatised) ning institutsionaalsest infrastruktuurist (riigiasutused, ettevõtted, üksikisikud, õigusruum). Kõikide veoviiside füüsilise infrastruktuuri kogumit teatud piirkonnas nimetatakse **transpordivõrguks**.

Transpordi roll Eesti majanduses on kaugelt suurem kui ainult inimeste ja kaupade vedu Eestis, läbides pea kõiki majandusharusid alates põllumajandusest ning lõpetades turismiga. Transiidimaana teenindavad siinsed taristu ja transporditeenuste pakkujad inimesi ja kaupu teistest riikidest, mis omakorda loob väärtust nende riikide majandusele ja ühiskonnale. Mitteresidentidele pakutavad transporditeenused sisalduvad veondusstatistikas ehk nende kaaluga saab arvestada. Mitteresidentide poolt oma asukohariigile tänu Eesti transpordi kasutamisele loodavat lisaväärtust on aga pea võimatu statistika põhjal hinnata.

Transpordi osatähtsust Eesti majanduses on võimalik hinnata vähemalt kahel moel: 1) veonduse, laonduse ja veondust abistavate tegevusalade osatähtsusest sisemajanduse koguprodukti (SKP) moodustumisel lisandväärtuse meetodil (AAA-08); 2) nõudluse (kasutamise) ja pakku-
mise maatriksite alusel, mis kirjeldavad majandusharude vahelisi väärtusvoogusid (AAA-12).

2015. aastal moodustasid maismaaveondus, toru-, vee- ja õhustransport kokku 3,6% kogu Eesti majanduses loodud lisandväärtusest. Laondus, veondust abistavad tegevusalad ning posti- ja kullerteenused panustasid lisandväärtusesse täiendavalt 4,3%. Seega võib antud meetodil transpordi ja sellega seonduvate tegevusalade osakaaluks rahvamajanduses lugeda ca 7,9%. Arvestades, et suurima osakaaluga tegevusalaks 2015. aasta lisandväärtuses olid kinnisvaraala tegevus (10,1%), millele järgnesid avalik haldus ja riigikaitse koos kohustusliku sotsiaalkindlustusega (7,3%), ehitus (6,2%), hulgikaubandus (5,9%) ja jaekaubandus (4,4%), siis on ilmne, et transpordisektor ja sellega seotud tegevusalad omavad väärtusloomes märgatavat kaalu. Perioodil 2000-2015 oli nende osakaal lisandväärtuses kõrgeim aastal 2000 (10,1%) ja madalaim aastal 2008 (7,3%). Transpordi ja seonduvate tegevusalade osakaal SKP kasvus on kõikunud -0,8 protsendipunkti ja 0,8 protsendipunkti vahel (vt joonis 1.1.).



Joonis 1.1. Transpordi ja logistika osatähtsus SKP kasvus (SKP kasv ajas vt. joonis 2.5).

Teisel meetodil on transpordi ja seonduvate tegevusalade osatähtsust Eesti majandusse hinnatud AS PricewaterhouseCoopers 2012. aasta andmete põhjal korrigeerituna 2014. aasta väärtusesse. Tulemuseks oli, et otseste ja kaudsete efektidena panustas transport koos kaasnevate tegevusaladega SKP-sse ligikaudu 18%. Kahe meetodi erinevus seisneb esmaste (nt kinnisvarateenused, sõidukite ja kütuste müük, rendi- ja kasutusrendi teenused) ja teiseste (nt nõustamisteenused, ehitus) kaudmõjude arvestamises või mitteamistamises.

Varasemates uuringutes on leitud, et empiirilist tõendust, mille kohaselt tööhõive ning majandustegevus üldisemalt tänu transpordisektori arendamisele paraneksid, ei eksisteeri (AAA-

13). Samas on Eesti näitel tähelepanuväärne tugev korrelatsioon SKP kasvu ning transpordisektori osatähtsuse vahel selle kasvus (nn **transpordielastsus**). Perioodil 1996-2014 oli nende näitajate korrelatsioonikoefitsient 76% (võrdluseks, kui kaasata ka seonduvad tegevusalad, siis oli korrelatsioonikoefitsient vaid 31%), kusjuures 2005-2014 tõusis vastav koefitsient 80%-ni. Kuna lõviosa transpordisektorist moodustab maanteetransport, siis korrelatsioonanalüüsi põhjal võib väita, et majanduskasv suurendab liikumisi teedel ning sellega seonduvalt transpordisektori energiakasutust, negatiivseid keskkonnamõjusid, leibkondade kulutusi transpordile ning viib suuremates linnades ka liikumiskiiruste vähenemiseni.

Viimati nimetatud nähtused iseloomustavad **transpordi negatiivset mõju** vastandina **transpordi positiivsele mõjule**, st elanikkonna üldise heaolu kasvule nende liikumisvajaduse rahuldamise läbi. Kirjanduses (AAA-14) on sõnastatud **transpordiparadoks**, mille kohaselt transpordisektor on ainus majandussektor, mille olukord inimeste sissetulekute kasvades halveneb. See selgitab, miks Eesti transpordipoliitikas (AAA-01) on seotud eesmärgiks teeliikluse kasvu lahti sidumine majanduskasvust, st teeliikluse kasvutempo oleks madalam SKP kasvutempost. **Transpordipoliitika** on teatud avalik-õiguslike prioriteetide ja abinõude kompleks, mille abil mõjutatakse veoteenuste nõudlust ja pakkumist. Transpordinõudluse ja -pakkumise genereerib **transpordisüsteem**.

2.2. Transpordinõudlus: reisijate- ja kaubavedu ning tööstustransport

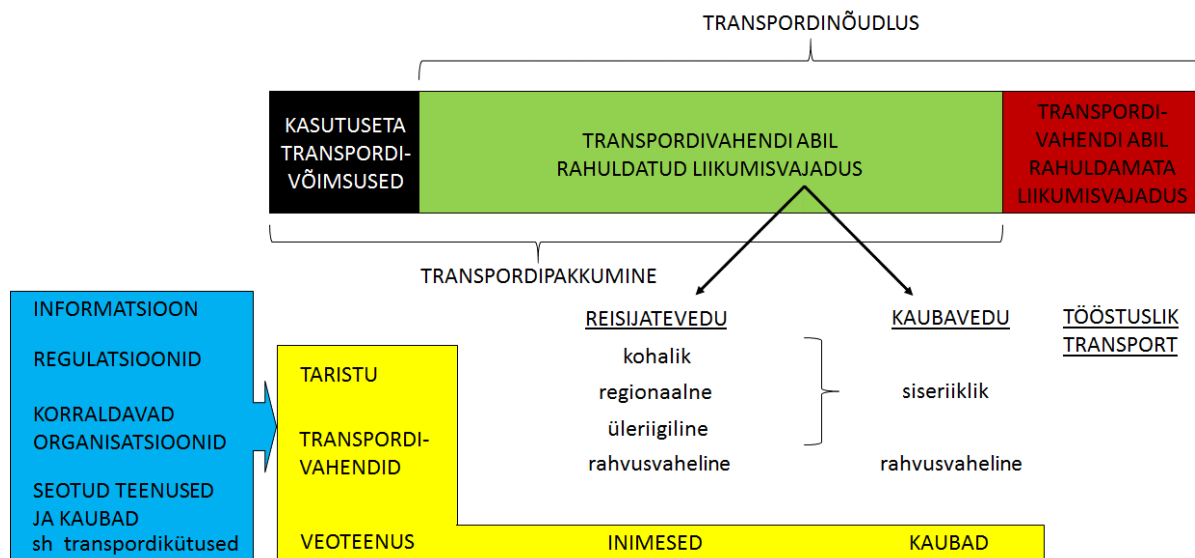
Transpordisüsteem

Transpordisüsteem koosneb transpordivõrgust, veeremist, veoprotsessidest, inimene-masin liidestest (sõitjad, reisijad), asjakohasest informatsioonist ja selle edastamise vahenditest, tugi-funktsioonide (eri veoviiside veeremi tootjad, remondiettevõtted, tanklad, kindlustusandjad) ning juhtimis- ja regulatiivfunktsioonide täitjatest. **Transpordisüsteemi esmane ülesanne** on tagada kõikidele inimestele ja ettevõtetele juurdepääs neile igapäevategevusteks vajalikele objektidele. **Transpordisüsteemi sekundaarne ülesanne** tuleneb sellest, et majanduse tõhus toimimine eeldab mitte niivõrd transpordi kui majandusharu kiiret arengut, vaid transpordikulude optimeerimist kõigi institutsioonide suhtes, sealhulgas asjatu transpordivajaduse vältimist.

Seega hõlmab transpordisüsteem erinevalt transpordist kui majandusharust ka **koduväliseid liikumisi**, mis tehakse jalgsi, mittemotoriseeritult või era- ja ametisõidukitega. **Transpordinõudlus** hõlmabki endas kõiki **liikumisvajadusi**, mida on võimalik rahuldada jalgsi, liikumis- või transpordivahendiga (veeremiga). Liikumised jagunevad analoogselt veoliikidega (vt alapeatükk 1.1.) inimeste ja kaupade liikumisteks.

Käesolevas töös keskendutakse **veeremi abil rahuldatud liikumisvajadusele**, mille kohta on olemas ajas võrreldav statistika. Transpordivahendi abil rahuldamata liikumisvajadus võib olla tingitud demograafilistest, majanduslikest, liikluskorralduslikest vms teguritest, mida on võimalik eraldi uurida, kuid see jääb oma detailides käesoleva töö raamidest välja. Tuleviku transpordinõudluse modelleerimisel arvestatakse siiski, et transpordinõudluse suurenemine on osalt tingitud transpordivahenditele parema juurdepääsetavuse tekkimise tulemusena.

Käesolevas töös ühtib piir veeremi abil rahuldatud ja rahuldamata nõudluse vahel Statistikaameti poolt kasutatava lähenemisega transpordiantmete kogumisel. Eraldi valdkonnaks on veeremi liikumised (ja kütuse tarbimine) seoses **tööstustranspordiga**. Tööstustranspordi mahte hinnatakse valdkonnapõhiselt kaudsel meetodil. Valdkondadest on vaatluse all põllumajandus, mäendus, ehitus.



Joonis 1.2. Nõudlus ja pakkumine transpordisüsteemis

Täiendavalt saab **inimeste liikumistes** eristada (vt joonis 1.2.):

- 1) kohalikke liikumisi, st liikumisi oma elukohajärgse kohaliku omavalitsuse piires või teineteisega piirnevate kohalike omavalitsuste piires;
- 2) regionaalseid liikumisi, st liikumisi ühe maakonna piires;
- 3) üleriigilisi liikumisi, st liikumisi Eesti piires;
- 4) rahvusvahelisi liikumisi, st liikumisi Eestist välja või Eestisse.

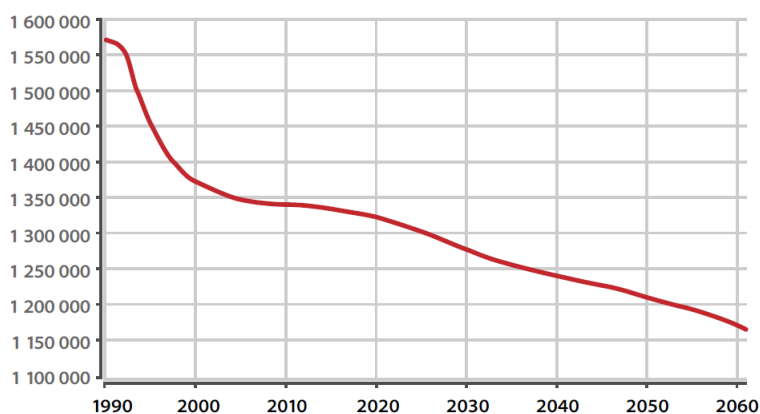
Täpsed andmed on siin eelkõige ühistranspordiga tehtavate liikumiste kohta (v.a taksod). Nende põhjal saab teha järeldusi regionaalsete, üleriigiliste ja rahvusvaheliste liikumiste kohta, mis on tehtud sõiduautodega.

Kaupade liikumistes on võimalik statistika põhjal eristada (vt joonis 1.2.):

- 1) kaupade siseriiklikke liikumisi;
- 2) kaupade rahvusvahelisi liikumisi Eestist välja või Eestisse.

Töö teemast tulenevalt on siseriiklikus kaubaveos otstarbekas eristada lühijärel ja keskmaavedusid, kuid nende mahtude hindamine on hinnanguline.

Liikumiste vajadust determineerivad inimeste liikumissoovide ja kaupade nõudluse kõrval demograafiline olukord, asustus, elatustase ning majanduse struktuur. Eesti **elanikkond** on viimasel kahel kümnendil kahanenud ning prognoosid aastani 2060 näitavad selle trendi jätkumist (vt joonis 1.3.).



Joonis 1.3. Eesti rahvaarvu muutus ning prognoos (AAA-02)

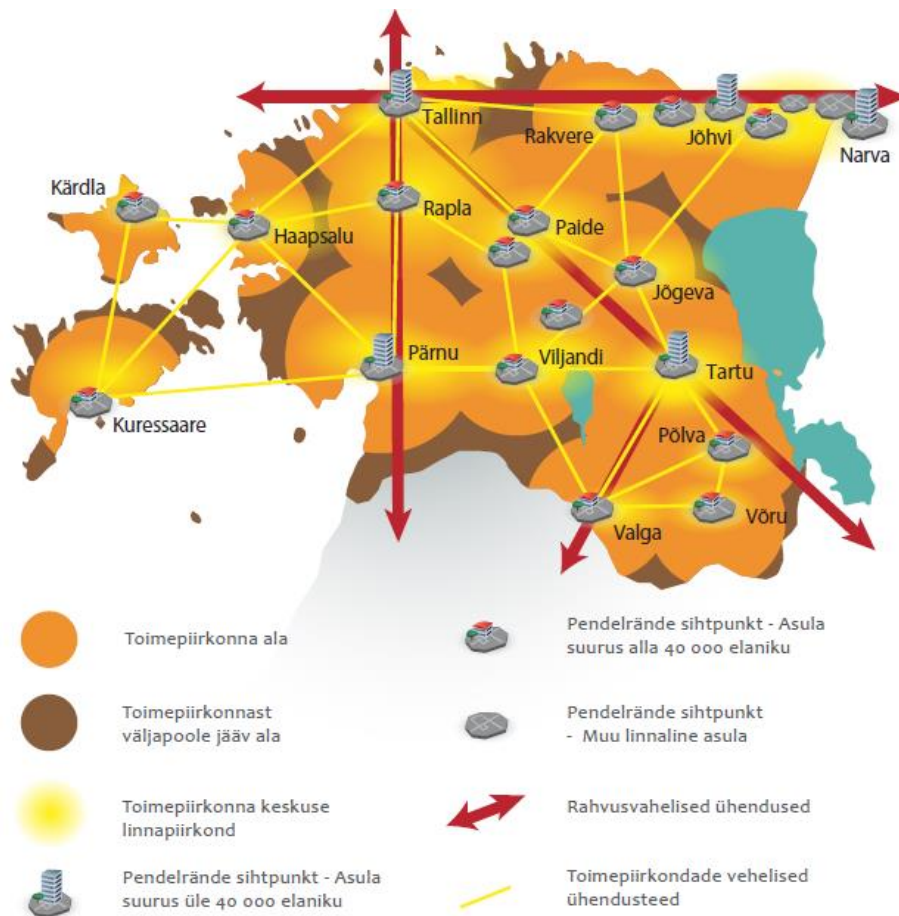
Rahvastiku vanuselises struktuuris jätkub vanemaealise elanikkonna suurenemine nii absoluutselt (keskmise eluea tõusu tõttu) kui suhteliselt (madala loomuliku iibe tõttu). Kuigi koguelanikkond väheneb, on perioodil 2010-2015 aset leidnud elanike arvu kasv Tallinnas, Tartus ning mõnes Tallinna ümbruse kohalikus omavalitsuses. Seega on Eestile iseloomulik suurenev **linnastumine**, mis on kooskõlas üleilmsete trendidega.

Demograafilist olukorda võib perioodil 2015-2030 kiiresti ja drastiliselt muuta massiline sisse-
ränne, mille ulatust ja mõju on viimastel aegadel kogunud mitmed Euroopa Liidu riigid. On tõenäoline, et lähemate aastate jooksul rakendatakse Euroopa Liidus tervikuna **kontrollitud migratsioonipoliitikat**, mille tulemusena hakkab riik „juhtima“ demograafilist olukorda läbi suureneva sisse-
rände. Sellel saab olema eeldatav mõju rahvaarvu vähenemise tempo pidurdamiseks eelkõige alates 2040ndatest, mis mõjutab otseselt ka transpordinõudlust.

Kompaktsem **asustus** võimaldab lühemaid liikumisi, mis vähendavad transpordisüsteemi koormust. Nii tehakse näiteks linnades suur osa liikumisi ilma transpordivahendita. Teisalt on just linnades probleemideks transpordivõrgu **pudelikaelad** tiptundidel ja **kasvuhoonegaaside** (KHG) emissioon, mis esitab väljakutse transpordisüsteemile. Seda on muuhulgas süvendanud **valglinnastumine**, mille mõjuks on liikluskoormuse suurenemine linnade peamagistraalidel. Samal ajal genereerib täiendavaid liikumisi Eestile omane **hajalinnastunud** ruum.

Regionaalselt tasakaalustatud arengut silmas pidades nähakse Eestis aastal 2030 kokku 15 **toimepiirkonda**, mis on ajalooliselt kujunenud suuremate linnade ümber (vt joonis 1.4.). Kaalukeeleks on võetud sõiduaeg kuni 30 minutit kodust töökohani, mille saavutamine on reaalne kuni 40 km raadiuses. Suuremate linnade puhul nähakse toimepiirkonda kuni 50 km raadiuses. (AAA-03)

Kirjeldatud visiooni mõjutavad eelkõige kolm raudteetranspordi arenguprojekti. Rail Baltic nihutab Pärnu (ca 130 km) potentsiaalselt Tallinna toimepiirkonda. Reisirongide kiiruse tõstmine 160 km/h-ni üle Eesti suurendab toimepiirkonna raadiuse raudteearealis 80-100 km-ni ehk senisest tugevamalt hakkab välja joonistuma Tallinna-Tartu diagonaal. Kõige suuremat mõju avaldaks Tallinn-Helsingi raudteetunnel. Transpordisüsteemi aspektist tähendaksid need projektid rongiliikluse osatähtsuse hüppelist kasvu transpordinõudluse rahuldamisel ning suure tõenäosusega ka liikumiste mahu suurenemist tervikuna.

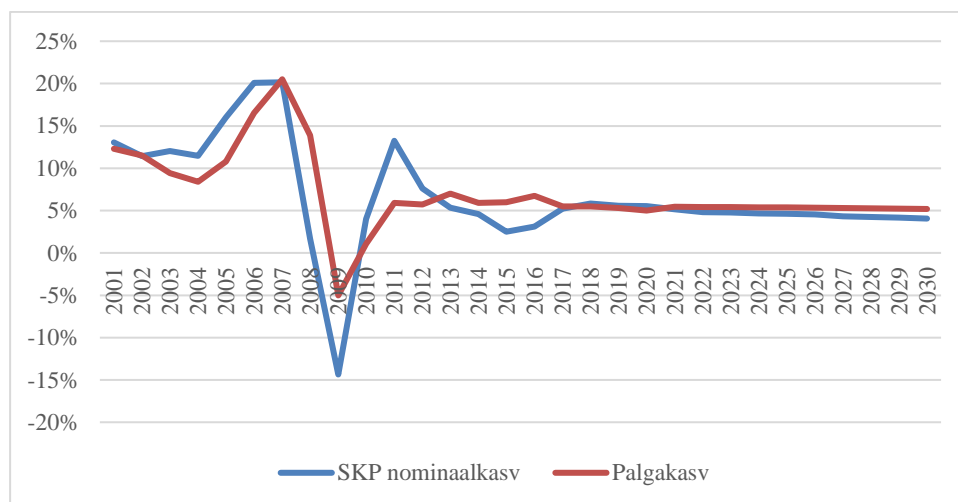


Joonis 1.4. Toimepiirkonnad Eestis 2030 (AAA-02)

Hoolimata mõnedest kriisiperioodidest on Eesti nautinud **majanduskasvu** ja **elatusaseme tõusu** (vt joonis 1.5.). See on omakorda mõjutanud inimeste liikumisi, milles selgelt eristub suundumus kasutada varasemast enam sõiduautosid. **Autostumine** on olnud transpordisüsteemile kõige enam mõju avaldanud tegur ning võib öelda, et praktiliselt kõik transpordipoliitilised sammud reisijateveos – nii turuosaliste kui regulaatorite poolt – on olnud reaktsiooniks või vastukäiguks sellele. Euroopa eeskujul teadvustatakse järjest enam kasvava autoliikluse kõrvalmõjusid, kuid arenenud maailma kogemus ja elatusaseme jätkuv paranemine ei anna põhjust prognoosida sõiduautode liikumismahtude märgatavat vähenemist Eestis aastaks 2030.

Tõenäolisem on saavutada sõiduautode keskmise sõidukauguse lühenemine suuremates linnades kui samaaegselt piiratakse/maksustatakse autoga liikumist ning arendatakse ühistransporti ühes autojuhtidele suunatud oskusliku kommunikatsiooniga. Just **intermodaalsete** võimaluste paranemine ühelt poolt ning vaba autoliikluse piiramine teiselt poolt on suurteks väljakutseteks

transpordiplaneerijatele. Senine praktika, mis väljendub autokesksete suurte maanteeinfrastruktuuri projektidena (vt edaspidi) eelkõige linnades ja nende lähiümbrustes (nt läbimurded, ümbersõidud), näitab, et sõiduautode valitsemisaeg ei lõpe niipea.



Joonis 1.5. Sisemajanduse koguprodukti nominaalkasv ja palgakasv Eestis (AAA-15)

2015. aastal loodi 53,1% Eesti sisemajanduse koguproduktist Tallinnas, 10,2% Harjumaal, 8,1% Tartus ja 7% Ida-Virumaal. Seega on Eesti majandus struktuurilt äärmiselt **pealinna-keskne** – nii on see olnud aastakümneid ning trend on selgelt pealinna-kesksuse suurenemise suunas. (AAA-08) Transpordisüsteemi jaoks on oluline liikumiste korraldamine Tallinnas ning Tallinna tagamaal (vt ka joonis 1.4.). Erakordselt tähtis on Tallinnale ja Tallinnas tegutsevatele tööandjatele nii siseriiklik kui rahvusvaheline juurdepääsetavus, et efektiivselt osaleda globaalses tööjaotuses, olla edukad ressurside (sh tööjõu-) turul ning toita majanduskasvu.

Inimeste liikumised

2011. a rahvaloenduse andmetel töötas 56% Eesti töötavast elanikkonnast oma elukohajärgse linna või valla piires (sh 5% töötas oma kodus). Tallinnas olid need näitajad vastavalt 74% ja 5%.¹ Samadel andmetel õppis 86% kuni 15-aastastest õpilastest koolis, mis asus elukohaga sa-

¹ Andmete tõlgendamisel inimeste liikumiste kohta peab arvestama, et Eesti summaarsed näitajad sisaldavad ka Tallinna näitajaid (s.o veidi enam kui kolmandikku Eesti töö- ja õppekohtadest). Kui Tallinna kohta eraldi välja toodud näitajad hälbivad Eesti keskmisest oluliselt, siis tähendab see, et mitte-Tallinna elanike puhul hälbib sama

mas linnas või vallas. 15-aastastest ja vanematest õppis elukohaga samas vallas või linnas paiknevas koolis 59% õpilastest. Tallinna kohta olid need näitajad vastavalt 98% ja 89% (AAA-08).

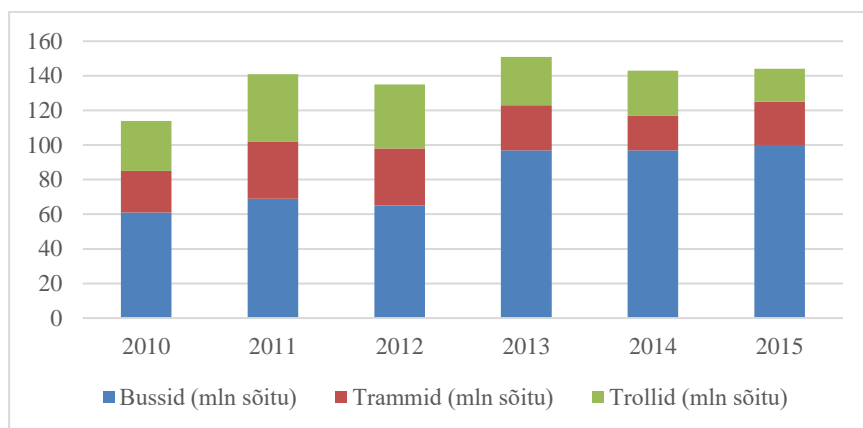
Seega moodustasid töö ja õppimisega seotud liikumistest kõige suurema osa **kohalikud liikumised** ning see puudutas ca 445 tuhat elanikku, kes käisid tööl või koolis oma elukohajärgses omavalitsuses. Tegelik nõudlus kohaliku liikumise järele oli veelgi suurem, sest rahvaloenduse liikumisandmed ei hõlmanud eelkooliealiste laste (Eestis oli ca 100 tuh alla 7-aastast last) ning mittetöötavate/-õppivate isikute (Eestis on nt ca 245 tuh üle 65-aastast elanikku) liikumisandmeid. Nimetatud isikute liikumised on aga eelkõige kohaliku iseloomuga. Regionaalse või üleriigilise töö- ja õpirändega isikud teevad reeglina oma elukoha omavalitsuses ka kohalikke liikumisi seoses teenindusasutuste või sugulaste-sõprade külastamisega.

Teistes uuringutes on näidatud, et kuigi märkimisväärne osa (Eestis tervikuna ca 23%, Tallinnas 11% ja Tartus 37%) liikumistest seoses tööl käimisega tehakse jalgsi või jalgrattaga (selle kohta vt AAA-01), siis valdav osa elanikest kasutab kohaliku liikumise vajaduse rahuldamisel transpordivahendit. Kokku tehti 2014. aastal ühistranspordiga 170 mln reisi, mis liigitusid kohalikeks liikumisteks (AAA-08). Suurima osa kohalikest liikumistest andsid suuremad linnad, eelkõige Tallinn.

2015. aastal tehti Tallinna linnas ühistranspordiga kokku 144 mln reisi, peamiselt bussides (vt joonis 1.6.). Tallinna ühistranspordi kasutust ja kasutuse struktuuri on oluliselt mõjutanud tasuta sõiduõiguse laiendamine kõikidele Tallinna elanikele alates 1.01.2013 ning trammiteede rekonstrueerimised (alates 2014), mille raames on trammiliiklus osaliselt või täielikult asendatud bussidega. Selgelt on aga suurenenud busside ja vähenenud trollide kasutamine pärast Tallinna Autobussikoondise AS ning Tallinna Trammi- ja Trollibussikoondise AS liitmist üheks ettevõtteks, Tallinna Linnatranspordi AS-ks suvel 2012. Tallinna Transpordiameti juhataja Andres Harjo sõnul oli trollidega tehtavate reiside vähenemisel määravaks reisijate käitumine

näitaja teises suunas olulisel määral. Ehk näiteks väljapool Tallinna elavatest inimestest töötab elukohaga samas omavalitsuses selgelt alla poole töökäijatest. See tõlgendus laieneb nii kohalikele, regionaalsetele kui ka üleriigilistele liikumistele.

pärast ekspressbussiliinide piletite hinnalisa kaotamist. Sama piletihinna juures hakkasid reisijad senisest enam eelistama kiiremaid ekspressbusse, millest paljud sõitsid trollidega suuresti kattuval marsruudil (AAA-17).



Joonis 1.6. Ühistranspordi kasutus Tallinnas, arvestamata kohalikke liikumisi elektrirongidega (AAA-16)

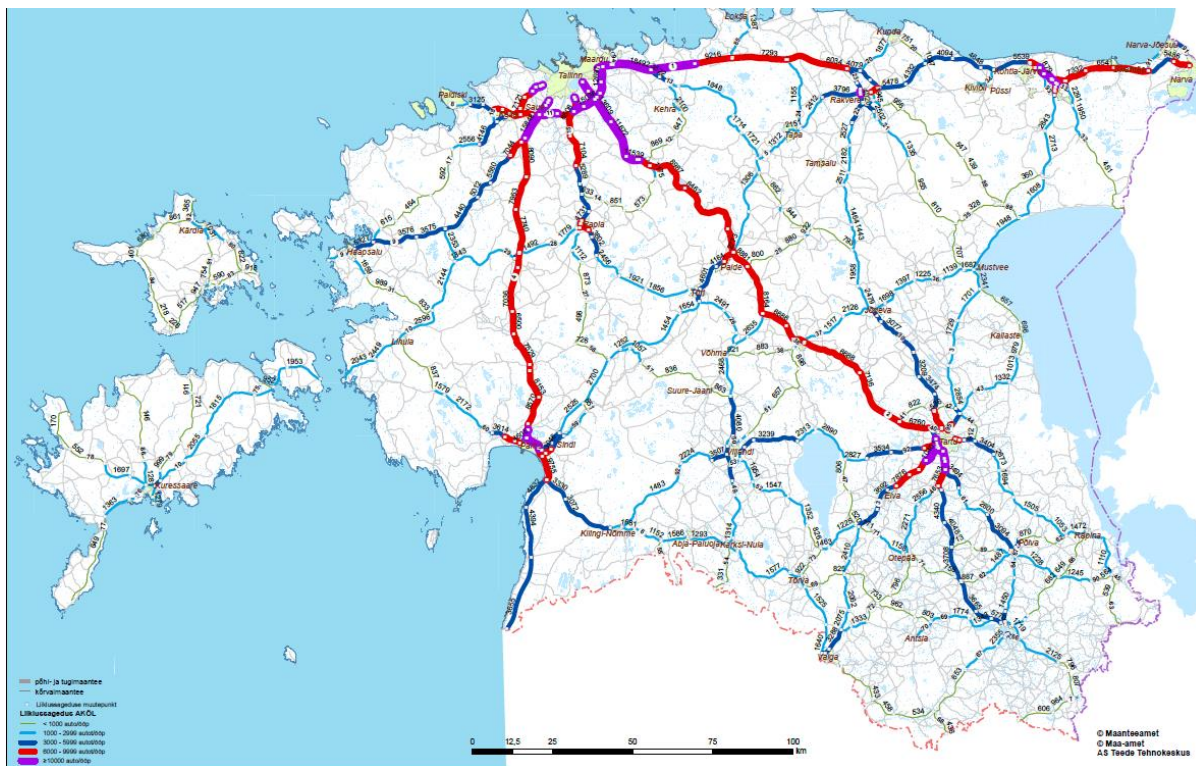
Võrdlus teiste Eesti suuremate linnadega – 2014. aastal tehti Tartus ca 13 miljonit (AAA-18), Pärnus ca 9 miljonit (AAA-19) ja Kohtla-Järvel 1,5 miljonit (AAA-20) bussireisi aastas.²

Ühistranspordi kõrval on teiseks peamiseks transpordivahendiks kohalikel liikumistel sõiduauto. Andmeid sõiduautode (täpsemalt teede) kasutuse kohta kogutakse regulaarselt vaid riigiteede kohta (st nende hulgas ei ole suuremate linnade tänavaliiklust). Seega näitavad vastavad andmed omavalitsuse (sh linna) territooriumile sissesõitvaid ja sealt väljuvaid sõidukeid, kuid mitte omavalitsuse piirides elavate inimeste omavalitsuse-siseseid sõite (vt joonis 1.7.).

Oluline kaal Eesti transpordinõudluses on **regionaalsetel liikumistel**. 2011. a rahvaloenduse andmetel töötas 21% Eesti töötavast elanikkonnast oma elukohajärgse maakonna piires, kuid väljaspool oma elukohajärgset kohalikku omavalitsust. Tallinna elanikest töötas Harjumaal 7%. Kuni 15-aastastest Eesti õpilastest õppis 13% koolis, mis asus elukohaga samas maakonnas,

² Reisijate arv ühistranspordis on arvutuslik ning põhineb piletimüügi andmetel. Perioodipiletitega tehtud arvestuslike sõitude arv on linnati erinev. Samuti erineb tasuta sõiduõigust kasutavate reisijate arvestus.

kuid mitte kodulinna või -vallas. 15-aastastest ja vanematest õppis elukohaga samas maakonnas, kuid väljaspool koduvalda või -linna asuvas koolis 20% õpilastest. Tallinna linnas elavatest õpilastest vaid 1% õppis väljaspool Tallinna, Harju maakonnas. (AAA-08)



Joonis 1.7. Liiklussagedus Eesti riigiteedel 2016. aasta liiklusloenduste andmetel (AAA-21)

Inimeste regionaalsete liikumiste nõudlus rahuldatakse pea täies mahus sõiduautode või ühistranspordiga, kusjuures valdavaks on esimesena nimetatud. (AAA-01) Sarnaselt kohalike liikumistega on minimaalne sõiduvajadus kaks korda päevas kõikidel tööpäevadel. Keskmiseks sõidukaugusteks regionaalsetel liikumistel on hinnanguliselt 15-20 km. (AAA-01) Arvuliselt on regulaarsete regionaalsete liikumistega seotud ca 160 tuhat töötavat või õppivat inimest. Liikumiste kogumahtu vähendavad puhkuse- ja koolivaheaegade perioodid. (AAA-08)

Hea ülevaate üle-eestilisest aastakeskmisest autode kasutamisest ööpäevas saab liiklusloenduste andmetest (vt joonis 1.7. eespool). Enim kasutatav teelõik asub Tallinna piiril Pärnu suunas, kus ööpäevas liigub mõlemas suunas kokku ligi 31,8 tuhat sõidukit. Üle 20 tuhande sõiduki

ööpäevas ületab Tallinna piiri ka Narva ja Tartu suunalt/suundades. Teise suurema tõmbekeskusena joonistub välja Tartu (Tallinnasse/Tallinnast enam kui 12 tuhat sõidukit ööpäevas). (AAA-21)

Ühistranspordiga tehti 2014. aastal regionaalsetel liinidel 20 miljonit reisi, sh bussidega 17 miljonit. (AAA-08) Ka ühistranspordi osas on regionaalsetes liikumistes kõige suuremad mahud Harjumaal, täpsemalt Tallinna ja tema tagamaa vahel. Elektrirongidega tehti Harjumaal 2014. aastal ca 3,5 miljonit reisi, millest ca 1 miljon olid kohalikud liikumised Tallinna piires. (AAA-22) Rapla suunal sõidavad diislrongid, mille osas puudub täpne teave, kui palju nendega tehtud reisidest olid reisirongid Harju maakonna piires. Harju maakonna avalikud bussiliinid teenindasid 2014. aastal ca 2,5 miljonit reisi. Regionaalse bussiliikluse osas puudub täpne teave, kui palju reisijaid vedasid Harjumaal kommertsliine teenindavad bussivedajad. (AAA-04)

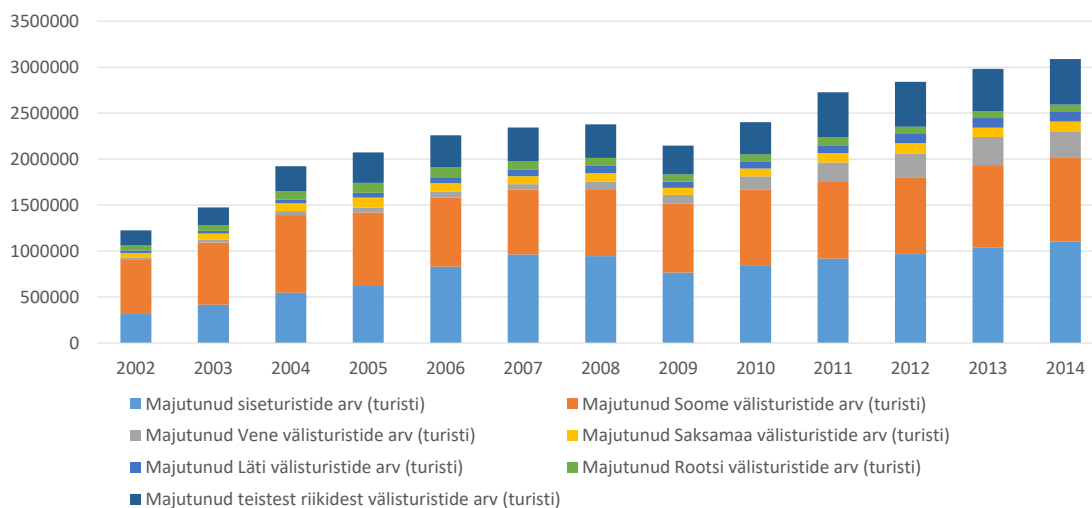
Regionaalse parvlaevaliikluse osa kogu regionaalsest transpordinõudlusest oli väga väike. Reisijate vedu toimus Pärnu, Harju, Lääne ja Tartu maakonnas mandri ja väikesaarte vahel ning kõiki liine teenindas 2014. aastal AS Kihnu Veeteed. Kokku tehti nendel liinidel sel aastal veidi enam kui 100 tuhat reisi. (AAA-08, AAA-23, AAA-24)

Üleriigilised liikumised on seotud pealinna, aga ka teiste Eesti suuremate linnade kui kõrgema palgaga töökohtade ja laia teenuste valikuga (sh haridusteenus) tõmbekeskuste atraktiivsusega. 2011. a rahvaloendus näitas, et 5% Eesti töötavast elanikkonnast töötas väljaspool oma maakonna piire ja 7% omas kindla aadressita töökohta Eestis (näiteks ehitusobjektidel töötajad). Tallinna elanikest töötas mujal Eestis (sh väljaspool Harjumaad) 1% töötajatest, kuid ka siin oli lisaks 7% neid, kel töökoht Eestis oli kindla aadressita. Kuni 15-aastastest Eesti õpilastest õppis vaid ca 1% koolis, mis paiknes mitte-elukohajärgses maakonnas. 15-aastastest ja vanematest õppis teises maakonnas aga 21% õpilastest. Tallinnas elavatest vanematest õpilastest õppis teises maakonnas 11%. Kokku oli üleriigilise liikumise vajadusega seotud ca 100 tuhat töötajat ja õpilast. (AAA-08)

Üleriigilisi liikumisi tehti peamiselt sõiduautode ja ühistranspordiga (sh bussid, rongid ja saartega ühendusteks parvlaevad). Keskmise sõidu pikkus oli hinnanguliselt 100 km. (AAA-01) Üleriigilise töö- ja õpirände kasutajatel on enamasti nn teine kodu. See tähendab, et transpordi-

nõudlus väljendatuna sõitude arvus nädala/aasta kohta ei ole nii suur kui regionaalse või kohaliku transpordinõudluse puhul. Ühistranspordiga tehti 2014. aastal üle 8 miljonit reisi, millest ca 4,4 miljonit bussidega, 2,1 miljonit parvlaevadega mandri ja suursaarte vahel ning ligi 2 miljonit rongidega. Märkatava osa reisijateveosse andis riigisisene juhuvedu bussidega, mida ei klassifitseerita ühistranspordiks, mahus 4,5 miljonit reisi. (AAA-08)

Inimeste **rahvusvahelised liikumised** on enamasti seotud turismiga. 2014. aastal ööbis Eestis ca 2 miljonit välituristi, kes sisenesid Eestisse peamiselt läbi Tallinna sadama ja Tallinna lennujaama (soomlased, sakslased, rootslased), või mööda maanteed Venemaa või Läti suunal (vt joonis 1.8.). (AAA-08)



Joonis 1.8. Majutunud turistide arv Eestis (AAA-25)

Jooniselt 1.8. on näha, et turism genereerib ka märkimisväärselt riigisiseseid liikumisi – aastas tehakse kohalike elanike poolt ligi 1,1 miljonit turismireisi Eesti piires. Eestist välja reisis 2014. aastal 1,4 miljonit inimest, mis oli võrreldes varasemate aastatega enam kui 20% rohkem. Peamisteks sihtkohadeks olid Soome, Läti ja Rootsi. (AAA-08) Kui selline kasv jätkub, siis muutuvad Eesti välisühendustega seotud transpordiprojektid järjest atraktiivsemaks.

Ühistranspordiga tehti 2014. aastal ca 7 miljonit rahvusvahelist reisi (erinevalt kohalikest, regionaalsetest ja üleriigilistest liikumistest hõlmab see arv olulises osas ka mitteresidentide reise Eesti ettevõtete poolt pakutud veoteenuseid kasutades). Lõviosa nendest langes laevaliiklusele (5,7 miljonit reisi), oluliselt vähem bussiliiklusele (800 tuh reisi) ja rongiliiklusele (100 tuh

reisi). Rahvusvaheliste liikumiste kontekstis olid 2014. aastal suhteliselt tähtsad ka mitteregulaarsete laevaliinide (valdavalt kruisid) poolt genereeritud reisijate mahud (800 tuh reisi) ja bussidega tehtud rahvusvahelised juhuveod (600 tuh reisi). Viimaste aastate trend rahvusvahelises liikumises näitab märkimisväärset kasvu bussireiside osas, laevade ja rongidega tehtavate reiside arv on stabiliseerunud. (AAA-08) Transpordi arengukavas prognoositakse 2012. aasta baasilt rahvusvaheliste reiside kasvu aastaks 2020 ligi 20%, milles domineerivad laevareisid, kuid kõige kiiremat kasvu ennustatakse Eesti ja Venemaa vahelisele rongiliiklusele. (AAA-01)

Tabel 1.1. Transpordinõudlus inimeste liikumisel, 2014 (AAA-08, AAA-09)

Liikumise liik	Tööl ja koolis käivate inimeste hulk, kes regulaarselt liiguvad kodu-töö/kool (tuh)	Turiste (tuh)	Reisijaid ühistranspordis (tuh)
kohalik	445		170 000
regionaalne	160		20 000
üleriigiline	100	Eestis 1 100	13 000
rahvusvaheline	väike	Eestisse 2 000 Eestist 1 400	8 000
Transpordivahend	Reiside arv (mln)	Reisijakäive (mln sõitja-/reisijakm)	Keskmine sõidu pikkus (km)
sõiduauto	870	14 800	17
bussid	150	2 550	17
trollid/trammid	46	160	3,5
laevad	9	1 200	133
rongid	6	280	47
KOKKU	1 081	ca 19 000	18

Kokkuvõtte Eesti transpordinõudlusest inimeste liikumisel on toodud tabelis 1.1. Trendianalüüs näitab, et **ühistranspordi kasutus on Eestis viimastel aastatel pidevalt vähenenud**. Sellel on mitmeid põhjusi – autokasutuse kättesaadavuse paranemine seoses elatustaseme tõusuga; hajakasutus, kus ei ole otstarbekas pakkuda autokasutuse mugavusega võrreldavat ühistransporti; muudatused rahvastiku paiknemises ja maakasutuses, millega ei ole ühistranspordisüsteemi suudetud piisavalt kohandada; olemasoleva ühistranspordi kvaliteet, mis tihti ei vasta inimeste ootustele ka piirkondades, kus seda on võimalik kuluefektiivselt pakkuda. Negatiivseks võib lugeda ühistranspordi madalat osakaalu reisijakäibest (reisijate arv korda reisi pikkus), mis viitab sellele, et pikki distantse eelistatakse sõita autoga, kuigi suuremate linnade vahel on suhteliselt head ühistranspordiühendused. (AAA-01)

Eesti Statistikaameti läbiviidud uuringu andmetel kasutas 2014. aastal 15-74-aastasest hõivatutest tööle minemiseks ühistransporti 23%, jalgsi liikumist 17% ning jalgratast 3%. Tulemused olid sarnased varasemate aastatega. Ühistranspordiga, jalgrattaga või jala tööle käijate osatähtsus on kümne aastaga siiski märgatavalt vähenenud – 58%-lt 2004. aastal 42%-ni 2014. aastal. Kui 2004. aastal kasutas tööl käimiseks autot 38% tööga hõivatud elanikest, siis 2014. aastal ulatus nende osatähtsus 53%-ni. Samal perioodil on ühistranspordi kasutamine vähenenud 29%-st 23%-ni. (AAA-26) Sõitjakäibe alusel hindas Eurostat, et ca 84% sõitja-kilomeetreid Eesti maismaal transpordiga tehtud liikumistes läbiti 2013. aastal sõiduautode, 14% busside ja trollide ning 2% rongidega. (AAA-27)

Kaupade liikumised

Kaupade liikumised **siseriiklikult** toimuvad peamiselt maanteedel. Viimasel viiel aastal on kaubaveo maht püsinud 22-24 mln tonni ümber ning veokäive 1300-1600 mln neto tonnkilomeetri piires. Ka siseriikliku kaubaveo kogused raudteel on märkimisväärsed, kuid seda eelkõige kaevandustest põlevkivi veo arvel (tegemist on tööstustranspordiga). Mitteamalikul raudteel (eelkõige Enefit Kaevandused AS) on viimasel viiel aastal veetud 17-19 mln tonni kaupu (peamiselt põlevkivi) veokäibega 380-460 mln neto tonnkilomeetrit. **Avalikul raudteel on kaubaveo mahud langenud** 5,4 mln tonnilt (2011) ehk 336 mln neto tonnkilomeetrilt 3,5 mln tonni (2014) ehk 219 mln neto tonnkilomeetrini, mis on ka peamiseks siseriiklike kaupade liikumisi iseloomustavaks trendiks. Laevadega teostatava siseriikliku kaubaveo maht on olnud olematu. Seega olid 2014. aastal avalikul maismaainfrastruktuuril tehtud siseriiklikest kaubavedudest ca 88% autodega sooritatud veod. (AAA-08)

Rahvusvahelises kaubaveos domineerivad **transiitveod**. Enamik rahvusvahelisest kaubaveost liigub läbi sadamate mere-raudtee või mere-maantee bimodaalse veona, kusjuures trend on viimase kombinatsiooni osatähtsuse suurenemisele (AAA-01). Ühelt poolt on **raudteel toimunud erakordselt kiire kaubaveomahu langus** – 26 mln tonnilt ehk 5500 mln neto tonnkilomeetrilt (2011) 16 mln tonni ehk 2656 mln neto tonnkilomeetrini (2014). Teisalt veeti maanteedel 2014. aastal rahvusvaheliste vedudena 14 mln tonni ehk 5314 mln neto tonnkilomeetrit kaupu, võrrelduna 6,9 mln tonni ja 4605 mln neto tonnkilomeetriga 2010. aastal. (AAA-08) Kokkuvõtte transpordinõudlusest kaupade liikumisel on toodud tabelis 1.2.

Tabel 1.2. Transpordinõudlus kaupade liikumisel, 2014 (AAA-08, AAA-09)

Liikumise liik	Näitaja	Maanteetransport (Eesti juhuvalim)	Raudteetransport (Eesti kõikne vaatlus)	Meretransport (Eesti kõikne vaatlus)
tööstustransport	veomaht (mln t)	teadmata	17	olematu
	veokäive (mln neto tonnkilomeetrit)	-	381	-
	veokaugus (km)	-	22	-
siseriiklik	veomaht (mln t)	24	3,5	olematu
	veokäive (mln neto tonnkilomeetrit)	1 605	219	-
	veokaugus (km)	67	63	-
rahvusvaheline	veomaht (mln t)	14	16	1,6
	veokäive (mln neto tonnkilomeetrit)	5 314	2 656	425
	veokaugus (km)	380	166	266

2.3. Transpordipakkumine: veoviisid ja -liigid ning veerem

Transpordinõudlust tasakaalustab **transpordipakkumine** liikumisvajaduste rahuldamiseks. Transpordipakkumine hõlmab endas eraisikute ja organisatsioonide poolt soetatud transpordivahendite kasutamist liikumiste vajaduse rahuldamiseks. Geograafilistest, ajalistest, majanduslikest, tehnilistest ja muudest teguritest tulenevalt on paratamatu, et **osa pakutavast transpordivõimsusest seisab jõude**. Statistika hõlmab endas küll transpordivahendite arvu, kuid liinikilomeetrid jt läbisõiduga seotud näitajad väljendavad üksnes võimsuse kasutamist ehk on samaväärsed transpordivahendi abil rahuldatud transpordinõudlusega.

Olulise panuse transpordipakkumise kujunemisse annab avalik sektor, kellele lasub nii riigi kui kohaliku omavalitsuse tasandil Ühistranspordiseadusega (AAA-28) pandud kohustus korraldada ühistransporti. Kuigi Transpordi arengukavas 2014-2020 (AAA-01) rõhutatakse vajadust vähendada sundliikumisi ning stimuleerida liikumisi jalgsi ja jalgrattaga, on avalikul sektoril märkimisväärne roll transpordinõudluse kujundamisel läbi transpordipakkumise – ühistranspordivõrgu arendamine, sõiduplaanide tihendamine ning uute ühissõidukite soetamine koos autokasutust piiravate meetmetega suunab inimeste liikumist ja transpordivahendi valikut. Transpordipakkumise parandamine läbi avaliku sektori kontrolli all olevate veoettevõtete mõjutab

transporditurgu, sundides teisi turuosalisi investeerima kvaliteeti ja efektiivsusesse. Samas piirab avaliku sektori turul olek eraettevõtjate võimalusi kasumit teenida, mistõttu tekivad turu moonutused.

Käesoleva töö raames käsitletakse järgmisi **transpordivahendeid**:

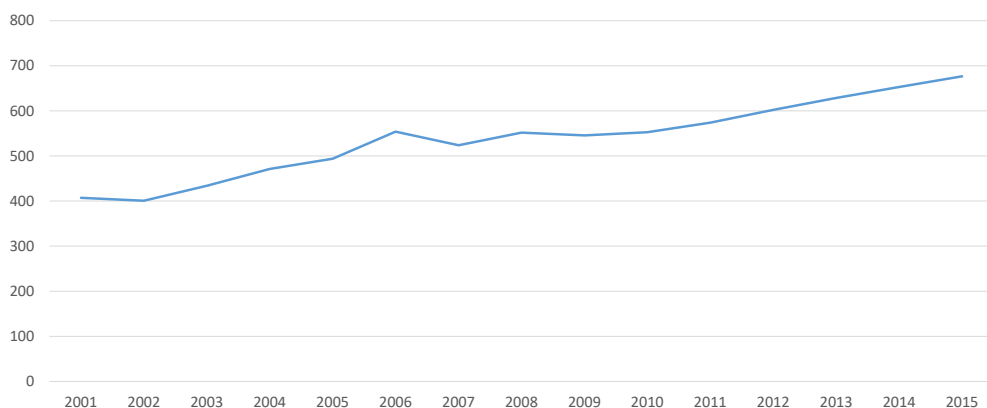
- sõiduautod;
- ühistranspordi veerem, mis hõlmab linnaliinibusse, trolle ja tramme ning maakonna- ja linnadevahelisi busse, riigisiseseid reisironge ning saartega ühendust pakkuvaid parvlaevu, samuti rahvusvahelistel liinidel sõitvaid busse, reisironge ja reisilaevu;
- maanteedel liikuvad kaubaveokid;
- kaubarongid;
- kaubalaevad;
- tööstustranspordi veerem, mida kasutatakse põllumajanduslikus tootmises, ehituses, mäetööstuses jm.

Eestis oli 2016. aasta lõpu seisuga arvel 703 tuhat **sõiduauto**³. 2014. aasta andmetel oli ca 43% sõiduautodest registreeritud Tallinnas või Harjumaal ning 75% Eestis registreeritud sõiduautodest olid eravaldues. Arvel olevate sõiduautode arvu kasvutempo 2000ndatel aastatel on olnud keskmiselt 3,8% aastas, mis on veidi kõrgem kui keskmine SKP kasv samal perioodil (vt joonis 1.5. ja joonis 1.9). Perioodil 2012-2014 registreeriti Eestis aastas ca 47-50 tuh sõiduauto, millest veidi üle 40% olid uued sõidukid. Majanduskasvu kõrgajal aastatel 2006 ja 2007 registreeriti enam kui 70 tuhat sõiduauto aastas. (AAA-08)

Ligi 15% 2015. aasta lõpus arvel olnud sõiduautodest olid kuni viie aasta vanused, kusjuures väljalaskeaasta järgi oli jaotus uute autode osas väga ühtlane – ca 20 tuhat aastas. Sõidukipargi keskmine vanus oli 14,2 aastat⁴. (AAA-21)

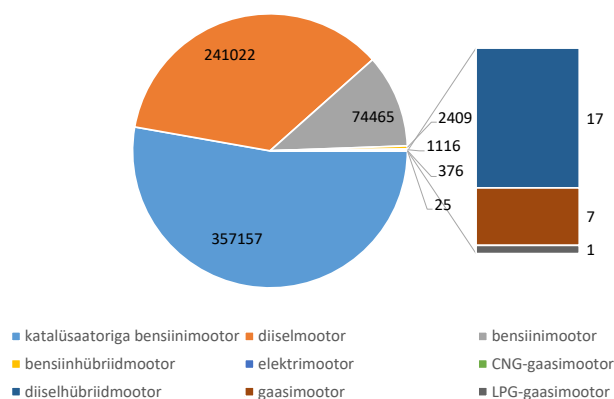
³ Arvel olevate autode arv sisaldab ka peatatud registrikandega sõidukeid. 2014. a andmete põhjal võib eeldada, et veidi enam kui 100 tuhande sõiduauto registrikanne on peatatud. (AAA-21)

⁴ Üle 2300 arvel oleva auto olid vanemad kui 50 aastat. Enamus nendest on pigem museaalid kui igapäevasõidukid. Selliste sõiduautode osakaal autopargis on väga marginaalne, mistõttu need sõidukipargi keskmist vanust oluliselt ei mõjuta.



Joonis 1.9. Arvel olevad sõidua autod Eestis aasta lõpu seisuga (tuh sõidukit) (AAA-08, AAA-21)

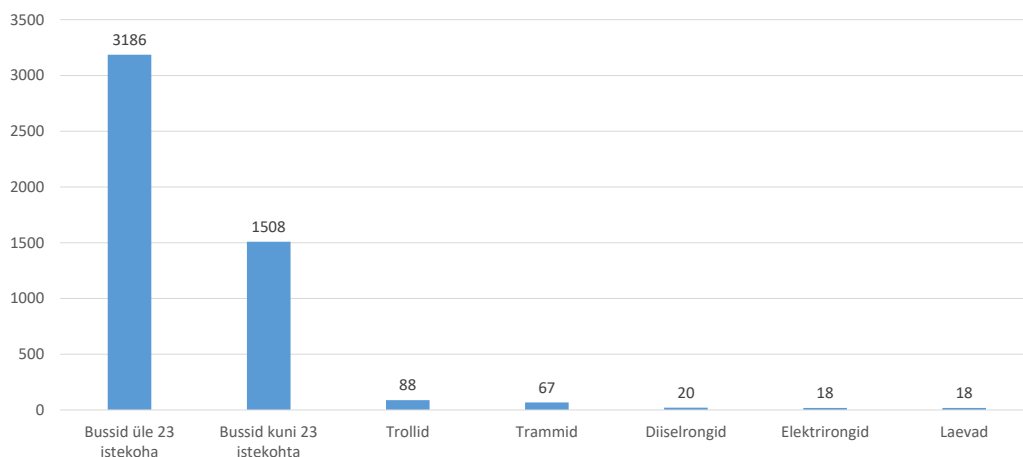
Mootori tüübi järgi oli seisuga 31.12.2015 Eestis kõige enam arvel bensiinimootoriga sõiduaautosid, mis moodustasid ligi 64% kõikidest sõiduaautosidest (vt joonis 1.10.). Võib öelda, et pea kõik ülejäänud sõiduaautosid olid diiselmootoriga, sest alternatiivsetel transpordikütustel põhinevate mootorite või hübriidmootoritega sõiduaautosid kokku oli vähem kui 4000 ehk ca 0,6% sõidukipargist. Samas oli elektrimootoriga sõiduaautosid ligi kolm korda enam kui gaasimootoriga sõidukeid. (AAA-21) Sellele aitab jõudsalt kaasa ELMO projekt⁵, mille raames toetati perioodil 18.07.2011 kuni 06.08.2014 kokku 657 elektriauto ja laetava pistikhübriidi soetamist. (AAA-31). 2015. aasta jooksul, kui elektriautode soetamiseks toetusi enam ei jagatud, suurenes arvel olevate elektrimootoriga sõiduaautosid arv vaid 49 sõiduki võrra.



Joonis 1.10. Arvel olevad sõiduaautosid Eestis seisuga 31.12.2015 mootori tüübi järgi (AAA-21)

⁵ Eesti elektromobiilsuse programm (ELMO) on Eesti Vabariigi Valitsuse ja Mitsubishi Corporationi koostöös 2011. aastal käivitatud programm energiatõhusate ja keskkonnasäästlike elektriautode ja laetavate hübriidide kasutusele võtmise toetamiseks. (AAA-29)

Ühistranspordi veeremist on Eestis kõige enam busse⁶ (vt joonis 1.11.). Bussidest ca 30% on registreeritud Tallinnas. Bussidest olid seisuga 31.03.2015 274 liigend- ja 94 korrusbussid. (AAA-21) Busside arv on viimase viie aasta jooksul kasvanud, samas kui trollide, trammide ja reisirongide arv on kahanenud. (AAA-08)



Joonis 1.11. Ühissõidukite arv Eestis seisuga 31.12.2014⁷ (AAA-08, AAA-21, AAA-23, AAA-24)

Üle 23 istekohaga busside keskmine vanus ulatus 2015. aastal 14,7 ning kuni 23 istekohaga busside keskmine vanus 13,5 aastani. Bussidest veidi vähem kui 17% on kuni viie aasta vanused. Domineeriv osa bussidest (ca 94%; suurematel bussidel on see näitaja veelgi kõrgem) omab diiselmootorit. Alternatiivseid transportikütuseid kasutavatest bussidest oli seisuga 31.03.2015 Harjumaal arvel üks 33 istekohaga diiselhübriidbuss ning 43 CNG- (surugaasi-) bussi (üle poole nendest Tartus, ülejäänud Tallinnas ja Narvas).

Eesti suurim bussiettevõtja, Tallinna Linnatranspordi AS on näiteks aastatel 2012-2015 soetanud 100 Euro-5 normidele ning 64 Euro-6 saastennormidele vastavat bussi. (AAA-30) 2015. aasta jooksul soetati bussipargi uuendamise käigus hübriidbusse (Tallinnas 24 Volvo bussi,

⁶ Bussidena käsitatakse liiklusregistris registreeritud M2 ja M3 kategooria sõidukeid, st sõidukeid, millel lisaks juhiistmele on rohkem kui kaheksa istekohta. (AAA-21) See tähendab, et busside arv hõlmab ka väikebusse, mida ei kasutata reisijateveol Ühistranspordiseaduse (AAA-28) mõistes.

⁷ Busside arv on antud seisuga 31.03.2015 tuginedes allikale (AAA-21).

Rootsi) ja CNG-busse (Tallinnas 16 MAN bussi, Saksamaa; Tartus 5 Scania bussi, Rootsi). (AAA-21) CNG-busside soetamisel oli argumendiks diislbussidega sama hind konkreetsetes hankes. (AAA-31)

Ühistranspordi veerem on viimastel aastatel jõuliselt uuenenud ka teistes veoviisides. Kõige kardinaalsem on muutus reisirongide (**mootor- ja elektrirongide**) juures – kõik ainult Eestis sõitvad reisirongid on valminud 2013. aastal või hiljem (Stadler, Šveits). **Trollidest** ligi 2/3 on nooremad kui 15 aastat, kuid viimased uued trollid soetati 2009 (Solaris, Poola). (AAA-30) Samas on trolliliiklust viimastel aastatel üha enam asendatud bussiliiklusega ning see tendents jätkub kindlasti ka lähiaastatel. (AAA-31)

2015. aastal jõudsid Tallinnasse esimesed uued **trammid** (CAF, Hispaania), mida telliti kokku 20. Need hakkasid osaliselt asendama seniseid enam kui 25-aastaseid tramme. (AAA-30) Trammipargi uuendamist võib prognoosida ka lähitulevikuks, kuigi käesoleval ajal kate edasisteks investeeringuteks veeremisse puudub. Siiski võib selguda, et sarnaselt viimasele trammihankele saab taas kasutada CO₂ kvoodi müügist saadud vahendeid. (AAA-31) Ka laevaparki on lisandunud uued alused mandri ja saarte vahelisel reisijateveol. (AAA-32)

2017. aastal on Eestis 10 linna, mis pakuvad linnasisest ühistransporti: Tallinn (74 bussiliini, 4 trolliliini, 2 (4) trammiliini, 4 rongiliini), Tartu (27 bussiliini), Pärnu (22 bussiliini), Kohtla-Järve (18 bussiliini), Narva (14 bussiliini), Viljandi (8 bussiliini), Kuressaare (7 bussiliini), Rakvere (5 bussiliini), Haapsalu (4 bussiliini) ja Sillamäe (1 bussiliin). Osa liinidest ulatub ka külgnevatesse valdadesse. (AAA-33)

Tallinnas osutab valdavalt osa veoteenusest munitsipaalomandis olev veoettevõtte Tallinna Linna Transpordi AS (bussid, trollid, trammid). (AAA-30) Lisaks veab osadel liinidel reisijaid eraettevõtja AS MRP Linna Liinid (bussid). 2015. aasta lõpu seisuga teenindas Tallinnas reisijaid 364 bussi, 58 trolli, 25 trammi⁸ (AAA-16) ning 20 regionaalset diislrongi ja 18 elektrirongi, mis tegid peatusi ka Tallinna-siseselt. Narvas veab reisijaid AS ATKO Bussiliinid (AAA-34), mis nagu teisteski linnades on samuti eraettevõtja.

⁸ Kasutusel olevate trammide arv on käesoleval ajal tavapärasest oluliselt väiksem seoses trammiteede ulatuslike remonditöödega. Tavaolukorras oleks käigus tõenäoliselt ca 50 trammi. (AAA-16)

Maakonnaliine ehk regionaalseid liikumisi teenindavat ühistransporti pakuti 2017. aastal kokku 1338 bussiliinil⁹, millest enamikul osutati avalikku ehk maavalitsuste või ühistranspordikeskuste poolt tellitud ja doteeritud reisijatevedu. (AAA-33) Harju maakond oli väga hästi kaetud ka reisirongiliiklusega. Läänemaal, Pärnumaal ja Tartumaal kasutati laevu maakonnasisesel reisijateveol. Riigisiseseid kaugbussiliine oli 2017. aastal 195 ning need kõik toimusid kommertsliinidena. (AAA-33) Reisirongid teenindasid riigisiseseid liikumisi 9 liinil. Laevad hoidsid maakondade vahel ühendust kolmel liinil.

Rahvusvahelistel liinidel sõitvate busside üle eraldi arvestust ei peeta, samad bussid võivad teenindada reisijaid siseriiklikel ja rahvusvahelistel liinidel. Rahvusvahelisi bussiliine oli 2017 aasta seisuga 14. (AAA-33) Rahvusvahelisi reisironge oli 2017. aastal käigus kaks koosseisu liinil Tallinn-Peterburi-Moskva-Tallinn, neid opereerib Venemaa ettevõtte FPK, kellele osutab veduri- ja muid teenuseid AS Go Rail (AAA-35).

Rahvusvahelistel laevaliinidel tegutseb Eesti ettevõtte Tallink 16 **reisilaevaga**, mis sõidavad Eesti, Läti või Soome lipu all. Enamus neist kasutavad naftatoodetel põhinevat laevakütust, kuid 2017. aastast on liinil veeldatud maagaasi (LNG) kasutav kiirlaev Megastar (AAA-36). Soome ja Rootsi liine teenindavad Tallinki kõrval ka Eesti ettevõtte Lindaliini AS (laevaga HSC Karolin) ning Soome firmad Viking Line (laevadega Viking FSTR, Viking XPRS, Gabriella, Mariella) ja Eckerö Line (laevaga MS Finlandia), samuti Venemaa ettevõtte MOBY Spl Ltd (laevaga Princess Anastasia). Kokku oli seisuga 03.08.2017 rahvusvahelisi reisilaevauhendusi Soome (kuni 27 väljumist päevas) ja Rootsi (kuni 3 väljumist päevas). (AAA-38, AAA-39)

Eestis arvel olevate **veoautode** arv oli seisuga 31.12.2015 kokku ca 102 tuhat, mille lisandus ca 91 tuh haagist. Viimase viie aasta jooksul on veokite, eriti aga haagiste arv hüppeliselt kasvanud, mis korreleerub (rahvusvaheliste) veomahtude kasvuga maanteedel samal perioodil. (AAA-08)

⁹ Maakonnaliinide arvestamine toimub maakondades erineva loogika alusel. Mõnedel juhtudel tähendab üks liin ühte väljumist (ühel päeval), teisel juhul võib ühe liini all olla mitu igapäevast väljumist. Seepärast ei ole vastavad andmed maakonniti võrreldavad.

Kaubarongide teenindamiseks oli AS EVR Cargo **veduripargis** 72 USA päritolu magistraalvedurit, mis kõik ei ole töökorras, ning 8 Tšehhi ja 5 Vene päritolu manöövervedurit. Veduripargi moderniseerimiseks on EVR Cargo valinud USA päritolu C30 vedurite renoveerimise Vene manöövervedurite TEM TMH eeskujul. Kaalumisel on alternatiivsed lahendused energiaallikate osas – akud, kütuseelemendid, LNG. (AAA-37) Põlevkivi tehnoloogilisel veol kasutatakse Enefit Kaevanduste AS Viru kaevandustes 19 Vene päritolu diiselveurit seeriast TEM2. (AAA-35, AAA-40) Raudteeliiklusregistri andmetel oli Eestis seisuga 31.12.2015 arvel kokku 288 vedurit, nende arv ei ole viimastel aastatel oluliselt muutunud. (AAA-08)

2015. aasta lõpu seisuga oli Eesti laevaregistrites 15 **kaubalaeva**, 41 **kalalaeva** ning 34 **tehnilist** ja **abiliaeva**. Laevade arv ei ole viimastel aastatel oluliselt muutunud (AAA-08). Rahvusvahelisi kaubalaevaihendusi ei teenindata Eesti lipu all sõitvate laevadega.

Tööstussõidukitest kõige enam oli 2015. aasta lõpu seisuga arvel traktoreid – ligi 28 tuhat, millest 17 tuhat olid eravalduses. Ekskavaatoreid, kombaine, laadureid, metsatöömehhanismid teetöömehhanismid oli kokku 7 tuhat, millest vaid ligi tuhat eravalduses. (AAA-08)

2.4. Füüsiline transpordinfrastruktuur ja selle läbilaskevõime

Statistikaameti ja Maanteeameti andmetel oli Eestis seisuga 31.12.2016 (AAA-08, AAA-21)¹⁰:

- 16 594 km riigiteid (sh 11 742 km kattega teid)
 - o sh põhimaanteid 1 609 km
 - o sh tugimaanteid 2 405 km
 - o sh kõrvalmaanteid ja muid riigiteid 12 478 km
 - o sh ühendusteid 102 km
- 18 398 km era- ja metsateid
- 23 944 km kohalikke teid ja tänavaid ning jalg- ja jalgrattateid
 - o sh Harjumaal 4 007 km
 - sh Tallinnas 1 030 km
 - sh trolliliikluseks vajaliku infrastruktuuriga 56 km

¹⁰ Ilma veeteede, lennukoridoride ja gaasivõrguta.

- 28 km trammiteid
- 916 km avaliku 1520 mm rööpmelaiusega raudtee peateid, millest 132 km on elektrifitseeritud
- 636 km mitteavalikku raudteed

Riigiteede ülesanne on tagada inimeste ja kaupade liikumine, ühendades Eesti erinevaid piirkondi ja tagades juurdepääsu kõikidele Eesti linnadele ja valdadele ja olulisematele sihtkohtadele (sadamad, piiripunktid). Riigiteede korrashoiu eest vastutab Maanteeamet. Üldiselt on põhi- ja tugimaanteede olukord hea, kuid kõrvalmaanteed vajavad investeeringuid. Riigiteede infrastruktuuri pikkus ei ole viimastel aastatel oluliselt muutunud, kuid kattega teede osakaal on kasvanud samm-sammult.

Kohalike teede (maanteede ja tänavate) ülesanne on tagada kohaliku omavalitsuse siseselt inimeste igapäevane liikumine ning ühendused riigimaanteedega. Kohalike teede korrashoiu eest vastutab kohalik omavalitsus. Läbisõidust umbes 60% sõidetakse riigiteedel, 25% Tallinna, Tartu ja Pärnu tänavatel ning 15% teiste kohalike omavalitsuse teedel. (AAA-01)

Transpordi arengukavas hinnatakse maanteede läbilaskevõimet heaks. (AAA-01) Osade peatänavate läbilaskevõime on kriitilise piiri lähedal Tallinnas ja teistes suuremates linnades, kus tipptundidel tekivad ummikud. Probleemi lahendamiseks on rajatud/rajamisel ümbersõiduteed, mis väldivad linnast läbisõitu (Tallinna ringtee, Tartu ringtee, Pärnu ümbersõit). **Trolliliiklust** on viimastel aastatel vähendatud ning see tendents jätkub kuni veeremi kasuliku eluea lõpuni (hinnanguliselt saavad olemasolevad trollid sõita kuni 2023-2025 aastani). Seega vähendatakse järk-järgult trolliliinide pikkust, demonteerides kontaktvõrku. **Trammiteede** infrastruktuuri seevastu kaasajastatakse ning pikendatakse lennujaama ja sadama suunas. Pikemas perspektiivis, kui lahenduse leiab rahastamise küsimus, on plaanis ulatuslik trammiteede võrgu pikendamine pea kõikides suundades. (AAA-04)

Raudtee teenindab nii reisijate- kui ka kaubavedu. Avalikuks kasutamiseks mõeldud raudteetaristu kuulub suuremas osas riigi äriühingule AS Eesti Raudtee ja osaliselt eraettevõttele Ede-laraudtee Infrastruktuuri AS. Lisaks on Eestis mitteavalikuks kasutamiseks mõeldud raudteed sadamates ja AS Enefit Kaevandused omanduses olev põlevkiviveoks kasutatav raudtee. (AAA-01)

Viimastel aastatel on raudteede kasutusmahud tervikuna vähenenud hoolimata reisirongiliikluse suurenemisest Harjumaal. Peamiseks piiranguks võib osutada Tallinna raudteesõlme läbilaskevõime, mis ei luba Balti jaama vastuvõetavate/lähetatavate reisirongide arvu tiptundidel oluliselt tõsta. (AAA-35)

Sadamad teenindavad nii Eesti sisest kui ka rahvusvahelist reisijatevedu ja kaubavedu. Sadamad on nii riigi äriühingute, kohalike omavalitsuste kui ka eraettevõtete omandis. Sadamate arv ja kvaliteet on piisav, et teenindada tänaseid ja prognoositavaid reisijate- ja kaubavoogusid. Läbi sadamate liigub sisuliselt kogu Eestit läbiv transiitkaup. Arvestataval määral käitlevad transiitvooge AS Tallinna Sadam koosseisu kuuluvad sadamad ning eraomandis olevad Sillamäe Sadam ja Paldiski Põhjasadam, mis on kõik integreeritud ka raudteevõrguga. (AAA-01)

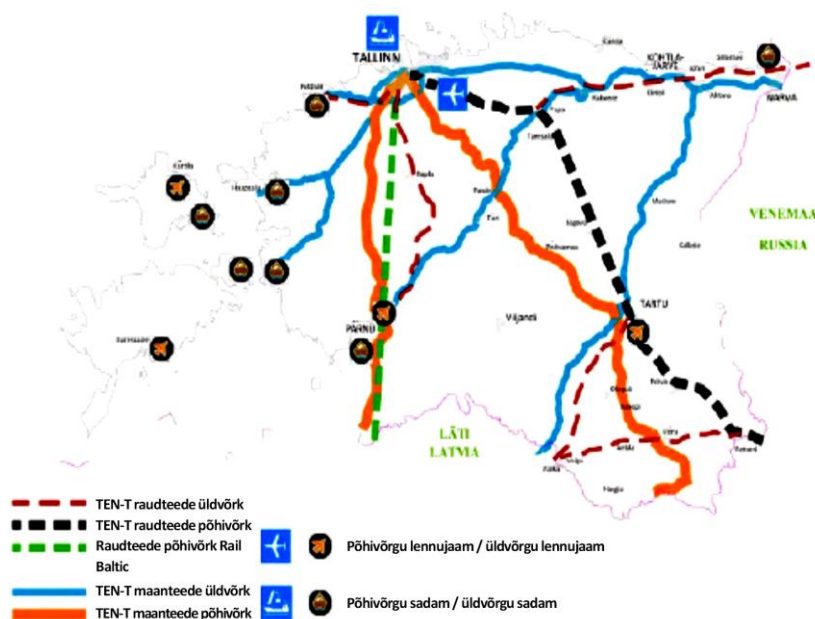
Üle-euroopaline transpordivõrk (*Trans European Network – Transport, TEN-T*) hõlmab ka Eesti maanteid, raudteid, sadamaid ja lennujaamu, mis vastavalt nende strateegilisele tähtsusele Euroopa Liidu jaoks on jagatud põhi- ja üldvõrgu joonobjektideks (vt joonis 1.12.). Lisaks transpordiinfrastruktuurile hõlmab TEN-T ka linnatranspordisõlmi (nt Tallinna linn on TEN-T põhivõrgu osa), säästvaid veeteenuseid, liikluskorraldussüsteeme ning asukoha määramise ja navigatsioonisüsteeme. (AAA-41)

Suur osa transpordiinfrastruktuuri investeeringutest Eestis ongi viimase kümne aasta jooksul tehtud TEN-T objektidesse ning seda eelkõige Euroopa Liidu struktuurifondide arvel (AAA-15, AAA-42, AAA-43). Perioodil 2007-2013 oli Eestis Euroopa Liidu toel tehtud transpordiinfrastruktuuri investeeringute maht 758 mln eurot, sh Euroopa Liidu toetuse arvel 643,5 mln eurot. Veoviiside kaupa moodustasid maanteeprojektid 59%, raudteeprojektid 27%, veeteed 12% ja lennujaamad 2%.

Perioodi 2007-2013 suurimad projektid olid järgmised:

- uue veeremi soetamine (Eesti Liinirongid AS), Euroopa Liidu struktuuritoetus 67,6 mln eurot;

- E263 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa põhimaantee Aruvalla-Kose teelõigu ja Mäo möödasõidu projekteerimine ja ehitus (Maanteeamet), 67,1 mln eurot;
- Ülemiste liiklussõlme rekonstrueerimine Tallinnas (Tallinna Kommunaalamet), 65,4 mln eurot.



Joonis 1.12. Üle-euroopalise transpordivõrgu infrastruktuur Eestis (AAA-01)

Perioodi 2014-2020 transpordiinfrastruktuuri investeeringute mahuks on kavandatud 555 mln eurot, sh Euroopa Liidu struktuuritoetuste arvel 447,4 mln eurot. Nimetatud investeeringutest suunatakse 64% maantee-, 22% raudtee-, 8% lennu- ja 6% veeteede taristusse. Vastavalt Vabariigi Valitsuse korraldusele Perioodi 2014–2020 transpordi infrastruktuuri arendamise investeeringute kava (AAA-44) on suurimateks investeerimisprojektideks Tallinna lennujaama lennuliiklusala keskkonnaseisundi parendamine (abikõlblik maksumus 70 mln eurot), Tallinn-Keila-Paldiski raudteelõigu liiklusjuhtimissüsteemi rekonstrueerimine (31,1 mln eurot), Reidi tee ehitus Tallinnas (28,5 mln eurot), Tapa-Tartu raudtee rekonstrueerimine (25 mln eurot) ning Haabersti ristmiku rekonstrueerimine Tallinnas (19,7 mln eurot).

Omaette projektina vaadeldakse põhja-lõuna suunalist 1435 mm rööpmelaiusega raudteed Rail Baltic, mille maksumuseks Eestis on hinnatud 1,3 mld eurot ning mida kaasfinantseeritakse Euroopa Ühendamise Rahastust (CEF). (AAA-45)

2.5. *Transpordi institutsionaalne infrastruktuur*

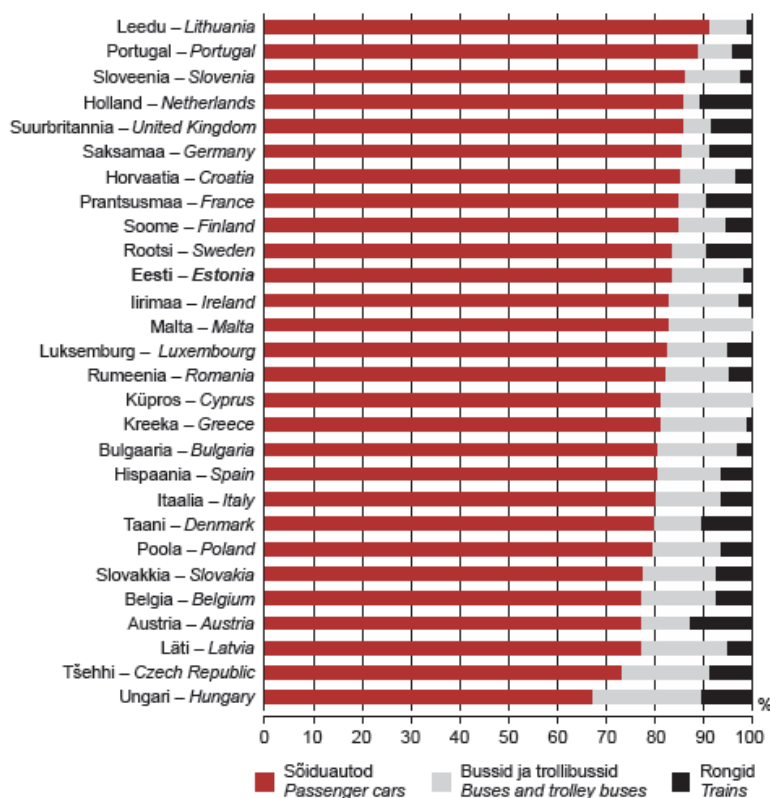
Peamised strateegilised dokumendid transpordisektori juhtimisel on käesoleval ajal Euroopa Liidu tasandil Euroopa transpordipoliitika valge raamat aastani 2050 ning Eestis sellest juhitud Transpordi arengukava aastateks 2014-2020.

Valge raamat Euroopa ühtse transpordipiirkonna tegevuskava – konkurentsivõimelise ja ressursitõhusa transpordisüsteemi suunas (AAA-46) annab muuhulgas järgmised olulised suunised aastaks 2050:

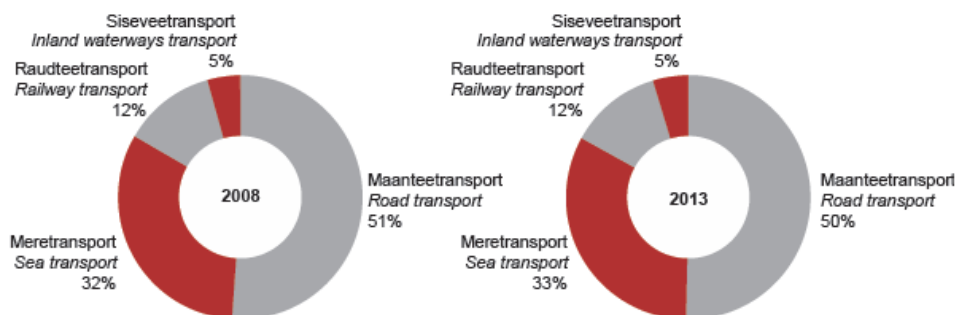
- minna linnadevahelisel reisijate- ja kaubaveol keskmise pikkusega vahemaade puhul 50% ulatuses maanteetranspordilt üle raudtee- ja vetelveole;
- lõpetada linnades tavakütusega autode kasutamine;
- saavutada seeläbi XXI sajandi keskpaigaks transpordist tuleneva kahjulike ainete heitme vähenemine 60%.

Nimetatud suuniseid aitab selgitada olukord reisijate ja kaupade liikumisel Euroopa Liidus aastate 2008 ja 2013 võrdluses (vt joonised 1.13. ja 1.14.). Jooniselt 1.13. on näha, et maanteetranspordi (st eelkõige sõiduautode) osakaalu vähendamine soovitava tasemele on suureks väljakutseks kõikidele Euroopa Liidu liikmesriikidele. Jooniselt 1.14. ilmneb, et Euroopa Liidu kaubavedudes domineerib maanteetransport. Eestis on küll raudtee osatähtsus kaubaveos viimastel aastatel oluliselt vähenenud, kuid sellele vaatamata on Eestis raudteevedude osakaal maismaakaubaveos suurem kui Euroopa Liidus keskmiselt (vt ka alapeatükk 1.2).

Euroopa Liidu transpordipoliitika strateegiline eesmärk on luua transpordisüsteem, tänu millele oleks võimalik edendada Euroopa majandust, suurendada selle konkurentsivõimet, tagada kõrgekvaliteedilised liikuvusteenused ja samal ajal kasutada tõhusalt ressursse. Selleks on vaja, et transpordis kasutatakse senisest vähem ja keskkonnasäästlikumat energiat, ajakohastatakse transpordi taristu ja vähendatakse veonduse negatiivset mõju keskkonnale ning loodusvaredele nagu vesi, pinnas ja ökosüsteemid. Peamised **taktikalised eesmärgid** strateegilisele eesmärgile vastava transpordisüsteemi saavutamiseks on esitatud alljärgnevalt. (AAA-01, AAA-46)



Joonis 1.13. Sõitjateveo jaotus Euroopa Liidu riikides maismaatranspordi veeremi järgi 2013 (AAA-27, AAA-47)



Joonis 1.14. Kaubaveo jaotus Euroopa Liidus veoviisi järgi (AAA-27, AAA-47)

Sõltuvuse vähendamine naftast. Naftasõltuvuse vähendamine on transpordi kestlikkuse kontekstis kesksel kohal. Oluline on see nii varustuskindluse (järgmistel kümnenditel vähenevad naftavarud ja üha enam hangitakse naftat ebakindlatest allikatest), hinna (Rahvusvaheline Energiaagentuur IEA on väljendanud arvamust, et mida vähem suudetakse maailmas CO₂-heidet vähendada, seda rohkem nafta hind kasvab) kui ka keskkonnamõjude seisukohalt. Kui naftast sõltuvust ei vähendata, võib väheneda inimeste suutlikkus reisida ja majanduslik julgeolek ning

kõik see võib tõsiselt mõjutada inflatsiooni, kaubanduse tasakaalu ja Euroopa Liidu majanduse üldist konkurentsivõimet. Naftakasutusest ei ole võimalik loobuda, kui toetutakse vaid ühele tehnoloogialahendusele. Seetõttu on vaja uut liikuvuskontseptsiooni, mitmeid uusi tehnoloogialahendusi, alternatiivseid kütuseid ja säästvat käitumist. See kehtib täielikult ka Eesti kohta, kuna Eesti transpordisüsteem sõltub seni peamiselt imporditud naftast.

Kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine. Konkreetseks meetmeks Euroopa Liidu transpordipoliitikas on vähendada nn tavakütusel töötavate autode osakaalu 2030. aastaks poole võrra ja kõrvaldada need 2050. aastaks täielikult linnaliiklusest. Suuremates linnakeskustes peab 2030. aastaks olema olemas põhimõtteliselt CO₂-heiteta logistikasüsteem. See trend mõjutab oluliselt Eesti transpordi arengusuundi – sellest tuleneb otseselt ühistranspordi osakaalu suurendamise ning maanteetranspordi keskkonnamõjude vähendamise vajadus.

Modaalne nihe. Modaalne nihe (veomahu, veokäibe vms jaotuse muutumine veoviiside, -liikide või liikumiste järgi) on oluline eeldus kahe eelmise eesmärgi saavutamisel. Sisuliselt on tegu **uue liikuvuskontseptsiooniga**, kus eelistatud on säästlikumad liikumis-/veoviisid. Valges raamatus on liikumised jagatud vahemaa järgi kolmeks: keskmaa-, pikamaa- ja linnatransport. Lühi- ja keskmaakaubavedudel (alla 300 km) tuleb valdavalt kasutada veoautosid. Pikamaakaubavedudeks kasutatakse inter- ja/või multimodaalseid lahendusi vee- ja raudteetranspordi osalusel. 30% maanteekaubavedudest, kus veokaugus on pikem kui 300 km, tuleb 2030. aastaks asendada muude veoviisidega, nt raudtee- või veetranspordiga, ja üle 50% kõnealustest vedudest tuleks muude veoviisidega asendada 2050. aastaks. Linnades peab jalgsi käimine ja jalgrattasõit saama linnaliikluse ja infrastruktuuri kavandamise lahutamatuks osaks. Võimalus iga vahemaa puhul liikumis-/veoviise otstarbekamalt valida tagatakse eri veoviiside infrastruktuuri parema integreerumisega.

Tehnoloogiline areng. Uued tehnoloogilised lahendused nii veeremi kui ka liikumiste korralduses on koos modaalse nihkega teine oluline meede Euroopa Liidu transpordipoliitika strateegilise eesmärgi saavutamiseks. Täpsemalt on vajalik edasimine kolmes peamises alavaldkonnas: uudsed mootorid, materjalid ja mudelid, mis suurendavad sõidukite jõudlust; uudsed kütused ja jõuseadmed, mis võimaldavad kütust ja energiat keskkonnasäästlikumalt kasutada; info- ja kommunikatsioonisüsteemid (nt telemaatilised lahendused ITS maanteetranspordis, SESAR

õhustranspordis, ERTMS 1435 mm rööpmelaiusega raudteedel, SafeSeaNet mereveol, RIS si-sevetel), mis muudavad transpordivõrgu kasutamise paremaks ja selle toimimise turvalisemaks. Alternatiivsete jõuseadmete ja kütuste kasutuselevõtu algatamiseks sobivad eriti hästi linnatranspordi suured bussi-, takso- ja kaubikupargid.

TEN-T arendamine. Siseturu toimimise eelduseks on täielikult toimiv ja kogu Euroopa Liitu hõlmav mitmeliigiline TEN-T põhivõrk. Pikemas perspektiivis peab see võrk koosnema transpordikoridoridest, mille kaudu toimub suuremahuline, tõhus ja vähese CO₂-heitega eri veovii-side reisijate- ja kaubavedu. Põhivõrk peab tagama tõhusad mitmeliigilise transpordi ühendused Euroopa Liidu riikide pealinnade ja muude suuremate linnade, sadamate, lennuväljade, suuremate maismaal asuvate piiriületuspunktide ja põhiliste majanduskeskuste vahel. Keskenduda tuleb puuduvate ühenduste – piiriüleste lõikude ja piiratud läbilaskevõimega infrastruktuuri – lõplikule väljaehitamisele, aga ka olemasoleva infrastruktuuri ajakohastamisele, mitmeliigilise transpordi terminalide väljaarendamisele mere- ja jõesadamates ning linnalogistikale. Samas on transpordipoliitika teravik on suunatud transporditasude ja maksude ümberkujundamisele selliselt, et need kajastaksid taristu kogu- ja väliskulusid. (AAA-02)

Eesti transpordi arengukavas 2014-2020 (AAA-01) püstitatud eesmärgid tulenevad ülalrefereeritud Euroopa transpordi valge raamatu eesmärkidest.

1. Mugav ja nutikas liikumiskeskond

Peamised meetmed: sundliikumiste asendamine, sundliikumiste vähendamine, säästliku liikumisviisi eelistamine, intelligentsete transpordisüsteemide arendamine.

2. Kvaliteetsed teed ning sujuv, ohutu ja kestlik liiklus

Peamised meetmed: teede jaotuse täpsustamine ja teehoiu rahastamise tagamine, teede seisukorra parandamine, liikluskorralduse parandamine.

3. Transpordi keskkonnamõjude vähendamine

Peamised meetmed: taastuvate kütuste kasutamise soodustamine maanteetranspordis, autopargi ökonoomsuse tõstmine.

4. Liikluskahjude vähendamine

5. Mugav ja kaasaegne ühistransport

Peamised meetmed: üleriigiliste, regionaalsete ja kohalike ühistranspordiühenduste arendamine, ühistranspordi eri veoviiside integreerimine ja ligipääsu parandamine.

6. Turismi ja ettevõtlust toetavad rahvusvahelised reisiühendused

Peamised meetmed: lennu-, laeva-, maantee- ja raudteeühenduste arendamine.

7. Eesti kui transpordikoridori konkurentsivõime tõstmine

Peamised tegevussuunad: kaubaveoks vajaliku taristu arendamine, rahvusvahelisi vedusid soosiva õigusruumi arendamine.

Tulenevalt eeltoodust on **perioodi 2014-2020 suurimad arenguvajadused** järgmised. (AAA-01, AAA-48)

- Säilitada põhimaanteed seisukord ja parandada tugi- ja kõrvalmaanteed seisukorda. Samal ajal jätkata rahvusvahelistel trassidel liiklemise sujuvuse ja ohutuse parandamist.
- Vähendada linnades autokasutuse osakaalu, parandades kõndimise, jalgrattaga sõitmise ja ühistranspordi kasutamise võimalusi, muuhulgas läbi eri liikumisviiside parema ühendamise.
- Kasutada maksimaalselt ära reisirongiliiklusesse tehtud investeeringuid, suurendades ühenduste kiirusi ja sagedusi ning seeläbi vähendades aegruumilisi vahemaid linnade vahel.
- Suurendada liiklusohutust, eelkõige pöörata tähelepanu liikluses hukkunute arvu vähendamisele.
- Suurendada energiakasutuselt efektiivsemate sõidukite osakaalu uute sõidukite soetamisel.
- Suurendada taastuvate, sh eelistatult Eestis toodetud kütuste osakaalu.
- Suurendada mittemahukaupade osakaalu transiidis ning Eestis kaupadele loodud lisandväärtust. Tagada Eesti laevanduse rahvusvaheline konkurentsivõime ning suurendada reisijate ja kaupade vedu meretranspordiga.
- Tagada piisavad lennuühendused ettevõtluse arendamiseks ja turismisektori arengueesmärkide täitmiseks.

Transpordi korraldamisel on Eestis seotud institutsioonideks:

- vaba turg (maanteekaubavedu, ühistransport kaug- ja rahvusvahelistel liinidel, reisijate ja kaupade juhavedu, kaubavedu raudteel ja lennutranspordiga, meritsi kaubavedu, mitteavaliku raudtee majandamine);
- kohalik omavalitsus (kohalik ühistransport, kohalike teede ja tänavate majandamine);

- riik (reisijatevedu raudteel, riigiteede ja avaliku raudtee majandamine, ühendused saartega).

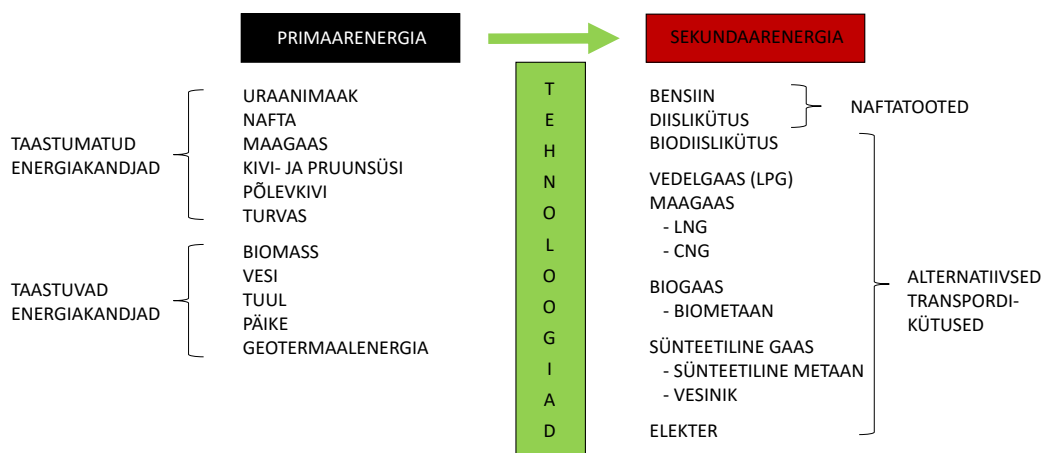
Seega, kõrvutades Eesti transpordivaldkonna arengueesmärgi ning transpordi korraldamist praktikas saab välja tuua järgmist:

- suur osa veondusturust toimib vabaturu põhimõttel, kus riigil on võimalik muudatusi esile kutsuda üksnes [õigus- ja info-] keskkonda muutes;
- kohaliku omavalitsuse tasandil on võtmetähtsusega Tallinna linna otsused nii ühistranspordi korraldamisel kui linnatänavate võrgu arendamisel.

2.6. Transpordikütused

Liigid

Transpordikütus annab energiat transpordivahendi mootori tööks. Transpordikütused saadakse primaarenergia töötlemisel, mille käigus muudetakse energia eri tehnoloogiate abil edastus- ja/või kasutussoodsamaks. Käesolev töö käsitleb detailsemalt **10 transpordikütust** (vt joonis 1.15.). Transpordikütused on enamasti vedelas või gaasilises olekus (v.a elekter), kusjuures tehnoloogiad võimaldavad kõiki gaasilisi transpordikütuseid muundada vedelikeks.



Joonis 1.15. Kütuste tüpoloogia

Lihtsustatult võib transpordikütused jagada **naftatoodeteks** ja alternatiivseteks transpordikütusteks. Naftatooted on fossiilsed kütused ehk valmistatud taastumatutest energiakandjatest.

Naftal kui primaarenergial põhinevad kütused on olnud, on ja arvatavasti jäävad veel pikaks ajaks peamiseks transpordikütuseks kõikides veoviisides.

Naftapõhised transpordikütused võib jagada kaheks: bensiin ja diislikütus. **Bensiin** kujutab endast nafta rektifikatsiooni teel saadud kergete süsivesinike segu, millel on küllaltki madal keemistemperatuur (sõltuvalt lisanditest 30-205 °C). Eestis kasutatakse bensiinide tähistusena oktaaniarvu (so kütuse detonatsioonikindluse näitaja ehk omadus põleda suure surveastmega mootoris normaalsel kiirusel, st mitteplahvatavalt) järgnevalt (AAA-49):

- 1) bensiin 91 – oktaaniarvuga uurimismeetodil 91 ja rohkem, kuid alla 95;
- 2) bensiin 95 – oktaaniarvuga uurimismeetodil 95 ja rohkem, kuid alla 98;
- 3) bensiin 98 – oktaaniarvuga uurimismeetodil minimaalselt 98.

Autobensiinidest võib tarbimisse lubada ja müüa ainult pliivaba bensiini. Pliivabaks bensiiniks Vedelkütuse seaduse mõistes loetakse bensiini, mille pliisisaldus ei ületa 0,013 grammi liitri kohta. (AAA-50) Eestis transpordikütusena müüdav bensiin peab vastama Eesti standardile EVS-EN 228. (AAA-51) **Diislikütus** kujutab endast nafta töötlemise raskemat fraktsiooni ja leiab laialdaselt kasutamist kõikides transpordisektorites. Kui erinevaid bensiiniliike iseloomustab oktaaniarv, siis diislikütust iseloomustab tsentaaniarv, mis näitab kütuse süttimise võimekust mootori silindris. Transpordivahendites kasutatav diislikütus Eestis peab vastama Eesti standardile EVS-EN 590. (AAA-52) Rektifitseerimise tulemusena on võimalik saada ühest barrelist naftast 72 liitrit (19 gallonit) bensiini ja 45 liitrit (12 gallonit) diislikütust.

Alternatiivsed transpordikütused võivad põhineda taastumatutel või taastuvatel energiakandjatel, või nende kombinatsioonil. Näiteks põhiosa Eestis genereeritavast elektrienergiast põhineb taastumatul põlevkivil, kuid osa kasutatavast elektrienergiast on toodetud biomassi, tuule, vee, päikese abil, aga ka prügipõletuse tulemusena. Sõltuvalt taastumatute ja taastuvate energiakandjate kasutamise osakaalust kütuste tootmisel võib rääkida **täielikult taastuvatest transpordikütustest** (näiteks biogaas) või **osaliselt taastuvatest transpordikütustest**. Taastuvate energiakandjate osakaalu transpordikütuses väljendatakse protsentuaalselt.

Kõige lähedasemaks alternatiiviks naftatoodetele on **biodiislikütus**, mille moodustavad rasvhapete metüülestrid (FAME). Biodiislikütust võib kasutada sajaprotsendilises kontsentratsioonis

diislikütusena või diislikütuse segukomponendina. (AAA-49) Biodiislikütust tähistatakse tähega „B“ ning näiteks B20 tähistab, et diislikütuse segus on 20% ulatuses biodiisel. Üheks biodiislikütuseks on **bioetanool**, mis kujutab endast biomassist või jäätmete bioloogiliselt lagunevast fraktsioonist toodetud etanooli.

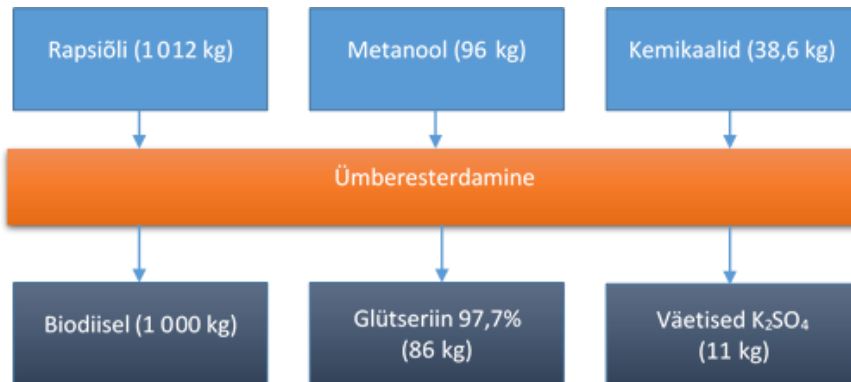
Kui prügist või loomsetest jäätmetest valmistatud biodiislikütustele sobilike mootorite valik on piiratud, siis bioetanooli kütusesegudele sellist piirangut ei ole, eriti kui tegemist on madala etanoolisisaldusega (E10; täht „E“ näitab, et transpordikütus sisaldab etanooli). Tulenevalt naftatoodete ja bioetanooli omaduste erinevusest on suurema etanoolisisaldusega segude (E85 ja kõrgem) kasutamiseks vaja transpordivahendi mootorit ja kütusesüsteemi modifitseerida. Tehnoloogiad võimaldavad bioetanooli, aga ka teisi biodiislikütuseid (enamasti segatuna naftatoodetega) edukalt kasutada auto- (sh autospordi-), rongi- ja lennukikütusena, aga ka raketikütusena. Sellele vaatamata on biodiislikütuste turuosa naftatoodete kõrval marginaalne.

Biodiislikütuste tootmise põhitooraineks on Eesti tingimustest raps ja rups (vt biodiislikütuse tootmisprotsess joonis 1.16.), mida saab kasvatada samal maatükil üks kord 6-7 aasta jooksul. Samas bioetanooli tooraine valik on oluliselt laiem ja Eestis on võimalik selleks kasutada erinevaid teraviljakultuure (rukis, nisu, tritikale jne), mis omakorda mõjutab positiivselt põllumajandust.

Alates biokütuste kasutuselevõtust on neid peetud CO₂-neutraalseteks kütusteks. Uuematel andmetel on selgunud, et mõnedel juhtudel on tootmine osutunud siiski üsna CO₂-mahukaks, eriti kui vaadelda protsessi kogu elukaart, ning arvutustega on näidatud, et CO₂-heite seisukohast on biokütused isegi kahjulikumad kui fossiilsed kütused. Käesoleval ajal Eestis toodetavat biodiislikütust ei saa pidada taastuvaks energiaks, sest sellest saadav energiaühik sisaldab umbes 60-70% fossiilse päritoluga kütuste energiat. (AAA-54) Lisaks sellele kehtivad biodiislikütuse ladustamisele teatud ajalised piirangud, kuna kolme kuu pärast peale tootmist algab biodiislikütuse keemilise lagunemise protsess.

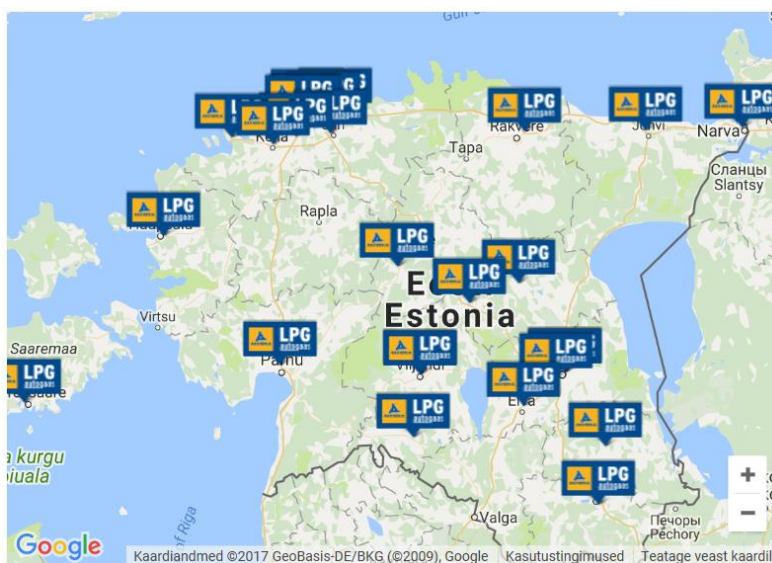
Vedelgaas (LPG – liquefied petroleum gas) on kergete süsivesinike (põhiliselt propaan ja butaan) segu, mis saadakse nafta (naftagaasi) ja maagaasi (gaasikondensaatide) tootmise kõrvalproduktina. Propaani ja butaani kontsentratsioon vedelgaasis varieerub sõltuvalt aastaajast, kuna propaanil ja butaanil on erinevad keemistemperatuurid. Propaani ja butaani segu veeldub

küllaltki madalal ülerõhul (6 bar), mis lihtsustab selle kütuse transporti mahutites. Gaasiseadmed sõidukitele paigaldatakse üldjuhul lisaseadmetena. Viimase põlvkonna vedelgaasiseadmed ei avalda erilist mõju sõiduki võimsusele ja sõiduomadustele. Tehastes spetsiaalselt vedelgaasile toodetud sõidukite valik on suhteliselt väike. Vedelgaas on õhust raskem, mis nõuab täiendavate ohutusmeetmete rakendamist vedelgaasikütust kasutavate sõidukite käitamisel.



Joonis 1.16. Biodiislikütuse tootmine (AAA-53)

Vedelgaas autokütusena on küllatki laialt levinud nii Eestis kui ka naaberriikides. Eestis müüvad vedelgaasi autokütusena 13 ettevõtet, kes opereerivad 60 tanklaga. Neist 25 kuulub Alexela Oil AS-le (vt joonis 1.17.). Maailmast on näiteid, kus LPG-d kui lisandit on kasutatud diiselrongide kütusena.

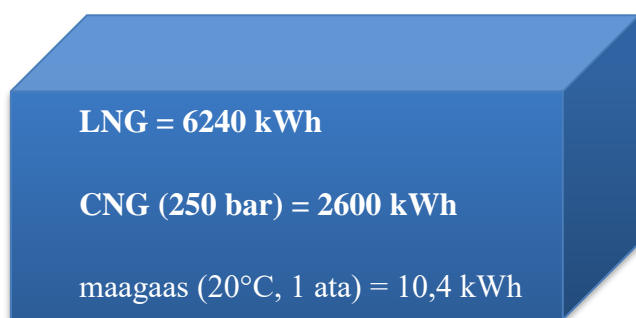


Joonis 1.17. Alexela vedelgaasitanklate paiknemine Eestis seisuga august 2017 (AAA-55)

Maagaas on maapõues orgaaniliste ainete anaeroobse lagunemise teel tekkinud gaaside segu, mille põhiliseks osaks on metaan. Metaani kontsentratsioon varieerub sõltuvalt leiukohast 75-98%. Maagaas on õhust 1,8 korda kergem gaas, plahvatusohtliku kontsentratsiooni piiriks õhus on 5-15%. Maagaasi oktaaniarv selle kasutamisel sise põlemismootorites ulatub tasemeni 120-130. Tõestatud **konventsionaalse maagaasi** varud maailmas on küllaltki suured (187 triljonit m³), mida peaks jätkuma veel vähemalt 60 aastaks. (AAA-56)

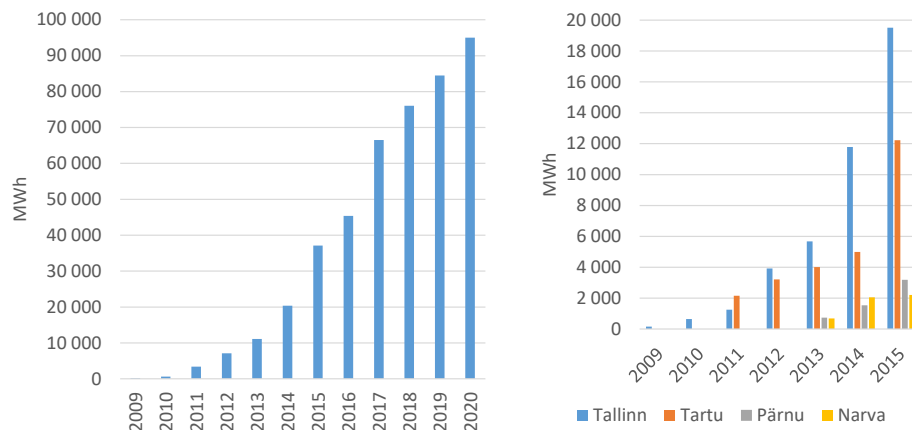
Viimastel aastatel on tänu tehnoloogia arengule oluliselt suurenenud ka **mittekonventsionaalse maagaasi** (*unconventional gas, uncogas, UGAS*) tootmismahud, mis pikendavad metaangaasi kasutamise perspektiivi veel 100-200 aasta võrra. Mittekonventsionaalseks maagaasiks loetakse nafta ammutamise protsessi käigus kogutud gaasist toodetud metaangaasi, gaasiliivade gaasi, kaevandusgaasi, kildagaasi, hüdraatidest saadavat gaasi jm. Metaanhüdraatide varud on veel vähe uuritud, kuid juba tehtud uuringud näitavad, et nende varud ookeanis peavad olema kordades suuremad kui gaasilises olekus oleva maagaasi varud maailmas. Lisaks sellele annab hüdraatide uurimine võimaluse tulevikus hoida ja vedada maagaasi tahkes olekus oluliselt suuremates mahtudes.

Transpordikütusena kasutatakse maagaasi kas kokkusurutult rõhul 200-250 bar kui **surumaagaasi** (nimetatakse **CNG** – *compressed natural gas*) või **veeldatud maagaasina** (**LNG** – *liquefied natural gas*). Maagaasi energiasisaldust erinevates olekutes illustreerib joonis 1.18.



Joonis 1.18. 1 m³ maagaasi energiasisaldus erinevates olekutes

Tänu tehnoloogiatele maagaasi energiasisalduse muutmiseks leiab maagaas kütusena rakendust erinevate transpordivahendite juures. Veeldatud maagaasi kasutatakse enamasti suurtranspordis: merelaevad, veokid, rongid (vt ka AAA-57). Surumaagaasi kasutatakse tavaliselt autokütusena sõiduautodes ja bussides, aga ka veokites (vt joonis 1.19.).



Joonis 1.19. CNG tarbimise statistika ja prognoos (AAA-58)

Maagaasi kasutatavate sõidukite arv maailmas suureneb hoogsalt igal aastal. Samuti suureneb ka mudelite valik. Täna toodavad praktiliselt kõik Euroopa autotootjad maagaasi sõidukeid (AAA-59). Veeldatud maagaasi müüakse tanklates, mis ei ole ühendatud maagaasivõrguga (LCNG – *liquefied-to-compressed natural gas*). Eestis on käesoleval ajal 8 maagaasi tanklat: 4 Tallinnas ning 1 Tartus, Narvas, Võrus ja Pärnus (AAA-60).

Biogaas on gaasiline kütus, mida saadakse biomassist anaeroobse kääritamise või puitse biomassi termolagunemise teel. Biogaasi tooraineks võib olla roheline biomass (hein, teraviljad, õlikultuurid, mais), sõnnik, roveemuda või orgaaniliselt lagunevad jäätmed. Lisaks on biogaasi võimalik saada ka iseenesliku anaeroobse kääritamise käigus prügilatest (prügilagaas). Sõltuvalt biogaasi tooraine päritolust võib metaani sisaldus biogaasis varieeruda 47-70% piires ja sisaldada selliseid komponente nagu CO₂ (30-40%), N₂, O₂, NH₄, H₂S jm. Lisaks sellele prügilagaas ja roveemuda kääritamise käigus tekkinud gaas võivad sisaldada raskemetalle ja siloksaane (ränni sisaldavad orgaanilised ühendid), mis võivad olla kahjulikud inimeste tervisele või sise põlemismootorile.

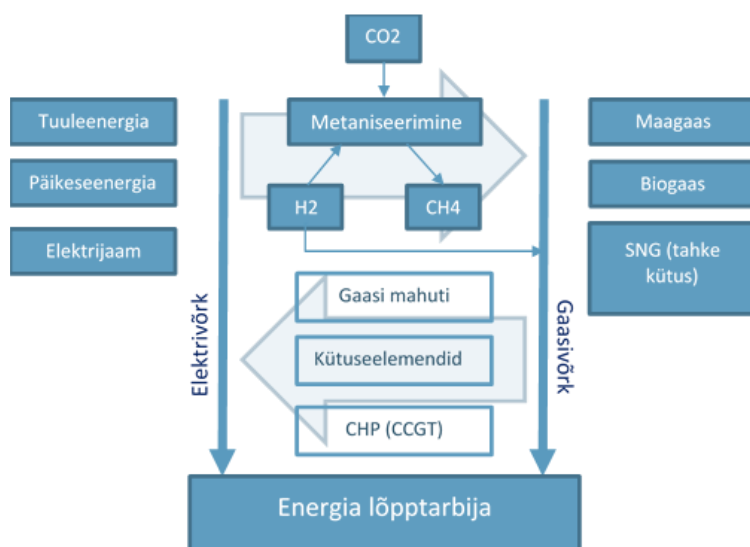
Biometaan on puhastatud ja rikastatud biogaas, mille kvaliteet vastab loodusliku maagaasi kvaliteedile. Biometaan on loodusliku maagaasiga segatav, ei halvenda viimase kvaliteeti, vedu ega kasutamist. Biometaaniga jaotust ja kasutamist autokütusena käsitleb standard EVS-EN 16723:2017 (AAA-61) ning kvaliteedinõudeid maagaasi infrastruktuurile standard EN

16726:2015 (AAA-62). Puhastatud biometaani, kui see vastab võrguettevõtte tehnilistele nõuetele, võib sisestada maagaasi võrku.¹¹

Sünteeiline maagaas või **metaan (SNG – synthetic natural gas)** on sünteetilise päritoluga küttegaas, mida toodetakse fossiilsetest kütustest (pruunkivisüsi, põlevkivi), bioloogilise päritoluga toorainest (bio-SNG) või taastuvast elektrienergiast. Sünteetilist metaani toodetakse vesiniku metaniseerimise protsessis, mis reageerib CO₂-ga järgmiselt (1):



Käesoleval ajal asetleidev SNG tootmise tehnoloogia kiire areng maailmas on tingitud mitte niivõrd ressursside puudusest, kui energia akumulereerimise ja kokkuhoiu ning süsinikujälje vähendamise vajadusest. Nii vesiniku kui ka SNG tootmise tehnoloogia (*Power-to-Gas-to-Power*) võimaldab integreerida omavahel elektrienergia ja gaasivõrgu taristud luues energiaringlussüsteemi (vt joonis 1.20.).



Joonis 1.20. Energiaringlussüsteemi integreeritud elektrienergia ja gaasivõrgu taristud

¹¹ Eestis on kaks võrguettevõtjat, ülekandevõrgu-ettevõtja AS Elering Gaas, ja suurim jaotusvõrgu-ettevõtja AS Gaasivõrgud, töötanud välja kvaliteedinõuete spetsifikatsioonid võrgugaasile, sh biometaanile. (AAA-63; AAA-64)

Analoogselt biometaanile leiab SNG rakendust transpordikütusena. Tänapäeval töötavad Euroopas mitu SNG-d tootvat üksust, mis on maagaasivõrku integreeritud, näiteks projekt E.ON P2G Falkenhagen (AAA-59) ja Audi AG projekt E-Gas (AAA-65). Vaatamata kiirele tehnoloogilisele arengule on SNG tootmise kasutegur täna veel väga madal, mis peegeldub lõppprodukti kõrges hinnas.

Vesinik on kõige levinum keemiline element universumis ja samaaegselt ka ideaalne kõrge kütteväärtusega kütus, mida on võimalik kasutada transpordikütusena kas sisepõlemismootorites või kütuseelementides. Kuna vabas vormis vesinikku ei eksisteeri, siis vesinikku toodetakse tööstuslikul meetodil mitmel erineval moel:

- süsivesikute (metaani) konversioon veeauruga temperatuuril 1000 °C;
- veeauru reaktsioon kuuma koksiga temperatuuril 1000 °C;
- soolalahuste elektrolüüs;
- katalüütiline oksüdeerimine hapniku keskkonnas.

Kuna SNG tootmise metaniseerimise protsess on võrdlemisi keeruline ja selle kasutegur on väike, siis metaniseerimise protsessi alternatiivina kasutatakse taastuvenergia salvestamist vesiniku tootmiseks ja selle laskmist maagaasivõrku. Esimesed projektid on juba realiseerunud Saksamaal ja vastavalt Saksa standardile DVGW G 262 võib vesiniku kontsentratsioon põlevgaasis moodustada kuni 5%. (AAA-66) Autotootjad on ehitanud mitmeid prototüüpe, kus vesinikku kasutatakse autokütusena. 2015. aastal jõudsid turule kaks kütuseelementidel töötavat automarki (Toyota Mirai ja Hyundai ix35 Fuel Cell), mis kasutavad põhikütusena vesinikku.

Nagu SNG tootmine on ka vesiniku tootmine seotud suure energiatarbimisega, mille tulemusena vesiniku hind jääb väga kõrgeks. Kuna vesinik on väga lenduv, siis seab see täiendavad ohutusnõuded gaasiseadmetele, raskendades nende kasutamist ja peegeldudes seadmete maksumuses. Antud hetkel on vesinikutanklate kett maailmas tagasihoidlik, kuid kiiret arengut on oodata juba lähiaastatel. Lähim vesinikutankla sõiduautodele, mille ehitas Soome firma Woikoski OY, asub Helsingis Vuosaari sadamas (AAA-67).

Tabel 1.3. Vesiniku kui transpordikütuse taristu arenguprognosis (AAA-68)

Country or region	Existing hydrogen refuelling stations	Planned stations	
		2015	2020
Europe	36	~80	~430
Japan	21	100	>100
Korea	13	43	200
United States	9	>50	>100

Mitmed maailma teadusorganisatsioonid näevad vesinikus tulevikukütust ja prognoositakse, et tänu kütuseelementide tehnoloogia arengule ja efektiivsuse tõstmisele suureneb arenenud riikides vesiniku osakaal transpordisektoris kuni 25% aastaks 2050.

Kütteväärtused

Käsitatud transpordikütuste peamine funktsioon on anda neis sisalduv kütteväärtus transpordivahendi mootorile. Tabel 1.4. annab ülevaate erinevate kütuste kütteväärtusest. Tabelist selgub, et kütteväärtuse põhjal on kõige kõrgema kütteväärtusega transpordikütused vesinik ning maagaas (CNG) ja biometaan.

Tabel 1.4. Kütuste võrdlus kütteväärtuse järgi (AAA-69)

Kütuse liik	Kütteväärtus		Maagaasi ekvivalent
Autogaas (LPG)	6,9000	kWh/l	1,9756
Bensiin	8,2000	kWh/l	1,6624
Diislikütus	9,9139	kWh/l	1,3750
Maagaas (CNG)	13,6314	kWh/kg	1,0000
Biodiisel	9,1178	kWh/l	1,4950
Bioetanool	6,4783	kWh/l	2,1042
Biometaan	13,6314	kWh/kg	1,0000
Vesinik	39,5000	kWh/kg	0,3451

Kütteväärtuse kõrval on oluline, kui efektiivselt suudavad sõidukite mootorid transpordikütuseid kasutada liikumisenergia tekitamiseks. Tabel 1.5. koondab erinevad töös käsitatavad transpordikütused sõidukiliikide kaupa.

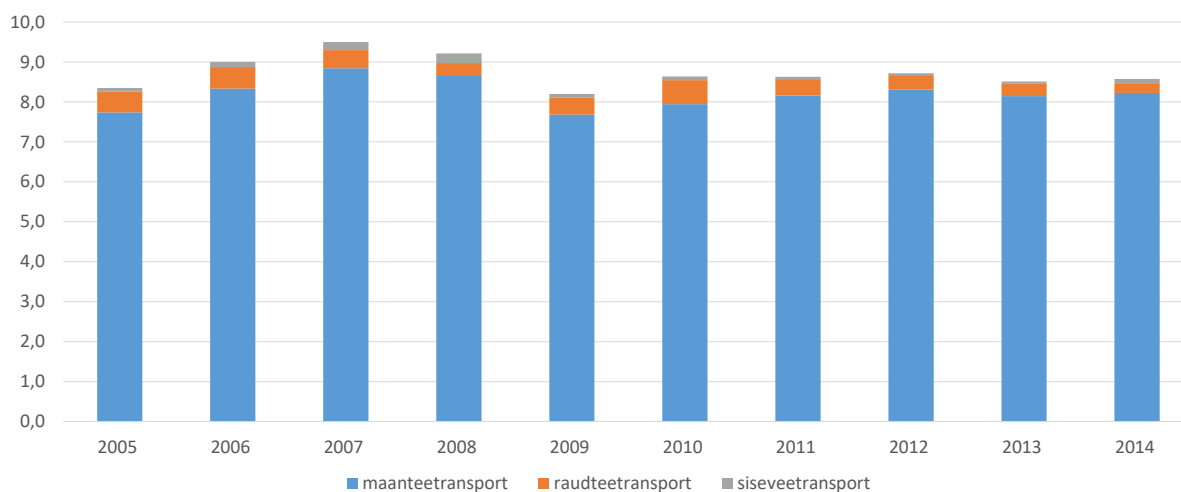
Transpordikütuste tarbimine Eestis ja võrdlusriikides

Eurostati andmetel ulatus 2014. aastal energia lõpptarbimine Eesti transpordis ligi 8,6 TWh-ni ning see on perioodil 2005-2014 püsinud pea samal tasemel (vt joonis 1.21.). Sõiduautode,

busside, trollide/trammide ja rongidega rahuldati transpordinõudlust 5,4 TWh mahus ehk 0,3 kWh sõitja-km kohta. Kaupade liikumisel ei ole transpordinõudlust energiaühikutesse korrektne taandada, sest ei ole teada tarbitud kütuste jaotumine siseriiklike ja rahvusvaheliste vedude vahel, mistõttu kaubaveol kulutati selgelt rohkem kütust kui Eestist soetatud 3,1 TWh ekvivalendis.

Tabel 1.5. Keskmise kütusekulu Eestis 100 km läbimiseks (AAA-21, AAA-22, AAA-31, AAA-68, AAA-70, AAA-71)

Sõiduk	Kütus	2014		2020 prognoos	2030 prognoos
		l, kg vm ühikut	kWh	kWh	kWh
Sõiduauto	bensiin	8,5	69,7	57,4	49,2
	diislikütus	7,2	70,6	58,8	50,0
	LPG	10,1	69,7	65,6	62,1
	maagaas (CNG)	5,0	72,2	69,3	64,9
	elekter		21,8	20,0	18,0
	vesinik	1,0	39,5	33,6	23,7
Veoauto	diislikütus	18,5	181,3	161,7	143,1
	maagaas (CNG)	20,0	288,6	274,2	259,7
	vesinik	10,0	395,0	335,8	237,0
Buss	diislikütus	29,2	286,2	254,8	225,4
	maagaas (CNG)	30,0	432,9	411,3	389,6
	vesinik	12,0	474,0	406,9	284,4
Tramm	elekter		300,0	250,0	250,0
Elektrireisirong	elekter		725,0	725,0	725,0
Diiselseisirong	diislikütus	168,7	1653,3	1653,3	1653,3



Joonis 1.21. Energia lõpptarbimine Eesti transpordis (TWh) (AAA-09)

2006-2007. aasta tõus on seletatav majandusbuumiga, millele järgnes korrigeerimine 2008-2009. Kümneaastase perioodi jooksul on järk-järgult kasvanud maanteetranspordi osakaal transpordikütuste bilansis, ulatudes 96%-ni aastal 2014. Kokku tarbiti Eestis 2014. aastal ligikaudu 32,7 TWh energiat. Seega moodustas transpordikütus 26% Eesti energiabilansist. Üldiselt on kogu energiatarve ja transpordikütuste kasutamine liikunud samas rütmis, st transpordikütuste osakaal on püsinud ca neljandiku juures energiabilansist. (AAA-08)

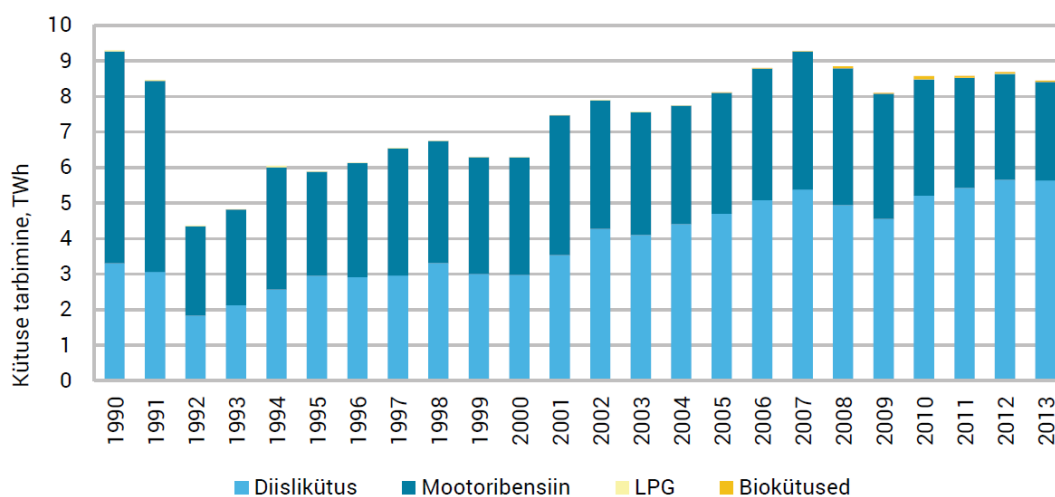
Tabel 1.6. võtab kokku **läbisõidud** ja arvestuslik **tarbitud kütuse**. Andmed on kogutud ettevõtjatelt (trammide, trollide ja reisirongide kohta) või tuletatud arvutuslikult. Transpordikütustest enam kui 99% moodustasid naftatooted – diislikütus ja bensiin (vt joonis 1.22.). Eurostati andmetel tarbiti 2014. aastal Eesti maantee-, raudtee- ja siseveetranspordis kokku ca 480 miljonit liitrit (5,7 TWh) diislikütust ja 234 miljonit liitrit (2,8 TWh) autobensiini, mis oli veidi rohkem kui 2013. aastal. Valdav enamus sellest kulus maanteetranspordis. Üldine tendents on perioodil 2007-2014 olnud bensiini asendumine diislikütusega.

Tabel 1.6. Sõidukite läbisõidud ja tarbitud mootorikütus aastas (AAA-01, AAA-05, AAA-16, AAA-22)

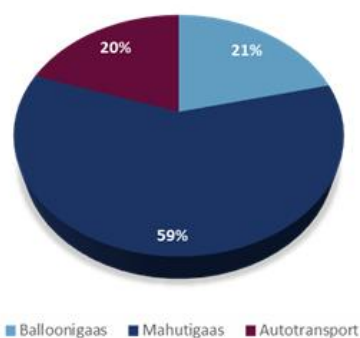
Transpordivahend	Läbisõit 2013 või 2014	Tarbitud mootorikütus 2014
Sõidua autod	ca 6 800 000 tuh km	4,7 TWh puhtaid naftatooteid 67,5 GWh biolisanditega bensiini mõnevõrra LPGd (>2 GWh) mõnevõrra CNGd (>20 GWh) olematu kogus elektrit kogumahu ca 4,8 TWh
Veoa autod	ca 1 600 000 tuh km	2,8 TWh puhtaid naftatooteid
Bussid	ca 200 000 tuh km	0,6 TWh puhtaid naftatooteid mõnevõrra CNGd (>20 GWh)
Trammid-trollid	7236 (tuh liinikm)	18,4 GWh
Elektrireisirongid	1783 (tuh rongkm)	12,9 GWh
Diiselseisirongid	2786 (tuh rongkm)	46,7 GWh
Vahesumma	ca 8 635 000 (tuh sõidukikm)	ca 8,3 TWh
Kaubarongid		179,4 GWh
Siseveelaevad		105,8 GWh

Alternatiivsetest transpordikütustest kasutati 2014. aastal enim biolisanditega bensiini (0,068 TWh) maanteetranspordis, elektrit (0,030 TWh), mis kulus sisuliselt kogu mahus trollide, trammide ja elektrirongide liikluseks, lisaks maagaasi (0,020 TWh) ja LPGd (0,002 TWh, 2013. aasta andmed) maanteetranspordis. Kuigi nimetatud kütuste osakaal transpordikütuste bilansis

oli marginaalne, on maagaasi kasutamine transpordis perioodil 2011-2014 enam kui viiekordistunud ning biolisanditega bensiini osakaal on kasvanud 2,3%ni tarbitavast bensiinist 2014. aastal (2010. aastal oli see 0%). (AAA-09) Elektri kasutamine on oluliselt vähenenud seoses uute elektrirongide kasutuselevõtu ja trolliliikluse vähendamisega. LPG kasutamine ei ole viimastel aastatel palju kõikunud, kuid võrreldes 1990. aastaga on selle maht transpordis vähenenud ligi 20 korda. (AAA-72)



Joonis 1.22. Transpordikütuste tarbimine Eestis kütuseliigiti (AAA-05)



Joonis 1.23. Vedelgaasi kasutamine Eestis 2014 (AAA-73)

Peamiseks diislikütuse tarbijaks Eestis oligi 2014. aastal transpordisektor (sh reisijate- ja kaubaveoteenuste osutamine; 4,9 TWh), millele järgnesid põllumajandus- ja kalandussektor (1,1 TWh), kodumajapidamised (valdavalt eraisikute sõiduaudod; 0,8 TWh), ehitussektor (0,2 TWh) ning äri- ja avaliku teenistuse sektor (0,1 TWh). Kõige suuremateks bensiinitarbijateks 2014 olid kodumajapidamised (2,2 TWh) ja transpordisektor (0,6 TWh). Vedelgaasi tarbimine Eesti

transpordisektoris moodustas 20% kogu vedelgaasi tarbimisest (vt joonis 1.23.). Taastuenergia osakaal transpordis ulatus 0,21%ni 2014, mis oli isegi madalam kui 0,24-0,25% tase perioodil 2009-2013. (AAA-08)

Käesolev töö hõlmab lisaks joonistel 1.21. ja 1.22. ning tabelis 1.6. toodud veoviisidele ka merelaevade transpordikütuste tarbimist. Statistikaameti andmeil (AAA-08) kulus merelaevade punkerdamisel Eestis 2014. aastal 281 miljonit liitrit (3,2 TWh) rasket kütteõli ja 50 miljonit liitrit (0,6 TWh) kerget kütteõli. Teiste sõnadega, see oli merelaevade (nii Eesti kui välismaiste) poolt Eesti sadamatest võetud kütus tarbimiseks rahvusvahelises laevaliikluses. Aastate kaupa on see näitaja olnud väga kõikum, mis viitab sellele, et kütuste hinnakonkurents sellel turul mõjutab ka punkerdamisotsuseid.

Läänemeres tegutseva ASi Tallink Grupp laevakütuse kogutarve ulatus 2014. aastal 2,7 TWhni, mis oli 0,2 TWh võrra väiksem kui aasta varem. (AAA-36) Siiski ei ole kogu see kütus punkerdatud Eestis – kui võtta arvesse Tallinki reisijate arvu jaotust laevaliinide vahel ning eeldada, et punkerdamine reisi alg- ja lõppsadama vahel jaguneb võrdselt, siis oleks Tallinki panus transpordikütuste tarbimisse Eestis ca 0,8 TWh 2014. aasta andmete baasil.

Merelaevade kõrval tarbivad kütust ka tööstuslikud transpordivahendid. Kõige suurem tarbija on põllumajandus- ja kalandussektor, kus 2014. aastal kulus 93 miljonit liitrit (1,1 TWh) kütuseid. Suur tarbimine on aastast aastasse olnud ehitussektoris (2014. aastal 21 miljonit liitrit e 0,2 TWh), ning äri- ja avaliku teenistuse sektoris (2014. aastal 11 miljonit liitrit e 0,1 TWh). Neile järgnesid mäe- ja puidutööstus. (AAA-08)

Vahekokkuvõttena võib öelda, et transpordikütuste müüjate peamised kliendid Eestis on veo- ja logistikaettevõtjad (aastamahus ca 5,5 TWh), laevandusettevõtjad (ca 3-4 TWh), kodumajapidamised (ca 3,0 TWh) ning tööstustranspordi kasutavad ettevõtjad (ca 1,4 TWh). Viimaste aastate jooksul on energiavajadus transpordikütuste näol olnud kerges kasvus peaaesjalikult veoautode poolt tarbitud kütusemahtude suurenemise tõttu. Teiselt poolt on kasvu pidurdanud raudteel vähenenud kaubavedu. (AAA-08)

Transpordikütuste kasutamise Euroopa riikides sõltub üldreeglina rahvaarvust ja sisemajanduse koguproduktist – mida enam elanikke ja rikkam riik, seda rohkem kulub transpordikütuseid.

Üheks peamiseks põhjenduseks sellele reeglile on võrdlemisi sarnane transpordikasutuse struktuur enamikes Euroopa Liidu riikides. Eurostati andmetel tarbiti Euroopa Liidu transpordis 2014. aastal kokku 4100 TWh energiat. Sellest maantee-, raudtee ja siseveetranspordile kulus 3487 TWh (ehk 85%), ülejäänust moodustas valdava osa rahvusvaheliste lendude transpordikütus. Rahvusvahelise meretranspordi ja tööstusliku transpordi kütused nendes andmetes ei sisaldu. Sarnaselt Eestiga domineeris Euroopa Liidus tervikuna maanteetransport (vt tabel 1.7.).

Tabelist 1.7. võib järeldada, et **transpordikütuste osa riikide energia kogutarbimises on võrdlemisi stabiilne suurus** hoolimata sellest, et riigiti võivad osakaalud erineda pea kaks korda (Soome 17% vs Leedu 34%). Kuivõrd **transpordi energiatarvet determineerib maanteetransport**, siis struktuurinihete puudumine energiabilansis viitab muuhulgas oluliste läbimurrete puudumisele maanteetranspordi kütuste osas viimase kümne aasta jooksul või täpsemalt – arvestades, et Euroopa Liidus tervikuna on transpordi energiatarve kümne aastaga märgatavalt vähenenud – evolutsioon kütuste kasutamisel transpordis (näiteks väiksema kütusekuluuga autod) on käinud sama jalga energiasäästuga teistes valdkondades.

Tabel 1.7. Transpordikütused Euroopa Liidus kogutarbimise ja veoviisi järgi (AAA-09)¹²

Piirkond / riik	Transpordikütuste tarbimine maantee-, raudtee ja siseveetranspordis 2014	Transpordikütuste osakaal energiabilansis: 2005 2009 2014	Jaotumine: maantee-, raudtee- siseveetransport	Trendid 2005-2014
EL28	3487,5 TWh	27% 29% 29%	96,5% 2,1% 1,4%	2007-2014 on transpordikütuste tarbimine kõikides veoviisides langenud kokku 8,1%, kuigi 2014/2013 oli summaarne tõus 1,5% maanteetranspordi arvel (raudteel 2007-2014 langus 17,3% ja sisevetel 38,8%)
Eesti	8,6 TWh	25% 26% 26%	96,0% 2,8% 1,2%	2010-2014 on transpordikütuste tarbimine püsinud pea samal tasemel (vähenemine 0,8%), kuigi maanteetranspordi energiatarve on sama ajaga kasvanud 3,6% ja raudteetranspordi energiatarve langenud 59,8%

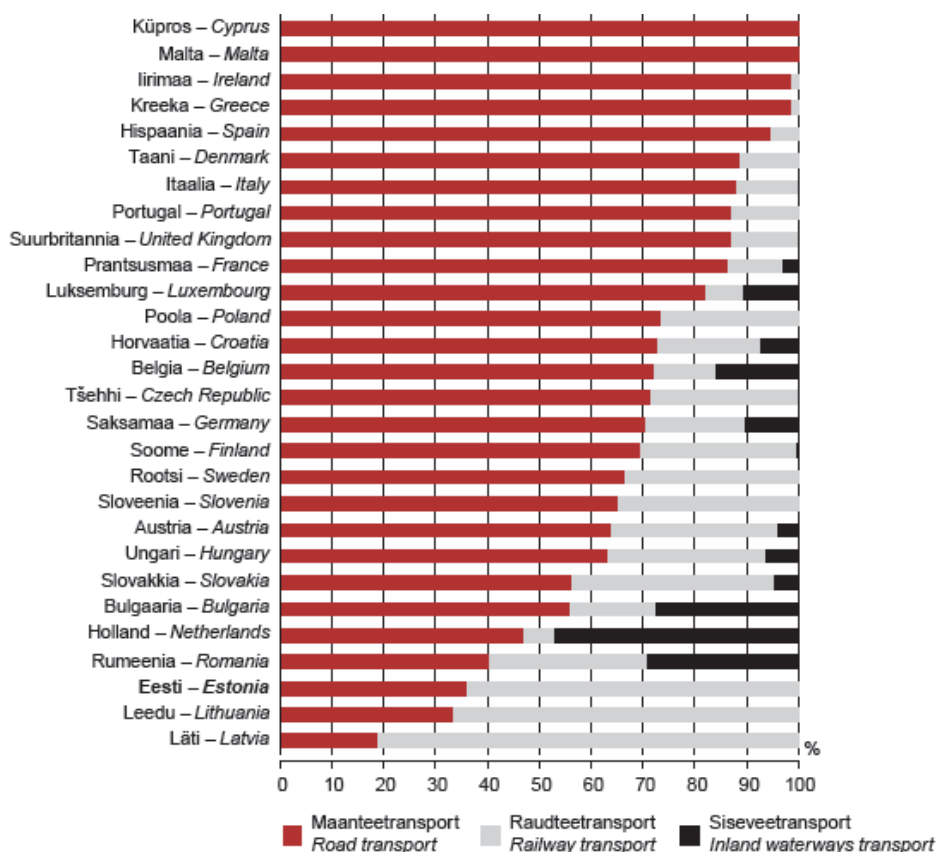
¹² Transpordikütus hõlmab siin kütuseid, mida kasutati maantee-, raudtee-, sisevee- ja siseleenutranspordis. Sama meetodikat on kasutatud ENMAKis (AAA-07). Suhtarvud ei hõlma rahvusvahelise lennutranspordi (Eesti kontekstis suhteliselt väike suurus) ja rahvusvaheliste meretranspordi (Eesti kontekstis suhteliselt suur suurus) kütuste mahte ega tööstustranspordis kuluvat kütust (Eesti kontekstis taas suhteliselt suur suurus).

Tabel 1.7. järg

Piirkond / riik	Transpordikütuste tarbimine maantee-, raudtee ja siseveetranspordis 2014	Transpordikütuste osakaal energiabilansis: 2005 2009 2014	Jaotumine: maantee-, raudtee- siseveetranspordis	Trendid 2005-2014
Läti	11,4 TWh	25% 26% 25%	92,0% 7,6% 0,4%	2007-2014 on transpordikütuste tarbimine kõikides veoviisides langenud kokku 21,7% (kuigi 2014/2013 oli summaarne tõus 4,6% maanteetranspordi arvel). Kütuste kasutamine raudteetranspordis on 2005-2014 varieerunud 8% ulatuses perioodi keskmisest, 2014. a oli madalseis
Leedu	19,0 TWh	30% 31% 34%	96,1% 3,6% 0,3%	2010-2013 on transpordikütuste tarbimine püsinud pea samal tasemel (vähenemine alla 0,1%), kuigi 2008-2014 langes energiatarve raudteetranspordis 23,6%; 2014/2013 oli summaarne tõus 10,9% maanteetranspordi arvel
Soome	47,3 TWh	17% 17% 17%	94,6% 2,2% 3,2%	2010-2014 on transpordikütuste tarbimine kõikides veoviisides langenud kokku 3,9% (raudteel samal ajal langus 6,8% ja sisevetel 26,8%)
Rootsi	89,7 TWh	24% 25% 25%	96,1% 2,9% 1,0%	2007-2014 on transpordikütuste tarbimine kõikides veoviisides langenud kokku 2,5%, kuigi 2014/2013 oli summaarne tõus 3,6% maanteetranspordi arvel (raudteel 2007-2014 langus 11,3% ja sisevetel 30,6%)
Taani	45,8 TWh	28% 29% 29%	93,7% 2,9% 3,4%	2007-2014 on transpordikütuste tarbimine kõikides veoviisides langenud kokku 14,7%, kuigi 2014/2013 oli summaarne tõus 1,4% raudtee- ja maanteetranspordi arvel (raudteel 2007-2014 kasv 10,3% ning sisevetel langus 10,8% ja maanteel 15,5%)
Holland	119,6 TWh	21% 23% 22%	95,4% 1,6% 3,0%	2008-2014 on transpordikütuste tarbimine kokku langenud 14,4% maanteetranspordi (langus 14,9%) arvel, samas kui energiatarve raudteetranspordis vähenes samal ajal 1,6% ja siseveetranspordis 1,9%; kui perioodil 2005-2013 kasvas energiatarve siseveetranspordis stabiilselt, siis 2014/2013 oli vähenemine 13,0%

Riigiti on transpordikütuste kasutamise dünaamika siiski väga erinev. Lätis ja Leedus on sarnaselt Eestiga kasvanud energiatarve maanteetranspordis, samal ajal kui teistes vaadeldavates riikides on see rohkem või vähem langenud. Energiatarve raudteetranspordis on Euroopa Liidus tervikuna oluliselt vähenenud hoolimata raudteeliikluse suurendamisest (erandiks on Taani). Üldjuhul on see seotud raudteede elektrifitseerimise ning uue ja keskkonnasõbralikuma vee-remi kasutuselevõtmisega.

Raudteetransport Balti riikides on väga suurel määral olnud seotud transiidiga (ida-lääne-suunaline kaubavedu sadamate kaudu ning Leedus lisaks ühendus Kaliningradiga), kuid Venemaa sadamate areng on transiidimahte kärpinud. Sellest hoolimata on Baltikum Euroopa Liidus raudtee kasutamisel esirinnas. Siseveetranspordi energiatarve on Euroopa Liidus samuti oluliselt langenud. Valitud riikidest on erandiks Holland, kus siseveetranspordil on veonduses väga tähtis roll (vt joonis 1.24.).



Joonis 1.24. Maismaakaubaveo jaotus veoviisi järgi 2013 (AAA-27)

Maanteetranspordis **maagaasi** kasutamise mahud on perioodil 2005-2014 Euroopa Liidus tervikuna enam kui kahekordistunud, Rootsis kolmekordistunud, Hollandis aga enam kui 40-kordistunud. Soome maht seevastu jääb Rootsile tugevasti alla ning väheneb. Taanis ei kasutata transpordis üldse maagaasi¹³. Baltimaadest liigub Leedu¹⁴ Eestist maagaasi osas veidi kiiremas tempos, kuid mahud on mõlemal siiski veel väga väikesed.

LPGd kasutatakse vaid maanteetranspordis ning perioodil 2005-2014 on selle maht Euroopa Liidus stabiilselt kasvanud. Seejuures võib märgata, et jõukamates riikides on LPG kasutamine väga stabiilne või isegi taandumas, kuid vaesemates riikide seevastu kasvab jõudsalt. Lätis ja Leedus on LPG kordades enam kasutatav kui Eestis, kuid kui Lätis on mahud kasvamas, siis Leedu ajalooliselt väga kõrge kasutustase on langemas. Euroopa mastaabis on peamised LPG tarbijad transpordis Türgi, Poola ja Itaalia – nendes riikides (v.a Poola) on LPG tarbimise kasv viimase kümne aasta jooksul olnud märkimisväärne. Soomes, Rootsis ja Taanis on LPG tarbimine nullilähedane. Hollandi mahud olid 2014. aastal veidi suuremad kui Läti ja Leedu kokku, kuid trend on selgelt LPG kasutamise vähenemisele.

Elektrienergia kasutamine transpordikütusena leiab peamiselt aset raudteetranspordis. Euroopa Liidus tervikuna on elektri tarbimine raudteel kerges langustrendis (2014. aastal toimus hüppeline vähenemine 4,0%). Baltimaadest tarbitakse Läti raudteedel elektrit pea kolm korda enam kui Leedus või Eestis, kuid kõik need kogused on väga väikesed võrreldes teiste võrdlusesse võetud riikidega. Maanteetranspordis on elektri kasutamine transpordikütusena kasvanud perioodil 2005-2014 üle kahe korra, kuid kogu elektertranspordist moodustab see siiski vaid

¹³ Kõik avalikud surumaagaasi (CNG) tanklad Lätis suleti 2010. aastal. Samal aastal kehtestati maagaasile kui transpordikütusele aktsiis 99,6 eurot/1000 m³ (9,4 eurot/MWh). Täna sel päeval töötab Lätis üks eraomandis olev maagaasitankla, millele juurdepääs on piiratud. (AAA-74)

¹⁴ Leedus kasutatakse täna sel päeval maagaasi kui transpordikütust ainult ühistranspordis ja see on vabastatud maagaasiaktsiisist. Teistele veoviisidele kehtib maagaasiaktsiis 219,53 eurot/1000 m³ (20,78 eurot/MWh), mis on enam kui kaks korda kõrgem Euroopa Liidus kehtestatud miinimummäärast (2,6 eurot/GJ = 9,36 eurot/MWh). Maagaasi kasutatakse nelja Leedu linna ühistranspordis: Klaipeda, Šiauliai, Kaunas ja Vilnius. Bussid tangitakse bussiparkide territooriumil. Ainult Klaipedas ja Šiauliais on võimalik vabalt tankida ka eraautode omanikel, kuid Kaunases on nende tankimisaeg piiratud. Tanklaid käitab ettevõtte UAB SG dujos, kes koostöös Vilniuse Tehnikaülikooliga arendab projekti kasutamaks mootorikütusena vesiniku ja maagaasi segu (hüdrometaani), mis peaks olema veelgi keskkonnasõbralikum ja efektiivsem mootorikütus. (AAA-75)

1,5%. Baltimaades on elekter maanteetranspordis taandumas (väheneva trammi- ja trolliliikluse tõttu) ning Soomes-Rootsis ja Taanis on sellel marginaalne roll. Seevastu Hollandis on elektri tarbimine maanteetranspordis perioodil 2005-2014 kasvanud 12 korda (sh 2014/2013 kaks korda). Sarnast kiiret arengut on näidanud ka Norra, mõnevõrra aeglasem kasv on toimunud Suurbritannias ja Saksamaal – kõikidel juhtudel on baastase olnud väga madal, samas kasv on geomeetriline.

Viimase 15 aasta jooksul on nafta hind olnud enamasti suhteliselt kõrge ning keskkonnanõuded on samm-sammult karmistunud. Selle tulemusena on toimunud transpordikütuste oluline mitmekesistumine üle maailma. Traditsiooniliste naftatoodete kõrval on turule tulnud alternatiivsed keskkonnasõbraliku(ma)d kütuseliigid. Pea kõik riigid on aasta-aastalt suurendanud taastuvenergia kasutamise mahte transpordis. **Taastuvenergia** osakaal tarbitud transpordikütustes ulatus Euroopa Liidus 2013. aastal 5,4%ni. Seda näitajat kergitasid kõige enam Rootsi (16,7%) ja Soome (9,9%). Taanis oli see näitaja 5,7% ja Hollandis 5,0%, kusjuures Taani tegi läbimurde 2011. ja Soome 2013. aastal. Euroopa Liidu keskmisest tasemest veidi allapoole jäid Leedu (4,6%) ja Läti (3,1%). Eesti näitaja oli selles kategoorias konkurentsilt Euroopa Liidu kõige madalam. (AAA-09)

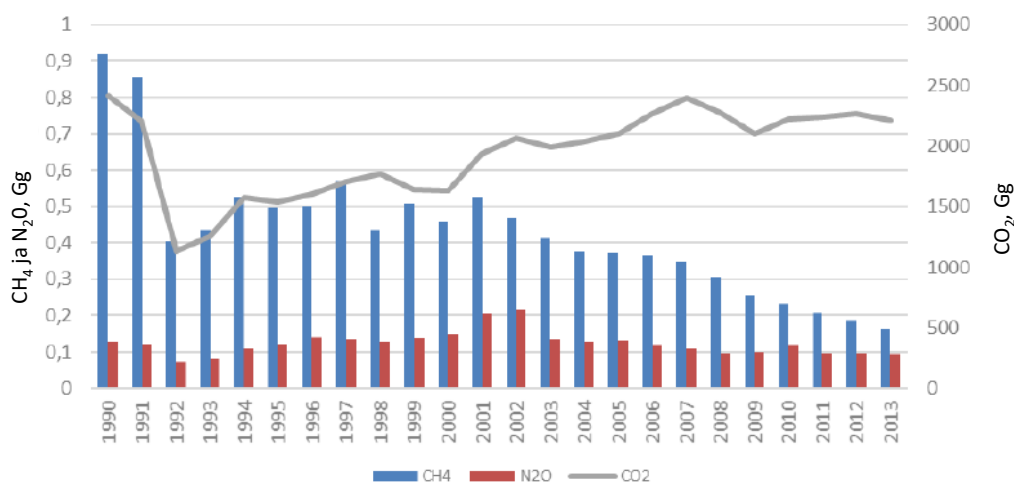
Taastuvenergia kasutamine Euroopa Liidu maanteetranspordis on kasvanud ennaktempo (perioodil 2005-2014 enam kui 4,5 korda). Energeetilises väärtuses on kõige suuremad taastuvenergia kasutamise mahud **biodiislikütusel**, mis on oma kasvutempoga määranud ära ka taastuvenergia kasutamise suurenemise. Euroopas on siin esirinnas kiiret kasvu näidanud Prantsusmaa. Kõik vaatluse all olevad võrdlusriigid on teinud biodiislikütuse tarbimisel kiireid edusamme, olles aastaks 2014 jõudnud arvestatavale tasemele. Eestis on aga biodiislikütuse tarbimine seni olematu. Mõningane biodiislikütuse kasutamine on viimastel aastatel toimunud ka Leedu, Läti ja Hollandi raudteetranspordis.

Rootsi on teinud panuse **biogaasile** maanteetranspordis, arendades seda jõudsalt. 2014. aastal oli Rootsis siiski **biolisanditega bensiini** tarbimine kaks korda suurem kui biogaasi tarbimine, kuid sellise bensiini tarbimise mahud on seal langustrendis (nagu ka Soomes ja Taanis). Hollandis on biolisanditega bensiinil turul võrdlemisi stabiilne koht. Leedus jäi tarbimise tipp aastasse 2008 ja Lätis 2010 – pärast seda on toimunud suhteliselt oluline langus. Eestis on aasta-

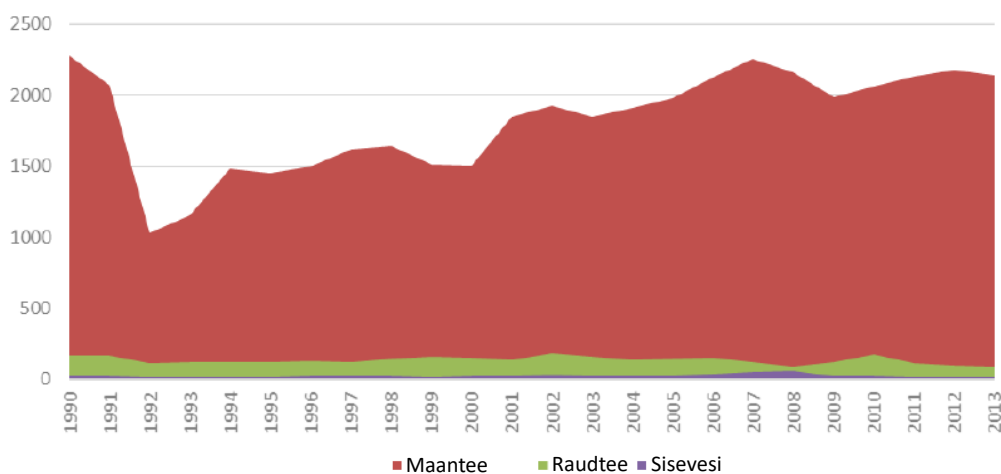
aastalt sellise transpordikütuse maht kasvanud, jõudes aastaks 2014 teiste Balti riikidega samale tasemele. (AAA-09)

2.7. Kahjulike ainete emissioonid transpordis

Transpordi poolt tekitatavad peamised **kasvuhoonegaasid** (KHG) on süsinikdioksiid (CO₂), metaan (CH₄) ja dilämmastikoksiid (N₂O). Lisaks loetakse oluliseks lämmastikoksiidi (NO_x), vääveldioksiidi (SO₂), süsivesinike (HC) ja peenosakeste (PM_{2,5}) emissioone. 2013. aastal oli KHG emissioon Eesti maantee-, raudtee- ja siseveetranspordis kokku ca 2240 Gg mõõdetuna CO₂ ekvivalendis (vt joonis 1.25.).



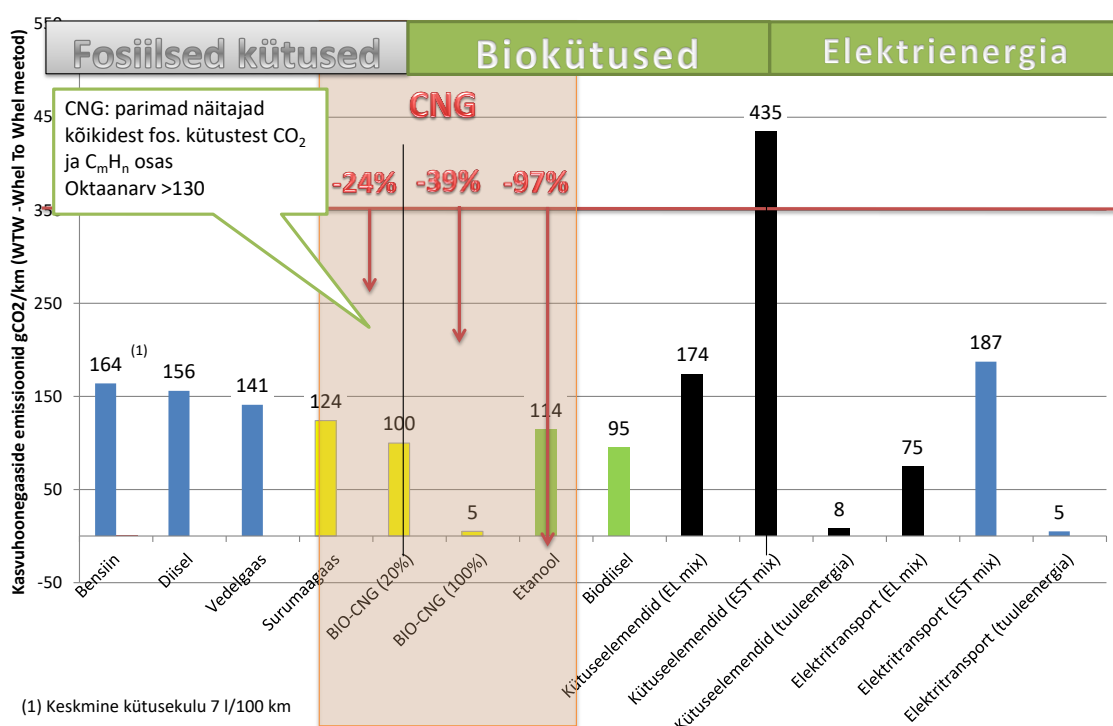
Joonis 1.25. Eesti transpordisektori KHG emissioonid (AAA-72)



Joonis 1.26. KHG emissioonid Eesti transpordisektoris veoviiside kaupa, Gg CO₂ ekv (AAA-72)

Transpordivaldkonna KHG emissioonid moodustasid 2013. aastal ligi 10,5% energiasektori koguemissioonist Eestis. Olulisima osa KHG emissioonides andis maanteetransport (vt joonis 1.26.) KHG emissioonide trend maanteetranspordis on tugevas korrelatsioonis transpordikütuste kogutarbimisega.

Naftatooted ja alternatiivsed transpordikütused erinevad oluliselt KHG emissioonide osas (vt joonis 1.27.). See selgitab, miks on alternatiivsete transpordikütuste eelistamine ka keskkonnapoliitilise tähtsusega (vt edaspidi).



Joonis 1.27. Transpordikütuste võrdlus KHG emissiooni järgi (AAA-76)

Orgaanilistest kütustest on maagaas puhtaim kütuseliik, mille täielikul põlemisel tekivad süsihappegaas ja vesi, ning võrreldes teiste kütustega tekib oluliselt vähem saasteaineid (vt joonis 1.28.).

Transpordi keskkonnamõjude kasvu peamised põhjused on autotranspordi kasutuse suurenenimine ja sõidukipargi ebaökonoomsus. Emissioonide kogus sõltub transpordivahendi vanusest ja tehnoloogiast ning on tugevas seoses läbisõiduga, st emissioonide koguseid arvutatakse läbi-

sõidu kohta. Aastal 2011 oli keskmine uue sõiduauto CO₂ heide Eestis 157 g/km, mis oli Euroopa Liidu riikide seas ebaökonomsem, Euroopa Liidu keskmisest ca 20% suurema CO₂ heite ja fossiilkütuse kuluga.

Võrdlus bensiinimootoriga (100%)

Kuni 25% < CO₂

Kuni 75% < CO

Kuni 60% < HC
(süsivesinikke)



Võrdlus diiselmootoriga (100%)

Kuni 50% < CO

Kuni 80% < HC
(süsivesinikke)

Kuni 99% < tahm

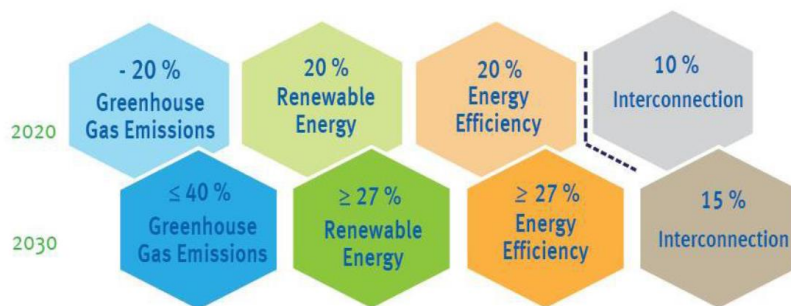
Kuni 70% < NO_x



Joonis 1.28. Maagaasitranspordi emissioonide võrdlus teiste kütustega (AAA-77)

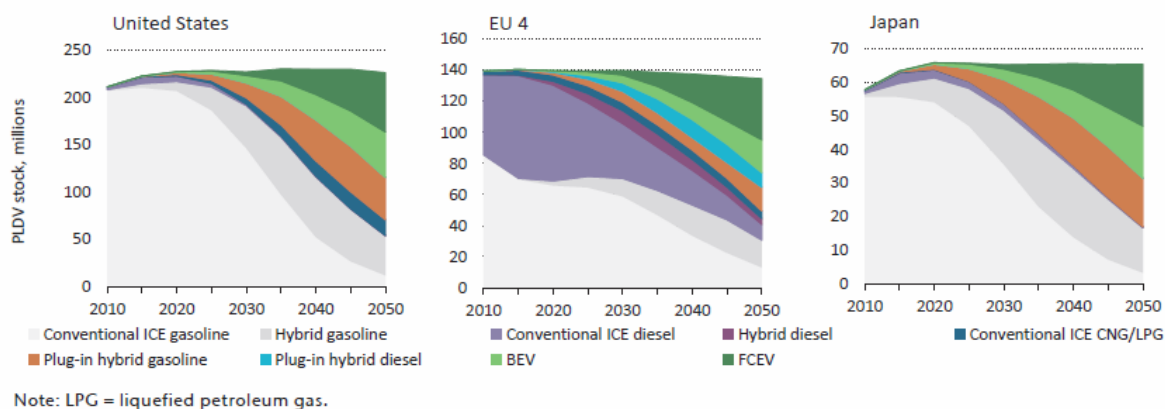
Kui Eesti sõiduautode keskmine kasvuhoonegaaside heide oli 1990. aastal 206 g/km, siis 2008. aastal oli vastav näitaja 199 g/km. Ökonoomsemate (A-, B- ja C-energiaklassi) autode osakaal on Eestis küll aasta-aastalt kasvamas, moodustades 2011. aastal umbes viiendiku uutest autodest, kuid samas on Eestis ebaökonomsete autode osakaal väga suur – üle 51% uutest autodest jäävad energiklassidesse E-G. Seetõttu pole ainult autokasutuse osakaalu vähendamisega võimalik keskkonna-, kliima- ja energiapoliitika eesmärgi saavutada, kuna tervikuna võib eeldada, et liikuvuse suurenemise tõttu autode läbisõit siiski kasvab. Seetõttu on vajalik parandada transpordisektori energiaefektiivsust ja vähendada sõltuvust fossiilsetest kütustest. (AAA-01)

Konkreetsed energia- ja keskkonnamõtjude eesmärgid tulenevad Euroopa Liidu kliima- ja energiapoliitikast. Pariisi 2015. aasta kliimakonverentsi raames lepitati Euroopa Liidus kokku neli valdkonda, milles tuleks seada ranged piirangud (vt joonis 1.29.).



Joonis 1.29. Kliimamuutustega võitlemiseks vajalike eesmärkide kogum Euroopa Liidus (AAA-78)

Euroopa Liidus kehtiva direktiivi (AAA-79) kohaselt peab uute autode keskmine CO₂ emissioon olema mitte enam kui 130 g/km. Aastaks 2021 karmistub see nõue tasemele 95 g/km. Kergveokite emissioonid peavad Euroopa Liidu reeglite kohaselt vähenema tasemelt 175 g/km (2017) tasemele 147 g/km (2020). Seega püüab Euroopa Liit märkimisväärselt vähendada KHG emissioone, mis muuhulgas eeldab ökonoomsemate mootoritega uusi autosid ja nende väiksemat kütusekulu. Tegemist on ülemaailmse trendiga, nagu on näha jooniselt 1.30.



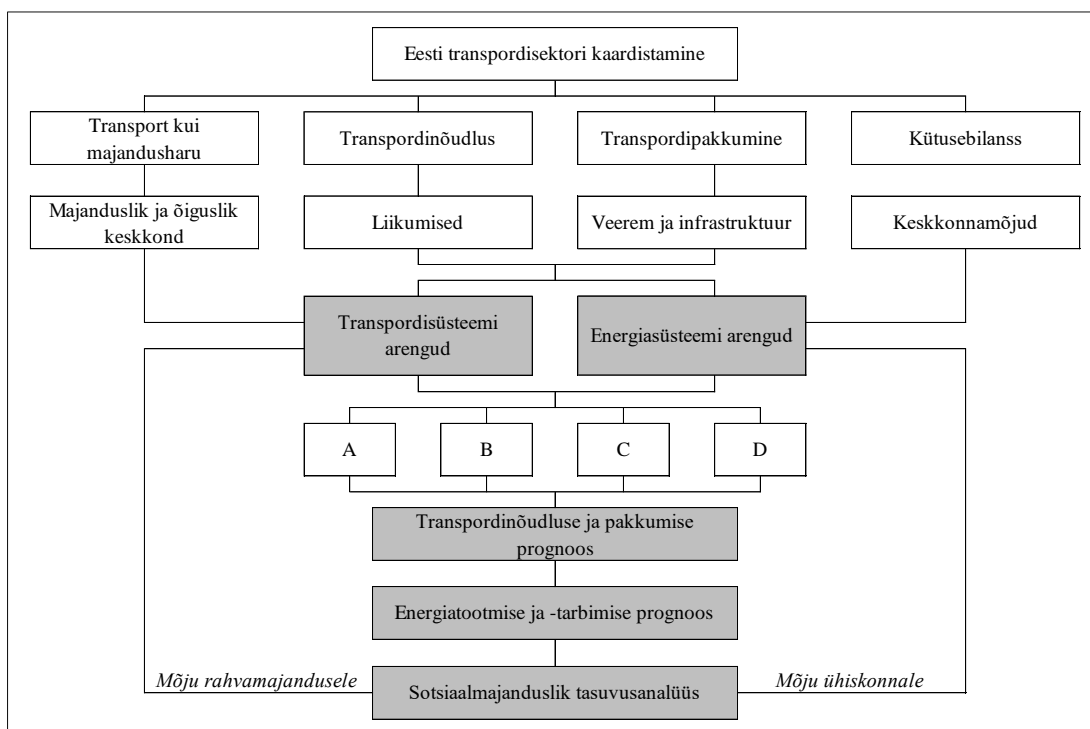
Joonis 1.30. Sõiduautode arv ja tehnoloogiline areng (AAA-68)

Eesti kontekstis tähendab see vajadust säilitada aastaks 2020 transpordisektori energiakulu 2010. aasta tasemel, mitte suurendada transpordi KHG heitekoguseid rohkem kui 11% võrreldes 2005. aastaga ja saavutada 10% taastuvenergia osakaal maanteetranspordis. Tulenevalt eespooltoodust sisaldub ka Transpordi arengukavas 2014-2020 eesmärk piirata läbi KHG heitekoguste vähendamise kliimamuutusi nii, et keskmine temperatuur ei tõuseks rohkem kui 2 °C. Selle saavutamiseks tuleb 2050. aastaks vähendada heitekoguseid vähemalt 60% võrreldes 1990. aasta tasemega. 2030. aastaks peab transpordisektor vähendama kasvuhoonegaaside emissioone ligikaudu 20% allapoole 2008. aasta taset. (AAA-01)

3. Metoodika

3.1. Uurimisstrateegia

Käesoleva teadus-arendustöö eesmärgiks on hinnata elekter- ning gaastranspordile ülemineku sotsiaalmajanduslikke mõjusid Eesti ühiskonnale. Eesmärgi saavutamiseks kasutatakse mitmikjuhtumi kombineeritud uuringustrateegiat, mille ülesehitus on kujutatud joonisel 2.1.

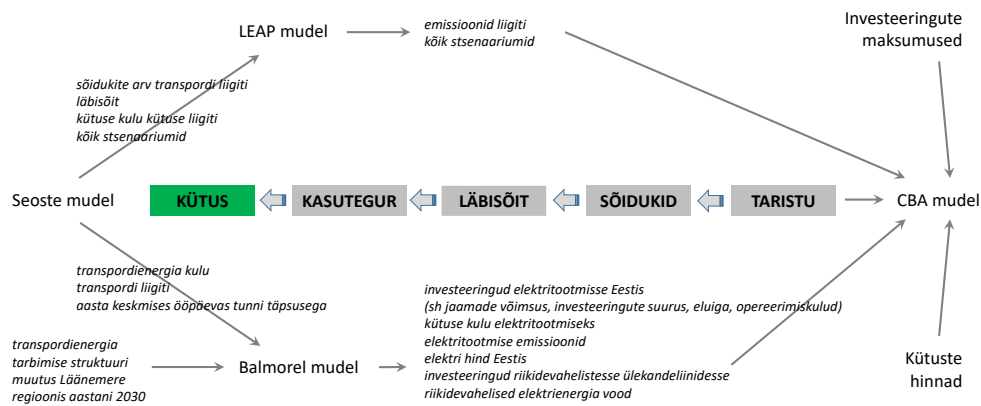


Joonis 2.1. Käesoleva teadus-arendustöö uurimisstrateegia

Eelmises peatükis kaardistati Eesti transpordisektor, et määratleda nõudlus ja pakkumine kaupade ja reisijate liikumiste järele. Töö järgnevate osade ülesanded on järgmised:

1. koostada tõenäolised stsenaariumid arvestades Eesti transpordisektori arenguid ja võimalikku üleminekut elekter- ja/või gaastranspordile;
2. hinnata modelleerimise teel transpordi elektrifitseerimise ja/või gasifitseerimise mõju ja koostada sotsiaalmajanduslik tasuvusanalüüs.

Modelleerimise keskseks eesmärgiks on prognoosida transpordikütuse kulu energiaühikutes perioodiks 2020-2030. Selleks koostati kõigepealt **seoste mudel** (vt joonis 2.2.), kus võib eristada kolme alamudelit: transpordivaldkonna, energiavaldkonna ja majandusmudelit.



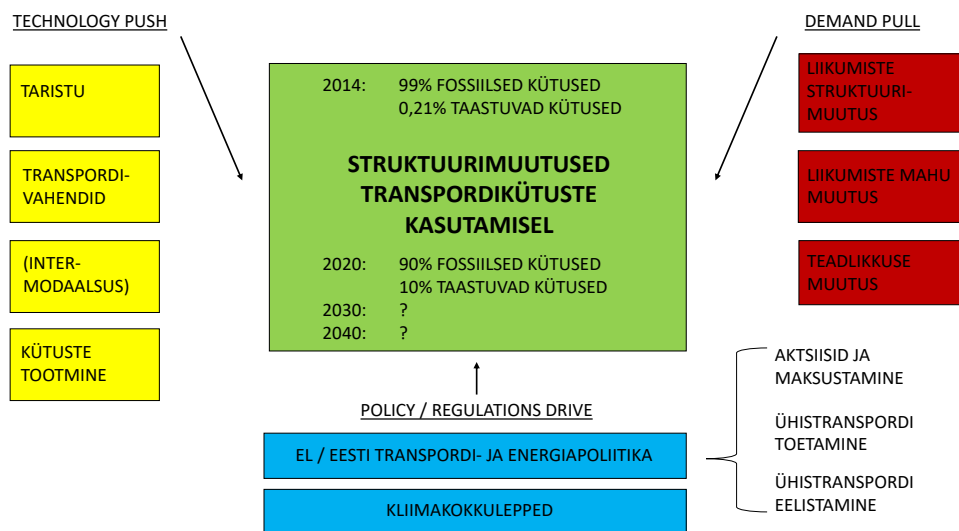
Joonis 2.2. Modelleerimise käigus koostatud ja kasutatud mudelid

- **Transpordi arengu plaanimise mudelis** koostatakse Eesti transpordisektori detailne mudel, kasutades sisendina statistilisi andmeid erinevate veoviiside energiatarbimise kohta ning eritarbimisel põhinevaid näitajaid. Seejärel defineeritakse nullstsenaarium ning põhistsenaariumid. Väljundina selgitatakse välja energiatarve transpordikütuste ja veoviiside kaupa, Eesti energiabilanss, energiaallikate impordi-eksporti bilanss ning KHG emissioonid. Piiranguteks on energia- ja transpordipoliitikates seatud kliimaeesmärgid.
- **Energiavaldkonna analüüsimudeli** (Balmorel) abil hinnatakse, mil määral mõjutavad transpordisektori elektrifitseerimise või gasifitseerimise tõttu suurenenud/vähenenud elektrienergia tarbimine ja muutused elektrisüsteemi koormusgraafiku kujus hindu elektriturul. Samuti hinnatakse muutusi elektrienergia impordi-eksporti bilansis ning võimalikku mõju Eesti elektrijaamade efektiivsusele.
- **Majandusmudelis** hinnatakse eelnevalt defineeritud arengustsenaariumide sotsiaalmajanduslikke mõjusid.

3.2. Transpordikütuste kasutamise struktuurimuudatused

Elekter- ja/või gaasranspordi senisest suurem kasutuselevõtt Eestis ning selle tulemusena tekivad struktuurimuutused transpordikütuste kasutamisel sõltuvad kolmest tegurite grupist (vt joonis 2.3.). Tehnoloogia (tõukav tegur) ja nõudluse (tõmbav tegur) survele asetleidvaid muutusi

transpordikütuste kasutamises võib käsitada kui turutingimustel kohanemist konkurentsiga. See tähendab, et oluline osa individuaaltarbijatest ja/või ettevõtjatest leiab senisest rohkem argumente taastuvate kütuste kasutamise poolt – need on otsused, mis võivad olla tehtud hinnakaalutlustel, liikumisviisi teadlikul valikul või keskkonnasäästliku käitumise tulemusena nt transpordivahendi ostul.



Joonis 2.3. Transpordikütuste kasutamisel struktuurimuudatusi esile kutsuvad tegurid

Euroopa Liidu poliitika sisuks analüüsivates valdkondades on jõuline sekkumine, mis põhjustab turumoonutusi. Sekkumispoliitika õigustatus Eesti kontekstis tuleneb ühelt poolt looduskeskkonna halvenemise kui üleilmse probleemi ärahoidmise vajadusest, teiselt poolt Eesti mahajäämuse vähendamise ning Euroopaga integreerituse suurendamise möödapääsmatusest. On tõenäoline, et vähemalt aastani 2030 domineerib konkurentsituru jõudude üle tugev poliitilis-regulatiivne surve, mis väljendub struktuurimuutusi ergutavate meetmete kasutamises nii maksu-, transpordi- kui energiapoliitikas. Euroopa Liit on taktikalises perspektiivis seadnud eesmärgiks saavutada aastal 2020 taastuvate kütuste osakaaluks transpordikütustes 10%. Euroopa Liidu visioon alternatiivsete transpordikütuste arendamisel hõlmab nii gaasi, vesinikku, elektrit kui bioloogilisi lisandeid diislikütusesse ja bensiini (vt joonis 2.4.).

Eeltoodud eesmärkide saavutamiseks võttis Euroopa Liit oktoobris 2015 vastu otsuse arendada välja alternatiivsete transpordikütuste tankimistaristu järgmise ajagraafiku kohaselt (AAA-85):

- ✓ aastaks 2020: elektriautode laadimispunktid ja CNG tanklad linnapiirkondades;

- ✓ aastaks 2025: CNG tanklad TEN-T transpordikoridorides, vesinikutanklad liikmesriikides, kes otsustavad hakata vesinikku kasutama, LNG tanklad veoautodele ning merelaevadele, kaldaelektri laadimispunktid;
- ✓ aastaks 2030: LNG tanklad siseveekogudel sõitvatele laevadele.

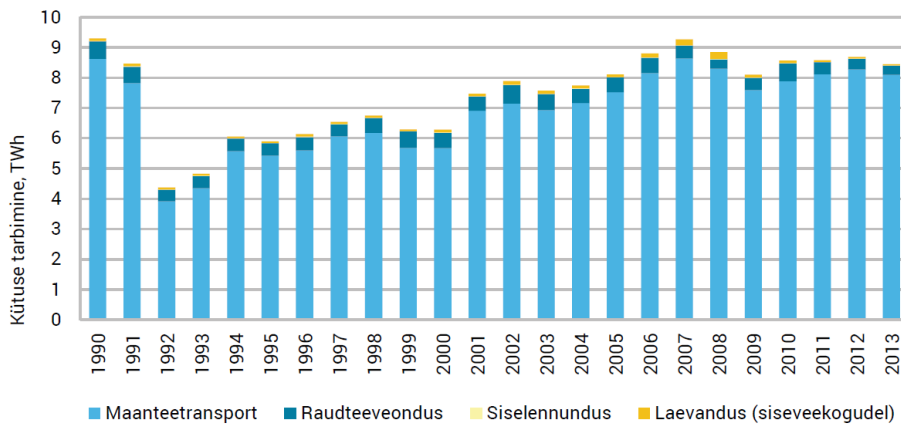
MODE		ROAD PASSENGER			ROAD FREIGHT			WATER			RAIL	AIR
							HGV					
Range		Short	Medium	Long	Short	Medium	Long	Inland	Short-sea	Maritime		
F U E L	LPG											
	Natural gas	LNG										
		CNG										
T Y P E S	Hydrogen											
	Electricity											
	Biofuels (liquid)											

Joonis 2.4. Euroopa Liidu alternatiivsete transpordikütuste strateegia (AAA-85)

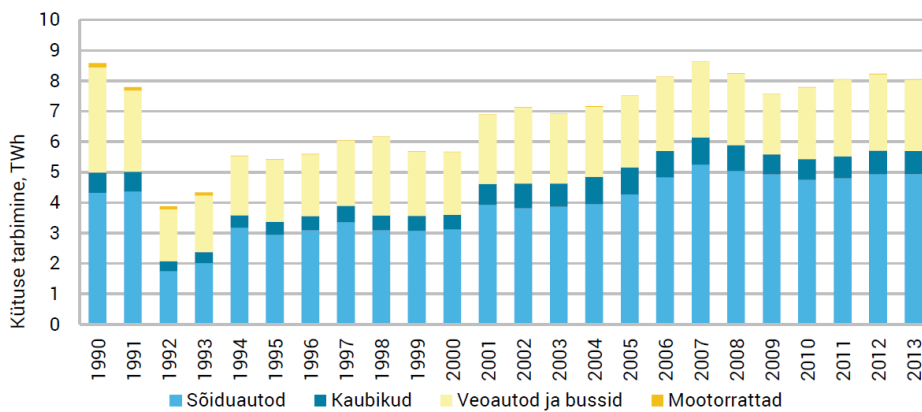
Euroopa Liit näeb, et mastaabisäästu saavutamiseks transpordi ühisturul on vaja välja arendada Euroopa Liidu ülene tanklate ja laadimispunktide võrk, koostalitlusvõime saavutamiseks kehtestada ühtsed standardid ja tehnilised spetsifikatsioonid ning tarbijate teadlikkuse tõstmiseks tegeleda turunduskommunikatsiooniga. Liikmesriikidelt oodati oma arengukavade vastavusse viimist kirjeldatud strateegiaga novembriks 2016. (AAA-85)

Kokkuvõtvalt võib tõdeda, et panustatakse väga laiale spektrile transpordikütustest (sh mitte üksnes taastuvatele energiakandjatele), et struktuurimuudatusi esile kutsuda ning naftasõltuvust vähendada. Käesoleva töö kontekstis on olulised ka aastate 2030 ja 2040 sihttasemed, sest nendeni jõudmiseks tuleb tõenäoliselt ellu viia rida uusi projekte.

Transpordikütustest moodustavad Eestis käesoleval ajal enam kui 99% fossiilsed kütused ja alla 1% taastuvad kütused. Vastavalt 1. peatükis käsitatud transpordinõudluse ja -pakkumise jaotumisele domineerib Eestis maanteetransport, mis tarbib kütust ligi 8 TWh (vt joonis 2.5.). Maanteetranspordis omakorda domineerivad sõiduaudod (vt joonis 2.6.).



Joonis 2.5. Transportikütuste tarbimine Eestis veoviiside kaupa (AAA-05)

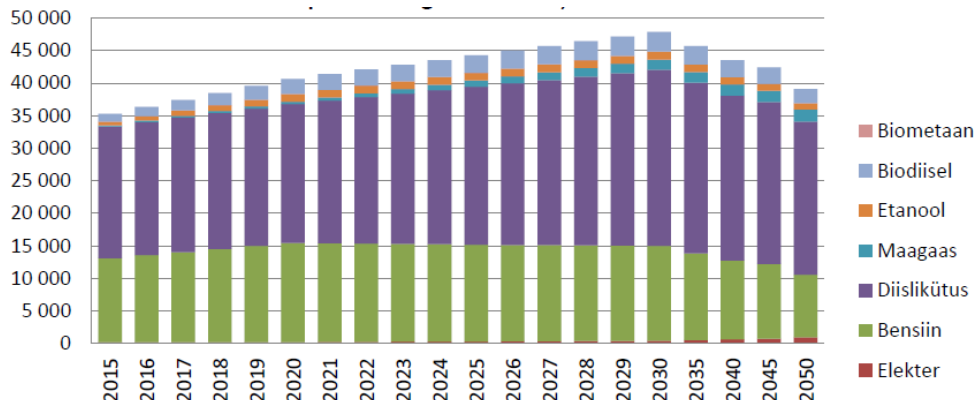


Joonis 2.6. Transportikütuste tarbimine Eesti maanteetranspordis (AAA-05)

Muude veoviiside kütusetarbimine on maanteetranspordi kõrval suhteliselt tagasihoidlik – näiteks elektrirongid ning trammid-trollid kokku tarbisid 2015. aastal 29,9 GWh elektrienergiat. Kuivõrd elektriautosid on Eestis väga vähe, siis see ongi praktiliselt kogu aastane veoelektri tarve transpordis. Samuti on marginaalsed gaasi ja biokütuste tarbimine transportikütustena.

ENMAKi 2030+ transpordistsenaariumid (AAA-07) lähtuvad transpordi energiatarbest (vt joonis 2.7.). Nende autorid Mari Jüssi ja Marek Rannala pakuvad välja meetmete paketid energiatarbimise vähendamiseks pikas perspektiivis. Pakettide mõju hindamisel minnakse energiatarbimise kogumahu juurest transportikütuste ja KHG emissioonide detailideni välja. Nad prognoosivad, et tänaste trendide jätkumisel kasvab transpordi energiatarve 2015. aasta tasemelt aastaks 2020 ligi 15% ning aastaks 2030 enam kui 35%. Peamiseks arengumootoriks peetakse sõiduautode arvu kasvu 28% 2030. aastaks. Selle tulemusena prognoositakse ka fossiilkütuse

tarbimise kasvu 2030. aastaks 46% võrreldes 2012. aasta tasemega. Kütuseliigiti tähendaks selline tulevik naftatoodete domineerimise jätkumist.



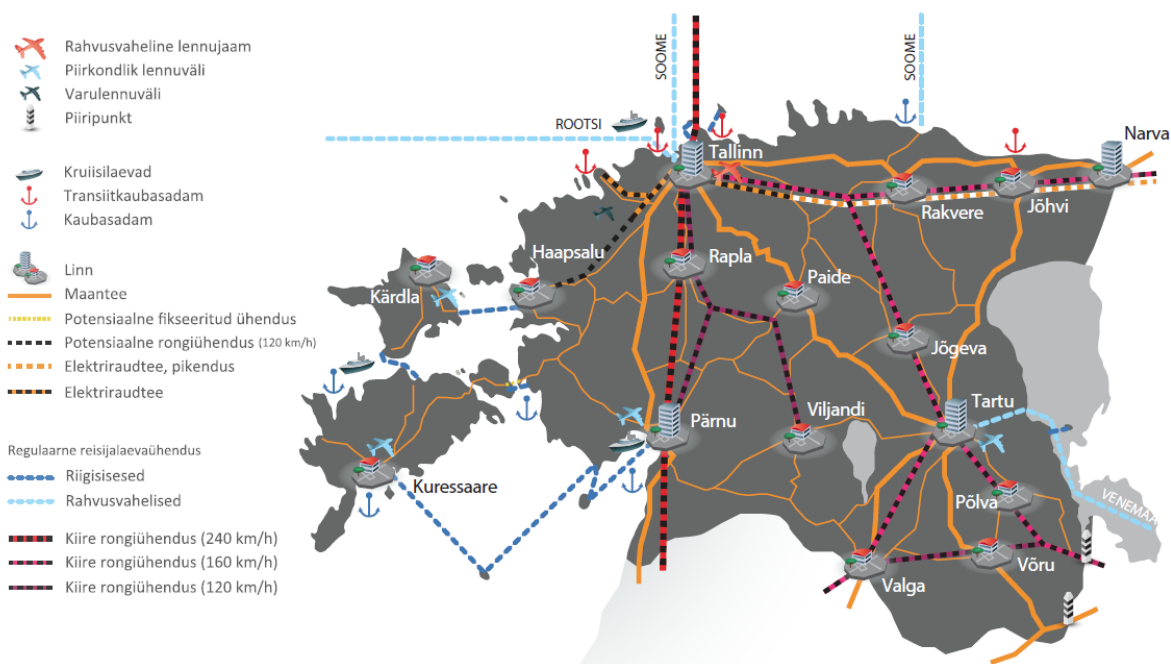
Joonis 2.7. ENMAK 2030+ BAU transpordistsenaarium (ühikud olid selles töös TJ-des; 1 TWh = 3600 TJ) (AAA-07)

Alternatiivsete stsenaariumidena ehk sekkumistsenaariumidena näevad Jüssi jt võimalusi piirata energiatarbimise kasvu transpordis tasemeni 8,1 TWh aastal 2030 tingimusel, et riik sekkub tugevalt autokasutusse, maksustades seda erinevatel viisidel, ning maakasutuse planeerimisse eesmärgiga vähendada sundliikumiste vajadust. (AAA-07; AAA-86) Seega kujunevad alternatiivsete transpordikütuste osakaalu suurendamise hindamisel võtmeküsimusteks järgnevad:

- milline on Eesti eripära arvestav transpordikütuste jaotus tulevikus?
- millises ulatuses ja milliste vahenditega peab riik sekkuma, et ühest küljest kujuneksid taastuvad kütused tarbija jaoks piisaval määral vastuvõetavaks alternatiiviks, teiselt poolt oleks tagatud EL transpordi-, energia- ja keskkonna direktiivide täitmine?

3.3. Eesti transpordisüsteemi arengud

Visioon transpordi tulevikust Eestis aastani 2030 on käesolevas töös formuleeritud kahe varasema dokumendi – Üleriigiline planeering Eesti 2030+ (AAA-02), ning ENMAK 2030+ Transpordi ja liikuvuse stsenaariumid (AAA-07) – põhjal. Käesoleva töö käigus on täiendavalt kogutud intervjuude ja avalike allikate põhjal informatsiooni varasemate uurimuste aktuaalsuse hindamiseks. Visiooni Eesti 2030. aasta transpordisüsteemist võtab kokku joonis 2.8.



Joonis 2.8. Eesti transpordivõrk 2030 (AAA-03)

Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi transpordi arengu ja investeeringute osakonna endise juhataja Toomas Haidaku sõnul determineerivad tulevikus transpordinõudlust ja -pakumist muuhulgas Rail Baltic kiirraudtee ning Tallinn-Tartu maantee neljarealisteks ehitamise jätkumine. Maanteeprojektidest jätkatakse suuremate linnade ümbersõitude rajamist, kuid parvlaevaliiklust mõjutava Saaremaa silla rajamine ei ole transpordi arengukava järgi vajalik. Raudteevaldkonna arengut pidurdab langev transiidimaht, mistõttu tuleb riigil toetada kahjumit teevaid infrastruktuuriettevõtjaid ning arenguplaanid raudtee täiendavaks elektrifitseerimiseks ning reisiringide kiiruste tõstmiseks 160 km/h-ni ei ole töös. (AAA-80)

Alljärgnevalt on kirjeldatud **võimalikke arenguid** (tähistatud suurtähtedega A-Q), sh projekte, mis on tänasel hetkel kavandamisel, mille teostatavust analüüsitakse või mis võivad realiseeruda tehnoloogilise läbimurde, poliitilise sekkumise või tarbijaeelistuste muutumise tulemusena. Neid arenguid vaadeldakse järgmises jaotuses: liikumised sõiduautodega, maanteetransport, raudteetransport, ühistransport, merevedu ja tööstussõidukid. Ära on märgitud ka mõningad olulisemad minevikuprojektid, mis kujundamas transporditurgu aastani 2030.

Sõiduautode kasutamine

Sõiduautode arv 1000 elaniku kohta ulatus Eestis 2015. aastal Eurostati andmetel 514 autoni.

Teistest Euroopa Liidu riikidest olid Eesti tasemel või kõrgemal (AAA-09):

- Luksemburg (661 autot 1000 elaniku kohta; stabiilne),
- Malta (634; kiirenev kasv),
- Itaalia (601; mõningane langus),
- Soome (590; märkimisväärne kasv),
- Küpros (575; aeglane kasv),
- Saksamaa (548; aeglane kasv),
- Austria (546; stabiilne),
- Poola (546; kiirenev kasv),
- Sloveenia (523; stabiilne).

Jüssi ja Rannala (AAA-07) prognoosisid ENMAK *business-as-usual* (BAU) stsenaariumis autode arvuks Eestis 563 autot 1000 elaniku kohta. Eeltoodu põhjal võib eeldada järgmist arengut.

A. Sõiduautode läbisõidu ja tarbitava kütuse kasv, kui ei toimu riigipoolset sekkumist

Viimastel aastatel on autotootjad jõudsalt arendanud ning toonud bensiini- ja diiselmootoriga autode kõrval turule CNG-mudeleid, mis on hinnaklassilt igati konkurentsivõimelised. Kuna gaas transpordikütusena on odavam, siis on CNG-tehnoloogia paljude tarbijate jaoks liikumisviisi valikul argumendiks.

B. CNG-sõiduautode arvu ennakasv Eestis

Tänases turusituatsioonis võib üheks takistuseks olla CNG-tanklate vähene arv Eestis, kuid kogutud informatsiooni põhjal võib eeldada, et turuosalised hoiavad gaastranspordi arengul hoolsalt silma peal ning on turutingimuste muutudes kiiresti valmis investeerima vastavasse infrastruktuuri või isegi investeerima perspektiivitundega, et stimuleerida gaasitranspordiveeremi müüki.

CNG-le alternatiiviks oleva LPG osas on töö autorid kogutud info põhjal jõudnud seisukohale, et aastatel 2020-2030 LPG kui transpordikütuse kasutamine marginaliseerub. Kohtumisel kütusemüüjatega selgus, et LPG-d vaadeldakse Eestis kui üleminekukütust maagaasile – kuna

Eesti autopark on suhteliselt vana, siis LPG oleks gaasialternatiiviks nende autode omanikele (vt A).

Katse tuua riigi toel elektriautod Eesti turule (AAA-29) ei andnud piisavat impulssi, et elektriautode arv Eestis hakkaks kiiresti kasvama hoolimata sellest, et olemas on kogu Eestit kattev elektriautode kiirlaadimistaristu. Peamiseks takistuseks on elektriauto kõrge hind sama klassi konventsionaalsete autodega võrreldes, ning akude vähene mahtuvus. Siiski – Kisel (AAA-81) viitab prognoosidele, et juba aastal 2020 on võimalik osta korralik elektriline pereauto, mis maksab alla 20 000 euro ja millega saab ühe laadimisega sõita üle 600 kilomeetri. Seetõttu võiks 2025. aastal elektriautode osakaal Eestis ulatuda 50%-ni sõiduautopargist. Eelnevale tuginedes tuleb arvestada võimaliku arenguna järgnevat.

C. Elektersõiduautode arvu ennakasv Eestis

Üheks väljakutseks on vesinikautode turule jõudmine. Täna Euroopas müüdavad mudelid ei ole hinnaklassilt konkurendid traditsioonilistele autodele, neid ostavad pigem innovaatilised liidertarbijad. Kuigi vesiniku suures potentsiaalis transpordikütusena ei kahelda, on tänaste teadmiste juures väga keeruline hinnata, millal vesinikautod muutuvad konkurentsivõimeliseks. Õunpuu (AAA-82) Elcogenist – ettevõttest, kes tegeleb Eestis kütuseelementide tootmisega – prognoosib, et selleks kulub vähemalt kümme aastat. Kokkuleppel käesoleva töö tellijaga jäeti vesinik kui transpordikütus käesoleva töö fookusest välja.

Maanteetransport

Eesti olemasolevat teedevõrku arvestades ei ole võimalik tee-ehitusega ruumilisi vahemaid enam oluliselt vähendada. Tee-ehituse tulemusena suurenev ohutus ning mõningane ajavõit on oma sisult üksteisele vastukäivad tulemused, kuid autokasutuse suurenemist soodustavad need mõlemad. Seega toetavad maanteetaristu projektid eelkõige arenguid A, B ja C. Samas ei ole maanteetaristu projektidel väga olulist mõju kaubaveokite arvu või läbisõidu kasvule.

Kuid kaubaveod maanteedel on viimastel aastatel märgatavalt kasvanud. Rail Baltic’u valmimine vähendab eeldatavasti rahvusvahelise kaubaveo mahtu maanteedel, kuid samas on tõenäoline järgmine areng.

D. Siseriikliku kaubaveomahu kasv maanteedel

Ka kaubaveoautode puhul on üheks oluliseks momendiks läbimurre transpordikütuste osas ehk järgmine areng.

E. LNG- ja/või CNG-kaubaveokite arvu ennakasv Eestis

Raudteetransport

Euroopa Liidus taotletakse modaalset nihet raudtee kasuks nii reisijate- kui kaubaveol. Kui reisijateveol on Eesti Euroopa Liidu keskmisest oluliselt maas (vt joonis 1.13.), siis kaubaveol on Eesti lähiajaloo olnud pigem esirinnas (vt joonis 1.24.).

Kaubaveo jaoks on olemas piisav raudteetaristu läbilaskevõime. (AAA-01) 1435 mm rööpmelaiusega Rail Baltic tähendab ilmselt põhja-lõunasuunaliste kaubaveomahtude kasvu Eesti raudteedel, kusjuures kaupade peamise päritoluriigina nähakse Venemaad. (AAA-83) Seega on Rail Baltic'ul järgmine efekt Rail Baltica jaoks.

F. Kaubaveomahtude stimuleerimine 1520 mm rööpmelaiusega raudteel

Olulisi strateegilisi otsuseid tuleb langetada veeremiomanikel, sest veduripark on Eestis võrdlemisi vana (vt 1. peatükk). Seega võib potentsiaalse arenguna näha järgmist.

G. LNG-vedurite kasutuselevõtt Eestis

Eesti raudteede elektrifitseerimine kaubavedu silmas pidades ei ole nähtavas tulevikus tehniliselt ega majanduslikult reaalne. (AAA-35) Siiski võib tihedussäästu arvestades defineerida järgmised arengud.

H. Elektriraudtee tegevusmahtude kasvamine

I. Raudtee elektrifitseerimine ja/või pikendamine reisiringide tarbeks

Võimaliku arenguna tuleb mainida ka Tallinn-Helsinki 1435 mm rööpmelaiusega elektrifitseeritud raudtee tunnelit ehk FinEst Link'i. Sel on kindlasti mõju nii maismaakaubaveole kui reisijateveole merel, kuid asjakohased uuringud on veel nii varases staadiumis, et ei ole selge, kui tõenäoline on selle projekti elluviimine üldse. (AAA-80, AAA-84)

Raudtee tihedussäästu ammendudes võib ette näha järgmisi arenguid reisijateveol.

J. Täiendavate elektri- ja/või diislrongide soetamine

K. LNG-diislrongide kasutuselevõtt

Muu ühistransport

Siinkohal käsitatakse busse, trolle ja tramme, kusjuures võetakse arvesse pöördumatuid arenguid trolliliikluse likvideerimiseks Tallinnas. Tee-ehitusinvesteeringud linnades (nt ühistranspordiradadesse) võivad samuti mõjutada ühistranspordi osatähtsust inimeste liikumisel.

L. Ühistranspordi pakkumise märgatav suurendamine

M. CNG-busside arvu ennakasv Eestis

N. Trammide arvu suurenemine Tallinnas

O. Trammiteede võrgu pikendamine Tallinnas

Vetelvedu

Meretranspordi kõige suuremad mõjutajad Eestis on välisturistid, kelle arv on jõudsalt kasvanud (vt 1. peatükk). See on andnud reederitele indikatsiooni täiendavate investeeringute tegemiseks, sh uutesse tehnoloogiatesse. Silmas peetakse nii Läänemere avamerel kui Eesti sisemerele (lahtedes ja väinades) liikuvaid aluseid.

P. LNG-tehnoloogia kasutamine laevandusettevõtete poolt

Tööstustransport

Sarnaselt meretranspordiga vaadeldakse järgmist arengut, samas taristuinvesteeringuid või töömahu kasvu ei prognoosita.

Q. Gaasitehnoloogia ennakasv tööstustranspordis

3.4. Transpordi arengustenaariumid

Alljärgnevalt on üldistatud alapeatükkides 2.2. ja 2.3. esitatud arenguid, mis võivad aidata kaasa transpordikütuste kasutamise struktuurimuudatuste esilekutsumisel. Arengud on markeeritud kahel skaalal – kliimapoliitika ja transport, kusjuures esimene neist kujutab edasise modelleerimise seisukohalt piiranguid.

Kliimapoliitika

ÜRO 2015. aasta kliimakokkuleppe ehk COP 21 (AAA-87) peamisi eesmärgid on järgnevad:

- KHG emissiooni vähendamine;

- taastuenergia osakaalu suurendamine;
- energiakasutuse efektiivsuse tõstmine;
- üleilmne (sh Euroopa Liidu-ülene) ühilduvus.

Transport

1. Taristu – maantee- ja raudteeinfrastruktuuri, tanklate ja laadimispunktide rajamine, parandamine või rekonstrueerimine stimuleerib transpordipakkumist ning toob suure tõenäosusega kaasa muutuse transpordinõudluses.
2. Veo muutumine – transpordinõudlusest tulenevalt muutuvad veeremi läbisõidud, mis omakorda mõjutavad kütuste tarbimist; riigi kava eelisarendada ühistransporti ning suurendada selle osakaalu liikumistes toob kaasa muutuse transpordipakkumises.
3. Uued transpordivahendid – veeremi asendamine või ümberehitamine kaasaegsematele tehnoloogiatele vähendab ühest küljest kütuse tarbimist ja KHG emissioone, teisest küljest annab aga võimaluse alternatiivsete transpordikütuste kasutuselevõtuks; täiendavate transpordivahendite soetamine valdkondades, kus transpordivõimsused on täna tiptundidel täies mahus kasutusel, põhjustab modaalse nihke.

Nii elektri kui gaasi arengud sõltuvad suurel määral uute tehnoloogiate ülemaailmsest kasutuselevõttust, mida Eesti olulisel määral iseseisvalt mõjutada ei saa, ning riikliku sekkumise (nt maksu- ja keskkonnapoliitika) ulatusest, mille väljundiks on transpordikütuste hind lõpptarbijale. Viimase põhjal teevad tarbijad otsuse, millise mootoriga sõiduk soetada.

Üldistavalt võib öelda, et taristu arengud on erinevalt kolmandast suhteliselt väikese investee-ringukuluga. Tegevuskulude muutus on tõenäoliselt vastupidine. Seega maanteede olemasolevat taristut käesolevas uuringus ei muudetud, kuna elekter- või gaastranspordi kasutuselevõttust tulenevalt ei ole vaja neisse teha lisainvesteeringuid. Samuti ei ole arvestatud täiendavate sadamate ehituse või laiendamistega, kuna reisijate- ja kaubaveo mahtudes ei nähta ette arenguid, mis ammendaks olemasoleva taristu läbilaskevõime.

Eelneva põhjal on sõnastatud järgmised stsenaariumid rõhuasetusega transpordikütuste tarbimisele perioodil 2020-2030, lähtudes 2015. aasta sihttasemest.

0. Nullstsenaarium (*business as usual, BAU*)

Peamine sisu

1. Trammiteede puhul arvestatakse nende pikendamisega Tallinna Lennujaamani ning Tallinna Vanasadamani.
2. Raudteetaristu nullstsenaarium kattub 2016. aasta seisuga. Rail Baltic rajatakse. Diisel- ja elektrimootorrongide arv ei muutu.
3. Trolliliikluseks vajalik taristu demonteeritakse Tallinnas aastaks 2024.
4. Laevade ja tööstustranspordi kütuse erikulu jääb aastate 2014-2015 tasemele.

A. Elektertranspordi forsseeritud arendamine

Peamised eeldused

1. Tehnoloogia teeb aastaks 2020 olulise läbimurde, muutes elektrisõiduaudod konkurentsivõimeliseks. Kui 30. juuni 2016 seisuga oli Eestis 1144 elektri jõul liikuvat sõiduaudot, siis selle stsenaariumi kohaselt on Eestis 2020. aasta lõpuks ligi 10 000 ja 2030. aasta lõpuks ca 100 000 elektrimootoriga sõiduaudot. Lisaks arvestatakse, et selleks ajaks on elektriaudode tehnoloogia arenenud tasemele, kus nende keskmine läbisõit on pea sama suur võrreldes teiste sõidukitega. Samas sõidukite koguarv ei muutu – eeldatakse, et bensiin- või diiselsõiduki asemel soetatakse elekter- või gaassõiduk.
2. Elektrirongide tegevusareaali laiendatakse ning soetatakse uut veeremit, mis võimaldab suurendada reisijate vedu elektrirongidega. Olemasoleva veeremi kasutamata läbisõiduresurssi on hinnatud 20%-le. Kui 2016. aastal oli elektrirongide tegevusareaal 132 km, siis raudtee pikendamisel ja elektrifitseerimisel Rohukülani (aastaks 2020) suureneks tegevusareaal ca 190 km-ni ning elektrifitseerimisel Tartu ja Raplani (aastaks 2021) ca 400 km-ni. Kirjeldatud arengute realiseerumiseks tuleb suurendada elektrirongide koosseisude arvu 18-lt (2015. aasta tase) 30-ni (aastaks 2021), mis lubaks suurendada elektrirongide läbisõitu 1,8 mln km-lt (2015) 2,6 mln km-ni (alates 2021). Vedurite ja diiselmootorrongide arv ei muutu.
3. Trammiliiklust Tallinnas suurendatakse ning rajatakse uusi trammiteid ja soetatakse juurde veeremit. Aastaks 2020 valmib täiendavalt 15 km ja aastaks 2030 veel 15 km trammiteid valikust Lasnamäe/Maardu/Kallavere; Tabasalu; Mustamäe-Haabersti; Piritä-Haabneeme; Lennujaam-Jüri; Tondi-Järve keskus. Selle tulemusena saab 33 km-st trammiteedest (2015) ca 48 km (2020) ning aastaks 2030 ca 65 km (vt AAA-04). Trammiliikluse teenindamiseks hoitakse käigus vastavalt 50 (2014), 70 (2020) ja 100 (2030) trammi, st. perioodil 2020-

2030 soetatakse uut veeremit. Trolliliikluseks vajalik taristu Tallinnas demonteeritakse aastaks 2024 seoses trollide amortiseerumise ja bussidega asendamisega.

4. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

B. Gaastranspordi forsseeritud arendamine

Peamised eeldused

1. CNG-autode populaarsus kasvab kiires tempos ning kui 30. juuni 2016 seisuga oli Eestis 430 maagaasi jõul liikuvat sõiduautot, siis selle stsenaariumi kohaselt on Eestis 2020 ca 10 000 ja 2030 ca 100 000 gaasimootoriga sõiduautot.
2. Gaas osutub konkurentsivõimeliseks veoautode puhul nii, et 97 gaasiveoki (2016 suvi) asemel on vastavalt 4000 (aastal 2020) ja 27 000 (aastal 2030) veokit.
3. Gaasil on potentsiaal ka bussiliikluses. Kui kevadel 2016 oli Eestis 56 gaasibussi, siis aastaks 2020 prognoositakse vastavaks näitajaks 300 ja aastaks 2030 1300.
4. Sõidukite koguarv ei muutu – eeldatakse, et bensiin- või diiselsõiduki asemel soetatakse elekter- või gaassõiduk.
5. On arvestatud, et Eesti diiselreisiringveerem ja kaubavedurid ehitatakse aastaks 2020 ümber *dual fuel* tehnoloogiale, mis võimaldab neis kasutada nii diiselkütust kui ka LNG-d.
6. Erinevalt elektrist on gaas tõsiseltvõetav alternatiiv laevanduses ja tööstustranspordis. Eeldatakse, et gaastranspordi forsseeritud arendamisel hakkab osa laevu ja tööstussõidukeid kasutama LNGd.
7. Trammiliiklus on sama, mis nullstsenaariumis.

C. Elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud areng

Vaadatakse olukorda, kus nii elekter kui gaas omandavad olulise osa transpordikütuste turust. On eeldatud, et elekter ja gaas konkureerivad omavahel üksnes sõiduautode turul ehk võrreldes stsenaariumidega A ja B on elektri- ja gaasimootoriga sõiduautode arv mõlemal juhul vastavalt 40% väiksem. Raudteeliikluse kohta vt stsenaarium B, trammi- ja trolliliikluse kohta vt stsenaarium A. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

D. „Naftatoodete vastulööki“

Stsenaariumis eeldatakse n.-ö traditsiooniliste naftatoodete, täpsemalt biolisandeid sisaldavate kütuste „vastulööki“ elektrile ja gaasile. Selle tulemusena ei soetata sedavõrd palju elektri-

ja/või gaasisõidukeid nagu stsenaariumis C. Raudteeliikluse kohta vt stsenaarium B, trammi- ja trolliliikluse kohta vt stsenaarium A. Vee- ja tööstustranspordi veeremi muutust ei modelleerita.

Tabel 2.1. võtab täpsemalt kokku, millised alapeatükis 2.2. sõnastatud arengud ja kuidas on stsenaariumides arvesse võetud.

Tabel 2.1. Eesti transpordisektori arengud ja stsenaariumid

Trend	Stsenaarium				
	0	A	B	C	D
A		+ (elekter)	+ (gaas)	+ (elekter ja gaas)	+ (elekter ja gaas)
B			+	+	+
C		+			
D			+	+	+
E			+	+	+
F		+	+	+	+
G			+	+	+
H		+		+	+
I	+	+		+	+
J		+		+	+
K			+	+	+
L		+ (trammid)	+ (bussid)	+ (trammid ja bussid)	+ (trammid ja bussid)
M			+	+	+
N		+		+	+
O	+	+		+	+
P			+	+	+
Q			+	+	

3.5. Transpordivaldkonna modelleerimine

Käesolevas töös – panemata seejuures kahtluse alla Jüssi ja Rannala (AAA-07) prognoose – hinnatakse, milline oleks energiatarve ja KHG emissioonid transpordis, kui transpordinõudluse ja -pakkumise koosmõjul, st inimeste teadlikkuse suurenemise ning tehnoloogilise läbimurde tulemusena, õnnestuks järgmisel kümnendil oluliselt suurendada alternatiivsete transpordikütuste osakaalu joonisel 1.22. (vt lk 48) näidatuga võrreldes.

Andmed sõiduautode, kaubikute, veoautode ja busside arvu ning koguläbisõidu kohta saadi Maanteeametilt. Samade andmete alusel arvutab Maanteeamet läbisõite sõidukiliigiti ning need on Eesti kohta käivad ametlikud näitajad (AAA-21). Kontrollnäitajana kasutati Eurostati andmeid vormist *Simplified energy balances - annual data* (nrg_100a) kuni aastani 2014¹⁵. (AAA-09) 2015. aasta näitaja tuletati seoste mudeli jaoks Eesti Statistikaameti kütuse tarbimise andmetest. (AAA-08)

Transpordikütuste osas on Eesti Statistikaametile referentsandmestikuks Eesti Maksu- ja Tolliameti andmed kütuste impordi ja aktsiisilaekumiste kohta. (AAA-88) Teiste sõnadega – Eesti Statistikaameti ja Eurostati andmed näitavad, kui palju müüdi Eestis legaalset transpordikütust. Lisaks kasutati seoste mudelis maagaasi mahtude fikseerimiseks CNG tankimise andmeid ASilt Gaasivõrgud. (AAA-89)

Sõiduautode arvu puhul eeldati, et **autostumise tase Eestis** jätkab kasvamist kuni jõuab 564 sõiduautoni 1000 elaniku kohta aastaks 2024 (see oleks võrreldav tase autode arvuga Soomes 2012), millele järgneks mõningane langus – 548 autot 1000 elaniku kohta 2030. Autostumise kasvu stimuleerib jätkuv elatustaseme tõus, kuid pärsvivad rahvastiku vananemine (vanemad inimesed kalduvad autost loobuma) ning roheline eluviisi ja -poliitika levik. Ka teekaart Euroopa nelja suurriigi kohta näitab, et sõiduautode koguarv peaks perioodil 2015-2020 olema oma tipus ning pärast seda kergelt langeb.

Kaubikute arvu suhteliselt kiire kasv aastatel 2014 ja 2015 võib olla seletatav ettevõtete maksustamisega – sõiduautode registreerimisel kaubikuna, mis osade mudelite puhul on olnud võimalik, saab vältida erisoodustusmaksu ja bürokraatiat. Siiski võib eeldada, et Maksu- ja Tolli-

¹⁵ Eurostatis on Eesti sõidukite läbisõitude kohta piisava detailsusega andmed aastast 2008. Maanteeamet kasutab eelkõige sõidukite tehnõulevaatuse andmeid ehk odomeetrinäite. Andmete puhastamise käigus eemaldatakse need sõidukid, mille puhul on põhjust arvata, et odomeetri näit ei ole realistlik. Uued sõiduautod ei pea tehnõulevaatust tegema esimese kolme aasta jooksul. Nende autode läbisõit lisatakse kaudse hinnanguna. Läbisõiduandmeid korrigeeritakse liiklusloenduse (nii loenduspunktidest kui -kaameratest) andmetega. Seega võib öelda, et Maanteeameti läbisõiduandmed alates 2014. aastast on tuletatud Eesti maanteedel osalevate sõidukite (sh mitte-Eesti päritolu sõidukite) tegelikest sõitudest – saadud tulemus erineb mõneti Statistikaameti ja Eurostati andmetest, kus arvestus toimub ainult Eestis arvele võetud sõidukite põhjal.

ameti tegevus toob siin tulevikus kaasa suurema selguse ning kaubikute arvu kasvutempo aeglustub. Kaubaveomahtude arvatav suurenemine annab põhjust oletada, et nii kaubikute kui **veoautode arv** aastani 2030 ei vähene ühelgi aastal. **Busside** osas eeldatakse väikest kasvu, mis ühelt poolt korreleerub riigi poliitikaga soodustada ühistransporti, teiselt poolt turismi kasvuga.

Läbisõidu modelleerimiseks kasutatakse seoste mudelis aastakeskmisi läbisõite. Maanteeõidukite liikide kaupa leitakse keskmised näitajad Maanteeameti 2015. aasta andmeid¹⁶ kasutades. Täiendavalt koguti andmeid elekter- ja gaassõidukite keskmiste läbisõitude kohta arvestusega, et valdav enamus nendest sõidukitest on uued ning nende keskmine vanus jääb ka tulevikus märgatavalt väiksemaks kui bensiini- ja diiselsõidukite keskmine vanus. Keskmise läbisõidu prognoosimisel aastani 2030 lähtekohaks võetud eeldused on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 2.2.

Tabel 2.2. Eeldused maanteeõidukite keskmise läbisõidu kohta

Sõiduki liik	Eeldus	Võrdlus diiselsõidukiga
Bensiini- ja diiselsõiduautod	Bensiinsõiduautode kasv 0,15% aastas, diiselsõiduautodel 0,25% aastas	
Bensiini- ja diiselaubik	Algul 0,25% aastas, kasv langeb järk-järgult 0,1%ni aastas	
Elektersõiduauto	Algul 5% aastas, kasvutempo langeb järk-järgult 2%ni aastas akude paranemise arvelt	2030 sõidab keskmine elektersõiduauto aastas 4% rohkem kui keskmine diiselsõiduauto 2015
CNG-sõiduauto	Kuna tänased CNG-sõiduautod on suurelt jaolt taksod, siis keskmist läbisõitu on jõudsalt vähendatud	2030 sõidab keskmine CNG-sõiduauto aastas 4% rohkem kui keskmine diiselsõiduauto 2015

¹⁶ Maanteeamet teeb omal käel läbisõitude analüüsi alates 2014. aastast (varem osteti see töö sisse). Kuna metoodikat täiendatakse pidevalt ja see erineb eelnevatest perioodidest, siis ei ole kõik näitajad üheselt võrreldavad). Siiski on põhimõtteliselt võimalik kasutada kahte erinevat keskmise läbisõidu näitajat: 1) kõikide arvel olevate sõidukite keskmist; 2) liikluses osalevate (või tegelikult kasutuses olevate) sõidukite keskmist. Käesolevas töös kasutatakse seoste mudelis sõidukite arvu, mis on võrdne Maanteeameti andmebaasis arvel olevate sõidukite arvuga. See on pigem lähemal (kuigi mitte sama) kõikide arvel olevate sõidukite arvule kui liikluses osalevate sõidukite arvule. Selline lähenemine andis võimaluse arvutada võrreldav näitaja Eurostatist kasutatava sõidukite arvuga 1000 elaniku kohta. Stratumi poolt koostatud aruandes (AAA-90) oli kasutatud mõlemaid keskmisi (ning vastavalt sellele erinevaid sõidukite arve) ning selgus, et 2012. a oli sõidukorras vaid 74% arvel olevatest sõiduautodest, 64% kaubikutest, 63% veoautodest ning 74% bussidest. Viidatud uuringust ilmnes ka, et bensiini- ja diiselsõidukite keskmised läbisõidud olid väga erinevad – seda võeti seoste mudelis proportsionaalselt arvesse.

Tabel 2.2. järg

Sõiduki liik	Eeldus	Võrdlus diiselsõidukiga
CNG-kaubik		2030 sõidab keskmine CNG-kaubik aastas 10% rohkem kui keskmine diiselkaubik 2015
Diiselveoauto	Algul 0,5% aastas, kasv langeb järk-järgult 0,1%ni aastas	
CNG/LNG-veoauto	Seni Eestis puuduvad	2030 sõidab keskmine CNG/LNG-veoauto aastas 20% rohkem kui keskmine diiselveoauto 2015
Diiselibuss	Algul 1,4% aastas, kasv langeb järk-järgult 0%ni aastas	
CNG-buss	Kuna tänased CNG-bussid on kasutusel suure koormusega linnaliinidel, siis on keskmist läbisõitu jõudsalt vähendatud; linnaliinibussid on kõige suurema keskmise läbisõiduga	2030 sõidab keskmine CNG-buss aastas 20% rohkem kui keskmine diiselibuss 2015

Autorite andmetel ei ole Eestis tehtud uuringuid sõidukite läbisõidu kohta kaugemas tulevikus. Töö käigus konsulteeritud liikluseksperdi D. Antovi sõnul on maantee sõidukite keskmine läbisõit ajas võrdlemisi vähe muutuv suurus. (AAA-91) Seoste mudelis arvestatakse, et kuna inimeste mobiilsus kasvab, teeinfrastruktuur paraneb, transpordikulude suurus inimeste ostukorvis ei muutu oluliselt (ostukorvi maksumus ise suureneb), Rahandusministeeriumi (AAA-15) poolt prognoositakse Eestis pikaajalist väikest majanduskasvu ning ettevõtjad juurutavad tarku logistilisi lahendusi (mis vähendavad transpordi seisuaega), siis see soodustab transpordivahendite kasutamise tõhusust eeldusel, et see väljendub suuremas töömahus ehk läbisõidus sama ajaühiku kohta.

Erandiks on gaassõidukid – kuna aja jooksul gaassõidukite keskmine vanus kasvab samm-sammult, siis on loogiline, et nende keskmine läbisõit hakkab lähenema diiselsõidukite keskmisele läbisõidule. Samal ajal kasvavad elektersõiduautode keskmised läbisõidud suhteliselt kiiresti tänu tehnoloogia arengule ning eeldatakse, et aastal 2030 sõidetakse keskmise elektersõiduautoga sama palju kui keskmise CNG-sõiduautoga.

Taristuprojektide puhul hinnati nende mõju sõidukite arvu ja/või läbisõidu muutusele ning arvestati intermodaalsusega selles tähenduses, et nt trammiteede pikendamisel ja täiendavate trammide soetamisel suureneb trammide läbisõit ja trammikasutajate arv; samas jätavad need

lisandunud kasutajad sõitmata bussi või sõiduautoga. Seoste mudelis suurendatakse seetõttu trammide läbisõitu nullstsenaariumiga võrreldes ja kompensatsiooniks vähendatakse samaväärselt sõiduautode ja busside läbisõitu eeldusel, et sõitjakäive kokku ei muutu.

Seoste mudelis kasutatakse eri veoviiside **kütuse erikulu** (käesolevas töös nimetatud ka kasuteguriks) 100 km läbimiseks, mis on toodud tabelis 2.3. Andmed koguti erinevatest uuringutest ning sõidukiomanikelt ja -müüjatelt. Võrdluseks kasutati Stratumi poolt koostatud aruannet (AAA-90). Viimasest selgus, et 2008-2011. ja 2005. aasta andmete põhjal oli keskmine kütuse erikulu 100 km läbimiseks bensiinsõiduautodel jäänud samaks, diiselsõiduautodel kasvanud ca 6%, samas diiselveoautodel vähenenud 10% ja diiselbussidel 11%.

Tabel 2.3. Eesti sõidukipargi keskmine kütuse kulu 100 km läbimiseks 2015. aastal (AAA-21; AAA-68; AAA-69; AAA-70; AAA-90; AAA-92)

Sõiduki- ja kütuse liik	Küsitlusuuringu põhjal leitud keskmine kütusekulu Eestis 2008-2011 mahuühikus	Tuletatud kütuse kulu mudelis 2015 mahuühikutes	Tuletatud kütuse kulu mudelis 2015 energiaühikus
Bensiinisõiduauto	8,5 liitrit	8,3 liitrit	73,4 kWh
Diiselsõiduauto	7,2 liitrit	7,0 liitrit	69,7 kWh
Elektersõiduauto			21,8 kWh
CNG-sõiduauto		5,3 kg	72,1 kWh
Bensiinikaubik		10,0 liitrit	88,0 kWh
Diiselkaubik		8,4 liitrit	83,6 kWh
CNG-kaubik		6,4 kg	86,6 kWh
Diiselveoauto	15,5 liitrit (koos kaubikutega)	20,0 liitrit	199,0 kWh
CNG/LNG-veoauto		18,0 kg	245,0 kWh
Diiselbuss	29,0 liitrit	28,5 liitrit	283,6 kWh
CNG-buss		26,7 kg	363,4 kWh

Tabelis 2.3. toodud andmetes on kõige suurem hajuvus gaasisõidukite kütusekulus. CNG-busside keskmine kütusekulu oli Eestis väga suur (ligi 560 kWh 100 km kohta), sest need bussid sõitsid linnaliinidel, kus on palju peatusi, suhteliselt palju reisijakohti (nt liigendbussides) ning Tartu näitel ka kaks suurt tõusu, mida läbisid kõik liinid. CNG-busside keskmise kütusekulu leidmiseks viidi täiendavalt läbi metaanalüüs, mis hõlmas lisaks Eestile andmeid Soomest, Belgiast, Hiinast ja Kanadast perioodi 2012-2016 kohta (AAA-92; AAA-93; AAA-94; AAA-95; AAA-96). Käesolevas töös võetakse CNG-busside kütuse erikuluks viidatud allikate keskmine.

Kirjandusallikatele tuginedes võib väita, et CNG-mootor tarbib energiaühikutes rohkem kütust kui sama transpordivahendi diiselmootor. Vahe tuleb muuhulgas maagaasi suuremast kütteväärtusest. See omakorda tähendab, et maagaasi tehnoloogiate forsseeritud arengu korral transpordisektoris energiatarbimine tervikuna kasvab. Samas tarbivad erineva tehnoloogiaga CNG-mootorid kütust erineval määral. CNG-busside kohta eeldatakse seoste mudelis analüüsitud info põhjal, et teised suured mootorid (veoautod, vedurid, tööstustranspordi vahendid) tarbivad maagaasi energiaühikutes keskel läbi 30% enam kui diisli sama distantsi läbimiseks või töö tegemiseks.

Trollide, trammide, elektermootorrongide ja kaubavedurite puhul võetakse aluseks teadaolev kütuse erikulu. Kuna transpordikütuse kogukulus tervikuna on kaubavedurite osakaal marginaalne, siis teatav määramatus nende kütuse erikulus lõpptulemusele olulist mõju ei avalda. Mootorrongide puhul kütuse erikulu ajas ei muutu, sest eeldatakse, et olemasolevad rongid on käigus ka 2030. aastal ning potentsiaalselt soetatav uus veerem on sama tehnoloogiaga.

Meretranspordi andmed tuletatakse mudelisse kaudselt, arvestades kütuste punkerdamise mahte, mille volatiilsus ajas on ülisuur (AAA-08), ja AS Tallink Grupp laevastiku kütusekulu, sh uue laeva LNG tarbimist. (AAA-36) Tööstustranspordi andmed tuletatakse mudelisse Eesti Statistikaameti andmetest kütuse tarbimise kohta põllumajanduses, ehituses ning äri- ja avaliku teenistuse sektoris kui peamiste transpordikütuse tarbijate hulgas.

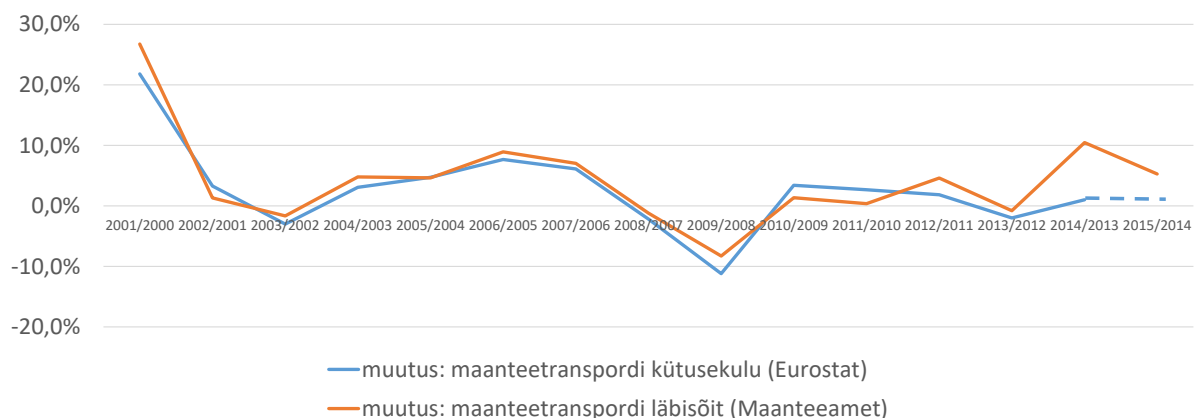
Koguläbisõidu ja 100 km läbimise keskmise kütusekulu põhjal arvutatakse **transpordikütuste kogukulu** sõiduautode, kaubikute, veoautode ja busside kohta. Trammide ja elektermootorrongide osas hinnatakse kütusekulu muutust suurenenud läbisõitu silmas pidades. Diiselmootorrongide, merelaevade ja tööstustranspordi vahendite juures arvestatakse ühe kütuse asendumist teisega. Rail Baltic' u kütusekulu hinnatakse kaudselt, sest Rail Baltic sisaldub nullstsenaariumis ja tal puudub mõju hinnatavatele stsenaariumidele tasuvusanalüüsi tähenduses, küll aga mõjutab ta transpordielektri kogutarbimist.

Seoste mudelis arvutatakse kütusekulu sõidukite koguläbisõidu ning 100 km läbimiseks keskmiselt kuluva kütuse kulu korrutisena. Kõik kütusekulud teisendatakse kilovatt-tundideks. Ko-

guläbisõit leitakse sõidukite aasta keskmise arvu ja vastava sõiduki liigi aasta keskmise läbisõidu korrutisena. Selliselt arvutatakse kütusekulu välja sõiduautode, kaubikute, veoautode ja busside kohta.

Seoste mudeli väljatöötamisel selgus, et Maanteeameti algandmete põhjal saadud transpordikütuse tarbimine aastal 2015 ületas 10,6% Eurostati/Eesti Statistikaameti vastavaid näitajaid. Mudeli kontrollimisel perioodil 2000-2013 selgus, et seoste mudeli väljund kirjeldas keskmiselt 93% ulatuses Eurostati transpordikütuste tarbimise mahte (jäädes kogu perioodil 90,5% ja 94,8% vahele). 2014. aasta näitaja ulatus 4,6% ja 2015. aasta näitaja veelgi enam kontrollnäitajast kõrgemaks. Kogutud andmete põhjal on tõenäoline, et anomaalia on seotud maismaasõidukite läbisõidu hindamisega Maanteeameti poolt. Maanteeamet muutis hindamismetoodikat aastal 2014 ning seejärel on sõidukite läbisõit Eesti teedel hüppeliselt kasvanud.

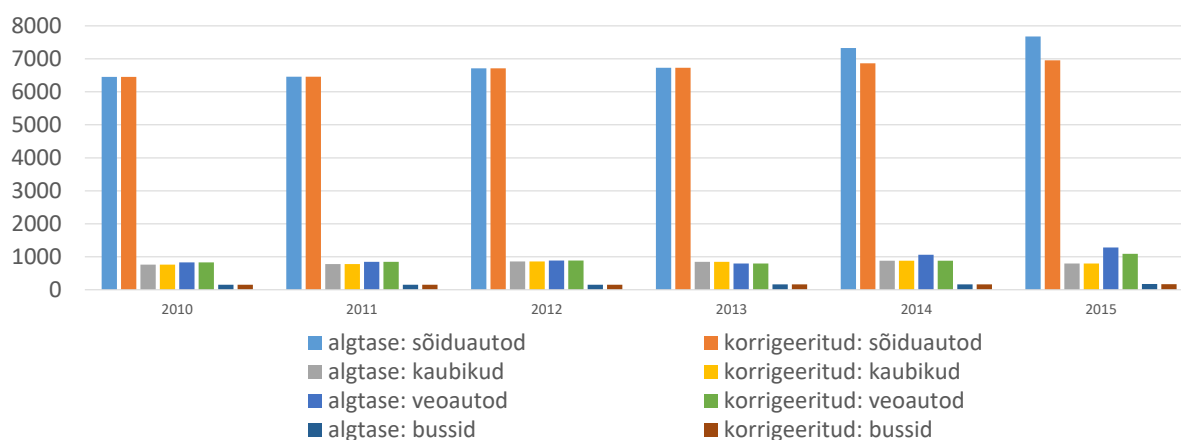
Joonis 2.9. näitab, et koguläbisõidu muutus maanteedel ja maanteetranspordi kütusetarbimise muutus perioodil 2000-2013 olid väga tugevalt seotud (korrelatsioonikoefitsient läbisõidu ja kütusekulu vahel oli 0,99). Sellest võib järeldada, et mudeli arvutuslik ülesehitus on piisavalt usaldusväärne, et selle põhjal prognoosida transpordikütuste kulu tulevikufunktsioonina sõidukite arvust, läbisõidust ja kütuste kineetiliseks energiaks muutmise kasutegurist (st kütuse erikulust 100 km läbimiseks).



Joonis 2.9. Maanteetranspordi kütuse kulu ja läbisõidu muutus;

Märkus: aastate 2015/2014 trend on lisatud töö autorite poolt

Kuna käesolev töö keskendub Eestis müüdavatele transpordikütustele, siis korrigeeriti seoste mudeli 2015. aasta algtaset, võrdsustades selle Eesti Statistikaameti/Maksu- ja Tolliameti kütuste müügiandmetega. Selleks vähendati sõiduautode läbisõite mudelis 2015. aastal 9,4%, veoautode läbisõite 15,0% ja busside läbisõite 3,5%. Kaubikute läbisõite ei muudetud. Vähenemise mahtude leidmiseks hinnati läbisõidu juurdekasve sõidukiliigiti (vt joonis 2.10.), mis võisid olla tingitud Maanteeameti poolt tehtud muudatustest läbisõiduandmete kogumisel (nt välisriikide sõidukite läbisõit ja kütuse mittetankimine Eesti teedel kui ka Eesti sõidukite sõidud ja kütuse tankimine välisriikides).



Joonis 2.10. Seoste mudelis tehtud korrigeeringud Maanteeameti 2014-2015 läbisõiduandmetes (tuh sõidukikm)

Seega – seoste mudeli baastase (2015) transpordikütuste tarbimisel maantee-, raudtee- ja siseveetranspordis kirjeldab 100% Eestis legaalselt tarbitavast transpordikütusest. Seoste mudeli kohaselt kulus 2015. aastal transpordikütust käesolevas töös uuritavatele veoviisidele kokku 13,159 TWh (sellest naftatooteid 99,5%, maagaasi ca 0,26% ja elektrit veidi alla 0,24%). Eurostatiga võrreldav näitaja aastal 2015¹⁷ oleks mudeli järgi olnud 8,659 TWh, samas kui Eurostati ametlikel andmetel tarbiti Eestis aastal 2014 kokku 8,573 TWh transpordikütuseid (vt 1. peatükk).

¹⁷ Eurostati näitaja sisaldab sõiduautode, kaubikute, veoautode, busside, raudteeveeremi ja siseveelaevade transpordikütuste kulu ning lisaks mootorrataste kütuste kulu (viimast ei ole Eurostati andmetes võimalik eristada, mistõttu sellega analüüsis ei arvestata).

Seoste mudeli väljundid on sisendiks **LEAP** (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*) **mudelile**. (AAA-10) LEAP on stsenaariumidel põhinev energia ja keskkonna vaheliste suhete modelleerimise tarkvara, mis on välja töötatud Stockholmi Keskkonnainstituudi (SEI) USA keskuse poolt. Tarkvara on kasutusel rohkem kui 190 riigi valitsusasutustes, ülikoolides, teadusasutustes, konsultatsioonifirmades ja energiaettevõtetes.

Mudel on kasulik erinevate poliitiliste otsuste omavaheliseks võrdlemiseks, nii energia nõudluse ja pakkumise kui ka nendega seotud kasvuhooonegaaside heitekoguste analüüsimiseks. LEAP mudelit saab rakendada energiaga seotud poliitikate kujundamiseks energia tootmise, transpordi, tööstuse, põllumajanduse ja kodumajapidamiste kohta. Seetõttu on LEAP mudelit kasutatud erinevates mõõtkavades alates linnadest ja osariikidest kuni riikide, piirkondade ja ülemaailmsete rakendusteni. Tarkvara on muutumas *de facto* standardiks riikide ressursside integreeritud planeerimisel ja kasvuhooonegaaside heitekoguste vähendamise võimaluste hindamisel. Enam kui 85 riiki on otsustanud kasutada LEAP tarkvara osana oma kohustusest anda aru ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni (UNFCCC) nõuete täitmisest.

LEAP võimaldab simuleerida energia lõpptarbimist sektorite kaupa, primaarenergia ressursse, ressursside tootmist, elektri- ja soojusenergia tootmist erinevate tehnoloogiatega, arvutades energiabilansi ja heitekogused. LEAP-i sisenditeks on andmed energia tarbimise ning muundamistehnoloogiate kohta, mis on enamasti kättesaadavad statistika andmebaasidest. Seega on LEAP vahend, mida saab kasutada energiasüsteemi erinevate mudelite loomiseks, millest igaüks nõuab oma unikaalset andmestruktuuri. Seejuures saab mudeli koostamisel valida, kui täpselt mingi sektorit modelleeritakse ning samas ei pea kõik valdkonnad olema kirjeldatud sama detailselt.

Peamine LEAP mudeli eelis võrreldes teiste sarnaste mudelitega on selle madal esialgsete andmete nõue. LEAP tugineb lihtsamatel arvestuspõhimõtetel ja paljud aspektid mudelis on vabahtlikud. Mudel sisaldab ka integreeritud tehnoloogiate ja emissioonitegurite andmebaasi TED (*Technology and Environmental Database*), mis võimaldab hoida algandmete nõuded suhteliselt madalad. Kasutaja saab kiiresti luua esialgseks analüüsiks vajaliku mudeli, mis on võimalikult lihtne. Hilisemate iteratsioonide tulemusena saab aga lisada keerukust ja modelleerida mõnda valdkonda teistest oluliselt detailsemalt.

Näiteks uurides transpordist tulenevaid emissioone, saab lihtsama energia- ja heiteproгноosi koostada, sisestades vaid sektori energiatarbimise aastase koguse kütuste kaupa. Keerukamaks modelleerimiseks saab aga sisestada teatud tüüpi sõidukite arvu (sõiduautod, veoautod, liinibussid, rongid jne), nende poolt läbitud aastakeskmise läbisõidu ning keskmise heitekoguse kilomeetri kohta. Erinevad tulevikustsenaariumid sisaldaksid seejuures muutusi eelpool nimetatud sisendites. Mudel võimaldab ka uurida, kui palju väheneksid õhuheitmed elektriautode laialdasema kasutuselevõtu korral. Juhul, kui uuritakse vaid transpordisektori emissioone, siis teisi majandussektorite kohta andmeid ei pea mudelisse sisestama. Kui aga on eesmärgiks vaadelda transpordisektori osa kogu riigi emissioonides, siis sisestatakse ja prognoositakse ka teiste valdkondade energiatarbimist.

LEAP on keskmise ja pikaajalise modelleerimise vahend. Arvutusi tehakse mudelis tavaliselt aastase sammuga ja aegreas võib olla praktiliselt piiramatult aastaid. Tavaliselt kasutatakse prognoosiperioodina vahemikku 20 kuni 50 aastat. Mudelisse sisestatakse statistilised andmed eelnenud aastate kohta (5-10 aastane periood) ning seejuures on võimalik kontrollida, kui hästi imiteerib LEAP teadaolevate andmete alusel näiteks primaarenergia tarbimist ja kasvuhoonegaaside koguseid.

Samuti võimaldab mudel lisada mitmeid tulevikku suunatud stsenaariume, mille loomine ning omavaheline tulemuste võrdlemine on tehtud väga lihtsaks ja ülevaatlikuks nii tabelite, diagrammide kui ka võrdlevate jooniste kujul. Lähteandmeid ja tulemusi on hõlpsasti võimalik üle kanda Excelisse või PowerPointi. Tulemusi on võimalik jälgida nii kogu modelleeritud energiasüsteemi kui ka iga selle haru kohta. LEAP sisaldab ka energiabilansi vaadet, mis järgib IEA standardformaati.

Käesolevas uuringus sisestatakse LEAP mudelisse andmed kogu transpordisektori energiatarbe kohta veoviiside kaupa. Mudelis luuakse järgmised kategooriad: sõiduautod, kaubikud, veoautod, bussid, trollid, trammid, diiselmootorrongid, kaubavedurid, siseveelaevad, merelaevad ning tööstustranspordi veerem.

Igas kategoorias luuakse alamkategooriad transpordivahendite jaoks, mis kasutavad erinevaid kütuseid. Näiteks sõiduautode kategoorias esinevad alamkategooriad bensiinisõiduautode, dii-

selsõiduautode, elektersõiduautode ning CNG-sõiduautode jaoks. Igas alamkategorias arvutatakse iga-aastane energiatarve funktsioonina sõidukite arvust, keskmisest läbisõidust ning kütuse erikulust. Iga alamkategoriaga on ühendatud LEAPi tehnoloogia- ja keskkonnakataloogiga TED (vt eespool), mis seob iga kulutatud kütuse energiaühiku vastavusse teatud emissioonidega. Mudeli väljundina arvutatakse CO₂, CO, NO_x, N₂O, SO₂ ja CH₄ emissioonid. Modelleeritud on aasta 2015 baasaastana ja stsenaariumidena aastad 2016 kuni 2030 ühe-aastase sammuga.

3.6. Energiavaldkonna modelleerimine

Kolmanda mudelina kasutatakse töös **Balmorel mudelit** (AAA-11), mille sisendiks on samuti seoste mudeli andmed ja arvutused. Kasutatavate tulemuste saamiseks laiendatakse Balmorel mudelis Eesti elektertranspordi forsseeritud arengu kohta tehtud eeldusi kogu Läänemere regioonile.

Balmorel on lineaarprogrammeerimisel põhinev optimeerimismudel, milles modelleeritakse Läänemere-äärsete riikide elektrienergia ja kaugküttesektoreid. Optimeeritavaks sihifunktsiooniks on energiasüsteemi opereerimise kogukulu ning sihifunktsiooniväärtust lahendamise käigus minimeeritakse. Sisenditeks on kõikide modelleeritavate riikide elektrienergia tootmisvõimsused, võimalikud uued tootmisvõimsused, elektrienergia ja kaugküttesoojuse tarbimised, kütuste hinnad ning muud parameetrid, mis on vajalikud energiasüsteemi kirjeldamiseks. Väljunditeks on elektrienergia toodang elektrijaamade kaupa, elektrienergia tunnipõhised turuhinnad, emissioonid, uued ehitatavad elektrijaamad ning muud energiasüsteemi opereerimist kirjeldavad parameetrid.

Käesoleva uuringu raames uuritakse Balmorel mudeliga elektertranspordi kiirendatud kasvu mõju elektrisüsteemi talitlusele. Modelleeritakse aastad 2015 (baasaasta), 2020, 2022, 2024, 2026, 2028 ja 2030. Tulemuste analüüsil keskendutakse Eesti elektrisüsteemis toimuvatele muutustele. Analüüsis kasutatavaks mudeliversiooniks on sama mudel, mida kasutati ENMAK 2030 (AAA-06) elektritootmise stsenaariumide analüüsil.

Kuna ENMAKi raames teostati seniajani Eestis kõige suuremahulisem analüüs Balmoreli mudelit kasutades, on siinkohal olulisemaid mudeli sisendeid ja väljundeid võrreldud ENMAKi modelleerimise tulemustega. Balmoreli sisendiks olevate tootmisvõimsuste andmed pärinevad enamjaolt ENMAK 2030+ raames tehtud analüüsi eeldustest. Vähesel määral on tootmisvõimsusi korrigeeritud uue info alusel suletavate elektrijaamade kohta vastavalt Eleringi 2017 aasta Varustuskindluse Aruandele ning teistele sarnastele teatmikele. Uute võimalike elektrijaamade tehnilised parameetrid ning investeringukulud pärinevad Taani Energiaagentuuri tehnoloogia-kataloogist *Technology data for Energy plants* (AAA-97). Värskendatud on kütuste ja CO₂ hindade, elektrienergia tarbimise ja tootmistehnoloogiate hindade prognoose (vt edaspidi).

Modelleeritavate riikide elektrienergia tarbimisi korrigeeritakse teatud määral vastavalt uuenevad andmetele. Eesti, Läti ja Leedu tarbimise prognoose uuendatakse vastavalt nende riikide põhivõrguoperaatorite prognoosidele. Poola ja Saksamaa elektrienergia tarbimise prognoos pärineb dokumendist *EU Energy, Transport and GHG Emissions: Trends to 2050* (AAA-98). Põhjamaade elektrienergia tarbimise prognoosid põhinevad käesoleva töö tellija andmetel. Maailmaturu kütuste hindade eelduseks on Maailma Energeetikaagentuuri (IEA) iga-aastane kataloog *World Energy Outlook*. Euroopa Liidu süsinikdioksiidi heitmete kauplemisüsteemi turuhinna prognoosimisel on lähtutud nii turu eeldusest heitmete hinnale kui ka IEA ennustusest.

3.7. Sotsiaalmajanduslik tasuvusanalüüs

Kulu-tulu analüüsi põhimõtted

Sotsiaalmajanduslik tasuvusanalüüs on kindlatele kriteeriumidele tuginev tulemuste ja mõju analüüs püstitatud eesmärgi kontekstis, st raamistik investimisprojektide või poliitikate hindamiseks. Erinevalt lihtmajanduslikust tasuvusanalüüsist (**finantsanalüüsist**) kaasatakse sotsiaalmajanduslikku tasuvusanalüüsi lisaks otsesele rahatulule/-kulule ka kaudsed tulud-kulud, mis iseloomustavad projekti või poliitika mõju ühiskonnale, sh ümbritsevale keskkonnale. Viimastele omistatakse samuti (tinglik) rahaline väärtus.

Peamiseks sotsiaalmajandusliku tasuvusanalüüsi meetodiks on **kulu-tulu analüüs** (*cost-benefit analysis, CBA*). (AAA-99; AAA-100) CBA on vahend, mille abil otsustatakse investeerimisprojekti, või käesoleval juhul stsenaariumide A...D, majanduslike eeliste või puuduste üle, hinnates nendega kaasnevaid kulusid ja tulusid, et teha kindlaks kaasnevad muutused ühiskonna heaolus. Kulude-tulude analüüsis võrreldakse alternatiivseid stsenaariume peamise võrdlusstsenaariumiga, mille puhul projekti ellu ei viida, ehk 0-stsenaariumiga, mis ühtlasi väljendab **minimaalsete tegevuste** (*dominimum, business-as-usual – BAU*) **strateegiat**.

Käesolevas töös rakendatakse CBA metoodikat järgmiselt. Analüüs teostatakse 2016. aasta **püsihindades**. Tasuvust hinnatakse 15-aastase perioodi 2016-2030 kohta, kõik stsenaariumidega seotud tulud ja kulud **ajaldatakse** (diskonteeritakse) aastale 2016. Kui investeringute kasulik eluiga ulatub 2030. aastast kaugemale, võetakse lineaarselt kujunev järgmiste aastate summaarne amortisatsioon arvesse 2030. aasta sissetuleva rahakäibena. Analüüsi teostamisel lähtutakse **mikromajanduslikust käsitusviisist**, kus stsenaariumide mõju järelturgudele, avaliku sektori tööhõivele ja regionaalsele majanduskasvule ei vaadelda.

Tasuvusnäitajana kasutatakse **nüüdispuhasväärtust** (*net present value, NPV*), mis arvutatakse valemi (2) kohaselt juurdekasvuliste sissetulevate ja väljaminevate ajaldatud rahakäivete vahena ehk **inkrementaalkuluna**. Eristatakse rahalist ja majanduslikku nüüdispuhasväärtust, mille akronüümideks on vastavalt FNPV ja ENPV. FNPV väljendab otseste rahakäivete, ENPV tinglike rahakäivete nüüdispuhasväärtust. Ühe või teise stsenaariumi tasuvus ilmneb, kui $NPV \geq 0$.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

kus:

- T, t – vastavalt perioodi pikkus ja aeg projekti algusest;
- B_t ja C_t – vastavalt tulud ja kulud aastat t ;
- $(1+i)^t$ – liitkasviku tegur;
- i – reaaldiskontomäär.

Reaaldiskontomäärana (inflatsiooniga korrigeeritud diskontomäärana) kasutatakse 4% (AAA-101). Inflatsiooni alusandmed pärinevad Rahandusministeeriumi hallatavalt veebilehelt

struktuurifondid.ee (AAA-15) ning neid on korrigeeritud vastavalt 2017. aasta kevadisele majandusprognosile. (AAA-42)

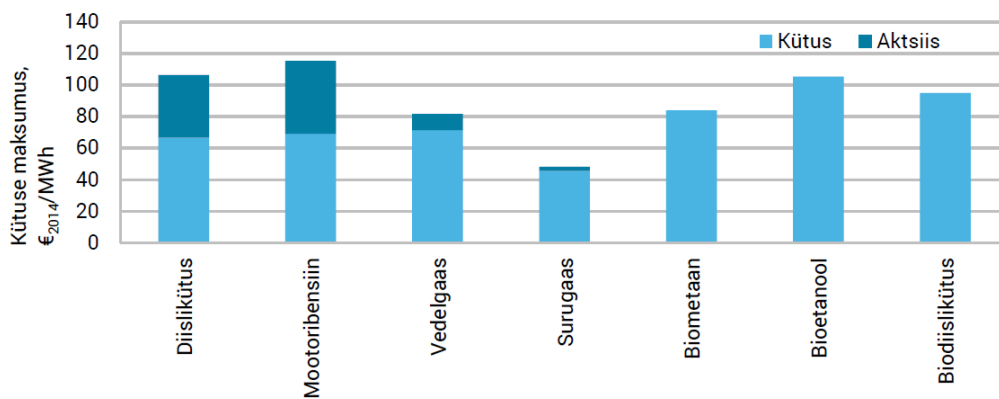
Eelnevast tulenevalt viiakse sotsiaalmajanduslik tasuvusanalüüs läbi kahes etapis – eelhindamine (finantsanalüüs) ja sotsiaalmajandusliku tasuvuse hindamine (majandusanalüüs). Kui eelhindamine annab negatiivse NPV, siis on alust analüüsi laiendada, kaasates investeeringud, millel samuti on üldjuhul negatiivne mõju lihtmajanduslikule tasuvusele, ja ülejäänud olulised tulud-kulud.

Eelhindamiseks identifitseeritakse peamised tulu- ja kulukomponendid, mille väärtustel on oluline mõju stsenaariumide lihtmajanduslikule tasuvusele. Nendeks komponentideks on tarbijate kulutuste muutus transpordikütuste soetamisel ning muutused seoses elektritootmise ja -tarbimisega. Muude tulude-kulude kohta tehakse eelhindamisel järgmine lihtsustus: sõidukite maksumus ja hooldus perioodil 2020-2030 ei sõltu kasutatavast transpordikütusest, kuna olemasoleva info põhjal on elekter- ja gaassõidukite soetamise ja hooldamise kulud kõrgemad kui bensiin- ja diiselsõidukitel. Lisaks ei arvestata investeeringute käigus või tulemusena tekkivate tulude ja kuludega (nt loodud taristu hoolduskulu, maksulaekumised loodud töökohtadelt, tulu energeetikasektorile elektri- ja gaasimüügi suurenemisest).

Majandusanalüüsi etapis lisatakse finantsanalüüsis elimineeritud kasud ja kahjud. Nii finantskui majandusanalüüsis ei arvestata projektiga, mille elluviimiseks on käesoleva teadus-arendustöö valmimise ajaks tehtud otsus nende elluviimiseks (Rail Baltic, Haapsalu-Riisipere raudtee jms).

Turu- ja turuvälised hinnad

Hinnanguliselt kulus 2014. aastal transpordikütuste ostmisele 1100 miljonit eurot. (AAA-05) Võrdluseks, 2015. aastal ulatus trammi- ja trolliliikluseks tarbitava elektrienergia maksumus 1,4 miljoni euroni ja elektrirongide poolt tarbitava elektrienergia maksumus 1 miljoni euroni.



Joonis 2.11. Mitmesuguste kütuste maksumused (taandatuna kütteväärtusele) 2014. aastal (AAA-05)

Kütusetarbimine ostuotsusena sõltub kütuste jaemüügi hinnast (vt joonis 2.11.). Nagu viidatud jooniselgi, teisendatakse tasuvusanalüüsis kõik hinnad ja hinnakomponendid eurodesse kWh kohta lähtudes eespool esitatud kütteväärtustest. Joonise 2.11. põhjal võib järeldada, et naftatooted on transpordikütustena kõige kallimad, kuid seda eelkõige aktsiisimaksu tõttu. Aktsiisi- ja käibemaksu mõju naftabensiini jaemüügi hinnale näitab ilmekalt Swedbanki tehtud võrdlus (vt joonis 2.12.).



Joonis 2.12. Bensiini jaemüügi hind ja hinnakomponendid, eurot/liiter (AAA-102)

Joonis 2.12. näitab, et ligi 2/3 bensiini jaemüügi hinnast moodustavad maksud, mis tähendab, et suhteliselt suure aktsiisi- ja käibemaksu osakaalu korral jaemüügi hinnas omab kütuse maailmaturuhinna volatiilsus võrdlemisi väikest mõju tarbimiseelistuste muutumisele võrreldes maksupoliitikaga.

Tasuvusanalüüsi tarbeks koostati transpordikütuste hindade andmebaas. Andmed autobensiini, diislikütuse ja erimärgistusega diislikütuse ajalooliste hindade kohta saadi Euroopa Komisjoni Energeetika Peadirektoraadilt¹⁸. (AAA-103) Nimetatud allika põhjal eristatakse järgmisi transpordikütuste jaehinna komponente:

- Eestis müüdud kütuse ostuhind (jaekaupmehe poolt makstav hulgihind);
- Eestis müüdud kütuse hinnale lisanduv aktsiisimaks;
- Eestis müüdud kütuse hulgihinna ja aktsiisimaksu summale lisanduv käibemaks.

Esimese kahe hinnakomponendi summa annab kokku vastava transpordikütuse aastakeskmise lõpphinna äritarbijale ning kõigi kolme hinnakomponendi summa vastava transpordikütuse aastakeskmise lõpphinna eratarbijale. Eeldatakse, et erimärgistusega diislikütust kasutatakse ainult tööstustranspordis.

Autobensiini ja diislikütuse hind igal aastal leitakse vastava aasta 49 esmaspäeva hindade aritmeetilise keskmisena. Erandina leiti diislikütuse hind raudteeveeremile lähtudes AS Eesti Liinirongid poolt ostetud diislikütuse keskmistest hindadest. Hindade võrdlemisel selgus, et hulgiostjana sai AS Eesti Liinirongid 2015. aastal diislikütust (arvestamata aktsiisi- ja muid makse) keskmiselt 17% odavamalt turukeskmisest hinnast. (AAA-22) **Aktsiisimaks** on sätestatud Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seaduses, kus on kehtestatud kütuseaktsiisi määrad aastani 2020 (kaasa arvatud). (AAA-104) Kui aktsiisimaksu määrad muutuvad aasta sees, kasutatakse kuude arvuga kaalutud aastakeskmist aktsiisimäära. **Käibemaksu** määraks võetakse läbivalt 20%. (AAA-105)

Bensiini ja diislikütuse tulevikuhindade ja hinnakomponentide prognoosimisel on alusandmeteks naftabarreli tulevikutehingute hinnad aastani 2024 (AAA-109) ning Rahvusvahelise Ener-

¹⁸ Kasutatud meetodika põhjal leitud hinnad erinevad mõnevõrra Eesti Statistikaameti andmetest ettevõtetes tarbitud kütuse ja energia keskmise maksumuse kohta. Näiteks bensiini puhul oli Statistikaameti vastav näitaja perioodil 2010-2015 sõltuvalt aastast 0,1-7,1% kõrgem. Toodud erinevus võib tuleneda bensiini 98 kõrgemast hinnast, sest Euroopa Komisjoni andmetes ei eristata bensiini oktaanarvuga 95 ja 98. Samas jällegi ei erista Statistikaamet erimärgistamata diislikütuse hinda erimärgistatud diislikütuse hinnast, mistõttu autorid eelistavad läbivalt kasutada Euroopa Komisjoni andmeid.

giaagentuuri (IEA) „*New Policy*“-stsenaariumi naftabarreli hind aastal 2030. (AAA-110) Perioodi 2025-2029 kohta eeldatakse lineaarset kasvu tulevikutehingute viimaselt teadaolevalt hinnalt. Bensiini ja diislikütuse hinnad tuletatakse nafta hinda ajalooliselt kujundanud seoste põhjal. Bensiini ja diislikütuse aktsiisimaksu osas eeldatakse, et 2020. aasta tase püsib kuni aastani 2030. Samuti eeldatakse, et perioodil 2020-2030 on käibemaks 20% ning täiendavaid aktsiise või makse bensiinile ega diislikütusele ei kehtestata.

Võrreldes naftatoodetest tehtud kütustega on alternatiivsete kütuste turumahud Eestis väga väikesed. Kuna **CNG** ja **biometaan** (AAA-106) on siiani olnud aktsiisimaksuvabad, siis moodustavad kütuse lõpphinna:

- Eestis müüdud kütuse ostuhind (jaekaupmehe poolt makstav hulgihind);
- gaasi võrgutasu;
- Eestis müüdud kütuse hulgihinna ja võrgutasu summale lisanduv käibemaks.

CNG tulevikhinnad aastani 2019 leitakse maagaasi tulevikutehingute hindadest aastani 2019 allikast (AAA-111) seisuga 17.10.2016, ning Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) „*New Policy*“-stsenaariumi maagaasi hinnast aastal 2030. (AAA-110) Perioodil 2025-2029 eeldatakse lineaarset kasvu tulevikutehingute viimaselt hinnalt. CNG hind tasuvusarvutuses tuletatakse maagaasi hinda ajalooliselt kujundanud seoste põhjal. Võrguteenuse hind saadakse tänase taseme suurendamisel tarbijahinnaindeksi võrra. (AAA-15) Maagaasiaktsiisi osas eeldatakse, et kuni aastani 2030 maagaasile kui transpordikütusele aktsiisimaksu ei lisata. Samuti eeldatakse, et perioodil 2020-2030 on käibemaks 20% ning mingeid muid täiendavaid makse maagaasile ei kehtestata.

Biometaani tulevikhind saadi tänase hinnataseme suurendamisel tarbijahinnaindeksi võrra. (AAA-15) Sama toimub võrguteenuse hinnaga. Eeldatakse, et biometaan jääb analüüsitava perioodil aktsiisimaksuvabaks, käibemaksu määr ei muutu ning mingeid muid täiendavaid makse biometaanile ei kehtestata.

Kuna ka **LNG** mootorikütusena on siiani olnud aktsiisimaksuvaba, siis moodustavad kütuse lõpphinna:

- Eestis müüdüd kütuse ostuhind (jaekaupmehe poolt makstav hulgihind);
- Eestis müüdüd kütuse hinnale lisanduv käibemaks.

LNG tarbimist ja tulevikuhinda mõjutab oluliselt Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni (IMO) MARPOL-konventsiooni lisa 6 (AAA-112), mis kohustab kõiki laevandusettevõtjaid üle maailma kasutama vähese väävlisisaldusega kütust (0,5%) alates aastast 2020, mille tõttu võib prognoosida, et juba aastal 2025 tekib maailmas LNG defitsiit ja järelkult kasvab ka hind. Seetõttu arvestatakse, et LNG hind kasvab kiiremini kui CNG ja biometaanii hind. Eeldatakse, et LNG jääb analüüsitava perioodil aktsiisimaksuvabaks, käibemaksuäär ei muutu ning mingeid muid täiendavaid makse LNG-le ei kehtestata.

Elektrienergia tulevikuhinnad modelleeritakse Balmoreli mudelis (vt eespool) ning hinnad sõltuvad stsenaariumist – mida suurem prognoositav elektrienergia tarbimise kasv transpordis, seda kõrgemaks kujuneb elektri hind. Hinnakomponentide põhjal arvutatakse elektrienergia hind era- (st koos käibemaksuga) ja äriklientidele (st ilma käibemaksuta).

Hinnakomponentide hulgas eristatakse:

- tooraine hind elektritootjale (nt AAA-107);
- CO₂ kvoodi hind (AAA-110);
- elektri hind äri- ja kodutarbijale (AAA-107);
- võrguteenuse hind (AAA-108), mille prognoosimisel eeldatakse, et see on võrdne kodu- ja äritarbijale ning kasvab samas tempos tarbijahinnaindeksiga¹⁹;
- taastuvenergia tasu tasemel 8,7 eurot/MWh (AAA-108);
- elektriaktsiis, mille muutus on fikseeritud aastani 2020 ja perioodi 2020-2030 kohta eeldatakse, et see püsib 2020. aasta tasemel (AAA-104);
- elektrimüüja hinnalisa tasemel 2,4 eurot/MWh kuni aastani 2030 (AAA-107);

¹⁹ Võrgutasu kasvutempo on võrdsustatud tarbijahinnaindeksiga (THI) ka teistes elektrienergia tulevikuprognoosides (AAA-106), kuigi OÜ Elektrilevi on oma 2005-2013 andmete põhjal väitnud, et võrgutasu hinnatõus on olnud madalam kui THI. (AAA-113) On teada, et 2015. aastal moodustas võrgutasu äritarbijate elektri kogukulust (s.o 1 kWh hind ilma käibemaksuta) 42% ja kodutarbijate elektri kogukulust (s.o 1 kWh hind koos käibemaksuga) 35%.

- Eestis müüdüd elektri hinnale lisanduv käibemaks, mille määr vaadeldaval perioodil ei muutu (AAA-105).

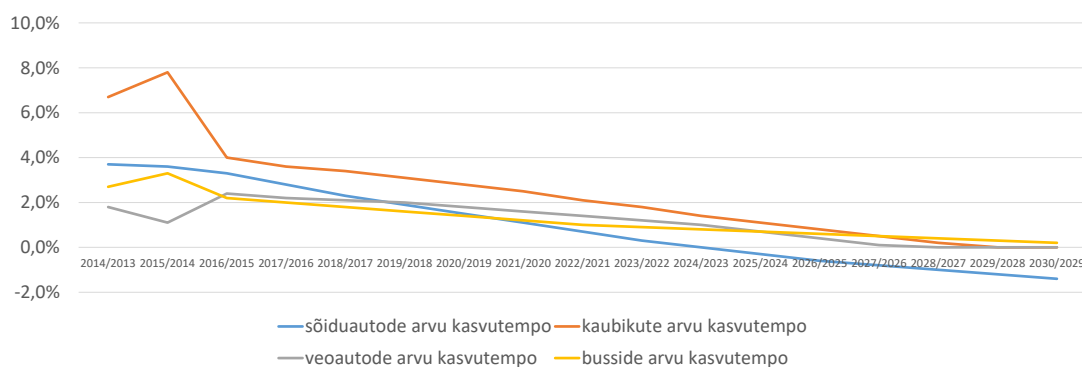
Erandina leitakse elektri hind eraldi trollidele-trammidele, võttes arvesse AS Tallinna Linnatransport (TLT) poolt ostetud veoelektri keskmisi hindu, ja elektrirongidele, võttes arvesse AS Eesti Liinirongid (Elron) poolt ostetud veoelektri keskmisi hindu. Hindade võrdlemisel selgus, et hulgiostjana sai TLT 2013-2015 veoelektrit keskmiselt 4% ning Elron keskmiselt 18% odavamalt turukeskmisest hinnast. (AAA-22; AAA-30)

Elektertranspordi mudeli esimeste aastate sisendiks kasutatavad kütusehinnad vastavad turul 2016. aastal eksisteerinud tuletisinstrumentide hindadele ja on võrdlemisi madalad. Tuleviku-tehingute hinnad on CO₂ kvoodi jaoks saadaval kuni aastani 2024, maagaasi hinnad kuni aastani 2019 ja kivisöe hinnad aastani 2023. Ajaperiood, kuhu tuletisinstrumentide hinnad veel ei ulatu, täidetakse andmetega eeldusel, et instrumentide hindades toimub aastaks 2030 sujuv üleminek Rahvusvahelise Energeetikaagentuuri (IEA) *World Energy Outlook* prognoosidele. Turuväliste hindade väärtused LEAP-mudelis pärinevad allikatest (AAA-114) kuni (AAA-118).

4. Süntees

4.1. Transpordivaldkonna modelleerimise tulemused

Transpordi arengu plaanimise mudelis modeelleeritud **maanteesõidukite arvu kasv** on esitatud joonisel 3.1. Võrreldes ENMAKi aluseks oleva Jüssi ja Rannala tööga (AAA-07) kujunes sõiduautode arvu kasvuprognosis mõneti erinevaks – ENMAKis eeldati, et mittesekkumise puhul (ehk 0-stsenaariumis) on aastaks 2030 Eestis 723 tuhat sõiduautot ehk 563 sõiduautot 1000 elaniku kohta, võrreldes 682 tuhande autoga käesolevas töös. ENMAKis eeldati tõenäoliselt sõiduautode arvu lineaarset kasvu ning lagi oli seatud samale tasemele nagu käesolevas töös. Detailidesse laskumata võib väita, et käesoleva töö 0-stsenaarium on sõiduautode osas perioodil 2020-2030 väga sarnane ENMAKi mittesekkumise stsenaariumiga.

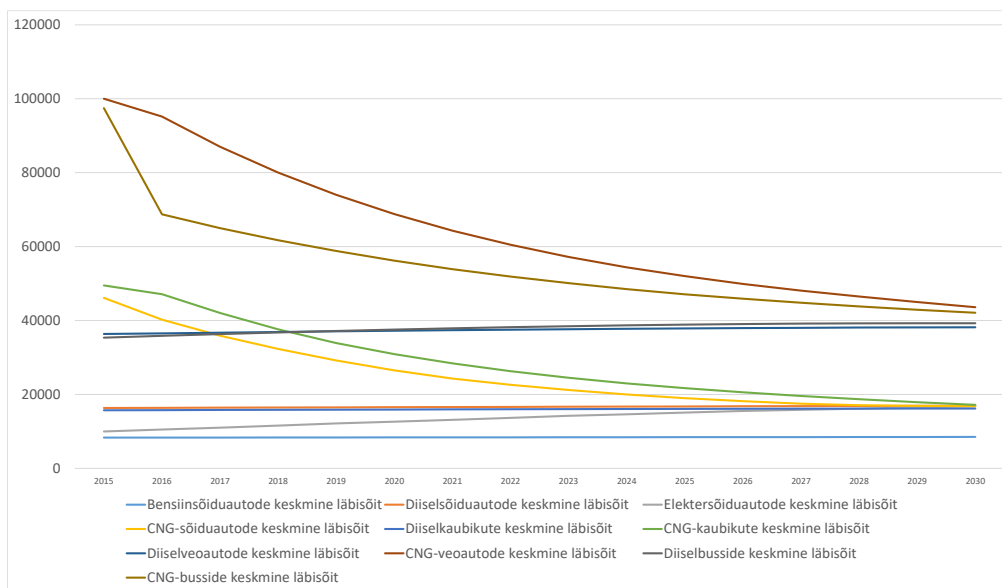


Joonis 3.1. Maanteesõidukite arvu kasvuprognosis, aastate 2014 ja 2015 andmed (AAA-21)

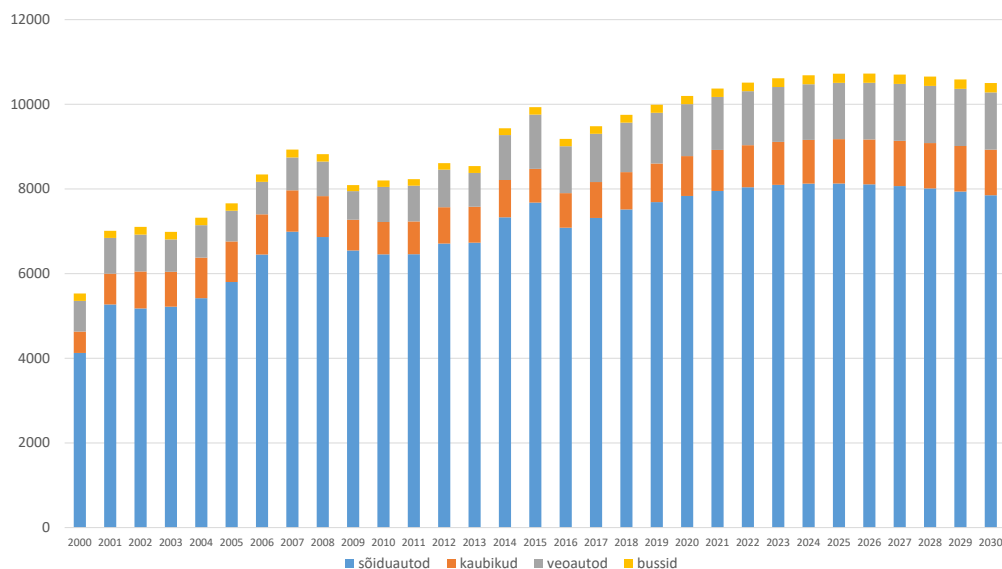
Modelleerimise tulemusena prognoositud **keskmised läbisõidud** on esitatud joonisel 3.2. Mudeli kalibreerimiseks ja 0-stsenaariumi kontrolliks kasutati koguläbisõidu näitajat. Perioodi 2006-2015 kohta olid teada Maanteeameti poolt avaldatud läbisõidud Eesti teedel (AAA-21), aastast 2016 on sama näitaja tuletatud transpordi arengu plaanimise mudelist (vt joonis 3.3.).

Stsenaariumides A-D maanteesõidukite koguläbisõidud 0-stsenaariumiga võrreldes ei kasvanud. See tähendab, et lisandunud elekter- või gaasisõiduki arvel vähenes bensiin- või diiselsõidukite arv, ning arvutuslikult ka keskmine läbisõit. Kuna osades stsenaariumides oli elekter- ja/või gaasisõidukite arv oluliselt suurem kui teistes, siis bensiin- ja diiselsõidukite keskmine

läbisõit võeti transpordi arengu plaanimise mudelis muutuvaks. Tulemusena kujunes see stsenaariumide kaupa erinevaks, mistõttu näiteks bensiin- ja/või diiselsõiduki tegelik keskmine läbisõit võis isegi langeda. Seeläbi tagati, et elekter- ja/või gaasranspordi forsseeritud areng ei tekitanud mudelis automaatselt täiendavat läbisõitu ning sellega kaasnevat suuremat kütusetarbimist.



Joonis 3.2. Maanteesõidukite keskmised läbisõidud (km/aastas) lähtudes Maanteeameti 2015. aasta andmetest (AAA-21), ning läbisõitude prognoos



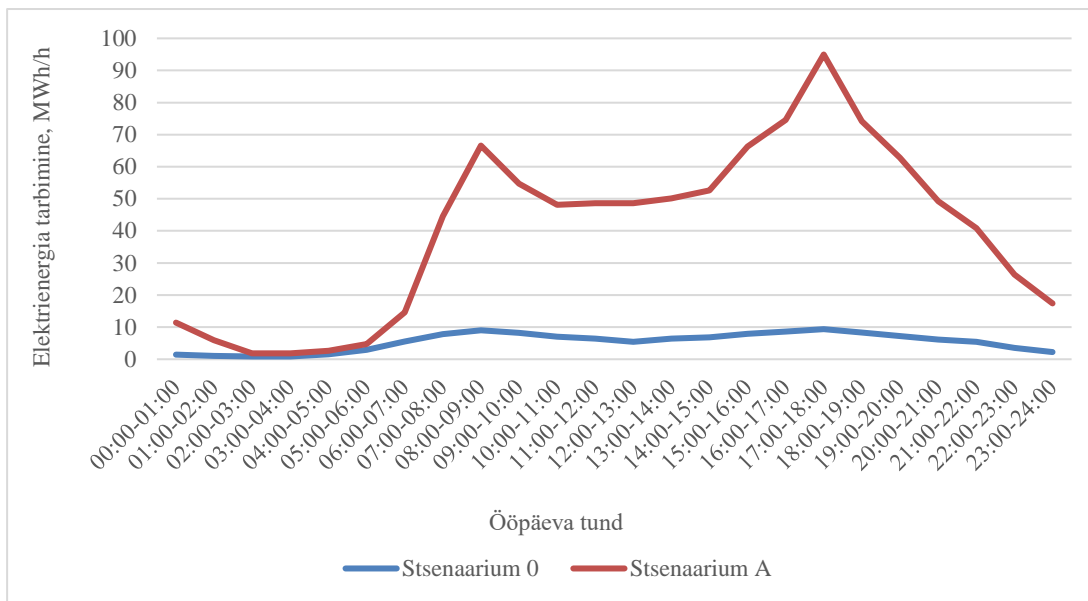
Joonis 3.3. Sõidukite tegelikud läbisõidud 2006-2015 ja 0-stsenaariumi prognoos 2016-2030 (tuh km)

Erandiks oli **intermodaalsusega arvestamine**. Kõikides stsenaariumides, sh 0-stsenaariumis eeldati, et trolliliiklus väheneb aasta-aastalt ja lõpeb aastal 2024. Trolliliikluse vähenemise kompenseerimiseks suurendati busside läbisõitu sama hulga kilomeetrite võrra. Trammiliikluse suurendamisel stsenaariumides A, C ja D vähendati sõiduauto- ja bussiliiklust piirtingimusel, et sõitjakäive ei muutu. Arvutuslikult vähendas üks täiendav kilomeeter trammide läbisõitu 1,004 kilomeetri võrra sõiduautode ja 0,8422 kilomeetri võrra busside läbisõitu. Analoogselt vähendas üks täiendav elektrireisiringi kilomeeter stsenaariumides A, C ja D vastavalt sõiduautode ja busside läbisõitu 2,131 ja 4,500 kilomeetri võrra. Kuid nagu näha, osutus intermodaalsuse mõju koguläbisõidu muutusele marginaalseks.

Uuringutes (nt AAA-71) on prognoositud, et kütusetarbimise tehnoloogiad on tulevikus säästlikumad. Uued Eestis kasutusele võetavad sõidukid asendavad vanu, ebaökonomseid, mistõttu väheneb ka sõidukipargi kui terviku **kütusekulu**. Lisas 1 on esitatud keskmise kütusekulu prognoos sõiduki- ja kütuseliigiti.

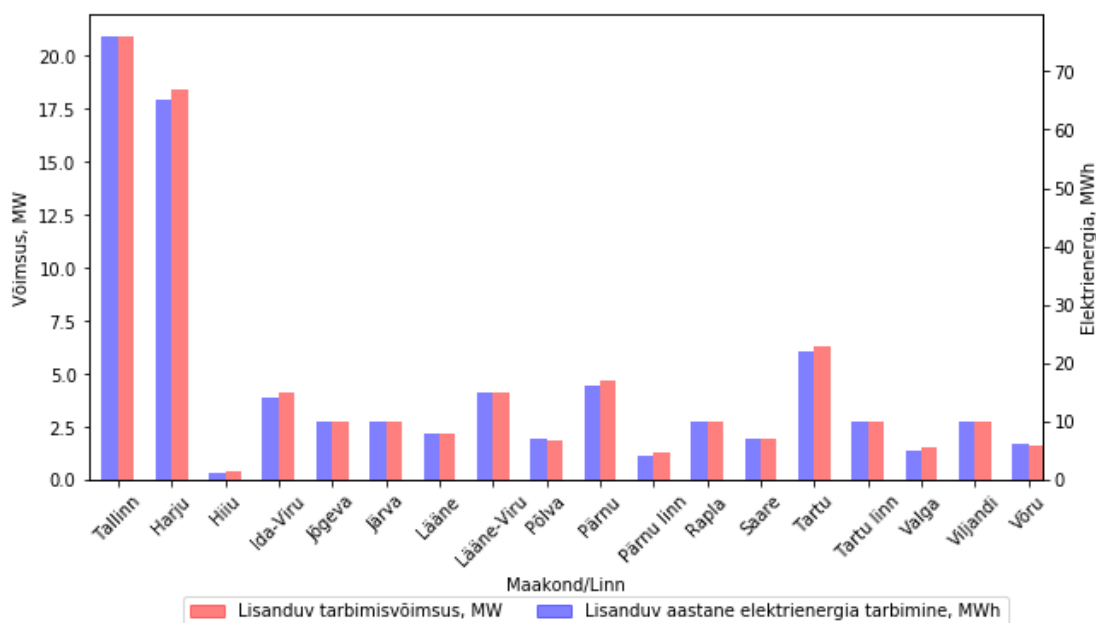
0-stsenaariumis eeldati alates aastast 2019 kaubaveomahtude kasvu 1520 mm rõõpmelaiusega raudteel keskmiselt 5% aastas, mis mõjutab ka vastavat kütusekulu. Lisaks eeldati, et raudtee-kaubaveo mahu madalseis jõudis kätte aastal 2016 ja püsib kuni aastani 2018. Kokkuvõttes kujuneb transpordi arengu mudelist tulenev elektrienergia ja maagaasi, samuti naftatoodete tarbimine transpordikütustena selliseks, nagu on esitatud lisas 2. Viidatud lisast järeldub, et kõikide stsenaariumide korral jäävad transpordikütustena domineerima naftatooted, täpsemalt diislikütus. Siiski kasvab alternatiivsete kütuste maht perioodil 2020-2030 0-stsenaariumiga võrreldes märgatavalt.

Elektrienergia kasutamist on käesolevas uuringus käsitatud suurema põhjalikkusega elektrisüsteemi tehniliste eripärade tõttu. Kuna elektrienergia salvestamiseks või ladustamiseks ei ole elektrisüsteemis soodsat võimalust, tuleb igal ajahetkel elektrienergia tarbimine katta tootmisega täpselt samas mahus. Seega on oluline ka elektrienergia tarbimise aeg päeva sees. Keskmised elektertranspordi elektrienergia tarbimised igal tunnil on leitud vastavalt aruande koostajate eeldustele, veoviiside kasutamise aegadele ning eeldatavale transpordinõudluse ajale süsteemis. Analüüsi käigus leitud ööpäeva keskmine elektertranspordi tarbimisprofiil stsenaariumides 0 ja A on toodud joonisel 3.4.



Joonis 3.4. Elektertranspordi ööpäeva keskmine tunnipõhine tarbimisprofiil Eestis

Jooniselt võib näha, et suurenenud elektrienergiatarbimine transpordisektoris langeb olulises osas tiputarbimise tundidele hommikuti, kuid veel olulisemana õhtusele tipuajale. Vähim on elektrienergia tarbimine öötundidel.

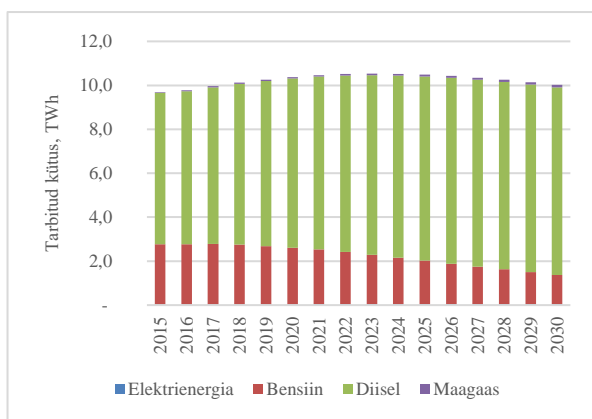


Joonis 3.5. Elektertranspordi arengust lisanduva elektrienergia tarbimise jaotumine geograafiliselt

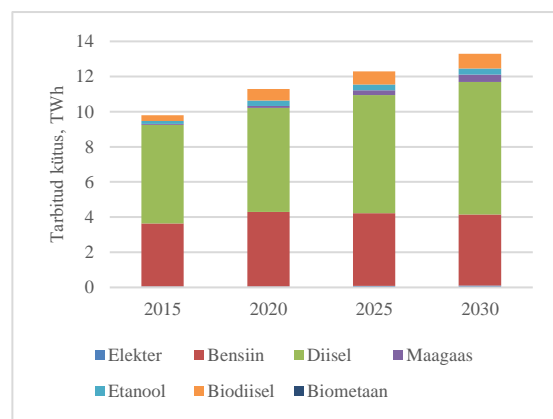
Joonisel 3.4. kujutatud profiil on analüüsi käigus ka geograafiliselt jaotatud. Geograafilise jaotamise eeldusena on arvesse võetud elektrienergiat tarvitavate veoviiside asukohta. Elektrienergiat kasutavate sõidukite (eelkõige sõiduautode) hajusalt paiknev elektrienergia tarbimine on maakonniti jagatud vastavalt rahvaarvu prognoosile antud maakonnas aastani 2030. Tulemus aastaks 2030 on toodud joonisel 3.5. (vt ka lisa 3).

Tulemuste kontrolliks on joonisel 3.6. esitatud transpordikütuse kogukulu 0-stsenaariumis LEAP mudeli väljundina ja võrrelduna ENMAKi transpordistsenaariumidega (AAA-07). Viidatud jooniselt on näha, et 2015. aasta lähteandmed on kahes uuringus küllaltki sarnased. ENMAKi BAU-stsenaariumis nähti ette nii veidi kõrgemat energiatarvet transpordisektoris üldisemalt kui ka oluliselt kiiremat kütuste tarbimise kasvu.

0-stsenaariumi modellemise tulemused LEAP mudelis



ENMAKi transpordistsenaariumid



Joonis 3.6. Transpordikütuste kogukulu 0-stsenaariumis ja ENMAKi transpordistsenaariumides

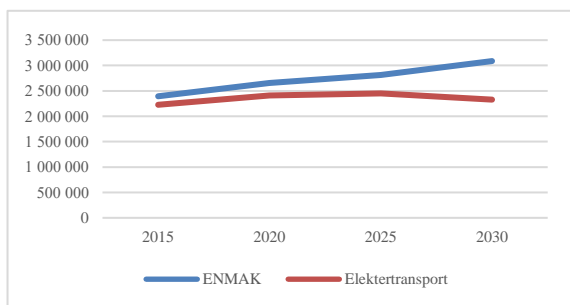
Käesolevas uuringus jääb kütuste tarbimise tase pigem stabiilseks ning aastaks 2030 on isegi teatavas langustrendis. Tuleb tähele panna, et ENMAKis analüüsiti põhjalikumalt maantee- (autod, bussid, veokid, mootorrattad), õhu-, raudtee- ja siseveetransporti, ehk käesoleva uuringu raamistik ei kattu ENMAKiga täies ulatuses.

Süsinikdioksiidi emissioonide võrdlust ENMAK BAU stsenaariumis ja käesoleva uuringu 0-stsenaariumis kirjeldab joonis 3.7.a. CO₂ emissioonide prognoositud trendid on kahes uuringus küllaltki sarnased kuni aastani 2025. Elektertranspordi stsenaariumis on tulenevalt tagasihoidlikumast energiatarbimisest mõnevõrra madalamad emissioonid. Suurem erinevus tekib aastaks

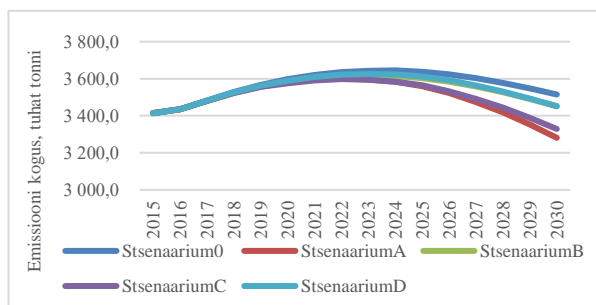
2030, kuna käesolevas uuringus prognoositakse transpordikütuse tarbimise mõningast vähendamist.

Lähtudes sarnasusest käesoleva uuringu LEAP mudeli ja ENMAK 2030+ koostamisel kasutatud Coperti (AAA-119) tulemuste vahel võib öelda, et LEAP mudel oli adekvaatselt kalibreeritud, et teha emissioonide ning kütuste kasutamise kohta arutusi ning analüüse. Emissioonide modelleerimise tulemused LEAP mudelis on toodud joonistel 3.7.b. kuni 3.7.d. Joonistelt on näha erinevate emissioonide erinevad trendid.

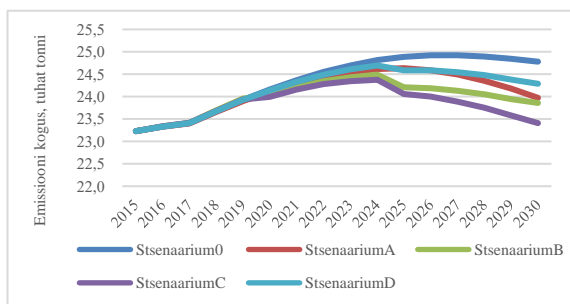
e. CO₂ emissioonid stsenaariumis A ja ENMAK BAU stsenaariumis (tonni)



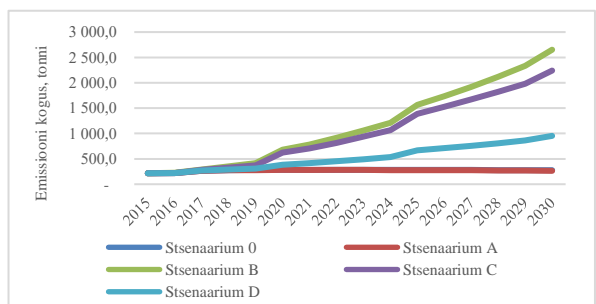
f. CO₂ emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina



g. NO_x emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina



h. CH₄ emissioonid stsenaariumide kaupa LEAP mudeli väljundina

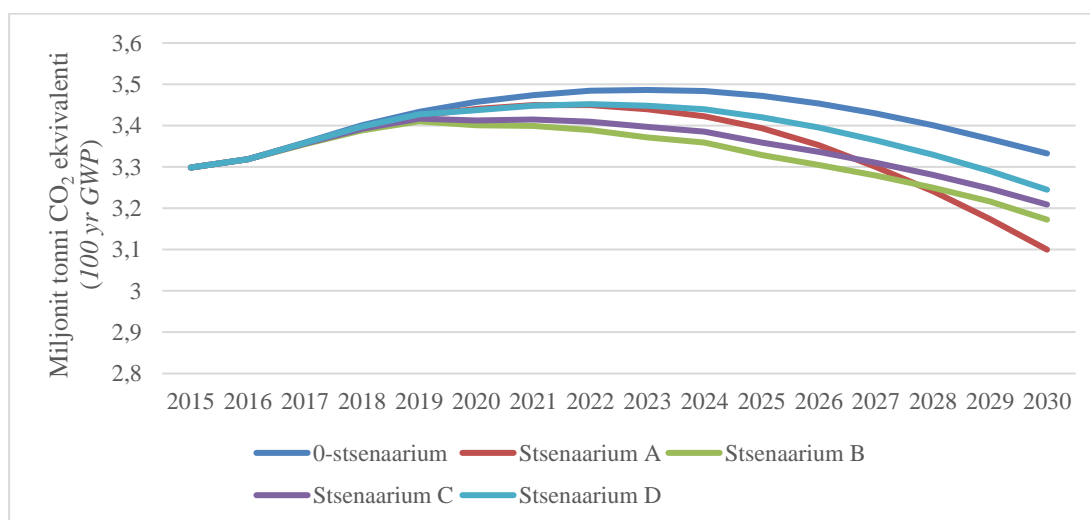


Joonis 3.7. Modelleerimise tulemused LEAP mudelis (b. kuni d.) ja A-stsenaariumi võrdlus ENMAKi transpordistrateegiate BAU stsenaariumiga (a.)

Nii CO₂ kui NO_x emissioonide puhul on märgatav lähituleviku kasvutrend, kuid samas ka uus langus enne 2030. aastat. CH₄ langustrend ei esine modelleerimise lõpuaastatel kõikides stsenaariumides maagaasi kasutamise kasvu tõttu, millega kaasneb ka metaani vahetu atmosfääri sattumine. Kõikide emissioonide kaupa on stsenaarium A küllaltki konkurentsivõimeline, kuid

näiteks NO_x emissioonide poolest on vähimad emissioonid stsenaariumides B ja C. Emissioonide vähenemine võrreldes 0-stsenaariumiga on täheldatav kõikide emissioonide ja stsenaariumide kaupa.

Summaarse kasvuhoonegaaside muutuse arvestamiseks modelleeriti LEAPis emissioonid taandatud süsinikdioksiidi ekvivalendile. Kasutati 100 aasta potentsiaalse kliimasoojenemise mõju hinnangut, vt joonis 3.8. (AAA-120; AAA-122) Jooniselt on näha, et summaarne keskkonnanahetmete kogus süsinikdioksiidi ekvivalendina on sarnane süsinikdioksiidi enda heitmetega. Aastaks 2030 on vähima keskkonnamõjuga stsenaarium A, suurima mõjuga stsenaarium 0. Mainitud kahe stsenaariumi erinevus aastal 2030 on ca 233 tuhat süsinikdioksiidi ekvivalenttonni.



Joonis 3.8. Transpordistsenaariumide summaarsed keskkonnanahetmed CO₂ ekvivalendina (ümberarvutatuna 100 aasta kliimasoojenemise potentsiaaliks)

Kokkuvõtvalt, transpordikütuste tarbimise põhjal leiti LEAP-mudelit kasutades kahjulike ainete emissioonid transpordis, mis taandati CO₂ ekvivalendile tabelis 3.1. esitatud seoste abil (AAA-107).

Tabel 3.1. Kahjulike ainete emissioonide taandamine süsinikdioksiidi ekvivalendile (tonni)

Aine	CO ₂
CO ₂	1
CH ₄	25

Tabel 3.1. järg

Aine	CO ₂
N ₂ O	298
SO ₂	1250
CO	27,5

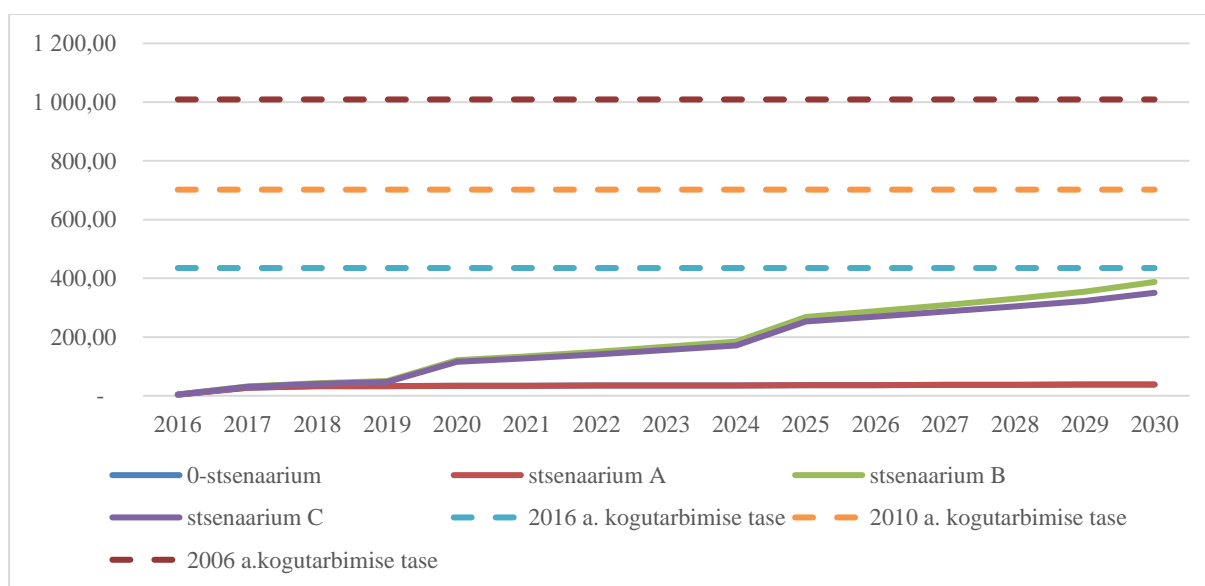
Emissioonid rahalises väljenduses sisestati majandusmudelisse, et arvutada transpordi ja energeetika väliskulud ja -tulud.

4.2. Energiavaldkonna modelleerimise tulemused

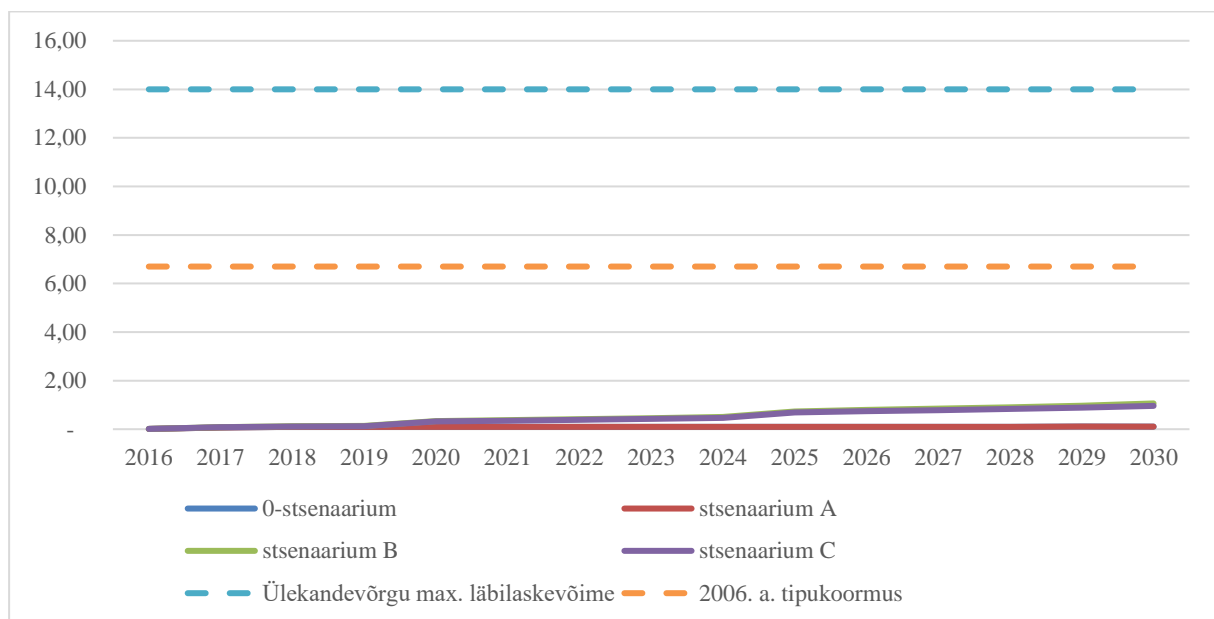
Maagaasi tarbimine

Vastavalt autopargi stsenaariumite ning veeremi tüübi energiavajadusele leiti stsenaariumite kohta transpordisektori summaarsed energiatarbimise aastased mahud, mis konverteeriti maagaasi ühikutesse (Mm³). Stsenaariumite päevaste gaasitarbimise koormuse leidmisel eeldati, et autotranspordi gaasitarbimine on igapäevaselt ühtlasel tasemel.

Koormuste ning läbilaskevõime hinnangu andmiseks võrreldi saadud tulemusi Eesti viimase 16. aasta kõige külmemate ning ühtlasi ka kõige suurema koormusega aastate gaasitarbimise andmetega. Lisaks on võrreldud tulemusi 2016. aasta tarbimismahtudega.



Joonis 3.9 Transpodistsenaariumite summaarne maagaasi koormuse tarbimise kasv võrreldes Eesti gaasitarbimise tasemetega (Mm^3)



Joonis 3.10 Transpodistsenaariumite maagaasi koormuse kasvud ($Mm^3/päev$)

Vastavalt joonisele 3.9 kasvab nii B kui ka C stsenaariumis praeguste gaasitarbimise tasemega võrreldes.

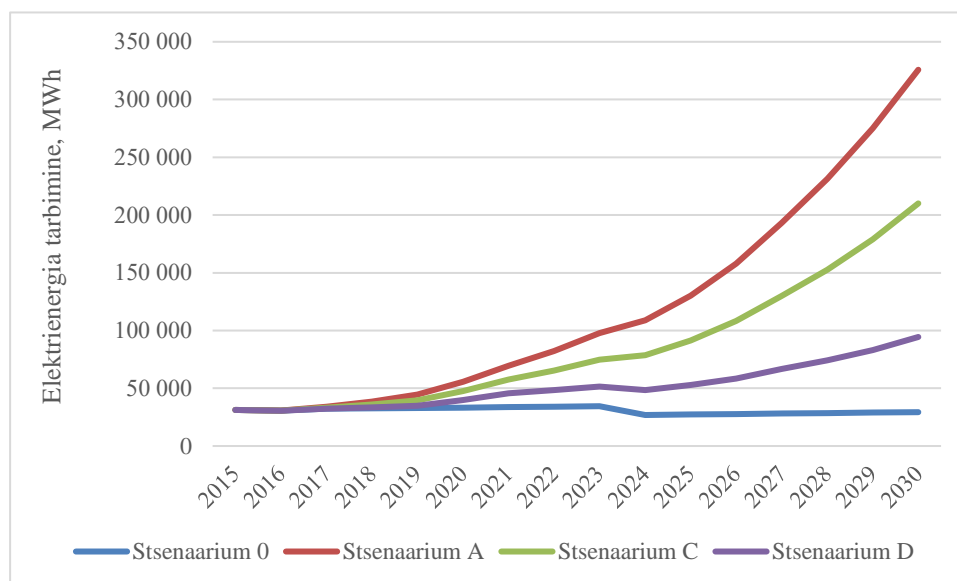
Isegi kui gaasitarbimine kasvab kahekordseks, siis tulemuste põhjal ei ületaks ühegi stsenaariumi puhul tarbimine Eesti viimase 16. aasta maksimum tarbimist ning vastavalt joonisele 3.10 on võimalik järeldada, et transpordisektor stsenaariumite põhjal piisab ka olemasolevast läbilaskevõimest.

Vastavalt eelnevale põhinedes võib järeldada, et mitte ühegi transpodistsenaariumist tingitud gaasitarbimise mahu kasv ei eelda stsenaariumite realiseerumise korral gaasiülekanne läbilaskevõime suurendamist.

Elektrienergia tarbimine

Balmorel-mudelil analüüsiti käesoleva teadus-arendustöö 0-stsenaariumit ning võrreldi seda stsenaariumidega A, C ja D. Nimetatud stsenaariumid erinesid üksteisest elektrienergia tarbimise poolest. Kõikide stsenaariumide jaoks leiti tunnipõhine elektertranspordi eelisarendami-

sest tulenev elektrienergia tarbimise muutus, mis lisati riikide elektritarbimise prognoosidele baasstsenaariumis.



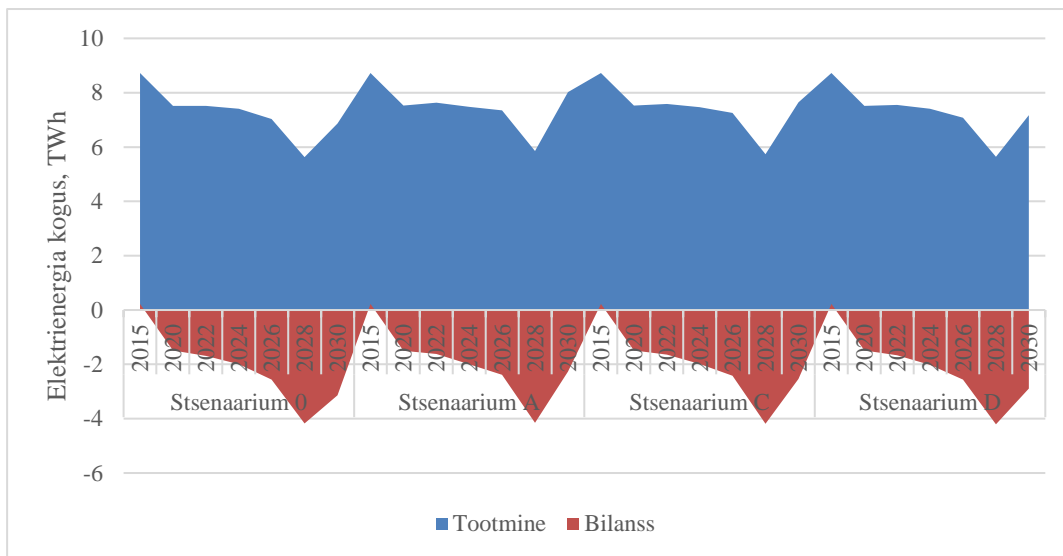
Joonis 3.11. Transpordisektori elektrienergia tarbimise muutus stsenaariumide kaupa

Stsenaariumide sisendina kasutatud transpordisektori elektrienergia tarbimise muutust aastate lõikes Eestis on võimalik jälgida joonisel 3.11. Mudeli sisendina on võrreldes 0-stsenaariumiga suurimat elektrienergia tarbimise tõusu märgata stsenaariumis A, millele järgneb stsenaarium C. Stsenaariumis D jääb muutus elektrienergia tarbimises tagasihoidlikumaks. Stsenaariumis A, kus kujutatakse elektertranspordi elektertranspordi kõige hoogsamat arengut, moodustab aastaks 2030 transpordisektori elektrienergia tarbimine kogu Eesti elektrienergia tarbimisest umbkaudu 3,3%.

Stsenaariumides analüüsitud erinevaid transpordisektori elektrienergia tarbimise koguseid on rakendatud ka teistele mudelisse kaasatud riikidele: Soome, Läti, Leedu, Rootsi, Taani, Norra, Saksamaa ja Poola.

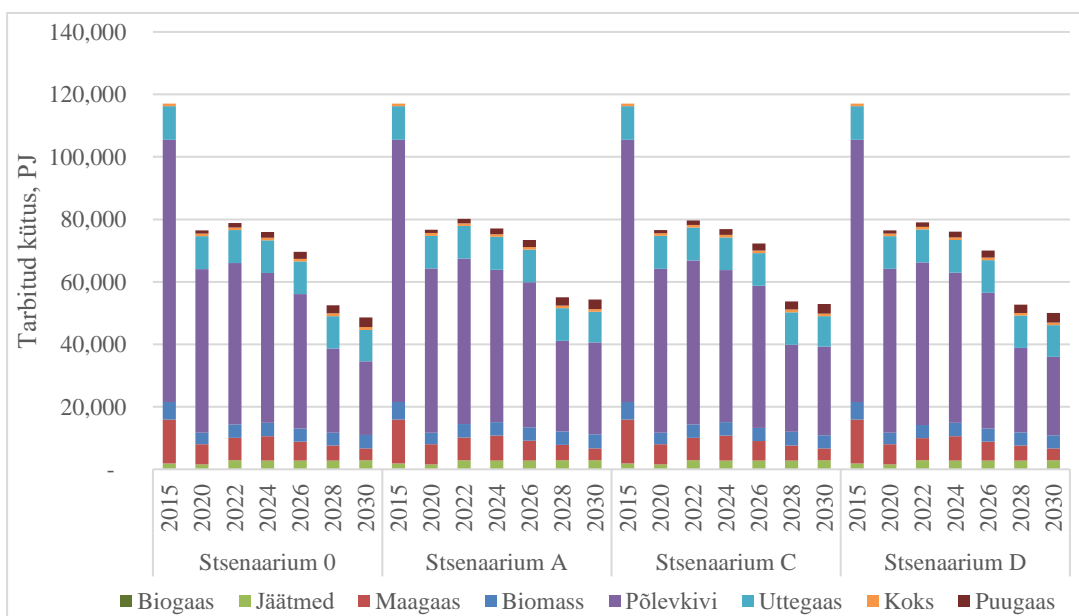
Tootmine

Joonis 3.12. kujutab elektrienergia tootmist Eestis modelleeritud aastate vältel. Modelleerimise tulemused näitavad netoimpordi kõikide stsenaariumide kaupa alates aastast 2020. Netoimpordi kogus jääb stsenaariumide kaupa sarnaseks, kuna suurema tarbimisega stsenaariumides ilmnevad ka suuremad investeeringud tuuleparkidesse.



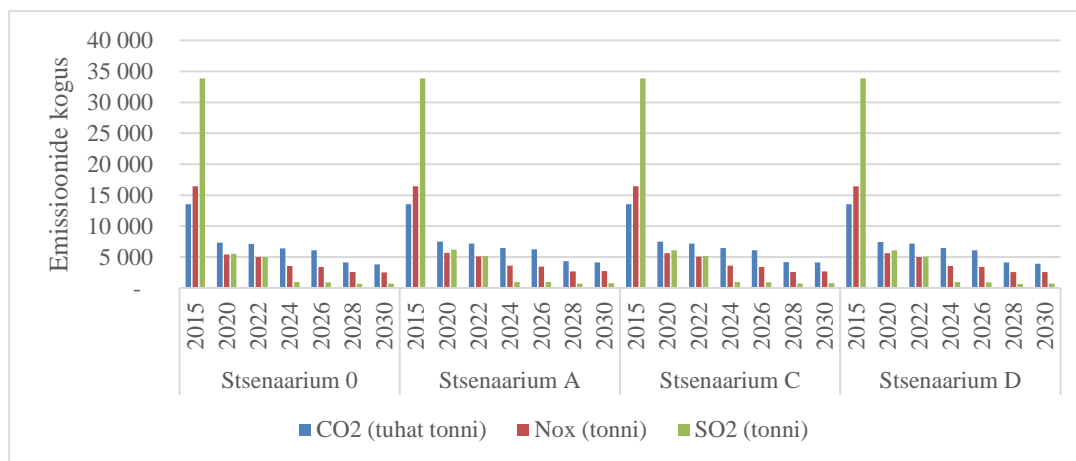
Joonis 3.12. Elektrienergia tootmine Eestis ja elektrienergia bilanss stsenaariumide kaupa

Elektri- ja kaugküttesoojuse tootmiseks kasutatud kütuste kogused Eestis on toodud joonisel 3.13. Nagu emissioonidegagi, on muutused kütuste kuludes küllaltki väikesed. Seda põhjusel, et olulisim muutus investeeringutes oli stsenaariumis A tehtud investeering elektrituulikutesse, mistõttu elektrienergia tootmine ei ole otseselt kütuse kuluga seotud.



Joonis 3.13. Elektrienergia tootmiseks kasutatavate kütuste tarbimine Eestis stsenaariumide kaupa

Suuri muudatusi tootmisvõimsuste turule jõudmises stsenaariumide kaupa ei täheldata: kõikides modelleeritud stsenaariumides ilmneb, et 2030. aastaks muutuvad elektriturul hinnatõusu tõttu konkurentsivõimeliseks elektrituulikud. Turule jõudvate tuulikute maht aga elektertranspordi tarbimise mahust ennast suures plaanis häirida ei lase, olles stsenaariumis A kõigest 194 MW võrra suurem kui stsenaariumis 0. Ülekandevõimsustele antud muudatused mõju ei avalda.



Joonis 3.14. Elektritootmise emissioonid Eestis stsenaariumide kaupa

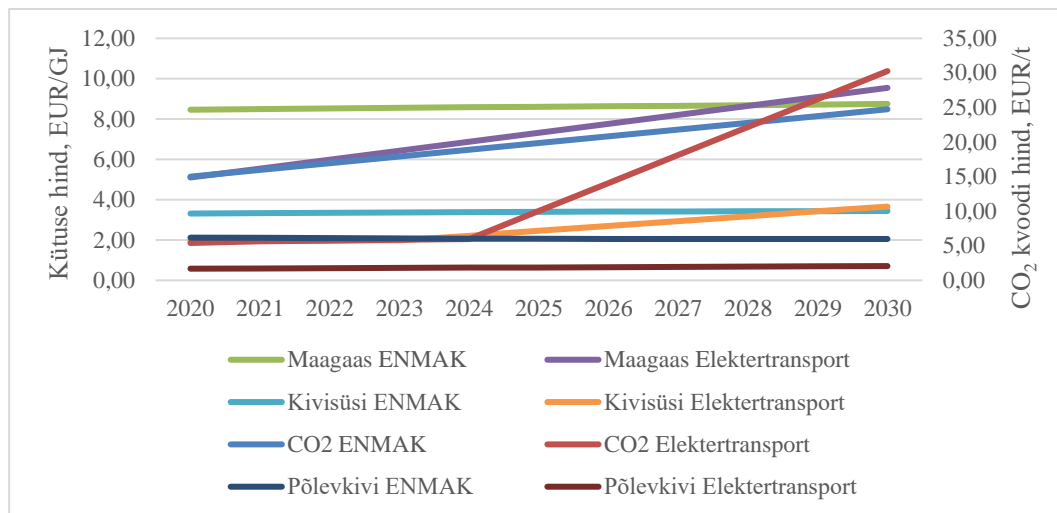
Elektritootmise emissioonid

Eesti elektri- ja kaugküttesoojuse tootmise emissioonid on toodud joonisel 3.14., kust selgub, et need on küllaltki sarnased kõikide stsenaariumide kaupa.

4.3. Sotsiaalmajanduslik tasuvus

Kütusehinnad

Kütuste hindade ja CO₂ kvoodi prognoos käesolevas uuringus võrdlusena ENMAKi eeldustega on toodud joonisel 3.15.



Joonis 3.15. Kütuste ja CO₂ kvoodi hindade võrdlus

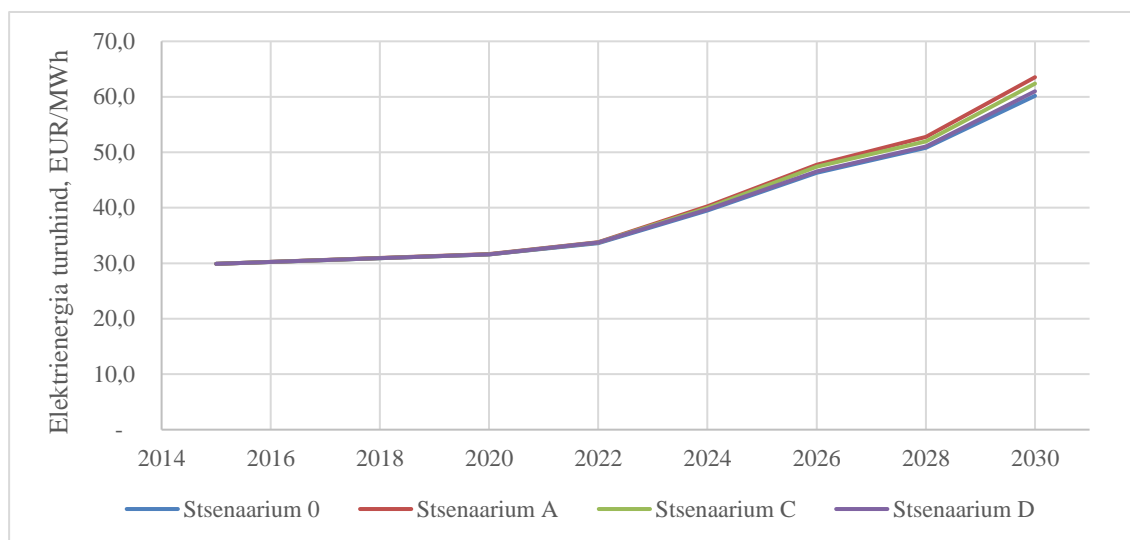
Jooniselt on näha, et võrreldes ENMAK raames tehtud modelleerimisega on käesolevas uurin-
 gus madalamal tasemel nii maagaasi, kivisüsi kui ka CO₂ kvoodi hinnad. ENMAK hindu ületa-
 vad ainult CO₂ kvoodi ja maagaasi hinnad 2030. aastal. Kui ENMAKi baasstsenaariumis mää-
 ras põlevkivi otsepõletamise hinna elektrijaamade jaoks põlevkiviõli tootmise kaudu arvatud
 loobumiskulu, siis käesolevas uuringus on kasutatud kaevandamiskulude põhise lähenemist.
 See tähendab märkimisväärset erinevust põlevkivi hinnas kondensatsioonielektrijaamadele.

Elektri hind ja investeeringud elektritootmisse

Modelleerimistulemuse tõepärasuse hindamiseks on Eesti elektrisüsteemi olulisemaid para-
 meetreid 2015. aastal võrreldud mudeli tulemustega baas aasta kohta. Mudeli väljundina oli
 2015. aastal keskmine elektrituruhind Eesti hinnapiirkonnas 29,8 eurot/MWh. Vastavalt Nord
 Pool Spot kodulehe statistikale oli 2015. aasta Eesti hinnapiirkonna keskmine elektri hind 32,5
 eurot/MWh (AAA-121).

Elektrienergia tootmine Eestis oli 2015. aastal 9,1 TWh (AAA-08), mudeli väljundina oli elekt-
 rienergia tootmine Eestis 2015. aastal 8,5 TWh. Baasstsenaariumi tulevikuaastate adekvaatsuse
 hindamiseks kasutati Nord Pool Spot elektrienergia tulevikutehingute hindasid. Tulevikutehin-
 gute hindade võrdlemine mudeli väljundiga annab selgust, kas mudeli väljund on kooskõlas
 turuosaliste ootustega tuleviku turusituatsioonile. Kuigi tulevikutehingute hind suure tõenäosu-
 sega täielikult ei realiseeru, on võrdlus oluline veendumaks, et mudeli sisendid on kooskõlas
 avalikkusele teada oleva informatsiooniga.

Võrdluseks on saadaval instrumendid Nord Pool Spot süsteemi hinna jaoks aastani 2027 ning EPAD instrument Eesti hinnapiirkonna ja süsteemi hinnavahe jaoks aastani 2020. Aasta 2020 oli esimene modelleeritud aasta ning seal oli võimalik võrrelda instrumentide hindu mudeli väljundiga. Seisuga 20.07.2017 on süsteemi hinnainstrumendi väärtus 22,85 eurot/MWh. EPAD Tallinna väärtus samal ajahetkel 2020 aastaks on 6,20 eurot/MWh, millest järeldub, et turu ootus Eesti hinnapiirkonna hinnaks 2020. aastal on 29,05 eurot/MWh (AAA-111). Mudeli väljundina on baasstsenaariumis hind 31,6 eurot/MWh. Kõikide mudeli parameetrite võrdluse juures jääb viga statistiliste ning turuandmetega alla 10%.

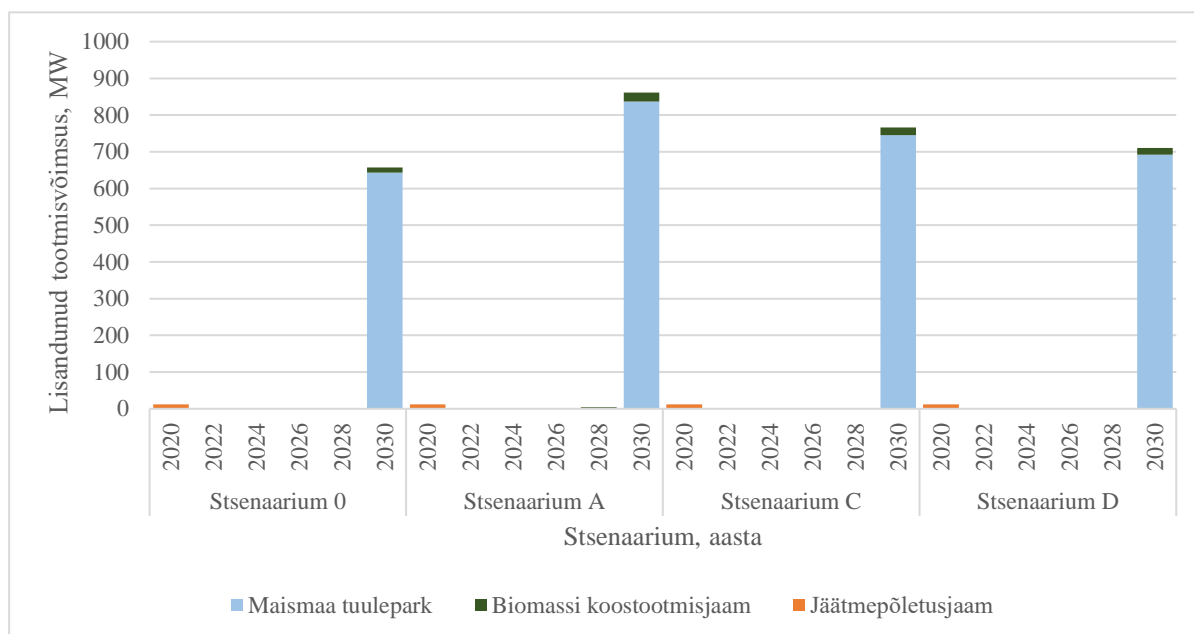


Joonis 3.16. Elektrienergia modelleeritud turuhind stsenaariumide kaupa

Elektrienergia turuhinna muutust Eesti elektrituru hinnapiirkonnas modelleeritud stsenaariumide kaupa on võimalik jälgida joonisel 3.16. Jooniselt on näha, et elektrienergia hind on küllaltki sarnane kõikides stsenaariumides. Elektrienergia hinna erinevus muutub suuremaks, kui modelleeritud periood jõuab lähemale aastale 2030, kus muutub suuremaks ka erinevus baasstsenaariumi ning uuritud stsenaariumide elektrienergia tarbimise vahel.

Investeeringud elektrienergia tootmisvõimsustesse elektrituru Eesti hinnapiirkonnas on kujutatud joonisel 3.15. Investeeringud on stsenaariumide kaupa küllaltki sarnased. Joonisel võib märgata, et BAU stsenaariumis on mudelis Eestisse investeeritud ligikaudu 600 MW jagu tuuleparkide ehitamiseks. Investeeringud tuulikute paigaldamiseks tulenevad lisanduvast elektrienergia tootmisvajadusest piirkonnas: 2030. aastaks on vanuse tõttu töö lõpetanud mitmed vanemad

elektrienergia tootmisüksused ning on kasvanud ka üldine elektrienergia tarbimise tase. Elektrienergia tarbimise muutustest stsenaariumite lõikes tulenevad erinevused investeringutes väljenduvad tuuleparkide ehitamises 2030. aastal ning vähesel määral ka biomassi koostootmisjaama ehitamises. Sellest võib järeldada, et püsitatud eelduste korral on 2030. aastaks odavaim viis elektertranspordi arengust lähtuva lisanduva elektrienergia tarbimise katmiseks tuuleparkide rajamine.



Joonis 3.17. Investeeringud elektrienergia tootmisse Eestis stsenaariumide kaupa

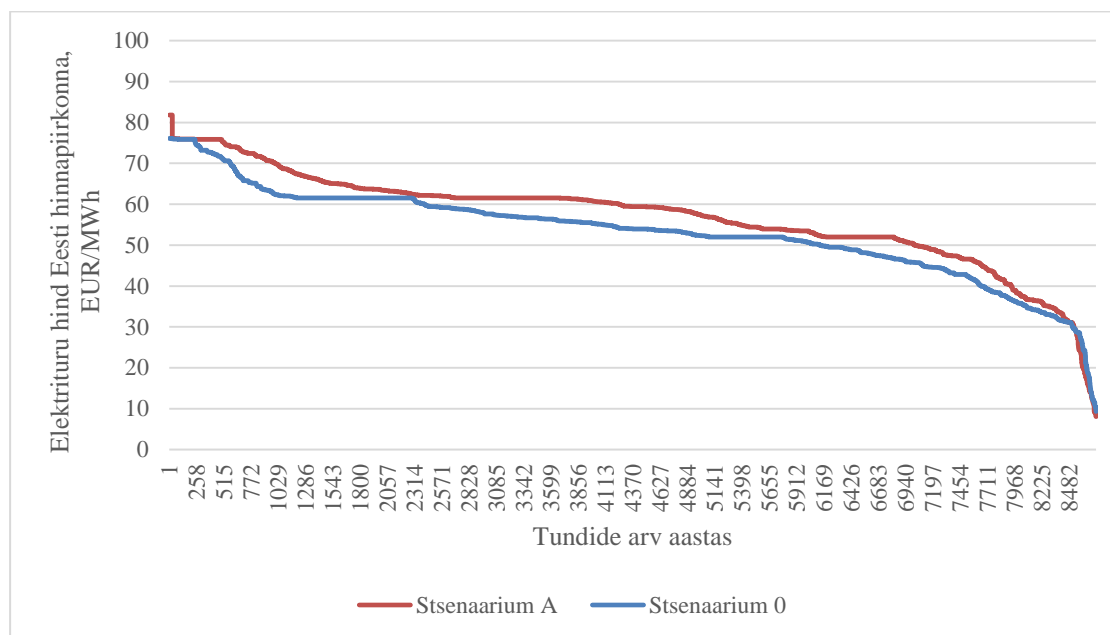
Stsenaariumis 0 investeeris mudel ka teatud määral Eestiga piirnevatesse ülekandevõimsustesse: Soome ja Eesti hinnapiirkondade vahele tekkis 238 MW lisanduvat elektrienergia ülekandevõimsust. Uuritud transpordi stsenaariumite lõikes see suurus märkimisväärselt ei muutunud, ning erinevused Eesti ja Soome vahelise maksimaalse elektrienergia ülekandevõimsuse vahel stsenaariumites jäi väiksemaks kui 2% kogu ülekandevõimsusest. Seega võib väita, et regionaalne elektertranspordi areng iseenesest ei tekita vajadust lisanduvate välisühenduste jaoks ja transpordisektori tarbimine kaetakse suures plaanis regionaalselt vastavasse kohta lisanduvate tootmisvõimsustega.

Elektrituru mudeli tulemused elektertranspordi stsenaariumide analüüsimisel on võrdlemisi ootuspärased. Suurem elektrienergia tarbimise maht toob kaasa elektrienergia turuhinna tõusu. Kuna elektertranspordi eeldatav elektrienergia tarbimise aeg ööpäeva sees langeb kokku aega-

dega, kus niigi on elektrisüsteemis kõrgem koormus, on elektrituru hindade tõusu märgata keskmise ja kõrgemate hindadega tundidel, kuid madalama hinnaga tundidel jääb mõju väiksemaks. Aastakeskmiste hindade erinevus stsenaariumide kaupa jäi 10% piiresse.

Tunnipõhine modelleerimine

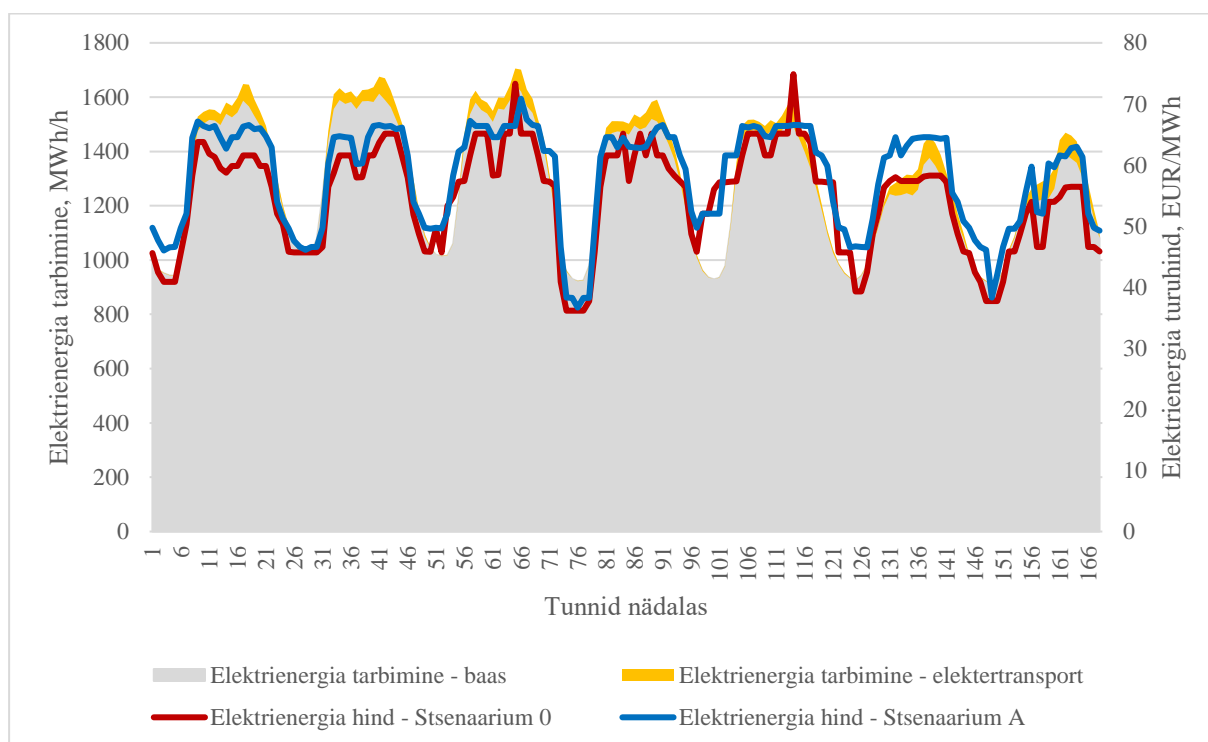
Elektriturul toimuvate muutuste täpsemaks analüüsiks on 2030. aasta situatsioon baasstsenaariumis 0 ja stsenaariumis A modelleeritud ka tunnipõhist ajaresolutsiooni kasutades. Tunnipõhine modelleerimine lubab täpsemalt jälgida muutusi elektrituru hinnadünaamikas. Joonisel 3.18. on toodud stsenaariumi 0 ja stsenaariumi A elektrituru hinnakestvuskõverate võrdlus Eesti turupiirkonnas.



Joonis 3.18. Elektrienergia turuhinna kestvuskõvera muutus stsenaariumis A võrrelduna stsenaariumiga 0

Jooniselt võib näha, et elektrienergia hind tõuseb ühtlaselt nii keskmise kui ka kõrge hinnaga tundidel. Hinna tõusu on vähe märgata ainult tundidel, kus juba baasstsenaariumis jäi hind alla 30 eurot/MWh. Lisaks on näha muutust aasta kõrgeima hinna juures. Kui mudeli baasstsenaariumis on aasta maksimaalne elektrituruhind ligikaudu 76 eurot/MWh, siis stsenaariumis A umbes 82 eurot/MWh, ehk maksimaalne elektrituruhind on tõusnud 6 eurot/MWh võrra. Drastilisi muutusi hinna dünaamikas peale ühtlase tõusu aga märgata ei ole.

Joonisel 3.19. on välja toodud elektrienergia hinna muutus stsenaariumis A võrrelduna stsenaariumi 0 hinnaga ühe nädala vältel. Jooniselt ilmneb, et suurim muutus elektrituruhinnas toimub päevasel ajal, kuhu koguneb ka enamuselektertranspordi lisandunud elektrienergia tarbimisest. Mõningast hindade muutust on võimalik täheldada ka öisel ajal, kus elektertranspordi poolt lisandunud elektrienergia tarbimine on madal, kuid muutus on väiksem kui päevasel ajal.



Joonis 3.19. Elektrienergia turuhinna muutus stsenaariumis A võrrelduna stsenaariumiga 0 ühe nädala vältel

Kokkuvõttes ei ilmnenu tunnipõhise analüüsi käigus ootamatuid muutusi elektrituruhinnas. Märkata võis võrdlemisi ühtlast elektrienergia hinna tõusu, kuid kuna tõus oli mõnevõrra väiksem juba madalama hinnaga tundidel, siis teatud määral suurenes hinna volatiilsus.

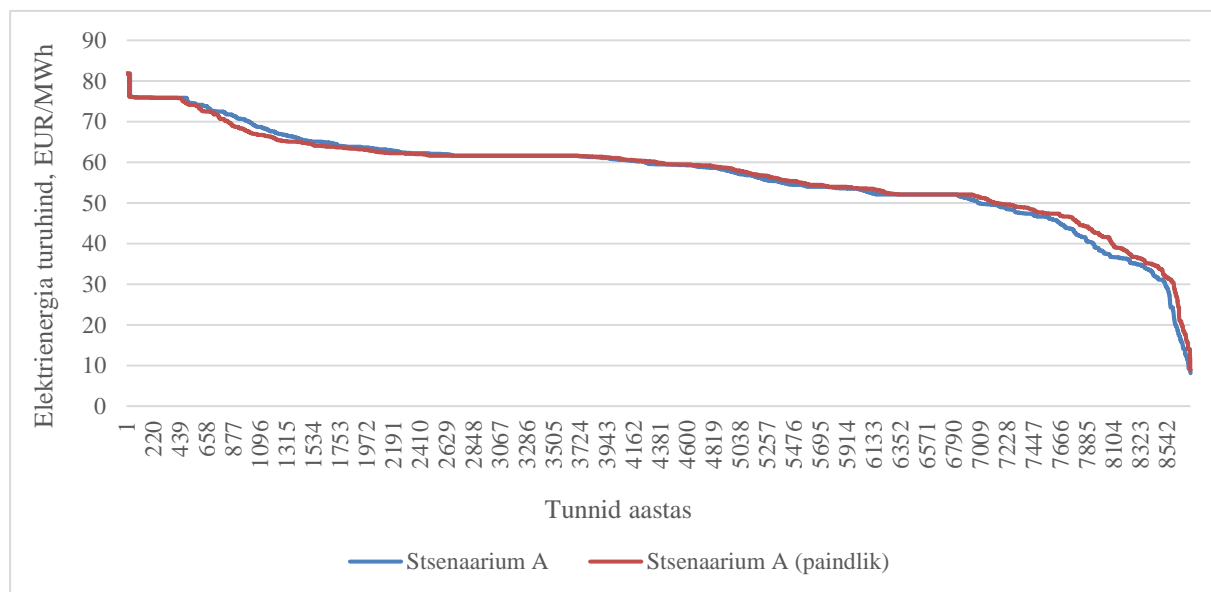
Paindliku laadimise lisaanalüüs

Eelnevas stsenaariumianalüüsis sooritati arvutused, eeldades fikseeritud elektertranspordi energiatarbimise profiili kogu modelleeritava perioodi vältel. Lõviosa elektertranspordi elektriener-

gia tarbimisest moodustaksid elektriautod, mis tavapärase kasutamise käigus saavad olla võrguga ühendatud suurema osa päevast: näiteks tööpäeviti töö ajal ja öötundidel on suurem osa autodest statsionaarsed. Pikk võrguga ühenduses olemise aeg tähendab, et elektriautode akude laadimist on võimalik korraldada paindlikult.

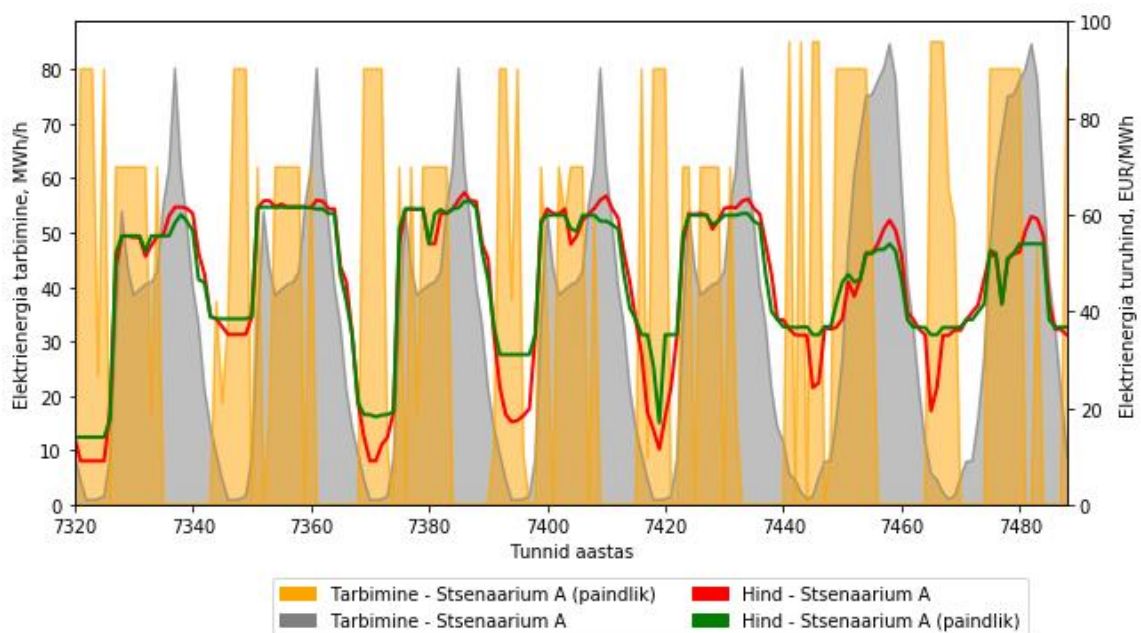
Käesolevas analüüsis on stsenaariumi A tunnipõhine modelleerimine aastal 2030 teostatud uuesti samade sisendandmetega. Erinevuseks on mudelile antud teatud vabadus elektriautode laadimistsüklite ajastamiseks. Tarbimisprofiilid on jagatud ajaliselt osadesse: päevane aeg ja öhtune aeg, kus eelduste kohaselt on inimesed enamasti paikselt ning tänu sellele saavad valida, millal autode akusid laadida. Mudelile anti küll vabadus, kuidas ajastada päevasel ja öhtusel ajal akude laadimist ning kuidas päevase ja öhtuse perioodi ajal laadimist korraldada, kuid rakendati nõuded aetava energia koguhulga jaoks ning limiteeriti maksimaalset tarbimisvõimsust.

Joonisel 3.20. on välja toodud paindlikkuse lisandumisest tingitud elektrienergia turuhinna kestvuskõvera muutus võrreldes stsenaariumiga A ilma paindliku laadimiseta. Võib märgata muutusi keskmisest veidi kõrgema ja madalama hinnaga tundidel. Seega võib täheldada hinna teatavat ühtlustumist ning volatiilsuse vähenemist. Aastakeskmises hinnas märkimisväärset erinevust ei esine.



Joonis 3.208. Elektrienergia turuhinna kestvuskõvera muutus paindliku laadimise lisamisel

Joonisel 3.21. on kujutatud hinnamuutuste ja paindliku tarbimise mõju elektertranspordi tarbimisprofiilile ühe nädala tundide kaupa. Joonisel on kujutatud ka elektrisõidukite tarbimisprofiilid fikseeritud ja paindliku laadimise korral. Võib jälgida, et öhtusel tipp-tunnil elektrisõidukite laadimist ei esine, vaid see tehakse ära muudel ajahetkedel. Paindliku laadimise hinna ühtlustav mõju on jooniselt selgelt jälgitav: madala tarbimisega öötundidel on elektrienergia hinnad mõnevõrra tõusnud ning päevastel kõrge hinnaga tundidel muutunud mõnevõrra madalamaks.



Joonis 3.21. Elektertranspordi tarbimise ja elektrienergia turuhinna muutus ühe nädala vältel paindliku laadimise lisamisel

Kokkuvõtvalt näitab paindlikkuse analüüs, et elektertranspordi tarbimise paindlikumaks muutmiseks on võimalik elektertranspordi elektrienergia tarbimisest lisanduvat mõju teatud määral vähendada. Tulemused ei viita küll paindliku laadimise implementeerimisel hinnanivoo üldise taseme muutustele, kuid märgatavad erinevust võib täheldada lühiajalises volatiilsuses.

Elektertranspordi kiirenenud areng omab lähipiirkonna elektriturule mõõdukat mõju. Modelleerimise tulemusena kerkivad tänu kasvanud elektrienergia tarbimisele turupõhised investeringud elektrienergia tootmisvõimsustesse – täpsemalt tuuleparkidesse. Elektrienergia suurenenud tarbimine toob kaasa ka mõningase elektrienergia aastakeskmise hinna tõusu, mis jääb aga samuti mõõdukaks, ligikaudu 3 eurot/MWh aastal 2030. Paindliku laadimise lisaanalüüs näitas,

et nutikate seadmete rakendamine elektrisõidukite akude laadimisse ei too kaasa märkimisväärset muutust keskmises hinnanivoos, kuid vähendab mõnevõrra hinna volatiilsust ning aitab elektertranspordi tarbimist nihutada eemale elektrisüsteemi koormuse tiputundidelt.

Finantsanalüüs

Balmorel-mudeli väljundina arvatud majanduslike näitajate muutus võrreldes 0-stsenaariumiga on esitatud tabelis 3.2. Tänu elektrienergia tarbimise kasvamisele on stsenaariumides A, C ja D tõusnud ka aasta keskmine elektrienergia turuhind. Turuhinna tõus toob kaasa tarbijate mõnevõrra kasvanud kulutused elektrienergiale, mistõttu võib viidatud tabelist näha, et nendele on uuritud stsenaariumide mõju eelkõige negatiivne. Seevastu elektrienergia tootjatele on stsenaariumide mõju positiivne, kuna kasvanud turuhind suurendab nende sissetulekuid. Stsenaariumides on märgata ka mõningast kasvu ülekoormustulus seoses turupiirkondade-vahelise ülekandevõimsuse suurenemisega. Muutused elektrituru osaliste tulus on selgelt seotud lisanduva elektrienergia tarbimise kogusega, ehk mõjud on kõige märgatavamad stsenaariumis A, kus on märgata kõige suuremat elektrienergia tarbimise kasvu.

Tabel 3.2. Diskonteeritud tulud ja -kulud Balmorel-mudelis võrrelduna 0-stsenaariumiga

Näitaja (miljonit eurot)	Stsenaarium		
	A	C	D
Elektritootjate kasu	54,8	37,2	12,1
Ülekoormustulu	4,1	4,2	2,2
Tarbijate kasu	-140,9	-93,0	-31,1
KOKKU FNPV	-82,0	-51,6	-16,8

Balmorel-mudelis arvatud elektritootmise kasud-kahtud sisestati koos transpordivaldkonna kasude-kahtudega majandusmudelisse, et läbi viia finantsanalüüs (vt tabel 3.3.). Transpordivaldkonna kasude-kahtudena käsitati käesolevas etapis eelkõige tarbija kulutusi transpordikü- tuste soetamisele. Lisaks kaasati analüüsi rahakäive maksulaekumistest riigieelarvesse.

Tabel 3.3. Finantsanalüüsi diskonteeritud tulemused (mln eurodes) võrrelduna 0-stsenaariumiga

Näitaja	Stsenaarium			
	A	B	C	D
Energeetikavaldkonna kasu (vt tabel 3.2.)	-82,0	N/A	-51,6	-16,8
Transpordivaldkonna kasu, sh	218,9	213,2	313,7	131,1
<i>maanteetransport</i>	223,4	173,8	275,8	93,2
<i>linna elektertransport</i>	-1,5	0	-1,5	-1,5
<i>raudteetransport</i>	-3,0	39,4	39,4	39,4
Maksulaekumiste muutus	-117,2	-406,7	-414,1	-257,1
KOKKU FNPV	19,7	-193,5	-152,0	-142,8

Finantsanalüüsi tulemused näitavad elektertranspordi stsenaariumi (A) lihtmajanduslikku tasuvust erinevalt stsenaariumidest B...D. Stsenaariumi B puhul selgus, et riigi maksutulu vähenemine naftatoodete asendamisel maagaasi ja biometaaniga on aktsiisimäärade erinevuse tõttu selline, et tarbijate võit ei suuda seda korvata. Käesoleval juhul võidab tarbija aktsiisierinevusest, kuid peab investeerima uude sõidukiparki, nagu ka ettevõtjad. Ettevõtjate seisukohalt on aktsiis omakorda maksustatav ka käibemaksuga, mis riigil jääb stsenaariumi B puhul saamata.

Majandusanalüüs

Majandusanalüüsi etapis elimineeriti rahakäive aktsiisilaekumistest, kuna tegemist on majanduspoliitilise survemeetmega, mis olemuslikult peab suunama nõudluse-pakkumise tasakaalu energeetikas ja transpordis. Selle asemel kaasati mudelisse energia- ja veondusvaldkondade kahjulike ainete emissioonide muutus, millele omistati rahaline väärtus. Tulemused on esitatud tabelis 3.4.

Tabel 3.4. Majandusanalüüsi diskonteeritud tulemused (mln eurodes) võrrelduna 0-stsenaariumiga

Näitaja	Stsenaarium			
	A	B	C	D
Energeetikavaldkonna kasu (vt tabel 3.2.)	-82,0	N/A	-51,6	-16,8
Transpordivaldkonna kasu (vt tabel 3.3.)	218,9	213,2	313,7	131,1
Transpordisektorite emissioonide muutus, sh	80,5	63,0	59,0	43,8
KOKKU ENPV	217,4	276,2	315,7	155,3

Tabelist selgub, et stsenaarium C, elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud areng, omab eeldusteks võetud tingimustel suurimat majanduslikku nüüdispuhasväärtust. Stsenaarium A nõrkuseks on energeetikavaldkonna kahju, mille vähendamisel võib saada eelise elektertranspordi eelisarendamise stsenaarium. Nullpunkt stsenaariumide A ja C vahel saabub siis, kui kulutused uue veeremi soetamiseks on 25-27% väiksemad, või energeetikavaldkonna kasud-kahjud on ca 80% väiksemad.

Töö tulemused poliitikadokumentide kontekstis

Tabelis 3.5. on toodud majandusanalüüsi tulemuste võrdlus peamistes valdkondlikes arengudokumentides toodud meetmetega.

Tabel 3.5. Majandusanalüüsi tulemuste kooskõla arengudokumentides sõnastatud meetmetega

Meede	Stsenaarium			
	A	B	C	D
Energiamajanduse arengukava aastani 2030				
Alternatiivsete kütuste kasutuselevõtu suurendamine transpordis	+/-	+	+	-
Motoriseeritud individuaaltranspordi nõudluse vähendamine	-	-	-	-
Tõhus sõidukipark	+	+	+	-
Transpordi arengukava 2014-2020				
Säästlikuma liikumisviisi eelistamine	-	-	-	-
Taastuvate kütuste kasutamise soodustamine teetranspordis	+	+	+	-
Autopargi ökoõmõmsuse suurendamine	+	+	+	-
Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020				
Ühistranspordi üleviimine taastuvenergiale	+	+	+	-
Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis	+/-	+	+	-

Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine	+	+	+	-
--	---	---	---	---

+ tulemused on kooskõlas arengudokumentides esitatud meetmete/tegevuste/eesmärkidega
 - tulemused ei ole kooskõlas või on neutraalsed võrreldes arengudokumentides esitatud meetmete/tegevuste/eesmärkidega

Ülaltoodud tabelist on nähe, et stsenaariumide A, B ja C tulemused toetavad riigi arengudokumentides sõnastatud peamisi eesmärke/meetmeid transpordivaldkonnas.

5. Kokkuvõte

Käesoleva teadus-arendustöö eesmärgiks oli hinnata elekter- ning gaastranspordile ülemineku sotsiaalmajanduslikke mõjusid Eesti ühiskonnale. Töö käigus kaardistati võimalikud arengud transpordisektoris aastani 2030. Koostatud stsenaariumidesse kombineeriti erinevad arengud, mis andsid alust prognoosida elektri või gaasi osakaalu olulist suurenemist transpordikütuste bilansis kuni aastani 2030. Modelleerimise raames hinnati stsenaariumide mõju elektri- ja gaasitarbimisele ning koormusgraafiku kujule, energiabilansile, emissioonidele ning väliskaubandusbilansile, kasutades kahte modelleerimistarkvara – LEAP ja Balmorel.

Töö tulemusena selgus, et etteantud tingimustel omab suurimat nüüdispuhasväärtust stsenaarium, mille kohaselt toimub elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud areng. N.-ö puhta elektertranspordi stsenaariumi puuduseks on energeetikavaldkonna kahju, mille vähendamisel võib nimetatud stsenaarium saada eelise.

N.-ö puhta gaastranspordi stsenaariumi puhul selgus finantsanalüüsis, et riigi aktsiisitulu vähenemine naftatoodete asendamisel maagaasi ja biometaaniga on aktsiisierinevuste tõttu suur võrreldes tarbijakasu suurenemisega. Majandusanalüüsis osutus gaastranspordi stsenaarium konkurentsivõimeliseks juhul, kui ei esine energeetikavaldkonna kahjusid. Siis on gaastranspordi arendamine majanduslikult kasulikum kui elektertranspordi arendamine, kuid tema majanduslik nüüdispuhasväärtus jääb siiski alla elekter- ja gaastranspordi tasakaalustatud arengu stsenaariumile.

Stsenaarium, mis eeldas jäämist konventsionaalsete transpordikütuste juurde, ei osutunud tasuvaks üheski analüüsi etapis.

Kasutatud allikad

- AAA-01 Transpordi arengukava 2014-2020, <https://www.riigiteataja.ee/akti-lisa/3210/2201/4001/arengukava.pdf>
- AAA-02 Üleriigiline planeering Eesti 2030+, <https://eesti2030.wordpress.com/>
- AAA-03 Tallinna ühistranspordi arengukava 2011-2020
- AAA-04 Harju maakonna ühistranspordi arengukava 2025, <https://www.harjuytk.ee/documents/67371/4910606/HYAK+2025.pdf/d8c9c362-f097-4da2-886a-732db40ecc1d>
- AAA-05 Eesti energiamajandus 2015. Arengufond, http://www.arengufond.ee/wp-content/uploads/2015/11/EAF_Eesti_energiamaajandus_2015.pdf
- AAA-06 ENMAK 2030. Energiamaajanduse arengukava aastani 2030, https://www.mkm.ee/sites/default/files/enmak_2030_koos_elamumajanduse_lisaga.pdf
- AAA-07 [Jüssi, M.; Rannala, M.] ENMAK 2030. Transpordi stsenaariumid, https://energiatalgud.ee/index.php/ENMAK_2030_Transpordi_stsenaariumid?menu-33
- AAA-08 Eesti Statistika, <http://www.stat.ee/>
- AAA-09 Statistical Office of the European Union (Eurostat), <http://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- AAA-10 Long-range Energy Alternatives Planning System (LEAP), <https://www.energycommunity.org/>
- AAA-11 Balmorel, <http://www.balmorel.com/>
- AAA-12 Eesti logistikasektor. Majandusmõjude ja rahvusvahelise konkurentsivõime analüüs. AS PricewaterhouseCoopers Advisors, 2016
- AAA-13 Transport, infrastruktuur ja majandus. Miks uued maanteed võivad kahjustada majandust, kohalikku tööhõivet ning olla kahjulikud Euroopa maksumaksjale? Eesti Roheline Liikumine, 2001
- AAA-14 Engelkirchen, M. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2011
- AAA-15 Euroopa Liidu struktuuritoetus, <http://www.struktuurifondid.ee/et/>
- AAA-16 Tallinn arvudes 2017, <http://www.tallinn.ee/est/Tallinn-arvudes>
- AAA-17 Intervjuu – Andres Harjo, Tallinna Transpordiamet

- AAA-18 Klaas, U. Tartu Linnavalitsuse kogemus tellija ja kliendina, *konverents Ühine transport – vajaduspõhisest nauditavaks*, 13.05.2014, Tallinn
- AAA-19 Kirjavahetus – Toomas Talts, Pärnu ühistranspordikeskuse vanemlogistik, 28.01.2016
- AAA-20 Intervjuu – Andrei Poludetkin, Kohtla-Järve linnavalitsuse transpordi peaspetsialist, 28.01.2016
- AAA-21 Maanteeamet, <https://www.mnt.ee/et>
- AAA-22 Eesti Liinirongid AS (Elron, end. Elektriraudtee AS), <http://elron.ee/>
- AAA-23 AS Kihnu Veeteed, <http://www.veeteed.com/>
- AAA-24 AS Saaremaa Laevakompanii, <http://www.tuulelaevad.ee/>
- AAA-25 Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse turismiarenduskeskus (endine EAS Turismiagentuur)
- AAA-26 Pukk, P. Eestis käib autoga tööl iga teine hõivatu, Statistikaameti ajaveeb 17.09.2015, <https://statistikaamet.wordpress.com/2015/09/17/eestis-kaib-autoga-tool-iga-teine-hoivatu/>
- AAA-27 Pukk, P. Millega veetakse kaupa, millega reisijaid?, *Eesti Statistika Kvartali-kiri*, 4/2015
- AAA-28 Ühistranspordiseadus, aktuaaltekst <https://www.riigiteataja.ee/akt/%C3%9CTS>
- AAA-29 ELMO – Eesti elektromobiilsuse programm, <http://elmo.ee/elmo/>
- AAA-30 Tallinna Linnatranspordi AS, <https://www.tallinnlt.ee/>
- AAA-31 Tallinna Transpordiamet, <http://www.tallinn.ee/est/transpordiamet>
- AAA-32 TS Laevad OÜ, <https://www.praamid.ee/wp>
- AAA-33 Reisiplaneerimise portaal, <http://www.peatus.ee>
- AAA-34 Narva linnavalitsus, <http://www.narva.ee/ee/vasakpoolsed/transport/>
- AAA-35 AS Eesti Raudtee, <http://www.evr.ee/>
- AAA-36 AS Tallink Grupp, <https://www.tallink.com/about>
- AAA-37 AS EVR Cargo, <http://www.evrcargo.ee/>
- AAA-38 Lindaliini AS, <http://lindaline.ee/>
- AAA-39 AS Tallinna Sadam, <http://www.ts.ee/>
- AAA-40 Vennik, E. Eesti Energia Kaevanduste raudtee tähistab 65. juubelit, pressiteade 12.12.2014

- AAA-41 Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) nr 1315/2013, 11. detsember 2013, üle-euroopalise transpordivõrgu arendamist käsitlevate liidu suuniste kohta ja millega tunnistatakse kehtetuks otsus nr 661/2010/EL
- AAA-42 Rahandusministeerium, <http://www.fin.ee/>
- AAA-43 Pihor, K. *et al.* Euroopa Liidu struktuurivahenditest teostatud transpordiinvesteringute mõjude hindamine, SA Poliitikauuringute Keskus Praxis, OÜ Stratum, OÜ Positium LBS, 2017
- AAA-44 Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, <https://www.mkm.ee/et>
- AAA-45 Rail Baltic Estonia OÜ, <http://railbaltic.info/et/>
- AAA-46 Valge raamat Euroopa ühtse transpordipiirkonna tegevuskava – konkurentsi- võimelise ja ressursitõhusa transpordisüsteemi suunas, KOM/2011/0144, Brüssel, 28.03.2011
- AAA-47 Euroopa Komisjoni Transpordi ja Liikuvuse Peadirektoraat (DG TREN), https://ec.europa.eu/transport/home_en
- AAA-48 Eesti merenduspoliitika 2012-2020, <https://www.mkm.ee/sites/default/files/merenduspoliitika.pdf>
- AAA-49 Nõuded vedelkütusele. Majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus, aktuaaltekst <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012011024?leiaKehtiv>
- AAA-50 Vedelkütuse seadus, aktuaaltekst <https://www.riigiteataja.ee/akt/VKS>
- AAA-51 Eesti standard EVS-EN 228:2012. Mootorikütused. Pliivaba mootoribensiin. Nõuded ja katsemeetodid
- AAA-52 Eesti standard EVS-EN 590:2013. Mootorikütused. Diislikütus. Nõuded ja katsemeetodid
- AAA-53 Ott, J. *et al.* Biodiisli tootmise alustamise tasuvuse analüüs. HeiVäl Consulting Group, 2004
- AAA-54 Kask, Ü. Biodiislikütuse tootmise ja kasutamise võimalused Eestis (energia- ja kütusemajandus). Aruanne. Tallinna Tehnikaülikooli soojustehnika instituut, 2013
- AAA-55 Alexela Oil AS, <https://www.alexelaoil.ee/lpg/>
- AAA-56 The World Factbook. Central Intelligence Agency (CIA), 2014-2015
- AAA-57 Vantuono, W. C. Locomotives: Is LNG the next generation? *RailwayAge*, September 10, 2014
- AAA-58 AS Eesti Gaas, <http://www.gaas.ee/>
- AAA-59 The Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA), <http://www.ngva.eu/>

- AAA-60 Gaznet OÜ, <https://gaznet.ee/>
- AAA-61 Eesti standard EVS-EN 16723:2017. Natural gas and biomethane for use in transport and biomethane for injection in the natural gas Network
- AAA-62 Eesti standard EVS-EN 16726:2015. Gaasivarustussüsteemid. Gaasi kvaliteet. Rühm H
- AAA-63 ERG-TS 9:2015. Võrgugaasi kvaliteedinõuded
- AAA-64 GV-TS 9:2015. Võrgugaasi kvaliteet
- AAA-65 Audi e-gas project, <http://www.audi.com/corporate/en/corporate-responsibility/we-live-responsibility/product/audi-e-gas-project.html>
- AAA-66 DVGW G 262:2011-09. Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung
- AAA-67 OY Woikoski AB, <http://www.woikoski.fi/en/articles/second-hydrogen-filling-station-opens-vuosaari-helsinki>
- AAA-68 Technology Roadmap. Hydrogen and Fuel Cells. International Energy Agency (IEA), 2015
- AAA-69 Kütteväärtuse kalkulaator, <http://www.ruemmele.ch/eco/co2.php>
- AAA-70 Technology Roadmap. Electric and plug-in hybrid electric vehicles. International Energy Agency (IEA), 2011
- AAA-71 Cazzola, P. *et al.* Production Costs of Alternative Transportation Fuels. Influence of Crude Oil Price and Technology Maturity. International Energy Agency (IEA), 2013
- AAA-72 Greenhouse gas emissions in Estonia 1990-2013. National inventory report. Tallinn, 2015
- AAA-73 Eesti Gaasiliit, <http://www.egl.ee/>
- AAA-74 CNG Europe, <http://cng europe.com/countries/latvia/>
- AAA-75 UAB SG dujos, <http://sgdujos.lt/en/>
- AAA-76 Wingas GmbH, <https://www.wingas.com/en/raw-material-natural-gas/mobility-with-natural-gas.html>
- AAA-77 gibgas.de, <http://www.gibgas.de/Planet%20Erde/Emissionen>
- AAA-78 Meriste, T. Keskkonnaalased väljakutsed energiamajanduses. Avalik loeng Tallinna Tehnikaülikoolis 09.12.2015

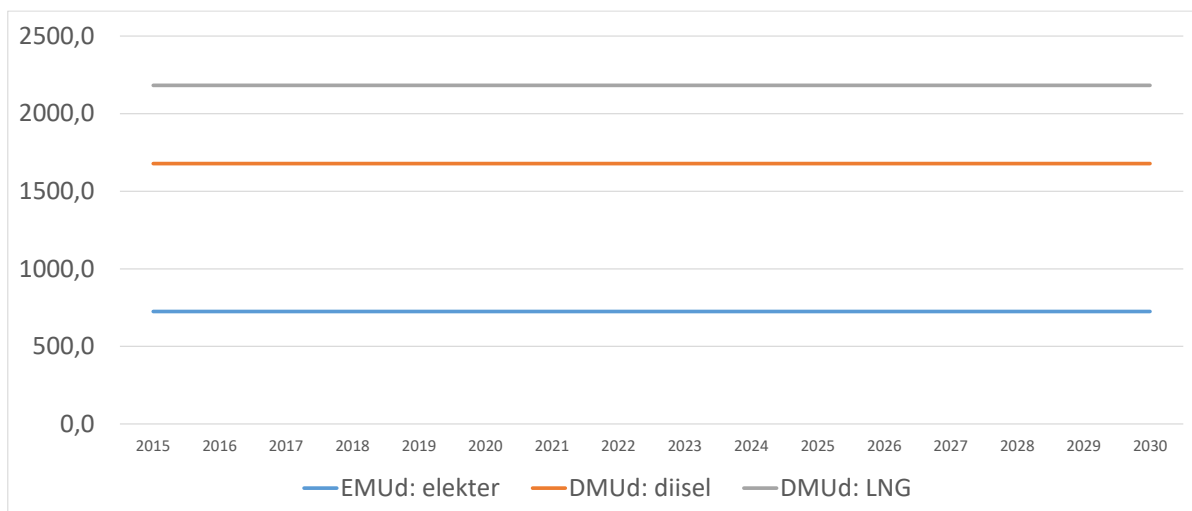
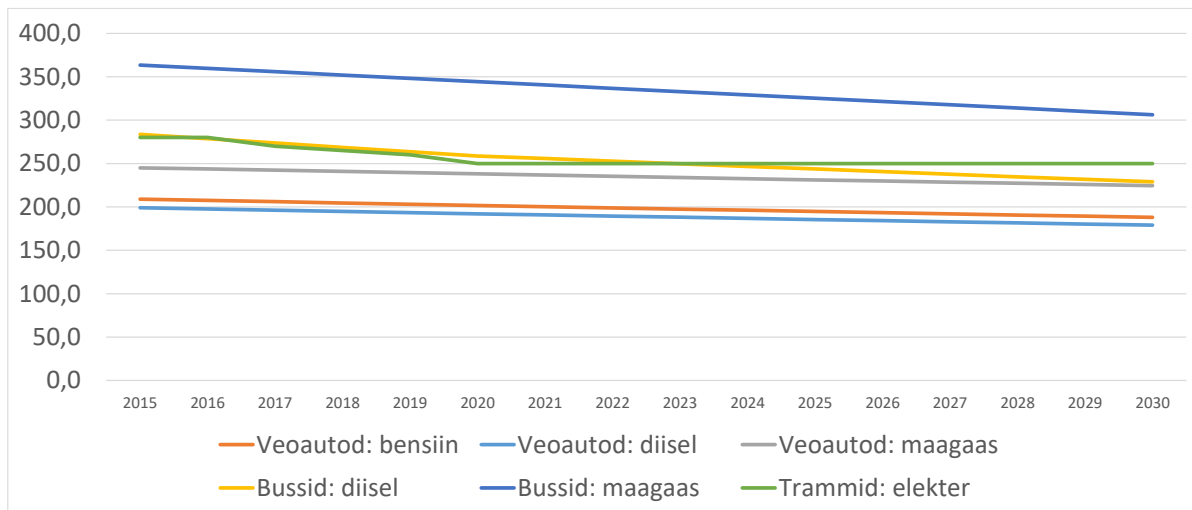
- AAA-79 Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) nr 333/2014, 11. märts 2014, millega muudetakse määrust (EÜ) nr 443/2009, et määrata kindlaks meetodid uute sõiduautode CO₂-heite vähendamise 2020. aasta sihttaseme saavutamiseks
- AAA-80 Intervjuu – Toomas Haidak, majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 19.01.2016
- AAA-81 Reimer, A., Kisel, E. Aafrika eeskuju annab eestlastele energeetilise sõltumatus (intervjuu), <http://majandus24.postimees.ee/3461883/aafrika-eeskuju-annab-estlas-tele-energeetilise-soltumatuse>, 11.01.2016
- AAA-82 Intervjuu – Enn Õunpuu, Elcogen, 02.02.2016
- AAA-83 Rail Baltica Global Project Cost-Benefit Analysis. Final Report. E&Y, 2017
- AAA-84 FinEst Link, <http://www.finestlink.fi/et/>
- AAA-85 Honacker, H. Van, Clean Power for Transport Alternative fuels infrastructure Policy Perspective, *The 2030 Energy and Climate Policy Framework: The Directive on the deployment of alternative fuels infrastructure*, Brussels, 14 October 2015
- AAA-86 Jüssi, M., Poltimäe, M., Luts, H., Metspalu, P. Energiasäästupotentsiaal Eesti transpordis ja liikuvuses. Tallinn, 2014
- AAA-87 Pariisi kliimakonverents (COP21), <http://envir.ee/et/pariisi-kliimakonverents-cop21>
- AAA-88 Maksu- ja Tolliamet, <http://www.emta.ee/et>
- AAA-89 AS Gaasivõrgud, <http://www.gaasivorgud.ee/>
- AAA-90 Autopargi läbisõit Eestis 2012. a. Tallinn: IB Stratum, 2013
- AAA-91 Intervjuu – professor Dago Antov, Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstehnika instituudi logistika ja transpordi teaduskeskus
- AAA-92 Intervjuu – Üllar Kaljuste, AS SEBE
- AAA-93 Pelkmans, L., De Keukeleere, D. & G. Lenaers. Emissions and fuel consumption of natural gas powered city buses versus diesel buses in realcity traffic. *WIT Transactions on The Built Environment*, 52, 2001
- AAA-94 Natural Gas Facts & Figures. New Approach & Proposal. *World Gas Conference*, Paris, 2015
- AAA-95 Grushevenko, E., Grushevenko, D. and V. Kulagin. Long-Term Impact of Technological Development on European Road Transportation Sector's Fuel Mix: Focus on Electric Vehicles. *Electric Power Quality and Supply Reliability (PQ)*, 2016

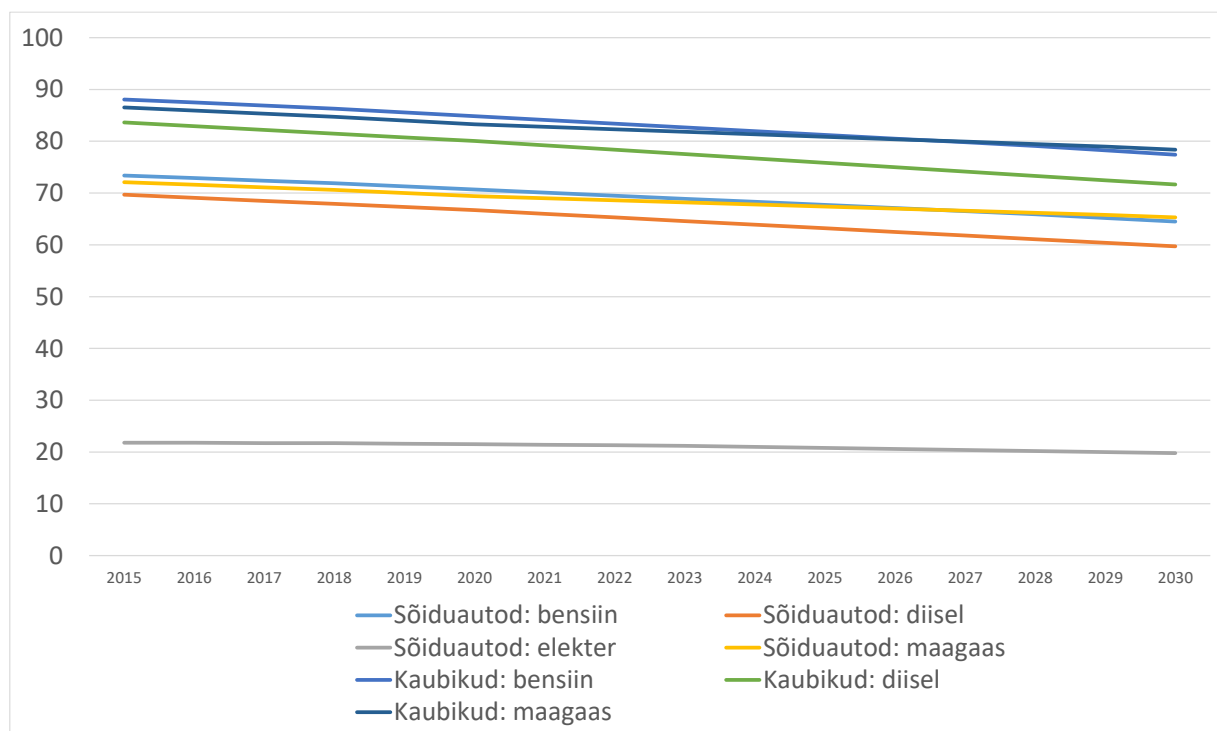
- AAA-96 Nijboer, M. The Contribution of Natural Gas Vehicles to Sustainable Transport. International Energy Agency (IEA), 2010
- AAA-97 Technology Data for Energy Plants. Generation of Electricity and District Heating, Energy Storage and Energy Carrier Generation and Conversion. Danish Energy Agency and Energinet.dk, 2012
- AAA-98 EU Energy, Transport and GHG Emissions: Trends to 2050. European Commission, 2014
- AAA-99 Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. European Commission: Directorate-General for Regional and Urban policy, 2014
- AAA-100 Tulu teenivate projektide juhend programmiperioodil 2014-2020. Rahandusministeerium, 2015
- AAA-101 Avaliku sektori finantsarvestuse ja -aruandluse juhend. Rahandusministri 11.12.2003 määrus nr 105, aktuaaltekst RT I, 28.10.2016, 12
- AAA-102 Elmik, L. Toorainete hinnalangus ehitusmaterjalide tootmise sektoris. *Swedbanki ehitusmaterjalide tootjate seminar*, 16. märts 2016
- AAA-103 Euroopa Komisjoni Energeetika Peadirektoraat: *Weekly Oil Bulletin*, <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/weekly-oil-bulletin>
- AAA-104 Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus, aktuaaltekst <https://www.riigiteataja.ee/akt/ATKEAS>
- AAA-105 Käibemaksuseadus, aktuaaltekst <https://www.riigiteataja.ee/akt/125102012017?leiaKehtiv>
- AAA-106 Vohu, V. Eesti biometaani ressursside kasutuselevõtu analüüs. Tallinna Tehnikaülikool ja Eesti Maaülikool, 2015
- AAA-107 Koostööveeb energiatalgud.ee, <https://energiatalgud.ee/index.php?title=Energiatalgud:Tutvustus>
- AAA-108 AS Elering, <https://elering.ee/>
- AAA-109 CME Group, Inc., http://www.cmegroup.com/trading/energy/crude-oil/light-sweet-crude_quotes_settlements_futures.html, 17.10.2016
- AAA-110 World Energy Outlook 2015. International Energy Agency (IEA), 2015
- AAA-111 National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ), <http://www.nasdaqomx.com/commodities/market-prices>, 17.10.2016

- AAA-112 Annex VI to the International Convention for the prevention of Pollution from ships (MARPOL Convention)
- AAA-113 Elektrilevi OÜ, <https://www.elektrilevi.ee/>
- AAA-114 Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высш. шк., 2003
- AAA-115 Shindell, T. The Social Cost of Atmospheric Release. *Economics Discussion Paper*, No. 2013-56
- AAA-116 GHG Lifetimes and GWPs for ozone-depleting substances and their replacements, http://climatechangeconnection.org/wp-content/uploads/2014/08/GWP_AR4.pdf
- AAA-117 Calculating Greenhouse Gases. International Carbon Bank & Exchange (ICBE), <http://www.icbe.com/emissions/calculate.asp>
- AAA-118 Eesti elektrimajanduse väliskulude arvutamise meetodika. Tallinn: SA Säästva Eesti Instituut, 2006
- AAA-119 COPERT, <http://emisla.com/products/copert>
- AAA-120 Myhre, G. *et al.* Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2013
- AAA-121 Nord Pool, <http://www.nordpoolspot.com/>
- AAA-122 Liu, Wu, Nielsen and Wang. Day-Ahead Energy Planning with 100% Electric Vehicle penetration in the Nordic Region by 2050, *Energies* 2014, 7(3), 1733-1749

Lisad

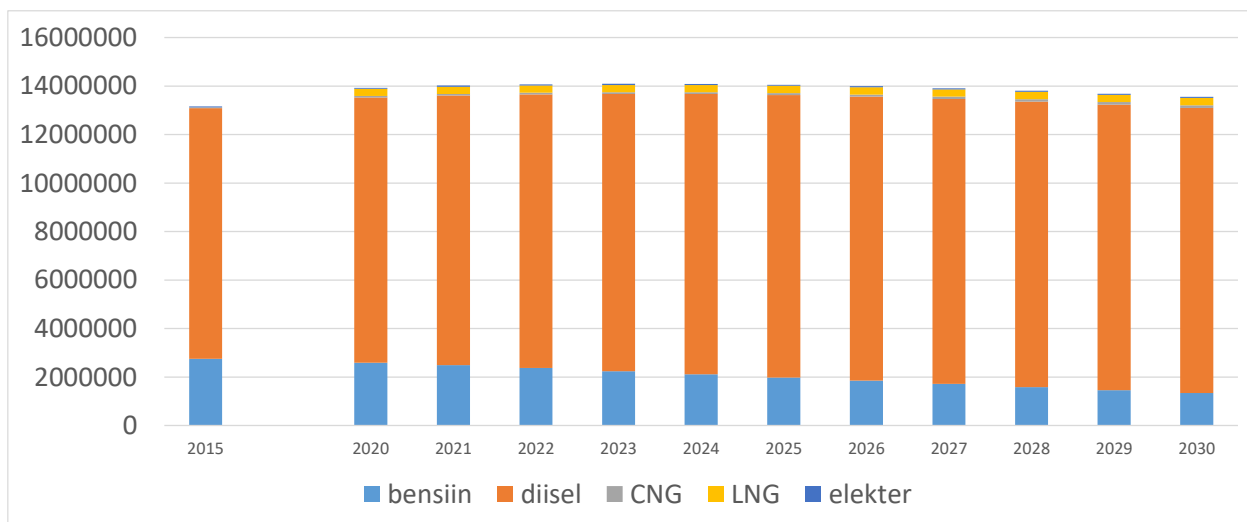
Lisa 1. Eesti sõidukipargi keskmise kütuse erikulu (kWh/100 km kohta) prognoos 2016-2030



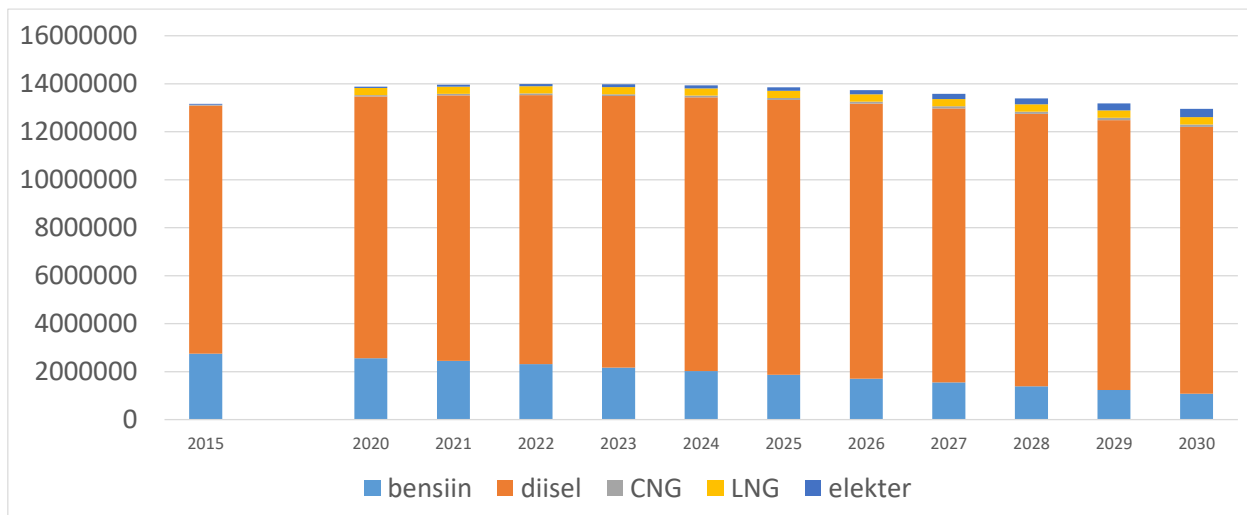


Lisa 2. Transpordikütuste tarbimine 0-stsenaariumis ja stsenaariumides A...D

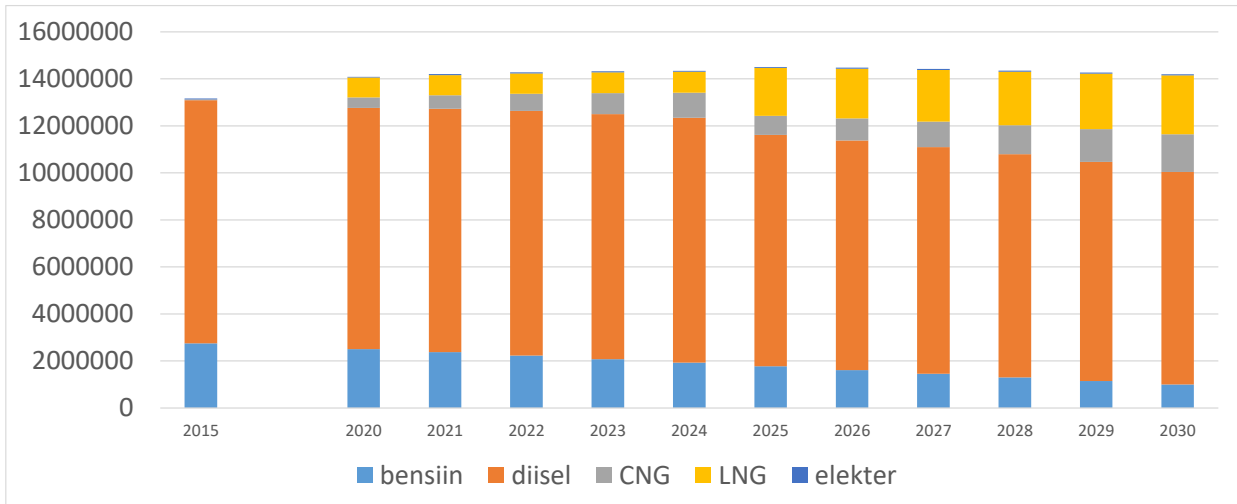
A. 0-stsenaarium



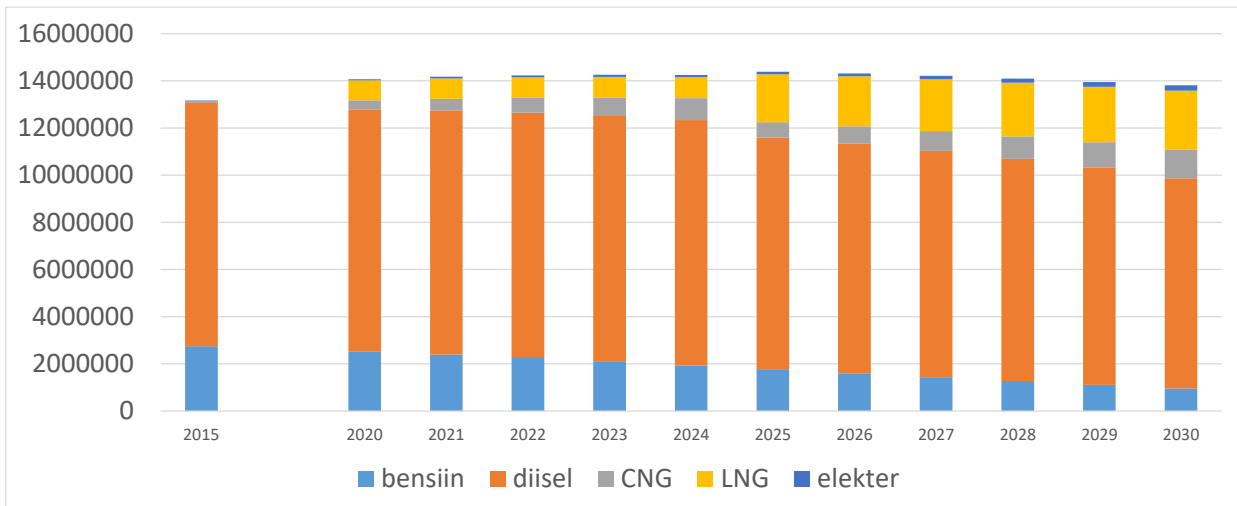
B. Stsenaarium A



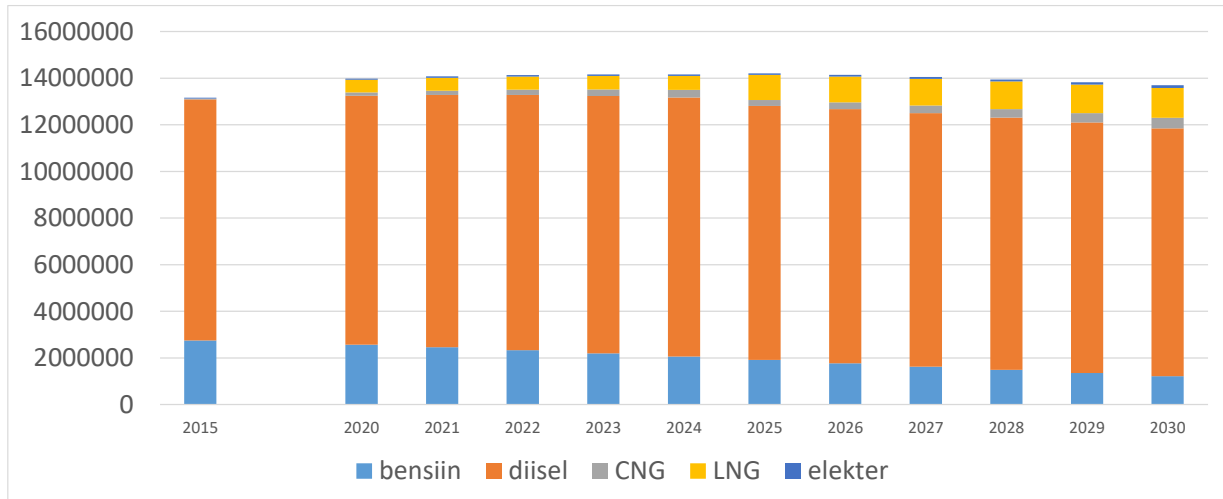
C. Stsenaarium B



D. Stsenaarium C



E. Stsenaarium D



Lisa 3. Elektrienergia tarbimiskoormuste suurenemine maakonniti stsenaariumis A nullstsenaariumi suhtes

Maakond	Lisanduv tiputarbimise võimsus, MW	Lisanduv elektrienergia tarbimine, MWh
Tallinn	20,9	76
Harju	18,4	65
Hiiu	0,4	1
Ida-Viru	4,1	14
Jõgeva	2,7	10
Järva	2,7	10
Lääne	2,2	8
Lääne-Viru	4,1	15
Põlva	1,9	7
Pärnu	4,7	16
Pärnu linn	1,3	4
Rapla	2,7	10
Saare	2,0	7
Tartu	6,3	22
Tartu linn	2,7	10
Valga	1,5	5
Viljandi	2,7	10
Võru	1,6	6