



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut
Soojusjõuseadmete õppetool

MSJ40LT

Sander Soone

SURUGAASI TANKLATE ARENDUSE VÕIMALUSED EESTIS

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Igor Krupenski juhendamisel

“.....”201.... a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201....a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

TTÜ soojustehnika instituut

Soojusjõuseadmete õppetool

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Sander Soone, 120685

Õppekava: MASB

Eriala: Soojusenergeetika

Juhendaja: assistent, Igor Krupenski

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Surugaasi tanklate arenduse võimalused Eestis

(inglise keeles) Possibilities of CNG stations development in Estonia

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Sissejuhatus – teema püstitamine	25. mai
2.	Mis on surugaas? Ülevaade maagaasist ja gaaskütustest	25. mai
3.	Surugaasitanklate, autode ja busside ülevaade tänasel päeval Eestis	25. mai
4.	Ülevaade teistest Euroopa riikidest	25. mai
5.	Tanklavõrgustiku arendamisega seotud probleemid Eestis	25. mai

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Tanklate tööprotsess; diisel- ja gaasibusside võrdlus; tanklate rajamise kulukus

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt

Töö esitamise tähtaeg.....

Üliõpilane Sander Soone /allkiri/..... kuupäev.....

Juhendaja Igor Krupenski /allkiri/..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöörde

SISUKORD

JOONISTE LOETELU	5
TABELITE LOETELU	6
EESSÕNA.....	7
SISSEJUHATUS.....	8
1 SURUGAAS KUI KÜTUS.....	9
1.1 Mis on maagaas ja kuidas seda saadakse ?.....	9
1.2 Erinevad gaaskütused	10
1.3 Surugaasi areng.....	11
1.4 Surugaasi tanklate tehnoloogia.....	12
1.5 CNG ohutus	14
2 SURUGAAS EESTIS	16
2.1 Tanklad	16
2.2 CNG autod.....	18
2.3 CNG ühistranspordis	22
2.4 Gaasi – ja diiselmusside võrdlus.....	23
3 ÜLEVAADE TEISTEST RIIKIDEST	25
3.1 Itaalia	26
3.2 Saksamaa	26
3.3 Rootsi.....	27
4 ARENDAMINE EESTIS.....	30
4.1 Euroopa Liidu taastuvenergia direktiiv 20-20-20.....	30
4.2 Gaasi tarnimise kindlus	31
4.3 Tanklavõrgustiku arendamine	34
KOKKUVÕTE.....	37
SUMMARY	39
KASUTATUD KIRJANDUS	41

JOONISTE LOETELU

Sele 1.1 Suur-Sõjamäe CNG tankla kompressorjaam.....	13
Sele 1.2 Suur-Sõjamäe CNG tankla tankur	13
Sele 1.3 Škoda Octavia CNG mahutid ⁹	14
Sele 2.1 Pärnu CNG tankla koos MAN CNG bussiga ¹⁰	17
Sele 2.2 Kolmeastmelise tankla skeem ¹¹	17
Sele 2.3 Škoda Octavia CNG skeem ⁹	19
Sele 2.4 Eesti Gaasi kodulehel olev tankla kalkulaator	21
Sele 2.5 Tartus kasutusel olev Scania gaasibuss ²⁰	22
Sele 2.6 AS MRP Linna Liinid kasutuses olev MAN surugaasi liigendbuss ¹⁹	23
Sele 3.1 CNG tanklate arvukus Euroopa riikides ²³	25
Sele 3.2 Biogaasi tootmise jaam Västeras.....	28
Sele 3.3 Bussipargis asuv kiirtankur ²⁴	29
Sele 3.4 Bussipargi aeglase tankimise kohad ²⁴	29
Sele 4.1 Meetmete panused 10% eesmärgi saavutamiseks ²⁶	31
Sele 4.2 CNG tarbimine Eestis (tonnides)	34
Sele 4.3 Potentsiaalsed tanklad tulevikus Eestis ¹¹	36

TABELITE LOETELU

Tabel 2.1 Škoda Octavia kütusearvutus	20
Tabel 2.2 Gaasi- ja diiselbussi võrdlus.....	24

EESSÕNA

Antud lõputöö ajendiks on autori isiklik huvi gaaskütuste kasutamise vastu transpordisektoris ning antud valdkonna tuleviku arengusuunade vastu. Lõputöö teema „Surugaasi tanklate arenduse võimalused“ pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika instituudi assistent Igor Krupenski, kelle juhendamisel antud töö ka valmis.

Autor tänab juhendajat Igor Krupenskit eeskujuliku juhendamise, infoküllase materjali ja kiire nõustamise eest.

SISSEJUHATUS

1908. aasta 1. oktoober oli kogu maailma transpordi jaoks revolutsiooniline päev – müügile jõudis esimene taskukohane sõiduauto Ford Model T. See andis võimaluse tavalisel tööklassi inimesel soetada endale isiklik mootoriga sõiduvahend ning liikuda edasi hobusest ja kaarikust. Sellest päevast on enam kui sajand möödas ning tehnika areng selle aja jooksul on olnud meeletu. Tänapäeva tänavatel liigub enam kui miljard autot, taevas lendavad kümned tuhanded suured lennukid, meredel seilavad võimsad laevad.

Kõik eelnev on aga alguse saanud maapõuest väärtuslik vedeliku avastamisest, mille abil kõik need motoriseeritud sõidukid liikuma saab – nafta. Nafta, teise nimega must kuld, avastati juba ammustel aegadel, aga esimestena õnnestus töötava kommertsuurjaama tööle saada George Bisell ja Edwin L. Drake 1856 aasta 28. augustil Pennsylvanias, USA's. Nafta töötlemisel saadakse bensiini, mis on kergelt süttiv, enamasti värvusetu vedelik, mis koosneb kergetest süsivesinikest. Töötlemise tulemusena saadakse ka diisli, mis on teine väga populaarne mootorikütus.

Kütus koos mootorsõidukite loomisega ongi aluse pannud tänapäeva transpordi sektorile. Aga mida aeg edasi, seda vähemaks jääb maailmas naftavarusid. 2014. aastal tehtud uuringute kohaselt on maal naftavarusid alles 1,3 triljoni barreli jagu, millest ekspertide hinnangul jagub praeguse tempoga umbes 40. aastaks. Nafta hinnad on viimasel ajal väga tugevalt kõikunud, aga üldine trend näitab, et hinnad aina kasvavad. See on pannud otsima alternatiivseid kütuseid, millega vähendada bensiini ja diiselkütuse kasutamist transpordis.

Üheks parimaks alternatiiviks peetakse maagaasi. See põleb puhtamalt, ei vaja palju eelnevat töötlemist ning maailmas on varusid umbes 7 triljoni m³ jagu. See on üheks tulevikusuunaks ning valdkonda arendatakse jõudsalt.

Euroopa riikides nagu Saksamaa, Itaalia ja Rootsi on surugaasi kasutamine autodes laialt levinud ning tanklate võrgustik hästi välja arendatud. Eestis on aga surugaasi kasutamine transpordisektoris väga madal. Tanklaid on siiani rajatud vaid 5, mis ei moodusta efektiivset taristut üle kogu Eesti. Millised on aga põhilised probleemid, mis takistavad laiema surugaasitanklate võrgustiku rajamist Eestis? Selleks võiks olla surugaasi autode vähesus, tanklate rajamise kulukus ning sellega kaasnev risk, et valmis ehitatud taristu ei leia piisavalt tarbijaid.

1 SURUGAAS KUI KÜTUS

1.1 Mis on maagaas ja kuidas seda saadakse ?

Maagaas on looduslikest allikatest või nafta tootmisega koos eralduv kerge süsivesinikgaas. Maagaas koosneb põhiliselt metaanist, vähesel määral etaanist, propaanist, butaanist ja lämmastikust. See on fossiilsetest kütustest eelistatuim eelkõige vähese väävlisisalduse tõttu. Täielikul põlemisel eraldub süsihappegaas ja vesi, ei teki CO'd. Maagaasi põletamisel ei teki tahma ega saasta keskkonda raskemetallidega. Maagaasi väävlisisaldus on alla 0,0001 g/kg ning vääveldioksiidi (SO₂) eraldumine põletamisel 0,004 g/kWh. ¹

Maagaasi saadakse puurides maapinda vertikaalsed puuraugud. Gaasi mitte läbi laskvad pinnasekihid lõhutakse ning rõhu all olev maagaas tõuseb pinnale. Seejärel kogutakse gaas mahutitesse ning töödeldakse. Töötlemise käigus eraldatakse gaasist niiskust, etaani, propaani ja teisi gaasilisi ühendeid. ¹

Kildagaas on kiltkivide pooridesse kogunenud maagaas, mis samuti koosneb põhiliselt metaanist (CH₄). Selle ammutamiseks ei puurita mitte vertikaalseid puurauke, vaid horisontaalseid. Gaasi sisaldav kiltkivi purustatakse hüdrauliliselt ja gaas kogutakse mahutitesse. Kildagaas on põhiliselt kasutusele võetud USA's, aga seda imporditakse ka Euroopasse, et vähendada Venemaalt tuleva kalli torugaasi sõltuvust. ¹

Suurimad maagaasi leiualad on Venemaal, Iraanis, Kataris, Saudi-Araabias, Araabia Ühendemiraatides. Maagaasi koostis erineb olenevalt leiukohast. Eestis kasutatav maagaas on pärit Venemaalt ning on koostiselt üks parimaid (metaani 98%, etaani 0,67%, propaani 0,2%, butaani 0,07%, pentaani 0,02%, süsihappegaasi 0,03%, lämmastikku 0,95%). Keskmise kütteväärtus on 33-34 MJ/m³ ning 1 m³ gaasi põletamisel tekib keskmiselt 9,3-9,4 kWh soojusenergiat. ¹

¹ Kütused ja põlemine I osa, Aadu Paist 2014

1.2 Erinevad gaaskütused

CNG (*Compressed Natural Gas*) on gaas, mis on kõrgrõhule komprimeeritud ning seda kasutatakse surugaasisõidukite tankimisel spetsiaalsetes tanklates. Maagaasi energeetiline tihedus normaaltingimustel on väike võrreldes vedelkütusega. Gaasienergia hulga suurendamiseks tihendatakse gaasi rõhuni ~200 bar. Surugaasina kasutatakse maagaasi ning biometaani. Transportimiseks üldiselt vajadus puudub, kuna surugaasi tanklad ehitatakse tavalise maagaasitrassi lähedusse ning ühendatakse otse võrku. Tanklas olevad kompressorid komprimeerivad gaasi vajalikule rõhule.

LNG (*Liquefied Natural Gas*) on maagaas, mis on jahutatud kuni veeldumistemperatuurini -162 C°. Veeldamise protsessis eemaldatakse kõik komponendid, mis võivad külmuda kürogeense temperatuuri all. See tähendab, et eemaldatakse happed, raskemetallid, õliosakesed ning vesi. Veeldumisel LNG-ks väheneb maagaasi ruumala 600 korda, mis teeb suure koguse gaasi transportimise lihtsamaks. Maagaasi veeldamise tehnoloogia teeb võimalikuks LNG transportimise spetsiaalsete tankeritega suurte vahemaade taha ning LNG kaod ei ületa ka pikkadel reisidel 1-2%. LNG erikaal on ligikaudu 47% vee erikaalust. Metaan on õhust kergem lõhnata gaas, mistõttu võimaliku lekke korral lendub see atmosfääri. Plahvatusohtlik on metaani kontsentratsioon õhus vahemikus ainult 5-15%, millise iseeneslik teke on äärmiselt vähetõenäoline. LNG-d hoitakse suurtes mahutites -162 C° juures ning gaasistatakse vastavalt vajadusele seda soojendades, tekkinud maagaas suunatakse ühtsesse gaasi ülekandevõrku. Tänu ülimaldalaale temperatuurile LNG ei põle, mis teeb selle transportimise ja säilitamise suhteliselt ohutuks.²

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) on kokkusurutud gaas, mis koosneb valdavalt propaanist (C₃H₈) ja butaanist (C₄H₁₀). Seda saadakse nafta töötlemise kõrvalproduktina ning see esineb veeldatud kujul. LPG-d erinevalt LNG-st transporditakse rõhu all (propaan veeldub 22 bar juures) ning seetõttu transport sisaldab tänu rõhule lisariske. LPG on õhust raskem, mistõttu lekete korral koguneb see madalatesse kohtadesse ja segunedes õhuga moodustab plahvatusohtliku segu palju laiemas kontsentratsioonide vahemikus kui LNG.²

² Balti Gaas kodulehekülj: <http://www.baltigaas.eu/et/page/view.html?id=7>

1.3 Surugaasi areng

20. sajandi alguses avastatud suured naftavarud USA-s ja Lähis-Idas sidusid autotööstuse tihedalt naftatööstusega. Maagaas oli sõidukite käitlemises kasutusel juba 1930. aastatel, aga huvi NGV(*Natural Gas Vehicle*) arendamise suhtes oli madal. Pärast II maailmasõda laienes naftatööstus ning maagaasi kasutamine sõidukites vähenes veelgi. Alles 1960. ja 1970. aastatel pärast suurt naftakriisi hakkasid autokontsernid rohkem mõtlema alternatiivsete kütuste kasutamisele.³

Vaieldamatult on fossiilseid kütuseid kasutavaid sõidukeid müüdud maailmas enim bensiini- ja diiselmootoriga. Viimasel kümnendil on aga surugaasi tarbivate sõidukite arv maailmas jõudsalt kasvanud, jõudes ligi 18 miljonini. Enim surugaasi tarbivaid sõidukeid on Iraanis (~3,3 mln), Pakistanis (~2,8 mln) ning Argentiinas (~2,3 mln). Euroopas on kõige rohkem Itaalias (~800 tuh), Ukrainas (~400 tuh) ning Saksamaal (~100 tuh).⁴

Selleks, et CNG sõidukeid igapäevaselt kasutada on aga vaja spetsiaalseid tanklaid. Arendustöö käib pidevalt ja aasta-aastalt taristu paraneb. Tänapäeva seisuga on üle Euroopa kasutada 3027 maagaasi tanklat. Kõige rohkem asub maagaasi tanklaid Itaalias (1046), Saksamaal (921), Ukrainas (~325), Venemaal (~300) ja Austrias (177). Paljudes nendes tanklates on võimalik tankida biogaasi.⁵

Tanklate võrgustiku tiheduseks näiteks on hea välja tuua Saksamaa. NGV-sid on ~100 000 ning tanklaid 921 ehk ~1 tankla 1000 sõiduki kohta. Linna siseselt on tanklate kaugus ~5 km, linna lähedal 10-15 km ning maapiirkondades ~20-25 km. See annab võimaluse kasutada surugaasisõidukit mugavalt igapäevaselt.⁶

³ Natural Gas & Transportation: The History of Natural Gas Vehicles
http://www.randomhistory.com/2008/09/08_ngv.html

⁴ Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid <http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/>

⁵ CNG Europe <http://cng europe.com/>

⁶ Blue Corridor konverents 2014, E-ON CNG & LNG in Road Traffic

1.4 Surugaasi tanklate tehnoloogia

Tankla gaasiga varustamiseks toimub see üldjuhul (kui on olemad lähedal gaasivarustuse kesksurve toide; on olemas võimalused toite andmiseks veeldatud maagaasi baasil) järgmiselt:

- B- või C-kategooria gaasitorustikust võetakse ühendust ning tuuakse kuni kompressorjaamani
- Kompressorjaamas gaas kuivatatakse, eraldatakse õli ning komprimeeritakse töö rõhuni 280 bar (ülerõhk), surugaas salvestatakse surugaasi mahutitesse (56 ballooni, mahuga 80 l). Surugaasi ühendus kompressorjaama ja tankuri vahel teostatakse roostevabadest terastorude abil.

Terastorustik ühendatakse käsikeevituse teel. Kõik keevisühendused tuleb puhastada ja teha visuaalne ülevaatus.

Gaasi tarnetoru terastorustiku keevisliited ja fassongosad isoleeritakse koha peal kahekihiliselt kuumalt töödeldava tehismaterjalist lintmähisega POLYCOR või teiste materjalidega, mille omadused vastavad DIN 30670 nõuetele. Plasttorustiku ühendused tehakse agregaadiga, mis tagab torustiku sertifitseerimise. Torustik on ette nähtud paigaldada maa alla ca 1,0 m sügavusele 100 mm paksusele tihendatud liivast alusele. Pealt kaetakse torustik vähemalt 100 mm paksuselt liiva kihiga ja siis kohaliku pinnasega, milles ei ole orgaanilist materjali.

Kompressorjaama ühendustorustikule olemasoleva torustikuga tehakse surveproov rõhuga 7,5 bar 24 tunni vältel. Kompressorjaama ja tankuri vahelisele torustikule tehakse tihedusproov töö rõhul.

Kõik seadmed (tankur, kompressorjaam, ballooniid) ja kõrgsurvetorustik on tehases vastavushinnatud tunnustatud asutuse TÜV Nord Essen poolt surveseadmete direktiivi G-moodul kohaselt ja tõendatakse CE-sertifikaadiga.⁷

⁷ Juhendaja antud materjal. Narva linna CNG tankla rajamise projekt.



Sele 1.1 Suur-Sõjamäe CNG tankla kompressorjaam



Sele 1.2 Suur-Sõjamäe CNG tankla tankur

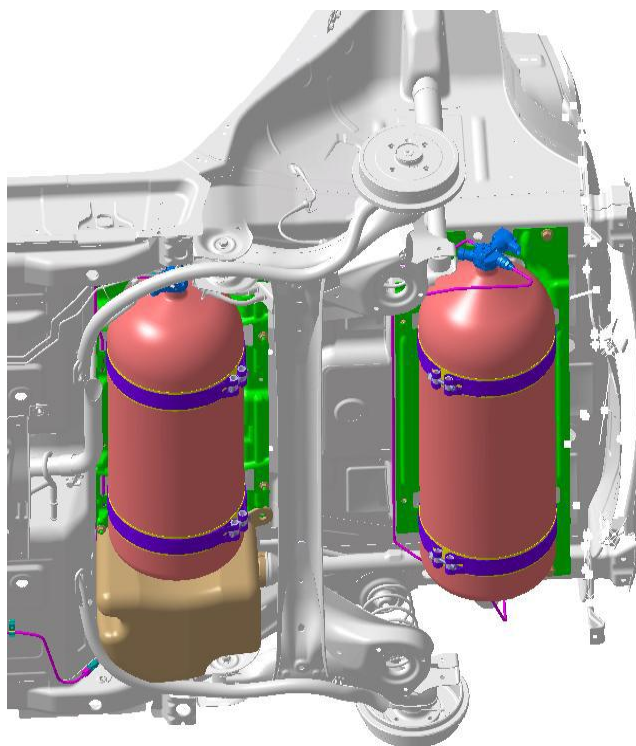
1.5 CNG ohutus

Inimestel on eelarvamus, et gaaskütused on väga ohtlikud ning nende mahutid võivad kergelt lekkida ning tekitada ohtlikke olukordi. Tegelikkus näitab, et CNG on ohutuse mõttes väga heal tasemel ning suuremaid õnnetusi pole käsitlemisel juhtunud.

Surugaasitankla on kõrgtehnoloogiline seade, kus käideldakse maagaasi kõrge rõhu all (süsteemi rõhk kuni 300 bar). Tankimisprotsess on kiire ja ohutu kui jälgitakse täpselt tankimise protseduure. Tarbijate eksimuste vältimiseks on tehtud LPG ning CNG tankuri püstolid erinevad ning Eestis ei ole võimalik mõlemat kütust samast tanklast osta.⁸

Võrreldes LPG-ga on CNG kütusena vähem ohtlik, sest LPG on õhust raskem, mistõttu lekete korral koguneb see madalatesse kohtadesse. CNG lekkimise korral seguneb see kiirelt õhuga ning lendub atmosfääri.

Tänapäeval pannakse autode turvalisusele väga suurt rõhku, nii ka CNG autode puhul. Võib öelda, et NGV on sama ohutu kui iga teine sõiduk. Tuntud autotootja Škoda CNG mootoriga mudelitel kasutatakse kahte gaasimahutit (kokku 15 kg) ning ühte 50 liitrist bensiinipaaki. Mahutid on paigutatud auto tagaossa, pakiruumi alla. Rõhk mahutis on 200 bar, aga turvalisuse kaalutlustel on need loodud töötama kuni 300 bar rõhuga, et vältida ohte temperatuuri kõikumisest tingitud gaasi ruumala muutumisega. Paagid on tugevad ning hästi avariiolukordades kaitstud, seega lekked ei ole võimalikud. Süsteemis surve langemise korral peatab kaitseklapp automaatselt väljavoolu mahutitest ning



Sele 1.3 Škoda Octavia CNG mahutid⁹

⁸ Eesti Gaas, Tanklate ohutus <http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasi-autotankla/tanklate-ohutus/>

sõiduk lülitub ümber bensiini kasutamisele, seega on võimalik sõita lähimasse teeninduspunkti ilma sõitu katkestamata. Tulekahju korral lasevad spetsiaalselt sulavad ventiilid gaasi mahutitest ühtlaselt välja vältimaks gaasimahuti lõhkemist.⁹

⁹ Škoda esindaja, Blue Corridor konverents 2014

2 SURUGAAS EESTIS

2.1 Tanklad

Üle Eesti on hetkel kasutusel 5 CNG tanklat: Tallinnas Suur-Sõjamäe ning Vinkli tänaval; Tartus Tähe tänaval; Narvas Tallinna maanteel; Pärnus Pärlimõisa teel. Neist esimesena valmis 2009. aasta augustis Tallinnas Suur-Sõjamäe 56a tankla. Tulevikus on plaanis avada tanklad Kuressaares, Saue, Paides, Rakveres, Viljandis, Jõhvis ning veel üks tankla Tartus.¹⁰

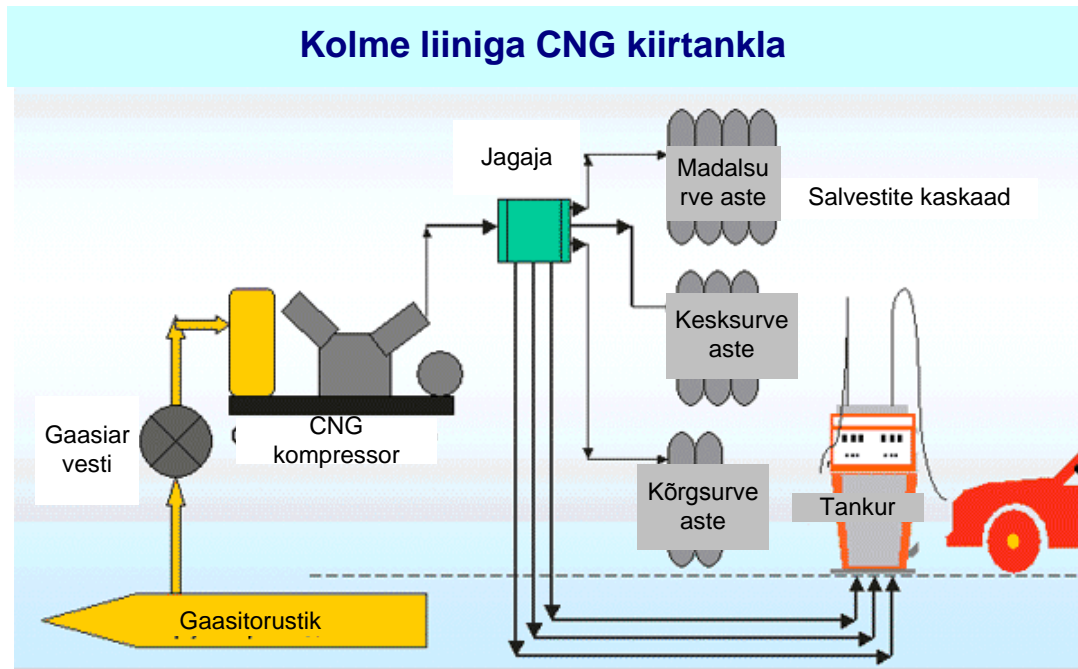
Kõik Eestis kasutusel olevad tanklad on valmistatud Saksamaal Schwelm Anlagetechnik GmbH poolt ning jõuavad Eestisse valmistoodetena. Kogu süsteem on autonoomne ega vaja inimese sekkumist. Kasutatakse on-off süsteemi, et vältida kompressorite ületöötamist ning suuremaid hoolduskulusi.

Võtangi tööpõhimõtte näiteks Suur-Sõjamäe 56a asuva tankla. Maagaas läheb süsteemi mööda maagaasivõrku ning siseneb süsteemi ~5 bar rõhu all. Maksimaalne väljundrõhk on 250 bari. Kasutuses on 3 astmeline kompressor tootlikusega 124 nm³/h ning 28 balloonest koosnev salvesti kogumahuga 270 nm³. Tankur on kahepoolne ning kahe tankimispüstoliga, mis võimaldab tankida nii sõidu- kui ka veoautosid.¹¹

Tangitav surugaas peab olema võimalikult väikese niiskuse sisaldusega, mistõttu eemaldatakse esimese etapina gaasist niiskust. Teise etapina komprimeeritakse maagaas kõrgrõhuni ning jagaja suunab CNG vastavasse mahutisse. Mahuteid on 3 erinevat tüüpi: madal-, kesk- ja kõrgrõhu mahutid. Sõltuvalt välistemperatuurist on CNG vaja komprimeerida vastava rõhuni, et seda oleks võimalik tankida. Kui mahutis peaks tankimise käigus vajaliku rõhuga CNG otsa lõppema, asub tööle kompressor, mis tõstab taaskord maagaasi võrgust tuleva gaasi vajaliku rõhuni ning suunab otse tankurisse. Suur-Sõjamäe tanklas on kasutusel üks kompressor, millest tulenevalt on ka tankimine mõnevõrra aeglasem kui teistes Eesti tanklates, kus on kasutusel 2 kompressorit. Tangitava kütuse koguse arvutamiseks kasutatakse Coriolise tüüpi masskoguse mõõdetajaid.

¹⁰ AS Eesti Gaas transpordikütuste turul eile, täna, homme, Raul Kotov 2013

¹¹ CNG võti puhtasse tulevikku, Eesti Gaas 2013



Sele 2.2 Kolmeastmelise tankla skeem ¹¹



Sele 2.1 Pärnu CNG tankla koos MAN CNG bussiga ¹⁰

2.2 CNG autod

Surugaasisõidukeid jaotatakse kolme klassi:

Mono – sõidukil on ainult gaasi tarbiv mootor, mis kasutab kõige efektiivsemalt ära metaangaasi võimalusi. Valdavalt kasutatakse tarbesõidukitel, bussidel ja kaubaveokitel.

Mono+ - sõidukil on spetsiaalne gaasimootor, aga alternatiivina on võimalik kasutada kütusena ka bensiini. Mootor kasutab efektiivselt ära gaasi võimalusi, samas bensiini kasutades võivad mootori parameetrid langeda. Sobilik variant tarbijatele riikides, kus gaasitanklate taristu on piisavalt tihe.

Bivalentne – sõiduk kasutab esimese kütusena bensiini või on võrdväärne gaasiga. Gaasi kasutamine ei ole nii efektiivne ning võib vähendada mootori parameetreid.⁴

Antud juhul oli tegemist bensiinimootorite jaotusega, kuid ka diiselmootorit on võimalik ümber ehitada maagaasile. Need jaotatakse omakorda:

Monovalentsed – mootor kasutab ainult CNG'd. Mootor ehitatakse täielikult ümber ottomootoriks ning tavalisest bensiinimootorist on erinev ainult kõrgem surveaste.

Kahekütuselised süsteemid – CNG segatakse diiselmootusega. Mootori võimsus ei muutu üle 5% ning alati on võimalus tagasi lülitada ainult diiselmootuse kasutamisele. Mootori mehaanilisi osi ei pea ümber ehitama, seega on see odavam variant kui monovalentne ümberehitus.¹²

Eesti autoturul on gaasiautode saadavus praegusel hetkel veel väike. See võib olla tingitud tiheda tanklate võrgu puudumisest kui ka tarbijate madalast gaasiautode teadlikusest. Sellegipoolest on viimastel aastatel tekkinud võimalus soetada salongist uus sõiduk, mis kasutaks kütuseks just CNG'd. Autotootjad nagu Škoda, Volkswagen, Seat, Opel, Mercedes-Benz, Audi ning Fiat pakuvad mitmekesisest mudelivalikut sõidu- ning tarbeautode osas.¹³

¹² Diiselmootorite ümberehituse võimalused, Kristjan Relvik 2011

¹³ Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid, sõiduaudod <http://www.gas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/soiduaudod/>

Toon näiteks Škoda mudelivalikus oleva Octavia G-Tec CNG.

Mootor – 1.4 TSI

Võimsus – 81 kW

Bensiinipaagi maht – 50 l

CNG paakide maht – 15 kg (kaks paaki)

Bensiini kulu – 5,4 l / 100km

CNG kulu – 5,4 l = 3,5 kg / 100 km

Emissioon – 97 gCO₂ / 1 km

Sõiduulatus – 1330 km (bensiin 920 km + CNG 410 km)



Sele 2.3 Škoda Octavia CNG skeem⁹

Antud autol on peamiseks kütuseks CNG ning juhul pole võimalik valida bensiini või CNG kasutamise vahel. Bensiini kasutatakse automaatselt kui: CNG lõpeb paagis otsa; välistemperatuur käivitamisel on madalam kui -10 °C; lühiajaliselt pärast CNG tankimist.¹⁰

Võrdluseks populaarsete Octavia bensiini- ja diiselmootoritega toon välja tabeli, võrdlemaks kui kulukas on 1 km läbimine antud CNG mootoriga Octavial:

	keskmine kütusekulu, l/kg / 100km	kütuse hind, EUR / l	km hind, EUR / km
Octavia 1,2 TSI 77 kW bensiin	4.4	1.199	0.052756
Octavia 1,6 TDI 77 kW diisel	3.3	1.154	0.038082
Octavia 1,4 TSI 81 kW CNG	3.5	0.779	0.027265

Tabel 2.1 Škoda Octavia kütusearvutus

Škoda Octavia G-TEC CNG sedaan mudeli hinnad algavad 19 330 €. Octavia 1,2 TSI 77 kW bensiinimootoriga mudeli hinnad algavad 16 510 € ning 1,6 TDI 77 kW diiselmootoriga mudeli hinnad algavad 19 060 €. Võrreldes hindu, on näha, et CNG mootoriga sõiduk on märgatavalt kallim bensiinimootoriga mudelist (2820 €) ning hinnavahe kahaneb järsult diiselmootori puhul (240 €).¹⁴

Kui kütuse hinnad jätta samaks ning võtta arvesse mudelite hinnavahe, tasuks CNG mootoriga sõiduk ära diiselsõiduki puhul 22188 km ja bensiinisõiduki puhul 110628 km läbimisel.

Eesti Gaasi kodulehel (<http://www.gaas.ee/tankla-kalkulaator/>) on võimalik igal huvilisel kasutada tankla kalkulaatorit. Sellega on võimalik näha palju tarbija säästaks oma praeguse sõidukiga võrreldes CNG-l töötava sõidukiga. Sisestada tuleb ligikaudne aastane läbisõit ning auto kütusekulu 100 kilomeetri kohta. Antud kalkulaatorit kasutades on selgelt näha, et suurema läbisõiduga sõidukite puhul on CNG tarbimine märgatavalt odavam kui bensiini- või diiselmootori tarbimine.

Näiteks joonisel 5 välja toodud 30 000 km. läbisõiduga aastas, kütusekuluga 7,2 l / 100 km., kütusehinnaga 1,3 € / l kulub kütusele aastas 2808 €. Diiselmootoriga sõiduki puhul sama läbisõidu, kütusekuluga 5,2 l / 100 km. ja kütusehinnaga 1,3 € / l kohta kulub kütusele aastas 2028 €. Samas maagaasiga sõites sama läbisõidu, kütusekuluga 5,2 kg / 100 km. ja kütusehinnaga 0,779 € kulub aastas kütusele 1215,24 €. Võrreldes CNG-ga on bensiinile kuluv summa 1592,76 € ja diislile kuluv summa 812,76 € rohkem. Pooleteise aastaga oleks tarbija CNG autole kulutatud lisaraha juba tasa teinud ning edaspidine sõit oleks vaid sääst.

¹⁴ Škoda Octavia hinnakiri

http://www.skoda.ee/sitecollectiondocuments/hinnakirjad/november%202014/november2014_octavia_kodu_kale.pdf

Arvuta ise kui palju säästaksid, kui sõidaksid maagaasiga (CNG)!

	BENSIIN	DIISEL	MAAGAAS (CNG)	AUTOGAAS
LÄBISÕIT AASTAS (km)	<input type="text" value="30000"/>	30000	30000	30000
KÜTUSEKULU	<input type="text" value="l/100km 7.2"/>	<input type="text" value="l/100km 5.2"/>	<input type="text" value="kg/100km 5.2"/>	<input type="text" value="l/100km 7.5"/>
KÜTUSE HIND (€)	<input type="text" value="1.3"/>	<input type="text" value="1.3"/>	<input type="text" value="0.779"/>	<input type="text" value="0.759"/>
RAHA KÜTUSELE AASTAS	2808.00	2028.00	1215.24	1707.75
SÄÄSTAKSID MAAGAASIGA SÕITES	1592.76	812.76	-	492.51
AUTO OSTUHIND	-	+2000 €	+2000 €	-
GAASISEADME PAIGALDUS	-	-	-	1000 €

Sele 2.4 Eesti Gaasi kodulehel olev tankla kalkulaator

2.3 CNG ühistranspordis

Aina kallinevad nafta hinnad ning kõrgemad keskkonna nõuded on pannud olukorra ette, kus tuleb kasutusele võtta loodussõbralikumad ühistranspordi vahendid. CNG bussid on üheks võimaluseks vähendada sõltuvust naftakütuse kasutamisest. Sõidukite tootjaid on mitmeid: Scania, MAN, Solbus, Irisbus, Mercedes-Benz jne.¹⁵

Eestis on CNG-l sõitvaid busse katsetatud Tallinnas, Tartus, Pärnus ja Narvas. 2014. aasta märtsis jõudis Solbus Solcity buss Tallinnasse, et katsetada selle sobivust ja majanduslikku kasulikkust Tartu linnalähiliinidel ja Tallinna linnaliinidel.¹⁶



Sele 2.5 Tartus kasutusel olev Scania gaasibuss²⁰

¹⁵ Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid, bussid <http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/bussid/>

¹⁶ „Reola Gaas toob Eestisse esimesed LNG-bussid“, Ärileht 18. märts 2014. <http://arileht.delfi.ee/news/uudised/video-reola-gaas-toob-eestisse-esimesed-lng-bussid?id=68264885>

Tartus on alates 2011. aasta märtsist kasutusele võetud Eesti esimesed 5 CNG bussi tootjalt Scania.¹⁷

Narvas võeti samuti kasutusele 5 surugaasil sõitvat bussi aastal 2013. Bussid on toodetud kontsernis MAN Lions City ning on soetatud riigi poolt CO₂ kvootide müügist saadud tuluga. Bussid anti tasuta riigi poolt kasutusele Narva linnale.¹⁸ Üheks eelduseks busside kasutusele võtmiseks oli koostöö Eesti Gaasiga, kes ehitas 2013. aastal Narva ja Tartu linnadesse surugaasitanklad.

Tallinnas linnaliinide bussiteenust osutav AS MRP Linna Liinid soetas 2014. aastal oma bussiparki 7 uut MAN Lions City G surugaasil töötavat liigendbussi. Täismadala põrandaga bussid on nelja uksega ning nendes on 36 iste- ja 115 seisukohta. MAN liigendbussid on esimesed surugaasil töötavad bussid Tallinnas, mis teenindavad regulaarliine.¹⁹



Sele 2.6 AS MRP Linna Liinid kasutuses olev MAN surugaasi liigendbuss¹⁹

2.4 Gaasi – ja diiselbusside võrdlus

CNG-l sõitvad bussid ei erine välimuselt ega sisemuselt oluliselt diiselbussist. Gaasibussil on katusel mahuti, kus on tangitud surugaas. Bussisõitjale see mingeid muutusi ei too, sest sisemuses on sama palju ruumi kui diiselbussis.

¹⁷ Tartu linna koduleht, Biogaasibussid http://www.tartu.ee/?lang_id=1&menu_id=6&page_id=24079

¹⁸ Surugaas Narva linna ühistranspordi teenistuses, Eduard East 2013

¹⁹ „MRP Linna Liinid AS soetas uued MANi gaasibussid“ <http://www.entry.man.eu/ee/et/uudised/man-truck-und-bus/MRP-Linna-Liinid-AS-soetas-uued-MANi-gaasibussid-133440.html>

Bussijuhil tuleb aga pärast tankimist oodata mõned minutid, sest mootor vajab tühikäigul töötamist. Samuti tuleb tal jälgida, et buss poleks remonti suunamisel tangitud täismahuni. Pluss poolena on tankimise protsess puhtam ning bussi mootor on diisliga võrreldes erksam.

Tartu Sebe AS poolt kasutuses olevad bussid võrreldes diisel bussiga: ²⁰

Mootor	Gaas	Diisel
Võimsus	199 kW	169 kW
Töömaht	9290 cm ³	9290 cm ³
Mass	12700 kg	11800 kg
Istekohti	32	32
Seisukohti	55	55
Kütusekulu (aastal 2012)	39,1 kg / 100 km	39,5 l / 100 km
Kütuse hind	0,65 € / kg	1,11 € / l
Kilomeetri läbimise hind	0,25 €	0,44 €

Tabel 2.2 Gaasi- ja diiselbussi võrdlus

Gaasibussiga läbitud kilomeeter on 11% odavam kui diiselbussiga. Aastasel läbisõidul 80 000 km on sääst bussi kohta ~10 000€. CNG bussi kütusepaak on ca. 160-170 kg ning läbisõit ca. 450 km, mis on võrreldes diiselbussi 300 l paagi ja 750 km läbisõiduga tunduvalt madalam. Väiksemast läbisõidust tulenevalt on vajalik gaasitankla laitmatu töötamine või mitme tankla olemasolu. Gaasibusside puhul on aga soetusmaksumus 20-25 % kõrgem kui tavalisel diiselbussil ning ka remondikulud on ligi 10% kõrgemad. Lisaks on gaasibussi tunduvalt raskem müüa lepinguperioodi lõppedes kui seda oleks diiselbussiga. ²⁰

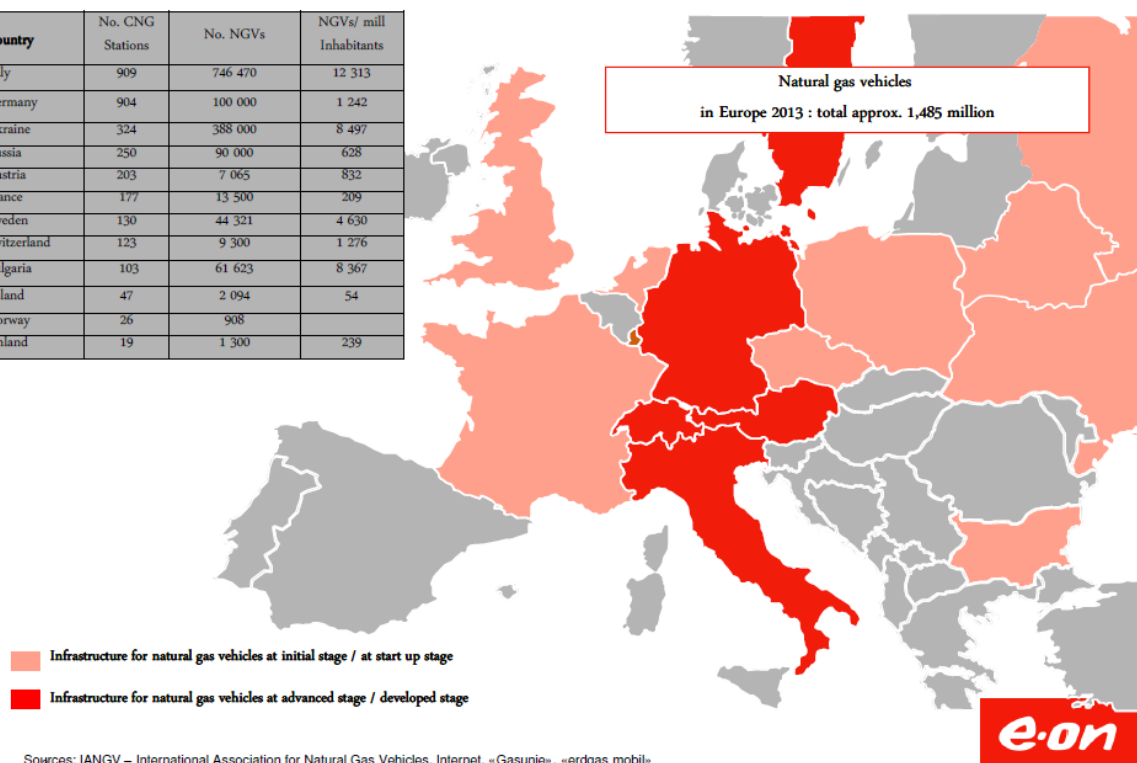
²⁰ Tartu Scania CNG busside kogemused ja tasuvus võrreldes diiselbussidega, Blue Corridor konverents 2014, Üllar Kaljuste

3 ÜLEVAADE TEISTEST RIIKIDEST

2014. aasta statistika kohaselt sõidab Euroopa teedel ligi 1,9 miljonit gaasisõidukit. Kõige rohkem on neid Itaalias (~ 880 000 sõiduautot, 2300 bussi, 3000 raskeveokit), Saksamaal (~96 000 sõiduautot, 1735 bussi, 176 raskeveokit), Bulgaarias (~ 61000 sõiduautot, 280 bussi, 40 raskeveokit) ja Rootsis (~ 43795 sõiduautot, 755 bussi, 2163 raskeveokit). Eestis on ~ 300 sõiduautot, 30 bussi ja 10 raskeveokit. ⁵

CNG filling stations in Europe

Country	No. CNG Stations	No. NGVs	NGVs/ mill Inhabitants
Italy	909	746 470	12 313
Germany	904	100 000	1 242
Ukraine	324	388 000	8 497
Russia	250	90 000	628
Austria	203	7 065	832
France	177	13 500	209
Sweden	130	44 321	4 630
Switzerland	123	9 300	1 276
Bulgaria	103	61 623	8 367
Poland	47	2 094	54
Norway	26	908	
Finland	19	1 300	239



Sele 3.1 CNG tanklate arvukus Euroopa riikides ²³

3.1 Itaalia

Itaalias on väga hästi välja arendatud maagaasivõrgustik, mis on aluseks suurele CNG tanklate võrgustikule. ²¹ NGV populaarsus sai Itaalias alguse 1970. aastatel kui alustati autode ümberehitustega maagaasile. 1990. aastatel tõusis NGV-de arv veelgi, sest populaarseid väike- ja pereautosid hakati tootma juba tehastes CNG mootoritega. ²² Üle Itaalia on hetkel 1046 tanklat, millest avalikud on ~ 1000, ning neid ehitatakse pidevalt juurde. ⁵ Riigi prioriteediks on maagaasi infrastruktuuri areng ning biometaani suunamine maagaasivõrku. 2011. aasta alguses võeti vastu seadus biometaani sisestamiseks maagaasivõrku. ¹⁹ 2008-2010 oli võimalik itaalia valitsuse toetusel ümber ehitada bensiini- ja diiselmootoriga sõidukid CNG jõul töötavateks sõidukiteks. Samuti sai toetust uue NGV auto soetamisel. Lisaks on täiendavad maksusoodustused CNG-le. Selle tulemusena tõusis gaasiautode arvukus 68% alates 2008. aastast. ²⁰

3.2 Saksamaa

Saksamaa on Euroopa mõistes NGV arvukuselt teisel kohal ja on lähenemas 100 000 piirile. ²³Riigi prioriteediks on biometaani kasutamine transpordikütusena, mistõttu on sellel eelisõigus tavalise maagaasi ees maagaasivõrku juhtimisel. Võrgu operaatorid on kohustatud pakkuma võimalust biometaanitoru ühenduste loomiseks maagaasitrassiga ning võrguühenduste kulud jaotatakse biometaani tarnijate ja võrgu operaatorite vahel. Saksamaal on kohustus maksta automaksu ning alates 2009. aasta juulist sõltub see mootori kubatuurist (võimsusest) ja CO₂ emissioonist. Sõiduautodele sõltub automaks järgnevatest parameetritest:

1. Mootori kubatuur: bensiini- või gaasimootoriga sõiduki puhul iga 100 cm³ kohta 2 €; diiselmootoriga sõiduki puhul iga 100 cm³ kohta 9,5 €.
2. CO₂ emissioon: iga grammi pealt, mis ületab CO₂ emissiooni 120 g/km kohta tuleb tasuda 2 €. Sõidukitel, mille emissioon on vähem kui 120 g/km ei tule seda tasuda. ¹⁹

CNG sõidukite emissioon on märgatavalt väiksem kui bensiini- või diiselsõidukite oma ning juba see aspekt teeb Saksamaal CNG auto omamise odavamaks. Näiteks Škoda Octavia 1,4 TSI CNG mudeli CO₂ emissioon on 97 g/km, mille pealt omanik peab maksma automaksu 28€

²¹ Ülevaade metaankütuste kasutamise koguemustest transpordis Rootsis, Saksamaal, Austrias ja Itaalias; SPIN/GaasiKiirtee Metaankütuste seminar 2011, Ahto Oja

²² NGVA europe, Itaalia <http://www.ngvaeurope.eu/italy>

²³ CNG & LNG in road traffic; Blue Corridor konverents 2014

aastas. Sama auto bensiinimootoriga mudeli emissioon on 121 g/km ehk automaksu peab tasuma 30€ aastas. Teiseks näiteks CNG Opel Zafira 1,6 emissiooniga 138 g/km maksab automaksu aastas 68 €. Sama mudel bensiinimootoriga heidab atmosfääri CO₂ 169 g/km kohta ning automaksu peab tasuma 130 € aastas.¹⁹

3.3 Rootsi

Eesti naaber Rootsi on vaatamata peaaegu olematule maagaasivõrgustikule suutnud välja töötada hea CNG tankimisvõrgustiku riigi lõunaosas ning arendab jõudsalt võrgustikku ka põhja poole. Aastaks 2030 on seatud eesmärk transpordi sektor vabastada fossiilsete kütuste kasutamisest ning aastaks 2050 soovib Rootsi olla täielikult sõltumatu fossiilsetest kütustest.¹⁹ See kõik on võimalik tänu kümnetele biometaani tootvatele jaamadele. Euroopas ei tooda ükski teine riik nii suurt kogust biometaani. Alates 2005. aastast on keelatud prügilates orgaaniliste jäätmete ladestamine, see tuleb ära kasutada biometaani jaamades. Valitsus toetab biometaani tootmist ja kasutamist maksusoodustustega. Üle 60% NGV-des kasutatavast kütusest on biometaan. Mitmete linnade bussipargid sõidavad täielikult biometaanil. Rootsis on NGV kasutamisel mitmeid eeliseid. Osad nendest ei pruugi enam kehtida, kuna vahepeal on olnud valitsuses muutusi:

1. Paljudes linnades on parkimine tasuta.
2. Eelisrajad lennujaamades, rongijaamades ja laevaterminalides taksodele, mis kasutavad CNG-d.
3. Eraldi rajad CNG taksodele.
4. Ettevõtetele 40% tulumaksu soodustus CNG autode kasutamisel.

Valitsuse poolt hetkel pakutavad hüved:

1. Biometaan aktsiisivaba
2. Madaldatud CNG aktsiis
3. Üksikisiku tulumaksu vähendamine, kui kasutatakse isiklikuks otstarbeks ettevõtte autot, mis kasutab biometaani või surugaasi.
4. Rahaline toetus biometaani tootvate jaamade ehituseks.²⁴

Üheks näiteks toon Rootsis, Västeras, asuva biogaasi tootmise jaama. Jaama eesmärk on toota biogaasi lähedal asuvale bussipargile. See on ehitatud Nordic Gas Solutions AB poolt, mis

²⁴ NGVA europe, Rootsi <http://www.ngvaeurope.eu/sweden>

tegeleb erinevate LNG, CNG ning biogaasipuhastus lahenduste disainimise, komplekteerimise ja paigaldamisega. Eestis avatud samanimeline ettevõtte tegeleb vajalike detailide valmistamise ja kokku panemisega.²⁵

Biogaasi toodetakse majapidamisjätmetest ~ 600 nm³ (normaalkuupmeetrit) tunnis, mille metaani sisaldus on ~ 63%. Seejärel puhastatakse saadud gaas waterscrubber tehnoloogiaga biometaaniks. Gaas väljub puhastuskompleksist rõhul 2-3 bar ning liigub mööda torustikku 5 km kaugusel asuvasse bussiparki, kus asuvad kompressorjaam ja surumetaani mahutid. Biogaasijaama kõrval asub ka LNG jaam 100 m³ mahutiga, mille eesmärk on katta bussipargi CNG tarbimise tipphetki ning biogaasi tootmise seisakuid.



Sele 3.2 Biogaasi tootmise jaam Västerås

Bussipargis asub ka väiksem tagavara LNG jaam. Korraga ladustatakse 48 tonni kütuseid (CNG, LNG tagavara, diisel). Alates 50 tonnist kütusest rakenduvad ranged kütuse käitluse nõuded, seega on pargis kasutusel kompressor, mille eesmärgiks on põhimahutitest kõrgsurve osa eraldi salvestitesse suunata. Kasutuses on 100 gaasibussi, millede tankimiseks on 2 kiirtankurit ning kümneid aeglaseid tankureid. Juhid pargivad bussi oma kohale, ühendavad tankimisvooliku ja mootori eelsoojenduse ning võivad lahkuda. Tankimine toimub korraga ühest voolikust ja ümberlülitused busside vahel teostab kohapeal töötav dispetšer.

²⁵ Juhendaja antud materjal.



Sele 3.3 Bussipargis asuv kiirtankur²⁴



Sele 3.4 Bussipargi aeglase tankimise kohad²⁴

4 ARENDAMINE EESTIS

4.1 Euroopa Liidu taastuenergia direktiiv 20-20-20

Euroopa Liidu üheks tähtsamaks tegevusalaks on kliimapolitika elluviimine. Põhieesmärgiks on globaalse kliimamuutuse aeglustamine kasvuhoonegaaside emissioonide arvelt, tehes seda läbi erinevate kvootide ja direktiivide.

2008. aastal võttis Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu vastu Taastuenergia direktiivi 2009/28/EÜ, mis pani paika soovitud eesmärgid saavutamaks kasvuhoonegaaside vähendamist 2020-ks aastaks:

- Energiatarbimise vähendamine 20%
- Kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamine 20% võrreldes 1990. aasta näitajatega
- Taastuenergia osakaalu suurendamine energia lõpptarbimises 20%
- Taastuenergia osakaal transpordisektori lõpptarbimises 10%²⁶

Eesti Vabariik on tänaseks juba saavutanud taastuenergia osakaalu suurendamise energia lõpptarbimise eesmärgi 863 ktoe.(ktoe – kilotonne of oil equivalent) Kõige suuremaks katsumuseks on aga taastuenergia osakaalu suurendamine transpordisektori lõpptarbimises. Eesmärkide kohaselt peaks 2020 aastaks olema saavutatud 92 ktoe, aga 2010 aastaks oli saavutatud sellest vaid 1 ktoe (biokütuste säästlikkuse kriteeriumit mitte arvestades 8.5 ktoe), mis on vaid 0,2%. ²⁷

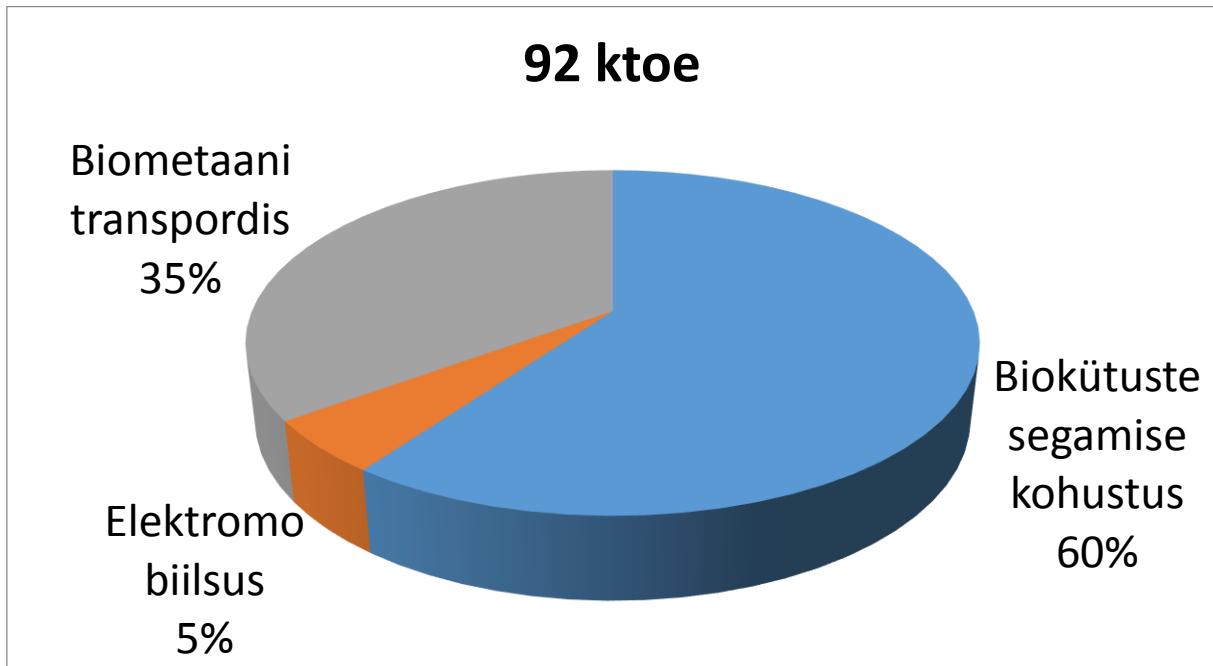
Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi koostatud „Taastuenergia tegevuskava aastani 2020“ toob välja mõningad kavandatud tegevused taastuenergia osakaalu tõstmiseks transpordis:

- Vedelatele kütustele 5-7% segatud kütuse kohustuse sätestamine
- Ühistranspordi üleviimine taastuenergiale
- Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis
- Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine

²⁶ Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:et:PDF>

²⁷ Mida toob kaasa 2020. Aasta Euroopa Liidu taastuenergia direktiiv mootorikütuste turul?; Äripäeva konverents 2013, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Madis Laaniste

Kõige suurema panuse annab antud eesmärgi saavutamiseks biokütuse segamine mootorikütustesse, moodustades ligi 60%. Ühistranspordis kasutatavad bussid kasutavad aastas hinnanguliselt 20 ktoe kütuseid. Kui kõik uued bussid, mis enne 2020 aastat soetatakse, kasutaks kütusena kõrge taastuva osakaaluga mootorikütust, saaks sellest 2 kuni 3 ktoe taastuenergiat.²⁶



Sele 4.1 Meetmete panused 10% eesmärgi saavutamiseks²⁶

4.2 Gaasi tarnimise kindlus

Üheks eelistatuimaks viisiks 10% eesmärgi saavutamiseks on gaaskütuste kasutamine ja seda eelkõige biometaani näol. Biogaas on anaeroobsel kääritamisel saadud gaasiline kütus, mida peetakse taastuvaks kütuseks. See koosneb 50-70% metaanist, 30-40% süsinikdioksiidist (CO₂) ning muudest ühenditest. Biogaasi on võimalik toota farmide jäätmetest (läga, sõnnik), silost ning heinast, reoveesetest, prügila jäätmetest jt. Võrreldes maagaasiga on biogaasi metaanisaldus ligi 40% madalam ning seda ei ole võimalik otse maagaasitorustikku juhtida, et seda surugaasitanklates kasutada. Selleks, et oleks võimalik biogaas kasutusele võtta mootorikütusena tuleb seda puhastada. Biogaasi puhastusmeetodeid on mitmeid:

- Vesi survepesu
- Keemiline puhastamine
- Vahelduvrõhuga puhastamine
- Membraaniga puhastamine

- Külmutamise teel puhastamine²⁷

Pärast biogaasi puhastamist saadakse biometaan, mis on metaanisalduselt oluliselt kõrgem ning ligikaudne tavalise maagaasiga 96-98%.²⁷

Surugaasitanklates kasutatav surugaas oleks sellisel moel võimalik asendada osaliselt või täielikult biometaaniga.²⁸ Kuna biometaan on kohalik kütus, siis biometaani tootmise arendamisel oleks ka laiem ühiskondlik eesmärk ja positiivsed avalikud hüved:

- Taastuenergia edendamine
- Biojätmete taaskasutuse suurendamine
- Läga- ja sõnnikukäitluse tõhustamine ning väetusomaduste parandamine
- Põllumajandussektori metaaniheite ning energeetikasektori CO₂ emissiooni vähendamine
- Kohaliku/maapiirkondade ettevõtluse edendamine ja tööhõive kindlustamine²⁹

Hetkel on biometaani tootmine Eestis puudulik, aga tuntakse huvi valdkonna arendamise vastu. Optimaalseks tootmise kohaks oleks olemasoleva gaasivõrgustiku läheduses, mis võimaldaks gaasi transportimist tanklasse.²⁷ Põhiliseks probleemiks peetakse biometaani konkurentsivõimetust tavalise maagaasiga, sest Eestis toodetud biometaani omahind tuleks väga kõrge. Hinna ajab kõrgeks biogaasi puhastamise vajadus, et saada mootorikütusena kasutamiseks sobiv biometaan. Jaama ehitus oleks kallis ning eraettevõtjatele väga suureks riskiks, sest tulevik biometaani tootmises ei oleks kindlustatud.³⁰ Valdkonna arendamises mängib suurt rolli riik. Biometaanil kehtib hetkel aktsiisivabastus ning selle säilimine järgneva paari kümnendi jooksul annaks kindlustunnet võimalikele tootjatele.³¹

Maagaasi teatavasti Eestis ei leidu ning seetõttu imporditakse seda välisriikidest. Eesti, nagu ka enamused Euroopast, on sõltuv Venemaa maagaasist. Viimastel aastatel tekkinud poliitilised vastasseisud Euroopa riikide ja Venemaa vahel on pannud küsimärgi alla Euroopa gaasi tarnimise kindluse. Sõltuvuse leevendamiseks on ehitatud LNG terminale, kus on võimalik

²⁸ Autokütuste turg Eestis – metaankütuse perspektiivid; Blue Corridor konverents 2013, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Timo Tatar

²⁹ Millised on metaankütuste kasutamise eeldused Eesti transpordis; Äripäeva konverents 2013, Ahto Oja

³⁰ "Biometaani tootmine ei ole Eestis konkurentsivõimeline" 31. märts 2015;

<http://majandus24.postimees.ee/3141561/biometaani-tootmine-ei-ole-eestis-konkurentsivoimeline>

³¹ "Biometaani tootmine sai rohelise tee" 20. märts 2014;

<http://maaleht.delfi.ee/news/maamajandus/uudised/biometaani-tootmine-sai-rohelise-tee?id=68267113>

ladustada suuri koguseid maagaasi. Eesti suurim gaasi tarnija ja võrguhaldaja AS Eesti Gaas on aktsiaselts, mille omanikud on kolm suurt gaasikompaniid – OAO Gazprom, Fortum Heat & Gas ning era- ja juriidilistest isikutest väikeaktsionärid.³² Kuna suurosanikuks on ka Gazprom, on oluline, et Eestil oleks võimalik maagaasi saada ka teistest allikatest.

Esimene samm Eesti sõltuvuse vähendamiseks Venemaa maagaasist tehti 2014. aasta lõpus, kui osteti proovikogus 100 000 m³ gaasi Leedust, Klaipėdas avatud LNG terminalist. Sellega tõendati, et on võimalik tarnida gaasi Eestisse ka sõltumata Gazpromist. See annab tarbijale kindlustunnet, et gaasiga varustatus on mingil määral tagatud ka siis, kui palju esinenud Gazpromi ähvardused gaasikraanid kinni keerata peaks ühel hetkel tõeks osutama.³³ Täna seaks päevaks ostetakse Leedust gaasi juba regulaarselt ning ~25% Eestist kasutatavast gaasist on pärit Leedust.

Alates 2008. aastast alates on AS Alexela Group arendanud Eestisse rajatava LNG terminali projekti. Antud projekt on tekitanud palju arutelu ja küsimusi, millest osadele pole tänase päevani vastust. Regiooni kattev LNG terminal soovitakse rajada kas Eestisse Paldiskisse või Soome. Mõlemasse riiki terminali rajamiseks pole Euroopa Liit nõus rahalist toetust andma, mistõttu on mitmeid aastaid käinud arutelu, kuhu peaks terminali rajama. Praeguse seisuga on kokku lepitud, et suurem regiooni kattev terminal rajatakse Soome ning ehitatakse Eestit ja Soomet ühendav gaasivõrk Balticconnector. Gaasitoru peaks valmima esialgsel andmetel 2019. aastaks.³⁴

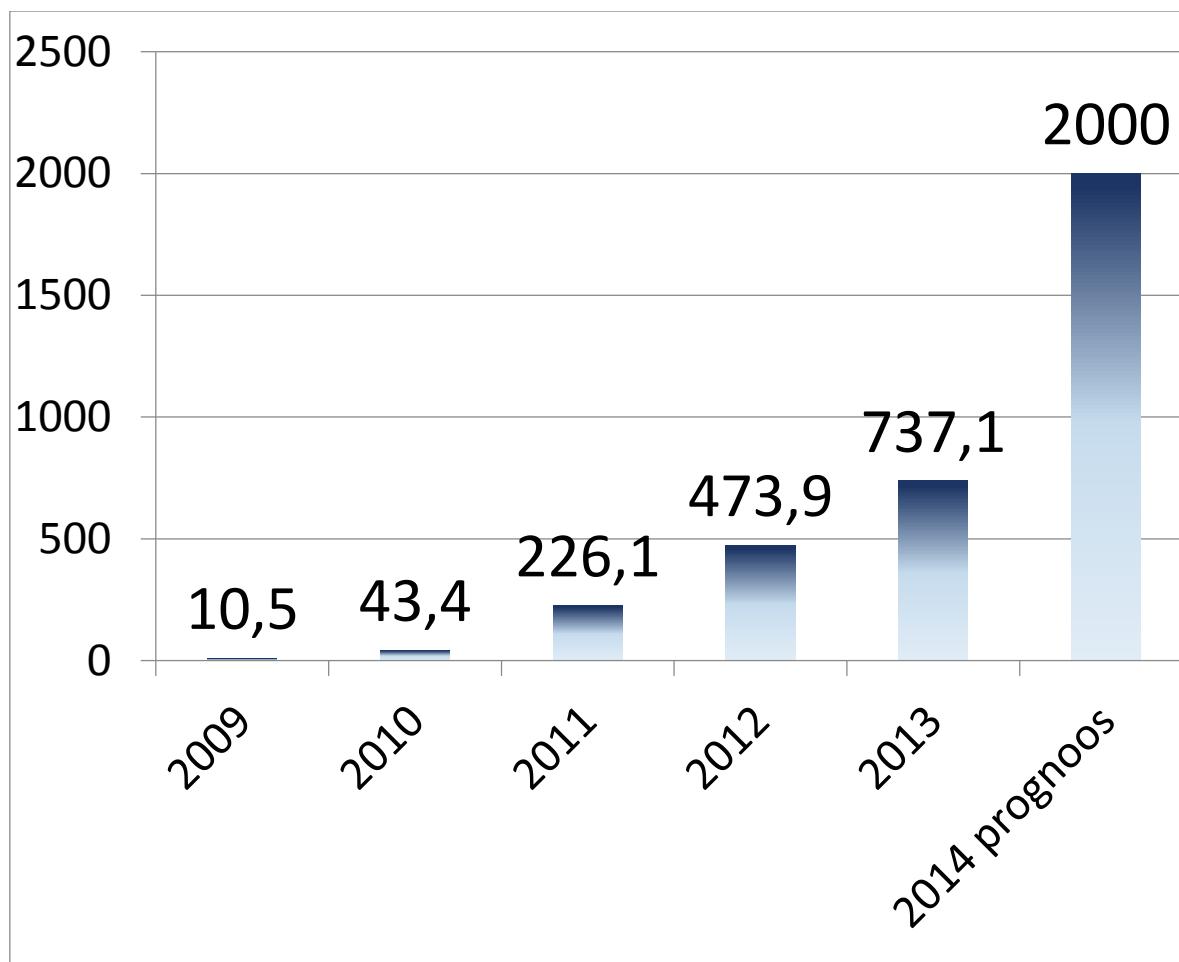
³² Eesti Gaas, Kontsern <http://www.gaas.ee/kontsern/eesti-gaas/>

³³ „Leedu LNG annab Eestile kindluse, aga Gazpromi gaasist kõrgema hinnaga“; Delfi Ärileht, Ann-Marii Nergi, 15. detsember 2014 <http://arileht.delfi.ee/news/uudised/leedu-lng-annab-eestile-kindluse-aga-gazpromi-gaasist-korgema-hinnaga?id=70362173>

³⁴ „Kokkulepe: LNG terminal tuleb Soome, gaasitoru valmib hiljemalt 2019“; ERR uudised 17.11.2014 <http://uudised.err.ee/v/majandus/6b9dfaf2-96be-40c2-9c25-03cc146ca9e9>

4.3 Tanklavõrgustiku arendamine

Eestis on hetkel avatud 5 surugaasitanklat: kaks Tallinnas, üks Tartus, üks Narvas, üks Pärnus. CNG tarbimine on aasta aastalt kasvanud ja muutunud populaarsemaks ka tava tarbijate hulgas.



Sele 4.2 CNG tarbimine Eestis (tonnides)

2014. aasta CNG tarbimise prognoos näitab selgelt, et oodatakse CNG-d kasutava klientuuri laienemist. Suurenev tarbijaskond aga tähendab, et praegused 5 tanklat ei pruugi olla piisavalt suutlikud kõiki kasutajaid ära rahuldada. Näiteks kui mitu autot soovib Narva tanklas järjest tankida, võib tekkida probleem, kus surugaas lõpeb mahutites otsa ning kompressor peab koheselt maagaasivõrgust tuleva gaasi kõrgrõhule komprimeerima. See pikendab aga märkimisväärselt tankimisprotsessi. Asjaolu muudab veel keerulisemaks ka see, et linnaliine teenindavad gaasibussid tangivad samuti avalikes tanklates.

Üheks võimaluseks gaasibusside avalikest tanklatest ära suunamiseks oleks rajada vedaja bussiparki eraldi tankurid. Eelnevalt välja toodud Rootsis, Västera lähedal asuv bussipark oleks heaks eeskujuks ka Eestis tegutsevatele transpordifirmadele. Sealsed kasutuses olevad aeglased tankurid võimaldavad tankida mitmeid busse korraga. Bussijuhil tuleb pärast tööd ühendada tankimispüstol bussi külge ning seejärel võib lahkuda. Tööle naastes on buss tangitud.

Suurimaks piiranguks tanklavõrgustiku laiendamisel peetakse surugaasil töötavate sõidukite vähest arvu ning sellest tingitud vähest nõudlust.³⁵ Probleemi lahendamiseks on kaks otsa – kas kõigepealt peaks tanklavõrgustiku arendajad välja ehitama piisavalt suure võrgustiku, et tarbijad hakkaks ostma NGV-sid või peaks esimene samm tulema just autokontsernide poolt. Hetkel on tavaliste sõiduautode kättesaadavus surugaasimootoriga üsna madal, aga tuleb juurde uusi mudeleid, mis ei erine varustuse poolest tavalisest sõiduautost. Arvan, et vajalik oleks automüüjate ning tanklavõrgustike pidev koostöö antud valdkonnas, et tarbijaid teadvustada NGV-de olemasolust ning surugaasil sõitmise eelistest. Kui sõidukite müüjad teadvustavad klienti potentsiaalsest tuleviku tanklavõrgustikust, annaks see ostjale rohkem kindlustunnet, et tal on võimalik oma sõidukit tankida mugavalt hästi välja arendatud tanklaketis.

Tanklate võrgustiku laiendamine pole aga lihtne ega odav protsess. Saksamaalt tellitud valmis tanklad maksavad igaüks ~500 000 € ning lisaks tulevad veel gaasivõrguga ühendamise kulud ja muud väljaminekud. Eraettevõttele on see suur kulu ning halbade asjaolude kokkulangemisel ei pruugi olla piisavalt vahendeid pädeva taristu rajamiseks. Üheks tanklate arendajaks olev Eesti Gaas AS soovib tulevikus juurde rajada mitmeid tanklaid suurematesse linnadesse.

³⁵ Gaasibusside kasutuselevõtmise perspektiivid ja senine praktika; Ühistranspordiseminar 2013, Maanteeamet, Ingmar Roos http://www.mnt.ee/public/Ingmar_Roos_07.11.pdf



Sele 4.3 Potentsiaalsed tanklad tulevikus Eestis ¹¹

Oluliseks muutuseks oleks riigi toetus tanklate rajamisel, sest lõppkokkuvõttes saab riik reguleerida kütuse pealt teenitavaid makse. Hetkel on maagaasi aktsiis väga madal, kõigest 23,45€ 1000 m³ gaasi kohta. Üheks võimaluseks arendajate motiveerimiseks tanklaid rajada oleks näiteks gaaskütuseaktsiisi külmutamine seniks kuni on rajatud piisavalt tihe võrgustik, mida aktiivselt ka kasutatakse. Aktsiisi külmutamine annaks CNG-d tarbivate sõidukite ostmisele kaasa ning tekitaks kindla tarbijaskonna.

KOKKUVÕTE

Naftavarud kahanevad suurel kiirusel ning ennustatakse, et sama kulukalt jätkates jätkub seda ligi 40. aastaks. Mootorikütuste turul on bensiin- ja diiselmootori hinna kõikumised tihedad, aga üldise trendi järgi hinnad aina kasvavad. See paneb otsima alternatiivseid lahendusi transpordisektori kütusevajaduse rahuldamiseks. Surugaasi kasutamine autodes on hea ning hetkel ka väga odav võimalus säästa kütusekulu pealt.

Maailmas arvatakse olevat ligi 18 miljonit gaasisõidukit ning nende kasutamine muutub aina populaarsemaks. Enim leidub neid Lähis-Idas ning Lõuna-Ameerikas, aga ka Euroopa riikides on hakanud nende kasutamine märkimisväärselt kasvama. Tasub välja tuua Itaalia, Saksamaa ning ka näiteks Rootsi, kus kehtivad gaasisõidukite kasutajatele erinevad soodustused, mis võivad olla ka aluseks NGV-de populaarsuse kasvamisel. Tähtsaimaks tuleb aga pidada nende riikide tanklavõrgustiku tihedust. Näiteks Saksamaal on linnade siseselt paigutatud tanklad ~5 km, linnade lähiümbruses ~10-15 km ning maapiirkondades ~20-25 km raadiusesse. See tagab NGV kasutajale võimaluse oma sõidukit mugavalt tankida.

Surugaasi tanklate võrgustik Eestis on hetkel veel väike. Olemasolevad 5 tanklat Tallinnas, Tartus, Pärnus ja Narvas suudavad küll hetkel olemasolevad tarbijad rahuldada, aga tanklaketi laiendamine on vajalik uute tarbijate tekkeks. Praegusel hetkel on NGV-d pigem mugav kasutada inimesel, kes eelnimetatud linnades elavad või pidevalt neid külastavad. Inimene, kes tihti nendesse piirkondadesse ei satu on pigem halvemas olukorras, sest peaks ette võtma eraldi sõidu surugaasi tanklasse, et oma sõidukit tankida.

Avalikke tanklaid kasutavad ka linnaliine teenindavad bussid. Tanklate vähesuse tõttu on oluline, et tankla töötaks iga kell laitmatult. Rikke korral pole võimalik näiteks Tartus, Pärnus ja Narvas busse tankida ning kasutusele tuleb võtta diislibussid. Üheks võimaluseks oleks rajada transporti pakkuva firma bussiparki aeglased tankimisseadmed, mis võimaldavad sõidukeid tankida näiteks öösi. Antud lahendus on palju odavam kui Eestis siiani ehitatud avalikud kiirtanklad. Hetkeseisuga on gaasibusse kasutuses veel üsna vähe, aga motopargi laienemisel tasub transpordifirmadel antud lahendusele kindlasti mõelda, sest suur väljaminek on võimalik tagasi teenida just kütusele kuluva summa pealt.

Gaasibussid ei erine välimuselt oluliselt levinud diislibussidest ning bussisõitjale ei tähenda see mingeid muutusi. Transpordifirmale on aga gaasibussi kasutamine rahaline võit. Sebe AS näitel, mis pakub teenust Tartus, saab välja tuua ~10 000€ suuruse säästu 80 000 km läbimisel

aastas iga bussi kohta. Gaasibussiga läbitud kilomeeter on 11% odavam kui diiselbussiga. Kuid gaasibussidega kaasneb ka negatiivseid külgi. Näiteks on kütusepaak 160-170 kg, millega on võimalik läbida 450 km, mis on võrreldes diiselbussi 300 l paagi ja 750 km läbisõiduga tunduvalt madalam. Lisaks on gaasibussi soetamine ~25 % kallim ning ka hoolduskulud on ~10% kõrgemad kui diiselbussil.

Euroopa Liidu taastuvenergia direktiivi 20-20-20 üheks eesmärgiks on taastuvenergia osakaal transpordisektori lõpptarbimises 10%. Eesti riigil on aga raskusi selle eesmärgi saavutamisel. 2010 aastaks oli saavutatud sellest vaid 0,2%. Kõige suurema panuse antud eesmärgi saavutamiseks annab biokütuste segamine mootorikütustesse. Teiseks pakutakse aga biometaani kasutamist transpordis. Hetkel puudub Eestis täielikult biometaani tootmine, aga huvi antud valdkonna arendamise vastu on suur. Arvan, et Eesti peaks eeskuju võtma Rootsis rajatud biometaani tanklate võrgustikust. Optimaalne oleks rajada tootmisjaam võimalikult lähedale tanklale, et transpordikulud oleks minimaalsed. Probleemiks peetakse biometaani konkurentsivõimetust tavalise maagaasiga, sest selle tootmine oleks kallid ning omahind tuleks gaasil kõrge. Lisaks on probleemid biometaani koostisega, mida tuleb enne maagaasitrassiga ühendamist kontrollida, et see vastaks võrguhalduri nõuetele.

Arvan, et suurimaks põhjuseks, miks Eestis pole viimastel aastatel surugaasi tanklaid juurde rajatud on sõidukite vähesus ning sellest tingitud gaaskütuse väike nõudlus. Tarbijad ei ole huvitatud või teadlikud NGV-de eelistest laialt levinud bensiini- ja diiselmootoriga sõidukite ees. Kardetakse ka gaasihinna tõusu tava mootorikütuse tasemele, mis kaotaks kütusehinnast tuleva säästu. Eelkõige saaks olukorda parandada riik. Toetused tanklate rajamiseks ning näiteks gaaskütuseaktsiisi külmutamine seniks kuni rajatakse efektiivne võrgustik aitaks kaasa CNG-d tarbivate sõidukite ostmisele ning kindla tarbijaskonna tekkele.

Kuna surugaasi tanklad on Eestis pigem uus nähtus ning nende laialdasem arendamine alles ees, soovin seda teemat ka edaspidi näiteks magistrakraadi omandamisel käsitleda.

SUMMARY

Worlds oil reserves are depleting at a fast rate and it is estimated that if its use is continued at the same rate it will last for about 40 years. On the fuel market petrol and diesel prices are unstable but the general trend is that the prices are rising. Because of that looking for alternative solutions to fulfill the transport sector fuel needs is necessary. Using compressed natural gas in cars is a good and at the moment a very cheap way to save on fuel prices.

It is estimated that there are 18 million gas vehicles in the world and using them is getting more and more popular. Most of the gas vehicles can be found in Middle-East and South-America but in European countries the use of NGV-s has risen significantly. Good examples are Italy, Germany and Sweden where there are different benefits to people who use gas vehicles and it might be the basis for why these cars are becoming more popular. The most important part though is the density of compressed natural gas fuel stations. For example in Germany the CNG stations in the city are located within ~5 km radius, near the city within ~10-15 km radius and in the countryside ~20-25 km radius. It provides the gas vehicle user a comfortable way to fuel their car.

CNG stations network in Estonia is at the moment quite small. The 5 built stations in Tallinn, Tartu, Pärnu and Narva are at the moment able to satisfy the consumers but broadening the stations network is necessary for new consumers to come along. At the moment using a NGV is comfortable for people who live in the forenamed cities or visit them frequently. People who do not visit or live near those areas are put in a disadvantageous situation where they have to take a separate journey to refuel their car.

Public CNG stations are also used by public transport gas buses. Due to the scarceness of the CNG filling stations it is necessary for the station to work flawlessly at any given time. If a breakdown occurs it is not possible for gas buses in Tartu, Pärnu or Narva to fill up and diesel buses have to be utilised. One solution for that problem is to build slow CNG filling stations in the companies bus park which can be used to fill buses up at night. It is a lot more cheaper system than those public fast stations that have been built so far. At the moment though there are rather few gas buses in use but it is an idea that the transport companies can pick up if more gas buses come along. The big investment is easily earned back from the savings on fuel.

Gas buses from the looks of it are not much different than diesel buses and for the customer it makes no difference. For the company though using gas buses is a monetary win. For example

Sebe AS which offers bus service in Tartu saves nearly 10 000 € with 80 000 km mileage per year per bus. 1 km with a gas bus is 11% cheaper than with a diesel bus. But there are negative sides to gas buses aswell. For example the fuel tank on a gas bus is 160-170 kg with which you can travel 450 km. Compared to a diesel buses 300 l tank and range of 750 km it is much lower. Additionally it is about 25% more expensive to buy and maintenance costs are about 10% higher.

One of the objectives of European Unions 20-20-20 directive is to rise renewable energy usage in transport sector to 10%. For Estonia it is one of the hardest objectives to attain. By 2010 only 0,2% of the objective had been achieved. The biggest contribution to achieving the goal it is to mix biofuels into fuels used in car engines. The second biggest impact can be given by using biomethane as a fuel in transport. At the moment there are no biomethane producing plants in Estonia but interest to develop that subject field is high. I think Estonia should follow the example of Swedens biomethane fuel stations development. The optimal place for a biomethane producing plant would be as close to the filling station as possible to minimize the transport expense. One of the problem is thought to be that biomethane would not be able to compete with regular natural gas because of the cost of the prodcution and the net value of biomethane would be rather high. In addition to that the consistency of biomethane needs to be checked before it can be guided into the natural gas network as the network administrator has certain requirements for the gas running in the network.

I think the foremost reason why in recent years no new CNG filling stations have been built in Estonia is the lack of NGV-s. Consumers are not interested or aware of the advantages of using a NGV. They are also afraid of the CNG prices rising to the same level as petrol and diesel prices which would eliminate the savings on fuel. Above all the situation can be improved by the country itself. Financial support to build stations and for example gas fuel tax freezing until an effective network is developed can help to improve the sales of NGV-s and bring forward new consumers.

Since CNG stations in Estonia are a rather new phenomenon and their extensive development still to come I am interested in researching this topic furthermore in my Master-s degree.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Kütused ja põlemine I osa, Aadu Paist 2014
2. Balti Gaas kodulehekülg
<http://www.baltigaas.eu/et/page/view.html?id=7>
3. Natural Gas & Transportation: The History of Natural Gas Vehicles
http://www.randomhistory.com/2008/09/08_ngv.html
4. Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid
<http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/>
5. CNG Europe
<http://cngeurope.com/>
6. Blue Corridor konverents 2014, E-ON CNG & LNG in Road Traffic
7. Juhendaja antud materjal. Narva linna CNG tankla rajamise projekt.
8. Eesti Gaas, Tanklate ohutus
<http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasi-autotankla/tanklate-ohutus/>
9. Škoda esindaja, Blue Corridor konverents 2014
10. AS Eesti Gaas transpordikütuste turul eile, täna, homme, Raul Kotov 2013
11. CNG võti puhtasse tulevikku, Eesti Gaas 2013
12. Diisel ja ottomootorite ümberehituse võimalused, Kristjan Relvik 2011
13. Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid, sõiduautod
<http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/soiduautod/>
14. Škoda Octavia hinnakiri
http://www.skoda.ee/sitecollectiondocuments/hinnakirjad/november%202014/november2014_octavia_kodukale.pdf
15. Eesti Gaas Maagaasimootoriga sõidukid, bussid
<http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasimootoriga-soidukid/bussid/>
16. „Reola Gaas toob Eestisse esimesed LNG-bussid“, Ärileht 18. märts 2014.
<http://arileht.delfi.ee/news/uudised/video-reola-gaas-toob-eestisse-esimesed-lng-bussid?id=68264885>
17. Tartu linna koduleht, Biogaasibussid
http://www.tartu.ee/?lang_id=1&menu_id=6&page_id=24079
18. Surugaas Narva linna ühistranspordi teenistuses, Eduard East 2013

19. „MRP Linna Liinid AS soetas uued MANi gaasibussid“
<http://www.entry.man.eu/ee/et/uudised/man-truck-und-bus/MRP-Linna-Liinid-AS-soetas-uued-MANi-gaasibussid-133440.html>
20. Tartu Scania CNG busside kogemused ja tasuvus võrreldes diiselbussidega, Blue Corridor konverents 2014, Üllar Kaljuste
21. Ülevaade metaankütuste kasutamise kogemustest transpordis Rootsis, Saksamaal, Austrias ja Itaalias; SPIN/GaasiKiirtee Metaankütuste seminar 2011, Ahto Oja
22. NGVA europe, Itaalia <http://www.ngvaeurope.eu/italy>
23. CNG & LNG in road traffic; Blue Corridor konverents 2014
24. NGVA europe, Rootsi
<http://www.ngvaeurope.eu/sweden>
25. Juhendaja antud materjal
26. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2009/28/EÜ
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:et:PDF>
27. Mida toob kaasa 2020. Aasta Euroopa Liidu taastuvenergia direktiiv mootorikütuste turul?; Äripäeva konverents 2013, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Madis Laaniste
28. Autokütuste turg Eestis – metaankütuse perspektiivid; Blue Corridor konverents 2013, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Timo Tatar
29. Millised on metaankütuste kasutamise eeldused Eesti transpordis; Äripäeva konverents 2013, Ahto Oja
30. “Biometaani tootmine ei ole Eestis konkurentsivõimeline” 31. märts 2015;
<http://majandus24.postimees.ee/3141561/biometaani-tootmine-ei-ole-eestis-konkurentsivoimeline>
31. “Biometaani tootmine sai rohelise tee” 20. märts 2014;
<http://maaleht.delfi.ee/news/maamajandus/uudised/biometaani-tootmine-sai-rohelise-tee?id=68267113>
32. Eesti Gaas, Kontsern
<http://www.gaas.ee/kontsern/eesti-gaas/>
33. “Leedu LNG annab Eestile kindluse, aga Gazpromi gaasist kõrgema hinnaga”; Delfi Ärileht, Ann-Marii Nergi, 15. detsember 2014
<http://arileht.delfi.ee/news/uudised/leedu-lng-annab-eestile-kindluse-aga-gazpromi-gaasist-korgema-hinnaga?id=70362173>

34. „Kokkulepe: LNG terminal tuleb Soome, gaasitoru valmib hiljemalt 2019“; ERR uudised 17.11.2014 <http://uudised.err.ee/v/majandus/6b9dfaf2-96be-40c2-9c25-03cc146ca9e9>
35. Gaasibusside kasutuselevõtmise perspektiivid ja senine praktika; Ühistranspordiseminar 2013, Maanteeamet, Ingmar Roos http://www.mnt.ee/public/Ingmar_Roos_07.11.pdf