



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

Soojusjõuseadmete õppetool

MSJ40LT

Neti Tamtik

SURUGAASI TANKLA TEHNILINE KIRJELDUS
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2016

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

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2016 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Neti Tamtik, 134244 (nimi, kood)

Õppekava Soojusenergeetika

Eriala Soojusenergeetika

Juhendaja: Soojusjõuseadmete õppetool, Igor Krupenski (amet, nimi)

Konsultandid: (nimi, amet, telefon)

.....

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Surugaasi tankla tehniline kirjeldus

(inglise keeles) Technical description of CNG fueling station.

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Sissejuhatus – teema püstitus ja sisukorra loomine	18.02.16
2.	Surugaasi teoreetiline külg	10.03.16
3.	Surugaasi tanklate erinevad tehnoloogiad	12.04.16
4.	Eestis kasutusel olevate surugaasi tanklate seadmed	12.04.16
5.	CNG tanklad Eestis	09.05.16

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

.....
.....
.....

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistootlus esitada hiljemalt

Töö esitamise tähtaeg

Üliõpilane /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja..... /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöörde

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON	2
<i>BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE</i>	3
EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1 SURUGAASI TEOREETILINE KÜLG.....	9
1.1 Mis on maagaas ja kuidas see tekib?	9
1.2 Maagaasi kaevandamine.....	9
1.2.1 Mis on suundpuurimine?	10
1.2.2 Miks kasutada suundpuurimist?	10
1.3 Maagaasi transportimine.....	11
1.4 Maagaasist saadavad kütused	11
1.4.1 Erinevad looduslikul gaasil baseeruvad sõidukikütused.....	12
1.5 Miks kasutada kütusena maagaasi?	14
1.5.1 CO ₂ ja õhukvaliteet	14
1.5.2 Maagaas ja ohutus	15
1.5.3 Surugaasi hind	15
2 SURUGAASI TANKLATE ERINEVAD TEHNOLOOGIAD	17
2.1 Fast-fill ehk kiire tankimine	17
2.1.1 Mis juhtub gaasiga tankimisel fast-fill meetodiga?.....	18
2.2 Slow-fill ehk aeglane tankimine.....	19
2.2.1 Slow-fill tankimisseadmed.....	20

2.2.2	Mis juhtub gaasiga tankimisel slow-fill meetodiga?	20
2.3	Surugaasi tankla kodus	21
3	EESTIS KASUTUSEL OLEVATE SURUGAASI TANKLATE SEADMED	23
3.1	Surugaasi tankla põhimõte.....	24
3.2	Kompressorjaam.....	24
3.3	Gaasi kuivatusseadmed.....	25
3.3.1	Mis juhtub NGV tanklas ilma gaasi kuivatita?	26
3.4	Paisupaagid.....	27
3.5	Kompressor.....	28
3.6	Õlifilter	29
3.7	Surugaasi salvesti	29
3.8	Tankur.....	31
3.8.1	Tankimisseadmete üldised nõuded.....	32
3.8.2	Tankuri kesta üldised nõuded.....	32
3.8.3	Tankimisvooliku üldised nõuded	32
3.8.4	Tankimispüstoli üldised nõuded.....	32
3.9	Ohutusseadmed, mõõte-, juhtimis - ja reguleerimisseadmed	33
3.10	Surugaasi tanklate plahvatusohtlikud piirkonnad	33
4	CNG TANKLAD EESTIS	36
4.1	Tallinnasse planeeritava uue tankla võimalikud seadmed.....	38
5	KOKKUVÕTE.....	39
6	SUMMARY	41
7	KASUTATUD KIRJANDUS	43

EESSÕNA

Antud lõputöö teema "Surugaasi tankla tehniline kirjeldus" pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika instituudi töötaja Igor Krupenski, kelle juhendamisel antud lõputöö valmis. Lõputöö koostamisel kasutatud andmete ja konsultatsioonidega abistasid Valdo Vaker (AS Eesti Gaas) ja Sergei Harhan (AS Gaasivõrgud). Samuti oli antud töö valikul määravaks isiklik huvi antud teema vastu, kuna töotan firmas Heatconsult OÜ, kus tegelen gaasitrasside projekteerimisega ning olen projekteerinud kahe surugaasitankla gaasivarustuse.

SISSEJUHATUS

Surugaasi tootmine transpordikütusena sai Eestis alguse juba 1989 aastal, kui Kohtla-Järvele ehitati esimene surugaasi tankla. 2009. a, kui esimese surugaasi tankla ehitamisest möödus 20 aastat, ehitas Eesti Gaas AS Suur-Sõjamäe tänavale esimese kaasaegse surugaasi tankla, mis oli mõeldud nii sõiduautodele, kui ka raskeveokitele, seal hulgas ka bussidele. Tankla seadmete tootjaks oli Saksamaa firma Schwelm Anlagentechnik GmbH.

Peale 2009. aastat on Eesti Gaas AS teinud igal järgneval aastal investeeringuid uute tanklate ehitamiseks ning aastaks 2013 oli Eestis juba 5 surugaasi tanklat. Viimase kolme aasta jooksul ei ole Eestisse ehitatud ühtegi uut CNG tanklat. Põhjuseid on olnud mitmeid, kuid peamisteks põhjusteks võib lugeda:

- Üleriigiline maagaasi tarbimise vähenemine (2007.a tarbisid Eesti kliendid umbes 1 miljard kuupmeetrit maagaasi aastas, kuid 2015.a statistiliste andmete kohaselt on see number kukkunud peaegu poole võrra – kuni 0,512 miljardit kuupmeetrit aastas);
- Puudus riigi toetus surugaasi tankla ehitamiseks (investeeringud ühe tankla kohta olid orienteeruvalt 500 tuhat eurot);

Tänaseks päevaks on olukord muutunud ning on toimunud järgmised arengud:

- Vastavalt ambitsioonikatele eesmärkidele transpordisektoris (2020. aastaks peaks taastuenergiaallikate osakaal ulatuma 10% transpordikütustes, kuid tänase päeva seisuga ei ulatu see number isegi ühe protsendini) on biometaani võimalik tootmine ning kasutamine surugaasi tanklates muutunud väga aktuaalseks – selle kohta on tehtud mitmed uuringuid ning on loota, et lähiajal hakatakse biometaani Eestis tootma;
- Eesti Vabariigi poolt on käivitatud programmid nii surugaasi kui ka biometaani tanklate ehitamiseks ning kohalike busside üleviimiseks diiselkütusest surugaasile;
- Peale Eesti Gaas AS-i on tekkinud ka teisi arendajaid, kes soovivad ehitada surugaasi tanklaid Eestis (seal hulgas ka surugaasi tanklaid veeldatud maagaasi baasil ehk piirkondades, kus puudub maagaasi ülekande- ja jaotusvõrk);
- On loota, et juba sel aastal ehitatakse Eestisse uusi surugaasi tanklad (see aasta peaks valmima uus surugaasi tankla Tallinnasse);

- Kui kõik eelmised tanklad on ehitatud kasutades Saksa firma Schwelm Anlagentechnik GmbH seadmeid, siis uute tanklate tehnoloogia valik võib erineda ja kasutusele võivad tulla ka teiste firmade seadmed.

Käesolevas töös antakse põhjalik ülevaade surugaasi tanklate seadmetest - kompressorjaamast ja seal paiknevatest seadmetest ning surugaasi tankurist. Põhjalikum ülevaade antakse Schwelm Anlagentechnik GmbH seadmete kohta, mis on Eestis surugaasi tanklates hetkel kasutusel. Põgusalt on kirjeldatud ka uue võimaliku seadmete pakkuja surugaasi tankla seadmeid.

1 SURUGAASI TEOREETILINE KÜLG

1.1 Mis on maagaas ja kuidas see tekib?

Maagaas ehk looduslik gaas on tekkinud maakooses orgaaniliste ainete biokeemilisel lagunemisel ja muundumisel geokeemiliste tegurite mõjul ning tema koostis sõltub päritolust. Maagaas koguneb harilikult maakoore gaasi sisaldavate kihtide ülaossa ja maakoore kurdudesse naftakihi kohale. Gaasi- ja gaasikondensaadimaardlatest saadava gaasi keemiline koostis on püsiv, sisaldades endas 75...98 % metaani (CH₄), vähesel hulgal ka raskeid süsivesinikke – etaani, propaani jt. Maagaas sisaldab mõningal määral veel süsinikoksiidi ja lämmastikku, mõnes leiukohas väheses koguses ka vesinikku. Maagaasi saadakse ka koos naftaga koguses 10...50 % toodetava nafta massist. Gaas eraldatakse puuraugust väljuvast naftast separaatorites ja kogutakse rõhku alandades metallmahutitesse. Sellist gaasi nimetatakse nafta- ehk kõrvalgaasiks. Koostiselt on naftagaas küllaltki ebapüsiv. Peale metaani, mille kogus võib ulatuda 60 protsendini, sisaldab see ka teisi raskeid süsivesinikke [5].

Kildagaas on kiltkivi pooridesse kogunenud maagaas, mille koostis on põhiliselt metaan CH₄. Kildagaasi ammutamiseks rakendatakse horisontaalseid puurauke ja gaasi sisaldava kiltkivi hüdraulilist purustamist. Kildagaasi tootmist saab reguleerida vastavalt hooajalisele nõudlusele ja see annab teatud eelise maagaasi ees. Kildagaasi kasutusele võtmine aitab kahandada erinevate riikide sõltuvust impordist ja mõjutab seeläbi oluliselt globaalset gaasiturgu. Kuna USA kasutab suures osas kildagaasi, siis USA turule ette nähtud veeldatud maagaasi osa suunatakse Euroopasse, mis omakorda vähendab Euroopa riikide nõudlust Venemaa kallima torugaasi järele [6, 85].

1.2 Maagaasi kaevandamine

Maagaasi kaevandatakse puurkaevude kaudu. Võimalik on kasutada vertikaalpuurimist, suundpuurimist ja horisontaalpuurimist kaevude tegemiseks. Vertikaalpuurimine on kõige vanem puuraukude valmistamise viis, horisontaalpuurimine on uus ja väga kallis. Koos hüdraulilise puurimisega võib horisontaalne puurkaev maksta kuni 3 korda rohkem kui vertikaalpuurimise korral. Tavaliselt teeb selle lisakulu tasa horisontaalse kaevu suurenenud toodang [7].

1.2.1 Mis on suundpuurimine?

Enamus kaevusid, mida kasutatakse vee, nafta või gaasi kättesaamiseks, on vertikaalsed, need on puuritud otse maa sisse.

Kui suundpuurimist kombineerida hüdraulilise purustamisega, on võimalik kätte saada kivimitest, mis muidu olid ebaväärtuslikud, nendes peituv nafta või maagaas [7].

1.2.2 Miks kasutada suundpuurimist?

1. Suundpuurimisel on võimalik tabada sihtmärke, mida vertikaalpuurimine ei võimalda tabada.

Mõnikord võib reservuaar peituda linna või muu asustuse all, kus vertikaalpuurimine on võimatu või keelatud. Suundpuurimisel on võimalik sellised reservuaarid kasutusele võtta, näiteks paigutades puurimisseade linna või asula äärde ning puurida nurga all [7].

2. Ühe puurimisega on võimalik ammendada maavara suurelt alalt .

Seda meetodit kasutatakse puurimiste niinimetatud jalajälgede vähendamiseks. Ühe puurimisega on võimalik ära hoida mitut puurimist ning mitmete kaevude tekitamist [7].

3. Suundpuurimisel on võimalik suurendada niinimetatud tasuvustsoone.

Kui kütust sisaldavate kivimite lademed on 50 m sügavad, siis vertikaalpuurimisel on tasuvustsoon 50 m, kuid suundpuurimisel on võimalik tasuvustsooni suurendada, puurides nurga all [7].

4. Suundpuurimisel saab parandada kaevude tootlikkust purunenud reservuaaris.

Seda on võimalik teha, kui puurida samades suundades murrangutega maapõues. Puurimise suund on tavaliselt kõige suurema murranguga täisnurga all [7].

5. Suundpuurimisega on võimalik sulgeda või vähendada survet kontrolli alt väljunud kaevus.

Kui kaev on kontrolli alt väljunud, saab suundpuurimise abil puurida antud kaevuga lõikuva kaevu. Lõikuvat kaevu saab siis kasutada olemasoleva kaevu sulgemiseks või selles oleva surve vähendamiseks [7].

1.3 Maagaasi transportimine

Tõhus ja efektiivne maagaasi transportimine tootmisaladelt tarbijateni eeldab head maagaasi transpordi süsteemi. Maagaasi on võimalik transportida neljal erineval kujul: gaas gaasi kujul (Gas to Gas), gaas vedeliku kujul (Gas to Liquids), gaas tahkel kujul (Gas to Solid) ja gaas elektrienergia kujul (Gas to Wire) [27].

Gas to Gas - Gaas gaasi kujul transportimist on kolmel erineval võimalusel, millest kõige tavalisem ja levinuim meetod on maagaasi transportimine mööda torusid. Teine võimalus maagaasi transportida on gaas kokkusurutud kujul - gaasi töödeldakse, surutakse kokku ja transporditakse tarbijateni [44]. Kolmas võimalus on gaasi transportimine veeldatud kujul, kus gaasi töödeldakse, veeldatakse, transporditakse ja regasifitseeritakse sihtkohas. Veeldatud gaasi maht on ligikaudu 1/600 gaasi mahust normaaltingimustel ning see muudab maagaasi ladustamise ja transportimise lihtsaks ning ökonoomseks [8].

Gas to Liquids - Sel juhul on tegemist maagaasi keemilise muundamisega ning molekulide ümberpaigutamisega [44].

Gas to Solid - 1 m³ tahket maagaasi hüdraati sisaldab sõltuvalt temperatuurist ja rõhust kuni 200 m³ looduslikku gaasi. Selline maagaasi transportimise viis on alles uurimise järgus ja ei ole veel laialdaselt kasutusel [43].

Gas to Wire - Sel juhul puudub otsene vajadus maagaasi transportimiseks, vaid maagaas muundatakse elektrienergiaks ning edastatakse tarbijatele [44].

1.4 Maagaasist saadavad kütused

Maagaasi saab töödelda, muutes tema olekuparameetreid, saades sellest näiteks LNG-d ja CNG-d.

Veeldatud looduslik gaas ehk LNG (inglise keeles Liquefied Natural Gas, veeldatud looduslik maagaas) saadakse maagaasi jahutamisel kuni -160 °C. Gaas surutakse kokku, mistõttu LNG maht on ligikaudu 600 korda väiksem gaasi mahust normaaltingimustel. LNG taasgaasistamine toimub vastuvõtuterminalis. Maagaasi veeldamine muudab maagaasi transportimise ja ladustamise lihtsaks ning ökonoomseks, samas annab see ka lihtsustatud juurdepääsu energiaallikale üle maailma [8]. LNG-d hoitakse suurtes mahutites -162 °C juures ning gaasistatakse vastavalt vajadusele seda soojendades, tekkinud maagaas suunatakse

ühtsesse gaasi ülekandevõrku. Tänu ülimadalale temperatuurile LNG ei põle, mis teeb selle transportimise ja säilitamise suhteliselt ohutuks [9].

Vedelgaas ehk LPG (inglise keeles Liquefied Petrol Gas, vedelgaas). on maailmas laialt kasutust leidnud energiaallikas, mida toodetakse kahel viisil: 60 % eraldatakse maagaasi maardlatest, kus see on valmis kujul koos metaaniga ja 40 % saadakse toornafta rafineerimisel, kus kaastootena valmivad veel bensiinid ja diiselmootorid. Nafta rafineerimisel on vedelgaas üks esimestest toodetest, mis valmib enne raskemaid kütuseid [10].

Tihti aetakse segi LNG-d ja LPG-d. Kuigi neil on teatud sarnasusi, on need siiski sedavõrd erinevad kütused, et vajavad täielikult erinevaid seadmeid ja erinevat käitlemist [12].

Surugaas ehk CNG (inglise keeles Compressed Natural Gas, surugaas) on kokkusurutud maagaas, mida tangitakse surugaasisõiduki gaasimahutitesse automootori käitamiseks. Maagaasi energaaltihedus normaalingimustel on väike võrreldes vedelkütustega. Sõiduki mahutitesse tangitava gaasienergia hulga suurendamiseks tihendatakse gaasi rõhuni ca 200 baari [12].

Looduslikul gaasil põhinevaid kütuseid mõõdetakse kilogrammides. Sõiduautode gaasikütuste paagid suudavad mahutada keskmiselt 20 kg CNG-d. Sellest tulenevalt suudab sõiduauto, millel on 20 liitrine gaasi paak, sõita kuni 400 kilomeetrit [14].

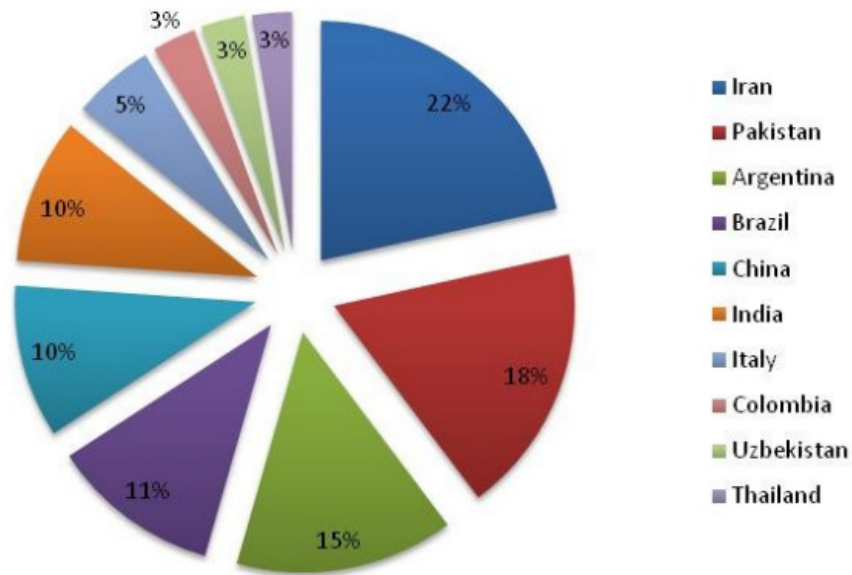
Nagu veeldatud maagaas, koosneb ka surugaas metaanist, nende kütuste erinevused seisnevad metaani hoiustamise tehnoloogilistes lahendustes [12].

1.4.1 Erinevad looduslikul gaasil baseeruvad sõidukikütused

Maagaasi saab transpordi kütusena kasutada kahel kujul, kas CNG või LNG-na. LNG-d kasutatakse rohkem laevanduses, tänu tema madalale väävlisisaldusele, CNG-d kasutatakse rohkem sõidukitranspordis: sõiduautodes, bussides, kaubikutes ja veoautodes, eriti just linnapiirkondades, kus tankimiskohtade vahemaa on väike [18, 15-16].

Looduslikku maagaasi kasutatakse sõidukikütusena paljudes riikides juba pikka aega. NGVA (Natural & bio Gas Vehicle Association) 2014. aasta statistika kohaselt on maailmas 17,73 miljonit NGV (inglise keeles Natural Gas Vehicle, surugaasisõiduki) sõidukit, millest 16,3 miljonit on väikesõidukid. 86 % NGV sõidukitest on kasutusele võetud kümnes erinevas riigis

ning 47 % kõikidest NGV sõidukitest asuvad Iraanis, Pakistanis ja Argentiinas. Joonisel 1.1 on näidatud kümne suurima NGV riigi osakaal protsentuaalselt [18, 27].



Joonis 1.1 Suurimad NGV riigid (kümne suurima NGV riigi osakaal) [18, 27]

2014. aasta NGVA statistika kohaselt on Euroopa Liidu suurimad NGV riigid Itaalia, Saksamaa, Bulgaaria ja Rootsi. Tabelis 1.1 on näidatud suurimad NGV riigid Euroopas ning võrdluseks on toodud ka NGV-de arv Eestis [20].

EU riigid	Sõiduautod	Bussid	Veoautod
Itaalia	880 000	2300	3000
Saksamaa	95708	1735	176
Bulgaaria	61000	280	40
Rootsi	43795	755	2163
Eesti	300	30	10

Tabel 1.1 Suurimad NGV riigid Euroopas [20]

Hea tanklate võrgustiku näiteks on Saksamaa, kus NGV-sid on ~100 000 ning tanklaid 921. See teeb ~1 tankla 1000 sõiduki kohta. Linna siseselt on tanklate kaugus ~5 km, linna lähedal 10-15 km ning maapiirkondades ~20-25 km, mis annab hea võimaluse kasutada NGV sõidukeid iga päev [15, 11].

1.5 Miks kasutada kütusena maagaasi?

Looduslikul gaasil on kütusena palju olulisi eeliseid tarbijatele, keskkonnale ja majandusele. Maagaas vähendab süsinikehitmete kogust autotranspordis ning parandab õhu kvaliteeti linnades ning selle kasutamine aitab oluliselt tõsta Euroopa energiavarustuse mitmekesisust [16].

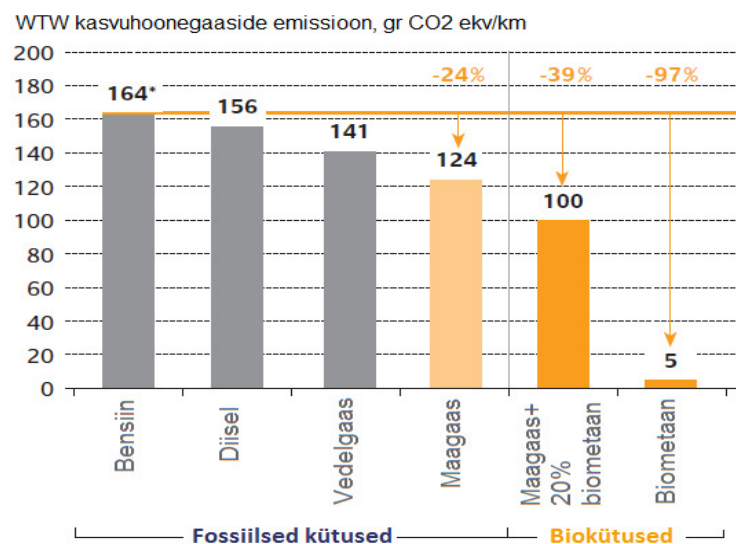
Loodusliku gaasi eeliseks kütusena kasutamisel on ka see, et CH₄, millest maagaas enamasti koosneb, leidub looduses suurtes kogustes. Maagaasi reserve prognoositakse rohkem kui 200 aastaseks ning regulaarselt leitakse ka uusi varusid [16].

Maagaasi on võimalik kasutada ka koos biometaani, biomassi ja sünteetilise gaasiga. Kui maagaasi biometaaniga segada, siis niigi madalad CO₂ heitkogused vähenevad veelgi [16].

1.5.1 CO₂ ja õhukvaliteet

Maagaas sisaldab vähem süsinikku, kui tavalised süsivesinikkütused ning seetõttu on maagaasi baseeruva kütuse CO₂ heitmete kogus väiksem, sõiduautode heitkogused on 20-30 % väiksemad ja bussidel ning veoautodel 10-20 % väiksemad kui bensiin- ja diiselmootorite korral [17]. Joonisel 1.2 on toodud erinevate kütuste kasvuhoonegaaside emissioon arvestades kütuse kogu elutsükli alates tootmisest kuni põlemiseni mootoris (WTW - Well-To-Wheels).

Erinevate kütuste kasvuhoonegaaside emissioon (WTW)



* referentsõiduk:sissepritega bensiinimootor, kulu 7 l/100km

Joonis 1.2 Erinevate kütuste kasvuhoonegaaside emissioon, CO₂ ekv/km [4]

Maagaas on praktiliselt tahkete osakeste vaba kütus, millel on madal NO_x-ide (lämmastikoksiidid, NO tähendab lämmastikoksiidi ning x- tähistab numbrit, kas on NO, NO₂ jne) sisaldus, mis alandab märgatavalt õhu saastamist linnastunud aladel. See eraldab kuni 95 % vähem tahkeid osakesi ning kuni 50 % vähem NO_x-e, kui Euroopa saasteainete standardid uutele veoautodele (Euro VI) ja väikeautodele (Euro 6) ette näevad. Maagaasi heitgaasid on kahjulike ja kantserogeensete saasteainete vabad [17].

Jooniselt 1.2 on küll näha, et puhta biogaasi emissioon on võrreldes teiste kütustega parim, kuid tänane biogaasi puhastamise ja vääristamise tehnoloogia on veel üsna kallis, et seda massiliselt kasutada [4].

1.5.2 Maagaas ja ohutus

Maagaas on suhteliselt ohutu kütus, sellel on mitmeid eeliseid võrreldes bensiini ja diisliga. Olulisemateks eelisteks on, et maagaas ei ole mürgine ning maagaasi lekete korral ei toimu maapinna ega põhjavee saastumist, kuna looduslik gaas on õhust kergem ning hajub kiiresti atmosfääri, see ei kogune lekete korral ümber sõiduki, ega imbu maapinna sisse [19].

Looduslikul gaasil on väga limiteeritud süttimispiirkond - see ei põle kontsentratsioonidel alla 5 % ega üle 15 % õhuga segunemise korral. Samuti põleb looduslik gaas madalamatel temperatuuridel ning selle isesüttimistemperatuur on palju kõrgem kui bensiinil ja diisli. Tabelis 1.2 on toodud loodusliku gaasi, bensiini ja diisli süttisomadused [19].

Omadused	Looduslik gaas	Bensiin	Diisel
Süttimispiirid (maht % õhus)	5-15	1.4-7.6	0.6-5.5
Isesüttimistemperatuurid (°C)	450	300	230
Minimaalne süttimise energia õhus (10 ⁻⁶ BTU)	0.27	0.23	0.23
Leegi maksimaalne temperatuur (°C)	1884	1977	2054

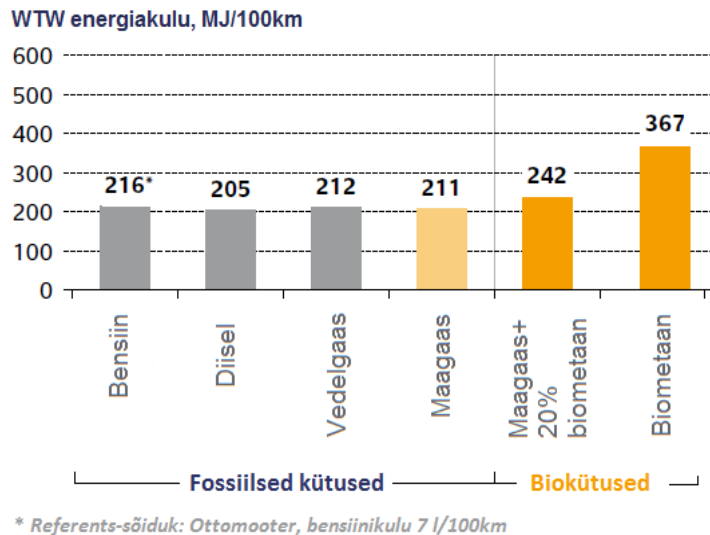
Tabel 1.2 Loodusliku gaasi, bensiini ja diisli süttimise omadused [19]

1.5.3 Surugaasi hind

Maagaas annab ühiku kütuse kohta rohkem energiat, kui teised kütused. 1 kg maagaasi annab 15 kWh energiat, sama koguse energiat annab 1,3 liitrit bensiini, 1,27 liitrit diislikütust, 1,18

liitrit vedelgaasi ja 2,8 liitrit metüülpiiritust [27]. Joonisel 1.3 on toodud erinevate kütuste energiakulu, võttes arvesse kütuse kogu elutsükli alates tootmisest kuni põlemiseni mootoris.

Erinevate kütuste WTW energiakulu



Joonis 1.3 Erinevate kütuste Well-to-Wheels energiakulu, MJ/100km [4]

Surugaasi hind võrreldes bensiini või diiselkütusega, on väga soodne. 01.04.2016 seisuga on surugaasi hind kõikides Eesti tanklates 0,729 EUR/kg, samas kui Statoilis on bensiin 95 hinnaga 1,079 EUR/l, bensiin 97 hinnaga 1,129 EUR/l ja diisel 1,039 EUR/l [21][22]. Rahaline sääst maagaasiga sõites olenevalt aastast läbisõidust võib ulatuda paarisajast kuni paari tuhande euron. 30 000 kilomeetrise aastase läbisõiduga sõiduki rahaline sääst maagaasiga sõites võrreldes teiste kütustega on toodud joonisel 1.4.

	BENSIIN	DIISEL	MAAGAAS (CNG)	AUTOGAAS
LÄBISÕIT AASTAS (km)	30000	30000	30000	30000
KÜTUSEKULU	l/100km 7.2	l/100km 5.2	kg/100km 5.2	l/100km 7.5
KÜTUSE HIND (€)	1.05	1.05	0.729	0.599
RAHA KÜTUSELE AASTAS	2268.00	1638.00	1137.24	1347.75
SÄÄSTAKSID MAAGAASIGA SÕITES	1130.76	500.76	-	210.51
AUTO OSTUHIND	-	+2000 €	+2000 €	-
GAASISEADME PAIGALDUS	-	-	-	1000 €

Joonis 1.4 Erinevate sõidukikütuste hinnavõrdlus [23]

2 SURUGAASI TANKLATE ERINEVAD TEHNOLOOGIAD

On olemas kahte tüüpi surugaasi tankla tehnoloogiaid: fast-fill ehk kiire tankimisega tanklad, millel on vajalikud surugaasi salvestid, ja slow ehk time-fill ehk aeglase laadimisega tanklad, kus surugaasi salvesteid vaja ei ole. Fast-fill tanklad töötavad kõrgemate rõhkudega ning sõiduki tankimiseks kulub umbes sama kaua aega, kui tavalises bensiini ja diislikütuste tanklas. Time-fill tanklates saab tankida pika aja jooksul korraga mitu sõidukit, need tanklad kasutavad madalamaid rõhkusid ning on sarnased aku laadimisega [2].

NGV sõiduki tankimisel varieerub kütuse kogus täis tangitud paagis, kuna see sõltub ümbritseva keskkonna temperatuurist ja täituvusest. Tankur katkestab automaatselt tankimise, kui paagis saavutatakse rõhk, mis lubab paagis oleval gaasil ohutult paisuda või kokku tõmbuda, sõltuvalt päevastest temperatuurimuutustest [32].

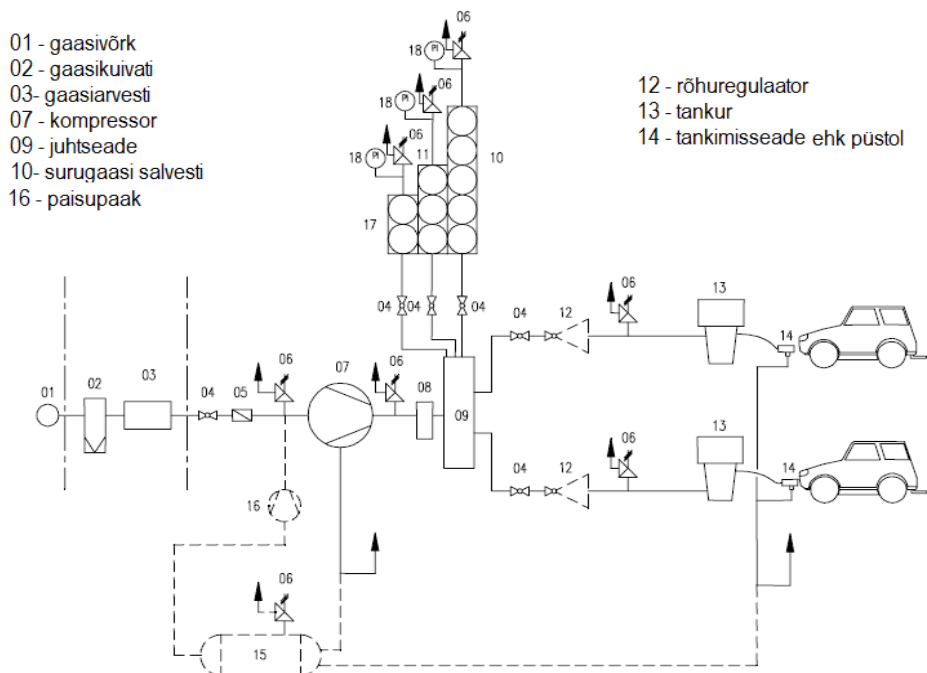
2.1 Fast-fill ehk kiire tankimine

Kiire tankimisega CNG tanklad sobivad enamasti väikesõidukitele, mis võivad tanklasse tulla igal ajal ning vajavad kiiret tankimist. Kiirlaadimisega tanklate seadmete jaoks kulub suhteliselt palju ruumi võrreldes aeglase laadimise tehnoloogiaga, mille puhul on ruumi vaja vaid tankimisseadmele [28].

Tanklaid varustatakse gaasiga kohalikust gaasitrassist madalal gaasirõhul, gaasi rõhku tõstetakse kompressorjaamas ning ladustatakse surugaasi salvestitesse, kus kütus on valmis kiireks tankimiseks [28].

Fast-fill laadimise korral hoitakse CNG-d kõrge rõhu all mahutites, nii et tankimisel saadakse kütus kiiremini kätte, kui aeglase laadimise korral, kus CNG tuleb madalamal rõhul otse kompressorist. Tankuris on sensorid, mis arvutavad rõhku ja mõõdavad, palju kütust on tangitud, võttes arvesse ka temperatuuri [28].

Joonisel 2.1 on toodud kiire tankimise tehnoloogiline skeem.



Joonis 2.1 Kiire tankimise tehnoloogiline skeem [4]

2.1.1 Mis juhtub gaasiga tankimisel fast-fill meetodiga?

Juhul kui kütuse paaki ümbritseva keskkonna temperatuur on 21,1 °C, paagi rõhk 248,2 baari ning paagi maht 20 GGE-d (inglise keeles Gasoline Gallon Equivalents, alternatiivkütuse kogus, mille energia võrdub ühe galloni (1 gallon = 3,784 liitrit) bensiiniga) [32].

1-2.minut Gaas siseneb paaki - Paaki sisenedes jahtub gaas natuke, tingituna gaasi paisumisest paagi mahus [32].

2-3. minut Kütuse paagis tõuseb rõhk ja temperatuur - Mida rohkem gaasi sõiduki paaki siseneb, seda suuremaks muutub rõhk ning see mõjutab ka paagi sisetemperatuuri. Kuigi paaki sisenev gaas soojeneb, võib tankimisotsik siiski tunduda külmana tänu Joule-Thompsoni efektile - Kohas kus gaas paaki siseneb, jahutatakse paaki kiire paisumise arvelt ning soojus läheb üle gaasi paisumisele [32].

3-4. minut. Gaas soojeneb - Suureneva rõhu tõttu gaas soojeneb, molekulid liiguvad kiiremini ja rõhk suureneb veelgi. Molekulid pörkuvad üksteise ja paagi seinte vastu suurema sageduse ja jõuga. See põhjustab gaasi paisumist, nii et gaas võtab paagis rohkem ruumi kui tegelikult vaja. Kuna väliskeskkonna temperatuur on samuti kõrge, siis molekulid liiguvad kiiremini ja neid mahub vähem paaki, kui neid mahuks külmal päeval [32].

4-5. minut. Paak täitub jätkuvalt - CNG tankimisel lülitub tankimisotsik välja, kui saavutatakse kindel rõhk paagis. See rõhk sõltub paljudest faktoritest, eeskätt temperatuurist, kuna temperatuuri tõusmisel gaas paisub ning paak peab sellele vastu pidama [32].

5.minut Tankimisotsik lülitub välja ja ühendatakse sõiduki küljest lahti - Tankimisotsik lülitub välja rõhul 289,6 baari. Sel hetkel on paagis 15,5 GGE-d kütust. Kuna gaas oli juba soe tänu kõrgele välistemperatuurile ning tankimise käigus soojenes veelgi, võttis see rohkem ruumi ja 20 GGE-st paaki ei tangitud täielikult täis [32].

5+. minutid Gaas jahtub ümbritseva keskkonna temperatuurini - Paagi sisemine temperatuur ühtlustub väliskeskkonna temperatuuriga ning gaasi molekulid hakkavad aeglaselt liikuma. Gaas tõmbub kokku ja rõhk langeb kuni 248,2 baarini. Sõiduki paak on konstrueeritud taluma kuni 125 % paagi rõhust, nii et kui välistemperatuur tõuseb, siis paagi siserõhk jääb ohutusse vahemikku [32].

Kui kiire laadimise korral oleks väljas $-17,78^{\circ}\text{C}$, siis molekulide aeglasema liikumise tõttu mahub neid rohkem paaki, kui sooja ilma korral. Seetõttu suletakse kütuse voolus 206,8 baari juures, kui paagis on 16 GGE-d kütust [32].

Ka fast-fill tehnoloogiaid on erinevaid. Eesti surugaasi tanklates ei lülitu tankimine välja kindlat rõhku saavutades vaid tankimine lõpetatakse kui paagis saavutatakse nõutud rõhk ja gaasi kiirus on 0 kg/h [35].

2.2 Slow-fill ehk aeglane tankimine

Aeglase tankimise tehnoloogiat rakendatakse enamasti transpordiettevõtete kinnistes tanklates, kus üksikule sõidukile tangitud gaasikoguse mõõtmine ei ole oluline ning sõidukite töörežiim võimaldab kauakestvat parkimist ja tankimist ühe koha peal. Slow-fill tankimist saab kasutada näiteks öösiti, kui sõidukid kasutusel ei ole [4].

Antud tehnoloogiaga tanklaid on odavam ehitada, töös hoida ja opereerida. Aeglane tankimine tagab efektiivsema kütuse paagi täituvuse, kui kiire tankimine, mis tuleneb sellest, et kiire tankimise korral voolab gaasi suures koguses, mis võib endaga soojust kaasa tuua ja seetõttu on tankimine ebaefektiivne [28].

Sõidukite tankimisaeg sõltub tangitavate sõidukite arvust, kompressori võimsusest ja surugaasi salvesti mahust. Tankimine võib kesta mõnest minutist kuni mitme tunnini. Näiteks

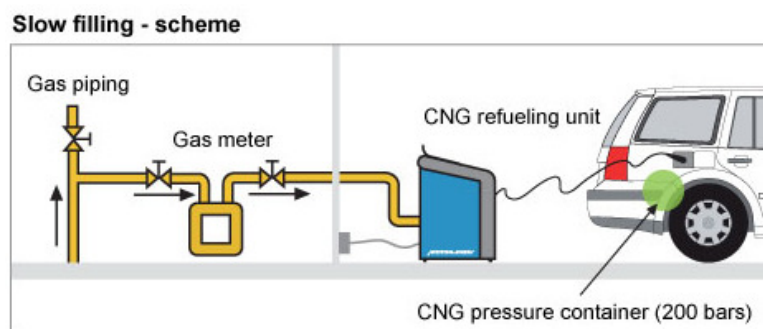
Volkswagen Passati Variant 1.4 TSI EcoFuel, millel on 21 kg paak, tankimiseks kulub 5 tundi ja 48 minutit, kui tankimisseadme väljund on 3,6 kg gaasi tunnis. Standardväljundrõhk aeglase tankimise tehnoloogia seadmetes on 20 m³/h [28][29].

2.2.1 Slow-fill tankimisseadmed

Aeglase tankimise puhul ei tangita sõidukisse ettevalmistatud surugaasi tankla salvestist, vaid kompressor hakkab surugaasi tootma hetkest, mil sõiduk tankuriga ühendatakse. See tehnoloogia esitab kõrgeid nõudeid elektri- ja gaasivarustusele, sest vaja on suuri nominaalvõimsusi [4].

Aeglase tankimise korral ei kasutata üldjuhul tankimisrõhu temperatuurikorreksiooni. Sellest tulenevalt muudetakse sõltuvalt aastaajast käsitsi kompressorite väljundrõhu seadistust või fikseeritud tankimisrõhu korral kasutatakse suveperioodil sõidukite surugaasi mahuteid ebaefektiivselt [4].

Joonisel 2.2 on toodud aeglase tankimise tehnoloogiline skeem.



Joonis 2.2 Aeglase tankimise tehnoloogia skeem [29]

2.2.2 Mis juhtub gaasiga tankimisel slow-fill meetodiga?

Juhul kui kütuse paaki ümbritseva õhu temperatuur on 21,1 °C, paagi rõhk 248,2 baari ning paagi maht 20 GGE-d [32].

1. tund Gaas siseneb paaki - Paaki sisenedes jahtub gaas natuke, tingituna gaasi paisumisest paagi mahus [32].

2-3. tund Temperatuur ja rõhk tõusevad natukene - Paaki siseneb mitme tunni jooksul rohkem gaasi ning selle rõhk järk-järgult kasvab, mõjutades ka paagi sisetemperatuuri [32].

3-4. tund Gaas soojeneb natuke - Kui gaasi molekulid soojenevad, hakkavad need kiiremini liikuma, põrkudes üksteise ja paagi seintega suurema jõu ja sagedusega kokku. See põhjustab gaasi paisumist, nii et gaas võtab paagis rohkem ruumi, kui tegelikult vaja [32].

4-5. tund Soojusel on aega hajuda - Gaas siseneb jätkuvalt aeglaselt sõiduki paaki, rõhk jätkuvalt tõuseb, kuid paagi sees oleval soojusel on aega hajuda paagi seintesse ja ümbritsevasse keskkonda. Paak püsib natukene soojem kui väliskeskkonna temperatuur [32].

5-6.tund Paak täitub jätkuvalt gaasiga - CNG tankimisel lülitub tankimisotsik välja, kui saavutatakse kindel rõhk paagis. See rõhk sõltub paljudest faktoritest, eeskätt temperatuurist, kuna temperatuuri tõusmisel gaas paisub ning paak peab sellele vastu pidama [32].

6-7.tund Kütuse voolus lõpeb - Kütuse voolus suletakse, kui paagis tõuseb rõhk 262,0 baarini. Kuna paak täitus aeglaselt, siis soojus hajus keskkonda ning temperatuur sai jääda võimalikult madalaks, mis võimaldas võimalikult paljudel gaasi molekulidel paaki siseneda. Tankimise lõpetamisel on paagis 18 GGE-d kütust, mis tuleneb sellest, et gaas soojenes natukene ülesse ja ei saanud kogu 20 GGE suurust paaki täita [32].

7+.tund Gaas jahtub ümbritseva keskkonna temperatuurini - Paagi sisemus ühtlustub järkjärgult välistemperatuuriga, gaasi tõmbub kokku ja rõhk langeb 248,2 baarini [32].

Kui aeglase laadimise korral oleks väljas $-17,78^{\circ}\text{C}$, siis molekulide aeglasema liikumise tõttu mahub neid rohkem paaki, kui sooja ilma korral. Seetõttu suletakse kütuse voolus 186,2 baari juures, kui paagis on 18,6 GGE-d kütust [32].

2.3 Surugaasi tankla kodus

Igal inimesel on võimalik paigaldada ka oma koju väike surugaasi tankimisseade. Sõltuvalt tootjast võib tankimisseadme hind olla 3500-6000 eurot [27].

Kodus tankimise seadmed kasutavad slow-fill tehnoloogiat. Koduse surugaasi tankla seadme väljundvõimsus on $2,2-5\text{ Nm}^3/\text{h}$, ehk siis 15 kg paagiga auto laadimisaeg on orienteeruvalt 4,2-9 tundi [27].

Kuna surugaasi tanklaid on veel suhteliselt vähe, siis täidaks kodus olev surugaasi tankimisseade puuduva lünga surugaasi tanklate väheses infrastruktuuris [27].

BRC FuelMaker on firma, mis toodab CNG tankimisvahendeid kodus tankimiseks. Kodutehnika nimetus on PHILL, nende seadmete installimiseks oma majapidamisse on vaja gaasiga varustamise süsteemi ja 1*220 V elektriühendust [33].

Joonisel 2.3 on näidatud ühte võimalikku kodus tankimise seadet, mille on tootnud firma BRC FuelMaker.



Joonis 2.3 PHILL CNG kodus tankimise seade [34]

PHILL P30 tehnilised andmed (seadmed väljaspool USA-d):

- Mõõdud: 762x356x330 mm;
- Kaal: 43 kg;
- Töötemperatuur: -40 - +45 °C;
- Toiteallikas: 220 V;
- Keskmise elektritarbimine: 0785 kW/h;
- Sisendrõhk: 17-35 mbar;
- Väljundrõhk: 207 bar/3 000psi;
- Gaasivoolu hulk: 1,5 sm³/h;
- Müratase: 40 dB[33].

3 EESTIS KASUTUSEL OLEVATE SURUGAASI TANKLATE SEADMED

Maagaasi autotankla on ette nähtud surugaasi tankimiseks mootorsõidukitesse, mis tarbivad mootorikütustena maagaasi. Sõiduki mahutid tangitakse surugaasiga kõrgele rõhule ca 200 baari. Tankimisrõhk sõltub välistemperatuurist: külmal ajal tangitakse alla 200 baari ja soojal ajal üle 200 baari [1].

Sõiduki gaasimahutid tangitakse nominaalrõhuni 200 baari temperatuuril +15 °C. Nominaalrõhk on temperatuurist sõltuv suurus: kui temperatuur on alla +15 °C, on ka nominaalrõhk alla 200 baari ja vastupidi. Seda kirjeldab ideaalse gaasi olekuvõrrand ehk Clapeyroni-Mendelejevi võrrand. Üldine gaasivalem kirjeldab ideaalse gaasi olekut parameetrite rõhk p , ruumala V , temperatuur T ja aine hulk n kaudu [12].

Clapeyroni-Mendelejevi võrrand:

$$p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T, \quad (1)$$

kus R_m -universaalne gaasikonstant ($R_m=8,314472(15) \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)

p -gaasi rõhk (Pa)

V -ruumala (m^3)

T -absoluutne temperatuur (K)

n -aine (gaasi)hulk (mol) [12].

Kui ruumala, milleks on gaasiballoonide maht, aine hulk ja gaasikonstant on muutumatud, siis rõhk ja temperatuur on lineaarses sõltuvuses [12].

Kui tankimine ei oleks temperatuurist sõltuv, vaid määratud kindlale rõhule, siis madalatel temperatuuridel oleks see ohtlik ja kõrgetel temperatuuridel ebaefektiivne. Tankides madalal temperatuuril rõhuni 200 baari, tangiksime ainet ettenähtust rohkem ja temperatuuri tõustes võib rõhk sõiduki gaasimahutites tõusta üle lubatud piiri. Tankides kõrgel temperatuuril rõhuni 200 baari, tangiksime ainet ettenähtust vähem ja auto läbisõit väheneks [12].

Maagaasi autotanklates saavad tankida nii sõidu- kui ka veoautod ning bussid ja raskeveokid. Erinevus on selles, et sõidu- ja veoautodel on väiksem püstol ning raskeveokitel ja bussidel suurem püstol [1].

Kuna sõiduautodes kasutatakse kütusena ka vedelgaasi, siis ei tohi segi ajada surugaasi ja vedelgaasi sõiduki kütusena. Vedelgaasi surugaasi tanklates ei tangita ning eksituste ja ohtude vältimiseks on surugaasi ja vedelgaasi tankuritel erinevad püstolid [1].

3.1 Surugaasi tankla põhimõte

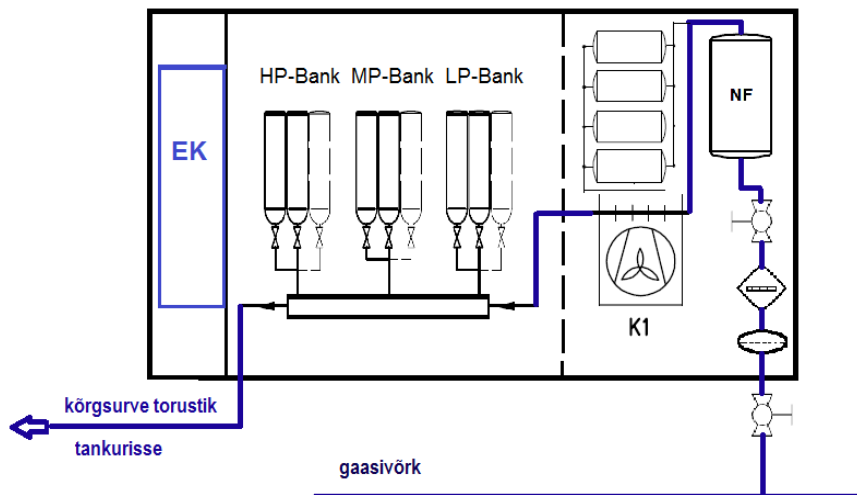
Eesti surugaasi tanklates kasutatakse fast-fill ehk kiire tankimise tehnoloogiat. Sõiduauto paagi täis tankimiseks kulub optimaalselt kuni 5 minutit ja bussi tankimiseks kuni 15 minutit [35].

Maagaasi tankla toimimiseks vajalikud seadmed on surugaasi salvesti, seadmed gaasi kuivatamiseks, voolikud, lõdvikud, armatuurid, kompressor, mõõte-, juhtimis- ja reguleerimisseadmed, tankimisseadmed, voolik ja tankimisliides, ohutusseadmed. Tavaliselt projekteeritakse CNG jaam nii, et kompressorjaama toide tuleks lähimast maa-alusest gaasitrassist [30, 4-5]. Gaasitrassist voolab gaas kompressorjaama, kus esmalt läbib gaas kuivatusseadmed. Kuivatusseadmed sisaldavad endas gaasipuhasteid ja filtreid, mis püüavad kinni niiskuse ja teised võõrosakesed. Kui gaas on kuivatatud, liigub gaas edasi kompressorisse, kus see komprimeeritakse vajaliku rõhuni. Kompressorist voolab gaas surugaasi salvestisse, kus seda hoiustatakse, kuniks tankimiseni. Gaasi salvestid on konstrueeritud mitme sektsioonina ja need töötavad kaskaadi põhimõttel. Sõiduki tankimisel voolab gaas salvestist tankurisse, kust edasi tangitakse seda juba sõiduki paaki [25].

Kütuse tarbimisel sõidukis liigub gaas sõiduki kütusepaagist läbi rõhu alandamise klapi ja segamisregulaatori mootori silindritesse. Seal muudetakse kütus põlemise abil liikumise energiaks, täpselt nagu tavapärase tehnoloogia puhul [3].

3.2 Kompressorjaam

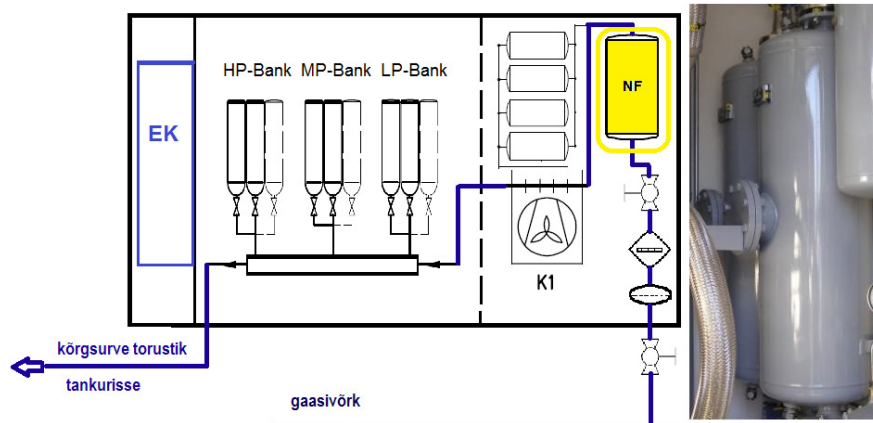
Joonisel 3.1 on näidatud kompressorjaama skeem koos selles paiknevate seadmetega.



Joonis 3.1 Kompessorjaama skeem [4]

Surugaasi tankla kompressorjaamas asuvad gaasikuivati, paisupaagid, kompressor, õlifilter ja surugaasi salvesti [4].

3.3 Gaasi kuivatusseadmed



Joonis 3.2 Gaasikuivati asukoht kompressorjaamas [4]

Joonisel 3.2 on näidatud gaasikuivati asetust kompressorjaamas teiste seadmete suhtes.

Gaasivõrgust siseneb kompressorjaama maagaas, mille niiskusetase peaks olema väiksem kui 50 mg/Nm^3 . Gaasikuivatis kuivatatakse gaas niiskuse sisalduseni alla 5 mg/Nm^3 [4].

Gaasi kastepunkt peab tankimistingimustel (200 bar, 15 °C juures) olema ≤ -20 °C. Kuivatusseadmed peavad kindlalt välistama hüdraadi moodustumise ja häired tankla töös [30].

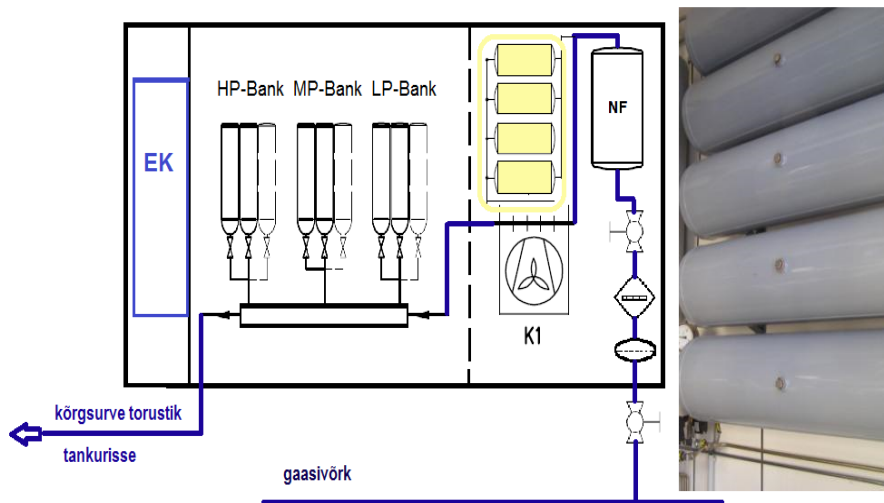
Gaasi kuivati on CNG tankla väga tähtis komponent. Kui gaasi ei kuivatata, võib keskkonnamperatuuride langemisel kütuses esinev niiskus ära jääda, mis tekitab probleeme nii tankurites kui ka sõidukites. Samuti võib kütuses esinev niiskus põhjustada seadmete korrosiooni, reageerides kütuses esineva CO₂ ja H₂S-iga. Sööbivate ainete, tankimisel tekkivate rõhutsüklite ja pidev gaasi mahutite täitmise kombinatsioon võib viia pragude tekkeni metallesemetes ning see omakorda võib kaasa tuua suurema kahjustuse [26].

Schwelm Anlagentechnik GmbH surugaasi tanklate SV150-16-314/SP28-E ja V5760/300 NG-16 on kasutusel adsorptsioonkuivati, mille diameeter on 400 mm ning mille adsorbendiks on molekulaarsõel. Tanklates on 1 kuivati, mille maht on 150 liitrit, töö rõhk 16 baari, rõhu kastepunkt ≤ -20 °C, töötemperatuur -10 kuni +50 °C. Ühe adsorbendi tööiga, mis sõltub gaasi niiskusest, on ligikaudu 2000 töötundi [36].

3.3.1 Mis juhtub NGV tanklas ilma gaasi kuivatita?

1. Gaas, mille kastepunkt võrdub gaasitrassi rõhul oleva kastepunktiga siseneb kompressorisse. Gaas surutakse kokku, suurendades gaasi rõhku, temperatuuri ja niiskuse sisaldust [26].
2. Gaas siseneb surugaasi salvestisse ning täidab kogu selle mahu. See toob kaasa suuri muutusi gaasi temperatuuris ja niiskuse kondensatsioonis. Veeaur hakkab veeks kondenseeruma [26].
3. Kõrgel rõhul gaas, mis sisaldab niiskust liigub tankurisse, sealt edasi sõiduki silindritesse ja gaasi ruumala suureneb uuesti. Veeaur muutub uuesti veeks ning NGV paak sisaldab peale kütuse nüüd ka vett [26].

3.4 Paisupaagid



Joonis 3.3 Paisupaakide asukohta kompressorjaamas [4]

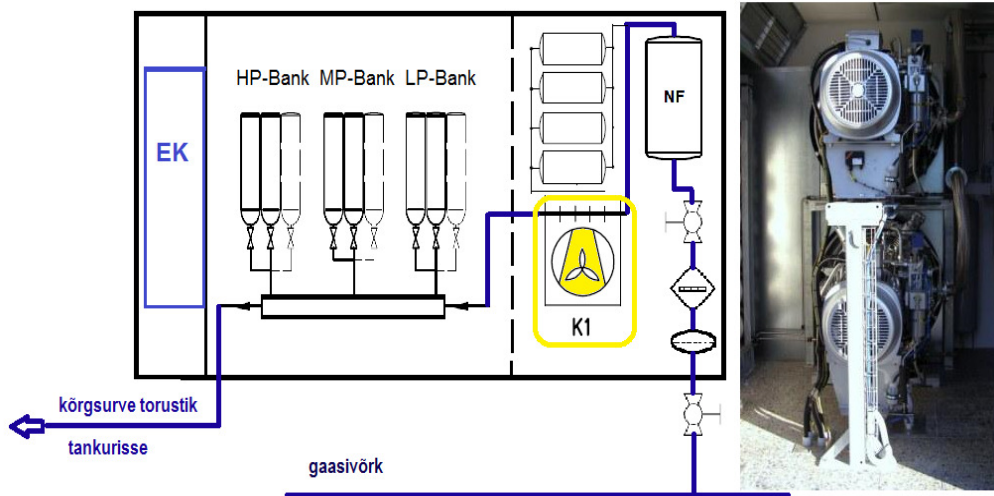
Joonisel 3.3 on näidatud paisupaakide asetust kompressorjaamas teiste seadmete suhtes.

Paisupaak on ette nähtud selleks, et teostada tanklapaigaldise teatud osade tehnoloogiline rõhulangetamine (näit tasakaalustada kompressori silindrite rõhkusid). Samaaegselt saab paisupaak summutada kompressori tööga seonduva pulseerimise [31].

Gaas läheb paisupaaki siis, kui kompressor lõpetab töö ning kompressori käivitamisel võetakse gaas esmalt paisupaagist [35].

Paisupaak peab vastama Surveseadmete direktiivile ning olema varustatud mittesuletava puhke-kaitseklapiga. Paisupaak tuleb dimensioneerida selliselt, et tagasivoolav gaas ei tõstaks rõhku üle paisupaagi töörõhuks ettenähtud piiri. Samuti tuleb veenduda, et tankla normaalse töörežiimi korral puhke-kaitseklapp ei lülituks [30, 10].

3.5 Kompessor



Joonis 3.4 Kompressori asukoht kompressorjaamas [4]

Joonisel 3.4 on näidatud kompressori asetust kompressorjaamas teiste seadmete suhtes.

Gaasikompressoreid kasutatakse gaasi survestamiseks ja ringluse tekitamiseks, gaasi rõhu tõstmiseks/alandamiseks, soovitud rõhu hoidmiseks. Rõhu reguleerimine toimub gaasi või aurude lisamise või eemaldamisega süsteemist [24].

Kompessor peab vastama Masinaehituse direktiivile 98/37/EÜ (Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 98/37/EÜ, 22. juuni 1998, masinaid käsitlevate liikmesriikide õigusaktide ühtlustamise kohta). Kompressorit tuleb täiendavalt kaitsta ülerõhu eest rõhukontrolleriga. Rõhukontroller tuleb seadistada selliselt, et ta rakenduks enne ohutusseadmeid ja lülitaks kompressori välja [30, 9].

Schwelm Anlagentechnik GmbH surugaasi tanklate SV150-16-314/SP28-E ja V5760/300 NG-16 kompressori tehnilised andmed:

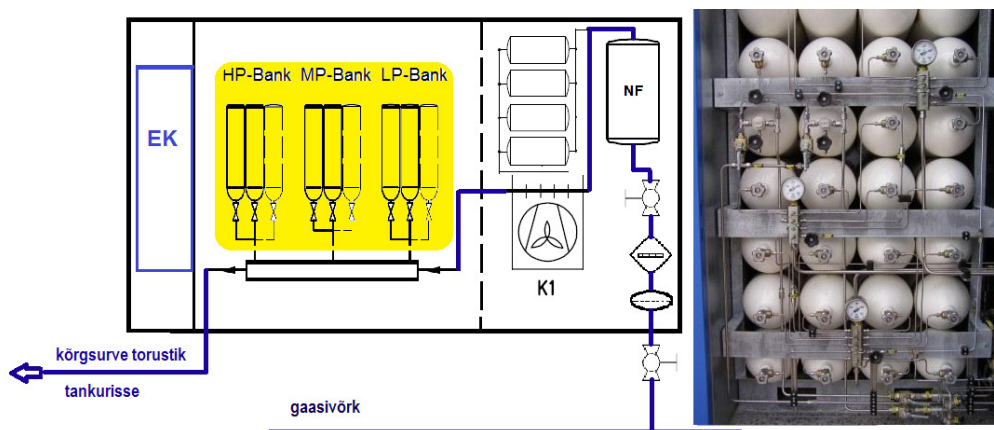
- Kompessorite arv: 1, suurema jõudluse vajadusel 2;
- Sisend: maagaas;
- Gaasi tingimused: kuiv ja lisandite vaba;
- Sisendrõhk: 8-16 bar;
- Õhkjahutus: 166 m³/h;
- Väljundrõhk: 300 bar;
- Võimsus: 19-25,5 kW;
- Mootori nimivõimsus: 27 kW, 400 V, 50 Hz;
- Jõudlus: 87-141 Nm³/h [36].

3.6 Õlifilter

CNG tankla kõige tähtsam komponent on kompressor, mis vajab oma tööks pidevat õlitamist. Võimatu on välistada õli sattumist kütusevoogu, seetõttu on vajalik paigaldada peale kompressorit õlifilter, mis püüab kõrgrõhulisse gaasivoogu sattunud vedelad ja tahked osakesed kinni. On väga oluline, et õlifilter paigaldatakse peale kompressorit, et välistada õli sattumist surugaasi salvestitesse ja sõiduki paaki [37].

Õlifiltrid peaksid asuma surugaasisalvestitele võimalikult lähedal, sest siis on gaasil rohkem aega maha jahtuda ning õlil rohkem aega tilgakesteks muutuda, sest õlitilkasid on kergem filtriga eemaldada. Filtreid tuleb perioodiliselt kontrollida ja tühjendada [37].

3.7 Surugaasi salvesti



Joonis 3.5 Surugaasi salvesti asukoht kompressorjaamas [4]

Joonisel 3.5 on näidatud surugaasi salvestite asetust kompressorjaamas teiste seadmete suhtes.

Surugaasi salvestis hoitakse kompressori poolt toodetud surugaasi [4]. Surugaasi salvesti koosneb kolmest osast: madal-, keskmine- ja kõrgrõhu osa. Salvestid on jagatud osadeks, et kompressor saaks sujuvamalt töötada. Iga salvesti grupp on ühendatud eraldi kompressoriga. Kui grupid oleksid omavahel ühenduses, peaks kompressor töötama kogu aeg, et tagada ühtlane rõhk kõikides osades. Kui aga eraldi grupid on, siis võib kõigepealt esimeses osas rõhk lubatud piirini langeda, seejärel saab kasutada teist ja kolmandat osa, ilma et kompressor kogu aeg töötaks [35].

Sõiduki tankimisel tangitakse gaasi kõigepealt madala rõhuga osast, seejärel keskmine rõhuga osast ja viimasena kõrge rõhuga osast. Ümberlülitamine on seotud gaasi tankimise kiirusega, madala rõhuga balloonidest tangitakse, kuni tankimise kiirus on 200 kg/h, keskmise rõhuga balloonidest tangitakse, kuni kiirus on 50 kg/h ja viimasest kõrge rõhuga osast saab tankida lõpmata kaua, kuna kompressor täidab esimesena just seda sektsiooni [35].

Kompressori töösükli määrab andur, mis mõõdab salvestis gaasi rõhu ülemist ja alumist määra. Kui on saavutatud alumine määr, hakkab kompressor tööle ja kompressori töö lõpeb, kui kõikides salvesti sektsioonides on saavutatud rõhu ülemine määr. Kompressor täidab kõigepealt kõrge rõhuga sektsiooni, seejärel keskmise rõhuga balloonid ja viimasena madala rõhuga balloonid.[35] Ümberlülituse ühelt osalt teisele määravad 2 ventiili, üks neist asub gaasitorul, mis ühendatud keskmise rõhuga sektsiooniga ning teine asub madala rõhuga sektsiooni mineval gaasitorul, kusjuures teine ventiil on reguleeritud kõrgemale rõhule, kui esimene ventiil keskmise rõhuga sektsiooni suubuval gaasitorul [36].

Surugaasi balloonid ja sinna juurde kuuluv seadmestik peab vastama Surveseadmete direktiivile (97/23/EÜ). Gaasisalvesti ja selle varustuse osade kontrollimisel (enne kasutusele võtmist ja regulaarselt kasutamise käigus) tuleb järgida BetrSichV nõudeid [30, 9].

Igat ballooni eraldi peab olema võimalik eraldada sulgeseadmega surugaasi pealevoolu torust. Sulgeseade peab olema kergesti ligipääsetav või kaugjuhitav. Kui surugaasi balloonid moodustavad funktsionaalselt kokku ühendatud mahutigrupi, ei pea iga ballooni eraldi suletav olema, suletav peab olema ainult mahutigrupp. Surugaasi salvesti peab olema kaitstud ohutusseadmega ülerõhu eest. Samuti peab surugaasi salvesti olema kaitstud päikesekiirgusest tingitud ülemäärase kuumenemise eest [30].

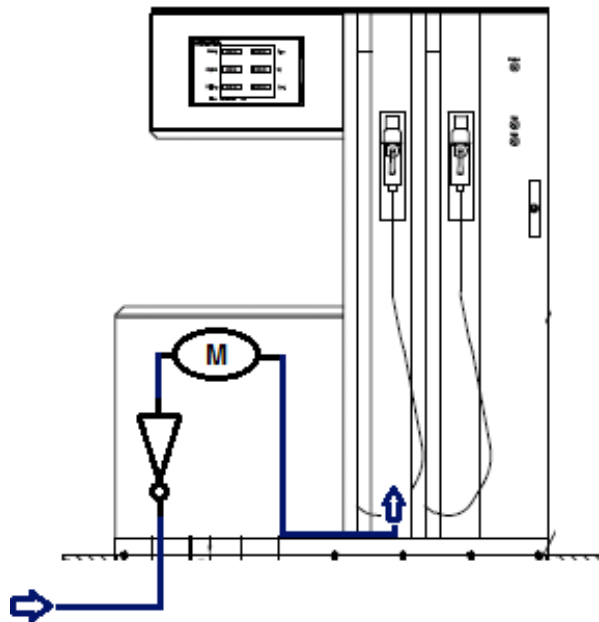
Eestis kasutusel olevates surugaasi tanklates on 3 blokki surugaasi salvesteid (välja arvatud Suur-Sõjamäe tankla, kus on 2 blokki) ühes blokis on 28 ballooni ja ühe ballooni maht on 80 liitrit ehk ligikaudu 18 kg gaasi. Balloonide blokkide arv sõltub gaasi tarbimisest, mida rohkem tarbitakse, seda rohkem komplekte on vaja [35].

Schwelm Anlagentechnik GmbH surugaasi tanklate SV150-16-314/SP28-E ja V5760/300 NG-16 surugaasi salvestite tehnilised andmed:[36]

- Mahuti tüüp: SP28-E;
- Töörõhk: max. 330 bar;
- Balloonide arv: 28;
- Töötemperatuur: -40 kuni +70 °C;

- Ühe ballooni maht: 80 liitrit;
- Lubatud koormuse muutused: püsiv koormus $p_{\max}=300$ bar, $p_{\min}=100$ bar [36].

3.8 Tankur



Joonis 3.6 CNG tankuri skeem [4]

Tankimisseadmed moodustavad tankla osa, mille kaudu toimub surugaasi ülekandmine tangitavale transpordivahendile. Tankimisseadmeks on tankur koos kaugjuhitavate sulgeventiilidega, gaasimõõteseadmega, tankurivoolikuga ja tankimisliidesega, milleks on tankimispüstol [30, 5]. Tankuris asub ka 2 avariandurit, et välistada ohu tekkimine ja tagada anduri kindel töötamine. Andurid on erinevate firmade omad, juhul kui ühe firma toodang ei tööta, töötab teise firma oma [35].

Tankur on kestaga ümbritsetud kohtpaikne tankimisseade, mille kesta ei pea tankimisprotsessi käigus avama. Joonisel 3.6 on näidatud CNG tankuri skeem. Tankimisliidesega tekitatakse ühendus tankuri ja transpordivahendi tankimisnippli vahel. Selleks asetatakse tankimisliides nipplile ning seejärel ühendus mehaaniliselt lukustub [30, 5].

Kui ühendus on mehaaniliselt lukustunud ja tankimine algab, siis kõigepealt teeb tankur paaki sissepritse (0,3 kg gaasi), et määrata kindlaks, kui palju gaasi on vaja tankida. Gaasi sissepritse tagab kiirema tankimise, kuna tankur teab, palju on gaasi vaja tankida juba enne

tankimise alustamist. Kui tankur on koguse kindlaks määranud, algab tankimine, mis lõpeb, kui sõiduki paagis saavutatakse nõutud rõhk ja gaasi voolukiirus on 0 kg/h [35].

3.8.1 Tankimisseadmete üldised nõuded

Hooldamistööde eesmärgil tuleb iga tankimisseadme ette paigaldada käsitoimega sulgurventiil. Lisaks sellele peab tankimisseadme iga tankimisvooliku ees olema dubleeritud kaugjuhitav sulgurventiil, mis sulgub iseseisvalt niipea, kui lubatud ülerõhk tangitava sõiduki surugaasi mahutis on saavutatud või kui vastav mõõte-, juhtimis- ja reguleeriseadme kaitseseade rakendub [30, 10].

Sulgarmatuurid (näiteks magnetklapp) peavad ka korduvate lülitumiste korral kestvalt gaasitihedad olema. Üks sulgeseadmetest peab olema paigutatud selliselt, et see toimiks tankuri vigastuse korral [30, 10].

3.8.2 Tankuri kesta üldised nõuded

Tankuri kest peab olema vastupidav eeldatavatele välismõjudele, vananemiskindel ja vastupidav põlengule ning sellele peab olema tagatud piisav loomulik või sundventilatsioon. Tankuri materjalideks ei ole lubatud kasutada materjale, mis tankla töö käigus võivad koguda ohtlikke elektrostaatilisi laenguid või mis võivad põhjustada elektrivoolu [30, 11].

3.8.3 Tankimisvooliku üldised nõuded

Surugaasi tanklasse tohib paigaldada ainult neid voolikuid, mis on vastupidavad maagaasi kõikidele komponentidele ning kontrollitud vähemalt 1,5 kordse töö rõhuga. Iga tankimisvooliku ette peab olema lülitatud seade, mis gaasivoolu ootamatu suurenemise korral gaasi pealevoolu peatab [30, 11].

3.8.4 Tankimispüstoli üldised nõuded

Sõiduki gaasimahuti nippliga ühendatav tankimispüstol peab olema selline, et gaasi pealevool avaneb ainult siis, kui ühendus on tihe ja otsik peab olema sõiduki küljest eemaldatav alles peale kompressiooni kadumist. On lubatud kasutada vaid selliseid tankimisliideseid, mis sobivad kokku tangitavate sõidukite tankimisnippliga (ISO 14469 “Maagaasisõidukite tankimisotsik”) [30, 11].

Tankimisliides peab olema kaitstud ettekavatsematu ja mittesihipärase rõhu all lahtiühendamise vastu. Plahvatusvõimelise gaasisegu tekkimise vältimiseks ei tohi tankimisliidese lahutamisel vabaneda rohkem kui 0,03 liitrit gaasi [30, 12].

3.9 Ohutusseadmed, mõõte-, juhtimis - ja reguleerimisseadmed

Maagaasi tankla peab olema varustatud mehhaaniliste ohutusseadmetega või mõõte-, juhtimis- ja reguleerimisseadmetega, mis väldivad ettenähtud töö rõhu ületamise tanklapaigaldise osades, torustikes ning tangitava sõiduki maagaasi mahutites [30, 6].

Mõõte-, juhtimis- ja reguleerimisseadmete sihipärane kasutamine tagab tankla toimimise. Käitamisseadmed täidavad automaatikafunktsiooni, teostavad mõõtmist, juhtimist, reguleerimist, teatamist, registreerimist jne. Kaitseadmete tegevus hoiab ära lubamatutesse olukordadesse sattumise. Mehaaniliselt toimivad ohutusseadmed väldivad lubatud töö rõhu ületamised või tagavad gaasi väljumise töörežiimi korral [30].

3.10 Surugaasi tanklate plahvatusohtlikud piirkonnad

Plahvatusohtlik piirkond on ala, kus võib esineda plahvatusohtlik keskkond, need piirkonnad jagatakse plahvatusohtliku keskkonna esinemissageduse ja kestuse järgi eri tsoonideks, mida nimetatakse ex-tsoonideks [30, 6].

Ex-tsoone klassifitseeritakse 3 klassi: ex-tsoon 0, 1 ja 2 [38].

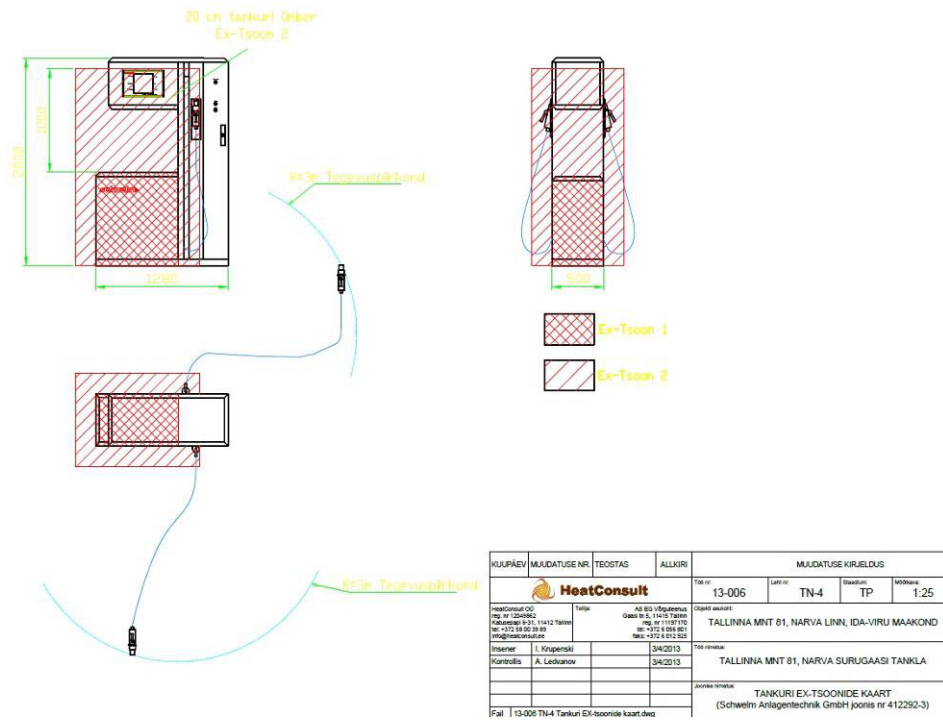
Ex-tsoon 0 hõlmab alad, kus plahvatusohtlik keskkond eksisteerib pidevalt või väga pikka aega järjest [38].

Ex-tsoon 1 hõlmab alad, kus normaalse töörežiimi korral tuleb arvestada plahvatusohtlikku keskkonna esinemisega [30, 6].

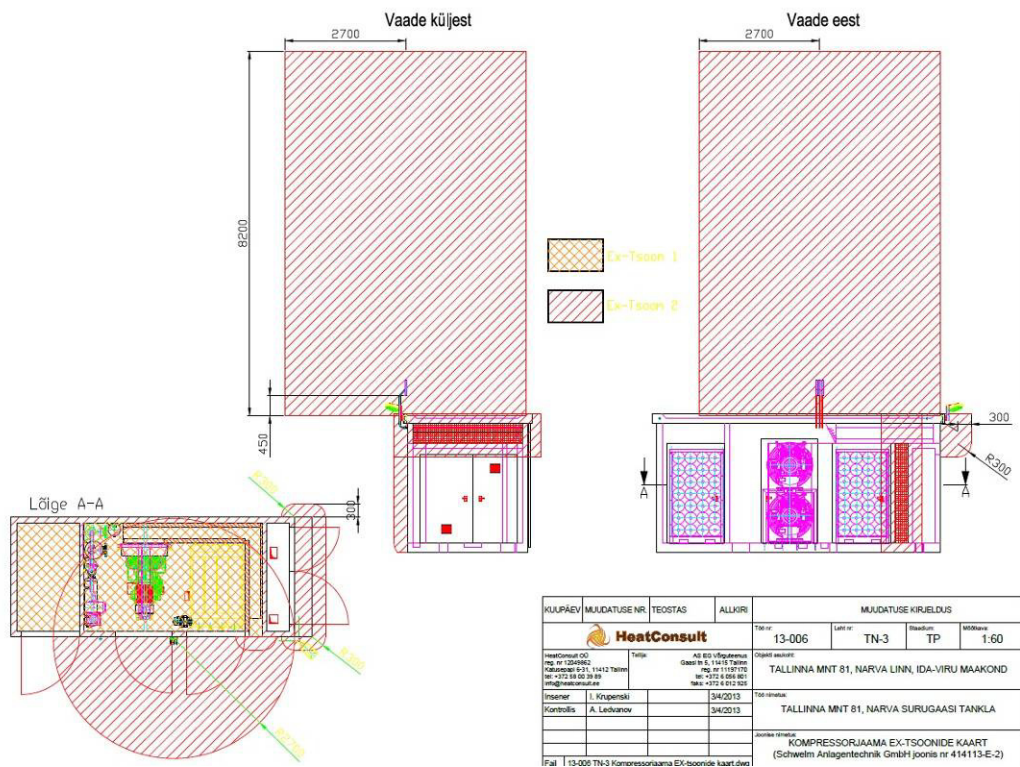
Ex-tsoon 2 hõlmab alad, kus normaalse töörežiimi korral plahvatusohtlikku keskkonda ei esine või esineb ainult lühiajaliselt [30, 6].

Maagaasi tanklates eristatakse esimest ja teist tsooni [30]. Joonistel 3.7 ja 3.8 on näidatud ex-tsoonide paiknemine surugaasi tanklas kompressorjaama ja tankuri juures.

Kõik elektrilised ja mehaanilised seadmed, mis võivad tekitada piisavalt soojust, et põhjustada gaasi ja õhu segu süttimist, peavad olema enne ex-tsooni paigaldamist nõuetekohaselt hinnatud ja sertifitseeritud [38].



Joonis 3.7 HeatConsult OÜ, töö nr. 13-006 Tankuri ex-tsoonide kaart [39]



Joonis 3.8 HeatConsult OÜ, töö nr. 13-006 Kompressorjaama ex-tsoonide kaart [39]

4 CNG TANKLAD EESTIS

Eestis tegeleb CNG jaamade püstitamise ja Eestis Gaas AS, JetGas OÜ ja Alexela Energia OÜ. Hetkel on Eestis Gaas AS püstitanud 5 CNG tankimisjaama: Tallinnas Suur-Sõjamäe 56a ja Vinkli 2a, Tartus Tähe 135e, Pärnus Pärlimõisa tee 29 ja Narvas Tallinna mnt 81 [1]. Joonistel 4.1 ja 4.2 on näidatud Eestis Gaas AS-i poolt püstitatud olemasolevate surugaasi tanklate kompressorjaama ja tankurit firmalt Schwelm Anlagentechnik GmbH.

Eestis andis tõe CNG tanklate püstitamiseks gaasibusside kasutusele võtmine. 2009. aastal ühineti projektiga "Baltic Biogas Bus" ning 2010 aasta alguses alustati uue ühistranspordi hanke ettevalmistamist, mille üheks nõudeks oli vähemalt 5 surugaasibussi liinile toomise nõue. Alates märtsist 2011 aasta saabusid uued surugaasi bussid Tartu ning Eestis avati teine surugaasitankla Tartus Tähe tänaval. Esimene surugaasi tankla rajati juba 2009. aasta augustis Tallinnasse Suur-Sõjamäe 56a. Täna sel päeval on gaasibussid kasutusel juba nii Tartus, Pärnus, Narvas ja Tallinnas [40].

Tallinnas Suur-Sõjamäel asuv CNG tankla on kõige väiksema tarbimisega, kuna selle tankla territoorium on väike ning suuregabariidiliste sõidukite liikumine territooriumil on piiratud. Seetõttu on see ainuke tankla, kus kompressorjaamas on 1 kompressor. Teistest tanklates on tarbimine suurem ning töös 2 kompressorit [35][42].

2015. aastal võeti vastu eelnõu, mis toetab biometaanil kasutuselevõttu Eestis transpordisektoris. Kuid selleks, et soodustada biometaanil tarbimist, peab suurendama CNG kasutamist, sest biometaanil ja maagaasil on võimalik tarbida samades sõidukites ning nad on peaaegu identsed kütused. Riigilt saavad toetust ligi 20 tanklat, et parandada surugaasil ja biometaanil kättesaadavust. Eestis on endale eesmärgiks võtnud taastuvenergia kasutamise transpordisektoris 10 protsendini aastaks 2020 [41].

Lähitulevikus on AS Eestis Gaasil plaanis laiendada Pärnu CNG tanklat ning ehitada uus CNG tankla Tallinnasse. Ka JetGas OÜ-l ning Alexela Energia OÜ-l on plaanis lähiaastatel maagaasil tanklate arvu suurendada, kokku peaks Eestisse lähiaastate jooksul tulema 9 uut maagaasil töötavat tanklat [39].

Pärnu CNG tanklas on tänasel päeval üks kompressorjaam ning üks tankimissaar. Suurenenud tarbimise tõttu, mis on tingitud Pärnu ühistranspordi sõidukite üleminekule surugaasile, on vaja lisaks täiendavat kompressorjaama ning 2 täiendavat tankimissaart [39].

Tallinnasse projekteeritav CNG tankla saaks olema esimene CNG tankla Eestis, kus ei kasutata Schwelm Anlagentechnik GmbH seadmeid. Seal tanklas hakatakse võimalusel kasutama tuntud Rootsi firma seadmeid. Uue tankla välimus muutuks samuti oluliselt. Kui olemasolevad tanklad on ehitatud vana kontseptsiooni järgi, siis uus Tallinnasse planeeritav tankla oleks klientidele atraktiivsem, tanklale lisatakse värvi ning suuremad varikatused [39].



Joonis 4.1 Schwelm Anlagentechnik GmbH tankur [39]

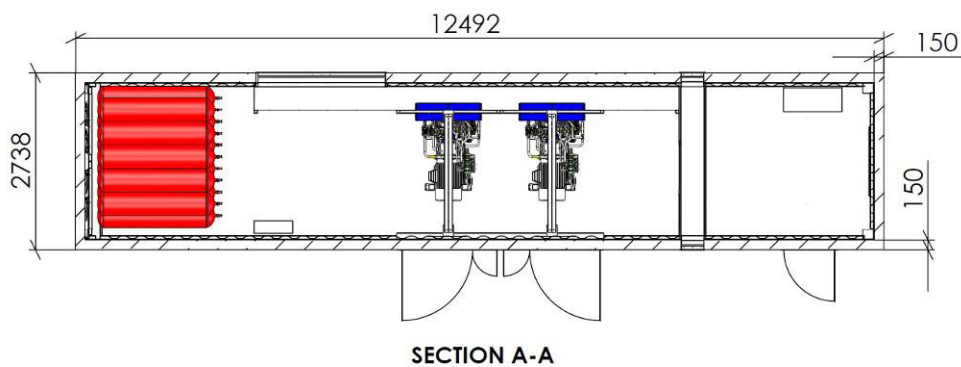


Joonis 4.2 Schwelm Anlagentechnik GmbH kompressorjaam [39]

4.1 Tallinnasse planeeritava uue tankla võimalikud seadmed

Uues tanklas on planeeritud 2 kompressorit, jõudlusega $150 \text{ Nm}^3/\text{h}$, mis saavad töötada samaaegselt; kolme osaline surugaasi salvesti rõhuga 300 baari ja mahuga 4500 liitrit; õhu kompressor; automaatikasüsteem Siemens PLC; ilmastikukindel korpus ja 2 tankurit [39].

Tallinnasse planeeritava uue tankla kompressorjaam on jaotatud viieks eraldi ruumiks: elektrikapp, töö ruum, kompressor A ruum, kompressor B ruum ja surugaasi salvestite ruum. Kui tulevikus on vaja laiendada, siis on võimalik töö ruumist teha ruum kolmanda kompressori jaoks. Kompressorjaamas olev elektrikapp on varustatud kütteseadmega, et kindlustada sobivad temperatuuritingimused elektroonikasüsteemidele. Ilmastikukindel korpus on sobiv külma- ja talvistesse tingimustesse, kus välistemperatuur on vahemikus -30 kuni $+40 \text{ °C}$ [39]. Joonisel 4.4 on näidatud võimaliku tarnija poolt pakutava kompressorjaama skeem.



Joonis 4.3 Kompressorjaama skeem [39]

5 KOKKUVÕTE

Aastatel 2009-2013 oli surugaasi valdkond Eestis suhteliselt stabiilne - Eesti Gaas AS algatusel ehitati igal aastal üks surugaasi tankla Eesti suurematesse linnadesse Tallinnasse, Tartusse, Pärnusse ja Narva.

Viimastel aastatel on olnud arenguid ja suuri muudatusi järgnevatel valdkondades:

- Kui olemasolevad surugaasi tanklad on ehitatud Eesti Gaas AS rahaliste vahendite abil, siis 2015. aastal võttis riik vastu eelnõu, mille abil hakatakse surugaasi tanklate ehitust toetama riigi poolt. Lähitulevikus on plaanis ehitada 9 uut maagaasil töötavat tanklat, mille arendajateks peale Eesti Gaas AS on ka JetGas OÜ ja Alexela Energia OÜ. Hetkel on korraliku infrastruktuuri puudumine olnud üheks suurimaks takistusteks surugaasi laialdasemaks kasutamiseks Eestis, kuid uue eelnõu abil on lootust, et surugaasi tanklate infrastruktuur laieneb üha aktiivsemalt.
- Olemasolevad surugaasi tanklad kasutavad Saksa firma Schwelm Anlagentechnik GmbH seadmeid, kuid uus Tallinnasse planeeritud tankla hakkaks kasutama Rootsi firma kompressorjaama ja tankurit.
- Alates aastast 2014 on Eestis olemas ka veeldatud maagaasi (LNG) regasifitseerimise jaamad, tänu millele on võimalik surugaasi tanklaid rajada ka piirkondadesse, kus puudub maagaasi ülekande- ja jaotusvõrk. Tänapäevaks on LNG regasifitseerimise jaamad paigaldatud Kuressaarde, Paidesse, Mäosse, Võrru ja Tapale ning on planeeritud rajada Valka, Haapsallu ja paljudesse teistesse piirkondadesse.
- Viimastel aastatel on naftakütuste hindade kõikumised olnud väga suured. See omakorda mõjutab aktiivselt surugaasi kui sõidukikütuse konkurentsivõimet transpordisektoris, sest surugaasi hind on olnud palju stabiilsem ja madalam naftakütuste hinnast.

Käesoleva lõputöö tulemuseks on põhjalik ülevaade Saksa firma Schwelm Anlagentechnik GmbH surugaasi tanklate seadmete kohta, kajastades nii tehnoloogia omapärasusi kui ka spetsiifilisi andmeid. Lisaks on antud ka lühikene kirjeldus uue võimaliku tarnija surugaasi tankla seadmete kohta. Eestis kasutusel olev surugaasi tankla koosneb järgmistest komponentidest:

- Kompressorjaam: Tavaliselt projekteeritakse surugaasi tankla nii, et kompressorjaama toide tuleks lähimast maa-alusest gaasitrassist.[30] Surugaasi tankla kompressorjaamas asuvad gaasikuivati, paisupaagid, kompressor, õlifilter ja surugaasi salvesti.[4] Gaasitrassist voolab gaas kompressorjaama, kus esmalt läbib gaas kuivatusseadmed, mis püüavad kinni niiskuse ja teised võõrosakesed. Kui gaas on kuivatatud, liigub see edasi kompressorisse, kus see komprimeeritakse vajaliku rõhuni. Kompressorist voolab gaas surugaasi salvestisse, kus seda hoiustatakse, kuniks tankimiseni. Sõiduki tankimisel voolab gaas salvestist tankurisse, kust edasi tangitakse seda juba sõiduki paaki.[25]
- Tankur: Tankuri kaudu toimub surugaasi ülekandmine tangitavale transpordivahendile. Tankimisseadmeks on tankur koos kaugjuhitavate sulgeventiilidega, gaasimõõteseadmega, tankurivoolikuga ja tankimisliidesega, milleks on tankimispüstol. Sõiduki gaasimahuti nippliga ühendatav tankimispüstol peab olema selline, et gaasi pealevool avaneb ainult siis, kui ühendus on tihe ja otsik peab olema sõiduki küljest eemaldatav alles peale kompressiooni kadumist.[30]

Kui praegused surugaasi tanklad on rajatud iseseisvate ehitistena, siis tulevikus tuleks kaaluda ka komplektsete tanklate ehitamise võimalust, kus tarbijal oleks võimalik tankida sõidukit nii nafta baasil kütusega (bensiin, diisel, vedelgaas) kui ka surugaasiga. Sellised kompleksed tanklad on väga levinud Saksamaal. Antud komplektse tankla eeliseks oleks ka see, et enamus sõiduautosid on kahekütuselised (saavad sõita nii bensiini kui ka surugaasiga) ning tarbijal oleks võimalus tankida oma sõidukit üheaegselt kahe erineva kütusega. Teiseks võimaluseks oleks olemasolevatesse nafta baasil töötavatesse tanklatesse juurde ehitada surugaasi tankimise võimalus, juhul kui läheduses asub gaasitorustik või kui kohapeal oleks võimalik toota veeldatud maagaasist surugaasi. Sellisel juhul oleksid investeeringud surugaasi tankla rajamiseks märksa väiksemad, kui iseseisva surugaasi tankla väljaehitamise korral.

6 SUMMARY

The years 2009-2013 were stable in the field of CNG in Estonia- on the initiative of Eesti Gaas AS every year one CNG station was built in four of the biggest Estonian cities Tallinn, Tartu, Pärnu and Narva.

In the last years there have been some developments and changes in the following fields:

- Existing CNG stations have been built with the financial resources of Eesti Gaas AS. In 2015 the Estonian Government passed the bill, which says that new CNG stations will get their financial resources from the Government, to be more specific from KIK (KIK - Keskkonnainvesteeringute Keskus, Environmental Investment Centre). There is a plan to build 9 new fueling stations on natural gas in the near future. Besides Eesti Gaas AS the developers of new natural gas stations are JetGas OÜ and Alexela Energia OÜ. One of the biggest obstacles in the field of CNG has been the lack of proper infrastructure, which is the main reason why there are not so many CNG stations. Thanks to the new bill the Government passed, hopefully the infrastructure of CNG stations will increase more actively.
- Existing CNG stations are using equipment from the German company Schwelm Anlagentechnik GmbH, but the new station planned in Tallinn will probably use equipment from the Swedish company.
- Since 2014 some LNG regasification plants have been built in Estonia, which help to establish new CNG stations in areas where there is no natural gas transmission and distribution network. Today there are regasification plants in Kuressaare, Paide, Mäo, Võru and Tapa. There is a plan to build regasification plants in Valga, Haapsalu and in many other areas in Estonia in the near future.
- The last couple of years have not been good for petroleum fuels, because the fluctuations in prices have been quite big. This also affects competitiveness of CNG as a transportation fuel as the prices of CNG have been more stable and lower than petroleum fuels.

The result of the present thesis is a comprehensive overview of CNG station equipment by the German company Schwelm Anlagentechnik GmbH. The thesis includes the technical description of all technologies used in the stations and also some specific data about the

equipment. In addition, there is a brief overview of the CNG station equipment by the new potential supplier.

The existing CNG stations in Estonia consist of the following components:

- Compressor station: The CNG station is usually designed to get natural gas from the nearest underground natural gas transmission network. In the compressor stations there are a gas dryer, gas expansion tanks, a gas compressor, an oil filter and a compressed gas storage tank. The gas flows from the transmission network to the dryer, where excessive humidity and other foreign substances are removed. After the gas has been dried, it moves to the compressor where it is compressed to the required pressure. After compression the gas flows to storage tanks, where it is stored until fueling.
- Dispenser: CNG transmission to the transportation vehicle is possible through the dispenser. The filling device is a dispenser with remotely controlled shut off valves, a gas measuring device, a dispenser hose and a fueling nozzle. The fueling nozzle has to open only when the connection between the nozzle and the vehicle's gas tank is tight and the nozzle has to be removable only after the compression has ended.

The existing CNG stations are independent facilities. In the future it would be much better if the CNG station were together with the petroleum station and if were possible to refuel both transportation fuels at the same time. That kind of stations are very common in Germany. The advantages of the previous type of stations are that most of the vehicles are using both fuels, petroleum and CNG fuel, so it would be more convenient to fill up the vehicle in one station instead of two. The other possibility is to install CNG fueling equipment in existing petroleum stations if there is a natural gas transmission network nearby or a possibility to produce CNG from LNG. In that case the investments to build a new CNG station would be much smaller than to build a new independent CNG station.

7 KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Eesti Gaas AS kodulehekülj [WWW] <http://www.gaas.ee/surugaas/maagaasi-autotankla/> (29.03.2016)
- [2] Cummins Westport kodulehekülj [WWW] <http://www.cumminswestport.com/links/fuel-station-providers> (23.03.2016)
- [3] Schwelm Anlagentechnik GmbH kodulehekülj [WWW] <http://www.schwelm-anlagentechnik.de/en/business-divisions/natural-gas.html> (31.03.2016)
- [4] V.Vaker (2011) Surugaasi tankimise tehnoloogiad
- [5] TTÜ soojustehnika instituudi kodulehekülj [WWW] https://www.ttu.ee/public/m/Mehaanikateaduskond/Instituudid/soojustehnika-instituut/oppematerjalid/kyte-ventilatsioon/9._Kuttegaasid.pdf (23.02.2016)
- [6] Paist.A (2015) KÜTUSED JA PÕLEMINE I osa Energeetilised kütused. [Õppematerjal] Tallinna Tehnikaülikool Soojustehnika Instituut
- [7] Geoscience news and information kodulehekülj [WWW] <http://geology.com/articles/horizontal-drilling/> (23.03.2016)
- [8] Velling. S, Vaasma. T (2013) Energiaallikas maagaas. [Õpiobjekt] [WWW] http://mobile.dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/31289/veeldatud_maagaas_lng.html (23.03.2016)
- [9] Balti Gaas OÜ kodulehekülj [WWW] <http://www.baltigaas.eu/et/page/view.html?id=7> (23.02.2016)
- [10] Vedelgaas OÜ kodulehekülj [WWW] <http://www.vedelgaas.ee/vedelgaas> (01.04.2016)
- [11] JetGas OÜ kodulehekülj [WWW] <http://jetgas.ee/lng/lng/lng-ja-teised-gaaskutused> (01.04.2016)
- [12] Eesti Gaas AS kodulehekülj [WWW] <http://www.gaas.ee/surugaas/> (01.04.2016)

- [13] Eesti Gaas AS kodulehekül [WWW] <http://www.gaas.ee/surugaas/surugaas-autokutusena/> (01.04.2016)
- [14] Natural and bio Gas Vehicle Association kodulehekül [WWW] <http://www.ngva.eu/what-is-cng> (01.04.2016)
- [15] S.Soone (2015). Surugaasi tanklate arenduse võimalused Eestis. Tallinna Tehnikaülikool [Bakalaureuse lõputöö]. Tallinn
- [16] Natural and bio Gas Vehicle Association kodulehekül [WWW] <http://www.ngva.eu/why-gas-in-transport> (01.04.2016)
- [17] Natural and bio Gas Vehicle Association kodulehekül [WWW] <http://www.ngva.eu/co2-and-air-quality> (01.04.2016)
- [18] C. Le Fevre, The Prospects for Natural Gas as a Transport Fuel in Europe - The Oxford Institute for Energy studies, 2014. 23, 27 [Online] University of Oxford (01.04.2016)
- [19] Technology Committee Bulletin , How safe are natural gas vehicles? - Clean Vehicle Education Foundation, 1999 (2010), 1-2.
- [20] CNG Europe kodulehekül [WWW] <http://cng europe.com/natural-gas-vehicles/> (01.04.2016)
- [21] Eesti Gaas AS kodulehekül [WWW] <http://www.gaas.ee/surugaas/surugaasi-hind/> (01.04.2016)
- [22] 1181 kodulehekül [WWW] <http://www.1181.ee/kytusehinnad/Area/1> (01.04.2016)
- [23] Eesti Gaas AS kodulehekül [WWW] <http://www.gaas.ee/en/calculator/> (01.04.2016)
- [24] IHS Engineering kodulehekül [WWW] http://www.globalspec.com/learnmore/processing_equipment/gas_handling_equipment/gas_compressors (01.04.2016)
- [25] CNG Compressors Brochure (2013) Ariel World Standard Compressors kodulehekül [WWW] <https://www.arielcorp.com/CNG/> (01.04.2016)

- [26] Best compressed air practises kodulehekül [WWW] <https://www.airbestpractices.com/industries/transit/natural-gas-dehydration-and-conditioning-ngv-refueling-and-field-gas-upgrading> (01.04.2016)
- [27] I.Krupenski (2016) Gaasimajandus Eestis: Balticconnector gaasitorustik, LNG, CNG
- [28] Energy Efficiency & Renewable Energy kodulehekül [WWW] http://www.afdc.energy.gov/fuels/natural_gas_cng_stations.html (05.04.2016)
- [29] Motorjikov kodulehekül [WWW] <http://www.jikovcng.com/about-cng/filling-technology-and-filling-stations/> (05.04.2016)
- [30] V. Vaker. (2009) Maagaasi tanklate ehitamise ja kasutamise tehnilised reeglid [AS Eesti Gaas materjalid] Käsikirjaline materjal autori valduses.
- [31] (11.04.2016) Eesti Gaas AS. CNG tanklate seadmete pildid ja skeemid
- [32] Energy Efficiency & Renewable Energy kodulehekül [WWW] http://www.afdc.energy.gov/vehicles/cng_tank_animation.html (14.04.2016)
- [33] BRC FuelMaker kodulehekül [WWW] <http://www.brcfuelmaker.com/en/phil-domestico-prodotto-brc-fuel-maker.aspx> (17.04.2016)
- [34] Wise Gas kodulehekül [WWW] <http://www.wisegasinc.com/wg-phil.htm> (17.04.2016)
- [35] S.Harhan (21.04.2016) CNG tanklate seadmed ja nende ülesanded
- [36] (2009) Operating manual CNG station SV150-16-314/SP28-E V5760/300 NG-16 [AS Gaasivõrgud materjalid] Käsikirjaline materjal autori valduses.
- [37] Thomason, L. The Achilles Heel of Natural Gas Vehicles: The symptoms, Diagnosis and Prevention of Oli Carryover-A Natural Gas Vehicle Institute Technical Paper. 3-4 [Online] Natural Gas Vehicle Institute (22.04.2016)
- [38] Health and safety authority kodulehekül [WWW] http://www.hsa.ie/eng/Your_Industry/Petrol_Stations/Fire_and_Explosion_Risks_at_Service_Stations.pdf (22.04.2016)
- [39] (04.05.2016) HeatConsult OÜ. CNG tanklate seadmete skeemid ja materjalid

- [40] Elering AS (2013) Gaasilised kütused linnatranspordis - Tartu [WWW] http://elering.ee/public/Elering/Uuringud/Gaasilised_kutused_linnatranspordis_-_Tartu.pdf (05.05.2016)
- [41] Keskkonnainvesteeringute keskuse kodulehekülg [WWW] <https://www.kik.ee/et/uudised/riik-toetab-biometaaani-kasutamist-uhistranspordis> (09.05.2016)
- [42] Eesti Gaas AS kodulehekülg [WWW] <http://www.gaas.ee/surugaas/tanklate-asukohad/> (09.05.2016)
- [43] Kim, N. Kim, C. Study on Gas Hydrates for the Solid Transportation of Natural Gas - KSME International Journal, 2004, 4, 699.
- [44] Petrowiki kodulehekülg [WWW] http://petrowiki.org/Monetizing_stranded_gas (16.05.2016)