

Mikko Haataja

**VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT AUTO- JA
TYÖKONETEKNIKASSA SEKÄ OPETUSMATERIAALIN
LAATIMINEN**

**VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT AUTO- JA
TYÖKONETEKNIKASSA SEKÄ OPETUSMATERIAALIN
LAATIMINEN**

Mikko Haataja
Insinööri
Syksy 2020
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Mikko Haataja

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa sekä opetusmateriaalin laatiminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Alternative driving forces in automotive and machine technology, as well as the preparation of teaching material

Työn ohjaaja: Janne Ilomäki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2020

Sivumäärä: 69 + 9 liitettä

Työssä tutkittiin, mitä vaihtoehtoisia käyttövoimia on auto- ja työkonetekniikassa bensiini- ja dieselmoottorien rinnalla tai mitä on tulossa. Uusia vaihtoehtoisia käyttövoimia ovat esimerkiksi sähkö, hybridi ja kaasu. Työssä on selvitetty, miten vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödynnetään kuorma-autoliikenteessä, millainen jakeluverkosto nestemäisellä liikennekaasulla on Suomessa sekä miten sitä tankataan ajoneuvoihin. Työn tavoite oli luoda tutkimustiedoista auto- ja työkonetekniikkaan perehtyvä opetusmateriaali Oulun ammattikorkeakoululle.

Työ sisältää tietoa vaihtoehtoisia käyttövoimia käyttävien ajoneuvojen tekniikasta, käyttökohteista, soveltuvuudesta ja huoltamisesta. Työssä on käyty läpi, mitä ovat bio- ja maakaasulla toimivat ajoneuvot, kuinka niitä tankataan ja mitä huoltamoilta vaaditaan niiden huoltamiseen. Sen lisäksi on perehdytty tarkemmin, millaisia ovat Scania ja Volvon LNG- ja CNG-kuorma-autot sekä millainen on LNG-polttoaineen jakeluverkosto Suomessa. Työssä on myös tutkittu sähkökuorma-autojen tekniikkaa, lataamista ja käyttökohteita sekä perehdytty tarkemmin Daimlerin, Scania ja Volvon sähkökuorma-autoihin. Lisäksi työssä on vielä katsaus raskaan liikenteen vetypolttoajoneuvojen mahdolliseen tulemiseen 2020-luvun loppupuolella.

Työn tuloksena syntyi kahdeksan Powerpoint-esitystä, jotka on tallennettu Oulun ammattikorkeakoulun Moodle-verkko-oppimisympäristöön opetuskäyttöä varten. Niiden aiheet ovat Bio- ja maakaasuajoneuvot, Daimlerin ja Volvon vety-yhteistyö, Daimlerin sähkökuorma-autot, Kaasuajoneuvojen huoltamovaatimukset, LNG-tankkaus, Sähkö- ja hybridikuorma-autot, Scania kaasumoottorit ja Volvon kaasumoottorit. Esitysten avulla voidaan jatkossa opettaa vaihtoehtoisia käyttövoimia autoalalle koulutettaville henkilöille.

Asiasanat: vaihtoehtoiset käyttövoimat, auto- ja työkonetekniikka, liikenne

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT	8
2.1 Sähkö	8
2.1.1 Täyssähköauto	8
2.1.2 Ladattava hybridi	9
2.2 Hybridi	9
2.3 Kaasu	10
2.3.1 Kaasuautojen hyöty	10
2.3.2 Paineistettu kaasu	11
2.3.3 Nestekaasu	12
2.3.4 Vety	13
2.4 Sähköistetty tie	14
3 KAASUNJAKELUVERKOSTO JA KAASUN TANKKAUS	15
3.1 LNG-säiliön tankkaus	16
3.1.1 Lämpimän LNG-säiliön täyttö	22
3.1.2 LNG-kaasun häviäminen säiliöstä eli boil off	23
3.2 Kaasuajoneuvojen huolto	25
3.2.1 Huoltamon turvallisuusmääräykset	25
3.2.2 LNG-säiliön valmistelu huoltoon	26
3.3 LNG-Tankkaussuuttimet	26
3.3.1 JC Carter	26
3.3.2 Parker Kodiak	29
3.4 CNG-kaasu	30
4 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT KUORMA-AUTOTEKNIKASSA	31
4.1 Volvo	31
4.1.1 LNG-kuorma-auto	31
4.1.2 CNG-kuorma-auto	37
4.1.3 Sähkökuorma-autot	39

4.2 Scania	45
4.2.1 CNG- ja LNG-kaasukuorma-autot	46
4.2.2 Pistokehybridikuorma-auto	52
4.2.3 Sähkökuorma-auto	54
4.3 Daimler trucks -sähkökuorma-autot	55
4.3.1 EActros	55
4.3.2 Fuso eCanter	57
4.3.3 eCascadia ja eM2	58
4.4 Vetypolttokennokäyttöinen raskaskalusto	59
5 MOODLE-VERKKO-OPPIMISYMPÄRISTÖ	60
6 YHTEENVETO	62
LÄHTEET	64
LIITTEET	69

LYHENTEET

CBG = paineistettu biokaasu (Compressed Bio Gas)

CNG = paineistettu maakaasu (Compressed Natural Gas)

LBG = nesteytetty biokaasu (Liquified Bio Gas)

LNG = nesteytetty maakaasu (Liquified Natural Gas)

1 JOHDANTO

Työssä tehdään kattava selvitys vaihtoehtoisista käyttövoimista auto- ja työkone-tekniikassa. Työ on osa eMobiili-hanketta, jonka tavoite on kehittää tuoreita koulutussisältöjä ja yhtenäistä koulutusmallia voimakkaasti uudistuvalla ajoneuvo- ja työkoneallalle. Hanke tähtää tekemään Oulusta Suomen johtavan ajoneuvoteknologioiden osaamisen keskittymän ajoneuvoalan ammattilaisten lisäkoulutuksessa yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun, OSAOn ja Oulun yliopiston kanssa. Työn tutkimustiedoista luodaan auto- ja työkone-tekniikan vaihtoehtoihin käyttövoimiin perehtyvä opetusmateriaali Oulun ammattikorkeakoululle. (eMobiili.)

Uusien vaihtoehtoisten käyttövoimien tarve kasvaa ennustetun öljyn loppumisen, maapallon saastumisen ja ilmastonmuutoksen seurauksena. Siksi työssä tutkitaan, mitä vaihtoehtoja on tullut tai on tulossa korvaamaan perinteisiä bensiini- ja dieselmootoreita autoissa ja työkoneissa. Vaihtoehtoisia käyttövoimia ovat esimerkiksi sähkö, hybridi, nestekaasu ja kaasu sekä vety. Työssä tutkitaan, millä tavoin vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödynnetään työ- ja kaivoskoneissa sekä kuorma- ja henkilöautoliikenteessä. Työssä myös selvitetään, millainen jakeluverkosto Suomessa on liikennekaasuille ja kuinka niitä tankataan ajoneuvoihin.

Selvitys toteutetaan hankkimalla tietoa yrityksistä, joissa huolletaan, valmistetaan tai ollaan tekemisissä sähkö-, hybridi- tai kaasuajoneuvojen kanssa. Yrityksiä, jotka valmistavat näitä koneita ja ajoneuvoja, ovat esimerkiksi Scania, Volvo, Sisu, Daimler, Ponsse, Valtra ja lukuisat muut yritykset. Oulun seudun paikallisia yrityksiä, joissa huolletaan tai ollaan tekemisissä näiden yritysten ajoneuvojen kanssa, ovat ainakin Wetteri Power, Vehotrucks, Scania Oulu ja Raskone. Työn aikana on oltu yrityksiin yhteyksissä puhelimitse, sähköpostilla ja yrityksissä vierailen.

2 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT

Tieliikenteessä käytössä olevasta energiasta noin 90 % on bensiiniä tai dieseliä. Liikenteen ajoneuvojen polttoainevalikoima on laajentumassa, kun perinteisten raakaöljypohjaisten polttonesteiden rinnalle nousee uusiutuvia energianlähteitä sekä sähkön käyttö yleistyy liikenteen energian lähteenä. Bensiinin ja dieselin lisäksi tarjolla on jo monia vaihtoehtoja, kuten sähkö, maa- ja biokaasu. Vuoteen 2030 mennessä jo noin kolmanneksen autojen käyttämästä energiasta on arvioitu olevan uusiutuvaa. (Liikenteen käyttövoimien paletti laajenee. 2020.)

2.1 Sähkö

Sähköenergialla toimivia autoja eli sähköautoja ovat sähköautot ja ladattavat hybridiautot, joissa on polttomoottorin lisäksi sähkömoottori ja ulkoisesti ladattava ajovoima-akku. Akusto on sähköauton ja ladattavan hybridin tärkein ja olennaisin osa. Akuston kapasiteetista riippuu, kuinka pitkälle autolla pääsee yhdelle latauksella tai ladattavalla hybridillä käynnistämättä polttomoottoria. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019.)

Sähkö- tai hybridiautojen polttoainekustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin perinteisten diesel- ja bensa-autojen. Kaupungeissa liikennettä on myös öisin, ja sähköajoneuvot ovat hyvä ratkaisu öisen melun vähentämiseen, koska ne ovat lähes äänettämiä. Sähkömoottori tuottaa myös vähän värinöitä ja melua ohjaamoon, minkä takia se on miellyttävämpi kuljettajalle ja matkustajille. Sähkömoottorin paikallispäästöttömyys on myös ruuhkapaikkojen pelastus. Sähkön valmistuksessa tuotettuihin CO₂-päästöihin voidaan vaikuttaa sillä, millä tavalla sähköä tuotetaan. Myös maiden lainsäädännöt voivat vaikuttaa siihen millaista sähköä maassa tuotetaan. (Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018.)

2.1.1 Täyssähköauto

Täyssähköautossa voimanlähteenä on sähkömoottori, joka saa kaiken käyttämänsä energian ulkopuolisesta sähköverkosta. Voimalaitteen komponentit säh-

köautossa ovat sähkömoottori, ajovoima-akku ja ohjauselektronikka. Täyssähköautoilla voi yhdellä latauksella ajaa tyypillisesti 150–500 kilometriä. (Sähköautot.)

2.1.2 Ladattava hybridi

Ladattavat hybridit luokitellaan sähköautoiksi, sillä niillä voidaan ajaa ulkoisella ladattavalla ajovoima-akustolla yksinomaan sähkömoottorilla (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin 2019). Ladattavat hybridiautot poikkeavat perinteisistä hybridiautoista siinä, että niiden energialähteenä on osittain polttoaine ja osittain ulkoisesti ladattava sähkö. Ladattavassa hybridiautossa on bensiini- tai dieselmoottori sekä sähkömoottori ja ajovoima-akku, jota voidaan ladata verkkovirralla ulkopuolisen sähköliitännän kautta. (Sähköautot.)

Autoalan tiedotuskeskuksen vuonna 2019 tehdyn kyselytutkimuksen mukaan ladattavien hybridien sähköllä ajon osuus oli vuonna 2019 Suomessa noin 53 prosenttia. Ladattavien hybridien toimintamatka sähköllä ajaen on tyypillisimmin 20–80 kilometriä, joka riittää useimmilla päivittäisiin matkoihin varsinkin, jos auton saa lataukseen kodin lisäksi työpaikalla tai vapaa-ajan kohteessa. Talvikaudella virtaa kuluu myös auton sisätilan lämmittämiseen ja toimintamatka lyhenee yleensä selvästi, keskimäärin 20–30 %. (Sähköautot.)

2.2 Hybridi

Hybridiautoissa on polttomoottorin lisäksi sähkömoottori ja generaattori sekä käyttövoima-akku. Hybridin taloudellisuus perustuu jarrutus energian talteenottoon sekä polttomoottorin sammuttamiseen auton rullatessa vapaalla. Jarrutusenergiaa ladataan generaattorin kautta akustoon, johon varattua energiaa sähkömoottori käyttää. (Hybridiautot yleistyvät.)

Täyshybridit kykenevät liikkumaan pelkän sähkömoottorin voimalla, mutta kevythybrideissä sähkömoottori vain avustaa polttomoottoria eikä kykene yksinään liikuttamaan autoa. Täyshybridit ja kevythybridit tuottavat kaiken tarvitsemansa energian polttoaineesta ja käyttävät sähköä energian varastointimuotona. Niitä ei ole mahdollista ladata ulkoisesta lähteestä. Näiden hybridien energiataloudellisuus on parhaillaan kaupungeissa, missä tulee paljon hidastuksia ja kiihdytyksiä.

Maantieajossakin hybriditekniikasta on hyötyä, mutta vähemmän kuin kaupunkiajossa, sillä hybridien akustot ovat kapasiteetiltaan pieniä. (Hybridiautot yleistyvät.)

2.3 Kaasu

Kaasukäyttöisten autojen polttoaineena Suomessa käytetään maakaasua tai biokaasua, joka koostuu pääosin metaanista (kaava 1). Metaani on ilmaa kevyempää väritöntä ja hajutonta kaasua, joka on myös voimakas kasvihuonekaasu. Metaanikaasu ei ole suoranaisesti ihmiselle myrkyllistä. Metaania voidaan säilyttää paineistettuna 200–250 bar:n paineessa tai nesteyttää se jäädyttämällä metaanikaasu alle -162 °C :seen. Paineistetun maakaasun lyhenne on CNG (Compressed Natural Gas) ja paineistetun biokaasun lyhenne CBG (Compressed Bio Gas). Nestekaasujen lyhenneet ovat maakaasulle LNG (Liquified Natural Gas) ja biokaasulle LBG (Liquified Bio Gas). Nesteytettyä maa- ja biokaasua käytetään vain raskaan liikenteen polttoaineena. Suomessa liikennekäyttöön jaettava kaasu voi olla maa- tai biokaasua tai niiden sekoitusta. (Bio- ja maakaasu.)

metaani = CH_4

KAAVA 1

C = hiili

H = vety

Maakaasu ajoneuvokäytössä sisältää yleensä yli 92 % metaania sekä joitain prosentteja etaania, propaania, typpeä ja hiilidioksidia. Biokaasun tuotantolaitosten raakabiokaasu sisältää metaani noin 60–65 % ja hiilidioksidia noin 35–40 % sekä jonkin verran muita epäpuhtauksia. Biokaasu on siis puhdistettava ja väkevöitävä, että sitä voidaan käyttää ajoneuvojen polttoaineena. Puhdistuksen ja väkevöinnin jälkeen biokaasun metaani pitoisuus on noin 93–97 %. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

2.3.1 Kaasuautojen hyöty

Kaasuautojen säännellyt päästöt ovat hieman pienemmät kuin bensiiniautojen ja selvästi pienemmät kuin dieselkäyttöisten paketti-, kuorma- ja linja-autojen päästöt. Päästöero näkyy erityisesti typen oksidien määrässä ja hiilidioksidipääs-

töissä. Metaanin palaessa syntyviä typen oksidi- häkä- ja hiilivetypäästöjä voidaan vähentää tehokkaasti kolmitoimikatalysaattorilla, koska kaasupolttoaineiden palamisessa syntyvä pakokaasu sisältää sopivassa suhteessa hapettavia ja pelkistäviä yhdisteitä. Bio- ja maakaasun käyttö polttoaineena on myös järkevää, koska ilmakehään päätyvä metaani on voimakas kasvihuonekaasu. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019.)

2.3.2 Paineistettu kaasu

Paineistettu maakaasu eli CNG (Compressed Natural Gas) on liikennekaasua, jota käytetään kaasuautojen polttoaineena. Maakaasun paine on nostettu korkealle 200 bariin, jotta se mahtuu pieneen tilaan ja kaasu on hajustettu tetrahydrotiofeenillä mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi. CNG:n lämpötila on noin +15 °C vallitsevan lämpötilan mukaisesti. Kuvassa 1 on kuorma-auton CNG-säiliö (Maakaasu. 2020.)



KUVA 1. Kuorma-auton CNG-säiliö (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Paineistetun maakaasun hyvä puoli verrattuna nesteytettyyn maakaasuun on, ettei se häviä painesäiliöstä itsestään. Kun LNG lämmitetään höyrystyy, kasvaa säiliön paine ja lopulta varoventtiili päästää liian paineen ulos säiliöstä. CNG:n huono puoli taas on pienempi energiamäärä kuin LNG:llä, ja siksi sen varastointi vaatii suuren säiliökapasiteetin. Säiliökapasiteetin kasvattaminen taas merkitsee ajoneuvon oman massan kasvua, jolloin ajoneuvon toimintasäteestä joudutaan tinkimään ajoneuvon kuormaamiskapasiteetin säilyttämiseksi. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

2.3.3 Nestekaasu

Nesteytettyä maakaasua LNG (Liquified Natural Gas) muodostuu, kun maakaasu jäähdytetään -162 °C :seen. Nestekaasu on koostumukseltaan kirkasta, väritöntä ja myrkytöntä nestettä. Nesteytys pienentää kaasun tilavuutta 600-kertaisesti ja helpottaa kaasun varastointia sekä mahdollistaa sen kuljetuksen kaasuverkoston ulkopuolisiin kohteisiin. (LNG- puhdasta energiaa Pohjoismaihin.)

Nesteytettynä kaasua voidaan kuljettaa käyttötarkoitukseen sopivilla säiliöaluksilla ja säiliöautoilla tai raiteita pitkin kaasun käyttökohteisiin ja kaasuntankkausasemille. LNG:n jakelu on tällä hetkellä toteutettu niin sanotusti termossäiliöillä, mikä tarkoittaa, että tankkausasemilla ja kuljetusajoneuvoissa ei ole LNG:lle jäähdytystä vaan se pysyy kylmänä suuren määrän ja alhaisen lämpötilan avulla. (Koskinen 2018, 8–9.)

Mitä lähempänä LNG:n lämpötila on -162 °C :ta ajoneuvoa tankattaessa, sitä pidempään se säilyy ajoneuvon säiliöissä. Lämpötilan vielä ollessa alle -145 °C on LNG:n vielä epäkylläistä eli kylmää ja stabiilia nestettä. LNG on kylläistä eli lämmintä, kun sen lämpötila on -130 °C tai lämpimämpää. Kylläinen LNG kaasuuntuu helposti tankattaessa ja höyrystynyt kaasu nostaa säiliön painetta, jolloin painetta voi joutua tasaamaan tankkauksen välissä. LNG on ilmaa kevyempää jo -110 °C :n lämpötilassa, jonka takia höyrystynyt kaasu nousee ylöspäin. LNG:n hyvä puoli CNG:n nähden on pitkä toiminta säde, joka voi vaihdella 500 km:n ja 1 600 km:n välillä, riippuen kuorma-auton LNG-säiliöiden koosta. Kuvassa 2 on kuorma-auton LNG-termossäiliö. (Kuljettajan opas.)



KUVA 2. Kuorma-auton LNG-termossäiliö (Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018)

Nestemäisen maakaasun suurimmat tuottajamaat ovat muun muassa Qatar, Australia ja Malesia. Euroopan suurimman kaasuntuottajan Norjan kaasuviennistä noin viisi prosenttia on nestemäistä maakaasua. (LNG- puhdasta energiaa Pohjoismaihin.)

2.3.4 Vety

Vetyä pidetään lupaavana vaihtoehtoisena polttoaineena, koska ainoa siitä aiheutuva päästö on vesihöyry ja sillä on suuri energiasisältö massayksikköä kohti.

Haittapuolena on kaasumaisen vedyn pieni tiheys, jonka vuoksi varastointi ja kuljetus ovat ongelmallisia. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019, 13.)

Vetyä ei esiinny luonnossa sellaisenaan vaan se on useimmiten sitoutunut vedeksi. Vedestä vedyn erottaminen vaatii enemmän energiaa kuin vedyn käytöstä polttoaineena voidaan saada liike-energiana. Sen energiataloudellinen tuottaminen edellyttäisi, että saatavilla olisi paljon uusiutuvaa energiaa. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019, 13.)

Vetyä syntyy nykyisin myös monien teollisuusprosessien sivutuotteena ja sitä voidaan tuottaa monilla teknologioilla useista raaka-ainelähteistä. Monet niistä ovat uusiutuvia kuten metanolin eli hiilivedyn tuottaminen. Vähähiilistä teknologioista esimerkiksi uusiutuvaa sähköä käyttävä elektrolyysi ja biomassan kaasutus ovat vaihtoehtoja vedyn tuottamiseksi. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019, 13.)

Vetyä voidaan käyttää joko sähkön tuottamiseen polttokennossa tai sellaisenaan polttomoottorin energianlähteenä. Polttokennotekniikalla toimivissa sähköautoissa energia voidaan varastoida akkujen sijasta vetyyn. Polttokennon energianketjun päästöt riippuvat siitä, kuinka vety on tuotettu. (Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019, 13.)

2.4 Sähköistetty tie

Monessa maassa tien sähköistyksellä on ratkaistu sähkön varastointiin liittyvät ongelmat ajoneuvoissa. Tällöin suurta akkukapasiteettia ei tarvita, koska virtaa ei tarvitse varastoida vaan ajokaistojen yläpuolella on sähköverkko, josta kuorma-autot saavat sähkömoottoreilleen käyttöenergian pantografien välityksellä. Pantografeilla on takanaan jo monien vuosien kehityskaari sähkönsiirrossa, ajoneuvoihin niitä on käytetty niin raitiovaunuissa, junissa kuin linja-autoissakin. Sähköistetyllä tiellä liikkuvissa kuorma-autoissa on sähkömoottori ja polttomoottori. Polttomoottoria käytetään sähköttömällä tieosuuksilla ja sähköllä ajetaan aina kun se on mahdollista. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

3 KAASUNJAKELUVERKOSTO JA KAASUN TANKKAUS

Kaasuajoneuvojen yleistymisen esteenä on rajallinen kaasunjakeluverkosto. Viime vuosina jakeluverkko on laajentunut ja uusia jakeluasemia on avattu maanlaajuisesti. Kuvassa 3 on nähtävissä nestekaasuntankkausasema Oulussa. Biokaasun tuotantolaitoksia on rakennettu erilaisiin kohteisiin, joissa on ollut saatavilla biokaasun tuottamiseen soveltuvaa eloperäistä raaka-ainetta. (Bio- ja maa-kaasu.)



KUVA 3. Nestekaasuntankkausasema Oulussa

Tornioon on rakennettu Pohjoismaiden suurin nesteytetyn maakaasun terminaali. Terminaali on ottanut nesteytettyä maakaasua vastaan vuoden 2017 marras-kuusta. Terminaalilla on tällä hetkellä bunkrausasema eli laivojen nestekaasun tankkausasema sekä putkisto kaasunjakelua varten. Nesteytettyä maakaasua kuljetetaan Tornioista säiliöautoilla Pohjois-Suomen ja Pohjois-Ruotsin sekä Pohjois-Norjan käyttökohteisiin. Tornion lisäksi Suomessa on toinen nesteytetyn maakaasun terminaali Porissa. Porin terminaalista toimitetaan nesteytettyä maakaasua teollisuuden ja raskaan liikenteen tarpeisiin Etelä-Suomeen. Yhdessä nämä terminaalit jatkokuljetuksineen käytännössä kattavat koko Suomen maakaasuputkiston ulkopuolisen alueen ja mahdollistavat raskaan liikenteen LNG-tankkauksen ympäri maata. (Viisi faktaa Tornion LNG-terminaalista. 2019.)

3.1 LNG-säiliön tankkaus

LNG:n alhaisen -160 °C :n lämpötilan takia on käytettävä turvavarusteita, joihin kuuluvat takki, pitkät housut, pitkävartiset käsineet, kasvosuoja sekä varrelliset turvakengät. Turvavarusteita on käytettävä, koska LNG-nesteen, höyryn tai kylmenneiden tankkauslaitteiden koskettaessa ihoa paleltumavammat syntyvät välittömästi. Aina ennen tankkausta on puettava turvavarustus. Kuvassa 4 henkilö tankkaa LNG-ajoneuvoa turvavarusteissa. (Kuljettajan opas, Näin tankkaat LNG:tä Volvo FH kuorma-autoon. 2020.)



KUVA 4. Henkilöllä yllään turvavarustus tankattaessa LNG-polttoainetta (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Tankkausasemalla ensimmäisenä autoon liitetään maadoitusjohto. Maadoitusjohto kytketään säiliössä sitä varten olevaan tappiin tai paikkaan. Kun maadoitusjohto on kytketty, sytty mittarin näyttöön merkkivalo auton kytkemisestä. Seuraavaksi irrotetaan säiliönsuojatulppa säiliön suuaukosta. Ennen kuin kytketään

säiliöön polttoaine- tai poistoletku, puhdistetaan säiliön suuaukko ja polttoainesuutin huolellisesti paineilmalla. Tämä on tärkeää, sillä mikäli epäpuhtauksia pääsee säiliöön ne jäätyvät. Täyttöaseman on myös huolehdittava, että LNG-kaasu on riittävän puhdasta ja sen on suodatettava LNG-kaasu 5 mikronin absoluuttiseen arvoon. (Kuljettajan opas, Näin tankkaat LNG:tä Volvo FH kuorma-autoon. 2020.)

Paineentasaus eli kaasunpoisto säiliöstä tehdään, jos säiliössä tankkausta aloittaessa on yli 10 baaria painetta. Paineentasaus tehdään liittämällä säiliöön kaasunpoistoletku tai tankkaussuutin riippuen LNG-kuorma-auton säiliönmallista. Kuvassa 5 on kaasunpoistoletku kiinnitettynä kuorma-auton LNG-säiliöön. Höyrystynyt kaasu pääsee pois säiliöstä, kun avataan paluukaasunkäsisulkuventtiili. Tällöin säiliöstä purkautuu ylimääräinen kaasu ja paine takaisin LNG-tankkausasemaan sekä kuorma-auton LNG-säiliön paine tippuu alle 10 bar:n, jolloin sinne on mahdollista tankata uutta LNG-kaasua. Paineen tasauksen jälkeen tulee muistaa sulkea paluukaasunkäsisulkuventtiili ja poistaa kaasun poistoletku säiliöstä, jos kaasuntasaus tehtiin poistoletkulla. (Kuljettajan opas, Jukkara. 2020.)



KUVA 5. LNG-kuorma-autoon kytkettynä kaasunpoistoletku ja maadoitusjohto (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Säiliön täyttäminen aloitetaan kiinnittämällä tankkaussuutin säiliöön, mikäli kaasunpoisto tehtiin tankkaussuuttimen kautta, se on jo kiinni säiliössä. Kuvassa 6 tankkaussuutin kiinnitettynä säiliöön, jolloin tankkaus voidaan suorittaa. Tankkaussuuttimia on kahden mallisia JC Carter ja Parker Kodiak. Niissä on erilaiset turvalukkomekanismit, joiden käyttö on hyvä tuntea, koska väärinkäyttö voi va-

hingoittaa tankkaussuutinta. Seuraavaksi mennään maksupäätteelle ja syötetään kortti lukijaan. Kilohinnan päivityttyä mittariin voidaan aloittaa tankkaus. Tankkaus tapahtuu pitämällä alas painettuna nappia mittarin kyljessä. Tankkaus päättyy automaattisesti, kun säiliön paine on noin 15 bar tai sen voi päättää itse päästämällä napin vapaaksi ennen kuin säiliö on täynnä. (Kuljettajan opas, Näin tankkaat LNG:tä Volvo FH kuorma-autoon. 2020.)



KUVA 6. Tankkausuutin kuorma-auton LNG-säiliössä (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Tankkauksen aikana voi joutua tekemään paineen tasauksia. Säiliön paine saattaa kasvaa 15 baariin ennen kuin säiliö on täynnä LNG-polttoainetta, jolloin tankkaus pysähtyy. Paineen tasaus tehdään samoin kuin kaasun poisto ennen säiliön täyttämisen aloittamista eli kytketään poistoletku ja avataan paluukaasunkäsisulkuventtiili. Paineen tasauksen jälkeen säiliön täyttämistä jatketaan kytkemällä tankkaussuutin säiliöön samoin kuin aloitettiin säiliön tankkaus aiemmin. Jos paineen tasaus tehdään tankkaussuuttimen kautta saattaa tankkaussuuttimen joutua ottamaan välissä irti ja asentamaan takaisin paikoilleen kaasunpoiston ja tankkauksen uudelleen aloittamiseksi. (Kuljettajan opas.)

Tankkauksen jälkeen tankkaussuutinta poistettaessa tulee muistaa, että suutin ja letku kylmenevät tankkauksen aikana voimakkaasti ja tästä syystä tulee käyttää suojarustusta niitä irrottaessa. Ne voi joutua myös sulattamaan irti paineilmalla tai tuulilasipesunesteellä niiden jäädyttyä kiinni säiliöön. Kuvassa 7 varoitetaan letkun ja suuttimen liitoskohdasta, joka kylmenee todella voimakkaasti tankkauksen aikana. (Kuljettajan opas, Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)



KUVA 7. Tankkauksessa suuttimen ja letkun osat kylmenevät voimakkaasti (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

3.1.1 Lämpimän LNG-säiliön täyttö

Lämmintä LNG-säiliötä tankattaessa kannattaa tankkaus suorittaa jaksoissa, joiden välissä tehdään aina paineentasaus. LNG-säiliö katsotaan lämpimäksi, jos sitä ei ole täytetty yli 7 päivään. Se katsotaan myös lämpimäksi, jos sitä ei ole koskaan täytetty tai säiliö on jouduttu tyhjentämään. Lämmin LNG-säiliö höyrystää tankkiin tulevan LNG-kaasun hyvin nopeasti ja paine nousee jyrkästi. (Kuljettajan opas.)

Paineen nousu saattaa aiheuttaa niin sanotun paineaallon, joka purkautuu Boil off -venttiilin kautta. Paineaallon synty voidaan ehkäistä jaksottamalla LNG:n lisääminen säiliöön manuaalisesti eli itse katkaistaan LNG:n syöttö säiliöön sopivassa kohdassa. Jaksotuksen saamiseksi kohdilleen tulee tarkistaa täyttöaseman LNG:n tila eli onko aseman LNG lämmintä vai kylmää. Tankkausaseman säiliön paine osoittaa LNG:n kulloisenkin tyyppin. Alle 6 bar:n paine kertoo LNG:n olevan epäkylläistä eli kylmää ja yli 6 bar:n paine kertoo sen olevan kylläistä eli lämmintä. (Kuljettajan opas.)

Kylmän LNG:n tankkaus lämpimään säiliöön suositellaan jaksottamaan viiteen jaksoon. Jokaisen jakson välissä säiliöön tehdään paineentasaus. Ensimmäisessä jaksossa säiliöön laitetaan 5 kg LNG-polttoainetta. Toisessa jaksossa säiliöön lisätään 10 kg LNG-polttoainetta. Kolmannessa jaksossa lisätään 20 kg ja neljännessä 50 kg LNG-polttoainetta. Viidennessä jaksossa säiliön voi täyttää täyteen. (Kuljettajan opas.)

Lämpimän LNG:n tankkaus lämpimään säiliöön suositellaan jaksottamaan seitsemään jaksoon, joista jokaisen välissä säiliöön tehdään paineentasaus. Ensimmäisessä ja toisessa jaksossa säiliöön lisätään 5 kg LNG-polttoainetta. Kolmannessa ja neljännessä jaksossa säiliöön lisätään 10 kg LNG-polttoainetta. Viidennessä jaksossa säiliöön lisätään 20 kg ja kuudennessa jaksossa 50 kg LNG-polttoainetta. Seitsemännessä jaksossa säiliön voi täyttää täyteen LNG-polttoaineella. (Kuljettajan opas.)

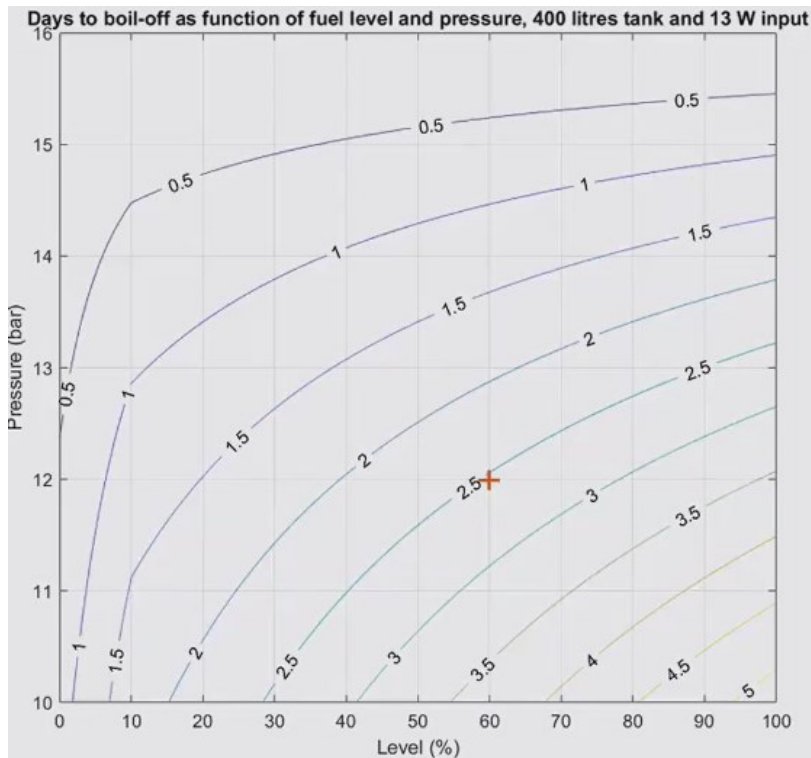
Säiliön paineentasauksen ja tankkauksen uudelleen aloituksen välissä voi joutua irrottamaan tankkaussuuttimen säiliöstä ja kiinnittämään sen uudelleen takaisin

säiliöön. Tämä ohjeistus on tehty 205 kg:n LNG säiliön täyttämiseen, jolloin muun kokoisilla säiliöillä se on suuntaa antava. (Kuljettajan opas.)

3.1.2 LNG-kaasun häviäminen säiliöstä eli boil off

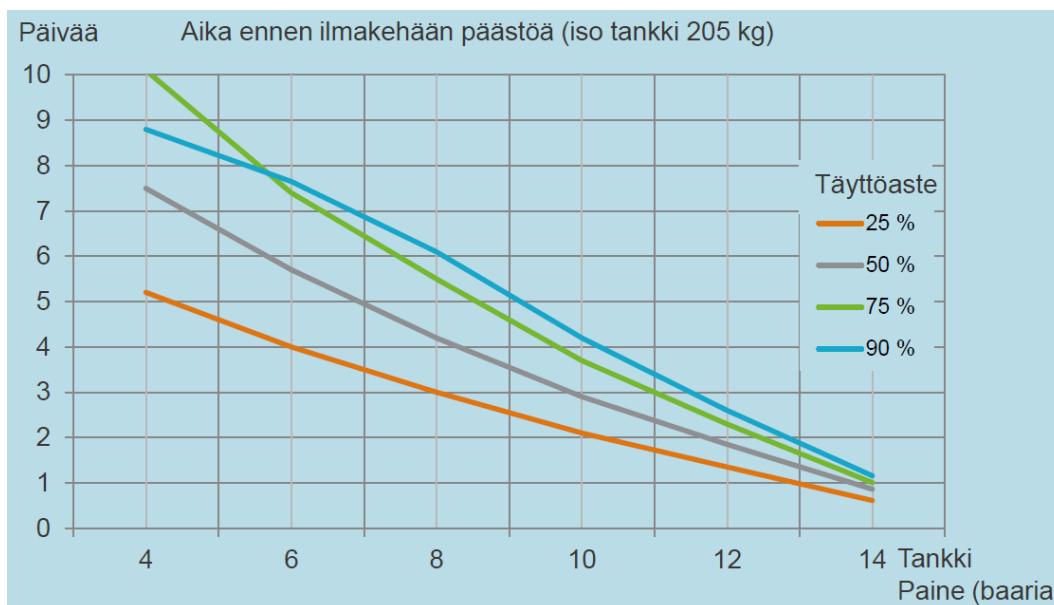
Lämmitessään LNG hyörysty ja silloin sen paine kasvaa. Säiliöiden maksimi paine on 16 bar, kun paine nousee sen yli aiheuttaa se boil off -tilanteen, joka tarkoittaa, että varoventtiili aukeaa ja kaasua päästetään ulos säiliöstä. Boil off -tilanteen takia ajoneuvon on oltava päivittäisessä ajossa, jolloin auto käyttää kaasumaiseen olomuotoon lämmenneen LNG:n polttoaineena, eikä boil off -tilannetta pitäisi päästä syntymään. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin, LNG-tietoisku.)

Boil off -tilanteen syntymiseen menee muutamasta tunnista useampaan päivään riippuen tankatun LNG-polttoaineen lämpötilasta, säiliön koosta ja säiliön täyttöasteesta. Esimerkkinä täysi 400–500 l:n LNG-säiliö kylläistä noin –130 °C:sta nestekaasua, jonka paine on noin 10 bar, siirtyy boil off -tilaan noin viidessä päivässä. Kuvassa 8 on nähtävissä boil off -tilanteen synty –130 °C:lla kylläisellä LNG-polttoaineella.



KUVA 8. LNG-säiliön boil off -tilanteeseen siirtymisen aika kylläisellä noin -130 °C:lla LNG-polttoaineella (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Kun samanlainen LNG-säiliö on täytetty epäkylläisellä noin -145 °C asteisella LNG:llä ja sen paine on noin 3 bar, menee boil off -tilanteeseen siirtymiseen arviolta 10 päivää. Kuvassa 9 on nähtävissä boil off -tilanteen synty -145 °C:lla epäkylläisellä LNG-polttoaineella. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin, LNG-tietoisku.)



KUVA 9 LNG-säiliön boil off -tilanteeseen siirtymisen aika epäkylläisellä noin – 145 °C:lla LNG-polttoaineella (LNG-tietoisku)

3.2 Kaasuajoneuvojen huolto

Kaasuajoneuvojen polttoaine on ilmaa kevyempää kaasua, joka voi syrjäyttää ilman hapen ja leimahtaa voimakkaasti palamaan. Sen takia kaasuajoneuvoja huollettaessa on noudatettava turvallisuusmääräyksiä ja paikallisen paloviranomaisen määrittämiä paloturvallisuusohjeita. (Kuljettajan opas.)

3.2.1 Huoltamon turvallisuusmääräykset

Huoltamon huoltotilassa, jossa huolletaan kaasuajoneuvoja pitää olla oranssi tai keltainen vilkkuvalo. Vilkkuvalon tulee olla päällä aina, kun kaasuajoneuvoja on huollettavana hallissa. Se varoittaa työntekijöitä mahdollisesta kaasuvaarasta. Huoltamossa pitää olla kaasuanturit huoltamon katossa, huoltomontussa sekä muualla huoltopaikan lähistöillä. Jos kaasua havaitaan huoltamon tiloissa, alkaa punainen vilkkuvalo hälyttämään ja summeri soimaan sekä huoltotilan katossa olevat savunpoistoluukut aukeavat. Varoitusmerkki on sama kuin tulipalon sattuessa, ja toimenpiteenä tulee noudattaa yleistä paloturvallisuusohjeistusta ja poistua tiloista. Paikalliset paloviranomaiset määrittelevät paloturvallisuusohjeet. (Lepola–Piippo. 2020.)

3.2.2 LNG-säiliön valmistelu huoltoon

Tavalliseen huoltoon, jossa ei tarvitse tyhjentää ajoneuvon LNG-säiliötä, tulee LNG-säiliö käydä tankkaamassa täyteen. Tankattaessa LNG-ajoneuvoa tehdään säiliölle ensiksi paineentasaus, jossa kaasuuntunut LNG ja ylimääräinen paine päästetään pois säiliöstä sekä lisätään uutta LNG:tä tankkiin, jolloin LNG tankissa on mahdollisimman kylmää eikä se höyrysty nopeasti. Tankkaus takaa huoltamolle, ettei LNG purkaudu paineenalennusventtiilien kautta useampaan päivään eli boil off -ilmiötä ei pitäisi syntyä huollon yhteydessä. (Kuljettajan opas.)

Huoltoon, jossa LNG-säiliö täytyy tyhjentää, ajoneuvo kannattaa tuoda mahdollisimman tyhjällä säiliöllä, koska huoltamalla säiliössä oleva LNG täytyy imeä talteen tai polttaa pois. Erityisesti pienemmillä huoltamoilla, joissa käy LNG-ajoneuvoja vähän ei ole kannattavaa ostaa kallista laitteistoa, jolla LNG imetään talteen huollon ajaksi. Halvempi tapa on ostaa poltin, jolla LNG voidaan polttaa huoltamon pihalla. Säiliössä on LNG-nesteen tyhjennysventtiili, joka aukaistaan, kun säiliö halutaan tyhjentää. Nestemäinen metaanikaasu ei ole helposti syttyvää, joten sen polttamista on ruokittava tehokkaalla kaasupolttimella. (Kuljettajan opas.)

3.3 LNG-Tankkaussuuttimet

LNG-tankkaussuuttimet on suunniteltu turvallisiksi tankattaessa erittäin kylmää LNG-polttoainetta ajoneuvoihin. Ne on valmistettu kestävästä materiaaleista kestämään kulutusta, korkeaa painetta ja lämpötilan vaihtelua. Suuttimiin on asennettu venttiilit estämään LNG-kaasun karkaaminen, kun suutin ei ole kytkettynä ajoneuvon LNG-säiliöön. Suuttimien kiinnityksestä ajoneuvoihin on pyritty saamaan suhteellisen yksinkertaisia ja varmoja, jotta jokainen kuljettaja osaisi niitä käyttää ja tankkaaminen olisi mahdollisimman turvallista eikä LNG:tä pääse roiskumaan tankkauksen aikana ympäristöön tai tankkaajan päälle.

3.3.1 JC Carter

JC Carterin LNG-suuttimesta on olemassa kaksi versiota High Capacity Nozzle eli suurikapasiteettinen suutin, jonka virtaus on 400 gpm (gallons per minute) ja 50 GPM Nozzle, jonka virtaus on 50 gpm (gallos per minute). 50 GPM Nozzle on suurikapasiteettistasuutinta pienempi, mutta kestää suurempia paineita jopa 34

baaria, kun suurikapasiteettisen maksimipaine on 19 baaria. Suuttimet eroavat myös huomattavasti painossa suurikapasiteettinen painaa noin 13 kg ja 50 GMP Nozzle painaa vain noin 5,5 kg. Kuvassa 10 on nähtävissä JC Carterin 50 GPM Nozzle. (50 GPM LNG Nozzle operation and service manual, High capacity LNG Nozzle operation and service manual.)



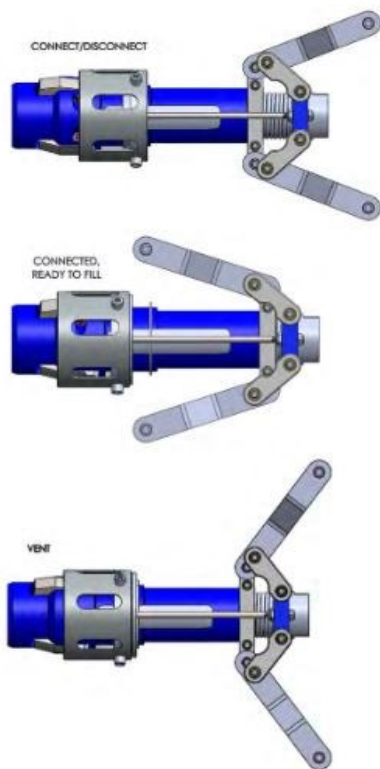
KUVA 10. JC Carter 50 GPM Nozzle LNG-tankkaussuutin (50 GPM LNG Nozzle operation and service manual)

JC Carterin suuttimet toimivat saksilukitus periaatteella eli suuttimen lukitus osat ja venttiilit liikkuvat kahvoja vetämällä ja työntämällä. Kahvat vedettynä täysin taakse suuttimen lukituslevy ja tartuntasalvat ovat auki sekä venttiilit kiinni, jolloin suutin voidaan asettaa turvallisesti tankattavan LNG-säiliön suuaukolle. Kun suutin on asetettu säiliön täyttöaukkoon, työnnetään kahvat täysin eteen, jolloin tartuntasalvat sulkeutuvat ja lukituslevy liikkuu salpojen päälle varmistaen niiden kiinnipitävyyden sekä suuttimen venttiilit avautuvat mahdollistamaan LNG-polttoaineen siirron täytettävään LNG-säiliöön. (High capacity LNG Nozzle operation and service manual.)

Suutinta irrotettaessa säiliöstä täytyy ottaa huomioon suuttimen tuuletus, joka on tärkeä turvallisuuskäytäntö ennen kuin suutin irrotetaan kokonaan säiliöstä. Suuttimen kahvoista pitää vetää rauhallisesti taaksepäin, jolloin siinä olevat venttiilit

sulkeutuvat ja lukituslevy siirtyy taaksepäin. Vetäminen täytyy lopettaa, kun lukituslevy on siirtynyt suuttimen kaulalla olevan olakerenkaan kohdalle, jolloin suutin on tuuletus tilassa. Silloin suuttimeen mahdollisesti jäänyt ylimääräinen paine ja kylmä LNG-polttoaine pääsevät haihtumaan ulos. Tuuletusvaihe on tärkeä turvallisuuden kannalta, koska suuttimeen jäänyt kylmä LNG-polttoaine voi aiheuttaa vakavia paleltumavammoja tai vahingoittaa ympäristöä. (High capacity LNG Nozzle operation and service manual.)

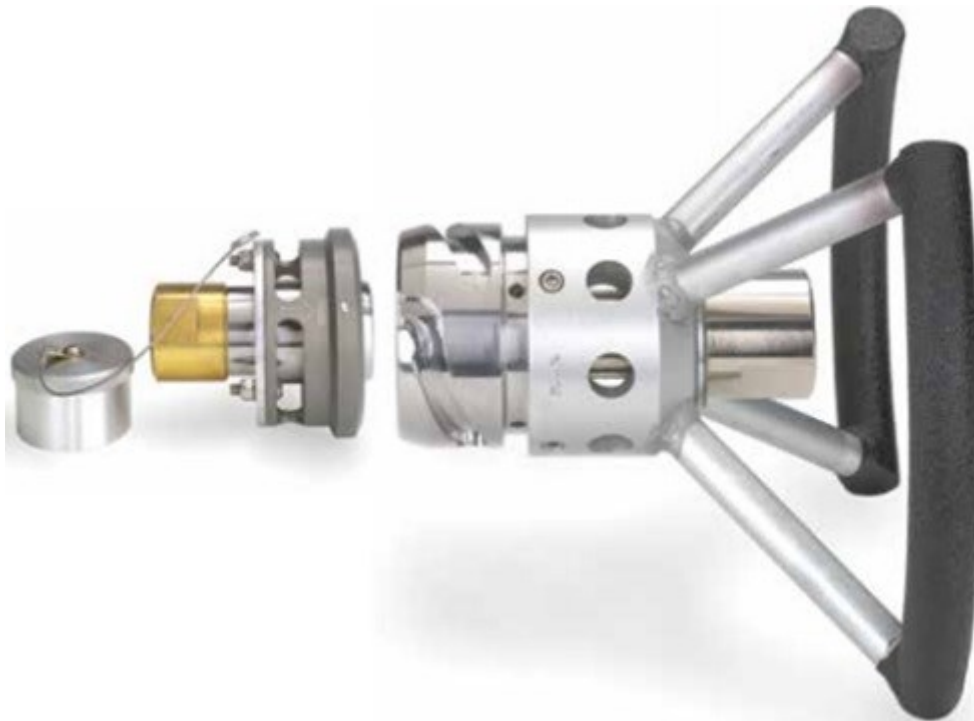
Suuttimen tuuletuksen jälkeen vedetään suuttimen kahvat kokonaan taakse, jolloin lukituslevy liikkuu pois tartuntasalpojen päältä ja tartuntasalvat aukeavat sekä suutin irtoaa LNG-säiliön täyttöaukosta. Kuvassa 11 nähdään, kuinka JC Carterin LNG-suuttimien saksitoiminen lukkomekanismin toimii. (High capacity LNG Nozzle operation and service manual.)



KUVA 11. JC Carterin LNG-suuttimen saksilukitusmekanismin toiminta (50 GPM LNG Nozzle operation and service manual)

3.3.2 Parker Kodiak

Parker Kodiakin LNG-tankkaussuutin on suunniteltu helppokäyttöiseksi tankkaussuuttimeksi LNG-ajoneuvoihin. Suuttimen muotoilulla on pyritty vähentämään lukituksen jääymistä tankkauksen aikana ja suutin on valmistettu kestävästä karkaistusta ruostumattomasta teräksestä, joka takaa pitkän keston kulumista vastaan. Suuttimen LNG-virtaus on 50 gpm (gallons per minute) ja maksimi toiminta paine noin 20 bar sekä suuttimen paino on noin 4,5 kg. Kuvassa 12 on Parker Kodiakin LNG-tankkaussuutin ja LNG-säiliön vastakappale. (LG Series. 2017.)



KUVA 12. Parker Kodiakin LNG-tankkaussuutin (LG Series. 2017)

Parker Kodiak suuttimen kiinnitysmekanismi on yksitoiminen liitäntä, jonka avulla suutin kiinnittyy ja irtoaa tankattavasta LNG-säiliöstä. Suutin kiinnitetään säiliöön painamalla suutinta säiliön suuaukkoon ja samalla kierittämällä sitä kahvoista myötäpäivään. Säiliön suuaukossa olevien tappien pitää olla linjassa suuttimessa olevien urien kanssa, kun suutinta aletaan kierittämään. Urat lukitsevat suuttimen säiliöön ja samalla ne vievät suutinta syvemmälle, jolloin suuttimen sisällä olevat venttiilit aukeavat ja mahdollistavat kaasun tankkaamisen. Tankkauksen jälkeen

pyöräytetään suutinta kahvoista vastapäivään ja se irtoaa säiliöstä. (LG Series. 2017.)

3.4 CNG-kaasu

Paineistetun kaasun CNG-säiliöiden tankkauspaino on 200 bar ja kaasun lämpötila noin 15 °C vallitsevan ulkolämpötilan mukaisesti. CNG-säiliöissä on varoventtiilit, jotka aukeavat yli 340 bar:n paineessa tai yli 110 °C lämpötilassa. Kuvassa 13 on nähtävissä CNG-säiliöiden venttiilit. CNG-säiliöillä varustetussa kuorma-autossa on lyhempi maksimissaan 600 km toimintasäde. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)



KUVA 13 CNG-säiliöiden venttiilit (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

4 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVOIMAT KUORMA-AUTOTEKNIIKASSA

Viime vuosien aikana vaihtoehtoiset polttoaineet ovat alkaneet kiinnostamaan valmistajia ja kuljetusyhtiöitä myös kuorma-autoliikenteessä. Vaihtoehtoisilla polttoaineilla halutaan saavuttaa pienempiä päästöjä ja laskea ajoneuvojen melutasoa. Päästöjä ja melutasoa halutaan erityisesti laskea isoissa kaupungeissa, joissa liikennettä on paljon. Vaihtoehtoisten polttoaineiden suosiota on myös nostanut dieselpolttoaineen kallistuminen ja EU:n tiukentuneet päästövaatimukset.

4.1 Volvo

Volvo on alkanut vahvasti kehittämään vaihtoehtoisia polttoaineita käyttäviä kuorma-autoja. Tällä hetkellä Volvo on sähkö-, nestekaasu- ja kaasukuorma-autoja sekä Volvo on tehnyt yhteistyösopimuksen Daimlerin kanssa kehittääkseen vetykäyttöisiä kuorma-autoja. (Lepola–Piippo. 2020.)

4.1.1 LNG-kuorma-auto

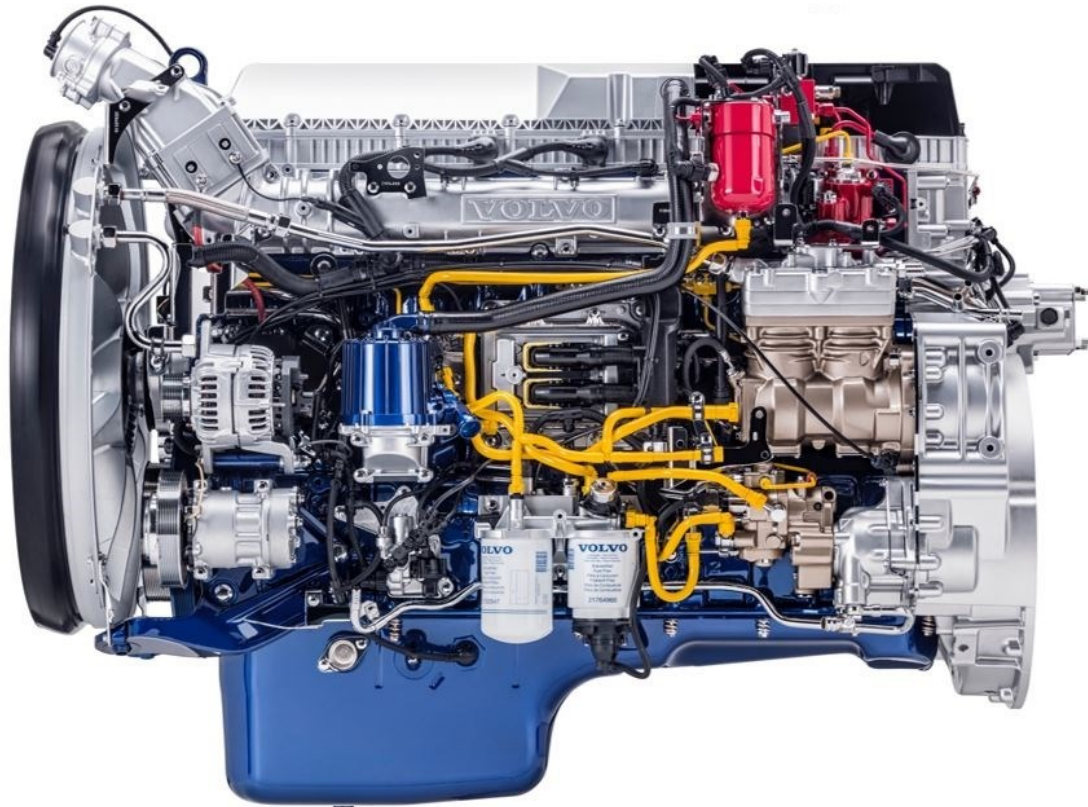
Volvon LNG-kuorma-autoissa kaasumoottori perustuu dieselmoottoritekniikkaan. Moottoriin ruiskutetaan pieni määrä dieseliä, joka toimii nestemäisenä sytytystulppana ja sytyttää kaasupolttoaineen palamaan moottorissa. Tämän takia moottori tarvitsee polttoaineenaan kaasua sekä dieseliä normaaliajossa. Polttoainesuhde on 5–10 % dieseliä ja 90–95 % kaasua. Se vaihtelee ajo-olosuhteiden mukaan. Pakokaasun puhdistukseen auto käyttää myös AdBlueta. Tällä ratkaisulla Volvo on saavuttanut dieselinmoottorin hyötysuhteen ja ajo-ominaisuudet sekä kaasun alhaiset CO₂-päästöt. Kuvassa 14 näkyy Volvon LNG-kuorma-auto puoliperävaunuyhdistelmä. (Kaasukäyttöinen Volvo FH.)



KUVA 14. Volvo LNG-kuorma-auto (LNG tietoisku)

Tekniset tiedot

Volvon FM- ja FH LNG-kuorma-autot soveltuvat kauko- ja aluekuljetuksiin. Niitä on saatavilla 2–4 akselisia ja akseliväleillä 3 700–6 000 mm. Volvolla on LNG-kuorma-autoihin kaksi versiota kaasumootorista. Kaasumootorit ovat 13-litraisia kuusisylinterisiä rivimootoreita ja niiden tyyppimerkinnät ovat G13C420 ja G13C460. Tyyppimerkinnässä G tarkoittaa (gas) kaasua, luku 13 kertoo litratilavuuden ja luku 420 tai 460 kertoo tehomäärän hevosvoimina. Kaasumootorin 420 hv versiossa on vääntöä 2 100 Nm ja 460 hv versiossa 2 300 Nm. Kuvassa 15 on Volvon LNG-moottori. (Tekniset tiedot. 2018, Fact Sheet. 2018.)

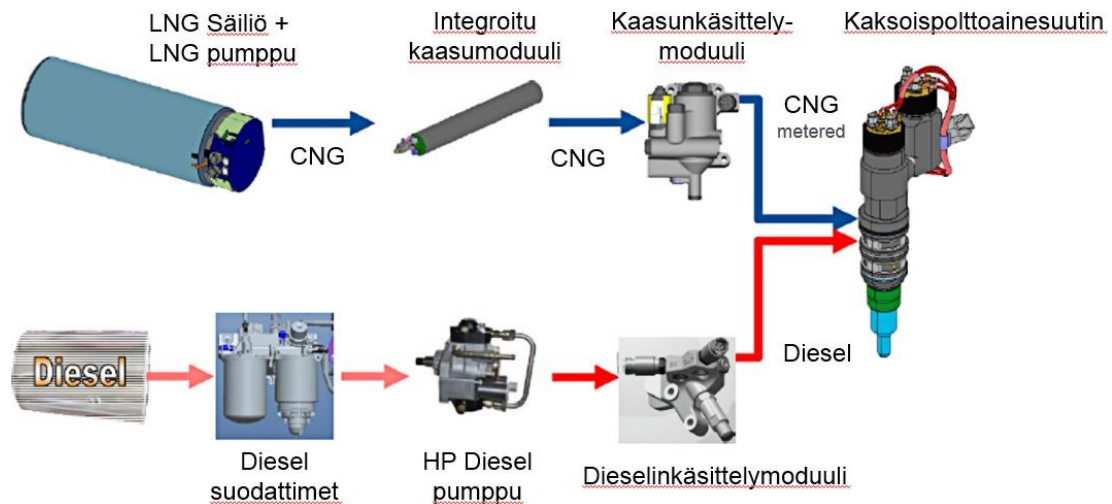


KUVA 15. Volvon LNG-moottori (Volvo LNG showell)

Vertaillen LNG-moottoria saman tehoiseen dieselmoottoriin erot ovat pienet, joten suorituskyvystä voidaan todeta, että kaasumoottori on hyvin lähellä dieselmoottorin ominaisuuksia. Suurin vääntö on matalilla kierroksilla 1 000–1 400 rpm ja paras teho löytyy suuremmilta kierroksilta 1 400–1 800 rpm. (Volvo LNG showell.)

Polttoainejärjestelmä

Volvon LNG-kuorma-autoissa on kaksoispolttoainejärjestelmä, jossa polttoaineet ovat diesel ja metaanikaasu. Kuvassa 16 on esitetty Volvon LNG-kuorma-auton kaksoispolttoainejärjestelmä. Dieselille on oma polttoainelinja, joka vastaa normaalia dieselkuorma-auton polttoainelinjaa. Erona dieselkuorma-autoon on pienempi dieselsäiliö, jonka koko on 170 l ja polttoainesuuttimet, jotka ruiskuttavat dieselin ja kaasun moottoriin. (Volvo LNG showell.)



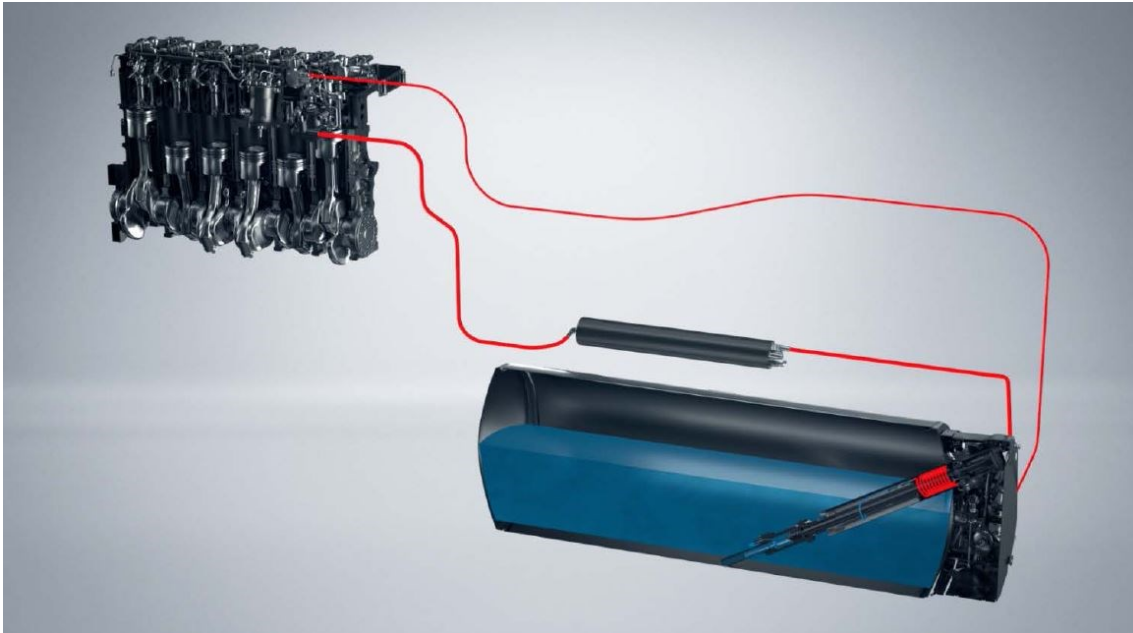
KUVA 16. Volvon kaksoispolttoainejärjestelmä (Volvo LNG showell)

Metaanikaasun polttoainelinja lähtee LNG-säiliöstä, joka on vahvasti eristetty termossäiliö. Siellä kaasu pysyy nestemäisenä alhaisessa lämpötilassa. Volvolla on kolme eri säiliökokoja: 115 kg, 155 kg ja 205 kg, joista suurimmalla pääsee noin 1 000 km yhdellä tankkauksella riippuen ajo-olosuhteista. LNG-säiliöstä neste-kaasu pumpataan lauhduttimelle, jossa se lämmitetään painekaasuksi. Lauhduttin saa lämpönsä moottorin jäähdytinnesteestä. Lauhduttimelta painekaasu kulkee ajoneuvon polttoaineputkistossa kaasunkäsittelymoduulille, jossa sen paine säädetään sopivaksi polttoainesuuttimille. Kaksoispolttoainesuuttimet ruiskuttavat pienen määrän dieseliä ennen korkeapaineista kaasua, joka syötetään aivan puristustahdin lopussa. (Tekniset tiedot. 2018, Fact Sheet. 2018, Volvo LNG showell.)

Palotila ja imusarja on suunniteltu niin, että palaminen tapahtuu optimaalisesti ja seossuhde on erittäin korkea, mikä parantaa hyötysuhdetta. Polttoaineen syttyminen tapahtuu samalla tavalla kuin dieselmoottorissakin puristuksen avulla ja dieseliä käytetään kipinästä sytyttämään kaasua sylinterissä. Ratkaisun ansiosta palaminen on tehokasta. (Tekniset tiedot. 2018, Fact Sheet. 2018.)

Takaisin tankkiin (RTT) on polttamattoman kaasupolttoaineen takaisinkierrätys moottorilta LNG-säiliöön. Moottorin käyttämätön polttoaine tuodaan takaisin LNG-säiliön kaasuuntumistilaan, josta se voidaan käyttää uudelleen polttoai-

neena. Takaisin tankkiin (RTT) kierrätyksen avulla saavutetaan pienemmät metaani päästöt pakoputkistoon ja se vähentää merkittävästi metaanivuotoa moottorin sammutuksen ja lämmityksen aikana. Kuvassa 17 kaasupolttoaineen takaisin tankkiin kierrätys. (LNG tietoisku.)



KUVA 17. Takaisin tankkiin kierrätys (LNG tietoisku)

Kaasupolttoainejärjestelmässä on ominaisuus tunnistaa mahdolliset kaasuvuodot. Järjestelmä tunnistaa kaasuvuodon kaasunpaineen alentumisesta ja sytyttää mittaristossa moottorinvikavalon ja näyttöön tulee teksti ”kaasuvuoto havaittu” ja kaasujärjestelmä kytkeytyy pois päältä, jolloin auto menee dieselajotilaan. (Kuljettajan opas.)

Käynnistys

Volvon kaasumoottori käyttää käynnistyessään yksinomaan dieseliä, koska lauhdutin vaatii lämmintä jäähdytinnestettä lämmittäääkseen nestekaasua painekaasuksi. Moottorin jäähdytysnesteen lämpeneminen kestää muutaman minuutin ajan, ja sen takia moottoria täytyy tyhjäkäyttää. Kylmällä ilmalla moottorin lämpeneminen voi kestää jopa 15 - 20 min ja lämmitysajan lyhentämiseksi on kannattavaa käyttää lisälämmitintä ennen käynnistystä ja lämmityksen aikana. Auton lisälämmitin eli Webasto toimii dieselillä, joka takaa varman toimivuuden kylmällä ilmalla. Tyhjäkäytön aikana moottori käy lähes pelkällä dieselillä ja tällöin kuorma-

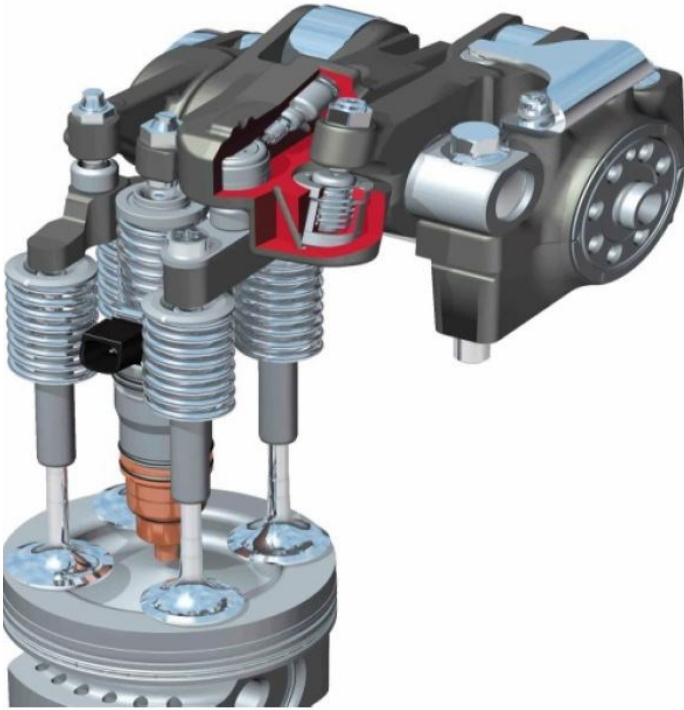
auto on dieselajotilassa. Dieselajotila mahdollistaa tyhjän kuorma-auton siirtelyn lämmityksen aikana. (Kuljettajan opas.)

Dieselajotila

Dieselajotilassa moottorin teho on rajoitettu 50 hv:aan, moottorin kierrosnopeus on rajoitettu 1 300 rpm ja sen lisäksi myös ajoneuvon maksiminopeus on rajoitettu 20 km/h. Dieselajotila on tarkoitettu lyhyille siirtymisille tilanteissa, joissa LNG on päässyt loppumaan, moottori on vielä lämmitystilassa tai LNG-järjestelmään on ilmennyt ongelma tai vika. Kuljettaja tietää kuorma-auton olevan dieselajotilassa, kun mittaristossa lukee teksti ”dieselajotila” ja LNG-polttoainesäiliön mittari on himmennetty mittaristosta. (Kuljettajan opas, Volvo LNG showell.)

VEB+-moottorijarrujärjestelmä

VEB+-moottorijarrujärjestelmä on Volvon dieselmootoreihin kehittämä tehokas pakokaasujarru. Kuvassa 18 on VEB+-moottorijarrun rakenna. Volvon LNG-moottorissa voidaan käyttää samaa VEB+ moottorijarrujärjestelmää kuin dieselmootoreissa. Moottorijarrun etu on, ettei kuorma-autoon tarvitse hankkia erillistä hidastinta. Halutessaan voi kuitenkin hankkia vielä lisäksi erillisen hidastimen, jos kuorma-autolla ajetaan erittäin haastavissa vuoristo-olosuhteissa. (Volvo LNG showell.)



KUVA 18. VEB+-moottorijarru (Volvo LNG showell)

Pakokaasunpuhdistus

Volvon LNG-moottorissa on dieselmoottorin tavoin AdBlue-pakokaasunpuhdistusjärjestelmä. Kaasumoottorissa AdBluen kulutus on kuitenkin noin 20 % pienempi kuin dieselmoottorissa. Volvon G13C-moottori saavuttaa Euroopan tiukimmatkin päästövaatimukset ja Euro 6 luokituksen. (Volvo LNG showell.)

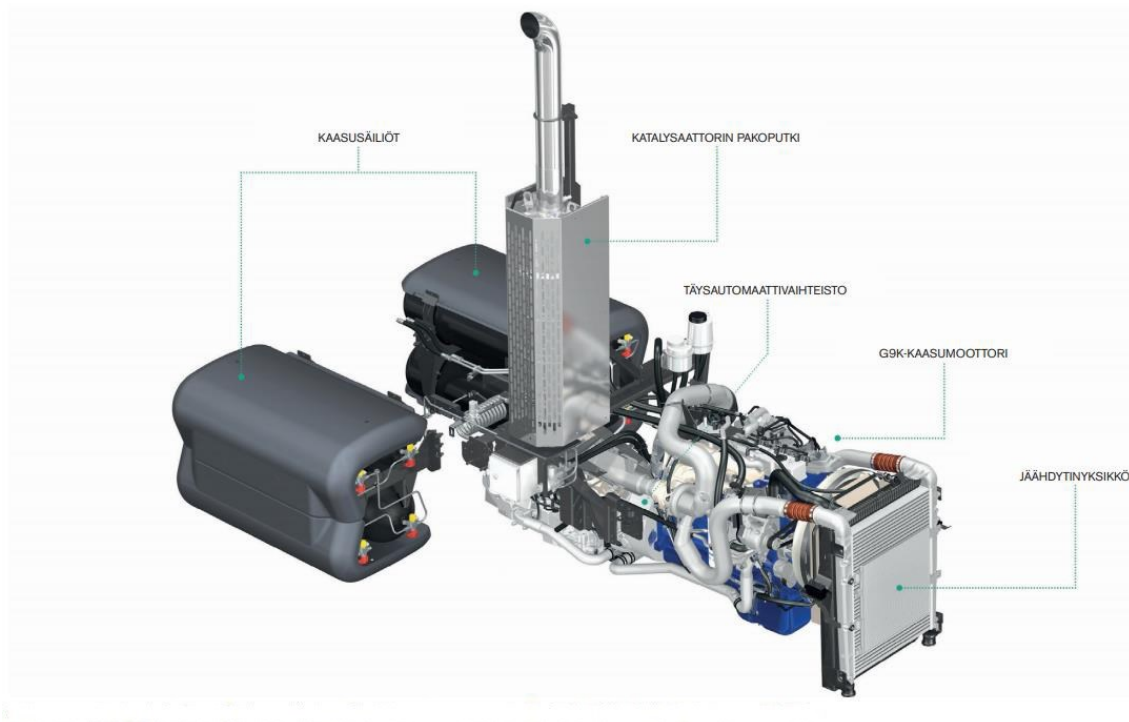
4.1.2 CNG-kuorma-auto

Volvo FE CNG -kuorma-auto on suunniteltu erityisesti kaupunkikuljetuksiin, kuten jätekuljetuksiin ja kaupunkijakeluihin. Kuvassa 19 on Volvon FE CNG -kuorma-auto. Ajoneuvon kokonaismassa voi olla 18–26 tonnia. Kuorma-autossa on 9 litrainen G9K320 CNG-moottori, joka tuottaa tehoa 320 hv ja vääntöä 1 356 Nm. Moottori toimii ottomoottoriperiaatteella eli siinä on kipinäsytytys, joka toimii sytytystulppien avulla. Moottoritehot vastaavat enemmän bensiinimoottoria kuin dieselmoottoria, koska maksimi vääntöalue on suppea kuten bensiinimoottoreissa. (Volvo CNG showell.)



KUVA 19. Volvo FE CNG-kuorma-auto (Volvo CNG showell)

G9K320-moottori käyttää polttoaineenaan pelkästään paineistettua metaanikaasua. Kuvassa 20 on Volvon CNG-järjestelmän rakenne. Kaasusäiliöitä kuorma-autoon on saatavilla 2x3 tai 2x4 eli molemmille puolille autoa 3 tai 4 säiliötä. Yhden säiliön tilavuus on 100 l, kun niihin ahdetaan kaasu noin 200 bar:n paineella. Kahdeksalla säiliöllä varustetun kuorma-auton säiliöihin mahtuu maksimissaan 160 m³ eli noin 117 kg kaasua ja kuudella säiliöllä varustettuun autoon mahtuu kaasua 120 m³ eli 88 kg. Toimintasäde vaihtelee kaasusäiliöiden määrän, kuljettavan ja ajo-olosuhteiden mukaan ja on väliltä 80–400 km. (Volvo CNG showell, Volvo FE CNG.)



KUVA 20. CNG-järjestelmän rakenne (Volvo CNG showell)

Pakokaasun puhdistus toimii bensiiniauton tapaan kolmitoimikatalysaattorilla, jolloin ei tarvita AdBlue-järjestelmää, eikä DFP-suodatinta. Kuorma-auto täyttää Euro 6 päästöluokituksen ja sen CO₂-päästöt ovat noin 20 % pienemmät kuin vastaavan dieselkuorma-auton. (Volvo CNG showell.)

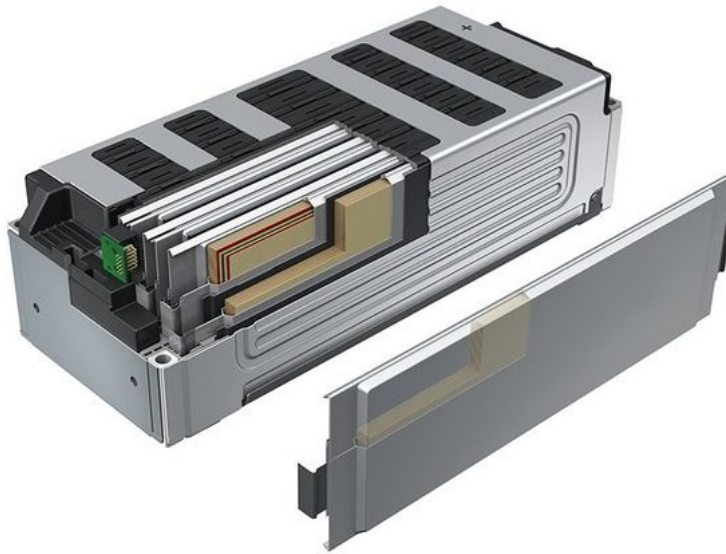
4.1.3 Sähkökuorma-autot

Volvon täyssähkökuorma-autot on suunniteltu kaupunkiliikenteeseen vähentämään päästöjä sekä melua. Täyssähkökuorma-auto saa tarvitsemansa käyttöenergian sähköverkosta lataamalla sen akkuihinsa. Sähkökuorma-auton akut latautuvat lataustavasta ja akkujen kapasiteetista riippuen 45 minuutista 11 tuntiin. Latauksessa käytetään standardien mukaisia latausliittimiä. Tasavirta eli DC-lataukseen käytetään CCS2-standardin mukaista latausliitintä ja vaihtovirta eli AC-lataukseen type2-liitintä. Kolmivaiheisen vaihtovirtalatauksen teho on 22 kW ja DC-latauksia on eri tehoisia 50 kW - 150 kW väliltä. Kuvassa 21 on Volvon sähkökuorma-auton latausliitin, johon latausjohto kytketään. (Volvo Electric, Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018.)



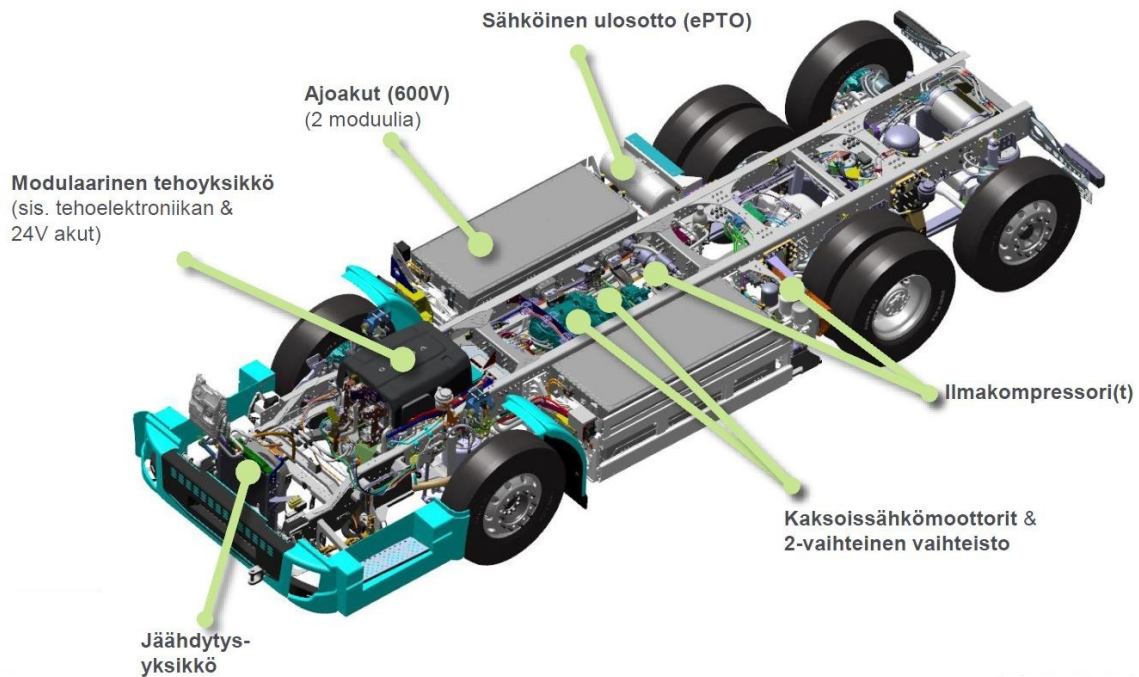
KUVA 21. Latausliitäntä Volvon sähkökuorma-autossa (Volvo Electric)

Volvon NMC litium-ioniakut varastoivat sähkövirran 600 V jännitteellä. Ajoneuvon akusto koostuu moduuleista, jonka yhden akkumoduulin varastointi kapasiteetti on 50 kWh. Kuvassa 22 on rakennekuva yhdestä akkumoduulista. Näitä moduuleja autossa on 4 tai 6 riippuen kuorma-auton mallista. Neljä moduulia sisältävässä kuorma-autossa kokonaisvirranvarastointikapasiteetti on 200 kWh ja kuudella moduulilla varustetussa 300 kWh. 200 kWh:n akuston täyttö DC-latauksella vie 50 minuutista 3 tuntiin, riippuen DC-latauksen tehosta, kun taas AC-latauksella akuston täytyminen vie 7–8 tuntia. 300 kWh:n akkukapasiteetin täytyminen DC-latauksella vie 1,5–5 tuntia riippuen latauksen tehosta ja AC-latauksella taas 10–11 tuntia. Akkumoduulit tuovat autoon huomattavasti lisäpainoa, sillä yksi moduuli painaa noin 550 kg. (Volvo Electric.)



KUVA 22. Rakennekuva akkumoduulista (Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018)

Sähkökuorma-autoon ajoakut on sijoitettu polttoainesäiliöiden tilalle ja niitä on 2–3 moduulia puolellaan. Modulaarinen tehoyksikkö sijaitsee niin sanotusti dieselmoottorin tilalla ja sen tehtävä on ohjata virran kulkua akkuihin ja akuista sähkölaitteille. Se esimerkiksi muuntaa tasavirran vaihtovirraksi sähkömoottorille, ohjaa akkujen latausta, muuntaa 600 V:n jännitteen ajoneuvon 24 V:n jännitejärjestelmään sopivaksi sekä ohjaa jäähdytysjärjestelmää. Kuvassa 23 nähtävissä Volvon sähkökuorma-auton läpileikkaus, joka selventää sähkökuorma-auton osien sijoittelun. (Volvo Electric.)



KUVA 23. Volvo FE Electric -kuorma-auton läpileikkaus (Volvo Electric. 2020)

Sähkömoottori tai -moottorit sijaitsevat rungon keskellä ja ovat liitettynä 2 vaihteiseen vaihteistoon. Vaihteistosta voima välitetään vetoakselistolla vetäville pyörille, jolloin jokaiselle vetävälle pyörälle ei tarvita omaa sähkömoottoria ja vaihteistoa. Kuorma-autossa ei ole perinteistä vaihdekeppiä, vaan ajosuunnan valinta tehdään kojetaulun painikkeiden avulla. Vaihteiden vaihdosta huolehtii automaattinen kaksivaihteinen vaihteisto. Lisäksi kojetaulusta on valittavissa, onko moottorijarrutus eli regenerointi päällä vai pois päältä. Regenerointi ottaa moottorijarrutuksessa jarrutusenergian talteen auton akustoon ja sitä voidaan käyttää seuraavassa kiihdytyksessä. (Volvo Electric.)

Sähkökuorma-auton päällirakenteet ja lisälaitteet kuten ilmakompressorit ja ulosottolaitteet ovat sähkökäyttöisiä. Ilmakompressorien avulla voidaan käyttää esimerkiksi ilmajarruja ja ilmajousitusta. Kuorma-autoon on mahdollista asentaa sähköinen ulosotto ePTO lisä- ja apulaitteita varten. EPTO:on saa kiinnitettyä esimerkiksi Hiab-nostolaitteen. Päällirakenteiden ja lisälaitteiden käyttö vähentää taas kuorma-auton toimintasädettä. (Volvo Electric.)

4.1.3.1 Sähkökuorma-auto FL Electric

Volvo FL Electric on Volvon FL-sarjan kuorma-auton runkoon räätälöity sähkökuorma-auto, se on nähtävissä kuvassa 24. Se on kaksiakselinen kuorma-auto, jonka akseliväli on 4 400 mm tai 5 300 mm. Se sopii täydellisesti kaupunkijakeeluun, jossa pysähdyksiä ja liikkeelle lähtöjä on paljon. (Volvo FL Electric.)



KUVA 24. Volvo FL Electric kuorma-auto (Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018)

FL Electric-kuorma-auton moottorina toimii 200 kW sähkömoottori, joka tuottaa vääntöä 425 Nm. Sähkömoottorin jatkuva nimellisteho on 165 kW. Sähkömoottori on kytketty kaksinopeuksiseen automaattivaihteistoon, josta vetoakselilla välitetään veto vetäville pyörille. Välityksien vaikutuksesta taka-akselin maksimi vääntömomentti on 16 kNm. Ajoneuvon kokonaismassa on 16 t ja se jakautuu aksleille siten, että etuakselilla on 5 t ja taka-akselilla 11 t. (Volvo FL Electric, Volvo Electric.)

FL Electric-kuorma-autoon on saatavana neljä tai kuusi akkumoduulia. Moduulien määrän valittavuus on tärkeää, koska moduulit ovat raskaita ja vähentävät

kantavuutta, mutta lisäävät toimintasädetä. Dieselmoottorilla varustetun FL-kuorma-auton omamassa on 5 470 kg. Sähkökäyttöisen FL Electric-kuorma-auton omamassa neljällä akkumoduulilla on 7 539 kg, jolloin akusto vähentää kuorma-auton kantavuutta noin 2 000 kg. Kuudella akkumoduulilla kuorma-auton omamassa on 9 030 kg ja se vähentää auton kantavuutta noin 3 500 kg. (Volvo FL Electric, Volvo Electric.)

Akkukapasiteetti neljällä akkumoduulilla on 200 kWh ja ajoneuvon toimintasäde on noin 170 km. Vastaavasti akkukapasiteetti kuudella akkumoduulilla on 300 kWh ja ajoneuvon toimintasäde on noin 260 km. (Volvo Electric.)

4.1.3.2 Sähkökuorma-auto FE Electric

Volvo FE Electric on Volvon FE-sarjan kuorma-auton runkoon räätälöity sähkökuorma-auto. Se on kolmeakselinen kuorma-auto, jonka kokonaismassa on 27 t ja akseliväli 3 900 mm. Se on suunniteltu kaupunkijakeluun ja toimituksiin, kuten jätehuolloille tai kaupunkien rakennustyömaille. Kuvassa 25 on Volvo FE Electric kuorma-auto. (Volvo FE Electric.)



KUVA 25. Volvo FE Electric kuorma-auto (Volvo Electric)

FE Electric-kuorma-auton moottorina toimii kaksi 200 kW:n sähkömoottoria eli yhteensä moottoreilla on tehoa hetkellisesti 400 kW. Jatkuvaa nimellisteho

moottorit tuottavat 330 kW ja vääntöä 850 Nm. Sähkömoottorit on kytketty kaksinopeuksiseen automaattivaihteistoon, josta vetoakselilla välitetään veto vetäville pyörille. Välityksien vaikutuksesta taka-akselin maksimi vääntömomentti on 28 kNm. FE Electric-kuorma-auton kokonaismassa on 27 t ja se jakautuu akselleille siten, että painosta 8 t on etuakselilla ja 19 t taka-akselistolla. (Volvo FE Electric, Volvo Electric.)

FE Electric-kuorma-auto on varustettu 4 akkumoduulilla. Akkumoduulit painavat 550 kg ja pystyvät varastoimaan sähköä 50 kWh kappaleelta. Neljä akkumoduulia tuo kuorma-autoon noin 2 200 kg lisäpainoa ja varaavat sähköä 200 kWh. Dieselmoottorilla varustetun FE-kuorma-auton omamassa on 7 280 kg. FE Electric-kuorma-auton omamassa on 9 320 kg, jolloin akusto vähentää kuorma-auton kantavuutta noin 2 000 kg. Ajoneuvon toimintasäde on noin 120 km riippuen ajo-olosuhteista ja pysähdysten määrästä sekä päällirakenteiden ja lisälaitteiden käytöstä. Maksimissaan FE Electricin toimintasäde on 200 km. (Volvo Electric.)

4.1.3.3 Sähkökuorma-auto FM Electric

Tulevaisuudessa Volvo tähtää tuomaan sähkökuorma-autotekniikkaansa myös FM-malliin, joka on FE- ja FL-malleja kookkaampi ja suunniteltu kaupunki- sekä kaukoliikenteeseen. FM Electric on Volvon FM-sarjan kuorma-auton runkoon räätälöity sähkökuorma-auto, joka on suunniteltu vetämään puoliperävaunuyhdistelmää tai useampi akseliseksi kuorma-autoksi. (New heavy-duty electric concept trucks for construction and regional transport. 2019.)

Volvon tarkoitus on sähköistää alueellisia kuorma-autokuljetuksia. Esimerkiksi Euroopassa yli 80 prosenttia kuorma-autokuljetuksista on alueellisia kuljetuksia, jotka hoidetaan suurelta osin puoliperävaunuyhdistelmillä. Sähköauton soveltuvuutta puoliperävaunun vetoon Volvo testaa FM electric-konseptimallilla. (Raskaampia sähköautoja maansiirto- ja aluekuljetuksiin. 2020.)

4.2 Scania

Scania on aloittanut vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien kuorma-autojen valmistuksen. Scanian mallistosta löytyy jo sähkö-, hybridi-, bioetanoli-, nestekaasuja ja kaasukuorma-autoja. (Fossiilisen dieselin korvaajat.)

4.2.1 CNG- ja LNG-kaasukuorma-autot

Scanian kaasumootorit voivat käyttää polttoaineenaan sekä CNG:tä ja LNG:tä. Moottori polttaa kaasun aina painekaasumaisena. LNG:tä täytyy lämmittää lauhduttimessa, jolloin se kaasuuntuu ja muuttuu painekaasuksi. Kaasumootoritekniikka perustuu stoikiometriseen palamiseen eli polttoaineen ja hapen täydelliseen palamiseen. Palaminen käynnistetään sytytystulpilla, kuten bensiinimoottoreissakin ja polttoaineen esisekoitus tapahtuu matkalla sylintereihin. Kuorma-autojen kaasumootoreille on pyritty saamaan dieselmootorin kaltaiset ominaisuudet. (Scanian 13-litrainen moottori.)

Scanian kaasun edellyttämä tekniikka tuo lisäpainoa ajoneuvoon noin 675–700 kg. Suomessa saa lisätä vaihtoehtoisen käyttövoiman tuoman lisäpainon verran painoa yhdistelmän suurimpaan kokonaismassaan enintään tuhat kiloa. Tekniikan tuoman lisäpaino ei siis käytännössä pienennä kuormauskapasiteettia. Kuvassa 26 Scanian kaasukuorma-auto.



KUVA 26. Scanian LNG-puoliperävaunuyhdistelmä (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Scanian uudet kaasumoottori kuorma-autot täyttävät PiekQuietTRUCK -standardin, jonka vuoksi Euroopassa niitä on otettu paljon yöliikenteeseen. Sertifikaatin saavuttamisen vaatimuksiin kuuluu, että ajoneuvon melutason tulee alittaa 72 dB melutaso 7,5 m:n etäisyydellä. Perinteinen dieselkäyttöisen kuorma-auton melutaso on noin puolet enemmän. (Bio- ja maakaasu - hiljaiset voimanlähteet)

4.2.1.1 Kaasumoottorit

Scanialla on kaksi eri kaasumoottori vaihtoehtoa: OC09 ja OC13, jotka molemmat hyödyntävät ottomoottori periaatetta. OC09 on viisisylinterinen ja 9-litrainen rivimoottori ja OC13 on kuusisylinterinen ja 13-litrainen rivimoottori. OC09-moottorista on kaksiversiota: 280 hv ja 340 hv, näiden moottorien väännöt ovat 1 350 Nm ja 1 600 Nm. OC09-moottorilla yhdistelmän vetokyky ja suurin sallittu massa on 44 t. Suurempi 13 litrainen OC13-moottori pystyy vetämään 60 tonnista yhdistelmää ja moottori tuottaa tehoa 410 hv ja vääntöä 2 000 Nm. Kuvassa 27 on Scanian OC13-kaasumoottori. (Scanian 13-litrainen moottori.)



KUVA 27. OC13-kaasumoottori (Scanian 13-litrainen moottori)

Scanian kaasumoottori eroaa dieselmoottorista monin tavoin. Kaasumoottori on ottomoottori, jolloin se sytyttää polttoaineen palamaan sytytystulppien avulla. Kipinä taas tarvitsee sytytyksenohjausta ajoittuakseen oikein. Puristussuhde ottomoottorissa on 12,6:1, kun dieselmoottorissa se on noin 18:1. Kaasumoottori tarvitsee ilmamäärän annostelijan ja lambdan pitämään ilman ja polttoaineen suhdetta oikeana palamistapahtumassa, silloin lambda pysyy arvossa 1. Kaasumoottorissa käytetään myös monipistesuihkutusta, jossa kaksi ruiskutusventtiiliä yhtä sylinteriä kohden. Moottorin toimintojen valvomiseen moottorissa on ECU-moottorinohjainyksikkö. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

Kuorma-autojen ottomootoreissa ongelmana on sytytystulppien lyhyt vaihtoväli, koska autoa ei haluta seisottaa huoltamalla. Scania on saanut sytytystulpat kestämään 45 000 km vaihtovälin, joka on myös Scanian määräaikaishuoltoväli. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

Pakokaasujarru ei ole sopiva ottomoottoriperiaatteella toimivalle kaasumoottorille, joten erillisen hidastimen asentaminen on suositeltavaa ja kuten suomessa lain säädännön mukaan pakollista. Kaasumoottori on turboahdettu vesijäähdytteisellä turbolla, jolloin se tarvitsee myös ahtoilman ylipaineventtiilin. Kaasumoottori ei tarvitse dieselmoottorin käyttämiä hiukkassuodattimia eikä AdBlue-järjestelmää. Kaasumoottorissa on kuitenkin EGR eli pakokaasuntakaisinkierätyjärjestelmä. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

4.2.1.2 Kaasusäiliöt ja kaasun kulku moottorille

Scania on kehittänyt kaksi erilaista LNG-säiliö ratkaisua, jotta on saatu suurempi valikoima säiliökokoja. Säiliöiden mallit ovat Chart ja SAG. Säiliöt poikkeavat toisistaan rakenteellisesti, niissä on eri komponentteja ja komponenttien asettelu on poikkeava. Kuorma-autoon voidaan asentaa LNG-säiliöt molemmille puolille auton sivuja, jolloin LNG:n tankkauskapasiteetti on noin 300 kg, joka vastaa noin 750 l. Tankkauskapasiteetti oikeanpuoleiseen säiliöön on noin 140 kg eli noin 350 l ja vasemmanpuoleiseen säiliöön noin 160 kg eli noin 400 l LNG-polttoainetta. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

Toimintasäde kuorma-autolla, jossa on LNG-säiliöt molemmilla puolilla autoa ja LNG-polttoainekapasiteetti 300 kg, on maksimissaan 1 600 km riippuen ajo-olosuhteista, mutta kuitenkin taattu toimintasäde on 1 000 km. Yhdellä 160 kg:n LNG-säiliöllä varustetussa kuorma-autossa toimintasäde on noin 800 km maksimissaan. Kuvassa 28 Scanian LNG-säiliö. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)



KUVA 28. Scanian LNG-säiliö (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

CNG-kaasu säilötään painekaasusäiliöihin, joissa kaasu on 200 bar:n paineessa. Painekaasusäiliöitä on neljä auton molemmilla sivuilla eli yhteensä kahdeksan. Kuvassa 29 Scanian CNG-säiliö. Toimintasäde CNG-kaasusäiliöillä on maksimissaan 600 km. Scanian LNG- ja CNG-säiliöiden suunnittelussa on otettu huomioon kolariturvallisuus, esimerkiksi kääntämällä venttiilit pois ajosuunnasta. Tämä toimenpide pienentää venttiilien vaurioitumisriskiä ulkoisen iskun kohdistuessa ajoneuvoon kolaritilanteessa. CNG-säiliössä on myös varoventtiilit ylipaineen ja liian korkean lämpötilan varalta, jotka voisivat aiheuttaa säiliön räjähdysvaaran. Korkeapaineen varoventtiili aktivoituu 340 bar:n paineessa ja lämpötilan

varoventtiili 110 °C lämpötilassa. (Scanian 13-litrainen moottori, Vaihtoehdotiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)



KUVA 29. Scanian CNG-säiliö (Vaihtoehdotiset energiaratkaisut kuorma-autoihin)

Kuorma-auton kyljessä on myös kaasupaneeli, jossa kaasusäiliöiltä tuleva kaasu paineistetaan sopivaksi kaasumoottorille. Kaasu tulee säiliöiltä korkeapaineisena kaasupaneelissa olevalle paineensäätimelle. Paineensäätimen tulopäässä on korkeapaine paineanturi, joka mittaa kaasusäiliöiltä tulevan kaasun paineen. Paineensäädin käyttää vertailupaineputkea imusarjaan lähtevän kaasun paineen säätämiseen 7,3 bar suuremmaksi kuin imusarja paine. Paineenrajoitusventtiili päästää mahdollisen paineensäätimen ylipaineen pois. Moottorille sopivaksi säädettyä painekaasua ohjaa matalapaineen magneettiventtiili, joka avaa ja sulkee kaasunvirtauksen moottorille. Magneettiventtiilin jälkeen on polttoainesuodatin, joka puhdistaa kaasun epäpuhtauksista. (Vaihtoehdotiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

Kaasukuorma-autoissa käytetään myös törmäystunnistinta havaitsemaan autoon kohdistuvan voimakkaan iskun eli törmäyksen. Kun törmäystunnistin havaitsee törmäyksen, se sulkee virransyötön kaasujärjestelmän sähköisille venttiileille ja

ne sulkevat kaasunsyötön moottorille. Sähköisiä venttiilejä ovat kaasupaneelin magneettiventtiili sekä polttoainesäiliöiden magneettiventtiilit. Törmäystunnistin on sijoitettu lähelle ajoneuvon keulaa kojelaudan alalaitaan kuljettajan vasemmalle puolelle. (Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.)

4.2.2 Pistokehybridikuorma-auto

Scanian pistokehybridit on suunniteltu erityisesti kaupunkiliikenteeseen ja siksi sen ohjaamoksi on valittavissa L- tai P-malli, jotka on suunniteltu ahtaille ja mutkaisille teille. Scanian pistokehybridi on varustettu sähköisellä voimansiirrolla sekä dieselmoottorilla. Diesel voimalinja vie tilaa akuilta, jonka takia akkukapasiteetti on pienempi kuin täyssähkökuorma-autoissa. Pistokehybridin akkukapasiteetti on 90 kWh ja kuorma-autossa on kolme 30 kWh:n akkua. Akkuja voidaan ladata tasavirralla CCS-tyyppisellä pistokkeella ja vaihtovirralla type2-pistokkeella. (Scanian uusi pistokehybridikuorma-auto, jonka toimintasäde sähkötoimisena on 60 km. 2020.)

Pistokehybridikuorma-auto säästää selvästi polttoainetta, koska sen akut voidaan ladata auton kuormauksen ja kuormanpurun aikana ja tämän ansiosta seuraavasta matkasta osa voidaan taas ajaa kokonaan sähköllä. Akut latautuvat 95 kW DC-latauksella 80 prosenttisesti 35 minuutissa, jonka aikana auton ehtii purkaa ja kuormata. Pelkällä sähköllä pystytään ajamaan maksimissaan 60 km ilman dieselmoottorin käynnistämistä. Kuvassa 30 Scanian pistokehybridikuorma-auto. (Scanian uusi pistokehybridikuorma-auto, jonka toimintasäde sähkötoimisena on 60 km. 2020.)



KUVA 30. Scanian pistokehybridikuorma-auto (Hybridi ja pistokehybridi)

Kuten hybridihenkilöauton niin myös hybridikuorma-autonkin akut latautuvat, kun hidastetaan moottorijarrutuksella sähkömoottorin ottaessa talteen jarrutus energiaa. Se säästää polttoainetta noin 15–40 %. Sähkömoottorin huipputeho on 130 kW ja jatkuva teho 115 kW sekä vääntöä se tuottaa 1 050 Nm. Dieselmootorina toimii 9 litrainen rivimoottori, jota on saatavana kolmen eri tehoisena 280 hv, 320 hv ja 360 hv. Moottori täyttää Euro 6-päästöluokituksen. (Hybridi ja pistokehybridi.)

Scanian hybridissä on myös power boost- ja kick down-toiminnot, jotka tuovat hetkellistä lisätehoa. Sähkömoottorit tuovat lisätehon kiihdytyksissä avustamalla dieselmoottoria. Power boost-toiminto tuo kiihdytykseen 20 kW lisätehoa ja 150 Nm lisää vääntöä, jolloin kiihdytys tapahtuu ripeämmin. Kick-down-toiminnolla kiihdytykseen saadaan 50 kW lisätehoa ja 350 Nm lisää vääntöä, jolloin kiihdytys tapahtuu paljon ripeämmin. Toiminnot ovat käytettävissä ainoastaan, kun akuissa on riittävästi virtaa. (Hybridi ja pistokehybridi.)

Hybriditekniikka tuo autoon lisäpainoa 950 kg. Suomen lainsäädännön mukaan vaihtoehtoisen käyttövoiman tuoman lisäpainon voi tuhanteen kiloon asti vähentää ajoneuvoyhdistelmän kokonaismassasta, jolloin auton kantavuus ei kärsi. (Hybridi ja pistokehybridi.)

4.2.3 Sähkökuorma-auto

Scanian ensimmäiset sähkökuorma-autot ovat lähikuljetuksiin soveltuvia, mutta Scania aikoo julkaista muutaman vuoden kuluttua kaukokuljetuksiin soveltuvia sähkökuorma-autoja. Tällä hetkellä Scanian sähkökuorma-autoihin on valittavissa lähi- ja kaupunkiliikenteeseen soveltuvat L- tai P-ohjaamot. Kuorma-auton suurin sallittu massa on 29 t. Kuvassa 31 Scanian sähkökuorma-auto. (Scania esittelee täyssähkökuorma-auton, jonka toimintasäde on 250 km. 2020.)



KUVA 31. Scanian sähkökuorma-auto (Sähkökuorma-auto)

Sähkökuorma-autoon on valittavissa 165 kWh:n tai 300 kWh:n akkukapasiteetiaan oleva akkupaketti. Akkupaketit koostuvat viidestä tai yhdeksästä litiumionia-

kusta. Yhdeksän akun paketilla varustetulla kuorma-autolla ajomatka yhdellä latauksella jopa 250 km. Yhdeksän akkua on saatavilla kaikkiin yli 4 350 mm akselivälisiin ja viisi akkua kaikkiin yli 3 950 mm akselivälisiin sähkökuorma-autoihin. (Scania esittelee täyssähkökuorma-auton, jonka toimintasäde on 250 km. 2020, Sähkökuorma-auto BEV.)

Sähkömoottorina toimii kestonagneettimoottori, jossa öljysuihkujäähdytys. Sähkömoottori tuottaa 230 kW:n jatkuvan tehon mikä vastaa noin 310 hv:n moottoritehoa. Moottorin hetkellinen huipputeho on 295 kW ja vääntöä moottorista irtoaa 1 300 Nm jatkuvana sekä sen hetkellinen huippuvääntö on 2 200 Nm. Moottori on liitettyä automaattiseen kaksivaihteiseen vaihteistoon, josta veto välitetään vetäville pyörille. (Scania esittelee täyssähkökuorma-auton, jonka toimintasäde on 250 km. 2020.)

Scania-sähkökuorma-autossa on vakiona CCS-tyyppinen latausliitin. 130 kW DC latausvirralla viisi akkupakettia ladataan tyhjästä 80 prosenttiin alle 55 minuutissa ja yhdeksän akkupakettia alle 100 minuutissa. Sähkökuorma-auton akut latautuvat myös ajaessa regeneroivalla moottorijarrutuksella. Tätä tapahtuu, kun hidastetaan vauhtia pelkän moottorijarrutuksen avulla. (Scania esittelee täyssähkökuorma-auton, jonka toimintasäde on 250 km. 2020.)

4.3 Daimler trucks -sähkökuorma-autot

Daimlerin Eurooppaan myynnissä olevia sähkökuorma-auto malleja ovat eActros ja Fuso eCanter. Amerikan markkinoille Daimlerilla on kehittäillä mallit eCascadia ja eM2, jotka ovat tulossa markkinoille vuonna 2021. (United with electricity.)

4.3.1 EActros

EActros on Daimlerin suurikokoisimpia sähkökuorma-autoja. Sitä valmistetaan 18- tai 25 tonnisena kaksi- tai kolme akselisena kuorma-autona. Sen perustana on Mercedes-Benz Actros kuorma-auto, jonka alusta on sovitettu sähköiselle voimalinjalle. EActrosta on tällä hetkellä testiajossa useassa yrityksessä Euroopassa ja sarjavalmistus aiotaan aloittaa vuonna 2021. Kuvassa 32 eActros kuorma-auto. (United with electricity, eActros-sähkökuorma-autojen asiakastestit alkavat Euroopassa.)



KUVA 32. Mercedes benz eActros kuorma-auto (eActros goes into customer operation)

EActorissa on kaksi sähkömoottoria, jotka on sijoitettu lähellä taka-akselinnoja. Moottorit toimivat 400 V:n jännitteellä ja ovat harjattomia kolmivaiheisia tasavirtamoottoreita, joissa on nestejäähdytys. Molemmat moottorit tuottavat 125 kW:n eli noin 170 hv:n tehon ja 485 Nm:n huippuväännön, joka välityssuhteiden ansiosta merkitsee vetävillä pyörillä noin 11 000 Nm vääntöä. EActros kuorma-autossa sähkö varastoituu litiumioniakkuihin, joiden yhteiskapasiteetti on 240 kWh. Akut latautuvat lataustavasta mukaan 3–11 tunnissa täyteen ja täydellä latauksella pääsee noin 200 km. Latausjärjestelmä on standardin mukainen CCS-tyyppinen tasavirtalataus. (eActros-sähkökuorma-autojen asiakastestit alkavat Euroopassa.)

Korkeajännitejärjestelmän rinnalla on 12 V:n matalajännitejärjestelmä, jonka tarvitsema virta otetaan muuntajan avulla korkeajännitejärjestelmästä. Matalajännitejärjestelmä kattaa kaikki auton perustoiminnot kuten esimerkiksi valot, jarrut, ilmajousituksen ja matkustamon laitteet. (eActros-sähkökuorma-autojen asiakastestit alkavat Euroopassa.)

4.3.2 Fuso eCanter

Daimler Trucksiin kuuluva Mitsubishi Fuso Truck -yhtiö valmistaa kevytkuorma-autoja suurkaupunkien ahtaille, meluisille ja saasteisille teille. Fuso eCanter on tehty näihin kaupunkiolosuhteisiin. Se on täyssähkökevytkuorma-auto, joka on paikallispäästötön ja, jonka melutaso on matala. Fuso eCanter omamassa on 4,5 t, joka on noin 600 kg raskaampi kuin dieselversion paino. Kuorman kantavuutta, sillä on 2–3 t. Kuvassa 33 Fuso eCanter kuorma-auto. (Fuso eCanter.)



KUVA 33. Fuso eCanter (Electric through New York)

Fuso eCanterin akusto koostuu kuudesta 420 V:n ja 13.8 kWh:n varauksen omaavasta litiumioni akusta. Akkujen kokonaisvarauskapasiteetti on noin 82 kWh ja täydellä varauksella kuorma-auton kantama on 100–150 km. Moottorina eCanterissa toimii 135 kW:n tehoinen ja 390 Nm:n väännön tuottava sähkömoottori. Päästöjen minimoimiseen tähtäävän hybridisarjatuotannon Fuso on aloittanut jo vuonna 2006 Canter Eco Hybrid-sarjalla ja nykyisin suuntaa jatkaa täyssähköinen eCanter-malli. Ecanterin tuotanto on aloitettu heinäkuussa 2017. ECanterista on tulossa seuraava sukupolvi eli uudistettu versio vuonna 2021. (Fuso eCanter.)

4.3.3 eCascadia ja eM2

ECascadia ja eM2 ovat Daimlerin Amerikan markkinoille suuntaamat sähkökuorma-autot. Niiden sarjatuotanto on tarkoitus käynnistää vuonna 2021 ja ne ovat suunniteltu 100–250 km pitkiin yhtäjaksoisiin kuljetustehtäviin. Maksimissaan kantama yhdellä latauksella on 400 km. Moottorin hetkellinen maksimiteho on 730 hv ja akkukapasiteetti 550 kWh sekä latausaika nopeimmalla lataustavalla 1,5 tuntia. Kuvassa 34 eCascadia ja eM2 kuorma-autot. (United with electricity.)



KUVA 34. eCascadia ja eM2 kuorma-autot (United with electricity)

4.4 Vetypolttokennokäyttöinen raskaskalusto

Daimler Truck AG ja Volvo Group ovat tehneet sopimuksen ja päättäneet aloittaa yhteistyöllä kehittämään polttokennojärjestelmiä raskaan liikenteen ajoneuvojen käyttöön. Daimlerilla on jo pidempiaikainen kokemus polttokennotekniikasta henkilöauto puolella ja Daimlerin aikomus sulauttaa kaikki aiempi polttokennotoiminta tähän hankkeeseen. Volvo ja Daimler suunnittelevat yhteistyön nopeuttavan vetypolttokennoajoneuvojen kehitystä. (Volvo ja Daimler vety-yhteistyö. 2020.)

Raskaiden kuormien ja pitkien matkojen kuorma-autoissa polttokennoteknologia on maantieliikenteen sähköistymisen avainelementti. Se on polttoaine, mistä tuotetaan sähköä ja se kulkee helposti mukana, minkä takia se vähentää akkukapasiteetin tarvetta. Vedyn käyttäminen vihreän energian tuottamisessa sähkökuorma-autoissa on tärkeä askel hiilineutraalin Euroopan saavuttamista. Aidosti hiilidioksidivapaa kuljetustapa voidaan saavuttaa sähköisellä voimansiirrolla, minkä energia tulee akuista tai muuttamalla vetyä ajoneuvon polttokennoilla sähköksi. (Volvo ja Daimler vety-yhteistyö. 2020.)

Volvo Group ja Daimler Truck AG tulevat olemaan uudessa yhteisyrityksessä tasavertaisia kumppaneita 50/50-omistussuhteella, ja jatkavat kilpailemista muilla osa-alueilla. Voimien yhdistäminen alentaa kehityskuluja ja nopeuttaa tuotteiden saantia markkinoille. Molempien yritysten tavoite on tarjota polttokennolla varustettuja raskaita kuorma-autoja vaativiin pitkän matkan kuljetuksiin vuosikymmenen toisella puolikkaalla. Yhteistyön mahdollistamiseksi Daimler yhdistää koko konsernin laajuudelta kaikki polttokennoihin liittyvät toiminnat uudeksi polttokennoyksiköksi. Yksi osa tätä pakettia on Mercedes-Benz Fuel Cell GmbH, jolla on pitkä kokemus polttokennojen ja vedyn varastoinnin ratkaisujen parista. (Volvo ja Daimler vety-yhteistyö. 2020.)

5 MOODLE-VERKKO-OPPIMISYMPÄRISTÖ

Moodle toimii verkko-oppimisympäristönä erittäin kätevästä ja hyödyllisenä itse-näisenä oppimisalustana, mistä jokainen oppilas saa kurssimateriaalit helposti käytettäväkseen. Oulun ammattikorkeakoulu on käyttänyt jo useamman vuoden ajan Moodle-verkko-oppimisympäristönä. Siitä syystä myös uusi hybridi- ja sähköajoneuvotekniikan kurssi on luotu Moodleen. Vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat osa hybridi- ja sähköajoneuvotekniikka kurssia. Kurssin sisältöön kuuluva opinäytetyö on tehty opetusmateriaaliksi, joka opettaa vaihtoehtoisia käyttövoimia. Työssä luodut luentomateriaalit on järjestysnumeroitu ja nimetty Moodleen.

Luentomateriaali 1 Bio- ja maakaasuajoneuvot on liitteessä 1. Siinä kerrotaan, miksi maakaasu on otettu liikennekäyttöön ja miten sitä sovelletaan ajoneuvojen käyttökohteissa sekä, kuinka sitä voidaan varastoida ja kuljettaa. Luentomateriaalin 1 aiheet ja sisältö käsitellään insinööriydessä osioissa 2.3 Kaasu ja 3.1.2 LNG-kaasun häviäminen säiliöstä eli boil off.

Luentomateriaali 2 Scanian kaasumoottorit on liitteessä 1. Siinä käsitellään Scanian ratkaisua toteuttaa bio- ja maakaasulla toimivat kuorma-autonsa. Insinööriydessä Scanian kaasumoottorit käsitellään osiossa 4.2.1 CNG- ja LNG-kaasukuorma-autot. Siihen kuuluu myös Scanian LNG-kuorma-auton esittelyvideo, joka on liitteessä 5. Esittelyvideolla havainnollistetaan kuorma-auton ominaisuuksia ja käyttökohteita.

Luentomateriaali 3 Volvon kaasumoottorit on liitteessä 2. Siinä käsitellään Volvon ratkaisua toteuttaa bio- ja maakaasulla toimivat kuorma-autonsa. Siinä esitellään Volvon LNG-kuorma-auton moottorin ja polttoainejärjestelmän toiminta sekä muut tavat, millä se eroaa normaalista diesel-käyttöisestä kuorma-autosta sekä loppupuolella käsitellään Volvon CNG-kuorma-auto. Insinööriydessä Volvon LNG-kuorma-auton toiminta käsitellään luvussa 4.1.1 LNG-kuorma-auto ja CNG-kuorma-auto luvussa 4.1.2 CNG-kuorma-auto. Luentomateriaaliin 3 liittyy myös video Volvon LNG-moottorin toiminnasta ja Volvo LNG FH:n esittelyvideo, joka on esitetty liitteestä 6.

Luentomateriaali 4 LNG:n tankkaus on liitteessä 2. Se käsittelee LNG-polttoaineen lisäämistä ajoneuvoon. Nestemäinen erittäin kylmä kaasu, mitä LNG-ajoneuvot käyttävät polttoaineenaan, vaatii tiettyjä turvavarusteita sekä tiettyjä toimintatapoja, joilla tankkaus suoritetaan turvallisesti ja onnistuneesti. Insinööriydessä se käsitellään luvuissa 3.1 LNG-säiliön tankkaus ja 3.3 LNG-tankkauslaitteet. Lisäksi liitteessä 5 on video, jossa kerrotaan, kuinka LNG-kuorma-auto tankataan.

Luentomateriaali 5 Sähkö- ja hybridikuorma-autot on liitteessä 3. Siinä käsitellään, mitä sähkö- ja hybridikuorma-autot ovat sekä miksi ne ovat yleistymässä. Se käsittelee myös, millaisia ovat Scaniaan hybridi- ja sähkökuorma-autot sekä mitä tekniikkaa Volvo käyttää sähkökuorma-autoissaan. Lisäksi siinä on katsaus, mitä sähköistetty tie tarkoittaa ja miten sitä voidaan hyödyntää kuorma-autoliikenteessä. Insinööriydessä luentomateriaali 5 kerrotaan luvuissa 2.1 Sähkö, 2.2 Hybridi, 2.4 Sähköistettytie, 4.1.3 Sähkökuorma-autot ja 4.2.3 Sähkökuorma-auto. Liitteissä 7 ja 9 on esitetyt kolme videota, jotka kertovat Volvon eri sähkökuorma-automalleista.

Luentomateriaali 6 Daimlerin sähkökuorma-autot on liitteessä 3. Se sisältää tietoa Daimlerin sähkökuorma-automalleista, käyttökohteista sekä tekniikasta. Insinööriydessä niistä on kerrottu luvussa 4.3 Daimler trucks -sähkökuorma-autot. Liitteessä 8 on kaksi eActrosista kertovaa esittelyvideota.

Luentomateriaali 7 Daimlerin ja Volvon vety-yhteistyö on liitteessä 4. Se kertoo Volvon ja Daimlerin yhteisestä sopimuksesta, jolla aloitetaan polttokennojärjestelmien kehitys raskaan liikenteen ajoneuvoihin. Insinööriydessä aihe on käsitelty luvussa 4.4 Vetypolttokennokäyttöinen raskaskalusto.

Luentomateriaalin 8 Kaasuajoneuvojen huoltamovaatimukset on liitteessä 4. Siinä kerrotaan, millaisia turvallisuusmääräyksiä kaasuajoneuvoja huoltavien yritysten on otettava huomioon sekä millaisia toimenpiteitä LNG-ajoneuvon säiliölle tulee tehdä huoltoon tullessa. Insinööriydessä sisältö käsitellään luvussa 3.2 Kaasuajoneuvojen huolto.

6 YHTEENVETO

Työssä luotiin kattava selvitys vaihtoehtoisista käyttövoimista auto- ja työkonetekniikassa ja sen pohjalta tehtiin opetusmateriaalia Oulun ammattikorkeakoulun käyttöön. Opinnäytetyö oli osa eMobiili-hanketta, jonka tavoite on kehittää tuoreita koulutussisältöjä ja yhtenäistä koulutusmallia ajoneuvoalan ammattilaisten lisäkoulutukseen yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun, OSAOn ja Oulun yliopiston kanssa.

Uusien vaihtoehtoisten käyttövoimien tarve on kasvanut ennustetun öljyn loppumisen, maapallon saastumisen ja ilmastonmuutoksen seurauksena. Työssä tutkittiin, mitä vaihtoehtoja on tullut ja tulossa perinteisten bensiini- ja dieselmootoreiden tilalle auto- ja työkonetekniikkaan. Selvitystä tehtäessä vaihtoehtoisiksi käyttövoimiksi ja polttoaineiksi lukeutuivat sähkö, ladattava hybridi, hybridi, vety sekä kaasu ja nestekaasu. Työssä selvitettiin myös, millainen jakeluverkosto Suomessa on liikennekaasuille ja miten niitä tankataan ajoneuvoihin.

Opetusmateriaalin laatimiseen käytetty aineisto hankittiin yrityksiltä, joissa huolletaan, valmistetaan tai ollaan tekemisissä sähkö-, hybridi- tai kaasujoneuvojen kanssa. Yhteyttä yrityksiin otettiin soittamalla, sähköpostilla ja WhatsApp-viestein sekä vierailen toimipaikoissa. Yrityksiltä saatiin materiaalia pdf- ja Powerpoint-esityksinä, internetlinkkeinä, videoina, sähköpostiviesteinä sekä paperilehtiöinä ja keskusteluinä. Yrityksiltä saadun tiedon pohjalta koottiin opetusmateriaali Powerpoint-esityksiksi. Jokaisesta aihealueesta laadittiin oma esityksensä, ja esitysten aihealueiksi tulivat bio- ja maakaasujoneuvot, LNG-tankkaus, Scanian kaasumoottorit, Volvon kaasumoottorit Daimler trucks - sähkökuorma-autot, sähkö- ja hybridikuorma-autot, Daimlerin ja Volvon vety-yhteistyö ja kaasujoneuvojen huoltamovaatimukset.

Työn tavoitteiksi oli asetettu selvittää, millä tavoin vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödynnetään työ- ja kaivoskoneissa sekä kuorma- ja henkilöautoliikenteessä. Työ lähti liikkeelle tiedonhankinnalla ja yrityskontaktien luonnilla. Osaan yrityksistä yhteydenotto oli vaivatonta, ja vastauksia tulikin jo ensimmäisiin

sähköpostiviesteihin ja puheluihin. Näissä yrityksissä oltiin avoimia yhteistyöhön ja jakamaan tietoa yritysten uusista tuotteista. Osaan yrityksistä taas yhteydenotto oli hankalaa, sillä sähköposteihin ja puheluihin ei tullut vastauksia tai tietoa ei pystytty jakamaan. Tästä syystä aihealueet rajautuivat niihin, joista sai tietoa yrityksiltä, ja niihin, joista löytyi tietoa internetistä. Näin ollen työ- ja kaivoskoneet jäivät pois työstä ja työ rajautui vaihtoehtoisin käyttövoimiin kuorma-autotekniikassa.

Työn tuloksena syntyneitä Powerpoint-esityksiä käytetään opetettaessa tulevia autoalan ammattilaisia Oulun ammattikorkeakoulussa. Opetusmateriaaliksi valmistuneiden Powerpoint-esityksien luonnissa käytettiin apuna Desing Inspiksen ohjeita saavutettavista Powerpoint-materiaaleista. Ohjeiden avulla opetusmateriaalista tuli selkeämpää ja paremmin saavutettavaa. Vaihtoehtoisten polttoaineiden opettaminen autoalalla tulee tulevaisuudessa entistä suurempaan tarpeeseen, koska ala on suuressa murrosvaiheessa. Tällä hetkellä alalla tutkitaan monia vaihtoehtoja korvaamaan vanhat fossiiliset polttoaineet sekä pyritään vähentämään päästöjä ehkäisemään maapallon saastumista. (Saavutettavat Powerpoint-materiaalit. 2020.)

LÄHTEET

50 GPM LNG Nozzle operation and service manual. JC Carter LLC. Saatavissa: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://jccarternozzles.com/wp-content/uploads/2016/04/C01340_K_50-GPM-User-Guide-ENG.pdf. Hakupäivä 3.11.2020.

Bio- ja maakaasu - hiljaiset voimanlähteet. Scania. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehdot-polttoaineet.html>. Hakupäivä 11.6.2020.

Bio- ja maakaasu. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavissa: http://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bio-ja_maakaasu. Hakupäivä 19.5.2020.

eActros goes into customer operation. Daimler. Saatavissa: <https://www.daimler.com/products/trucks/mercedes-benz/eactros.html>. Hakupäivä 15.9.2020.

eActros-sähkökuorma-autojen asiakastestit alkavat Euroopassa. Vehotrucks. Saatavissa: <https://www.vehotrucks.fi/uutishuone/2018/eactros-sahkokuorma-autojen-asiakastestit-alkavat-euroopassa/>. Hakupäivä 15.9.2020.

Electric through New York. Daimler. Saatavissa: <https://www.daimler-truck.com/innovation-sustainability/efficient-emission-free/fuso-ecanter-in-new-york.html>. Hakupäivä 15.9.2020.

eMobiili. Oamk. Saatavissa: <https://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/tki-ja-hanketoiminta/emobiili>. Hakupäivä 26.11.2020.

Fact Sheet. 2018. Volvo Trucks, Driving Progress. Saatavissa: https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/G13C460,%20EU6SCR_Eng_01_309253876.pdf. Hakupäivä 24.9.2020.

Fossiilisen dieselin korvaajat. Scania. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehdot-polttoaineet.html>. Hakupäivä 11.6.2020.

Fuso eCanter. Daimler. Saatavissa: <https://www.daimler-truck.com/innovation-sustainability/efficient-emission-free/fuso-ecanter-in-small-series-production.html>. Hakupäivä 15.9.2020.

High capacity LNG Nozzle operation and service manual. JC Carter LLC. Saatavissa: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://jccarter-nozzles.com/wp-content/uploads/2016/06/c01342_-_400-gpm-user-guide.pdf.

Hakupäivä 3.11.2020.

Hybridi ja pistokehybridi. Scania. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet/hybridi.html> Hakupäivä 26.9.2020.

Hybridiautot yleistyvät. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavissa: http://www.aut.fi/etusivu_vanha/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/hybridiautot. Hakupäivä 19.5.2020.

Jukkara, Mika 2020. Re: Vaihtoehtoiset käyttövoimat auto- ja työkonetekniikassa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Mikko Haataja. 2.7.2020.

Kaasukäyttöinen Volvo FH. Volvo kuorma-autot Suomi. Saatavissa: <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng.html>. Hakupäivä 9.6.2020.

Katsaus liikenteen käyttövoimiin ja polttoainevaihtoehtoihin. 2019. Vapaus valita auto. Saatavissa: <https://www.esitteemme.fi/vapausvalitaauto/WebView/>. Hakupäivä 19.5.2020.

Koskinen, Matti 2018. Laiva on lastattu kaasulla. Gasumin lehti energia-alan edelläkävijöille, nro 1/2018. S.4-9. Saatavissa: https://www.gasum.com/globalassets/julkaisut/gasum_sidosryhmalehti_gasetti_lng-teema_01-2018.pdf. Hakupäivä 27.10.2020.

Kuljettajan opas. Nettiopas haettavissa ajoneuvon alustanumerolla. Volvo Trucks, Volvo. Saatavissa: <https://driverguide.volvotrucks.com>. Hakupäivä 24.9.2020.

Lepola, Markus – Piippo, Jani 2020. Service Center vastaava - Tekninen tuki. Vierailu Wetteri Powerilla 3.9.2020.

LG Series. 2017. Parker. Saatavissa: https://www.parker.com/literature/Quick%20Coupling/BUL_3800-LG_Kodiak_02-2017.pdf. Hakupäivä 4.11.2020.

Liikenteen käyttövoimien paletti laajenee. Vapaus valita auto. Saatavissa: <https://www.vapausvalitaauto.fi/blogi/2020/3/14/liikenteen-kayttovoimapaletti-laajenee>. Hakupäivä 19.5.2020.

LNG- puhdasta energiaa Pohjoismaihin. Gasum. Saatavissa: <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/>. Hakupäivä 20.5.2020.

LNG-tietoisku.pdf. Esitemateriaali. Volvo Trucks, Driving progress. Volvo.

Maakaasu. 2020. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Maakaasu>. Hakupäivä 27.5.2020.

Näin tankkaat LNG:tä Volvo FH kuorma-autoon | Volvo Trucks. 2020. Video. Volvo Trucks Suomi. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=7n7JwVI61bo&feature=youtu.be&ab_channel=VolvoTrucks-Suomi. Hakupäivä 17.9.2020.

New heavy-duty electric concept trucks for construction and regional transport | Volvo Trucks. 2019. Video. Volvo Trucks. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=UW9AAy3Tbbk&feature=youtu.be&ab_channel=VolvoTrucks. Hakupäivä 3.9.2020.

Raskaampia sähköautoja maansiirto- ja aluekuljetuksiin. 2020. Koneporssi. Saatavissa: <https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/raskaampia-sahkoautoja-maansiirto-ja-aluekuljetuksiin/>. Hakupäivä 4.9.2020.

Saavutettavat Powerpoint-materiaalit.pdf. 2020. Esitemateriaali. Desing Inspis.

Sähköautot. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavissa: http://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/sahko. Hakupäivä 19.5.2020.

Sähkökuorma-auto BEV. Scania. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/products-and-services/trucks/our-range/scania-battery-electric-truck.html>. Hakupäivä 26.9.2020.

Scania esittelee täyssähkökuorma-auton, jonka toimintasäde on 250 km. 2020. Scania. Saatavissa: https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/fi/products-and-services/trucks/prime/pdf/Press_Scania_BEV.pdf. Hakupäivä 26.9.2020.

Scanian 13-litrainen moottori. Scania. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/news-and-events/News/uusia-ratkaisuja-kestaviin-kaupunkikuljetuksiin/scania-13-litre-engine-a-breakthrough-for-gas-in-long-distance-transport.html>. Hakupäivä 11.6.2020.

Scanian uusi pistokehybridikuorma-auto, jonka toimintasäde sähkötoimisena on 60 km. 2020. Scania. Saatavissa: https://www.scania.com/content/dam/scanianoe/market/fi/products-and-services/trucks/prime/pdf/Press_Scania_PHEV.pdf. Hakupäivä 26.9.2020.

Tekniset tiedot. 2018. Volvo Trucks, Driving Progress. Saatavissa: https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/G13C420,%20EU6SCR_Fin_01_309253875.pdf. Hakupäivä 24.9.2020.

United with electricity. Daimler. Saatavissa: <https://www.daimler-truck.com/innovation-sustainability/efficient-emission-free/into-the-future-by-electric-bus-and-truck.html>. Hakupäivä 15.9.2020.

Vaihtoehtoiset energiaratkaisut kuorma-autoihin.pdf. Esitemateriaali. Scania Suomi Oy. Scania.

Vaihtoehtoiset polttoaineet. 2018. Powerpoint-diasarja. Volvo Trucks, Driving Progress. Volvo.

Viisi faktaa Tornion LNG-terminaalista. 2019. Gasum. Saatavissa: <https://www.gasum.com/ajassa/energia--teollisuus/2018/viisi-faktaa-tornion-lng-terminaalista/>. Hakupäivä 20.5.2020.

Volvo CNG showell.pdf. Esitemateriaali. Volvo Trucks, Driving progress. Volvo.

Volvo Electric.pdf. 2020. Esitemateriaali. Volvo Trucks, Driving progress. Volvo.

Volvo FE CNG. Volvo kuorma-autot Suomi. Saatavissa: <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fe/volvo-fe-cng.html>. Hakupäivä 9.9.2020.

Volvo FE Electric. Volvo kuorma-autot Suomi. Saatavissa: <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fe/volvo-fe-electric.html>. Hakupäivä 4.9.2020.

Volvo FL Electric. Volvo kuorma-autot Suomi. Saatavissa: <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fl/volvo-fl-electric.html>. Hakupäivä 4.9.2020.

Volvo ja Daimler vety-yhteistyö. 2020. Raskas Kalusto. Saatavissa: <https://www.raskaskalusto.fi/volvo-ja-daimler-vety-yhteistyohon/>. Hakupäivä 11.9.2020.

Volvo LNG showell.pdf. Esitemateriaali. Volvo Trucks, Driving progress. Volvo.

LIITTEET

Liite 1 Luentomateriaali 1 ja 2 Moodlessa

Liite 2 Luentomateriaali 3 ja 4 Moodlessa

Liite 3 Luentomateriaali 5 ja 6 Moodlessa

Liite 4 Luentomateriaali 7 ja 8 Moodlessa

Liite 5 Scanian LNG-kuorma-auton esittelyvideo ja LNG-kuorma-auton tankkaus video Moodlessa

Liite 6 Volvo LNG FH:n esittelyvideo ja LNG-moottorintoiminta Moodlessa

Liite 7 Volvo FL ja FE sähkökuorma-autojen esittelyvideot Moodlessa

Liite 8 Mercedes-Benz eActros sähkökuorma-auton esittelyvideot Moodlessa

Liite 9 Volvon sähkökuorma-autojen tulevaisuus video Moodlessa

Liite 1 Luentomateriaali 1 ja 2 Moodlessa

🔗 Luentomateriaali 1: Bio- ja maakaasuajoneuvot



Kertoo liikennekaasujen käytöstä ajoneuvoissa



🔗 Luentomateriaali 2: Scania kaasumoottorit



Scania kaasukäyttöisten kuorma-autojen rakenne ja tekniikka

Liite 2 Luentomateriaali 3 ja 4 Moodlessa

🔗 Luentomateriaali 3: Volvon kaasumoottorit



Volvon kaasukäyttöisten kuorma-autojen rakenne ja tekniikka



🔗 Luentomateriaali 4: LNG:n tankkaus



Ohjeistus erittäin kylmän LNG-polttoaineen tankkaamiseen ajoneuvoihin

Liite 3 Luentomateriaali 5 ja 6 Moodlessa

🔗 Luentomateriaali 5: Sähkö- ja hybridikuorma-autot



Sähkö- ja hybridikuorma-autojen tekniikka sekä Scania ja Volvon sähkö



🔗 Luentomateriaali 6. Daimlerin Sähkökuorma-autot



Daimlerin sähkökuorma-autojen tekniikka

Liite 4 Luentomateriaali 7 ja 8 Moodlessa

🔗 Luentomateriaali 7. Daimlerin ja Volvon vety yhteistyö



Kuva: Lethfärskeli raskaskalusto.5 4/2020

Vetypolttokenno raskaskalusto

DAIMLERIN JA VOLVON VETY-YHTEISTYÖ



Vety-polttokennotekniikkaa suunnitellaan käytettäväksi raskaanliikenteen poltto



🔗 Luentomateriaali 8. Kaasuajoneuvojen huoltamovaatimukset



Tietoa mitä huoltamoilta vaaditaan, jotta huoltamolla voidaan korjata kaasukäy

Liite 5 Scanian LNG-kuorma-auton esittelyvideo ja LNG-kuorma-auton tankkaus video Moodlessa

Scanian LNG-kuorma-auto esittelyvideo



Video. LNG-kuorma-auton tankkaus



Liite 6 Volvo LNG FH:n esittelyvideo ja LNG-moottorintoiminta Moodlessa

Video. Volvon LNG-moottorin toiminta



Video. Volvo LNG FH esittelyvideo

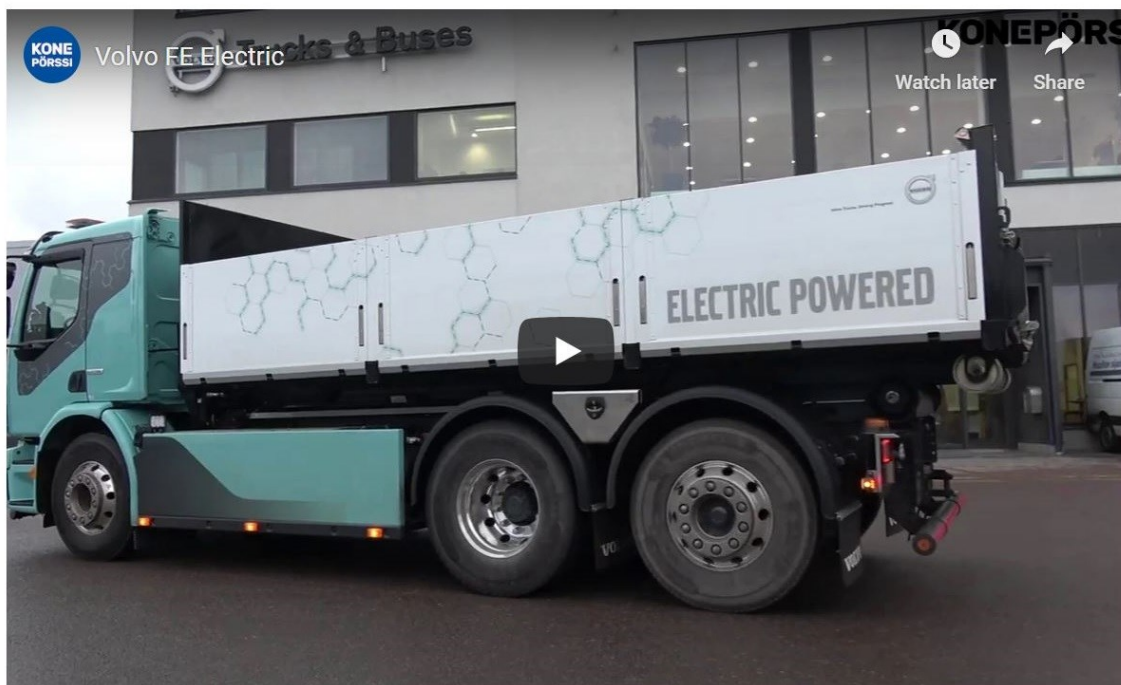


Liite 7 Volvo FL ja FE sähkökuorma-autojen esittelyvideot Moodlessa

Video Volvon FL ja FE electric sähkökuorma-autot



Video. Volvo FE electric esittely



Liite 8 Mercedes-Benz eActros sähkökuorma-auton esittelyvideot Moodlessa

eActros sähkökuorma-auto



Video kuinka eActros sähkökuorma-auto on toteutettu



Liite 9 Volvon sähkökuorma-autojen tulevaisuus video Moodlessa

Video. Volvon electricin tulevaisuuden suunnitelmat

