

Älykäs ja vähähiilistä energiaa käyttävä liikenne "TransSmart" Vuosiraportti 2013-2014

Toimittajat: Nils-Olof Nylund ja TransSmart ydintiimi

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi		
Älykäs ja vähähiilistä energiaa käyttävä liikenne "TransSmart": Vuosiraportti 2013 - 2014		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
TransSmart ohjausryhmä pj. Liikenneneuvos Saara Jääskeläinen Liikenne- ja viestintäministeriö PL 31, 00023 Valtioneuvosto		
Projektin nimi		Projektin numero/lyhytnimi
TransSmart 2015 extra		105000-1.1
Raportin laatija(t)		Sivujen/liitesivujen lukumäärä
Nils-Olof Nylund & TransSmart ydintiimi		45
Avainsanat		Raportin numero
kestävä älykäs liikenne, vähähiilinen energia, edistykselliset ajoneuvot, älykkäät liikennepalvelut, liikennejärjestelmä		VTT-R-04409-15
Tiivistelmä		
<p>TransSmart, Älykäs ja vähähiilistä energiaa käyttävä liikenne, on vuoden 2013 alussa käynnistynyt nelivuotinen (2013 - 2016) VTT:n strategisen tutkimuksen kärkiohjelma. Sen tarkoituksena on toimia sujuvan, kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen liikennejärjestelmän kehitysalustana kokoamalla yhteen eri tutkimusosapuolten liikennesektoria käsittelevää osaamista ja tutkimusta. Ohjelmassa tehtävän vähähiilisen energian, puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen, tehokkaiden ICT-ratkaisujen ja älykkäiden liikennepalvelujen tutkimuksen ja käyttöönoton sekä näitä tukevien ennakointi- ja arviointitoiminnan keinoin pyritään edistämään liikennejärjestelmän sosioteknistä muutosta kohti kestävää kehitystä.</p> <p>Tietotekniikka tuo lisääntyvässä määrin älyä mukaan liikennejärjestelmän kaikille tasoille helpottaen mm. kulkutapoja saumattomasti yhdistäviä matkaketjuja ja uudistaen palvelumalleja ml. autojen yhteiskäyttö. Sekä henkilöliikenne että tavarankuljetukset hyötyvät parantuvista informaatiojärjestelmistä. Vähähiilisen kestävä liikenteen alueella sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen ja niihin liittyvän infrastruktuurin kehittäminen on saanut ohjelmassa näkyvän painoarvon.</p> <p>Vuosiraportissa 2013 -2014 esitellään TransSmartin ensimmäisen vaiheen hankkeita ja niiden tuloksista. Esittely noudattaa pääasiassa ohjelman teemojen mukaista jakoa (vähähiilinen energia, edistykselliset ajoneuvot, älykkäät liikennepalvelut ja liikennejärjestelmä). Tietyt hankkeet ja hankekokonaisuudet leikkaavat kuitenkin useampaa teemaa ja jopa koko toimintakenttää. Tämä katsaus ei kata kaikkia TransSmart hankkeita. TransSmartin verkkosivuilta löytyy täydellisempi listaus hankkeista lyhyine kuvauksineen. Jo valmistuneiden hankkeiden tai osatehtävien raportit löytyvät niin ikään TransSmart verkkosivuilta.</p>		
Luottamuksellisuus	julkinen	
Espoo 28.9.2015		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Nils-Olof Nylund tutkimusprofessori	Matti Kytö johtava tutkija	Jukka Lehtomäki tutkimustiimin päällikkö
VTT:n yhteystiedot		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
TransSmart ohjausryhmä, TransSmart verkkosivut (www.transsmart.fi)		
<p><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>		

Alkusanat

VTT:n käynnistämä TransSmart tutkimusohjelma toimii älykkään vähähiilisen liikenteen kehitysalustana. Ohjelma kokoaa laajasti yhteen alueen toimijat, ministeriöt, virastot, kuntasektorin, yritykset, etujärjestöt ja tutkijat.

Ohjelma käynnistyi varsinaisesti loppuvuodesta 2013. Käsillä oleva raportti on vuosien 2013 ja 2014 yhdistetty vuosiraportti. Raportti taustoittaa kehityssuuntia liikenteessä sekä tarjoaa katsauksen valikoituihin TransSmart hankkeisiin ja niiden tuloksiin.

TransSmartin käytännön ohjauksesta vastaa laaja-alainen ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana toimii liikenneneuvos Saara Jääskeläinen. Vuoden 2014 lopulla muodostetun strategisen vaikuttajaryhmän puheenjohtajana toimii Helsingin seudun liikenteen HSL:n toimitusjohtaja Suvi Rihtniemi.

Espoo 28.9.2015

Tekijät

Sisällysluettelo

Alkusanat	3
Sisällysluettelo	4
1. Johdanto.....	5
1.1 Yleistä.....	5
1.2 TransSmartin osapuolet.....	6
1.3 Ohjelman viestintä- ja julkaisutoiminta	7
2. Esimerkkejä TransSmart hankkeista ja niiden tuloksista	10
2.1 Yleistä.....	10
2.2 Vähähiilinen energia	10
2.2.1 Yleistä.....	10
2.2.2 Biopolttoaineet	14
2.2.3 Laivapolttoaineet.....	18
2.2.4 Sähkön varastointi ja sähköautojen lataus	19
2.2.5 Vety ja polttokennoteknologia	21
2.2.6 Järjestelmätarkastelut	23
2.3 Edistykselliset ajoneuvot.....	25
2.3.1 Yleistä.....	25
2.3.2 Perinteisten ajoneuvojen suorituskyky	25
2.3.3 Sähköajoneuvot	29
2.3.4 Laivatekniikka	33
2.4 Älykkäät liikennepalvelut.....	34
2.4.1 Yleistä.....	34
2.4.2 Toimintamalli ja painopistealueet	35
2.4.3 Palvelukonseptit ja liiketoimintaekosysteemit	36
2.4.4 Yhteistoiminnalliset järjestelmät (C-ITS) ja automaattiajaminen	36
2.4.5 Kehittynyt liikenteenhallinta	38
2.4.6 Älykkäät kaupungit ja liikennekäytävät.....	39
2.5 Liikennejärjestelmä.....	39
2.5.1 Yleistä.....	39
2.5.2 Smart city -tarjoaman kehittäminen älykään ja vähähiilisen kaupunkiliikenteen edistämiseksi	40
2.5.3 Logistiikka.....	41
2.5.4 Kevyen liikenteen turvallisuutta lisäävät ratkaisut.....	42
2.5.5 Järjestelmäanalyysit.....	42
3. Yhteenveto	44

1. Johdanto

1.1 Yleistä

TransSmart, Älykäs ja vähähiilistä energiaa käyttävä liikenne, on vuoden 2013 alussa käynnistynyt nelivuotinen (2013 - 2016) VTT:n strategisen tutkimuksen kärkiohjelma. Sen tarkoituksena on toimia sujuvan, kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen liikennejärjestelmän kehitysalustana kokoamalla yhteen eri tutkimusosapuolten liikennesektoria käsittelevää osaamista ja tutkimusta. Ohjelmassa tehtävän vähähiilisen energian, puhtaiden ja energiatehokkaiden ajoneuvojen, tehokkaiden ICT-ratkaisujen ja älykkäiden liikennepalvelujen tutkimuksen ja käyttöönoton sekä näitä tukevien ennakointi- ja arviointitoiminnan keinoin pyritään edistämään liikennejärjestelmän sosioteknistä muutosta kohti kestävä kehitystä.

TransSmart jatkaa kahden VTT:n ns. innovaatio-ohjelman perintöä: TransEco¹ (Tieliikenteen energiansäästö ja uusiutuva energia) ja Intrans² (Älyliikenteen innovaatio-ohjelma). Uudessa ohjelmassa siis yhdistyvät energiatehokas, vähähiilinen liikenne ja älyliikenne.

Liikennesektorilla on tapahtumassa merkittävä murros. Perinteisesti liikennejärjestelmää on tarkasteltu kiinteää infrastruktuuria ja ajoneuvoja painottaen. Nyt fokus on siirtymässä liikenteen palveluihin. Hiljattain on otettu käyttöön käsite ”liikenne palveluna” (Mobility as a Service ”MaaS”). Uuden ajattelumallin mukaan liikkuja ei enää yhtä usein hanki omaa henkilöautoa, vaan ostaa tarvitsemansa liikkumispalvelut, jotka voivat koostua julkisen liikenteen lisäksi yhteiskäyttöisistä autoista ja kimppekyydeistä. Kyseessä on liikenneinfrastruktuurin ja kulkuvälineiden nykyistä tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi hyödyntäminen uusien palvelumallien, yhteiskäytön ja eri kulkutapoja saumattomasti yhdistävien matkaketjujen avulla. Tietotekniikan lisääntyvä käyttö tuo mukanaan älykkyyttä kaikille liikennejärjestelmän tasoille, yksittäisiin ajoneuvoihin, kiinteään infrastruktuuriin, palveluihin ja kommunikointiin liikennejärjestelmän osien välille. Sekä henkilöliikenne että tavarankuljetukset hyötyvät parantuvista informaatiojärjestelmistä.

Liikenteen energiaa koskevissa linjauksissa on ollut tiettyä epävarmuutta. EU:n vuoden 2020 energia- ja ilmastotavoitteisiin sisältyi sitova 10 %:n tavoite liikenteen uusiutuvalla energialle. Vuoden 2030 tavoitteissa vastaava vaatimusta ei enää ole. Toisaalta vuoden 2030 energia- ja ilmastopakettiin sisältyy sitovat kasvihuonekaasujen vähennystavoitteet niin päästökauppa kuin ei-päästökauppasektorille. Liikenteeltä tultaneen edellyttämään 30 – 40 %:n leikkauksia kasvihuonekaasupäästöihin vuoden 2005 tasoon verrattuna. Tämän saavuttamiseksi tarvitaan energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä niin ajoneuvojen kuin liikennejärjestelmän tasolla, ja lisäksi myös kestävien biopolttoaineiden, uusiutuvan sähkön ja mahdollisesti myös vedyn lisääntyvää käyttöä. EU:ssa tehtiin kesällä 2015 päätös ruokakelpoisiin raaka-aineisiin perustuvien biopolttoaineiden käytön rajoittamisesta. Tämä oli periaatteessa hyvä uutinen suomalaisille biopolttoainetoimijoille, jotka panostavat jätteisiin ja sivuvirtoihin perustuviin biopolttoaineisiin.

TransSmart-ohjelman ensimmäinen päätavoite on kehittää ja viedä käytäntöön liikenteen teknologioita ja palveluita, jotka minimoivat sekä kustannukset että ympäristöhaitat. Toisena päätavoitteena on uuden vähähiiliseen ja älykkääseen liikenteeseen liittyvän liiketoiminnan kehittäminen yhdessä suomalaisten toimijoiden kanssa. Kolmantena ohjelman tavoitteena on tuottaa päätöksentekoa tukevaa tietoa ja työkaluja liikennejärjestelmän systeemisen muutoksen aikaansaamiseksi, suuntaamiseksi ja vaikutusten arvioimiseksi.

TransSmart-ohjelma pyrkii yhteiskunnallisesti vaikuttavaan toimintaan erityisesti liikenne- ja viestintäministeriön sekä työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalojen tutkimusalueilla.

¹ www.transec.fi

² <http://www.vtt.fi/sites/intrans>

Ohjelma on sidoksissa myös valtionvarain- ja ympäristöministeriön hallinnonaloihin. Tutkimustulosten kautta ohjelma pyrkii osoittamaan vaikuttavuutensa erityisesti liikennesektorille asetettujen kasvihuonekaasupäästö- ja energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisessa. TransSmart-kärkiohjelma tarjoaa lisäksi liikennesektorin tutkimukseen kehittämälustan, joka edistää yhteistyötä, strategisia kumppanuuksia sekä verkostojen rakentamista yritysten, tutkimusyhteisön ja julkisen sektorin kanssa. Näin ohjelma tukee liikenteen polttoaineisiin, ajoneuvo- ja komponenttitekniikoihin, älyliikenteen palveluihin ym. perustuvaa yritysten liiketoimintaa ja vientiä sekä kotimaan että kansainvälisillä markkinoilla.

TransSmart-kärkiohjelma rakentuu neljästä ohjelmateemasta (kuva 1), joita ovat: Vähähiilinen energia, Edistykselliset ajoneuvot, Älykkäät liikennepalvelut ja Kestävä liikennejärjestelmä. Megatrendien ja liiketoimintamahdollisuuksien tunnistaminen, päätöksentekoa tukeva tutkimus sekä osaamisen kasvattaminen muodostavat yhteisen perustan ja tukipilarin ohjelmateemoissa tehtävälle tutkimukselle.

TRANSSMART SISÄLTÖ JA TEEMAT



Kuva 1. TransSmartin sisältö ja teemat.

Hiilineutraaliuteen, resurssitehokkuuteen, palveluistumiseen ja automaatioon liittyvien tavoitteiden saavuttaminen vaatii suuria systeemiä muutoksia, transiitioita, joiden hallintaan tarvitaan erityistä T&K –panostusta. Kehittyvä teknologia tarjoaa monia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia tavoitteiden saavuttamiseksi. Mahdollisuuksien hyödyntämiseksi tarvitaan teknologisten edistysaskelten ja uusien palvelumallien lisäksi muutosta myös muilla sektoreilla, kuten liikennejärjestelmän loppukäyttäjien arvoissa ja asenteissa, yritysten liiketoimintamalleissa sekä julkishallinnon toimintalinjoissa. Erityisen tärkeää on yhteistyö eri toimijoiden kesken.

1.2 TransSmartin osapuolet

TransSmart kokoaa yhteen julkishallinnon, yritykset ja tutkijat. Ohjelmalla on kaksi ulkoista ohjausryhmää, strateginen vaikuttajaryhmä ja operatiivinen ohjausryhmä. Vaikuttajaryhmän puheenjohtajana toimii Helsingin seudun liikenteen (HSL) toimitusjohtaja Suvi Rihtniemi ja

operatiivisen ohjausryhmän puheenjohtajana liikenneneuvos Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä. Seuraavat tahot ovat edustettuina ohjausryhmissä:

- Liikenne- ja viestintäministeriö
- Työ- ja elinkeinoministeriö
- Valtiovarainministeriö
- Ympäristöministeriö
- Liikennevirasto
- Liikenteen turvallisuusvirasto
- Tekes – teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus
- Helsingin seudun liikenne
- Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra
- Neste
- St1
- TeliaSonera
- Valmet Automotive
- Autotuojat
- Autoalan keskusliitto
- ITS Finland
- Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL
- Teknologiateollisuus
- Öljy- ja biopolttoala
- Aalto yliopisto
- VTT

Ohjelman kahden ensimmäisen toimintavuoden aikana seuraavat tutkijatahot ovat myötävaikuttaneet ohjelman projektien toteuttamiseen:

- Aalto yliopisto
- Green Net Finland
- Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto
- Metropolia
- Motiva
- Pöyry Management Consulting
- Ramboll
- Rovaniemen ammattikorkeakoulu
- Tampereen teknillinen yliopisto
- Turun ammattikorkeakoulu
- Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT
- VTT

1.3 Ohjelman viestintä- ja julkaisutoiminta

Motiva Oy hoitaa ohjelman ulkoista viestintää. Ulkoisen viestinnän piiriin kuuluu mm. verkkosivujen ylläpito, TransSmart uutiskirje, kärkituloskortit sekä erilaisten seminaarien ja tapahtumien järjestäminen. Ohjelman avausseminaari järjestettiin Helsingissä 10.10.2013, ja ensimmäinen tutkijaseminaari 9.10.2014 niin ikään Helsingissä.

Ohjelman verkkosivut (kuva 2) löytyvät osoitteesta www.transsmart.fi. Verkkosivuilta löytyy mm. ajankohtaisia uutisia ja arkisto ohjelman puitteissa tuotetuista julkaisuista ja raporteista.



smart
trans

ÄLYKÄS JA VÄHÄHIILISTÄ ENERGIAA
KÄYTTÄVÄ LIIKENNE

Fintrip TransEco

In English Intranet

Home
TRANSSMART
AJANKOHTAISTA
TEEMAT
JULKAISUT
YHTEYSTIEDOT
HAE



Tiedotteet

16.6.2015
Tieliikenteen päästövähennyskeinojen kustannustehokkuus punnittu: Kotimaiset edistykselliset biopolttoaineet kansantalouden kannalta paras vaihtoehto [Lue lisää...](#)

8.10.2014
VTT analysoi autojen uusien varoitussysteemien vaikutuksia: Liikenneturvallisuus ja ajomukavuus paranivat [Lue lisää...](#)

17.6.2014
VTT: Suomesta kestävä liikenteen mallimaa vuoteen 2020 mennessä – Liikkumisen palvelut vaihtoehdoksi oman auton käytölle [Lue lisää...](#)

Juuri nyt!

17.6.2015
Kansantalouden kannalta biopolttoaine on paras vaihtoehto [Lue lisää...](#)

2.6.2015
Uusiutuvaa BioVerno-dieseliiä voi jo tankata St1- ja ABC-aseilla [Lue lisää...](#)

28.5.2015
TransSmart-uitiskirje 1/2015 ilmestynyt [Lue lisää...](#)

28.5.2015
Uusi TransSmart-tutkimushankkeen kärkituloskortti julkaistu – eBUS – ePELI – Kevyitä kyytiä sähköbussilla [Lue lisää...](#)

Kuva 2. TransSmart ohjelman verkkosivujen aloitusnäky (www.transsmart.fi).

Vuonna 2013 ohjelmalle laadittiin tiekartta ja visio ” Älykäs, vähähiilinen liikennejärjestelmä 2030³”. Visio vuodelle 2030 muotoiltiin seuraavasti:

TransSmart-kärkiohjelman visio:

Älykäs, vähähiilinen liikennejärjestelmä 2030

Suomen liikennejärjestelmä toimii kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti tehokkaana kokonaisuutena niin yhteiskunnan, talouden kuin ympäristön näkökulmista:

- Liikenteen pääkäyttövoimana ovat sähkö, biopolttoaineet ja vety. Myös perinteisen ajoneuvoteknologian energian ja resurssien käyttö ovat tehostuneet. Liikenteen energiajärjestelmät ovat tuotannon, varastoinnin ja jakelun osalta kiinteästi yhteydessä toisiinsa ja muihin infrastruktuureihin.
- Edistynyttä teknologiaa hyödyntävät liikenteen palvelut perustuvat liikenteen ja logistiikan käyttäjatarpeisiin.
- Polttoaineiden, ajoneuvojen, työkalujen, infrastruktuurin ja palveluiden kehittäminen ja tuotanto synnyttävät kannattavaa kansallista ja kansainvälistä liiketoimintaa.

Liikennejärjestelmää kehitetään systemaattisesti asiantuntija- ja käyttäjätietoa hyödyntäen sekä hallinnoidaan julkisen ja yksityisen sektorin kokonaisvaltaisilla yhteistyömalleilla.

Kesäkuussa 2014 Helsingissä pidetyn eurooppalaisen älyliikennekonferenssin (10th ITS European Congress and Exhibition) yhteydessä TransSmart järjesti lehdistötilaisuuden, jossa esiteltiin TransSmart:in englanninkielinen visiojulkaisu ”Smart Sustainable Mobility” (VTT Visions 5⁴).

³ http://www.transsmart.fi/files/79/TransSmart-karkiohjelman_visio_ja_tiekartta_Alykas_ja_vahahiilinen_liikennejarjestelma_2030.pdf

⁴ <http://www.vtt.fi/inf/pdf/visions/2014/V5.pdf>

2. Esimerkkejä TransSmart hankkeista ja niiden tuloksista

2.1 Yleistä

Seuraavassa esitetään poimintoja TransSmart hankkeista ja niiden tuloksista. Esittely noudattaa pääasiassa ohjelman teemojen mukaista jakoa (vähähiilinen energia, edistykelliset ajoneuvot, älykkäät liikennepalvelut ja liikennejärjestelmä). Tiedyt hankkeet ja hankekokonaisuudet leikkaavat kuitenkin useampaa teemaa ja jopa koko toimintakenttää. Hyvänä esimerkkinä tästä on bussijärjestelmän sähköistäminen:

- Bussien latauksen järjestäminen (energia)
- Sähköbussien testaus ja kehitys (ajoneuvo)
- Uudet matkustajapalvelut (liikennepalvelut)
- Sähköbussien integrointi osaksi liikennejärjestelmää (järjestelmä)

Jäljempänä esiteltäviä teemoja ei siten pidä ymmärtää silloiksi. Yksittäinen projekti on kuitenkin sijoitettu yhden teeman alle. Eräissä tapauksissa valinta esim. energia/ajoneuvo- tai palvelu/järjestelmä- teemojen välillä on haastavaa.

Ohjelma käynnistyi täydessä laajuudessa vuoden 2013 syksyllä, joten tässä raportissa esiteltävät tekemiset ja tulokset painottuvat vuoden 2014 toimintaan. Osittain on kommentoitu myös vuoteen 2015 ajoittuvia aktiviteetteja.

Tämä katsaus ei kata kaikkia TransSmart hankkeita. TransSmartin verkkosivuilta löytyy täydellisempi listaus hankkeista lyhyine kuvauksineen. Jo valmistuneiden hankkeiden tai osatehtävien raportit löytyvät niin ikään TransSmart verkkosivuilta.

2.2 Vähähiilinen energia

2.2.1 Yleistä

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikasta annettiin merkittävä lainsäädäntöpaketti 2009⁵. Tämä niin kutsuttu 20-20-20 tavoite tarkoittaa, että vuoteen 2020 mennessä tulisi EU:n energiankulutuksesta 20% saada uusiutuvista lähteistä, EU:n kasvihuonekaasupäästöjä tulisi vähentää 20% sekä energiatehokkuutta lisätä 20%. Direktiivissä 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä sanotaan:

”Kunkin jäsenvaltion on varmistettava, että uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus kaikissa liikennemuodoissa on vuonna 2020 vähintään 10 prosenttia liikenteen energian loppukulutuksesta kyseisessä jäsenvaltiossa.”

Liikenteen osalta uusiutuva energia tarkoittaa biopolttoaineita (neste- ja kaasumaiset) sekä sähköä ja vetyä uusiutuvista energialähteistä tuotettuina.

Suomessa on ollut voimassa biopolttoaineiden jakelovelvoite tieliikenteeseen vuodesta 2008. Velvoitetta muutettiin vuonna 2010 (Laki 1420/2010). Voimassa olevan lain mukaan biopolttoaineiden osuuden pitäisi olla 20 % vuonna 2020. Tullilta saatujen tilastojen mukaan vuonna 2014 todellinen biopolttoaineosuus oli 12,6 %, ja laskennallinen osuus, direktiivin 2009/28/EY määrittelemä ns. tuplalaskenta huomioiden, peräti 23,5 %. Tuplalaskentaa sovelletaan jätteistä, tähteistä ja muiden kuin ruokakasvien selluloosasta ja lignoselluloosasta tuotetuille biopolttoaineille. Näin ollen vuodelle 2020 asetettu tavoite on saavutettu selvästi etuajassa.

⁵ https://www.tem.fi/energia/eu_n_energiayhteisty

Euroopan komissio julkaisi tammikuussa 2014 vuoden 2030 ilmasto- ja energiapoliittisia tavoitteita koskevan toimenpidepaketin, jossa esitetään sitovat kasvihuonekaasupäästötavoitteet, jotka olisivat linjassa vuotta 2050 koskevan etenemissuunnitelman kanssa kohti vähähiilistä taloutta⁶. Euroopan neuvostossa lokakuussa 2014 hyväksytyyn tavoiteohjelman mukaan sitova kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite on 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta. Tavoite jakautuu päästökaupan ja ei-päästökauppasektorin kesken siten, että päästökauppasektori vähentää 43 prosenttia ja ei-päästökauppasektori vähentää 30 prosenttia. Ei-päästökauppasektorilla vertailuvuosi on 2005⁷. Jäsenmaiden välinen taakanjako on määrä päättyä myöhemmin, mutta se toteutetaan ottamalla huomioon jäsenmaiden tulotaso sekä vauraissa jäsenmaissa myös päästövähennystoimien kustannustehokkuus.

Näillä näkymin liikenteen osalle ei ole tulossa vaatimusta uusiutuvan energian osalta. Tämä on aiheuttanut epävarmuutta mm. biopolttoainetoimijoiden keskuudessa. Tammikuussa 2014 Komissio julkaisi myös pakettiin kysymyksiä & vastauksia dokumentin⁸. Kysymykseen ”Miksi liikenteelle ei ole asetettu tavoitetta uusiutuvalla energialla”, Komissio vastaa:

”EU:n liikennesektorin kehityksen tulisi perustua vaihtoehtoisiin, kestävästi tuotettuihin polttoaineisiin integroituna osana kokonaisvaltaisempaa lähestymistapaa liikenteeseen.

Tästä syystä Komissio ei ole ehdottanut uusia tavoitteita liikennesektorille vuoden 2020 jälkeen (voimassa olevat tavoitteet 10 % uusiutuvaa energiaa liikenteessä 2020, uusiutuvan energian osuus on noussut vuoden 1,2 %:sta vuonna 2005 4,7 %:iin vuonna 2010).

Voimassa olevasta tavoitteesta saatujen kokemusten ja epäsuorien maankäytön vaikutusten arvioinnin perusteella on selvää, että ensimmäisen sukupolven biopolttoaineilla on rajallinen merkitys liikenteen dekarbonisoinnissa. Näin ollen vastauksina liikennesektorin haasteisiin vuonna 2030 ja siitä eteenpäin tarvitaan yhdistelmää erilaisista vaihtoehtoisista polttoaineista ja liikenteen valkoiseen kirjaan perustuvista suunnatuista politiikkatoimista.”

Toinen epävarmuutta aiheuttanut asia on biopolttoaineiden kestävydestä käyty keskustelu. Komissio antoi loppuvuodesta 2012 esityksen⁹ biojalosteiden kestävästä valmistuksesta ja sen reunaehdoista koskevasta ns. ILUC (Indirect Land Use Change) direktiivistä. Sen on määrä päivittää sekä polttoaineiden laatudirektiiviä (FQD98/70/EC), että uusiutuvan energian käytön direktiiviä (RES, 2009/28/EY). Sitten ehdotusta on käsitelty sekä Neuvostossa että Parlamentissa.

Lopputulema on, että ensimmäisen sukupolven (eli ruokaketjuun kuuluvista raaka-aineista valmistettaville) biopolttoaineille ja -nesteille asetetaan enimmäisrajaksi 7 %, ja että jäsenvaltioille tulee vaatimus asettaa kansallinen kehittyneiden biopolttoaineiden alatavoite vuodelle 2020, joka ei kuitenkaan ole sitova. Näille kansallisille tavoitteille on esitetty referenssiarvoksi 0,5 % -yksikköä liikenteen uusiutuvan energian 10 % kokonaistavoitteesta.

Edellä mainituista Suomen vuoden 2014 biopolttoaineluvuista voidaan päätellä, että jo nyt valtaosa Suomessa käytetyistä biopolttoaineista on jäte- ja sivuvirtaperusteista. Pääasiallinen biovaihtoehto on nykykalustoon täysin yhteensopiva ns. drop-in tyyppinen uusiutuva diesel. Voidaan perustellusti sanoa, että suomalaiset biopolttoainetuottajat kulkevat biopolttoainekehityksen kärjessä.

⁶ Vuoteen 2030 ulottuvat ilmasto- ja energiavoitteet kilpailukykyiselle, varmalle ja vähähiiliselle EU:n taloudelle; lehdistötiedote, Bryssel 22.1.2014. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-54_fi.htm

⁷ http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/145356.pdf

⁸ http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-40_en.htm

⁹ <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2015189%202012%20INIT>

Suomalaisten toimijoiden on syytä olla aktiivisia niin, että edistykselliset biopolttoaineet säilyvät myös Euroopan tason tiekartalla. Vaikutusmahdollisuuksia löytyy mm. European Biofuels Technology Platformin ja kansainvälisen energiajärjestön IEA:n Advanced Motor Fuels ja Bienergy –sopimusten puitteissa.

Suomessa on keskimäärin vähähiilinen sähkö (n. 200 g CO₂/kWh) ja vahva sähköverkko, joten meillä on tässä mielessä on hyvät edellytykset sähköautojen käyttöönotolle. Sähköautojen hidas lataus onnistuu lähes kaikkialla, mm. hieman modifioitujen lohkolämmitystolppien avulla. Henkilöautojen osalta pikalatauksen standardointi on kohtuullisen hyvin hoidossa, vaikka käytössä onkin ainakin kolme rinnakkaista järjestelmää.

Sähköbussien kohdalla tilanne on selvästi haastavampi ainakin kahdesta syystä. Ensinnäkin latausjärjestelmiä ei ole toistaiseksi standardoitu. Päävaihtoehdot ovat hidas lataus yön yli varikolla ja pikalataus reitin varrella tai päätepysäkeillä. Tehon siirron vaihtoehdot ovat manuaalinen kosketuksellinen lataus (lähinnä hitaassa latauksessa), automatisoitu kosketuksellinen lataus esim. pantografin avulla ja induktiivinen kosketukseton lataus. Toiseksi tehotasot ovat pikalatauksessa huomattavan korkeita, useita satoja kilowatteja. Tämän tasoiset tehot aiheuttavat jo vaikutuksia paikallisverkkoon. Toisaalta kantakaupunkien alueella riittävän vahva sähköverkko on usein saatavilla.

Sähköiset hyötyajoneuvot kuten bussit ja työkoneet toimivat liikennejärjestelmässä ja teollisissa ympäristöissä, joissa operoinnin tuottavuus, luotettavuus ja kannattavuus nousevat tärkeään asemaan. Tällöin kokonaisjärjestelmän suunnittelu, ajoneuvojen latauksen hallinta ja energian hallinta työsuoritteessa ovat oleellisia tutkimuskysymyksiä. Teknis-taloudellisissa tarkasteluissa kannattavimmaksi ratkaisuksi on osoittautunut sijoittaa latauslaitteita työsuoritteiden tai reitin varrelle tai päihin ja hyödyntää aikataulun tai työsyklin lataukselle soveltuvia osia – puhutaan ns. käytönaikaisesta latauksesta (opportunity charging). Energian hallinta järjestelmätasolla tarkoittaa sitä, että mitoitetaan latauslaitteiden sijoittelu, määrä ja teho sekä sähköisten ajoneuvojen ja koneiden ajovoima-akustot niin, että sähköinen käyttövoima riittää työsuoritteiden luotettavaan tekemiseen riittäväillä varmuusmarginaaleilla. Ajoneuvojen akustot tulee suunnitella ja mitoittaa siten, että pystyvät ottamaan vastaan sovellukselle ja käytötavalle tyypillisen lataus- ja regenerointitehon, sekä luovuttamaan riittävästi virtaa ajo- ja työsykleihin. Edelleen akuston suunnittelussa ja mitoituksessa on huomioitava sen elinikään vaikuttavat tekijät ja käyttötapa (sykliin määrät ja kapasiteetin käyttöalueet) – nämä vaikuttavat akuston ja sitä kautta koko järjestelmän elinkaarikustannukseen ja kilpailukykyyn.

Autoteollisuus on valmistautumassa polttokennoautojen rajoitettuun sarjatuotantoon. Periaatteessa polttokennoauto, joka on sähköautojen eräs alaryhmä, yhdistää sähköauton paikallisen päästöttömyyden polttomootoriauton pitkään toimintamatkaan. Polttokennoautojen mahdollista yleistymistä ajatellen joudutaan miettimään vetytankkauksen järjestämistä, ml. pienen mittakaavan vedyn tuotanto elektrolyysiin perustuen ja vedyn laatukysymyksiä. Suomessa Woikoski Oy kehittää vedyn tankkaustekniikkaa.

EU:n tiedonanto puhtaasta liikenteestä annettiin tammikuussa 2013. Siihen liittyvä direktiivi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta (2014/94/EU) hyväksyttiin lokakuussa 2014. Se asettaa jäsenmaille velvoitteen 2016 mennessä laatia kansallinen toimintakehys liikenteen alan vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinoiden kehittämiseksi ja asiaan liittyvän infrastruktuurin käyttöönottamiseksi. Direktiivi kattaa kaikki liikennemuodot ja kaikki vaihtoehtoiset polttoaineet ja tavoitteissa tulee huolehtia kunkin liikennemuodon erityispiirteiden huomioon ottamisesta.

Toimintasuunnitelmassa tulee esittää **jakelun järjestämistä koskevat tavoitteet**, joiden tulee sisältää erityisesti:

- Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin kehityksen arviointi ottaen mahdollisuuksien mukaan huomioon sen rajojen yli ulottuva jatkuvuus
- Kansalliset tavoitteet sähkön latauspisteille ja paineistetun maakaasun (CNG) jakeluasemien määrälle 2020 mennessä näitä vaihtoehtoja käyttävien autojen ennustetun määrän mukaisesti
- Euroopan laajuisen liikenneverkon (TEN-T) ydinverkon varrella riittävä määrä sähkön latauspisteitä ja CNG -jakeluasemia 2025 mennessä unioninlaajuisen liikennöinnin mahdollistamiseksi
- Merisatamien ydinverkossa on oltava vuoteen 2025 mennessä ja sisävesisatamien ydinverkossa vuoteen 2030 mennessä asianmukainen määrä nesteytetyn maakaasun tankkauspisteitä nesteytettyä maakaasua käyttäviä sisävesi- tai merialuksia varten, jotta ne voivat liikkua kaikkialla TEN-T -ydinverkolla. Jäsenvaltioiden on tehtävä tarvittaessa yhteistyötä naapurijäsenvaltioiden kanssa verkon riittävän kattavuuden varmistamiseksi.
- Raskaita moottoriajoneuvoja varten on oltava viimeistään vuonna 2025 julkisia nesteytetyn maakaasun (LNG) tankkauspisteitä asianmukainen määrä TEN-T -ydinverkon varrella (kysynnän mukaan, elleivät kustannukset ole suhteettomat hyötyihin nähden, ympäristöhyödyt mukaan luettuina)
- Toimenpiteiden toteuttaminen tulee tapahtua markkinaehtoisesti

Osana sähkön jakeluverkon ja paineistetun maakaasun (CNG) verkon määrittelyä tulee nimetä ne kaupunkitaajamat, lähiöt ja muut tiheästi asutut alueet ja verkot, jotka markkinoiden tarpeiden mukaan varustetaan sähkön latauspisteillä. Lisäksi tulee ottaa huomioon liityntäpysäköinnin erityistarpeet. Toimintakehyksessä on myös otettava huomioon toimenpiteet, joilla kannustetaan ja helpotetaan muiden kuin julkisten latauspisteiden käyttöönottoa.

Jakeluinfradirektiivi asettaa latauspisteiden määrille eri jäsenmaissa ohjeellisen tavoitteen, jonka mukaan julkisia latauspisteitä on oltava yksi kappale/10 autoa.

Jäsenvaltioiden ei tarvitse sisällyttää vetyä kansallisiin suunnitelmiin. Vedyn osalta direktiivissä todetaan:

”Jäsenvaltioiden, jotka päättävät sisällyttää julkisia vetytankkauspisteitä kansallisiin toimintakehyksiinsä, on varmistettava, että tällaisia pisteitä on viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2025 asianmukainen määrä, jotta vetykäyttöisellä moottorilla varustetut ajoneuvot, mukaan lukien polttokennokäyttöiset ajoneuvot, voivat liikkua tällaisten jäsenvaltioiden määrittämässä verkostoissa, tarvittaessa myös rajat ylittävässä liikenteessä.”

TransSmart ohjelman energialohkon hankkeissa tutkitaan niin biopolttoaineita, sähköautojen latausta kuin vedyn tuottamista liikenteen tarpeisiin. Hankkeiden joukossa on sekä kansallisia hankkeita että EU hankkeita. Sekä polttoaineiden että polttokennoteknologioiden osalta osallistutaan lisäksi kansainvälisen energiajärjestön IEA:n teknologiasopimukseen (Technology Initiatives).

Työ- ja elinkeinoministeriön päärahoituksella VTT ja Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT selvittivät yhteistyössä vaihtoehtoja tieliikenteen vuoden 2030 hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinoiksi ja niiden kustannusvaikutuksista.

VTT:n omalla rahoituksella tehtiin kirjallisuusselvitys meriliikenteen polttoainevaihtoehtoista.

2.2.2 Biopolttoaineet

Perinteistä dieselpolttoainetta korvaavat biopolttoainevaihtoehdot: Yhteistyö ja verkostoituminen uusien vaihtoehtojen pilotoinnissa (BioPilot) – verkottunut Tekes-hanke

Liikenne- ja viestintäministeriön ”Tulevaisuuden käyttövoiman liikenteessä” raportissa¹⁰ vuodelta 2013 esitetään kuva liikennemuotojen polttoaineen käyttötarpeiden priorisoinnista hierarkisesti (kuva 3). Lentoliikenteessä vaihtoehtoja on rajoitetusti, käytännössä ainoastaan biokerosiini. Tieliikenteen keveissä ajoneuvoissa ja kaupunkiliikenteessä vaihtoehtoja on enemmän, ja esimerkiksi sähkö on varteenotettava vaihtoehto kaupunkeihin.



Kuva 3. Eri liikennemuotojen polttoaineen käyttötarpeiden priorisointi esitettynä hierarkisesti (Käyttövoimat 2013).

Tieliikenteessä bensiinin kulutus on jo pitempään ollut laskussa ja dieselin kulutus kasvussa, koska dieselmoottori on yleistynyt henkilöautoissa. Koska meriliikenne päästörajoitusten takia käyttää jatkossa enemmän dieseltyyppistä polttoainetta raskasöljyn sijaan, ja koska niin ikään keskitisleistä käyttävä lentoliikenne kasvaa, vaihtoehtoisten polttoaineiden kehityksessä pääpaino kannattaa kohdistaa dieselpolttoaineen korvaukseen. Niinpä BioPilot-hanke keskittyy nimenomaan dieseliä korvaaviin vaihtoehtoihin polttoaineisiin.

BioPilot on verkottunut hankekokonaisuus, joka koostuu yritysten pilotointihankkeista ja niiden rinnalla olevasta VTT:n tutkimuslaitoshankkeesta. Tästä syntyy vahva kotimainen yhteistoimintaverkko, joka lisäksi on kytketty IEA Advanced Motor Fuels –toimintaan synergiaetujen saavuttamiseksi.

Pilotointihankkeen yritysosiossa on kolme pääteemaa/lohkoa (suluissa Tekes-rahoitusta saava yritysosaosuus):

¹⁰ https://www.lvm.fi/docs/fi/2497123_DLFE-19513.pdf

1. Etanolin osuuden lisääminen raskaassa kalustossa (NEOT/St1)
2. Mäntyöljyyn perustuva uusiutuva dieselpolttoaine (UPM)
3. Biometaanin osuuden lisääminen raskaassa kalustossa ja lisäarvo uusituvalle dieselpolttoaineelle dual-fuel ratkaisussa (operaattorivetoinen ryhmähanke Stara ja Posti (ent. Itella), koordinaattorina Stara)

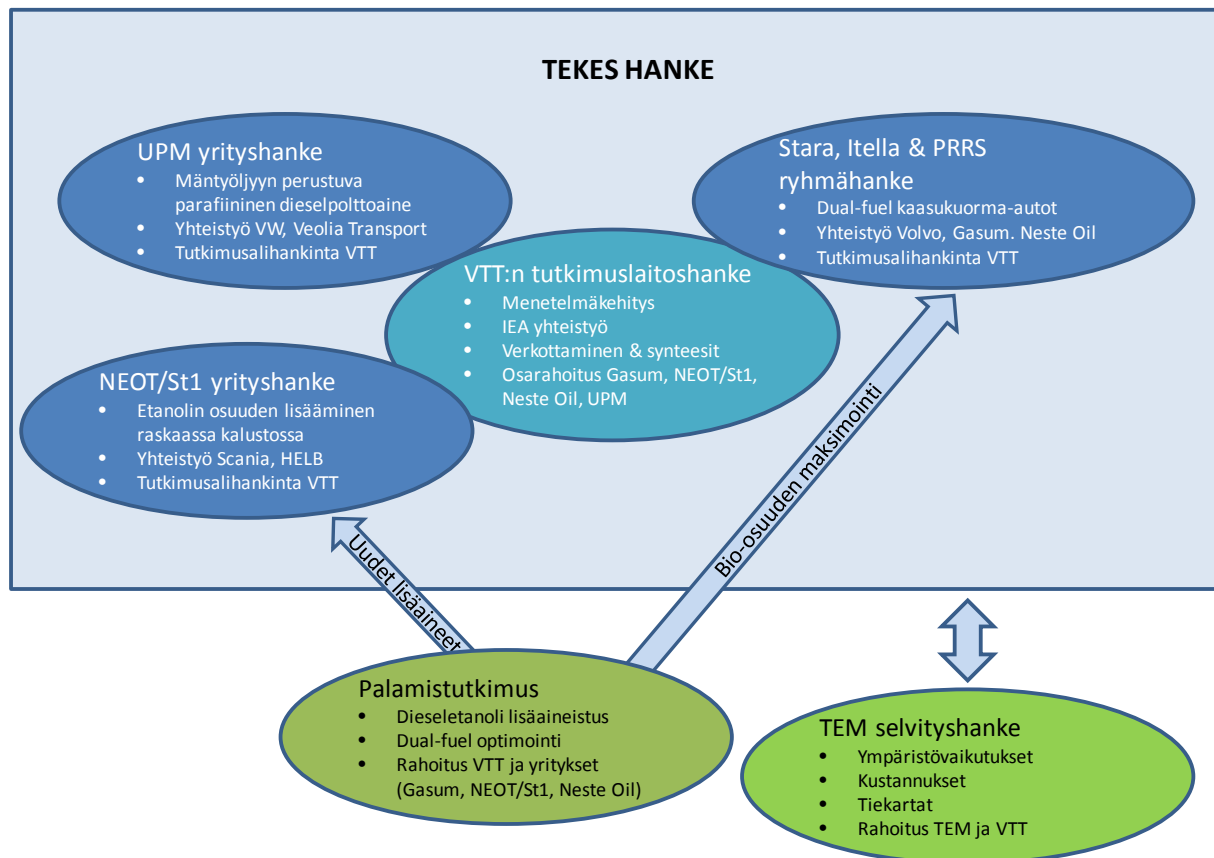
Näiden rinnalla oleva VTT:n tutkimuslaitoshanke keskittyy uudenlaisten biopolttoaineiden vaatimaan menetelmäkehitykseen ja vaihtoehtoihin polttoaineisiin liittyvään IEA-yhteistyöhön palvellen koko hankekokonaisuutta. Lisäksi tehdään aiheeseen liittyen moottoripalamiseen liittyvää tutkimusta VTT:n ja yritysten yhteisrahoituksella. Hankkeen rakenne on esitetty kuvassa 4. Kuvassa on näytetty myös ”TEM selvityshanke”, joka esitellään kohdassa 2.2.5.

Kenttäkoeosuus

Kaikissa yritysten pilot-hankkeissa noudatetaan yhtenäistä peruskaavaa:

- operaattorit ottavat käyttöön kokeilumielessä normaalista poikkeavia ajoneuvoja ja/tai polttoaineita
- autojen toimintaa seurataan jatkuvasti tiedonkeruujärjestelmien, ajopäiväkirjojen, vikakirjanpidon sekä tankkauspäiväkirjojen avulla
- osalle pilotointiin osallistuville autoille suoritetaan säännöllisiä suorituskykymittauksia (pakokaasupäästöt, polttoaineen kulutus, teho, akkreditoitu mittaus) VTT:n alustadynamometreissa, tyypillisesti kerran vuodessa
- autoista kerätään säännöllisin väliajoin poltto- ja voiteluainenäytteitä analysoitavaksi

VTT toimii yrityshankkeissa alihankkijana vastaten autojen yleisestä seurannasta ja suorituskykymittauksista. VTT vastaa lisäksi hankekokonaisuuden loppuraportoinnista.



Kuva 4. BioPilot-hankkeen rakenne.

Pilotointien tavoitteena on:

- käyttökokemusten kerääminen vaihtoehtoisista konsepteista
 - tekninen toimivuus, käytön kustannukset
- tuottaa pohjatietoa tuotekehitykseen ja uuden liiketoiminnan kehittämiseen
 - polttoaineiden tuottajille
 - ajoneuvojen operaattoreille
- tuottaa tietopohjaa valtion tason päätöksentekoon

Pilotoinnissa käytettävät ajoneuvot ovat (kuvakollaasi koeautoista kuvassa 5):

- Raskaan kaluston etanolipolttoaine: kaksi Scania etanolibussia operaattorina Helsingin Bussiliikenne
- Mäntyöljyyn perustuva uusiutuva diesel:
 - Vaihe 1 (2013): kenttäkoe neljällä Volkswagen Golf henkilöautolla
 - Vaihe 2 (alkaen 2015 varsinaisen polttoainetuotannon käynnistyttyä): Transdevin (ent. Veolia Transport) bussikalusto
- Raskaat kaasukuorma-autot: 2 + 2 +1 Volvo FE 7/FL 7 dual-fuel autoa



Kuva 5. Kenttäkokeen koeautoja.

Etanolibussit saatiin liikenteeseen loppuvuodesta 2013, kaasukuorma-autot kesällä 2013. Vuoden 2014 lopulla etanolibussien kilometrikertymä oli n. 110 000 km. Dual-fuel kaasukuorma-autojen kilometrikertymät olivat haarukassa 20 000 – 70 000 km, Staran autot alapäässä ja Postin autot yläpäässä.

Autot ovat pääsääntöisesti toimineet varsin hyvin. Dual-fuel kaasuautojen metaanipitoisuus on ajoittain ollut korkea johtuen toimimattomista metaanikatalyysaattoreista. Dieselin korvasaste vaihtelee suuresti, koska se on sidoksissa moottorin kuormittumiseen: suurella kuormituksella voidaan kaasua käyttää suhteellisesti enemmän kuin esim. joutokäynnillä. Tästä syystä Staran ajossa korvasaste on ollut keskimäärin vain noin 20 %, johtuen kevyestä ajosta. Postin ajossa korvasaste on korkeampi, keskimäärin n. 40 %, koska autot ajavat enemmän maantiellä kuin Staran autot.

Mittausmenetelmien kehitys

Uusien polttoaineiden käyttöönotto tuo päätöksentekoon haasteita niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla. Alun perin autojen ja moottoreiden tyyppihyväksymismittauksiin kehitetyt pakokaasujen mittausmenetelmät eivät riitä enää määrittämään kaikkia uusien polttoainelaatujen päästövaikutuksia. Menetelmiä tulee parantaa, jotta valintoja tehtäessä ja uusia polttoainelaatuja käyttöön otettaessa ei jouduta ns. ojasta allikkoon, ts. ettei aiheuteta uudenlaisia päästöongelmia. Asiaa voi lähestyä myös positiivisesti: tarvitaan entistä parempia pakokaasujen mittaus- ja arviointimenetelmiä, jotta paremmin pystytään määrittelemään uusien ja puhtaampien polttoaineiden päästöhyödyt. Yhteiskunnan päätöksenteon kannalta uusien teknologioiden osalta tulee pystyä määrittelemään sekä välittömät kustannukset että välilliset kustannukset. Päästövähennysten huomioon ottaminen

ja arvottaminen parantavat eräiden tekniikoiden kilpailukykyä kokonaisvaltaisessa tarkastelussa.

Menetelmäkehitysosio toteutettiin osittain IEA:n Advanced Motor Fuels –ohjelman toimintaan liittyen (kts. seuraava kappale) kiinalaisen CATARC tutkimuslaitoksen vetämässä hankkeessa ”Unregulated Pollutants Emissions of Vehicles Fuelled with Alcohol Alternative Fuels” (Annex 44) kahdella FFV-autolla tutkimustyö, joka raportoitii vuonna 2014. Vuonna 2015 tuloksia käytetään kahteen kansainväliseen esitelmään.

Menetelmäkehitysosiossa on myös parannettu perinteistä karbonyyliyhdisteiden analysointimenetelmää etanolipolttoaineille sopivaksi huomioiden typpidioksidin häiritsevä vaikutus. Hiilivetyjen erittelyyn aiempaa paremmin vaihtoehtoisille polttoaineille sopivia menetelmiä on tutkittu uutta (”MicroGC”, monikomponenttianalyysiä FTIR). Pakokaasujen mutageenisuuden ja karsinogeenisuuden arviointiin on etsitty uusia palveluja ja niiden toimivuutta on varmistettu. Edellä mainittujen menetelmien kehittämiseksi toteutetaan mittauskampanja huhtikuussa 2015. Mittauksissa on mukana E85-polttoaine (Euro 6 FFV), CNG ja referensseinä bensiini- ja dieselpolttoaineet. Mittauksiin kuuluu VTT:n perinteisesti käyttämät päästömittaukset, mutta päähuomio on vaihtoehtoisille ja biopolttoaineille kehitetyissä mittauksissa sekä uusien kokonaisvaltaisten menetelmien validoinnissa, jolla pyritään edistämään erityisesti dieseliä korvaavien biopolttoaineiden käyttöä. Menetelmäkehitystä tehdään yhteistyössä Itä-Suomen Yliopiston (Maija-Riitta Hirvonen & Pasi Jalava, hapettava potentiaali vs. hapettava stressi) ja Ilmatieteen laitoksen (Heidi Hellèn, Tenax-analyysit) kanssa.

IEA yhteistyö

BioPilot-hankkeen puitteissa VTT osallistuu IEA Advanced Motor Fuels (AMF) – tutkimussopimuksen yleiseen toimintaan ja IEA:n End Use Working Party Transport Contact Groupin toimintaan.

AMF:n Executive Committee kokoontuu kaksi kertaa vuodessa, kiertäen maasta toiseen. Vuoden 2013 ja 2014 kokoukset pidettiin Göteborgissa, Santiago de Chilessä, Kööpenhaminassa ja Pariisissa.

AMF:llä on hyvä verkkosivusto (www.iea-amf.org), johon sisältyy niin ajan tasalla oleva työohjelma, raporttiarkisto kuin VTT:n ylläpitämä ”Fuel info” tietopankki vaihtoehtoisten polttoaineiden loppukäyttöön liittyen.

VTT:n vastuulla on kaksi käynnissä olevaa Annexia (projektia), joihin ohjautuu Tekes-rahoitusta:

- Annex 43: CARPO - Performance Evaluation of Passenger Car Fuel and Powerplant Options (rahoitusta aikaisemmalla Tekes-päätöksellä)
- Annex 49: COMVEC - Fuel and Technology Alternatives for Commercial Vehicles (rahoitusta BioPilot-hankkeen kautta)

Task-share toimintana (osallistutaan työpanoksella) Suomi on lisäksi mukana seuraavissa Annexeissa:

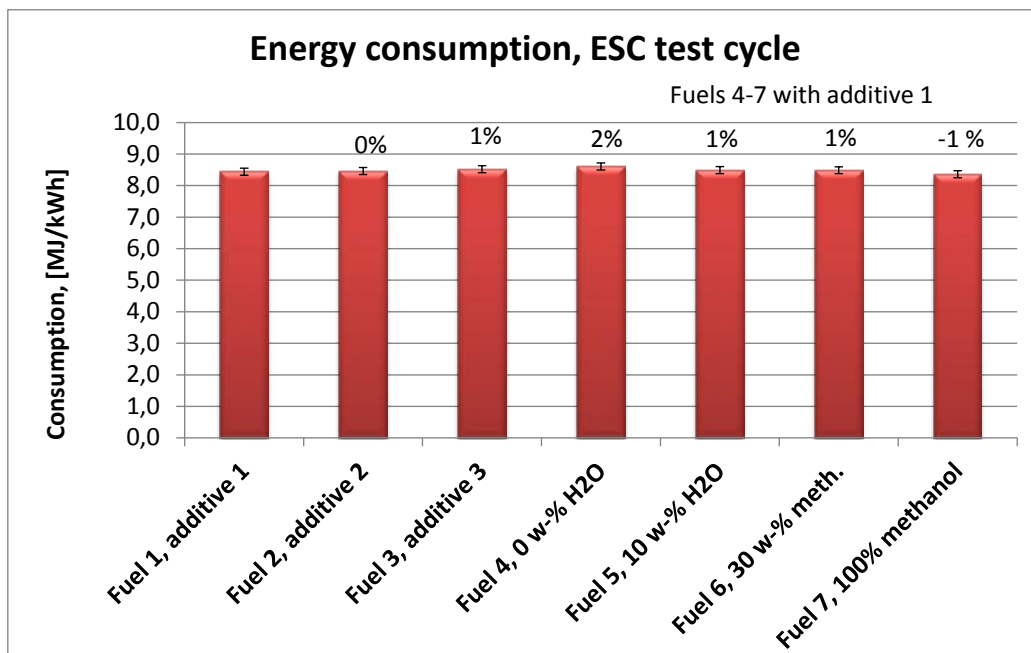
- Annex 39: Enhanced Emission Performance and Fuel Efficiency for HD Methane Engines
- Annex 44: Research on Unregulated Pollutants Emissions of Vehicles Fuelled with Alcohol Alternative Fuels
- Annex 46: Alcohol Application in CI Engines
- Annex 48: Value Proposition Study on Natural Gas Pathways for Road Vehicles
- Annex 50: Fuel and Technology Alternatives in Non-Road Engines

- Annex 51: Methane Emission Control

Annex 46:ssa on kolme osapuolta, Tanskan teknillinen yliopisto DTU (vastuutaho), VTT ja Scania (tekninen tuki). Annex 46:een Suomessa tehty työ tehtiin VTT:n ja yritysten yhteisrahoituksella, osana ”Moottoripalaminen” hanketta.

VTT teki kokeita Scanian etanolimoottorilla, vastaavalla moottorilla jollainen on kenttäkokeen etanolibusseissa. Scanian konsepti perustuu polttoaineen lisäaineistamiseen syttyvyydenparantajalla ja hieman modifioituun moottoriin (mm. korotettu puristussuhde). VTT:n osuudessa tutkittiin eri lisäainepakettien ja polttoaineen koostumuksen (etanolin vesipitoisuus, etanoli-metanoliseos, metanoli) vaikutusta moottorin toimintaan. Tuloksista tehtiin tieteellinen artikkeli Koreassa maaliskuussa 2015 pidettyyn 21st International Symposium on Alcohol Fuels (ISAF) konferenssiin.

Kuvassa 6 on moottorin energian kulutus eri polttoaineilla. Erot eri polttoaineiden välillä olivat marginaaliset, ja moottori toimi varsin hyvin myös metanolilla. Moottori on siis eräänlainen monipolttoainemoottori. Scania ei tosin hyväksy metanolipolttoaineen käyttöä. Energian kulutus 8,5 MJ/kWh vastaa n. 42 %:n hyötysuhdetta. Tämä luku on keskimääräinen hyötysuhde ESC testisyklille, ei siis moottorin optimipisteen maksimihyötysuhde.



Kuva 6. Scania etanolimoottorin energian kulutus eri polttoaineilla.

Lisätietoja: nils-olof.nylund@vtt.fi, juhani.laurikko@vtt.fi, paivi.aakko-saksa@vtt.fi

2.2.3 Laivapolttoaineet

VTT:n rahoituksella valmisteltiin 2014 selvitys ”Low Carbon Marine Fuels”. Tämän alueen tietämyksen kartuttaminen on edesauttanut sitä, että Tekesin Arktiset meret ohjelmaan hyväksyttiin vuosille 2015 – 2016 hanke ”Shipping Emissions in the Arctic - Black Carbon (SEA-EFFECTS BC)”. Lisäksi VTT:n osallistuminen kansainväliseen merimetanolin tutkimushankkeeseen on neuvoteltavana.

Lisätietoja: paivi.aakko-saksa@vtt.fi

2.2.4 Sähkön varastointi ja sähköautojen lataus

ECV – eStorage & eCharge

Tekesin verkottuneessa tutkimus- ja kehityshankkeessa Sähköiset hyötyajoneuvot ECV (ks. tarkempi kuvaus kohdassa 2.3.3) on yhteisrahoitteiset julkisen tutkimuksen työpaketit eStorage3 ja eCharge.

Sähkön varastointiin keskittyvässä eStorage3:ssa käsitellään sähkön varastoinnin teknologioita, akkujärjestelmien suunnitteluperusteita, suorituskykyä ja mallinnusta. VTT:lle on ECV:n ensimmäisellä jaksolla vuonna 2012 rakennettu ajantasainen akkulaboratorio, jossa mitataan erilaisia markkinoilta saatavia akkukennoja ja moduleita. Näistä koostetaan laajoihin karakterisointeihin perustuvaa akkutietokantaa, jonka pohjalta on tehty erilaisia akustojen suunnitteluun ja mitoituksen perusteisiin liittyviä tarkasteluja. VTT on rakentanut projektissa akkukennoista pienen tutkimusmoduulin, jossa tarkastellaan akustojen lämmönhallintaan liittyviä kysymyksiä. Akkukennoista ja akustoista on rakennettu mittauksin parametrisoituja virtuaalimalleja, joita voidaan hyödyntää erilaisissa mallinnus- ja simulaatiotehtävissä. Työpaketissa seurataan myös akkuteknologian kehitystä laajemmin mukaan lukien tulevaisuuden teknologiat.

Työpaketti eCharge puolestaan tutkii erilaisten sähköisten hyötyajoneuvojen käyttötapoja ja käyttökonsepteja erityisesti liittyen latauksen hallintaan ja suunnitteluun, sähköverkkoon, latauslaitteiden standardointiin ja omistajuuden kokonaiskustannusten arviointiin liittyviin teknistaloudellisiin tarkasteluihin. Erityisesti raskaiden hyötyajoneuvojen (mm. sähköbussit) latausteknologia ei ole vielä standardoitunutta. Työpaketissa on seurattu standardointityötä ja osallistuttu siihen mm. SESKOn kautta. eCharge:n ja myös EU-hankkeen ZeEUS kautta on päästy mukaan vaikuttamaan myös kansainväliseen latauksen standardointiin liittyvään työhön. Sähköbussien kannattavuusarvioiden pohjaksi on kehitetty metodiikkaa ns TCO-laskelmiin (total cost of ownership), aiheesta on myös vuonna 2014 tehty julkaisu. Näissä laskelmissa on päädytty siihen, että kilpailukykyisin tapa suunnitella sähköbussijärjestelmiä on tukeutua suuren tehon päätepusäkkilataukseen ja pienentää ajovoima-akustoa; tämä pienentää ajoneuvojen pääomakuluja, mutta vaatii samalla investointia latausinfrastruktuuriin. Työpaketissa on myös aloitettu kokonaisjärjestelmän kartta- ja paikkatietoon pohjautuvan suunnittelutyökalun kehittäminen. Tavoitteena on kehittää metodiikka, jolla pystytään suunnittelemaan sähköbussien, latauksen, energian hallinnan ja kustannustehokkuuden näkökulmista yksittäisiä linjoja tai laajempia järjestelmiä todellisilla ajoneuvo-, linja- ja aikataulutiedoilla.

Kuvassa 7 on esimerkki sähköbussin pikalatausasemasta Tukholmasta.



Kuva 7. Sähköbussin automaattinen pikalatausasema. Tässä vaihtoehdossa bussissa on kiinteät vastaanottokiskot, ja järjestelmät liikkuvat osat ovat latausaseman puolella.

Lisätietoja: samu.kukkonen@vtt.fi, veikko.karvonen@vtt.fi

Induktiivinen lataus

Metropolia ammattikorkeakoulu käynnisti jo TransEco-ohjelman aikana induktiivisen latauksen kokeilun.

Projektin testialustoiksi hankitut Fiat Doblots on rekisteröity tieliikennekäyttöön ja ajoneuvoilla on ajettu testiajoa yhteensä noin 25 000 km. Molempiin ajoneuvoihin on asennettu langaton latausjärjestelmä – toiseen pohjasta lataava ja toiseen rekisterikilven läpi lataava järjestelmä. Tämän lisäksi molempia ajoneuvoja voidaan ladata langallisesti normaaleilla hidaslatureilla tai CHAdeMO- standardin mukaisella pikalatauksella.

Ensimmäinen langaton latausjärjestelmä hankittiin vuonna 2013 Saksasta Leopold Kostal GmbH:lta. Pohjasta lataava järjestelmä hankittiin amerikkalaiselta Evatranilta vuoden 2014 lopussa ja laitteisto otettiin käyttöön vuoden 2015 ensimmäisen neljänneksen aikana. Molemmat langattomat laturit ovat teholtaan 3,3 kW. Langattomien latausjärjestelmien vertailu on kesken, ja hanke jatkuu vuoden 2015 loppuun asti. Projektin puitteissa on myös tarkoitus selvittää langattomien latauslaitteiden ympäristöön aiheuttama sähkömagneettinen säteily EMC- laboratoriossa, sekä tutkia ja mahdollisesti kehittää paikannusanturointia ajoneuvon pohjasta lataavaan järjestelmään.

Lisätietoja: vile.eskelinen@metropolia.fi.

2.2.5 Vety ja polttokennoteknologia

Vetyyn ja polttokennoteknologiaan liittyvää tutkimusta tehdään ensisijaisesti EU-hankkeiden puitteissa.

HyCoRA – Hydrogen Contaminant Risk Assessment (FCH JU/EU FP7)

EU-rahoitteinen HyCoRA –projekti käynnistyi vuoden 2014 huhtikuun alussa. HyCoRA -projektin työ tehdään kansainvälisenä yhteistyönä (VTT, JRC, CEA, SINTEF, Protea, Powercell Sweden) Projektiin osallistuu laitevalmistajien ohjausryhmän kautta johtavat polttokennoautovalmistajat ja vetyinfran tuottajat.

HyCoRA projektissa tutkitaan ja kehitetään kahta asiaa: epäpuhtauksien vaikutusta ajoneuvokäytön polttokennoihin sekä uusia analyysimetodeja laadunvarmennukseen. Lisäksi oleellisena osana on jo olemassa olevien vetyasemien vedyn laadun selvittäminen. Saatu tieto nivotaan yhteen käyttämällä kvalitatiivista ja kvantitatiivista riskianalyysiä. Riskianalyysin avulla selvitetään kokonaiskustannuksiltaan järkevin laadunvalvonnan taso ottaen huomioon vedyn tuotanto- ja puhdistustavat. Tulokset ovat tärkeässä osassa määritettäessä laadunvalvonnan tasoa jakeluasemastandardissa sekä uusia epäpuhtausrajoja standardissa ISO 14687-2:2012.

Vuoden 2014 aikana projektissa jatkettiin edellisessä FCH JU projektissa (HyQ) määritettyjä polttokennokokeita ja aloitettiin kaasujen analyysimetodien kehittäminen (VTT:n osalta kloori). Vuoden 2014 aikana päivitettiin myös HyQ-projektin kirjallisuusselvitykset ja rakennettiin laitteisto vetynäytteiden ottoon jakeluasemilta (SINTEF) sekä suoritettiin näytteenottokampanja.

HyCoRA -projektissa verkotuttiin jo ennen projektin alkua USAn johtavan tutkimuslaboratorion (LANL) ja Saksan kansallista projektia valmistelevan tahon (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH) kanssa. Vuoden 2014 aikana yhteistyö LANL:n kanssa konkretisoitui uuden mittausjärjestelmän kehittämiseksi yhdessä. Muu kansainvälinen yhteistyö tapahtuu IEA:n polttokennotyöryhmien kautta.

Vuoden 2014 aikana (syyskuun loppu) järjestettiin laitevalmistajien työpaja, jonka palautteen ja riskianalyysin perusteella muokattiin projektin työsuunnitelmaa vuodelle 2015. Työpajaan osallistuivat muun muassa BMW, Daimler, Hyundai, Shell ja Air Liquide.

Lisätietoja: jari.ihonen@vtt.fi

SOPHIA - Solar integrated pressurized high temperature electrolysis (FCH JU/EU FP7) ja TANIA (VTT)

Uusiutuvan sähköntuotannon osuuden odotetaan kasvavan huomattavasti seuraavien vuosikymmenten aikana. Aurinko- ja tuulisähköntuotanto on luonnollisesti hyvin sääriippuvaista, mikä aiheuttaa ajallista epäsuhtaa sähkön tuotannon ja kulutuksen välille. Tämä epäsuhta nähdään nykyään suurimpana hidastavana tekijänä uusiutuvan sähköntuotannon suurimittaiselle leviämislle.

Ylijäämänsähkön käytölle on välttämätöntä tarjota ratkaisuja, ja juuri tähän haasteeseen TANIA (2014) ja SOPHIA (2014 - 2017) pyrkivät vastaamaan. Molemmat projektit keskittyvät korkealämpötilaelektrolyysin kehitystyöhön. Elektrolyysillä ylijäämänsähkö voidaan muuttaa vedyksi, joka voidaan tarvittaessa jatkojalostaa hiilivetyypolttoaineiksi. Vetyä tai hiilivetyjä voidaan puolestaan käyttää energian varastoinnissa, kemikaaliteollisuudessa tai liikennepolttoaineina matalin hiilidioksidipäästöin.

SOPHIA-projektiin kuuluu mm. kiinteäoksidielektrolyysikennojen kehitystyötä ja operointia 700 °C:n lämpötilassa. Tämä korkealämpötilaelektrolyysi muuttaa höyryn tai höyryhiilidioksidiseoksen vedyksi tai vetyhiilimonoksidiseokseksi (syngas) hyvin korkealla hyötysuhteella. Sähköstä polttoaineeksi – hyötysuhde on yli 90 %. Tämä on mahdollista nimenomaan korkean lämpötilan ansiosta: vesimolekyylin halkaisemiseen tarvitaan vähemmän sähköenergiaa, koska suurempi osa kokonaisenergiasta voidaan tuoda lämpöenergiana. Projektissa rakennetaan korkealämpötilaelektrolyysijärjestelmä ja demonstroidaan sillä teknologian soveltuvuutta.

TANIAn ja SOPHIAN tulokset tasoittavat tietä kohti sähköverkon ja kaasuverkon (maakaasu ja vety) yhdistämistä. Elektrolyysitekniikan mahdollisuuksista ovat kiinnostuneita erityisesti jaksoittaisen uusiutuvan energian tuottajat. Mahdollisuus muuttaa ylijäämä sähkö varastoitavaksi polttoaineeksi kasvattaa voimalaitoksen käyttöastetta. Lisäksi elektrolyysillä voidaan tuottaa pienellä hiilijalanjäljellä synteettistä polttoainetta korvaamaan fossiilisia lähteitä ja auttaa siten liikennesektoria saavuttamaan hiilidioksidipäästötavoitteensa.

Lisätietoja: olivier.thomann@vtt.fi

PEMBeyond - PEMFC system and low-grade bioethanol processor unit development for back-up and off-grid power applications (FCH JU/EU FP7)

VTT:n koordinoiman kolmevuotisen EU-hankkeen tavoitteena on kehittää etanolireformeri- ja polttokennoteknologiaan (PEMFC) perustuva integroitu tehollinen varavoiman ja off-grid-sähkön tuotantoon erityisesti telekom-sovelluksissa. Telekom-alan jatkaessa nopeaa kasvuaan tarve luotettaville, hinnaltaan kilpailukykyisille ja ympäristöystävällisille varavoimaratkaisuille on nousussa, erityisesti kehittyvissä maissa. Sovelluskohteesta huolimatta, projektissa tehtävä kehitystyö tulee suurelta osin palvelemaan myös liikenne- ja työkonsovelluksia. Nestemäisellä polttoaineella toimiva polttokennojärjestelmä voi ajoneuvoissa toimia APU (Auxiliary Power Unit) voimanlähteenä.

Projektin ensimmäisen vuoden aikana on laadittu sovelluskohteen asettamien vaatimusten pohjalta yksityiskohtaiset järjestelmävaatimukset, joiden mukaan järjestelmän kehitystyötä on lähdetty eri partnerien toimesta tekemään. Tärkeimmät määritetyt spesifikaatiot ovat nettosähköteho > 5 kW, kokonaishyötysuhde > 30 %, ja primääripolttoaine ns. ”raaka-bioetanol”, eli tislattu mutta puhdistamaton etanolia (valmistusmenetelmästä riippuen 80–95 % etanoli).

Integroitu kokonaisjärjestelmä koostuu seuraavista toiminnoista: a) bioetanolin reformointi vetytitoiseksi reformaatikaasuksi, b) vedyn erottelu ja puhdistus, c) sähkön tuotanto vedystä polttokennojärjestelmässä. Optimaalisen vetylaadun määrittäminen sekä vedyntuotannon että polttokennojärjestelmän näkökulmista on eräs tärkeä projektin tavoite, joka vaikuttaa suuresti järjestelmän kokonaishintaan, hyötysuhteeseen sekä kestävytyteen. Tähän liittyvä kokeellinen työ on loppusuoralla, tuotettava vetylaatu tullaan määrittelemään lopullisesti kesäkuun 2015 aikana.

Eri alijärjestelmien (reformeri, vedyn puhdistusyksikkö, polttokennojärjestelmä) kehitystyö on hyvässä vauhdissa, ja ensimmäiset valmiit alijärjestelmät tulevat olemaan valmiina testaus- ja integrointityötä varten vuosien 2015–16 vaihteessa. Varsinaisen kehitystyön taustalla ovat käynnissä teknologiset-taloudelliset analyysit ja elinkaarianalyysit, jolla varmistetaan kehitettävän konseptin houkuttelevuus potentiaalisille loppukäyttäjille.

Lisätietoja: henri.karimaki@vtt.fi

2.2.6 Järjestelmätarkastelut

Liikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat 2030, vaikutukset päästöihin ja ansantalouteen (TEM 2030, 2013 – 2014, lopullinen valmistuminen 2015)

EU:n esittämään vuoden 2030 ilmasto- ja energiapakettiin ei sisälly velvoittavaa uusiutuvan energian osuutta liikenteelle. Sen sijaan kansallisessa taakanjaossa päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennystavoite tulee kiristymään merkittävästi vuodelle 2020 asetetusta tavoitteesta, jolloin myös liikenteen CO₂-päästöjä tulee merkittävästi vähentää. Vuoteen 2030 mennessä liikenteessä joudutaan ottamaan käyttöön joukko päästöjä vähentäviä tekniikoita ja toimenpiteitä ja kullakin niistä on omat kustannuksensa ja vaikutuksensa koko kansantalouteen.

VTT:n ja VATT:n tutkimuksessa, jonka päärahoittaja oli Työ- ja elinkeinoministeriö, muodostettiin yhteensä 10 erilaista teknologiaskenaariota eli toteutuspolkua vuoteen 2030. Tässä teknologiapainotteisessa käyttövoimavaihtoehtoihin keskittyvässä selvityksessä mm. kulku- ja kuljetustapamuotoihin vaikuttaminen ja yleinen liikennejärjestelmän tehostaminen jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle, vaikka näilläkin keinoilla tulee olemaan tärkeä asema päästöjen vähentämisessä.

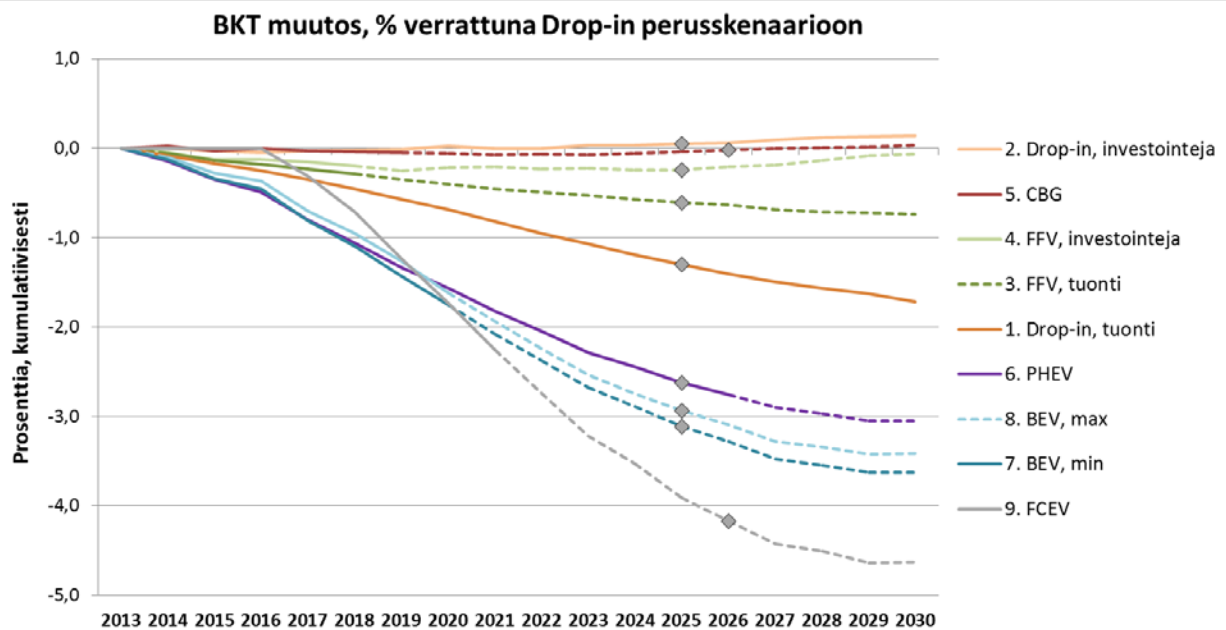
Perusskenaariossa autokalusto uudistuu normaalisti, energiatehokkuus paranee ja biopolttoaineita käytetään nykyisen jakeluvälvoitelain mukaisesti (arvio biopolttoaineiden todellisesta osuudesta 15 %). Tällä saavutetaan 21 %:n CO₂-päästövähennys vuoteen 2030 mennessä. Vielä tarvittavan 19 lisäprosentin saavuttamiseksi voidaan joko lisätä nestemäisten biopolttoaineiden osuutta tai ottaa käyttöön biokaasuautoja, erilaisia sähköautoja ja vetyä käyttäviä polttokennoautoja myöhemmällä aikavälillä. Edistykselliset biopolttoaineet eivät edellytä erikoisajoneuvojen markkinoille tuomista, mutta muut vaihtoehdot edellyttävät niille soveltuvien autojen käyttöönottoa sekä jotkut myös uuden jakeluinfratruktuurin rakentamista.

Käytännössä liikenteen koko CO₂-päästövähennystarpeen hoitaminen yhdellä ainoalla tekniikalla ei ole mahdollista, poikkeuksena nykyisen jakelujärjestelmän ja ajoneuvokaluston kanssa yhteensopivat edistykselliset biopolttoaineet. Sähkö- tai polttokennoautokantaa ei ole käytännössä mahdollista kasvattaa riittävän suureksi autojen rajoitetun tarjonnan, autokannan hitaan uudistumisen ja korkeiden kustannusten takia.

Laskennassa eri skenaarioiden automäärät pakotettiin kuitenkin niin suuriksi, että 40 %:n kokonaisvähennys saavutettiin. Vain näin päästiin tekemään kustannusvertailua eri vaihtoehtojen välillä. Kuvassa 8 on eri tekniikkapolkujen vaikutukset bruttokansantuotteeseen. Vertailussa nollalinja on 21 %:n päästövähennemään johtava "business-as-usual" –polku.

Eri käyttövoimavaihtoehtoja arvioitaessa koko kansantalouden kannalta kustannustehokkain tapa vähentää päästöjä on investoiminen kotimaisten, edistyksellisten nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon ja käyttöön. Myös biokaasu on kustannustehokas vaihtoehto, mutta vaatii kaasukäyttöisen ajoneuvokannan kasvamista ja kaasutankkausinfrastruktuurin laajenemista.

Liikenteen CO₂-päästöjen vähentämisen toteuttaminen kotimaisten biopolttoaineiden käyttöä lisäämällä on kansantalouden kannalta edullisin vaihtoehto niihin liittyvien laajojen investointien ja työllistävien vaikutusten ansiosta. Nykyisellä hintatasolla sähkö- ja polttokennoautot ovat kansantalouden kannalta selvästi kalliimpia vaihtoehtoja.



Kuva 8. Vaikutukset bruttokansantuotteeseen eri skenaarioissa (♦ =30% vähennys saavutettu, ehyt viiva kuvaa minkä suuruisiin päästövähennyksiin eri teknologioilla voidaan yltää.)

Sähköautoskenaarioissa oletukset autojen hinnasta tulevaisuudessa vaikuttavat merkittävästi tuloksiin. Nykytilanteessa sähköhenkilöauto on verottomalta hinnaltaan yli kaksinkertainen tavanomaisiin autoihin verrattuna. Sähköautojen laajamittainen käyttöönotto kannattaa vasta, kun kyseisten autojen hintataso on selvästi alentunut nykyisestä, mikä tapahtunee arviolta vuoden 2020 jälkeen.

Lopuksi hankkeessa muodostettiin teknis-taloudellisesti mahdollinen kehitysskenaario, joka on yhdistelmä nestemäisiä biopolttoaineita, biokaasua ja sähköautoja. Kustannustehokkuussyistä sähköautojen lukumäärä kasvaa siinäkin voimallisemmin vasta ensi vuosikymmenen puolivälissä.

Kehitysskenaariossa tieliikenteen energiankulutukseksi vuonna 2030 on arvioitu 3400 ktoe, josta nestemäisten biopolttoaineiden osuus on runsaat 1000 ktoe, eli 32 %. Määrä on noin kaksinkertainen verrattuna tämänhetkiseen suomalaiseen biopolttoaineiden tuotantokapasiteettiin. Sähköautoja (täyssähköautoja ja lataushybridejä) skenaariossa on 100 000 – 200 000 kappaletta ja biokaasuautoja runsaat 50 000 kappaletta. Biokaasun käytön laajuus määräytyy ensisijaisesti liikenteeseen saatavien autojen määrän, ei niinkään biokaasun tarjonnan perusteella.

Kotimainen tuotanto voidaan saada hinnaltaan kilpailukykyiseksi tuontiin nähden kohdistamalla julkista tukea uuden biopolttoaineteknologian kaupallistamiseen. Mikäli kotimaiset uuden teknologian laitosinvestoinnit viivästyvät ja jakelunelvoite halutaan silti toteuttaa, kestävien biopolttoaineiden tuonti kasvaa tai päästöjä joudutaan vähentämään muilla keinoilla.

Tutkimuksen tulokset ovat spesifisiä Suomelle, Suomen teollisuusrakenteelle (vahva metsäteollisuus mutta marginaalinen autoteollisuus) ja Suomen luonnonvaroille (esim. Keski-Eurooppaan verrattuna runsaat biomassavarat). Käytetty metodiikka on kuitenkin yleispätevä.

2.3 Edistykselliset ajoneuvot

2.3.1 Yleistä

Ajoneuvotekniikka kehittyi kovaa vauhtia. Tämä pätee niin tavanomaisella voimalinjalla varustettuihin autoihin kuin vaihtoehtoista tekniikkaa edustaviin autoihin. Perinteistä tekniikkaa edustavat raskaat ajoneuvot lähestyvät Euro VI normien myötä säänneltyjen päästöjen osalta nollassa tasolla. Henkilöautojen osalta kehitystä on tapahtunut ensisijaisesti energiatehokkuudessa, kiitos voimassa olevien hiilidioksidipäästörajojen.

VTT:llä on jatkettu todenmukaisten päästö- ja energiankulutusarvojen generointia eri ajoneuvotyypeille, ja tässä on hakeuduttu yhteispohjoismaiseen yhteistyöhön.

Sähköautojen tarjonta on lisääntynyt voimakkaasti kun useat merkittävät autonvalmistajat ovat alkaneet tarjota sähkövaihtoehtoja, joko täyssähköautoja tai ladattavia hybridejä. Sähköisten ajoneuvojen ja sähköisen liikenteen esiinmarssi perustuu pitkälti siihen tosiasiaan, että akkuteknologia ja muut sähköisen ajoneuvon keskeiset komponentit ovat nykyisin riittävän kehittyneitä. Sähköhenkilöautoissa massatuotanto on jo alkanut, mutta keskeisinä haasteina ovat edelleen rajallinen toimintasäde ja akkusähköautojen kalleus verrattuna perinteiseen teknologiaan. Sähköisissä hyötyajoneuvoissa markkinaehtoisen käyttöönoton edellytykset ovat huomattavasti paremmat. Ensimmäiset sähköbussit ovat jo markkinoilla, mutta joukkoliikennejärjestelmän sähköistäminen kokonaisuutena vaatii vielä tutkimusta ja kehitystä. Keskeisenä tehtävänä on ajoneuvojen ja kokonaisjärjestelmän suorituskyvyn, luotettavuuden ja kustannusten saaminen kilpailevien teknologioiden tasolle.

VTT:n ja ohjelman tutkimuksellisenä painopisteenä ajoneuvoteknologioiden osalta ovat raskas kalusto, hyötyajoneuvot ja työkoneet. Toteutuksen kärkenä on vuonna 2014 ollut sähköbussit. Aihepiirissä on tehty kokonaisvaltaista tutkimus- ja kehitystyötä sisältäen keskeiset komponentit kuten akustot sekä voimalinjan ja ajoneuvon toiminnan ja energiankulutuksen analysoinnin. Hyötyajoneuvoja ja työkoneita yhdistä tekijä on kaupallinen käyttö tuotannollisissa sovelluksissa, mikä takaa laitteille ja järjestelmille yksityishenkilöautoja selvästi korkeamman käyttöasteen. Sähköisen voimalinjan ratkaisujen ollessa perinteisiä teknologioita kalliimpia, on korkealla käyttöasteella positiivinen vaikutus sähköisten ajoneuvojen kokonaisjärjestelmien omistajuuden kustannusten hallinnassa. Uusien käyttövoimien ja näihin perustuvien ajoneuvojärjestelmien kustannusrakenteen arviointiin liittyvät menetelmät on ollut yksi kehityskohteista. Tällaisissa omistajuuden kokonaiskustannuksen arvioinneissa vaaditaan kokonaisvaltainen näkemys keskeisten komponenttien ja osajärjestelmien suorituskyvystä ja ominaisuuksista, sekä integroinnista ja toiminnasta osana liikennejärjestelmää.

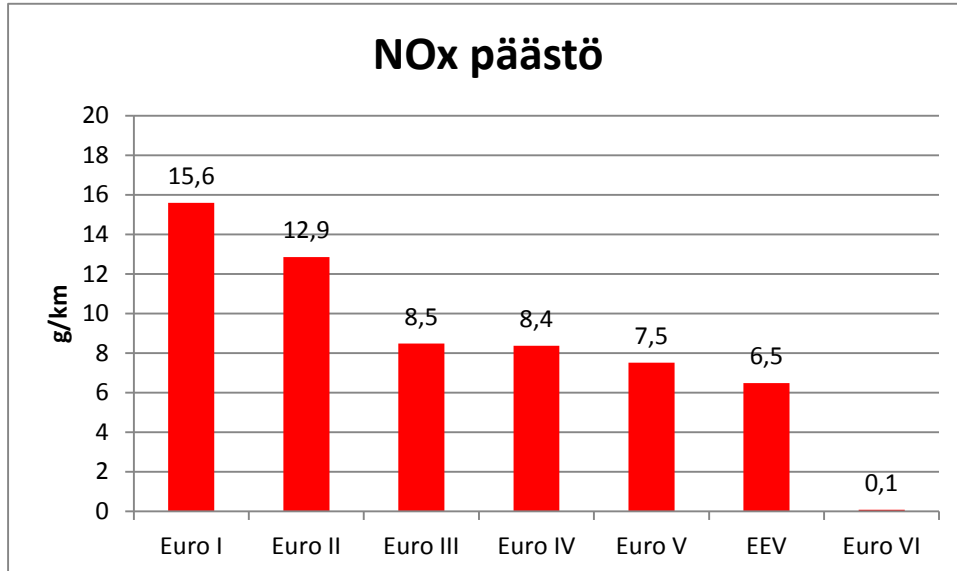
2.3.2 Perinteisten ajoneuvojen suorituskyky

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on rahoittanut autojen ympäristövaikutuksiin liittyvää tutkimusta sekä TransEco (2009–2013) että TransSmart tutkimusohjelmissa. Yksi tärkeä tehtävä on ollut totuudenmukaisten päästökertoimien tuottaminen. Perinteisesti Helsingin seudun liikenne (HSL) on rahoittanut busseihin kohdistuvaa päästötutkimusta. Niinpä Trafian rahoitusta on suunnattu pääasiassa muiden ajoneuvoryhmien (henkilö-, paketti- ja kuorma-autot) mittauksiin.

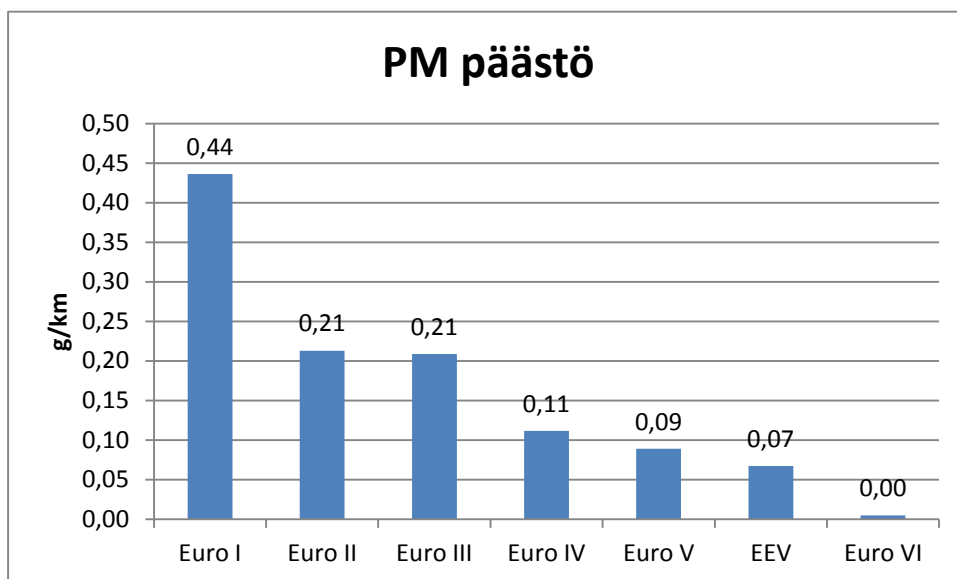
Bussien suorituskyky

Uusin bussien päästötietokantaa koskeva raportti on päivätty marraskuulle 2014 (http://www.transsmart.fi/files/223/Kaupunkibussien_paastotietokanta_2013.pdf). Raportti sisältää ensimmäiset Euro VI tasoisten bussien mittaustulokset. Kuvissa 9 (typenoksidit NO_x) ja 10 (hiukkaspäästöt PM) on päästökaiketyys eri Euro-luokille. EEV-tasolta Euro VI-tasolle näkyy hyppäyksellinen päästöjen alentuminen, erityisesti typenoksidipäästöjen osalta.

Direktiivi 2009/33/EY puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämiseksi määrittelee kertoimen päästöjen haittakustannusten laskemiseksi. Direktiivin maksikertoimia käytettäessä Euro I tasoisen yhteenlaskettu $\text{NO}_x + \text{PM}$ haitta on 0,21 €/km, Euro VI autolla enää 0,002 €/km.



Kuva 9. Bussien typenoksidipäästöjen kehitys.



Kuva 10. Bussien hiukkaspäästöjen kehitys.

Laboratoriomittauksia täydentämään käynnistettiin hanke, jossa seurataan Euro VI-päästötason kaupunkibussien päästöjä talviolosuhteissa todellisessa liikenteessä. Seuranta varten kolmeen eri valmistajan kaupunkibussiin asennettiin seurantalaitteisto, joilla havainnoidaan autojen päästöjen jälkikäsitteilylaitteiden tehokkuutta. Tulokset kenttäseurannasta eivät ole vielä raportoitavissa.

Trafín rahoittama ajoneuvotutkimus

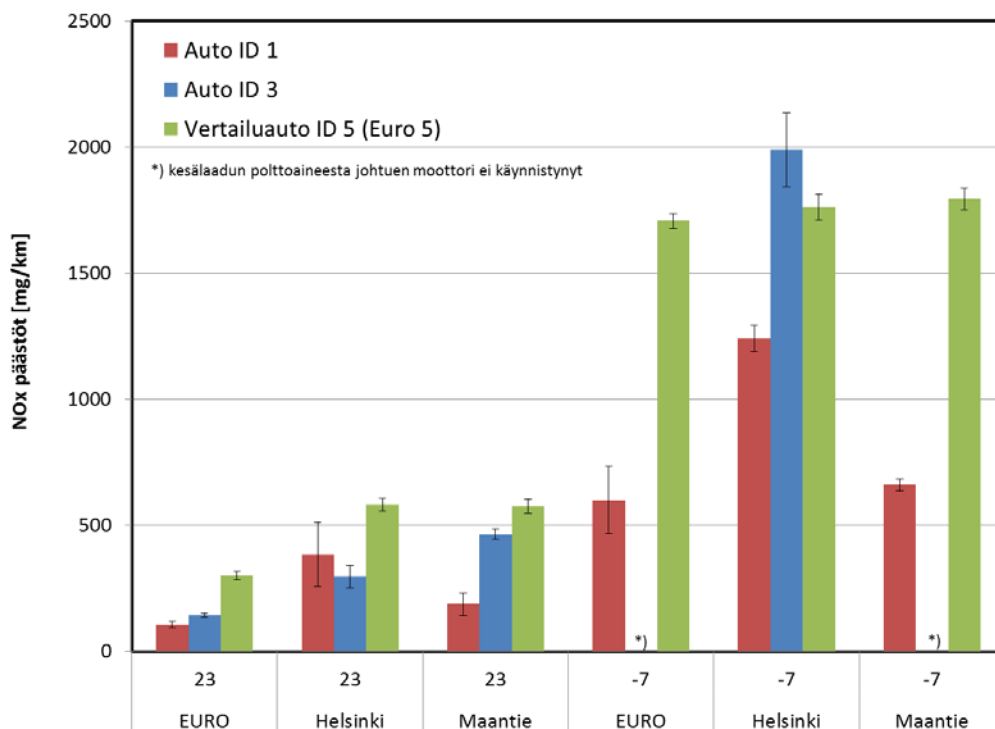
Vuonna 2014 Trafín rahoitusta ohjattiin kolmeen erilliseen tehtävään:

- Euro 6 -tasoisten henkilö- ja Euro VI-tasoisten kuorma-autojen päästökertoimet (VTT)
- Moottorijarrutuksen hiukkaspäästöt (Tampereen teknillinen Yliopisto TTY)
- Hiukkasmittaukset katsastustoiminnan yhteydessä (Turun ammattikorkeakoulu)

Nämä tehtävät on raportoitu toukokuussa 2015 päivätyssä erillisraportissa (http://www.transsmart.fi/files/230/Vuoden_2014_TransSmart_ajoneuvotutkimus_Trafille_Tutkimusraportti_VTT-R-01720-15.pdf).

Päästökertoimien määrittämiseen saatiin osarahoitusta norjalaiselta Transportøkonomisk Institutt (TØI) tutkimuslaitokselta, jota päästötutkimuksen osalta puolestaan rahoittaa Norjan tielaitos (Statens Vegvesen). Laajentamalla rahoituspohjaa ja sopimalla tulosten jakamisesta mittauksiin saatiin pohjoismaista vipuvartta. Vuodesta 2015 alkaen myös Ruotsin Trafikverket tuli mukaan tähän toimintaan.

Kuvassa 11 on kahden **Euro 6 tasoisen dieselhenkilöauton** ja yhden vertailukohtana olleen Euro 5 dieselhenkilöauton NO_x päästöt eri ajosykleissä ja testilämpötiloissa. Normin mukaisessa mittauksessa (NEDC testi, normaali huoneenlämpötila) Euro 6 raja-arvo on 0,08 g/km. Pahimmillaan NO_x päästö on luokkaa 2 g/km, eli suuruusluokkaisesti 25-kertainen raja-arvoon verrattuna.



Kuva 12. Henkilöautojen (diesel) hiukkasmaiset päästöt (PM) eri ajosykleissä ja lämpötiloissa.

Euro VI/6 päästöluokkien osalta raskaat autot näyttäisivät toimivan suhteellisesti huomattavasti paremmin kuin dieselhenkilöautot. Itse asiassa täyskokoisen bussin NO_x päästö on samalla tasolla kuin Euro 6 dieselhenkilöauton päästö parhaimmassa tapauksessa.

Kuorma-autoilla tehdyt mittaukset ovat osoittaneet, ettei polttoaineen kulutus ole lisääntynyt mentäessä Euro V luokasta Euro VI luokkaan. Tämä on jossain määrin yllättävää, sillä Euro VI -raja-arvot ovat erittäin tiukat, ja uuden päästörajan oletettiin tuovan haasteita ajoneuvojen polttoaineenkulutuksen osalta. Bussien tapaan Euro VI –kuorma-autot ovat pääosin olleet lähipäästöiltään (NO_x, PM) erittäin vähäpäästöisiä.

TTY julkaisi keväällä 2014 uutisen havainnoistaan, että **moottorijarrutus nostaa vanhempien dieselautojen hiukkaspäästöjä** merkittävästi. Ilmiötä tutkittiin lisää yhdellä bussilla ja yhdellä kuorma-autolla VTT:n raskaan kaluston alustadynamometrillä loppuvuodesta 2014. Autot olivat 7 ja 10 vuotta vanhat. Alustadynamometrillä mittauksissa voidaan tehdä kontrolloiduissa olosuhteissa ja ajosuoritteissa.

Mittauksia tehtiin sekä erityisesti tätä tarkoitusta varten tehdyillä vakionopeus-moottorijarrutus –ajosykleillä että todellista ajosuoritetta edustavalla World Harmonized Vehicle Cycle (WHVC) –mittausyklillä. Mittauksissa havaittiin vakionopeus-moottorijarrutus sykleissä selkeä hiukkaspitoisuus moottorijarrutuksen alkuvaiheessa. Pitoisuuden nousu tapahtuu tilanteessa, jossa moottoriin ei enää syötetä polttoainetta. Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä, että valtaosa moottorijarrutuksessa syntyvistä hiukkasista on haihtuvia yhdisteitä. Täten voidaan olettaa, että hiukkaspitoisuuden nousu aiheutuu mahdollisesti polttoaineen syötön katkaisun yhteydessä palotilaan jääneestä palamattomasta polttoaineesta, moottorin voiteluöljystä tai näistä molemmista.

Pahimmassa tapauksessa moottorijarrutuksen aikaisen hiukkaspäästön osuus oli vakionopeus-moottorijarrutus –syklissä molemmilla ajoneuvoilla noin neljäsosa koko sykin aikana syntyneestä hiukkaspäästöstä. WHVC-syklissä moottorijarrutuksen aikaisen hiukkaspäästön osuus koko syklin hiukkaspäästöstä oli bussilla 9 % ja kuorma-autolla 13 %. Yhteenvetona voidaan todeta, että moottorijarrutuksen aikana syntyvällä hiukkaspäästöillä on merkittävä osuus ajoneuvon kokonaispäästöön.

Uusimmissa ajoneuvoissa moottorijarrutuksessa syntyvät hiukkaset eivät oletettavasti vaikuta ajoneuvon kokonaispäästötasoon, koska pakoputkistoon asennettu hiukkassuodatin poistaa tehokkaasti kaikissa ajotilanteissa syntyviä hiukkasia. Suodattimen kuormittumisen ja tarvittavan regenerointivälin kannalta ilmiöllä on kuitenkin merkitystä.

Turun ammattikorkeakoulu (TuAMK) puolestaan käynnisti Trafia palvelevan tutkimuksen **hiukkasmittauksista katsastuksen yhteydessä**. Katsastuksessa on havaittu, ettei nykyinen savun valoläpäisykykyyn perustuvan mittausmenetelmän erottelukyky riitä tuottamaan luotettavaa tulosta hiukkassuodattimella varustetuista ajoneuvoista. Turun AMK on tehnyt vertailumittauksia uuden tyyppisellä partikkelimassan mittaukseen perustuvalla laitteella, joka tehtyjen mittausten perusteella näyttää tuottavan tarkkoja tuloksia myös pienemmillä hiukkaspäästöillä.

Lisätietoja:

veikko.karvonen@vtt.fi, petri.laine@vtt.fi, jan.rautalin@vtt.fi

topi.ronkko@tty.fi

markku.ikonen@turkuamk.fi

2.3.3 Sähköajoneuvot

Tekesin EVE-ohjelmaan (Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät 2011–2015) kuuluva, VTT:n koordinoima Sähköiset hyötyajoneuvot (Electric Commercial Vehicles) ECV-hankekokonaisuus muodostaa TransSmart-ohjelman sähköajoneuvoihin liittyvän toiminnan ytimen. VTT:n lisäksi ECV:n tutkijaosapuolia projektijaksolla 2014 - 2015 ovat Aalto yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto ja Vaasan yliopisto. Vuonna 2013 verkostossa ovat tutkimustoimijoina olleet mukana myös Metropolia ammattikorkeakoulu ja Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Verkottuneessa hankekokonaisuudessa on mukana useita yritysosapuolia: yritysten omia Tekes-hankkeita on 13 kpl. Yrityshankkeiden kanssa verkottuneen julkisen ECV-tutkimushankkeen rahoituksessa on mukana yritysrahoitusosuudella 26 yritystä. Koko ECV-verkoston tutkimuksen ja kehityksen volyyymi vuosina 2014 – 2015 on noin 18 M€, josta yrityshankkeiden volyyymi on noin 13 M€ ja sen kanssa verkottuvan julkisen tutkimuksen volyyymi noin 5 M€.

ECV – hankkeessa paneudutaan laajalti erilaisten hyötyajoneuvojen ja liikkuvien työkoneneiden sähköistykseen. ECV toimii kolmessa pääteemassa:

1. Sähkön varastointi ja akustot: sähkön varastoinnin teknologiat ja tietokanta, sovellus- ja käyttöperusteiset vaatimukset erityisesti raskaissa sovelluksissa kuten bussit ja työkoneneet, akustojen suunnitteluperusteet ja reunaehdot erityisesti sähköisissä hyötyajoneuvoissa.
2. Ajoneuvot, koneet ja niiden voimalinja: sähköisten hyötyajoneuvojen ja voimalinjojen suorituskyky, mitoitus, energiatehokkuus
3. Ajoneuvojen ja liikkuvien koneiden järjestelmät sekä lataus: raskaan kaluston latausteknologioiden kehitys ja standardointi, sähköajoneuvojärjestelmien suunnittelu, vaatimukset ja reunaehdot, järjestelmätason teknis-taloudellisten kannattavuuslaskelmien menetelmäkehitys.

Järjestelmäajattelu on noussut jaksolla 2014 – 2015 erityisen tärkeäksi elementiksi ECV-kokonaisuudessa. Erityisen vahvana aiheena näkyy bussijärjestelmän sähköistäminen.

Lisätietoja: <http://www.ecv.fi/>, mikko.pihlatie@vtt.fi

TransSmart-ohjelman teemassa ”ajoneuvot” on erityisesti yhteisrahoitteisissa ja yrityshankkeissa keskitytty seuraavien vaikuttavuudeltaan tärkeiden kokonaisuuksien edistämiseen:

1. Sähköbussit, sähköbussien keskeiset teknologiat ja järjestelmät. Joukkoliikennejärjestelmän ja kaupunkien sekä liikenteen tilaajien asettamien vaatimusten ja reunaehtojen tarkastelu kokonaisjärjestelmän toimivuuden näkökulmasta. Aihepiiriin liittyy keskeisesti mm. tarvittavaan latausinfrastruktuuriin, sen sijoitteluun ja mitoitukseen kiinnittyvät kysymykset. Kaupunkien pilottihankkeet luovat kotimarkkinaa. Keskeisiä projekteja tällä alueella: eBus (ECV:n tutkimushankkeen työpaketti eBus ja Transdevin yrityshanke), eBusSystem ja ZeEUS.
2. Sähköisten voimalinjojen keskeisten komponenttien, akustot ja sähkömoottorit, syvällisen osaamisen kasvattaminen yhteistyössä tutkimuspartnerien ja tutkimusta ohjaavien yritysten kanssa. Keskeinen projekti tällä alueella: ECV ja erityisesti sen työpaketit eStorage3 ja Tubridi.

3. Sähköistyksen ja hybridisoinnin tuomat mahdollisuudet ja edellytykset työkoneilla ja teollisissa ympäristöissä. Työkoneiden sähköistyksen konsepti- ja toteutettavuustarkastelut ja esisuunnittelu, sekä tiekartan luominen. Keskeinen projekti tällä alueella: ECV, työpaketit Tubridi ja eCharge.
4. Sähköajoneuvoihin ja sähköajoneuvojärjestelmiin liittyvän kokonaisvaltaiseen osaamiseen liittyvän tarjoaman määrittely ja kuvaus. Työtä on tehty erityisesti painottaen edellä mainittuja painopistealueita ja yhdistäen toisaalta teknologiatasoja komponenteista kokonaisjärjestelmiin, sekä toisaalta kokeellisen ja laskennallisen työn yhdistämistä yhtenäiseksi asiakkaita palvelevaksi tarjoamaksi.

TransSmart-ohjelman puitteissa tehtävän työn tavoitteena on mahdollistaa innovatiivisten ajoneuvoteknologioiden kehitys ja edistää näiden kehittämistä ja pilotointia uusiksi kaupallisiksi tuotteiksi tai palveluiksi yhdessä kehitystyöhön liittyvien yritysten kanssa. Kokonaisvaltainen tutkimus ja kehitys sekä kotimarkkinan luominen synnyttää edellytyksiä myös uuden kansainvälisen liiketoiminnan syntymiselle. Paras esimerkki uudesta yritystoiminnasta on Linkker Oy:n toiminnan käynnistyminen vuonna 2014.

Seuraavassa on esitelty muutamia edistyneiden ajoneuvojen alueella käynnissä olleita keskeisiä projekteja ja hankkeita.

eBus-hanke

eBus-hanke käynnistettiin vuoden 2012 alusta, TransEco-ohjelman aikana. Hankkeen valmistelun alulle saattanut kysymys oli – ovatko sähköbussit valmiita liikennöintiin? Hankkeen valmistelussa sisältö jaettiin kolmeen osioon. Ensimmäisessä lähdettiin kehittämään sähköbussien komponenttien testausalustana käytettävää prototyyppisähköbussia, toisessa kehittämään sähköbussien testiympäristöä, sekä testaamaan kaupallisesti saatavilla olevia sähköbusseja ja kolmannessa edistämään alan viranomais- ja yritystoimijoiden yhteistyötä sähköbussien käyttöönoton mahdollistamiseksi.

Hankkeessa toteutettu sähköbussien komponenttien testialusta ”bussimuuli” (kuva 13) on palvellut varsinaisessa käyttötarkoituksessaan ja siinä on testattu eri moottoreita, ohjaustehostimia ja kompressoreita. Metropolian ja VTT:n yhteistyönä syntyneen testibussin toimintavarmuus saatiin korkealle tasolle ja sitä on käytetty myös tavallisessa linjaliikenteessä yhden viikon ajan. Bussin kevytrakenneratkaisuiden ja edistyneen teknologian ansiosta saavutettu korkea energia- ja kustannustehokkuus kannusti hankkeessa toimineita tahoja aloittamaan konseptin kaupallistamisen. Hankkeen tuotoksena syntynyt kotimainen sähköbussivalmistaja Linkker Oy (<http://www.linkkerbus.com/>).

Kaupallisten sähköbussien testausympäristö on toteutunut ja busseja on päästy testaamaan niin linjaliikenteessä kuin laboratoriossakin. Sähköbussien liikennöinnistä vastaava operaattori, Transdev (hankkeen alkaessa Veolia Transport), on kokeillut koelinjana käytettävällä Espoon linjalla 11 yhteensä viittä eri sähköbussia. Sähköbusseista on saatu niin hyviä kuin huonojakin kokemuksia. Haasteellista sähköbussien kannalta on ollut erityisesti talviolosuhteet. Kokeilun aikana on kuitenkin opittu paljon ja edellisenä talvena yksi käytössä olleista sähköbusseista oli dieselbussia luotettavampi. Laboratoriossa tehdyissä mittauksissa on tunnistettu kriittisiä komponentteja ja teknisiä ratkaisuja, joilla on suuri merkitys koko ajoneuvon toiminnallisuuteen sekä energiatehokkuuteen. Dynamometrillä suoritettujen mittausten aikana on selvitetty miten sähköbussissa käytetty energia jakautuu ajamiseen ja eri apulaitteiden tarvitsemaan energiaan.



Kuva 13. ”Testimuuli” koeajossa Espoossa linjalla 11.

Viranomais- ja yritystoimijoiden yhteistyön lisääminen on osoittautunut oletettua tärkeämmäksi. Hankkeessa lähdettiin liikkeelle ajoneuvon turvallisuuteen liittyvistä kysymyksistä, mutta hankkeen edetessä on havaittu, että sähköbussi ei ole ainoastaan ajoneuvotekninen kysymys, vaan järjestelmäkysymys. Sähköbussien kustannustehokkuuden takaamiseksi tulee investoida latausinfrastruktuuriin, jonka luomiseen tarvitaan laajempaa yhteistyötä kaupunkien, liikenteen tilaajaorganisaatioiden, energiayhtiöiden ja liikennöitsijöiden välille.

eBus-hankkeen osapuolia ovat:

- Espoon kaupunki
- Helsingin seudun liikenne HSL
- Liikenne- ja viestintäministeriö
- Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi
- Fortum
- Kabus
- Linkker
- Visedo
- Tamware
- Leclanche
- Aalto-yliopisto
- Metropolia ammattikorkeakoulu
- VTT

Lisätietoja: mikko.pihlatie@vtt.fi

eBusSystem– electric bus systems (Tekes-yritysryhmähanke)

ECV-verkoston eBusSystem-hanke laajentaa sähköbussin tekniikkaan keskittyneen eBus-hankkeen näkökulmaa ajoneuvosta koko bussijärjestelmän toimintaan. Hanke jaottuu kolmeen eri tasoon, joista ensimmäisessä keskitytään latauksen teknistaloudellisiin kysymyksiin, toisessa latauksen järjestämistapoihin ja liiketoimintamalleihin ja kolmannessa analysoidaan länsimetron liityntälinjastoa ja mahdollisuuksia sähköistää tulevia linjoja. Tärkeäksi osa-alueeksi ovat nousseet konkreettiset käytännön kysymykset latausjärjestelmien suunnitteluun ja hankintaan liittyen, lähtien latauslaitteiden ja terminaalien

suunnittelun tuesta hankintaprosessien kehittämiseen. Lisäksi hankkeessa toteutetaan Suomen ensimmäinen sähköbussien automaattinen pikalatausasema Espoon Tapiolaan.

Sähköbussijärjestelmän teknistaloudellisiin kysymyksiin keskittyvän osan lähtökohtana on ollut tehokkaan ja edullisen lataus- ja liikennöintikonseptin luominen. Taloudellisesti tehokas sähköbussijärjestelmä perustuu käytönaikaiseen lataukseen ja pieneen akkukapasiteettiin, jolloin bussijärjestelmään tehtävä investointi pysyy matalana, bussien matkustajakapasiteetti korkeana ja akkujen elinkaari pitkänä. Käytönaikainen lataus edellyttää kuitenkin automaattisten pikalatauslaitteiden asentamista linja-autoterminaalisiin ja linjojen päätepysäkeille. Hankkeessa on valittu pääkaupunkiseudulla käyttöön otettava sähköbussien latauskonsepti, sekä valitaan käytettävät teknologiat. Tässä osuudessa on tehty erittäin läheistä yhteistyötä ECV-eCharge tutkimusprojektin kanssa hyödyntäen siellä kehitettyjä menetelmiä yrityshankkeessa.

Latauksen järjestämistapoja ja liiketoimintamalleja koskevassa osiossa on arvioitu vaihtoehtoisia tapoja jakaa sähköbussien lataukseen liittyvät tehtävät ja vastuut eri toimijoille. Tehtävien ja vastuiden jako heijastuu myös suoraan tuleviin arvoverkkoihin ja laitteiden omistukseen. Vaihtoehtoisia tapoja löytyy julkisten organisaatioiden omistamasta ja operoimasta tuotannosta palvelutuottajan omistamaan ja operoimaan palveluun. Hankkeessa on myös tunnistettu tarpeita ja kysymyksiä, joihin nykyiset hankkeet eivät tuo täysiä vastauksia. Tällaisia kysymyksiä ovat mm. kokonaisjärjestelmien innovatiivisen julkiseen hankintaan liittyvät uudet toimintatavat, jotka edellyttävät myös riittävän toimijaekosysteemin synnyttämistä. Aihepiiristä on aloitettu Tekes-hankevalmistelu.

Länsimetron liityntälinjojen analysoinnissa haetaan linjastosta ensi vaiheessa parhaiten sähköbusseille soveltuvia linjoja. Alkuvaiheessa sähköistettäviä linjoja rajoittaa eri kalustotyyppien saatavuus, sekä joissakin tapauksissa pitkät linjapituudet. Tehtyjen analyysien perusteella valmistaudutaan linjojen kilpailutuskiirroksiin, sekä terminaalien varustamiseen riittävällä määrällä latauslaitteita.

Ensimmäinen toteutettava sähköbussien automaattinen pikalatausasema sijoitetaan Espoon linjalla 11 käytettäväksi Tapiolan terminaalin pysäköintialueelle. Laitteet on tarkoitus ottaa käyttöön syksyllä 2015.

Lisätietoja: veikko.karvonen@vtt.fi

ZeEUS – Zero Emission Urban Bus System (EU FP7)

ZeEUS on tällä hetkellä Euroopan suurin sähköbusseihin liittyvä hankekokonaisuus ja lippulaivaprojekti, joka koostuu kymmenestä erillisestä demonstraatiosta yhdeksässä eri EU-jäsenmaassa. Sen on määrä tukea voimallisesti sähköbussien ja sähköbussijärjestelmien kehitystä ja edistää niiden käyttöönottoa eurooppalaisessa kaupunkiliikenteessä.

Projektia koordinoi kansainvälinen joukkoliikenteen etujärjestö UITP, ja toteuttavassa konsortiossa on jäseniä yli 40, edustaen kaikkia keskeisiä tahoja, jotka liittyvät sähköbussien ja latausjärjestelmien tekniikkaan, sähköverkkoihin sekä joukkoliikennejärjestelmän suunnitteluun ja operointiin. Mukana on myös eri avainalueiden järjestöjä sekä useita tutkimuslaitoksia ja konsulttiyrityksiä. VTT:n rooli on olla arvioimassa kokonaisuutta sekä tarjota asiantuntemusta sähköverkkojen ja latausjärjestelmien vuorovaikutuksen mallintamiseen, simulointiin ja liiketoimintamallien kehittämiseen.

Hanke pyrkii tuottamaan päätöksenteossa tarvittavaa tietoa ja ohjeita niille, jotka tulevaisuudessa ovat päättämässä joukkoliikenteen sähköistämisestä ja sähköbussijärjestelmien hankinnoista. Hankkeen kokonaisarviossa otetaan huomioon sekä sosio-ekonomiset että teknis-taloudelliset seikat, mutta myös ympäristönäkökulma ja yleinen sosiaalinen hyväksyttävyyys. Arviointi pohjautuu kustakin erillishankkeesta kerättävään

informaatioon, jonka käytettävyyttä ja yleistettävyyttä pyritään tukemaan erilaisilla mallilaskelmilla. Useimpiin osahankkeisiin liittyy myös erilaisia kyselytutkimuksia.

Hankkeen kestoajaksi on 2014-2017, ja sen kokonaisbudjetti on 22,5 M€, josta 13,5 M€ tulee Euroopan komissiolta, DG Mobility and Transport, EU:n tutkimuksen 7. puiteohjelman kautta.

Lisätietoja: <http://zeeus.eu>, juhani.laurikko@vtt.fi

2.3.4 Laivatekniikka

Laiva muodostaa kokonaisen energijärjestelmän pienoiskoossa. Kokonaisjärjestelmän (sisältäen itse propulsiojärjestelmän että kaikki laivan apujärjestelmät) optimointi mahdollistaa sekä energian kulutuksen että kustannusten minimoinnin.

VTT koordinoi laivojen energiatehokkuushanketta SET (Ship Energy Efficiency Technologies). Hankkeen partnerit ovat ABB, Alfa Laval, Aker Arctic, Deltamarin ja Aalto-yliopisto. Hanke luotaa suomalaista laivanrakennusteknologiaa eteenpäin, sillä laivojen energiankäyttöön ja ympäristöystävällisyyteen liittyvä lainsäädäntö ja asiakkaiden vaatimustaso vahvistuvat ympäristömyötäisen ajattelun ja energianhintojen nousun myötä.

Lainsäädäntö asettaa päästö- ja energiatehokkuusvaatimuksia, kuten ECA (ns. rikkidirektiivi), EEDI (energiatehokkuusindeksi), SEEMP (EU:n energiatehokkuusdirektiiviä myötäilevä IMO:n laatima jatkuvan parantamisen malli). Polttoaineen hinnan nousu ja asiakkaiden ympäristömyötäiset vaatimukset vahvistavat kaupallista tarvetta löytää energiatehokkaita ratkaisuja. Merenkulku kylmillä alueilla tuo uusia suorituskykyvaatimuksia, jotka ovat energiatehokkuuden kanssa ristiriitaisia.

Energiatehokkuus on otettu suunnittelussa huomioon keskittyen tiettyihin staattisiin olosuhteisiin tai ääriolosuhteisiin, joilla suorituskyky pystytään takaamaan, mutta jotka eivät vastaa tavallisia käyttöolosuhteita. Tämän vuoksi jokapäiväisessä liikenteessä laivat operoivat melko kaukana optimitehokkuuspisteestään. Tutkimuksissamme olemme osoittaneet, että esim. risteilyaluksissa on suuria lämpömääriä, jotka suoranaisesti hukataan ympäristöön. Automaation ja anturien yleistyessä on saatavissa tietoa laivojen operoinnista. Tämä tieto tulee käyttää hyväksi, jotta laivan kaikki prosessit voidaan mitoittaa siten, että ne täyttävät vaatimukset, mutta toimivat tehokkaasti myös tavallisissa keskimääräisissä operointiolosuhteissa. Hanke toteutetaan neljän case -laivoja analysoimalla ja kehittämällä uusia energiatehokkaita teknologioita kohti nk. nollapäästölaivaa.

Hankkeen merkitys on kaksijakoinen: 1) Kehitämme uusia vientiteknologioita suomalaiselle meriteollisuudelle. Merkittävä osa teknologioista on ns. tietoperustaisia, sillä ne perustuvat mittauksiin ja energiankäyttömalleihin kylmissä oloissa operoivista aluksista. 2) Tehostamme laivaliikenteen energiankäyttöä luoden arktiset energiatehokkaat ratkaisut näytteiksi osaamisestamme.

Laivanrakennus on vientiteollisuuden kannalta keskeinen työllistäjä Suomessa. Telakoiden ajoittaisesta heikosta kunnosta huolimatta alihankintaketjut, komponentteja ja tietoteknologioita tuottava teollisuus on erityisen vahvaa. Mittauksiin perustuva mallipohjainen lähestyminen mahdollistaa energiatehokkaiden konseptien nopean vertailun sekä laivan konseptoinnin ja myynnin tukityökalun kehittämisen. Tämä parantaa laivateknologian toimittajien asemaa maailmalla. Maamme laivaliikenne käyttää polttoainetta 800 000 tonnia vuodessa. Rikkidirektiivin myötä merkittävä osa operaattoreista siirtyy käyttämään kevyttä polttoöljyä, hinta n. 650 euroa/tonni. Aiempien tutkimustemme perusteella 5 % tehostaminen polttoaineen käytössä on ollut saavutettavissa melko yksinkertaisin toimin. Tutkimusprojektissa kehitetyt teknologiat tähtäävät 20...30 % säästöihin. Jos oletetaan 5 % säästö koko Suomen laivastolle, tämä tarkoittaa 26 miljoonan euroa säästöä ja vastaavaa positiivista muutosta maamme kauppataseessa.

SET-projektissa käytetään laivoista mitattua tietoa niiden energiankäyttömallien luomiseen ja sitä kautta energiankäytön tehostamiseen. Projektissa analysoidaan erilaisten kylmissä olosuhteissa operoivien laivojen energiankäyttöä ja etsitään ratkaisuja energiankäytön tehostamiseksi. Tuloksena luodaan uusia tehokkaita koneistoratkaisuja, jotka on mitoitettu laivojen todellisen operointidatan pohjalta ja siten ovat energiatehokkaita todellisissa operointiolosuhteissa.

Mittaustietoon ja ajoprofiiliin perustuva mallipohjainen tapa suunnitella energiatehokas laiva on uusi. Laivan koneisto mitoitetaan perustetaan aikariippuvaan ajoprofiiliin ja laiva mitoitetaan siten, että sen energiatehokkuus on parhaimmillaan todellisissa toimintapisteissään (vrt. perinteinen mitoitus maksivauhtiin ja -tehoon). Mitoitus voidaan toteuttaa osin vanhoilla teknologioilla. Maksimitehoasetus on huomioitava mitoituksessa siten, että laivan suorituskyky säilyy, mutta sitä ei käytännössä tule mitoittaa energiankäytön optimipisteeksi.

Uudet teknologiat, kuten energiavarastot, säätökäytöt, lämmön talteenottojärjestelmät jne. auttavat tehostamaan laivan energiankäyttöä entisestään, koska niiden avulla voidaan huipputehon tarpeita ja vähentää energiaa hukkaavia transientteja. Arktisissa ja kylmissä oloissa operoidessa transienttien vähentämisellä on erityinen rooli, koska jäissä kulkevien alusten kuormanvaihtelut ovat tavallista suurempia. Projekti toteutetaan tuomalla yhteen laivojen operointitieto ja laivan koneiston pääkomponenttien suunnittelutaito- ja tieto, jotta voidaan optimoida suunnittelussa olevan laivan energiatehokkuus kokonaisvaltaisesti.

Lisätietoja:

guangrong.zou@vtt.fi

kari.tammi@aalto.fi

2.4 Älykkäät liikennepalvelut

2.4.1 Yleistä

Ihmisten ja tavaroiden kuljettaminen on hoidettava tulevaisuudessa nykyistä tehokkaammin ja vähemmän päästöin uusia innovatiivisia ratkaisuja ja kehittynyttä teknologiaa hyödyntäen. Uuden liikenneinfran rakentamisen asemesta painopiste siirtyy kohti digitaalisiin palveluita sekä sujuvampia multimodaalisia matkaketjuja ja yhdistettyjä kuljetuksia. Uusien liikennepalveluiden kokeilualustoina toimivat kaupungit ja liikennekäytävät mahdollistavat ketterien kokeilujen ja todennusten avulla käyttäjakeskeisten palveluiden ja kehittyneen teknologian käyttöönottamista.

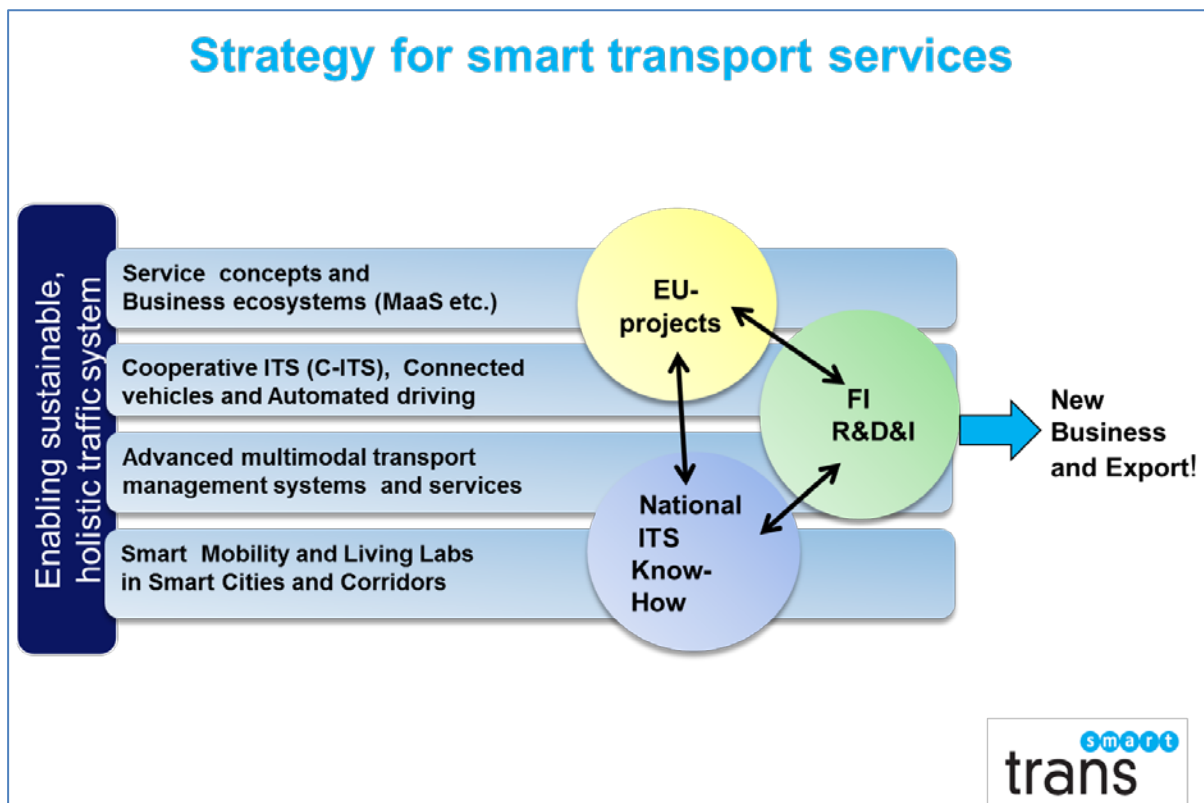
Älykkään liikenteen, liikkumisen ja logistiikan markkinat ovat murroksessa. Älyliikenteen liiketoiminta on ollut pitkälti B2G ja B2B –painotteista, mutta nyt myös kuluttajamarkkinat ovat kiihtymässä. Uusiin toimintamalleihin ja innovaatioihin kuuluvia avainsanoja ovat ekosysteemit, PPPP (public-private-people partnership), joukkoistaminen, sosiaalinen media ja ”Liikkuminen palveluna” –konsepti (MaaS - Mobility as a Service). Teknologiapuolella kehitys- ja sovelluskohteita ovat mm. digitalisointi ja IoT, vähäpäästöiset kulkuneuvot, C-ITS (yhteistoiminnalliset järjestelmät) ja itseohjautuvat ajoneuvot sekä mahdollistavat paikannus- ja tietoliikenneteknologiat (ml. 4 ja 5G). Tavarakuljetusten osalta mm. verkkokaupan kasvu synnyttää uudenlaista palveluliiketoimintaa logistiikka-alalle.

Maailmalla yksi vahvimmin kasvava toimiala älyliikenne on korkealla myös kansallisella agendalla TEM:n ja LVM:n hallinnonalojen strategisten tavoitteiden myötä (kuten hallitusohjelman kärkihankkeet, Team Finland ja MaaS-kasvuohjelma). Liikenteen digitalisaatio tulee osaltaan mahdollistamaan uusia toimintamalleja, uutta liiketoimintaa ja uusia työpaikkoja myös Suomeen – edellyttäen, että Suomi osaa hyödyntää muutosta omilla vahvuuksillaan sekä olla tarpeeksi viisas ja rohkea edelläkävijä. Päinvastaisessa tapauksessa työpaikat vähenevät.

2.4.2 Toimintamalli ja painopistealueet

”Älykkäät liikennepalvelut” -teema tarjoaa TransSmart-ohjelman puitteissa älyliikenteen yhteistyöalustan, rakentaa arvoverkkoja ja palveluekosysteemejä, nopeuttaa uusien käyttäjäkeskeisten palveluiden ja kehittyneen teknologian käyttöönottoa, tukee julkisen sektorin päätöksentekoa sekä edistää yritysten tuotekehitystä, liiketoimintaa ja kansainvälistymistä. Ketterät kokeilut ja arvioinnit ovat avainasemassa uusien toimivien ratkaisujen markkinoille tulon nopeuttamiseksi. Puolueettomasti ja ammattimaisesti tehdyt hyötyjen todennukset tukevat myös yritysten kansainvälistymistavoitteita ja vientiä. Yritysten kansainvälistymistä ja verkostoitumista tuetaan myös osallistuttamalla niitä EU-hankkeisiin.

Teema tavoittelee T&K-tulosten nopeaa hyödyntämistä niin yritysten lyhyemmän aikavälin kuin kansallisten strategisten pidemmän aikavälin tavoitteiden näkökulmasta. Toiminta painottuu konkreettiseen projektiyhteistyöhön yritysten, julkisen sektorin ja muiden tutkimuslaitosten kanssa nykyisten ongelmien ratkaisemiseksi ym. tavoitteiden saavuttamiseksi sekä uusien mahdollisuuksien hyödyntämiseksi ja ennakoitavien haasteiden taklaamiseksi. Toiminta kattaa palvelukonseptien kehittämisen sekä palveluiden testauksen, demonstraatiot, pilotoinnin ja arvioinnin. Tulosten levittämisessä ja ”tutkimusvaikuttamisessa” tähdätään tieteellisiin julkaisuihin ja esityksiin alan merkittävässä tapahtumissa (kuten ITS World Congress ja TRB). Teema osallistuu älyliikenteen ja sen palveluiden kehittämiseen erityisesti neljällä painopistealueella, jotka on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. ”Älykkäät liikennepalvelut” –teeman keskeiset painopistealueet ja toimintamalli

Lisätietoja: raine.hautala@vtt.fi

Seuraavassa on esitetty esimerkkejä teeman projekteista ja muista aktiviteeteistä painopistealueittain. Jotkut projektit voivat kuulua useampaan painopistealueeseen. Tarkemmat projektikuvaukset löytyvät TransSmart-ohjelman hankekorteista.

2.4.3 Palvelukonseptit ja liiketoimintaekosysteemit

BECSI (Business ecosystems and platforms for innovations) 2014 - 2015

Tekes-projekti pureutuu Suomen innovaatiopolitiikan ja innovaatiojärjestelmien kehittämistarpeisiin ja suosituksiin ekosysteemien näkökulmasta esimerkkeinään maailmanluokan palkitut älykaupungit 2010-luvulla ja tarkasteltavana palveluekosysteeminä suomalainen tiesääalan yritysytteenliittymä FIRWE (Finnish Road Weather Excellence - Arctic Machine, Foreca, Teconer ja Vaisala). Tutkimusprojektin toteuttajat ovat Oulun yliopisto, Lappeenrannan yliopisto ja VTT. Ohjausryhmän muodostavat Euroopan investointipankki, Teknologiateollisuus, TEM ja Tekes. Tutkimusvaihdon kohdemaat ovat USA, Alankomaat ja Taiwan.

Lisätietoja: raine.hautala@vtt.fi, ville.valovirta@vtt.fi

COSMOS (IoT for smart transport services) 2014 – 2016

Digile-IoT -projektissa kehitetään yhdessä yritysten kanssa erityisesti autoilijoille ja matkailijoille suunnattavia palveluita demonstraatioiden ja kokeilujen kautta. Palvelut hyödyntävät mm. autojen keräämää tietoa ja joukkoistettua tietoa. Tutkimuksellisia tarkastelukohteina ovat myös palvelukonseptit ja liiketoimintaekosysteemit. Tekes-rahoitteista projektia ovat toteuttaneet VTT, Cinia, Falck, Multiprint ja Vediafi.

Lisätietoja: raine.hautala@vtt.fi, <http://www.vtt.fi/medialle/tilannetaajiset-alyliikennepalvelut-tulevat-kuluttajille>

FIRWE (Finnish Road Weather Excellence) 2012 - 2015

Projektissa on kehitetty korkeatasoiseen ja monipuoliseen suomalaiseen tiesääosaamiseen perustuvia vientikelpoisia tiesään, mittausteknologian ja talvikunnossapidon tuotteita, jotka toimivat yhteensopivina modulaarisina tuote- ja palvelukokonaisuuksina (kuten tien olosuhteiden mittausratkaisut, tienhoitoyksiköiden tiedonkeruujärjestelmien yhdistäminen sää- ja kelipalveluihin sekä teiden talvikunnossapidon päätöksentekojärjestelmän uudet toiminnallisuudet).

Projektikonsortion muodostavat Arctic Machine, Foreca, Teconer, Vaisala ja VTT. Muita yhteistyökumppaneita ovat olleet Liikennevirasto, ELY-keskukset, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi sekä Destia, NCC Roads ja Oulun yliopisto. FIRWE:ssä kehitettyä teknologiaa ja palvelukomponentteja on testattu ja hyödynnetty Suomen lisäksi Venäjällä, Isossa-Britanniassa ja USA:ssa yrityskohtaisten pilotointien yhteydessä. Projektia ja sen tuloksia on esitelty laajasti alan merkittävässä kotimaisissa ja kansainvälisissä tapahtumissa (ITS World ja ITS Europe kongressit, TRB, SIRWEC, PIARC) muun kv. tiedonvaihdon lisäksi (pohjoismaat, USA, Japani) sekä tehty useita artikkeleita (tieteelliset julkaisut ja ammattilehdet).

Lisätietoja: raine.hautala@vtt.fi, <http://www.vtt.fi/suomalaisella-osaamisella-parempia-tuotteita-ja-palveluja-talvikunnossapitoon>

2.4.4 Yhteistoiminnalliset järjestelmät (C-ITS) ja automaattiajaminen

DRIVE C2X - Driving implementation and evaluation of C2X communication technology in Europe (EU FP7) 2011 – 2014

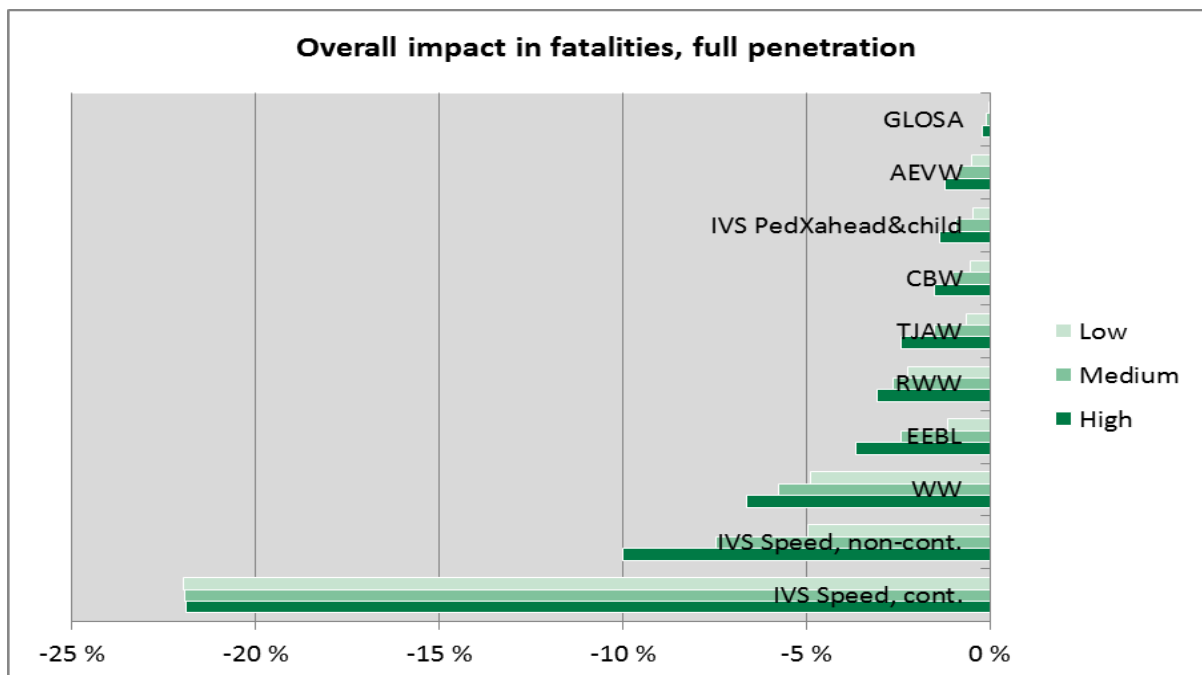
Seitsemässä Euroopan maassa selvitettiin yhteistoiminnallisten järjestelmien vaikutuksia laajoilla kenttäkokeilla. Kenttäkokeiden päätavoitteena on tuoda järjestelmiä tavallisten liikkujien käyttöön, tutkia teknistä toimivuutta laajamittaisessa soveltamisessa, havainnoida, miten kuljettajien tai liikkujien käyttäytyminen muuttuu, arvioida muutoksia suhteessa liikenteelle asetettuihin tavoitteisiin sekä luodata kuljettajien mielipiteitä ja omia havaintoja

järjestelmistä. Kenttäkokeissa oli mukana 750 eurooppalaista henkilöauton kuljettajaa, joista 80 oli suomalaisia. VTT vastasi järjestelmien tiedonkeruusta, tulosten evaluoinnista ja Suomen kenttätestien järjestelyistä.

Hanke tuotti tietoa kahdeksan yhteistoiminnallisen järjestelmän toteutuksesta ja vaikutuksista. Yhteistoiminnalliset varoitusjärjestelmät voivat kertoa esimerkiksi edessä olevasta rikkiäisestä ajoneuvosta, tietöistä ja moottoritielle pysähtyneestä jonosta. Varoitus voidaan saada myös takaa lähestyvistä hälytysajoneuvosta, huonosta kelistä sekä lapsi-, suoja- ja muista väistämisen- tai pysähtymisvelvollisuutta koskevista liikennemerkkeistä.

Järjestelmien osoitettiin parantavan erityisesti liikenteen turvallisuutta merkittävästi. Kokeilussa mukana olleilla järjestelmillä arvioitiin olevan 30 prosentin potentiaali vähentää liikennekuolemia, kun useita järjestelmiä on käytössä yhtä aikaa. Viitteitä oli myös ympäristön kannalta myönteisistä vaikutuksista ja liikkumisen mukavuus parani. Kuljettajien hyväksyntä järjestelmille oli hyvä, samoin järjestelmien tekninen toimivuus. Tulokset vaikuttavuudesta ovat tärkeitä tehtäessä päätöksiä järjestelmien käytön edistämiseksi, esimerkkinä viranomaisten tekemät tieympäristöön tarvittavat asennukset ja kommunikaatiojärjestelmät. DRIVE C2X hankkeen tuloksia hyödynnetään mm. Euroopan komission vuoden 2014 lopulla käynnistämässä C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) Platformissa.

Kuvassa 15 on havainnollistettu DRIVE C2X hankkeen turvallisuusvaikutuksia.



Kuva 15. DRIVE C2X hankkeen järjestelmien turvallisuusvaikutuksia.

Lisätietoja: pirkko.rama@vtt.fi, satu.innamaa@vtt.fi, sami.koskinen@vtt.fi,
<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-analysoi-autojen-uusien-varoitusj%C3%A4rjestelmien-vaikutuksia-liikenneturvallisuus-ja-ajomukavuus-paranivat>

MOBiNET (Europe-Wide Platform for Cooperative Mobility Services), EU FP-7, 2012 - 2016

Projektissa kehitetään, otetaan käyttöön ja operoidaan avoin monen toimijan tekninen ja hallinnollinen alusta Euroopan laajuisille liikkumispalveluille. Projektin keskeiset innovaatiot pyrkivät poistamaan yhteistoiminnallisten palveluiden käyttöönottoon liittyviä esteitä. Euroopan komission rahoittama iso projekti, jossa VTT:n kumppaneina ovat ERTICO, TNO, DLR, CGI, Telecom Italia, RACC, ICCS, SINTEF, North Denmark Region, Pluservice, Tecnalía, Transport for London, Xerox, Topos, Volvo Technology, Peek Traffic, CRF, NEC, CTAG, IRU, Allianz, NPRA, Swarco Mizar, Thales.

Lisätietoja: juho.kostainen@vtt.fi, <http://www.mobinet.eu/>

CoMoSeF (CoOperative Mobility Services of the Future), EU Celtic Plus programme, 2012 -2015

Projektissa kehitetään ja testataan ajoneuvojen ja infrastruktuurin välistä tiedonvaihtoa sekä älyliikenteen palveluita ja ratkaisuja parantamaan liikenneturvallisuutta Suomen lisäksi Ranskassa, Luxemburgissa, Romaniassa, Espanjassa, Turkissa ja Etelä-Koreassa. Projektin tuloksena syntyneellä kommunikaatiojärjestelmällä kuljettajille voidaan antaa ajantasaista tietoa säästä, keliolosuhteista ja liikenteen tapahtumista. Nämä yhteistoiminnalliset järjestelmät laajentavat ajoneuvojen ”havaintokenttää”, jolloin kuljettajat ja autot pystyvät ennakoimaan paremmin edessä olevia liikennetilanteita ja tekemään niiden edellyttämiä päätöksiä esimerkiksi tilannenopeuksien tai reittien valinnassa. Nämä ratkaisut ovat yksi askel kohti automatisoitua älykästä liikennettä. VTT:n kumppaneina projektissa ovat Mobisoft Oy, Ilmatieteen laitos, Infotripla, Taipale Telematics, Centria, CRP Henri Tudor, HITEC Luxembourg, Technical University of Cluj-Napoca, AROBS Transilvania, UBRIDGE, ISBAK, EPT, IKUSI, CBT, INNOVALIA, Koc Systems, Otokar, UTC Lab Heudiasyc, Viveris, Thales.

Lisätietoja: joan.scholliers@vtt.fi, <http://www.vtt.fi/medialle/autojen-ja-tieverkoston-vaellinen-tiedonvaihto-lisaa-liikenneturvallisuutta>

e-Call 2013 -2014

Yleiseurooppalaisen autojen automaattisen hätäviestijärjestelmän eCallin käyttöönoton tukiprojektit (Suomi, EU) sekä eCall-testaustyökalun kehittäminen ja kv. lisensointi. Kansallisella tasolla määriteltiin Suomessa tarvittavat testaukset ennen eCallin käyttöönottoa ja laadittiin ko. testaussuunnitelma Trafín rahoittamana muina yhteistyökumppaneina LVM, LIVI, SM, Hätäkeskuslaitos ja Ramboll. http://www.lvm.fi/docs/fi/2497123_DLFE-20065.pdf

Kansainvälisellä tasolla saatettiin vuonna 2014 loppuun laaja 9 maata kattanut HeERO – projekti (Harmonised eCall European Pilot, <http://www.heero-pilot.eu/view/en/home.html>), jonka keskeisenä tehtävä oli ymmärryksen lisääminen eCallin käyttöönotosta ja siihen liittyvistä vaatimuksista ja kehitystarpeista testausten ja tutkimuksen avulla. Lisäksi VTT on kehittänyt eCall-testaustyökalun, joka on lisensoitu Australiaan ja Iso-Britanniaan.

Lisätietoja: mikko.tarkiainen@vtt.fi, risto.oorni@vtt.fi

2.4.5 Kehittynyt liikenteenhallinta

Liikennelabra (liikenteen sähköiset palvelut) kokeilu 2014 – 2015

Avoimiin rajapintoihin perustuvan kokeilun tavoitteena on edistää liikenteen sähköisten palvelujen kuluttajamarkkinoiden syntymistä ja selvittää palvelujen vaikutuksia. Kokeilu koskee uusia toimintamalleja ja teknisiä ratkaisuja sekä viranomaisten ja yritysten yhteistyötä palvelujen kehittämisessä. VTT:n tutkimus tukee Liikennelabra-kokeilua jakautuen kolmeen

osaan: (1) Tietoturva ja yksityisyyden suoja, (2) Vaikutusarviointi ja (3) Liiketoimintaekosysteemi. Kokeilun rahoittavat LVM, LIVI, Trafi, Tekes ja Helsingin kaupunki. Osana Liikennelabra-kokeiluhanketta on selvitetty mm. kilometriveron vaikutuksia liikkumiseen.

Lisätietoja: satu.innamaa@vtt.fi, pirkko.rama@vtt.fi, <http://www.vtt.fi/medialle/kilometrivenon-vaikutuksista-kuluttajakysely-nykyistä-useampi-valitsisi-joukkoliikenteen>

2.4.6 Älykkäät kaupungit ja liikennekäytävät

InnoCity (Scaling-up complex urban innovations) 2013 – 2015

Projektissa muodostetaan kuva kaupunkiympäristön innovaatioiden kehittämisestä ja skaalautumisesta analysoimalla esimerkkitapauksia kaupunkiympäristön innovaatioista kattaen liikenteen, rakennetun ympäristön, energian, vesi- ja jätehuollon sekä viestintäpalvelut. Projektissa kehitetään työkalupakkia skaalaamisprosessien edistämiseen soveltuvista keinoista (mm. vaikutusarvioinnit, elinkaariarvioinnit, kustannus-hyöty-analyysit, riskianalyysit) sekä pilotoidaan ja hyödynnetään työkaluja käynnissä olevissa muutosprosesseissa nopeuttaen samalla innovaatioiden skaalautumisen prosessia. Projektin rahoittavat Tekes, VTT sekä Espoon, Helsingin ja Oulun kaupungit.

Lisätietoja: vile.valovirta@vtt.fi

2.5 Liikennejärjestelmä

2.5.1 Yleistä

Liikennejärjestelmä on murroksessa. Hiilineutraaliuteen, resurssitehokkuuteen, palveluistumiseen ja automaatioon liittyvien tavoitteiden saavuttaminen vaatii suuria systeemiä muutoksia, transiitioita, joiden hallintaan tarvitaan erityistä T&K –panostusta. Kehittyvä teknologia tarjoaa monia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia tavoitteiden saavuttamiseksi. Mahdollisuuksien hyödyntämiseksi tarvitaan teknologisten edistysaskelten lisäksi muutosta myös muilla sektoreilla, kuten liikennejärjestelmän loppukäyttäjien arvoissa ja asenteissa, yritysten toimintamalleissa sekä julkishallinnon toimintalinjoissa. Erityisen tärkeää on yhteistyö eri toimijoiden kesken.

Muutoksia eteenpäin vievät liikennejärjestelmän erilaiset toimijat (liikenteen hallinnonalan virastot, kaupunkiseutujen yksityiset ja julkiset toimijat) tarvitsevat päätöstensä tueksi systemaattista, puolueetonta, faktoihin perustuvaa tutkimustietoa siitä, minkälaiset ratkaisut tehokkaimmin edistävät liikennejärjestelmän tavoitteiden toteuttamista. On tarpeen pohtia yhteisiä visioita ja niiden toteutuspolkuja, selvittää palvelujen hyväksyntää, järjestelmien käytön laajuutta ja määrää, vaikutuksia liikkumiseen, kasvihuonekaasupäästöihin sekä olemassa olevaan liiketoimintaan, uusien palvelujen synnyttämiseen, jne.

TransSmart-kärkiohjelman liikennejärjestelmäteema osallistuu liikennejärjestelmän kehittämiseen tuottamalla tietoa erityisesti kahdesta näkökulmasta. Nämä ovat:

1. Ennakoinnin ja vaikutusarvioinnin menetelmät ja työkalut, jotka tukevat vähähiilisen liikennejärjestelmän strategista suunnittelua ja päätöksentekoa EU:n, kansallisella ja kaupunkiseutujen tasolla. Kokonaisuuteen kuuluvat mm. visioiden, skenaarioiden ja tiekartat, politiikka- ja markkinainstrumentit, liikkumiskäyttäytymisen ja sen muutosten analyysit, asiantuntija-arviot ja mallinnus, sidosryhmäanalyysit, tulevaisuuden toimijaverkostot sekä liikkumisen ja kuljettamisen hiilijalanjälki, vaikutusarviot ja päästöinventaarit.

2. Räätylöidyt kenttätutkimukset ja asiantuntija-arviot liikenteen palveluiden ja sovellusten hyväksyttävyyden ja vaikutusten tutkimiseksi. Vaikutusarvioiteja tehdään liikkumisen määrän ja laadun, hyväksyttävyyden, turvallisuuden sekä kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmista.

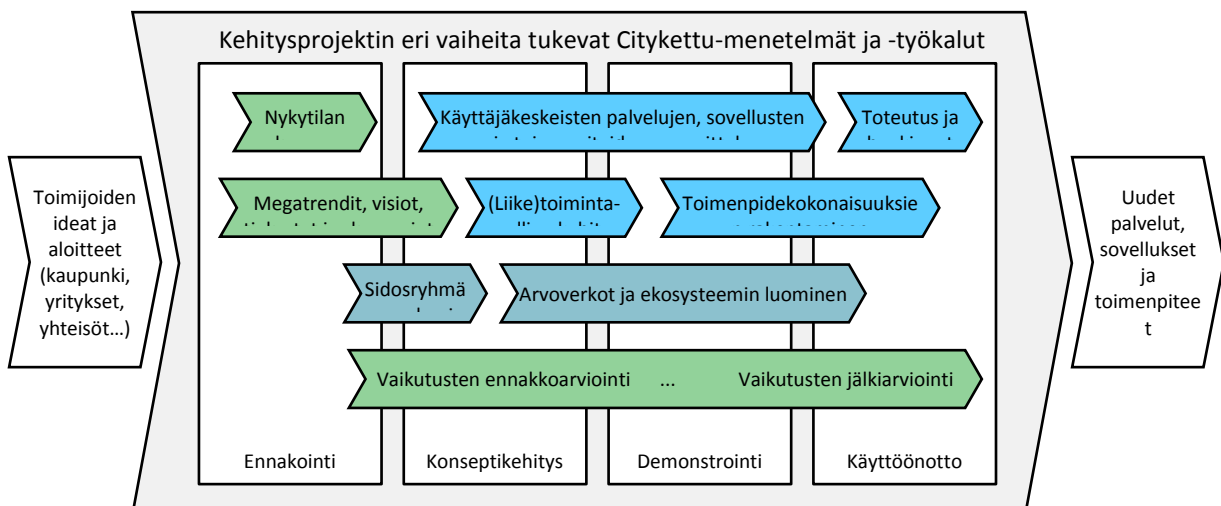
Seuraavassa on esitelty muutamia liikennejärjestelmäteemassa tehtyjä kehityshankkeita ja tutkimuksia viime vuosilta. TransSmartin toiminnassa älykkäät liikennepalvelut ja liikennejärjestelmä –teemat kytkeytyvät läheisesti toisiinsa, ja osa hankkeista voidaan hyvinkin luokitella kuuluvan kumpaankin teemaan (hyvänä esimerkkinä aiemmin esitelty DRIVE C2X –hanke).

2.5.2 Smart city -tarjoaman kehittäminen älykkään ja vähähiilisen kaupunkiliikenteen edistämiseksi

Vuosien 2014 ja 2015 aikana TransSmartin smart city -tarjoama on tuotteistettu Citykettu-kokonaisuudeksi. CityKettu on menetelmien ja työkalujen kokonaisuus, joka soveltuu käytettäväksi erityisesti kaupunkiseutujen kehitysprojekteissa kohti älykästä ja vähähiilistä liikennejärjestelmää. Työkalut tukevat julkisen sektorin, yritysten, tutkimusosapuolten ja muiden sidosryhmien yhteisten kehittämisprojektien elinkaaren eri vaiheita. Ne edistävät älykkään kaupungin päämäärää ylläpitää ja parantaa asukkaidensa elämänlaatua kehittynyttä tieto- ja viestintäteknologiaa (ICT) hyödyntävillä ratkaisulla.

CityKettu kokoaa yhteen ennakkoinnin, konseptikehityksen, demonstroinnin sekä käyttööntovaiheen menetelmiä ja työkaluja, joita voidaan hyödyntää erilaisina yhdistelminä riippuen kehitysprojektin laajuudesta ja kypsyydestä. Kaupungin, yrityksen, yhteisön tai muun kaupunkiseudun toimijan esiin tuoman idean tai aloitteen eteenpäin viemistä on tutkittava ja edelleen kehitettävä monitahoisessa toimijakentässä ottaen huomioon kaupungin systeemiset rakenteet. Muutoin idean toteuttaminen voi jäädä tekniseksi kokeiluksi tai kohdata muuten arvaamattomia esteitä. Citykettu-menetelmät ja -työkalut edistävät idean etenemistä kohti toteutusta.

Kuvassa 16 on esitetty Citykettu-kokonaisuuden työkalut.



Kuva 16. Citykettu-kokonaisuuden työkalut (vihreät ja siniset laatikot).

TransSmart liikennejärjestelmätutkimuksen tavoitteena on edistää kokonaisuuden kannalta parhaiksi havaittujen, liikenteelle asetettuja tavoitteita edistävien keinojen tunnistamista ja hallittua käyttöön ottoa ennakointi- ja vaikutusarviointitietoon perustuen. Tämä edistää liikennejärjestelmän kestävyttä, turvallisuutta, tasa-arvoa ja sujuvuutta sekä luo edellytykset uusien toimintamallien syntymiselle.

2.5.3 Logistiikka

COFRET - Carbon footprint of freight transport (EU FP7)

Projekti saatiin päätökseen 2014, ja projektin lopputulokset työstettiin kansainvälisen standardoimisjärjestö ISO:n ”standardin esiateeksi”: international workshop agreement (IWA 16:2015). Substanssituloksina projekti tuotti tavaraliikenteen kuljetusketjujen hiilijalanjälkilaskennan menetelmällisiä kehitysaskelaita ja käynnisti tiiviin sidosryhmäyöskentelyn kuljetusyritysten ja muiden sidosryhmien kanssa. VTT:n ja Suomen kannalta keskeisiä oppeja saatiin menetelmälliseen osaamiseen (ml. EN 16258:2012 - standardin soveltaminen käytännössä), tietotaidon jalkauttamiseen kansallisille toimijoille sekä tapaustutkimuksesta UPM:n kanssa.

. Työn aikana esille nousseita jatkotutkimustarpeita vietiin aktiivisesti eteenpäin H2020-ohjelmaan, josta lopputuloksena on tehtäväkuvaus MG-5.3-2016 vuoden 2016 tutkimusohjelmassa. Alustavat keskustelut COFRET-konsortion avainpartnerien kesken hakemuksesta ovat jo käynnissä. Projektin konkreettisia tuloksia ovat tutkimusraporttien ohella jornaalijulkaisu, vahvan kansainvälisen yhteistyön syntyminen, uudet kv-hankevalmisteluaihiot sekä kv-asiakastoimeksianto.

Lisätietoja: heidi.auvinen@vtt.fi, kari.makela@vtt.fi

Älykäs kaupunkilogistiikka – CityLog

Tampereen teknillisen yliopiston liikenteen tutkimuskeskus Vernen kevään 2014 aikana tekemässä CityLog-tutkimuksessa kaupunkilogistiikkaan liittyviä haasteita ja ongelmia tarkasteltiin keskustan kauppohen ja palveluhen toimipisteiden näkökulmasta. Hanke rahoitettiin Fintrip-esiselvityksenä.

Hankkeen tavoitteena oli kartoittaa älykkään kaupunkilogistiikan kehittämismahdollisuuksia tiiviisti rakennetussa toimintaympäristössä. Tutkimuksen tarkasteluohiteeksi valittiin Tampereen keskusta ja tarkemmaksi case-alueeksi alue, joka sijaitsee Tammerkosken ja rautatien välissä. Case-alue on osa Tampereen ydinkeskustaa, jossa alueen asukkaat ja liike-elämä sekoittuvat tiiviisti toisiinsa.

Tutkimus toteutettiin kysely- ja haastattelututkimuksena ja kaikkiaan tutkimuksen aikana kyselylomakkeita toimitettiin case-alueen toimipisteisiin 100 kpl (vastausprosentti 16), joiden lisäksi tehtiin kolme asiantuntijahaastattelua case-alueella sijaitsevilla toimipisteillä. Kyselyjen ja haastatteluiden avulla selvitettiin toimipisteiden kuljetustarpeet, kuljetuksiin liittyvät ongelmat ja kehitysajat.

Vastausten perusteella liikkeiden toimitukset painottuvat aamu- ja iltapäivään ja toimituksia tulee enimmäkseen kerrasta kahteen kertaan viikossa. Suurin osa vastaajista ilmoitti, että tilaajalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa toimitusaikatauluihin. Toimitusten kuljetuskalustona käytetään niin henkilöautoa, pakettiautoa kuin kuorma-autoa, kuitenkin siten, että kuorma-auto on yleisin kuljetusmuoto. Toimituksiin käytetään monia eri kuljetusyhtiöitä, jotka hoitavat myös useamman toimipisteen kuljetuksia kerralla. Kaikki vastaajat ilmoittivat, että heillä ei ole käytössään kuljetuksiin liittyvää tietojärjestelmää Toimitusten purku- ja lastausajat vaihtelevat minuutista 20 minuuttiin, suurimman osan kestäessä 5-20 minuuttia. Toimitusten aikana kuljetuskalusto pysäköidään kadulle tai jalkakäytävälle toimipisteen läheisyyteen (5-30m), mutta osassa toimipisteillä tavaraa joudutaan siirtämään katutilassa jopa 100 metriä.

Tutkimuksen perusteella suurimpina ongelmina kaupungin keskustan yritysten näkökulmasta koetaan purku- ja lastauspaikkojen ahtaus, toimitusten aikatauluihin liittyvät ongelmat ja toimipisteiden vähäiset vaikutusmahdollisuudet logistiikkaan. Myös yleinen tiedonkulku varastotietojen ja toimitusten välillä koettiin puutteelliseksi. Kaupungin keskustassa toimivat yritykset eivät kuitenkaan koe logistiikkaa omaksi osaamisalueekseen eikä heikkoudeksi,

vaan kokevat pääasiana, että toimitukset saapuvat perille. Näin ollen voidaan todeta, että kaupunkilogistiikan kehittämistä tulisi toteuttaa enemmän yhteistyössä kuljetusliikkeiden ja julkisen sektorin kanssa.

Tutkimuksen yhteydessä havaitut jatkotutkimustarpeet liittyvät toimipisteiden ja kuljetusyhtiöiden väliseen kommunikointiin, purku- ja lastauspaikkojen optimointiin sekä verkkokaupan kasvun vaikutuksiin tulevaisuuden kaupunkilogistiikassa. Toimipisteiden ja kuljetusyhtiöiden välistä kommunikaatiota voitaisiin kehittää muun muassa automaattisella reaaliaikaisella tiedottamisella kuljetusten saapumisajasta. Lastaus- ja purkupaikkojen optimoinnin yhteydessä tulisi myös tarkastella maanalaisten logististen yhteyksien potentiaalia tulevaisuuden kaupunkilogistiikan järjestämisessä.

Lisätietoja: lasse.nykanen@tut.fi, erika.kallionpaa@tut.fi

2.5.4 Kevyen liikenteen turvallisuutta lisäävät ratkaisut

VRUITS – Improving the safety and mobility of vulnerable road users through ITS applications (EU FP7)

VTT:n koordinoimassa EU-hankkeessa arvioidaan älyliikenteen palveluiden vaikutuksia suojattomien tienkäyttäjien (jalankulkijat, pyöräilijät, mopoilijat ja moottoripyöräilijät) näkökulmasta. Älyliikenteen vaikutusten arviointi toteutettiin projektissa pääosin vuoden 2014 aikana.

Vaikutusarvioinnin kohteena oli 23 järjestelmää, joille tehtiin aluksi kvalitatiivinen arvio vaikutuksista turvallisuuteen, liikkumisen määrään ja liikkumismukavuuteen. Kyseisten arvioiden perusteella valittiin 10 järjestelmää asiantuntijatyöpajan avulla kvantitatiiviseen vaikutusarviointiin. Kvantitatiivisessa vaikutustenarvioinnissa oli mukana järjestelmiä, joiden pääpaino on kevyen liikenteen turvallisuuden parantamisessa sekä järjestelmiä, jotka keskittyvät kevyen liikenteen määrän lisäämiseen ja mukavuuden parantamiseen. Valinnassa korostettiin myös järjestelmien innovatiivisuutta.

Kvantitatiivisessa vaikutustenarvioinnissa järjestelmien turvallisuusvaikutukset arvioitiin aluksi 100 % järjestelmäpenetraatioille ja myöhemmässä vaiheessa laskelmat tehtiin myös vuosien 2020 ja 2030 skenaarioille ottaen huomioon asiantuntija-arvioin määritetyt järjestelmäpenetraatiot sekä historiatiedon perusteella arvioitu onnettomuuskehitys. VRUITS-projektissa toteutettu vaikutusarviointi on ensimmäinen kerta kun kyseistä autoliikenteen turvallisuusvaikutusten arviointiin kehitettyä menetelmää sovelletaan kevyen liikenteen turvallisuusvaikutusten arviointiin. Kevyen liikenteen järjestelmät ovat erityisen tärkeitä kaupunkien liikenteen kehittämisessä.

Lisätietoja: anne.silla@vtt.fi, pirkko.rama@vtt.fi

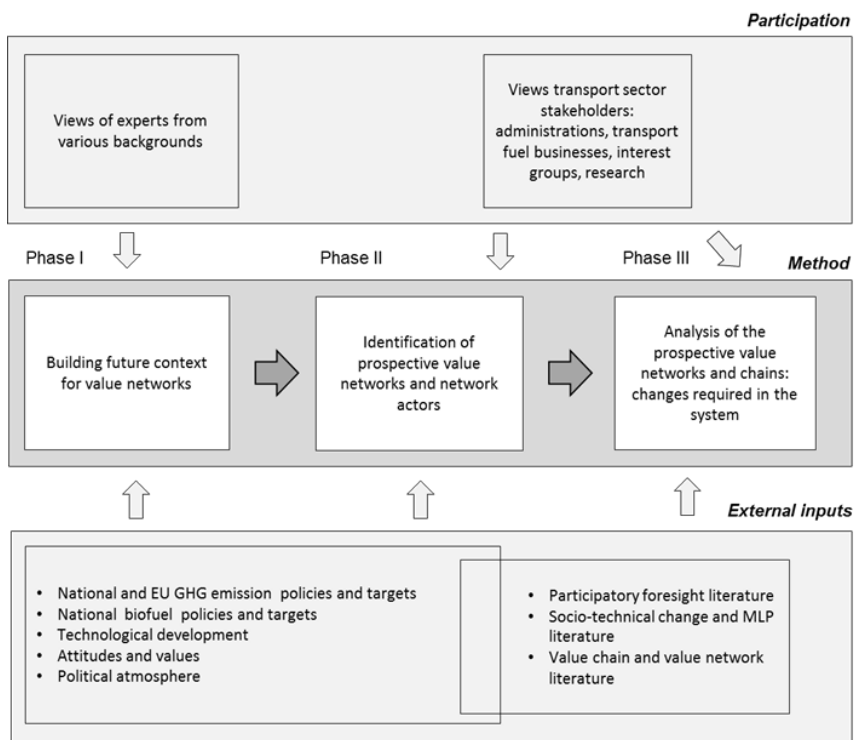
2.5.5 Järjestelmäanalyysit

TOP-NEST - Technology Opportunities in Nordic Energy System Transitions (Nordic Energy Research)

Yhteispohjoismaisessa TOP-NEST-projektissa on tarkasteltu vuosien 2012 - 2014 aikana kolmen erilaisen uusiutuvan energian teknologiavaihtoehdon: biopolttoaineiden, sähkön ja vetyenergian mahdollisuuksia pohjoismaisen tieliikenteen primäärisenä energialähteenä. Työssä on tunnistettu polkuja ja polkuriippuvuuksia pohjoismaisessa yhteiskunnassa tarvittavaan muutokseen kohti uusiutuvan energian käyttöä tieliikenteessä ja vuoden 2015 aikana tullaan esittämään strategia- ja politiikkasuosituksia tähän tavoitteeseen pääsemiseksi. Työn kautta edistetään myös pohjoismaisen puhtaan teknologian teollisuuden ja palveluiden kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla.

VTT:n vetämässä työosuudessa kehitettiin kolmivaiheinen osallistava menetelmä (kuva 17) potentiaalisten uusiutuvan energian arvoketjujen tunnistamiseen erilaisissa tulevaisuuden liikennejärjestelmää kuvaavissa skenaarioissa vuonna 2050. Menetelmän toimivuutta testattiin Suomessa ja Norjassa.

Menetelmä ja tapaustutkimukset voivat toimia merkittävänä lähteenä julkisen ja yksityisten toimijoiden uusiutuvaan energiaan liittyvien strategioiden valmistelussa ja toteutuksessa. Työn tulokset julkaistaan tutkimusraporttina ja tieteellisenä artikkelina, joka ilmestyy 2015. (Tuominen, Anu; Nina Wessberg and Anna Leinonen. Participatory and prospective value network analysis: supporting transition towards biofuels in Finnish road transport. Accepted for publication in European Journal of Futures Research).



Kuva17. TOP-NEST menetelmä tulevaisuuden arvoketjujen tunnistamiseen.

Lisätietoja: nina.wessberg@vtt.fi, anu.tuominen@vtt.fi

Uudistetut LIPASTO-mallit (Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä)

LIPASTO-laskentajärjestelmän pääosat ovat neljän liikennemuodon ja työkoneiden päästömallit (päästöjen inventointi) sekä liikennevälineiden ja työkoneiden yksikköpäästökertoimet. Vuosien 2013 ja 2014 aikana uudistetut LIPASTO-mallit (yhteensä 9 kpl) mahdollistavat entistä tarkemman ja luotettavamman Suomen liikenteen päästöraportoinnin EU:lle ja YK:lle (vuosittainen maksullinen toimeksianto). Uusi järjestelmä sisältää myös Suomen autokannan kehitystä kuvaavan mallin.

Julkishallinto tarvitsee jatkuvasti päätöstensä perustaksi monitahoisia liikenteen energiankäytön tarkasteluja, ennusteita ja vaikutusarvioita. Aiempaa täsmällisemmät ennusteet mahdollistavat liikennejärjestelmän kehittämistoimenpiteiden hallitun ja vaikuttavamman kohdistamisen. LIPASTO malleilla voidaan tuottaa mm. ministeriöille (LVM, TEM, YM) laskelmia erilaisten tieliikenteen energiavaihtoehtojen vaikutuksista autokantaan, kulutukseen ja CO₂ päästöihin. Näiden vaikutusarvioiden avulla voidaan jatkaa tarkastelua kattamaan myös vaihtoehtojen yhteiskunnalliset kustannukset (esim. VATT:in malleja hyödyntäen).

Internetistä löytyviä LIPASTO-malleja käyetään laajasti niin kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Malleilla tuotetaan vuosittain Tilastokeskuksen rahoituksella laskelmat Suomen liikenteen päästöistä.

Lisätietoja: kari.makela@vtt.fi, <http://lipasto.vtt.fi/>

3. Yhteenveto

TransSmart toimii älykkään vähähiilisen liikenteen kehitysalustana. Ohjelma kokoaa laajasti yhteen alueen toimijat, ministeriöt, virastot, kuntasektorin, yritykset, etujärjestöt ja tutkijat. Nelivuotisen (2013 – 2016) ohjelman ensimmäisen jakson (2013 – 2014) aikana ohjelman kaikkia teemoja (vähähiilinen energia, edistykselliset ajoneuvot, älykkäät liikennepalvelut ja liikennejärjestelmä) on pystytty edistämään. Parhaimmillaan hankkeet leikkaavat kaikkia teemoja, tästä esimerkkinä bussijärjestelmän sähköistäminen.

Liikennesektorilla on tapahtumassa merkittävä murros. Perinteisesti liikennejärjestelmää on tarkasteltu kiinteää infrastruktuuria ja ajoneuvoja painottaen. Nyt fokus on siirtymässä liikenteen palveluihin. Hiljattain on otettu käyttöön käsite ”liikenne palveluna” (Mobility as a Service ”MaaS”). Kyseessä on liikenneinfrastruktuurin ja kulkuvälineiden nykyistä tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi hyödyntäminen uusien palvelumallien, yhteiskäytön ja eri kulkutapoja saumattomasti yhdistävien matkaketjujen avulla. Tietotekniikan lisääntyvä käyttö tuo mukanaan älykkyyttä kaikille liikennejärjestelmän tasoille, yksittäisiin ajoneuvoihin, kiinteään infrastruktuuriin, palveluihin ja kommunikointiin liikennejärjestelmän osien välille. Sekä henkilöliikenne että tavarankuljetukset hyötyvät parantuvista informaatiojärjestelmistä.

TransSmart tuotti tiekartan vuonna 2013 ja visiojulkaisun vuonna 2014. Vähähiilisen kestävä liikenteen saavuttamiseksi meidän tulee parantaa energiatehokkuutta kaikilla liikennejärjestelmän tasoilla, ottaa käyttöön vähähiilisiä energiamuotoja (kestäviä biopolttoaineita, sähköä ja pitemmällä aikavälillä myös vetyä) sekä parantaa ja tehostaa toimintamalleja niin henkilöliikenteen kuin tavaraliikenteen osalta. Smart City –kontekstissa ihmisten liikkuminen perustuu kävelyyn, pyöräilyyn ja joukkoliikenteeseen, ei yksityisautojen käyttöön. Joukkoliikenteen houkuttelevuuden ja sitä kautta käyttöasteen parantaminen onkin TransSmartin keskeisiä teemoja.

Liikenteen energian osalta on käynnissä mielenkiintoinen, ja tiettyssä mielessä myös haastava kehitysvaihe. Perinteisille ruokakelpoisiin raaka-aineisiin perustuvilla biopolttoaineilla tullaan asettamaan 7 %:n katto. Alustavien arvioiden mukaan liikennesektorilla kasviuonepäästöjen vähennystavoite vuoteen 2030 mennessä on 30 – 40 % vertailuvuoden ollessa 2005. Koska sähköistys ei sovi kaikkiin liikennemuotoihin, biopolttoaineet tulevat joka tapauksessa olemaan olennainen elementti liikenteen dekarbonisoinnin tiekartoissa. Suomalaiset toimijat ovat panostaneet edistyksellisiin biopolttoaineisiin, ja kasvava edistyksellisten biopolttoaineiden kysyntä avanee mahdollisuuksia suomalaisille toimijoille myös vientisektorilla.

Liikenteen sähköistäminen etenee kun useat autonvalmistajat tuovat markkinoille sähköautomalleja. TransSmartin puitteissa sähköajoneuvotutkimus keskittyy sähköisiin hyötyajoneuvoihin, ei henkilöautoihin. Käyttöaste vaikuttaa oleellisesti sähköajoneuvojen kokonaistalouteen, ja esim. sähköbussit voisivat olla kilpailukykyisiä dieselbusseihin verrattuna jo tänään, ilman erityisiä taloudellisia kannustimia. Sähköbussia pitää ehdottomasti tarkastella järjestelmätasolla, ei pelkästään ajoneuvoteknisenä asiana. Sähköbussilla on heijastumia mm. energiajärjestelmään (pikalatauksen järjestäminen), liikennöinnin suunnitteluun (rajoitettu toimintamatka) ja jokapäiväiseen operointiin. Vedyn tulon valmistaudutaan mm. vedyn laatuksymyksiin ja paikalliseen tuottamiseen liittyvillä hankkeilla.

Koska käsillä oleva raportti on tutkimusohjelman puolivälin raportti, tässä ei esitetä ohjelman lopullisia johtopäätöksiä tai suosituksia.