



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

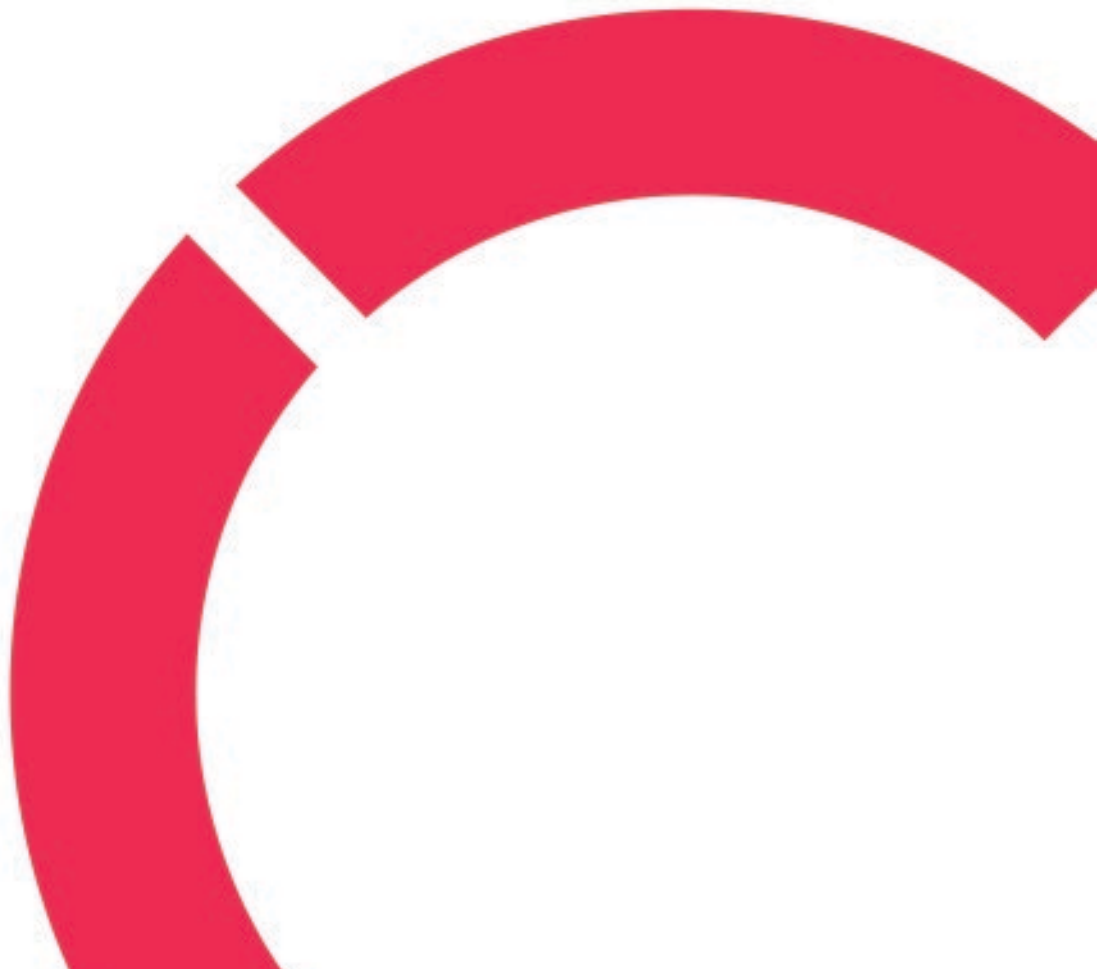
## **YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI**

**Virtuaaliosuuskunnan toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset**

**CENTRIA TUTKIMUS JA KEHITYS**

**Emmi Kivioja**

**Lokakuu 2022**



<b>CENTRIA TUTKIMUS JA KEHITYS</b>	<b>Aika</b> Elokuu 2022	<b>Tekijä/tekijät</b> Emmi Kivioja
<b>Työn nimi</b> VIRTUAALIOSUUSKUNNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI		
<p>HABITUS – hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa hankkeessa on luotu malli virtuaaliosuuskunnasta. Virtuaaliosuuskunta on Keski-Pohjanmaalle Kannuksen ja Toholammin alueelle sijoittuva kahdeksan maatalouden muodostama kokonaisuus, jonka tarkoituksena on tuottaa maataloilta saatavasta biokaasusta nestemäistä biopolttoainetta, biometaania. Maatilojen yhteenlaskettu biokaasun energiantuotantopotentiaali on 7470 MWh/vuosi.</p> <p>Vuosittain voidaan saavuttaa 1950 tonnia pienemmät hiilidioksidipäästöt korvaamalla fossiilisia polttoaineita osuuskunnan tuottamalla biometaanilla. Ympäristövaikutuksien arvioinnissa hyödynnettiin hankkeessa aiemmin tuotettuja raportteja. Osuuskuntatoiminta ei aiheuta sellaisia vaikutuksia ympäristöön, joiden perusteella hanketta ei voitaisi toteuttaa.</p>		
<b>Asiasanat</b> biokaasu, biometaani, fossiiliset polttoaineet, ympäristövaikutus		

## **ESIPUHE**

Tässä raportissa tarkastellaan virtuaaliosuuskunnan toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Tarkastelun pohjana on käytetty tiloilta saatavia tietoja, sekä hankkeessa aiemmin tuotettuja maatilakohtaisia biokaasukatselmuksia.

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **Bioenergia**

Puuperäisistä polttoaineista, biokaasupeltobiomassoista ja kierrätyspolttoaineiden biohajoava osasta voidaan tuottaa bioenergiaa (Motiva, 2021a).

### **Biokaasu**

Erilaisten mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa, muodostuu runsaasti metaania sisältävää biokaasua, sekä lannoitekäyttöön soveltuvia ravinteita ja orgaanista ainesta sisältävää mädätysjännöstä (Sitra, 2018).

### **CO<sub>2</sub>e**

Hiilidioksidiekvivalentti ilmoittaa eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteenlasketun ilmastoa lämmittävän vaikutuksen (Tilastokeskus, n.d.b).

### **Fossiiliset polttoaineet**

Fossiiliseksi polttoaineiksi määritellään biomassasta muodostuneet polttoaineet, jotka ovat varastoituneet maaperään miljoonia vuosia sitten. Kivihiili, ruskohiili, maakaasu, raakaöljystä jalostetut polttoöljyt ja turve ovat fossiilisia polttoaineita. (Tilastokeskus, n.d.a)

### **Uusiutuva energia**

Aurinko-, tuuli, vesi- ja bioenergia, maalämpö, sekä aalloista ja vuoroveden liikkeistä saatava energia ovat uusiutuvia energianlähteitä (MMM, n.d.).

TIIVISTELMÄ  
ESIPUHE  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSEN ARVIOINTI.....	3
2.1 Raaka-aineen hankinta .....	3
2.2 Vaikutukset ihmisiin.....	4
2.2.1 Haju.....	4
2.2.2 Liikenteen aiheuttamat vaikutukset.....	5
2.2.3 Arvio meluvaikutuksista .....	9
2.2.4 Työllisyysvaikutukset .....	9
2.2.5 Ihmisiin kohdistuvien haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventäminen .....	10
2.3 Vaikutukset ilmaan ja ilmastoon .....	10
2.3.1 Pöly .....	10
2.3.2 Liikenteen pakokaasupäästöt .....	10
2.3.3 Biokaasu liikennepolttoaineena .....	12
2.3.4 Ilmaan kohdistuvien haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventäminen.....	12
2.4 Vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen .....	13
2.5 Vaikutukset maankäyttöön ja maisemaan.....	13
2.6 Vaikutukset kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen .....	14
2.7 Rakentamisen aikaiset vaikutukset ja käytöstä poisto .....	14
3 YHTEENVETO YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA .....	15
4 RAPORTIN TOTEUTUS .....	16
4.1 Raportin validiteetti ja reliabiliteetti .....	16
LÄHTEET .....	17

## 1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on yksi suurimpia globaaleja kriisejä ja sen vaikutukset ulottuvat kaikkialle. Ilmakehässä luonnostaan esiintyvien kasvihuonekaasujen määrän pitoisuudet ovat lisääntyneet merkittävästi ihmisen toiminnan seurauksena. Liialliset kasvihuonekaasupäästöt johtuvat pääasiassa energian tuottamiseen käytettävien fossiilisten polttoaineiden polttamisesta, sademetsien hakkuista, maataloudesta, karjankasvatuksesta ja kemikaalituotannosta. Luonnollinen kasvihuoneilmiön vahvistuminen on johtanut maapallon lämpötilan poikkeuksellisen nopeaan kohoamiseen, jonka takia ilmasto-olosuhteet maapallolla muuttuvat. (Euroopan unioni, n.d.)

Ekologinen kestävyys tarkoittaa, että säilytämme ekosysteemiemme tuottavuuden ja luonnon monimuotoisuuden, jonka lisäksi ihmisen toiminta sopeutetaan niin, että luonnon kantokyky säilyy. Varovaisuusperiaatteella tarkoitetaan, että päätöksiä voidaan tehdä, vaikka täyttä tieteellistä näyttöä haitoista ei olisi. Tämän periaatteen noudattaminen on ekologisen kestävyyden kannalta välttämätöntä, jonka lisäksi tulee ennaltaehkäistä ja torjua haittojen syntymistä. (Kestävä kehitys, n.d.)

Keski-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2035:ssä on määritelty Keski-Pohjanmaan tieliikenteen päästövähennykseksi 50 % vuoden 2005 tasosta ja uusiutuvan energian osuuden tieliikenteessä olevan 40 % tasolla. Tieliikenteen päästöt Keski-Pohjanmaalla olivat 134,7 kt CO<sub>2</sub>e, joista raskaan liikenteen ja pakettiautojen osuus oli n. 27 %. Biokaasun tuotantopotentiaali Keski-Pohjanmaalla on hyvä, sillä valtakunnallisella tasolla maakunnan kotieläintuotannon osuus on suuri. Tuotantopotentiaalin odotetaan lisääntyvän entisestään, kun nurmen tuotanto maaperän hoitokeinona lisääntyy ja tilakoot kasvavat. Ilmastotyön tavoitteiden saavuttamiseksi Keski-Pohjanmaalla lisätään bioenergian tuotantoa biosyötteisiin perustuvilla biokaasuinvestoinneilla. (Keski-Pohjanmaan liitto, 2021, s.13, 22–23, 30)

Maatalouden päästöjä voidaan vähentää monin eri keinoin. Ravinnevalumien ehkäisy ja lannan tehokkaampi hyödyntäminen pienentävät maatalouden aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Biokaasuprosessissa tuotetaan uusiutuvaa energiaa, tehostetaan ravinteiden kiertoa ja hyödynnetään lannan typpeä, jolloin päästöt ilmaan ja vesiin vähenevät.

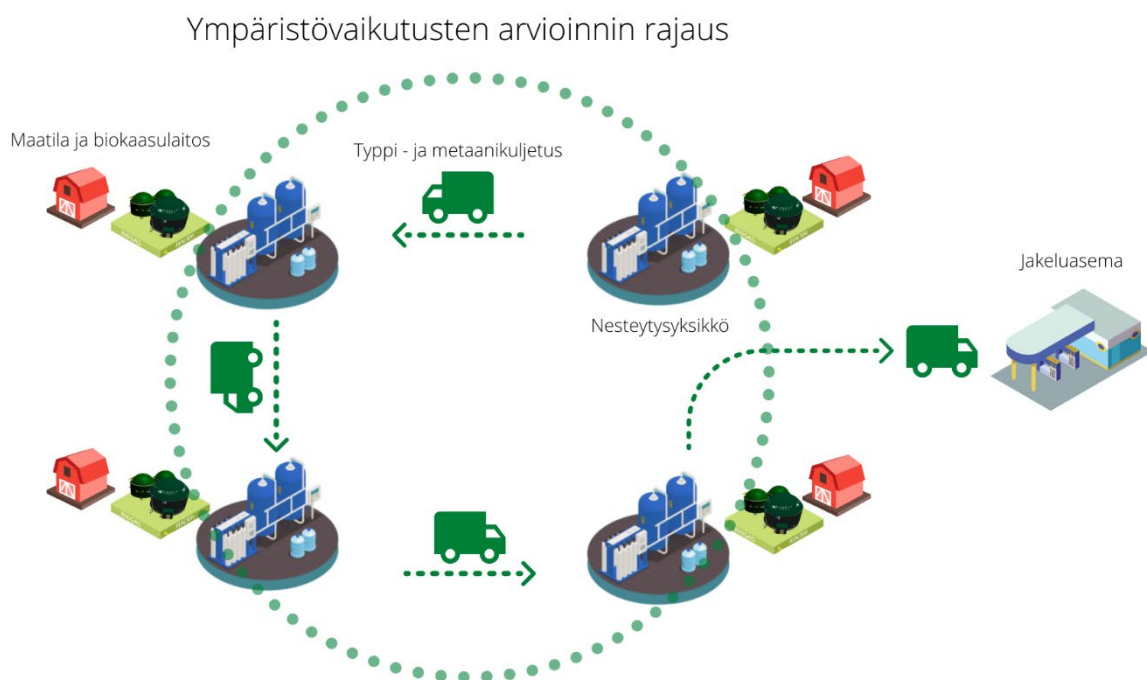
Tämä raportti on kirjoitettu osana Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR) päärahoitettua HABITUS – Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa -hanketta, jossa pääasiallisena rahoittajana on toiminut Keski-Pohjanmaan liitto. Hankkeessa luotu virtuaaliosuuskuntamalli käsittää kahdeksan Keski-Pohjanmaalla sijaitsevaa maatilaa. Maatiloista seitsemän on nautatiloja ja yksi sikatila. Nautoja tiloilla on yhteensä 2049 kpl ja sikoja 2752kpl. Maatilojen yhteenlaskettu normilannan mukainen biokaasun energiantuotantopotentiaali on 7470

MWh/vuosi. Energialtaan tämä määrä vastaa n. 750 000 litraa dieseliä tai 830 000 litraa bensiiniä. Työn tarkoituksena on tutkia virtuaaliosuuskunnan toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty hankkeessa aiemmin tuotettuja kirjallisia tuotoksia.

## 2 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSEN ARVIOINTI

Tässä kappaleessa tarkastellaan virtuaaliosuuskunnan toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Vaikutuksia ympäristöön arvioidaan osuuskunnan omistaman laitteiston käyttöönotossa tiloilla, sen käytön aikana ja käytöstä poistettaessa. Vaikutukset on jaettu ilmastoon, ihmisiin, ilmaan, luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä maankäyttöön ja maisemaan liittyviin vaikutuksiin. Monet vaikutukset ovat kytköksissä toisiinsa, mutta niitä tarkasteltu vain yhden otsakkeen alla luettavuuden parantamiseksi. Kuvassa 1 on nähtävissä osuuskunta-toiminnan ympäristövaikutusten arvioinnin rajaus. Arvioinnissa on huomioitu niiden osatekijöiden aiheuttamat ympäristövaikutukset, jotka sijoittuvat kuvassa 1 olevan ympyrän sisäpuolelle.

Kuva 1. Osuuskuntatoiminnasta johtuvat ympäristövaikutukset.



### 2.1 Raaka-aineen hankinta

Nesteytysyksikön raaka-aineena käytetään maatiloilta saatavaa biokaasua. Maatilat tuottavat biokaasua pääasiassa omilta tiloilta saamistaan syötteistä, kuten tuotantoeläinten lannasta ja kasviperäisestä biomassasta. HABITUS-hankkeessa on aiemmin tehty laskelma virtuaaliosuuskunnassa mukana olevien mautilojen biokaasun



tuotantopotentialista ja se on todettu riittäväksi biometaanin tuotannon kannalta. Biometaanin nesteytyksessä tarvittava typpi ostetaan osuuskunnan käyttöön ja kuljetetaan maataloille säiliöissä. Kuvassa 2 on esitetty osuuskuntaan kuuluvien mautilojen sijainnit.

Kuva 2. Osuuskunnan maatilat.



## 2.2 Vaikutukset ihmisiin

Ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu hajun, melun, liikenteen ja työllisyyden kautta. Ihmisiin kohdistuvia epäsuoria vaikutuksia tulee myös ilman ja vesistön kautta.

### 2.2.1 Haju

Kaasumaiset hajuyhdisteet leviävät ilmavirtausten ja turbulenssin mukana. Hajuyhdisteiden leviämiseen vaikuttavat tuulet, ilmanpaine ja maaston esteet, sekä hajukaasuun ja hajulähteeseen liittyvät muuttujat. (Makkonen, 2008, s.5–6) Geneettisten erojen takia ihmiset haistavat erilaiset hajut eri tavoin. Hajun kokemiseen

vaikuttavat myös ihmisen aiemmat kokemukset, jonka takia myös kokemus hajun häiritsevyydestä on yksilöllistä. (Trimmer, ym. 2019) Ympäristössä hajupäästöjen lähteitä ovat mm. jätteiden ja jätevesien käsittely, energiantuotanto, tuotantoeläin- ja maatalous, liikenne sekä erilainen teollinen toiminta (Kajolinna, 2017, s.2).

#### *2.2.1.1 Toiminnan aiheuttama hajuvaikutus*

Osuuskuntatoiminnan omistama ja maatalolle sijoitettava biokaasun nesteytysyksikkö on suljettu prosessi, eikä näin ollen normaalisti toimiessaan aiheuta hajuhaittoja ympäristössä. Nesteytysyksikön rikkoutuessa säiliöistä saattaisi vapautua ilmaan metaania (CH<sub>4</sub>) ja hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>), jotka molemmat ovat hajuttomia kaasuja, eivätkä täten aiheuta hajuhaittoja ympäristössä. Osuuskuntatoimintaan liittyvien raaka-aine- ja lopputuotekuljetusten aiheuttamat hajupäästöt jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi suhteutettuna maatilalta lähtöisin oleviin hajuihin.

#### *2.2.1.2 Vaikutus maatilojen hajupäästöihin*

Maatilakohtaisella biokaasulaitoksella on positiivisia vaikutuksia maatilatoiminnasta aiheutuviin hajuhaittoihin. Biokaasuprosessissa hajua aiheuttavien yhdisteiden määrä pienenee yli 90 % (Paavola, 2015, s. 95). Biokaasulaitoksen toiminnan yhteydessä syntyvä mädätysjäännöksen ympäristöön aiheuttamat hajuhaitat ovat pienemmät käsittelemättömään lietelantaan verrattuna, jolloin peltolannoituksesta aiheutuvat hajuhaitat pienenevät.

Vakavassa häiriötilanteessa, jollainen aiheutuu esimerkiksi säiliön tai venttiilin rikkoutuessa, biokaasulaitos voi aiheuttaa hajua ympäristössään, mutta isojenkaan biokaasulaitosten toiminnassa ei ole todettu hajutuntimäärän ylittävän hajuhaittaa vuositasolla. Voidaan siis olettaa, että pieni maatilakohtainen biokaasulaitos ei aiheuta merkittäviä hajuhaittoja.

### **2.2.2 Liikenteen aiheuttamat vaikutukset**

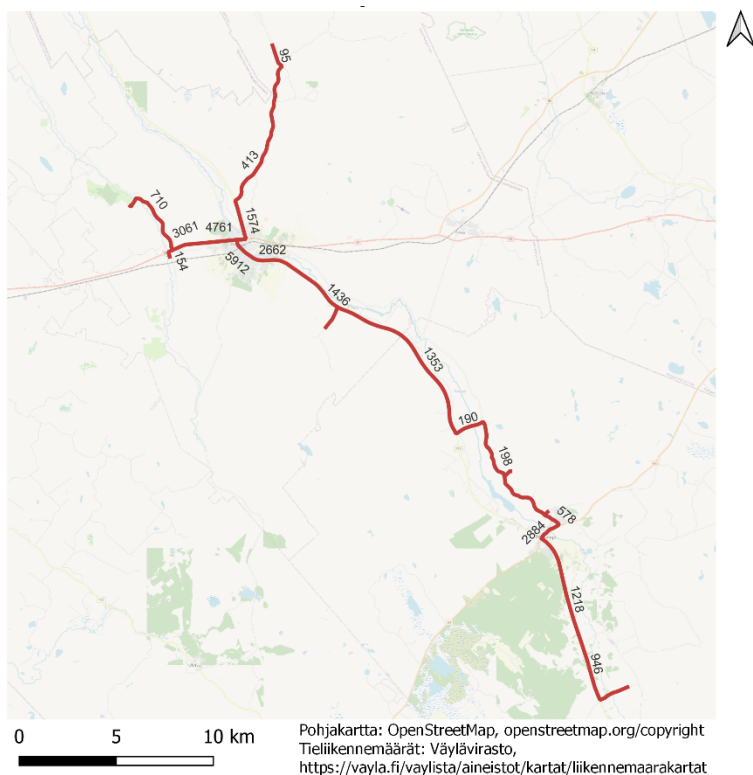
Liikenteestä aiheutuu ihmisiin ja ympäristöön kohdistuvia haittavaikutuksia. Pakokaasupäästöt, turvallisuus, ruuhkat, melu, tärinä ja onnettomuudet ovat esimerkkejä yleisimmistä haittavaikutuksista. Osuuskuntatoiminnasta johtuvan liikenteen pakokaasupäästöt on arvioitu kappaleessa 2.3 vaikutukset ilmaan ja ilmastoon. Liikennemelun aiheuttamia haittavaikutuksia on arvioitu kappaleessa 2.2.3 Arvio meluvaikutuksista.

Liikenteen vaikutusten tarkastelu on rajattu koskemaan osuuskuntatoiminnan aikaisia liikennevaikutuksia, koska nesteytysyksikön pystytys- ja poiskuljetusvaiheen aiheuttama liikenne on kokonaisuutta tarkasteltaessa vähäistä. Arvioinnin pohjana on käytetty Väyläviraston (2022b) vuosittain teettämää liikennemääräkarttaa, jota kuvataan keskimääräisellä vuorokausiliikenteellä (KVL) ja jonka yksikkö on ajoneuvoa/vuorokausi.

## Liikennemäärät

Osuuskuntaan liittyvää liikennemäärien kasvua aiheuttaa laitteiston huolto- ja korjaustoimenpiteistä, sekä raaka-aineen ja lopputuotteen kuljetuksista. Nesteytysprosessin sivutuotteena syntyvän kiinteän CO<sub>2</sub>:n eli kuivajään mahdollisia kuljetuksia ei ole huomioitu tässä selvityksessä, koska kuivajään yksi potentiaalinen käyttäjä on maatila. Raaka-aineen ja lopputuotteen kuljetusreitti on esitetty alla olevassa kuvassa. Niiden teiden osalta, joista tiedot liikennemääristä oli saatavilla, vaihteli jakelureitin keskimääräiset liikennemäärät hiljaisimmasta 95 ajoneuvoa/vuorokaudessa vilkkaimpaan 5912 ajoneuvoa/vrk. Koko jakelureitin liikennemäärät ovat nähtävissä kuvassa 3.

Kuva 3. Keskimääräiset liikennemäärät ajoreitillä vuonna 2021.



Kuvassa 4 on nähtävissä raskaan liikenteen keskimääräiset liikennemäärät vuonna 2021. Niiden teiden osalta, joista tiedot liikennemääristä oli saatavilla, vaihteli jakelureitin keskimääräiset raskaan liikenteen liikennemäärät hiljaisimmasta 13 ajoneuvoa/vuorokaudessa vilkkaimpaan 409 ajoneuvoa/vrk.

Kuva 4. Raskaan liikenteen liikennemäärät ajoreitillä vuonna 2021.



### Liikennemäärien muutos

Biometaania kerätään kuorma-autolla osuuskuntaan kuuluvilta tiloilta kuuden päivän välein. Samassa kuljetuksessa tiloille toimitetaan nesteytysprosessissa tarvittava typpi. Liikenne lisääntyy jakelureitin hiljaisimmalla tiellä 0,175 % ja vilkkaimmalla 0,003 % vuorokaudessa vuoden keskiarvoihin suhteutettuna. Koska kaasua kerätään yhtenä päivänä, voidaan päiväkohtaisen liikennemäärän lisäyksen laskea olevan hiljaisimmalla tiellä 1,053 % ja vilkkaimmalla tiellä 0,017 % kuuden päivän välein. Raskaan liikenteen lisääntyminen jakelureitin hiljaisimmalla tiellä 1,282 % ja vilkkaimmalla tiellä 0,041 % vuorokaudessa vuoden keskiarvoihin suhteutettuna. Koska kaasua kerätään yhtenä päivänä, voidaan päiväkohtaisen liikennemäärän lisäyksen laskea olevan hiljaisimmalla tiellä 7,7 % ja vilkkaimmalla tiellä 0,244 % kuuden päivän välein.

Osuuskuntatoimintaan liittyvä biometaanin keräys ei aiheuta merkittäviä muutoksia alueen kokonais- ja raskaan liikenteen määriin.

### Liikenneturvallisuus

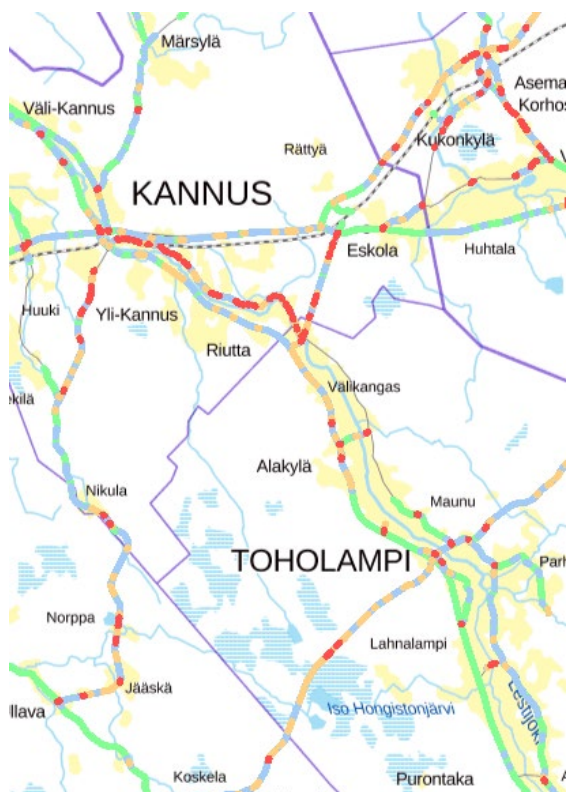
Liikenneturvallisuuden vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi liikenneympäristö, ajoneuvot, keliolosuhteet, lainsäädäntö, kuljettajat, sekä muut tienkäyttäjät.

Nesteytysprosessissa tarvittavan typen, sekä lopputuotteen eli biometaanin kuljetuksissa tulee huomioida mitä laissa (719/1994) vaarallisten aineiden kuljetuksesta säädetään. Mädätysjäännöksen kuljettamisessa pelloille tulee huomioida teiden kunto ja muut tiellä liikkujat.

Lyhyin ajoreitti kulkee Kannuksen ja Toholammin keskustojen lävitse. Vaihtoehtoisesti reitti voitaisiin ohjata keskustojen ulkopuolelle ilman merkittävää muutosta ajoreitin pituuteen. Kuitenkin liikennemäärien lisäys on hyvin maltillista ajoreitin varrella, jonka takia voidaan arvioida, että osuuskuntatoiminta ei heikennä alueen asukkaiden ja liikkujien turvallisuutta.

Teiden kuntoa kartoitettiin Väyläviraston päällysteiden ja siltojen kuntokartan avulla. Jakelureitin teiden kunto on nähtävissä alla olevassa kartassa (kuva 5). Niiden teiden osalta, joista tieto on saatavilla, ovat tiet pääasiassa hyvässä tai erittäin hyvässä kunnossa (kuvattu vihreällä värillä) tai tyydyttävässä kunnossa (kuvattu sinisellä värillä). Jakelureitin varrella on myös huonokuntoisia (kuvattu keltaisella värillä), sekä erittäin huonokuntoisia (kuvattu punaisella värillä) olevia teitä.

Kuva 5. Tiestön kunto jakelureitin alueella. (Väylävirasto, 2021)



### 2.2.3 Arvio meluvaikutuksista

Melu on häiritseväksi tai epämiellyttäväksi koettavaa ääntä. Melun kokeminen on yksilöllistä ja saattaa vaihdella esimerkiksi eri tilanteista tai ajankohdista riippuen. Melun tiedetään aiheuttavan häiriötä myös luonnonympäristölle, vaikka kaikkia siihen kohdistuvia vaikutuksia ei vielä tunnetakaan. (Väylävirasto, 2022a)

Valtioneuvoston päätös yleisistä melutason ohjeistoista (993/1992) määrittelee, että asumiseen käytettävillä alueilla melutaso ei saa ylittää päivällä 55 dB:ä, eikä yöllä 45-50 dB:ä. Tieliikenteestä aiheutuva melu on peräisin moottorin ja renkaiden äänistä, sekä maantienopeuksissa ilmapvirtauksen aiheuttamasta äänestä. Nopeuden ollessa vähäinen, tulee suurin aiheutuva melu moottorista. Isommilla nopeuksilla melua syntyy eniten renkaiden ja tienpinnan kosketuksesta. Tieliikenteestä aiheutuvaa melua on mahdollista torjua mm. vähentämällä ajoneuvojen melupäästöjä, käyttämällä hiljaisia renkaita ja rajoittamalla liikenteen määrää ja ajoneuvonopeuksia. (Väylävirasto, 2022a)

Prosessissa tarvittavan tyyppien kuljetukset, sekä lopputuotteen poiskuljetus lisäävät liikennemelua ja aiheuttavat impulssimaisia ääniä. Impulssimaisia ääniä voivat olla esimerkiksi erilaiset kolahdukset, sekä työssä käytettävien ajoneuvojen peruutushälyttimestä kuuluva piippaus. Kappaleessa 2.2.2 Liikenteen aiheuttamat vaikutukset, käsiteltiin osuuskuntatoimintaan liittyvä liikennemäärän lisäys alueella. Liikennemäärän lisäyksen todettiin olevan vähäinen vuotuisen tasoon suhteutettuna. Havaittuun meluun vaikuttaa raskaiden ajoneuvojen määrä tieliikenteessä. Melutaso kohoaa 2,6 dB, kun raskaan liikenteen määrä kasvaa 15 % 80 km/h nopeusalueella. Raskaan liikenteen määrä nousi jakelureitin hiljaisimmalla tiellä 7,7 %. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että myöskään osuuskuntatoiminnan aikainen liikennemäärän kasvu ei aiheuta merkittävää meluvaikutusta ympäristöönsä. Biokaasulaitoksesta saatava mädätysjäätännöksen käyttäminen lannoitteena pidentää lannoitusväliä ja vähentää näin maatalojen aiheuttamaa liikennemelua.

Osuuskunnan omistama biokaasun nesteytysyksikkö ei normaalisti toimiessaan aiheuta melua toimintaympäristössään. Vakavassa häiriötilanteessa on mahdollista, että nesteytysyksiköstä lähtee impulssimainen ääni.

### 2.2.4 Työllisyysvaikutukset

Osuuskunnalla on positiivinen vaikutus työllisyyteen. Nesteytysyksiköiden rakennusvaiheessa työllistetään arviolta 1–2 henkilöä. Lisäksi osuuskunta työllistää toimiessaan 1–2 henkilöä huoltotehtäviin. Välillisesti työllistetään lisäksi kuljetusyrityksiä raaka-aine-, lopputuote- ja sivuvirtakuljetuksiin. Arvio henkilömääristä perustuu HABITUS-hankkeessa laadittuun virtuaaliosuuskuntamalliin.

### **2.2.5 Ihmisiin kohdistuvien haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventäminen**

Ihmisiin kohdistuu osuuskuntatoiminnan johdosta sekä välillisiä, että välittömiä vaikutuksia.

Suoria terveysvaikutuksia voidaan ehkäistä käyttämällä oikeaoppisia suojarusteita ja työvaatteita. Turvallisten työskentelytapojen ja työsuojelumääräysten noudattaminen on myös välttämätöntä.

Liikenneturvallisuuden suhteen on hyvä huomioida keliolosuhteet ja teiden kunto. Myös ajoneuvokaluston kunnossapito ja kuljetusreittien suunnittelu on tärkeää turvallisuuden kannalta. Edellä mainituilla keinoilla voidaan ehkäistä myös toiminnan aiheuttamia meluvaikutuksia. Maatilojen tuottama biokaasun keräily tapahtuu suunnitelmallisesti, jolloin pystytään keräämään täysi kuorma, eikä ylimääräisiä liikenteestä johtuvia pöly- tai pakokaasupäästöjä aiheudu. Jos jakeluautossa pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään osuuskunnan tuottamaa biometaania polttoaineena, vähenee ihmisiin kohdistuvat vaikutukset merkittävästi.

Osuuskuntatoiminnasta johtuvaa liikennemelua voidaan vähentää logistisella – ja reittisuunnittelulla. Ajoneuvokaluston valinnalla ja sen kunnossapidolla on myös merkitystä meluun.

## **2.3 Vaikutukset ilmaan ja ilmastoon**

Osuuskuntatoiminta aiheuttaa ilmaan ja ilmastoon liittyviä vaikutuksia myös toimintaympäristönsä ulkopuolella. Toiminnan aiheuttamiin ilmanpäästöihin luetaan hajukaasut, sekä liikenteen päästöt ja pölyäminen. Tar kastelussa keskitytään osuuskunnan toiminnan aikaisiin vaikutuksiin.

### **2.3.1 Pöly**

Osuuskuntatoiminnan ei arvioida lisäävän pölypäästöjä ympäristöön. Myöskään osuuskuntatoimintaan välillisesti liittyvä maatalan biokaasulaitos ei arvioiden mukaan aiheuta pölyämistä, sillä isoissakaan biokaasulaitoksissa ei ole todettu pölypäästöjen kohoamista toiminta-alueella edes häiriötilanteissa. (Watrec, 2016)

### **2.3.2 Liikenteen pakokaasupäästöt**

Nesteytetyn metaanin kuljetus keskitetylle jakeluasemalle, tuotantoprosessissa tarvittavan typen kuljetukset, sekä sivuvirtana syntyvän hiilidioksidin kuljetukset aiheuttavat pakokaasupäästöjä ympäristöön. Pakokaasupäästöt koostuvat mm. hiilimonoksideista (CO), hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>), hiilivedyistä (HC), typen oksideista (NO<sub>x</sub>) ja hiukkasista (PM, engl. particulated matter) (Motiva, 2019).

- Hiilimonoksidia eli häkää muodostuu, kun polttoaineen sisältämä hiili palaa vajavaisesti heikoissa palamisolosuhteissa. Hiilimonoksidipäästöjä aiheutuu tyypillisesti autojen ja työkoneiden polttomoottoreissa. Kaupunki-ilmassa esiintyvä hiilimonoksidi on pääosin peräisin pakokaasuista. Hapen kanssa reagoiessaan häkä muodostaa hiilidioksidia. (Ilmatieteenlaitos, n.d.a) Polttoaineen kulkeutuessa palamattomana moottorin läpi, syntyy hiilivetyä päästöjä (Motiva, 2019).
- Typen oksidit syntyvät palamisen sivutuotteena ja aiheuttavat laskeumaa, joka happamoittaa maita ja vesistöjä, sekä vaikuttavat alailmakehässä syntyvään otsoniin. (Ympäristöhallinto, 2017)
- Hiukkaset ovat pienikokoisia, alle 10 mikrometrin ( $\mu\text{m}$ ) kokoisia, palamisprosessissa syntyviä tuotteita. Hiukkaset ovat monimuotoisia ja niihin voi olla sitoutuneena useita erilaisia terveydelle vaarallisia aineita, kuten hiilivetyä, jotka keuhkoihin päätyessään ovat terveydelle vaaraksi. (LIPASTO, n.d.)

Nesteytysyksikön rakennus- ja purkuvaiheen aikainen liikenne on kestoltaan lyhytaikaista ja liikennemäärien lisääntyminen vähäistä. Tästä johtuen liikenteen tarkastelu on rajattu koskemaan osuuskuntatoiminnan aikaisia vaikutuksia.

### Laskennalliset pakokaasupäästöt

Laskelmassa on huomioitu nesteytysprosessissa tarvittavan raaka-aineen eli typen ja lopputuotteen eli nesteytetyn metaanin kuljetus- ja keräysreitit ajamisesta aiheutuvat päästöt. Laskelman mukaisesti typen tuominen maatiloille, sekä metaanin keräys maatiloilta, toteutettaisiin yhdellä kuorma-autolla kuuden päivän välein.

Ajoreitin ajamisesta aiheutuvat päästöt laskettiin hyödyntäen HBEFA (The Handbook Emission Factors for Road Transport) -tietokantaa dieseliä ja CNG:tä eli paineistettua maakaasua polttoaineena käyttävälle kuorma-autolle. HBEFA:ssa olevat päästökertoimet on kohdennettu Ruotsille, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia Suomen kanssa. Tuloksena saadut päästöt on esitetty yksikössä g/ajoneuvokilometri ja ne on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ajoreitin ajamisesta aiheutuvat pakokaasupäästöt.

## HBEFA

### Ajoreitin päästöt grammoina

	Ajomäärä km/keräilykerta	CO	CO2	HC(hot)	Nox	PM
Dieselvetoinen	69,3	89,397	43913,05	2,772	129,8682	2,1483
CNG	69,3	27,8586	1605,057	9,009	29,5911	0,2079

	Ajomäärä km/vuosi	CO	CO2	HC(hot)	Nox	PM
Dieselvetoinen	4215,75	5438,318	2671377	168,63	7900,316	130,6883
CNG	4215,75	1694,732	97640,99	548,0475	1800,125	12,64725

Käytetty Ruotsin päästökertoimia ja HDV-ajoneuvoja. Heavy duty vehicle (HDV) {= vehicles > 3.5 t total weight; = general term for heavy goods vehicles (HGV), coaches (RBus) and urban buses (LBus)}



Taulukossa 2 on esimerkkilaskelma siitä, jos keräilyauton lähtö- ja päätepaikka sijaitisi Kokkolassa.

Taulukko 2. Ajoreitin aiheuttamat pakokaasupäästöt kuljetusyrityksen sijaitessa Kokkolassa.

**Ajoreitin päästöt grammoina, keräilyauto lähtee Kokkolasta ja palaa Kokkolaan**

	Ajomäärä km/keräilykerta	CO	CO <sub>2</sub>	HC(hot)	Nox	PM
Dieselvetoinen	185	238,65	117228,2	7,4	346,69	5,735
CNG	185	74,37	4284,785	24,05	78,995	0,555

	Ajomäärä km/vuosi	CO	CO <sub>2</sub>	HC(hot)	Nox	PM
Dieselvetoinen	11254	14517,66	7131277	450,16	21090	348,874
CNG	11254	4524,108	260653,9	1463,02	4805,458	33,762

### 2.3.3 Biokaasu liikennepolttoaineena

Suomen tavoitteena on puolittaa liikenteestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2022). Biokaasu on uusiutuva energianlähde. Biometaanin tarkoittaa jalostettua biokaasua, joka on tuotettu biologisista materiaaleista, ja joka koostuu pääasiassa metaanista. Liikennekäyttöön on saatavilla paineistettua (CBG) ja nesteytettyä (LBG) biokaasua. (Suomen biokierto & biokaasu ry, n.d.) Biokaasu ei sisällä rikkiä, pölyä tai raskasmetalleja ja lisäksi sen käytöstä aiheutuu vain vähän hiukkaspäästöjä ilmaan (Motiva, 2021b).

Vaihtamalla diesel- tai bensiinikäyttöisen auton polttoaineeksi biometaanin, pienenee kasvihuone- ja pakokaasupäästöt merkittävästi. Osuuskunnan tuottama biokaasumäärä on energiasisällöltään 7470 MWh. Tämä määrä vastaa 750 000 litraa dieseliä, jonka energiasisältö on 9,96 kWh/litra. Dieselin hiilidioksidipäästöt ovat 2600 g/litra (AKE, n.d.). Osuuskunnan tuottaman biometaanin avulla voidaan saavuttaa vuosittain 1950 tonnia pienemmät hiilidioksidipäästöt, jos diesel korvataan biometaanilla. Bensen energiasisältö on 9 kWh/litra. Osuuskunnan tuottama biometaanin energiasisältö vastaa 830 000 litraa bensiiniä, jonka energiasisältö on 2350 g/litra (Motiva, 2020). Vuosittain saavutetaan 1950,5 tonnia pienemmät hiilidioksidipäästöt, jos bensiini korvataan biometaanilla.

### 2.3.4 Ilmaan kohdistuvien haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventäminen

Osuuskuntatoiminnan aiheuttamat ilmaan kohdistuvat suorien vaikutusten arvioidaan jäävän vähäisiksi. Polttoaineen jakeluaseman rakentamisen yhteydessä voidaan lisätä tietoutta biopolttoaineen positiivisista vaikutuksista ja pyrkiä sitä kautta lisäämään sen käyttöä.

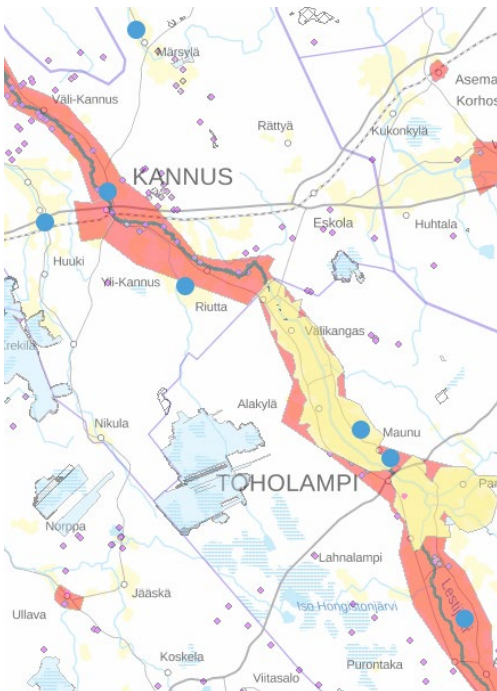
## 2.4 Vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen

Biokaasun nesteytysyksikön avulla voidaan jalostaa puhdasta bioenergiaa, joka korvaa fossiilisia polttoaineita. Biokaasulaitoksella syntyvän mädätysjäännöksen käyttö peltolannoitteena vähentää väkilannoitteiden käyttömäärää ja edesauttaa näin pienentämään niiden valmistuksessa tarvittavien neitseellisten raaka-aineiden ja fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Osuuskuntatoiminnan johdosta biopolttoaineiden osuus markkinoilla lisääntyy ja luo mahdollisuuksia biokaasun liikennepolttoainekäytön yleistymiselle. Osuuskuntatoiminnalla arvelaan olevan positiivinen vaikutus luonnonvarojen hyödyntämiseen.

## 2.5 Vaikutukset maankäyttöön ja maisemaan

Osuuskuntaan kuuluvien maatilojen sijaintien perusteella kartoitettiin tunnetut suojelalueet ympäristöhallinnon Karpalo-tietokannan avulla. Osa maatiloista sijaitsee maakunnallisesti arvokkaassa Lestijokivarren kulttuurimaisemassa (esitetty kuvassa 6 punaisella värillä). Toholammilla Pohjapuolentiellä sijaitsevat maatilat kuuluvat lisäksi valtakunnallisesti arvokkaaseen Lestijoen maisema-alueeseen (esitetty kuvassa 6 keltaisella värillä). Maatilojen yhteydessä tai niiden välittömässä läheisyydessä ei sijaitse maailmanperintökohteita, muinaisjäänköksiä tai Natura 2000 -alueita. Osuuskuntatoiminnalla ei arvioida olevan vaikutusta maankäyttöön ja maisemaan.

Kuva 6. Osuuskuntatoiminnan alueella sijaitsevat maatilat ja suojelalueet (Karpalo, 2020).



Kartoituksen lisäksi konsultoitiin mittausteknikko Matti Salmelaa Kannuksen kaupungilta, joka kertoi 22.8.2022 käydyssä puhelinkeskustelussa, että rakennusluvan saaminen valtakunnallisesti arvokkaassa kulttuurimaisemassa sijaitsevalle biokaasulaitokselle saattaa olla hankalampaa.

Osuuskunnan perustaessa polttoaineen jakeluaseman tulee ennakkoselvityksessä huomioida, että sen aiheuttamat ympäristövaikutukset eivät ulotu suojelu- tai maisemallisesti arvokkaille alueille.

## **2.6 Vaikutukset kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen**

Biokaasun nesteytysyksikön koko on n. 1,5 m x 0,80 m x 1,8 m. Laitteiston pienestä koosta johtuen, sillä ei arvioida olevan vaikutusta kasvillisuuteen, eliöihin tai luonnon monimuotoisuuteen.

Osuuskunnan perustaessa polttoaineen jakeluaseman tulee ennakkoselvityksessä huomioida, että sen aiheuttamat ympäristövaikutukset eivät sijoitu niin, että ne uhkaisivat luonnon monimuotoisuutta.

## **2.7 Rakentamisen aikaiset vaikutukset ja käytöstä poisto**

Nesteytysyksiköt tuodaan maatiloille valmiina kokonaisuuksina, jolloin niiden rakentamisesta ei aiheudu ympäristövaikutuksia sijoituspaikalla. Käytöstä poisto tapahtuu vastaavalla tavalla eli yksikkö kuljetetaan kokonaisuudessaan pois. Yksikön mahdolliset pakkausmateriaalit tulee lajitella ja kierrättää asianmukaisesti.

### 3 YHTEENVETO YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Ympäristövaikutusten arvioinnissa ei noussut esille sellaisia vaikutuksia, joiden perusteella osuuskuntatoimintaa ei voitaisi aloittaa. Taulukkoon 3 on koottu yhteenveto ympäristövaikutusten arvioinnin tuloksista.

Taulukko 3. Yhteenveto ympäristövaikutusten arvioinnin tuloksista.

	Osuuskuntatoiminnan vaikutus	Selite		
<b>Haju</b>		Hajukuorma ei kasva osuuskuntatoiminnan johdosta, mädätysjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena pienentää hajupäästöjä		
<b>Liikennemäärät ja turvallisuus</b>		Liikennemäärien kasvu vähäistä. Päiväkohtainen liikennemäärä vuosikeskiarvoihin suhteutettuna lisääntyy 1,1-1,3%		
<b>Melu</b>		Osuuskuntatoiminnasta ei aiheudu normaalitilanteessa melua, liikennemelu ei lisääntynyt merkittävästi		
<b>Työllisyys</b>		Osuuskunta työllistää 1-2 henkilöä		
<b>Liikenteen pakokaasupäästöt</b>		Liikennemäärän kasvaessa myös pakokaasupäästöt kasvavat, vaikutusta pienentää biometaanin käyttö polttoaineena myös kuljetuksissa, jolloin vaikutus olisi vahvasti positiivinen		
<b>Biokaasu liikennepolttoaineena</b>		Osuuskunnan tuottama biometaani edistää liikennekäyttöä ja vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä		
<b>Kasvihuonekaasupäästöt</b>		Kasvihuonekaasupäästöt vähenevät, kun biometaanin käyttö polttoaineena kasvaa		
<b>Luonnonvarojen hyödyntäminen</b>		Osuuskunta tuottaa biometaania, jolla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita		
<b>Maankäyttö ja maisema</b>		Osuuskuntatoiminta ei aiheuta maankäyttöön ja maisemaan kohdistuvia muutoksia		
<b>Kasvillisuus, eliöt ja monimuotoisuus</b>		Osuuskuntatoiminnalla ei ole vaikutusta kasvillisuuteen, eliöihin tai monimuotoisuuteen		
<b>Rakentaminen ja käytöstä poisto</b>		Nesteytysprosessissa tarvittava laitteisto kuljetetaan paikalle ja pois kokonaisuutena yksikkönä		
Värikoodit:				
Positiivinen	Lievästi positiivinen	Ei vaikutusta nykytilanteeseen	Lievästi negatiivinen	Negatiivinen

## 4 RAPORTIN TOTEUTUS

Tarkoituksena oli selvittää virtuaaliosuuskunnan toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Tutkimuksen pohjatiedot on kerätty kuudelta Keski-Pohjanmaalla toimivalta maatilalta. Tutkimus ja sen perusteella kirjoitettu raportti on toteutettu tapaustutkimuksena eli tutkimuskohteena on ollut rajattu joukko. Tutkimuksen perusteella ei voida tehdä suoranaisia yleistyksiä, vaan tarkoituksena on lisätä ilmiöiden ymmärrettävyyttä. On kuitenkin hyvä pohtia saatuja tuloksia laajemmassa mittakaavassa ja miettiä tulosten soveltuvuutta muualla. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006)

Tässä työssä käytettiin laadullista ja määrällistä tutkimusta rinnakkain. Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen avulla pyritään laadun, ominaisuuksien ja merkitysten ymmärtämiseen. Määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus taas perustuu kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastoin ja numeroin. (Jyväskylän yliopisto, 2015a & 2015b)

### 4.1 Raportin validiteetti ja reliabiliteetti

Validiteetti eli pätevyys kuvaa sitä, kuinka hyvin tutkimuksessa käytetty mittaus- tai tutkimusmenetelmä kohdistuu tutkittavaan asiaan. Tulosten näkökulmasta katsottuna validiteetin avulla voidaan pohtia ovatko esitetyt johtopäätökset oikeutettuja käytetyn aineiston ja tutkimusmenetelmien näkökulmasta. Reliabiliteetti eli luotettavuus kuvaa mittaus- ja tutkimusmenetelmien luotettavuutta ja toistettavuutta. (Hiltunen, 2009, ss. 3–9)

Tässä raportissa virtuaaliosuuskunnan ympäristövaikutusten arvioinnin pohjatietona on toiminut HABITUS-hankkeen aiemmassa vaiheessa tuotetut maatilakohtaiset biokaasukatselmukset, sekä tilallisilta sähköpostin välityksellä tulleet vastaukset heille esitettyihin kysymyksiin. Lisäksi selvitystyön tukena on olleet erilaiset verkko- ja kirjallisuuslähteet. Tiedon keräys tilallisilta sähköpostitse aiheutti haasteita tiedon välitykselle menetelmän aikaa vievän toteutustavan vuoksi. Vastaaminen kysymyksiin kirjoittamalla rajaa väistämättä saatavan tiedon määrää. Puhelinhaastattelu olisi mahdollistanut isomman tietomäärän ja aktiivisemmän roolin haastattelvalle. Aikataulujen yhteensovittamisen haastavuus ja resurssit olivat kuitenkin syy siihen, miksi aineiston keruu toteutettiin sähköpostitse.

Tutkimuksen reliabiliteetti saattoi materiaalin keräystavan vuoksi kärsiä. Haasteita on aiheuttanut kysymysten muotoilu niin, että ne eivät olisi monitulkeittaisia. Oleellisia tietoja on saattanut jäädä pois vastaajasta riippuvista henkilökohtaisista syistä. Samanlainen uhka olisi aiheutunut, vaikka haastattelu olisi suoritettu muulla tavoin.

## LÄHTEET

AKE. (n.d.) *Eri kulutusarvoja vastaavat hiilidioksidipäästöt.* [https://www.ts.fi/static/content/file\\_5\\_75709\\_175711.pdf](https://www.ts.fi/static/content/file_5_75709_175711.pdf)

Euroopan komissio. (n.d.). *Ilmastonmuutoksen syyt.* [https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change\\_fi](https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_fi)

Euroopan unioni. (n.d.). *Ilmastonmuutos.* [https://europa.eu/climate-pact/about/climate-change\\_fi](https://europa.eu/climate-pact/about/climate-change_fi)

HBEFA. (2022). *The Handbook of Emission Factors for Road Transport.* <https://www.hbefa.net/e/index.html>

Hiltunen, L. (2009). *Validiteetti ja reliabiliteetti.* Haettu 28.6.2022 kohteesta [http://www.mit.jyu.fi/ope/kursit/Graduryhma/PDFt/validius\\_ja\\_reliabiliteetti.pdf](http://www.mit.jyu.fi/ope/kursit/Graduryhma/PDFt/validius_ja_reliabiliteetti.pdf)

Ilmatieteenlaitos. (n.d.a). *Hiilimonoksidi.* <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/hiilimonoksidi>

Jyväskylän yliopisto. (2021a). *Laadullinen tutkimus.* <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Jyväskylän yliopisto. (2015b). *Määrällinen tutkimus.* <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Kajolinna, T. (2017). *Mistä hajuja tulee ja miten niitä mitataan?* [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/27429528/Kajolinna\\_hajuesitys\\_ISP\\_2017.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/27429528/Kajolinna_hajuesitys_ISP_2017.pdf)

KARPALO. (2020). *Karpalo 3 karttapalvelu.* Maanmittauslaitos. <https://www.wp2.ymparisto.fi/karpaloHtml5/html5viewer/?configBase=https%3a%2f%2fwww.wp2.ymparisto.fi%2fkarpaloHtml5%2fH5cfg%2f5jv2bT6Mv6a223nUT>

Keski-Pohjanmaan liitto. (2021). *Keski-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2035.* [Keski-Pohjanmaan ilmastotiekartta 2035](https://keski-pohjanmaan-ilmastotiekartta-2035)

Kestävä kehitys. (n.d.). *Mitä on kestävä kehitys?* Valtioneuvoston kanslia. <https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys>

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719>

Liikenne- ja viestintäministeriö. (2022). *Liikenteen päästöjen puolittaminen 2030 mennessä on mahdollista kansallisin keinoin ja EU:n toimin.* <https://www.lvm.fi/-/liikenteen-paastojen-puolittaminen-2030-menessa-on-mahdollista-kansallisin-keinoin-ja-eu-n-toimin-1640686>

LIPASTO. (n.d.). *Hiukkaset PM.* <http://lipasto.vtt.fi/liisa/pms.htm>

MMM. *Suomessa uusiutuvasta energiasta suurin osa on bioenergiaa.* Maa- ja metsätalousministeriö. <https://mmm.fi/biotalous/bioenergia>

Motiva. (2019). *Autojen pakokaasupäästöt.* Haettu 28.6.2022 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/perustietoa-liikenteesta/autojen-pakokaasupaastot>

Motiva. (2020). *Bensiini*. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energialahteet/bensiini](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/bensiini)

Motiva. (2021a). *Uusiutuva energia*. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia)

Motiva. (2021b). *Maakaasu ja biokaasu*. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energialahteet/maakaasu\\_ja\\_biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/maakaasu_ja_biokaasu)

Paavola, T. (2015). Mädätysjäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa M. Kymäläinen & O. Pakarinen (toim.), *Biokaasuteknologia - Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. Hämeen ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Pöyry Environment Oy. (2017). *Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys*. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/LietteenkC3A4sittely-2.pdf>

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). *Tapaustutkimus. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto*. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Sitra. (2018). *Mitä nämä käsitteet tarkoittavat?* <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>

Suomen biokierto & biokaasu ry. (n.d.). *Biokaasun käyttö*. <https://biokierto.fi/biokaasu/kaytto/>

Tilastokeskus. (n.d.a). *Fossiiliset polttoaineet*. [https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset\\_pol.html](https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html)

Tilastokeskus. (n.d.b). *Hiilidioksidiekvivalentti*. <https://www.stat.fi/meta/kas/hiilidioksidiek.html>

Trimmer, C., Keller, A., Murphy, N. R., Snyder, L.L., Willer, J.R, Nagai, M.H., Katsanis, N., Voss hall, L. B., Matsunami, H. & Mainland, J. D. (2019). Genetic variation across the human olfactory receptor repertoire alters odor perception. *Proceedings of the national academy of sciences*, 116(19). <https://doi.org/10.1073/pnas.1804106115>

Väylävirasto. (2021). *Päällysteiden ja siltojen kuntokartta*. <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=165c12d904fa48189fd19ba963f46372>

Väylävirasto. (2022a). *Melu ja tärinä*. <https://vayla.fi/ymparisto/melu-tarina>

Väylävirasto. (2022b). *Liikennemääräkartat*. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/kartat/liikennemaarakartat>

Watrec. (2016). *Gasum biotehdas Oy – Oulun biokaasulaitoksen laajennushanke*. <https://www.ymparisto.fi/download/BiotehdasOyYVAOhjelmapdf/%7BAA01CAF5-2E9F-4974-BA24-B5741D980C96%7D/115248>

Ympäristöhallinto. (2017). *Happamoittavat yhdisteet haittaavat luontoa ja ihmisten terveyttä – Uusimaa*. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Ympariston\\_tilan\\_indikaattorit/Ilman\\_epapuhtaudet/Happamoittavat\\_yhdisteet\\_haittaavat\\_luon\(31596\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilman_epapuhtaudet/Happamoittavat_yhdisteet_haittaavat_luon(31596))