Olli Väänänen
Joulukuu 2020

Sekajätteen itsesyttymisen tunnistaminen ja ennakointi

Pilotti Sammakkokangas

Väliraportti joulukuu 2020



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

jamk.fi
Jyväskylän ammattikorkeakoulu

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Pilotti Sammakkokangas

Ekologiset, älykkäät ja turvalliset teollisen internetin palvelut (eÄlytelli) -hankkeessa JAMK ja Sammakkokangas Oy kehittävät ja pilotoivat järjestelmää, jonka tarkoituksena on tunnistaa ja ennakoida sekajätteen (yhdyskuntajätteen) itsesyttymistä.

Sammakkokankaan jätekeskuksen kanssa kehitetään ja pilotoidaan yhdyskuntajätekasan itsesyttymisvaaran tunnistamista ja ehkäisyä. Sekajätteen itsesyttyminen johtuu ainakin osaksi biojätteen biohajoamisesta jätekasan sisällä. Tällainen itsesyttyminen on vaikea ennustaa ja sammuttaa. Jätepalo voi aiheuttaa ympäristöriskin ja merkittäviä taloudellisia vahinkoja.

Pilotin tarkoituksena on tunnistaa tekijät, jotka indikoivat itsesyttymisvaaraa ja varoittaa vastuuhenkilöitä ennakoivasti itsesyttymisestä. Pilotissa seurataan lämpötilaa ja kosteutta sekä hiilidioksidin, hiilimonoksidin ja metaanin määrää jätekasan ympäristössä. Tiedot tallennetaan Azuren pilveen Thingsboard IoT-alustaan ja tietojen pohjalta laaditaan ennuste itsesyttymisestä. Kyseinen ratkaisu on hyödynnettävissä kaikissa ympäristöissä (jäte, turve, hake, jne.), joissa on olemassa itsesyttymisvaara.

Sekajätteen itsesyttyminen johtuu ainakin osaksi biojätteen biohajoamisesta jätekasan sisällä. Biohajoamisessa muodostuu lämpöä ja koska ympärillä oleva jäte toimii eristeenä, niin lämpö ei pääse tehokkaasti johtumaan ympäristöön. Tällöin lämpö pääsee jätekasan sisällä nousemaan. Jätteen kosteudella on todettu olevan vaikutusta jätteen itselämpenemiseen. [1] Jätteen kosteuspitoisuus antaa viitteitä biojätteen määrästä. Myös muita kemiallisia reaktioita liittyy ilmiöön, koska biohajoamisen mikrobit kuolevat alhaisemmassa lämpötilassa kuin mikä on useimpien aineiden syttymislämpötila. Sekajätekasa voi siis itsestään syttyä kytemään ja palamaan kasan sisältä. Tällainen palo on hankala havaita ajoissa ja vaikea sammuttaa. Myös Suomessa on tapahtunut itsesyttymisestä johtuvia tulipaloja jäteasemilla [2]. On arvioitu, että mikäli sekajätteen sekaan ei laitettaisi lainkaan biojätettä, niin itsesyttymisongelmaa ei olisi.
Jätteen biohajoamisessa muodostuu mm. hiilidioksidia (CO_2) sekä metaania (CH_4). [3] Kun syttyminen tapahtuu, niin jätekasasta vapautuu häkää (CO) sekä hiilidioksidia (CO_2) ja lämpötila nousee entisestään.

Pilotissa mitattavia suureita ja kaasuja ovat lämpötila, kosteus, hiilidioksidi, hiilimonoksidi ja metaani. Pilottikohde koostuu kolmesta vierekkäisestä siilosta, joista kahdessa on sekajätettä ja yhdessä on kipsilevyjätettä. Jokaisesta siilosta mitataan samat suureet. Vertailumittaus suoritetaan siilon ulkopuolelta. Kuva pilottikohteena olevasta yhdestä siilosta on kuviossa 1.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Kuvio 1. Jätesiilo

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Järjestelmän yksinkertaistettu periaatekuva on nähtävissä kuviossa 2:



Kuvio 2. Järjestelmän kuvaus (kuva Heli Sutinen).

Lisäoptiona testataan myös lämpökameran ja/tai IR-kameran mahdollisuuksia ja hyötyjä lämpenemisen ja itsesyttymisen tunnistamisessa.

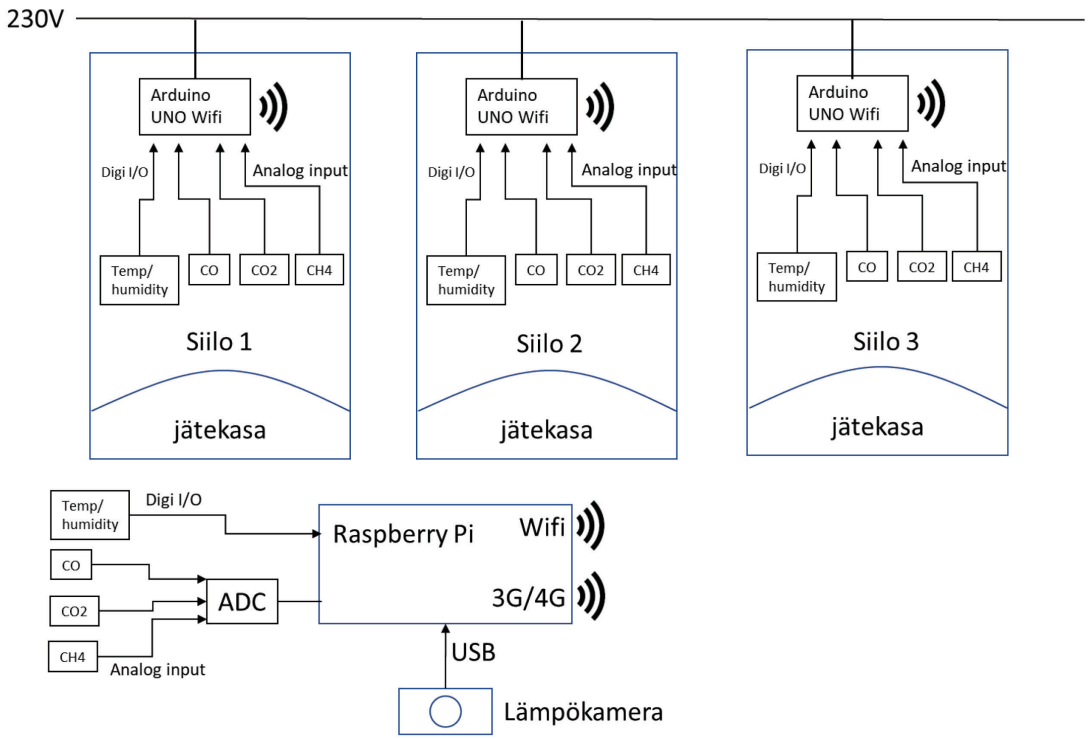
Mittausanturit on sijoitettu erilliseen alustaan, joka on laskettu siilon katosta vakiokorkeudelle jätekasan päälle. Kaasujen mittauksen vakioimiseksi anturit ovat sijoitettu eräänlaisen suppilon/hupun sisään (kuvio 3).

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto


Kuvio 3. huput

Jokaiseen siiloon on asennettu antureiden kytkentää varten sulautettu elektroniikka-alusta (Arduino Uno WiFi), joka kommunikoi langattoman WiFi-yhteyden avulla siilojen läheisyydessä sijaitsevaan yhdyskäytävään. Yhdyskäytävänä toimii yhden piirilevyn Linux-tietokone (Raspberry Pi), joka on varustettu 3G/4G-mokkulalla. Siilon ulkopuoliset anturit, joita käytetään vertailumittauksiin, ovat kytketty suoraan Raspberry Pi –alustaan. Järjestelmän periaatekuva on nähtävissä kuviossa 4.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

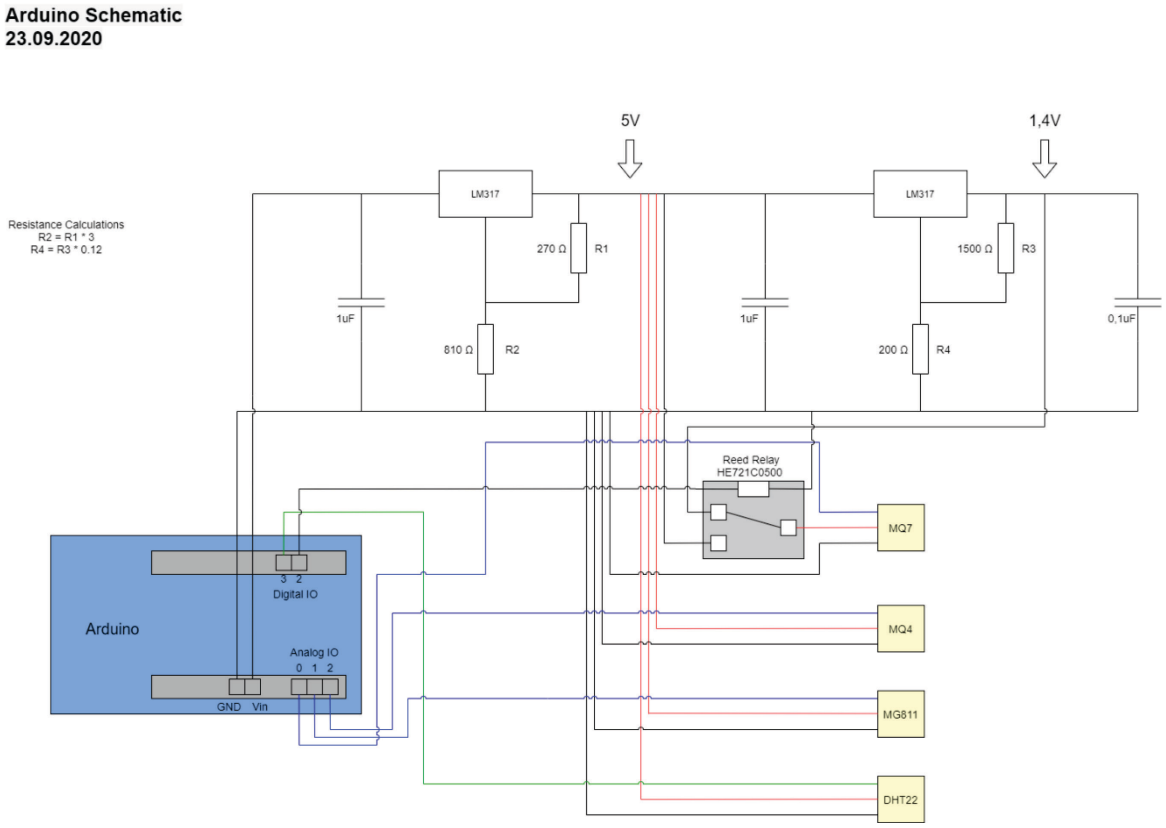


Kuvio 4: Kaaviokuva pilottijärjestelmästä

Hupun sisään sijoitettuun Arduino Uno WiFi -alustaan on kytketty yhteensä neljä anturia. Lämpötila- ja kosteusanturi on yhdistelmäanturi DHT22, jonka I/O liityntä on digitaalinen. Kolme erillistä kaasuanturia (MQ7 häkäanturi (CO), MQ4 metaanianturi (CH_4) ja MG811 hiilidioksidianturi (CO_2) kytketyvät Arduinon analogia I/O-liityntöihin. Kuviossa 5 on nähtävissä antureiden kytkeminen Arduino-alustaan.

MQ4, MG811 ja DHT22 ovat kytketty LM317 regulaattorilta saatavaan 5 V:n tasajännitteeseen suoraan. MQ7 häkäanturi tarvitsee kaksi eri jännitettä (5 V ja 1,4 V), joita vaihdetaan mittaussyklin aikana releen (Reed Relay HE721C0500) avulla. 1,4 V:n jännite on muodostettu 5 V:n jännitteestä toisen LM317 lineaariregulaattorin avulla.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

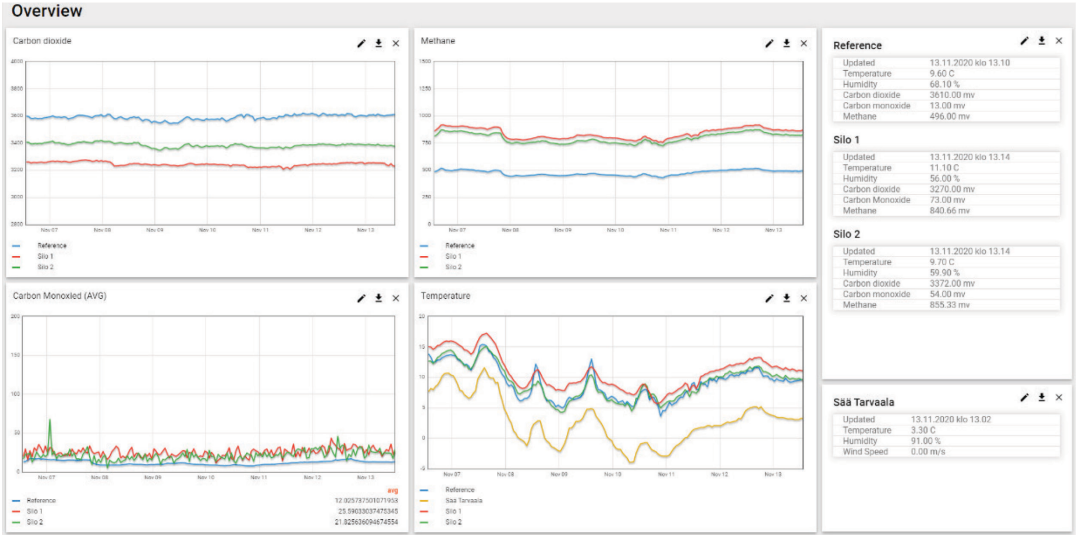


Kuvio 5. Hupun sisään sijoitettavan mittausmoduulin piirikaavio.

Siiloissa olevat Arduinot mittaavat lämpötilan, kosteuden, hiilidioksidin ja metaanin arvot 3 s:n välein ja lähettävät tiedot WiFi:n välityksellä Raspberry PI:lle. Hiilimonoksidianturi suorittaa mittauksen 2min 30s välein johtuen anturin vaatimasta lämmityssyklistä. Siten hiilimonoksidin arvo päivittyy 2min 30s välein, mutta sillä välillä vanha arvo lähetetään muiden anturiarvojen kanssa Raspberrylle. Raspberry PI lähettää siiloista saamansa arvot välittömästi pilveen 3G/4G-yhteyden välityksellä. Raspberry PI:n referenssiantureiden arvot mitataan 2min 30s välein ja lähetetään pilveen.

Mittausdata tallennetaan tietokantaan ja visualisoidaan Thingsboard IoT-alustalla. Kuviossa 6 on nähtävissä esimerkki anturidatan visualisoinnista Thinsboard -alustalla.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Kuvio 6. Visualisointinäkymä Thingsboard IoT-alustassa.

Analyysi pilvessä.
Kaikki tarvittava data lähetetään 3G/4G-yhteydellä pilveen IoT-alustaan (ThingsBoard) ja datan analysointi suoritetaan pilvessä. Tarvittaessa lisäinformaationa voidaan käyttää esimerkiksi pitkänajan sääennustetta. Mittausdataa kerätään ympäri vuoden koska itsesyttyminen on mahdollista myös talvella.

Datasta yritetään havaita mahdollisia viitteitä jätteen lämpenemisestä, joka voisi johtaa itsesyttymiseen. Tavoitteena on siten löytää indikaattoreita ja heikkoja signaaleja data-analytiikan avulla, jotka voisivat ennakoida itsesyttymistä. Indikaattoreiden avulla voidaan jatko kehittää järjestelmää ennakoimaan itsesyttymisen kohonnutta riskiä, jotta tilanteeseen voidaan puuttua ennen kuin jätekasa syttyy palamaan. Mikäli anturidatan analysoinnissa havaitaan poikkeamia, jotka indikoivat kohonnutta riskiä itsesyttymiselle tai viitteitä jo tapahtuneesta syttymisestä/kytemisestä, voidaan ThingsBoard-alustasta lähettää hälytys sähköpostitse tai tekstiviestinä.

Pilotin tilanne syksy 2020.

Järjestelmä asennettiin Saarijärvelle Sammakkokangas Oy:n kolmeen rinnakkaiseen siiloon kesäkuussa 2020 (10.6.2020). Järjestelmä toimi noin kymmenen päivää, kunnes siiloista mitattavan datan tulo IoT-alustaan lakkasi. Siilon ulkopuolelle sijoitettujen referenssiantureiden dataa tuli vielä kuukauden ajan (19.7.2020 saakka) kunnes sekin loppui. Elokuussa (6.8.2020) laitteisto korjattiin ja mittausdataa alkoi taas kerääntyä tietokantaan.

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Tilanne joulukuu 2020: Laitteisto on ollut toiminnassa 6.8.2020 alkaen siten, että mittausdataa tulee referenssiantureista (siilon ulkopuolelta) ja siiloista 1 ja 2. Siilo 3:n mittausjärjestelmä ei ole toiminnassa, mutta kyseisessä siilossa ei ole ollut myöskään jätettä. Siilo 1:ssä on sekajätettä ja siilo 2:ssa kipsilevyjätettä. Siiloon 3 on tarkoitus laittaa sekajätettä ja kytkeä mittausjärjestelmä toimintaan myös kyseisen siilon osalta. Mittausdataa on tarkoitus kerätä talven 2020-2021 yli.

Uutena informaationa IoT-alustaan kerätään dataa myös JAMKin Tarvaalan kampuksella sijaitsevasta sääasemasta. Sääasema sijaitsee noin 15 km jäteasemalta etelä-kaakkoon.

Syksyn aikana on lisäksi teetetty erillinen lämpötilan ja kosteuden IoT-mittalaite. Mittalaitteessa on anturi metalliputken päässä ja putki työnnetään jätekasaan, jolloin kasan sisäinen ja paikallinen lämpötila sekä kosteus voidaan mitata ja lähettää langattomasti Lora-verkon välityksellä IoT-alustaan. Mittalaitetta voidaan käyttää yksittäisten mittausten suorittamiseen tai se voidaan jättää jätekasaan ns. jatkuvaan mittaukseen, jolloin mittaus suoritetaan automaattisesti tunnin välein ja laite lähettää datan IoT-alustaan. IoT-mittalaitteesta on laadittu erillinen raportti.

Talven 2020-2021 aikana on tarkoitus tutkia IR- ja/tai lämpökameran hyödyntämistä jätekasan lämpötilan mittaamiseen ja lämpöpisteiden tunnistamiseen. Kamera asennetaan pilottikohteeseen myöhemmin.

Talven aikana kerätystä datasta tullaan etsimään mahdollisia viitteitä jätekasan lämpenemisestä ja kohonneesta riskistä itsesyttymiselle. Analyysiin on käytettävissä kaikki pilottikohteesta kerätty data sekä Tarvaalan sääaseman data.

Pilotti on osa Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittamaa projektia nimeltään eÄlytelli – Ekologiset, älykkäät ja turvalliset teollisen internetin palvelut.

Lähteet:
[1] Moqbel, S., Reinhart, D., Chen, R.H., 2010. Factors influencing spontaneous combustion of solid waste. Waste Management. 30 (issue 8-9), 1600. doi: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.006
[2] Korkea jätekasa syttyi Kouvolassa – sammuttaminen kestää tuntikausia https://www.is.fi/kotimaa/art-2000006301661.html?cs=email
[3] Chavan, D., Lakshmikanthan, P., Mondal, P., Kumar, S., Kumar, R., 2019. Determination of ignition temperature of municipal solid waste for understanding surface and sub-surface landfill fire. Waste Management. 97 (123-130). doi: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.002

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto