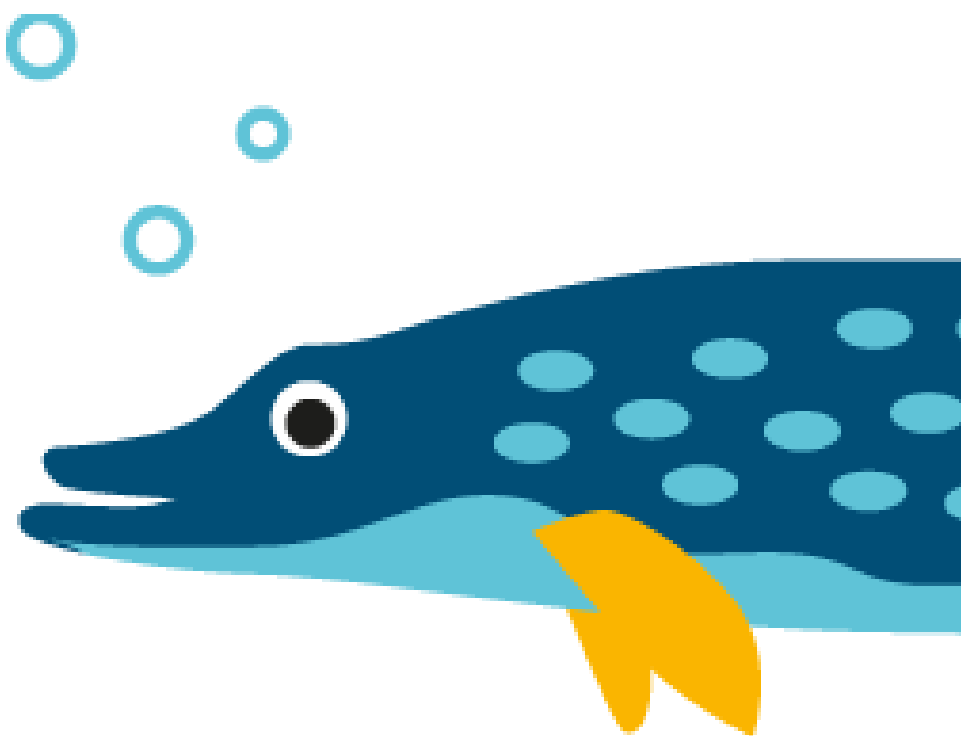


Jätevesipumppaamoiden etäluenta ja tekoälymalli

Loppuraportti 10/2023





Sisältö ●

Projektin jäsenet	2
Projektin esittely	3
Miksi etäluentalaitteita?	4
Projektin toteutus	5
Laitteen kehitys	6
Datan analysointi	8
Tekoälyn kehitys	9
Palvelinkehitys ja käyttöliittymä	10
Asiakasrajapinta	11
Tavoitteiden saavuttaminen	12

Projektin jäsenet



Vesa,
Toimitusjohtaja,
Elektroniikka- ja
ohjelmistosuunnittelija



Joonas,
Ohjelmistosuunnittelija



Bea,
Asiakasvastaava



Pekko,
Datakonsultti



Hannu,
Asiakasvastaava



Olli,
Ohjelmistosuunnittelija



Olli,
Elektroniikkasuunnittelija

Projektin esittely

Hankkeen kesto: 01.01.2022–30.09.2023.

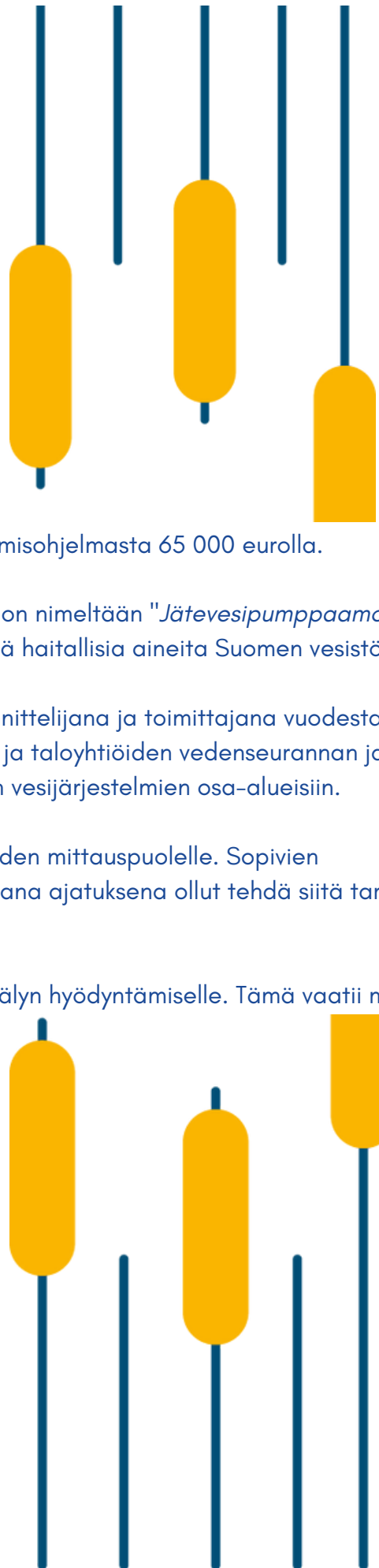
Hanketta rahoitti ympäristöministeriö Vesiensuojelun tehostamisohjelmasta 65 000 eurolla.

Tässä raportissa hanketta kuvataan termillä projekti. Projekti on nimeltään "*Jätevesipumppaamoiden etäluenta ja tekoälymalli*" ja sen ydin tavoitteena on vähentää haitallisia aineita Suomen vesistöissä.

Vilkase Oy on toiminut vesimittareiden etälukulaitteiden suunnittelijana ja toimittajana vuodesta 2014. Tähän asti Vilkase on toiminut vesiosuuskuntien, vesilaitosten ja taloyhtiöiden vedenseurannan ja hallinnan mestariratkaisijana, mutta tavoitteena on laajentua muihinkin vesijärjestelmien osa-alueisiin.

Projektissa kehitetään ja etsitään uutta jätevesipumppaamoiden mittaosuolelle. Sopivien mittaussuureiden löytämiseksi on laitteiston kehityksen johtavana ajatuksena ollut tehdä siitä tarpeeksi monipuolinen, jotta uusia mittauskohteita on helppo lisätä.

Mittausdatan jalostamiseksi tavoitteena on luoda pohja tekoälyn hyödyntämiselle. Tämä vaatii mitatun datan esitykseen ja hallintaan panostusta.

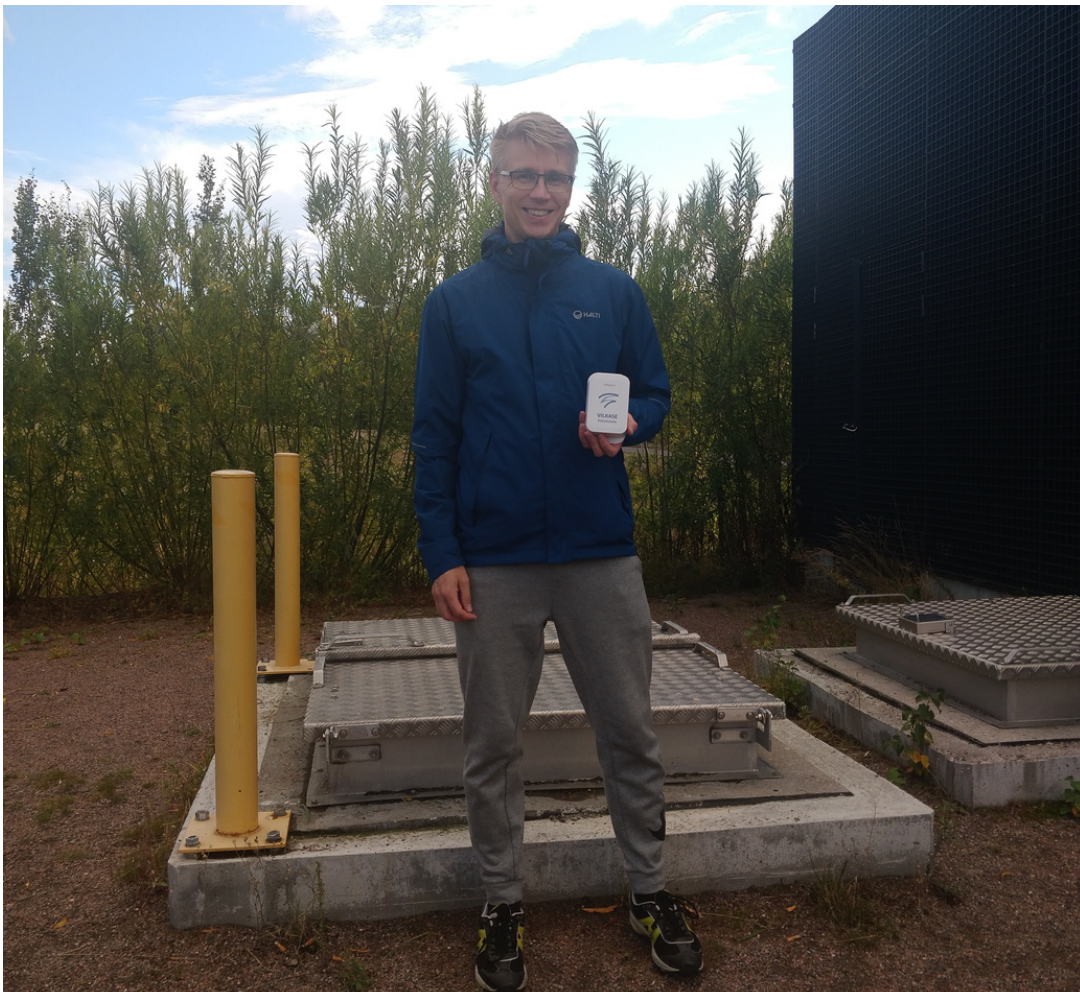


Miksi tarvitsemme etäluentalaitteita pumppaamoihin?

Koko idea etäluentalaitteiden tarpeellisuudesta pumppaamoissa on lähtenyt liikkeelle keskusteluista vesiosuuskuntien välillä. Erityisesti jäteveden pumppausmäärien seuranta vaatii kehitystä. Suuressa osassa pumppaamoita on esimerkiksi vain punainen merkkivalo kertomassa pinnankorkeuden ylittymisestä

tai muusta viasta. Pumppaamoista puuttuu usein täysin jäteveden pumppaamisen seuraaminen ja data-analytiikan hyödyntäminen vuotojen ennaltaehkäisyssä. Tämän seurauksena pumppaamoissa on havaittavissa vuotoja tai muita akuutteja ongelmia. Pumppaamoissa ei myöskään osata hyödyntää data-

analytiikan mahdollistamaa syy-seuraussuhteiden seurantaa. Esimerkiksi vaikka punainen merkkivalo palaa, jatkaa pumppu silti veden pumppaamista. Tästä seuraa ongelmien kierre, jossa aluksi yksi ongelma aiheuttaa lisää ongelmia. Lopulta pumppu voi hajota tai vaurioitua ja luontoon pääsee haitallista jätevettä.



Onneksi laitteemme ansiosta pumppaamoiden ongelmat ovat pian historiaa!

Projektin toteutus

Kuten hankesuunnitelmassa (oikealla) oli kuvattu, on projektin toteutuksessa kolme eri osa-aluetta:

- Teknologian kehitys
- Datan jatkokäsittely
- Asiakaspilotointi ja viestintä

Teknologinen kehitys painottuu laitteistoon, jolla voidaan mitata moninaisia asioita jätevesipumppaamoissa, kuten esimerkiksi pumppujen käyntiaikoja ja ympäristön lämpötilaa. Kehitys painottuu etälukulaitteeseen, joka sisältää pitkälti elektroniikan ja softan kehitystä. Laite vaatii kehitystä, jotta se on yhteensopiva jätevesipumppaamoiden kanssa.

Datan jatkokäsittely, analysointi ja jakaminen ovat toinen suurempi kokonaisuus, jolla pyritään mittaustalasta saamaan ennakkotietoja tulevista huolto- tai korjaustarpeista ja näin ennaltaehkäistä ympäristöhaittoja. Olemme ajatelleet käyttää tähän koneoppimista, joka on yrityksellemme täysin uusi aluevaltaus. Näin ollen joudumme aloittamaan koneoppimismallin kehityksen aivan nollassa, joka tarkoittaa sitä, että aikaa menee reilusti taustatyön tekemiseen.

Näiden lisäksi projekti sisältää myös uuden etälukulaitteen pilotointiä asiakaskohteissa. Viestintä on myös tärkeässä roolissa koko projektin ajan.

"Teknologinen kehitys painottuu laitteistoon, jolla voidaan mitata moninaisia asioita, kuten esimerkiksi pumppujen käyntiaikoja ja ympäristön lämpötilaa."

Laitteen kehitys

Tavoitteenamme oli kehittää uusi etälukulaite pumppamoihin, sillä jo olemassa oleva laitteemme ei sinne täysin sovellu. Saimme projektin aikana tämän uuden laitteen lähes valmiiksi ja se on pientä viilausta vaille valmis myyntiin. Lähiaikoina etälukulaite menee vielä EMC testeihin ja piirilevyistä tehdään uudet, parannellut versiot. Laitteen softan kehitys on vielä kesken, mutta sen kehitys tapahtuu rinnakkain EMC testien ja piirilevyjen viilaamisen lomassa, joten koko tuote on todennäköisesti valmis 2024 vuoden alkupuolella.

Uutta laitettamme on kehitetty yhdessä asiakkaidemme kanssa ja suurin ero vanhaan on sen muokattavuus asiakkaiden tarpeita huomioiden. Uuteen laitteeseen voi esimerkiksi kytkeä myös lämpötilan, paineen, jne. mittausta. Vaihtoehtoja on paljon.

Päädymme lopulta kahteen eri laitevariaatioon, joita kutsumme tässä raportissa "Basic" ja "PRO" laitteiksi. Projektin aikana suunniteltiin uusi "Basic" kotelo, mutta tämä ei riitä kaikkiin sovelluksiimme. Niistä lisätietoa seuraavalla sivulla.

Haasteeksi muodostui pääkortin ja lisäkortin suunnitteluun ja implementointiin vaadittava työmäärä. Asiaa ei auttanut sekään, että elektroniikkakomponenteilla on ollut pitkät toimitusajat ja osa pääkomponenteista jouduttiin vaihtamaan saatavuuden vuoksi. Suhteellisen uuden teknologian hyödyntämisen haasteita on, että jonkin tuotteen tekeminen lopetetaan yllättäen.



Hands on ja testailemaan!

“PRO” - laite

“PRO”- laite on suunniteltu siten, että voimme tarjota sillä niin sanotusti kaikille kaikkea. Kotelo on suurempi kuin “Basic”- laitteessa, joten sinne mahtuu pääkortti, sekä lisäkortti. Lisäkortilla on useita erityyppisiä rajapintoja, joten mitattavien suureiden määrää on tulevaisuudessa mahdollista kasvattaa. “PRO”- laitteessa on myös parempi ympäristöolosuhteiden kesto ja IP luokitus.

“Basic” - laite

“Basic”- laitteemme on suunniteltu asiakkaillemme, joille perus seuranta on riittävä ja maltillinen hinta tärkeää. Tämä kotelo on suunniteltu projektin aikana ja siitä on haluttu tehdä mahdollisimman yksinkertainen niin ulkonäöllisesti kuin toiminnoiltaan. Tähänkin versioon mahtuu paristo ja antenni, joten käyttökohteen sähkönsyöttö ei ole pakollista.



“PRO”-LAITE



“BASIC”-LAITE

Vasemmalla PRO- laite ja oikealla Basic laite

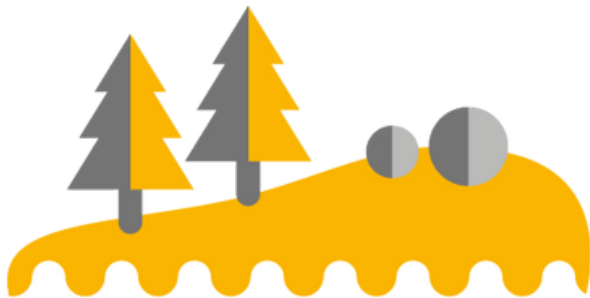
Datan analysointi

Taustatietoa

Tutkimusmielessä emme ole ensimmäisiä, jotka ovat vuotovesitutkimuksessa mukana. Esimerkiksi Tampereen Yliopistolle on tehty opinnäytetyö, jossa on tutkittu jätevesipumppaamoiden sähkönkulutusta viemärylivuotojen havaitsemiseksi. Tutkimuksessa lisääntynyt sähkönkulutus korreloi viemärylivuotojen kanssa. Sähkönkulutusta seuraamalla voidaan arvioida viemäriverkoston vuotovesimääriä. (Saarnio 2019)

Tietomallin Esitutkimus

Vilkase Oy:n projektissa tehtiin tutkimusta datan hyödyntämisestä nimenomaan jäteveden seurannan näkökulmasta. Tavoitteenamme on luoda algoritmi, joka osaa kertoa koneoppimisen avulla, kun viemärylivuoto on mahdollinen. Projektiin palkattiin koneoppimisen ammattilainen, joka on tähän mennessä tehnyt esiselvitystä koneoppimiseen liittyen ottaen huomioon nimenomaan Vilkasen etälukulaitteen ja sovelluskohteen. Oikealla on kuvattu avainasiat, joita esiselvityksessä opimme. Selvityksestä löytyy kattava englanninkielinen raportti, joka on mahdollista lukea erillisestä pyynnöstä.



Kehitys

- Data

Esiselvityksessä oletettiin datalle tietty formaatti, tietyillä separaattoreilla ja vakioidulla tulosteella. Etälukulaitteen softakehityksessä tämä on hyvä ottaa huomioon heti alkumetreillä, jotta datan jatkokäsittely olisi mahdollisimman helppoa. Datan keruun suhteen lisäselvitystä vaatisi tarkasteltava aikajakso koneoppimisen näkökulmasta, esimerkiksi halutaanko dataa pilkkoa sekunnin vai kuukauden osiin?

- Mitattavat suureet

Pumppaamosta saadun datan lisäksi data-analyysissä voidaan hyödyntää sääennusteita ja sähkönkulutusta. Myös pumpun sijainti on hyvä ottaa huomioon.

- Oppimismalli

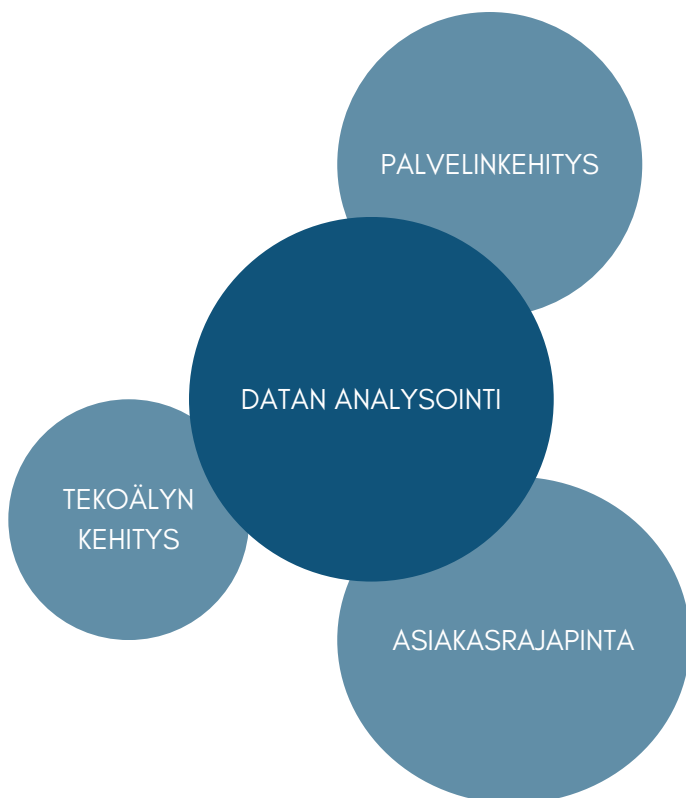
Koneoppimisessa algoritmikehityksen on hyvä lähteä liikkeelle tilastollisella analyysillä. Tämän jälkeen, koneoppimisessa on mahdollista käyttää eri analyysimetodeja. Esitietoselvityksessä ehdotetaan kahta eri lähestymistapaa tietomallin kehittämiseksi ja koneoppimiselle.

Tekoölyn kehitys

Datan analysointi vaikutti merkittävästi palvelin- ja tekoölyn kehitykseen, sekä asiakasrajapinnan muotoutumiseen.

Tekoölyn kehitykseen valikoitui pumppaamojen käyntiaikojen analysointi ja mahdollisten poikkeavien käyntiaikojen tunnistaminen. Erityiseksi mielenkiinnon kohteeksi paljastuivat tavallista pidemmät ja lyhyemmät käyntiajat.

Esiin nousi myös vuosittain toistuva hulevesikausi maalisi- ja huhtikuun vaihteessa, jolloin käyntiajat kasvavat. Näiden toteaminen ja havainnointi auttaa hulevesien määrän vähentämiseen tulevaisuudessa. Hulevedet ovat siis ongelma, joka tulisi saada poistettua.



Kävi selväksi, että hulevesien aiheuttama vaihtelu pumppaamoiden käyntiajoissa tulee ottaa suunnittelussa huomioon, vaikka tämä periaatteessa pitäisikin olla poikkeavuus. Työssä käytettäväksi pumppaamoksi valikoitui asema 105-Huoltola ja sen laitteen (laite) keräämä data ajalta 2018-2023/3.

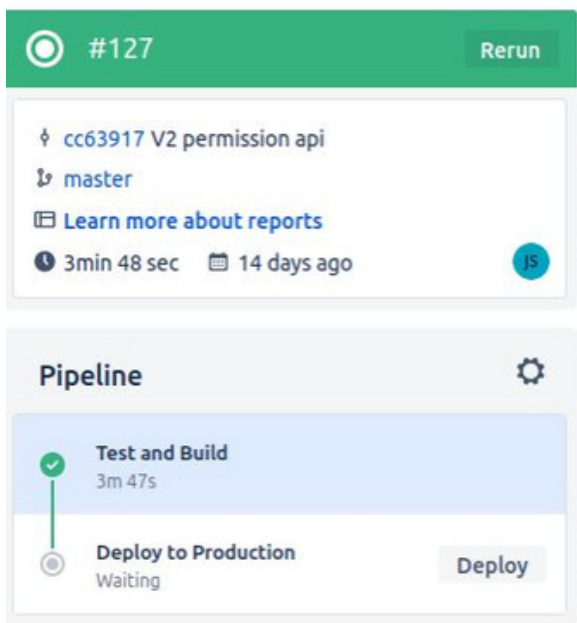
Datan analysoinnin ja tekoölyn kehityksen opit:

- Datan analysoinnin pohjalta voimme kehittää tekoölymallin, joka osaa varoittaa asiakasta, kuinka todennäköinen vuoto on vanhan datan perusteella.
- Hankkeessa opimme tekoölymalleista ja niiden kehittämisestä, datan analysoimisesta ja siitä, miten tätä voisi todellisuudessa hyödyntää asiakkaidemme käyttökohteissa.
- Se, että saisimme tekoölymallin käyttöön asiakkaillemme asti, vaatii vielä lisäkehitystä. Projekti on kuitenkin sytyttänyt yrityksessämme kipinän tekoölymalleja ja datan analysointia kohtaan, ja tätä kehitetään jatkossa lisää eteenpäin.
- Nyt kuitenkin fokuksessa on uuden fyysisen etälukulaitteen lanseeraus. Tavoitteenamme on, että laite lähetetään EMC testeihin mahdollisimman pian, jonka jälkeen voimme korjata siitä virheet, ja alkaa myymään sitä asiakkaillemme.

Palvelinkehitys ja käyttöliittymä

Taustatietoa

Koska datamäärät tulevat lisääntymään sekä uusien asiakkaiden myötä, että datan jatkokäsittelyn vuoksi, tarvitsemme myös palvelin- ja käyttöliittymä kehitystä.



- Palvelin kehitys

Olemme projektin aikana saaneet resursseja nopeuttaa datansiirtoa, jolloin käyttäjä havaitsee muutokset jäteveden määrässä entistä nopeammin.

- Automaatiotestaus

Olemme kehittäneet projektin aikana myös softan automaatiotestausta nimenomaan backend puolella. Tämä mahdollistaa jo olemassa olevan koodin muokkaamista entistä helpommin pumppaamon sovelluskohteen kehitykseen.

- CI/CD (Continuous Integration /

Continuous Deployment) kanavien kehitys
Vilkase Oy:ssä on ennen työskennellyt vain yksi softankehittäjä, mutta projektin myötä softankehitystiimi on kasvanut. Näinollen koodia pitää pystyä muokkaamaan ja hallinnoimaan yhdessä. Jaettu koodausalusta mahdollistaa koodaustiimin kasvun. Alusta on luotu ja kehitetty projektin aikana.

- Uusi käyttöliittymä

Olemme myös uusimassa asiakkaidemme käyttöliittymää. Tarvitsemme uudenlaisen alustan mittausdatalle ja sen esittämiseksi, joka tukee tekoälymallin ratkaisuja. Käyttöliittymän kehitys on aloitettu.

Asiakasrajapinta

Asiakasrajapinta – se yksi tuotekehityksen tärkeimmistä!

- Hulevedet pois viemäristä

Asiakasrajapinnassa nousi selvästi esiin keväiset hulevedet ja sitä kautta pumppausaikojen moninkertaiset nousut. Nämä johtuivat hulevesien ei toivotusta pääsystä viemäriverkostoon. Asiakkaamme pääsivät etälukujen avulla nopeasti vuotojen syiden jäljille, jolloin niitä on mahdollista saada jatkossa pienennettyä. Vuotoja aiheutui mm. pumppaamoiden läpivienneistä, joista valui pumppaamoihin sulamisvesiä. Osa vuodoista jäljitettiin vanhemmille kiinteistöille, joiden salaojien vesiä on luultavasti johdettu aikoinaan viemäriin. Osa vuodoista johtunee vanhoista betonisista viemäreistä, jotka vuotavat ja joita tulisi saneerata.

- Sähkönsäästö –kustannussäästö ja riskit

Näin sähkökriisin aikaan yhtenä uutena asiana nousi esiin joidenkin asiakkaiden kova pyrkimys sähkönsäästöön. Tässä ei sinänsä ole mitään väärää ja energian säästö on oikein toteutettuna hyväkin asia. Se miten asiakkaiden oli ajatus tätä toteuttaa, alkoi kuitenkin mietityttää riskien hallinnan kannalta. Käytännössä asiakkaiden ajatus oli siirtää pumppauksia yöajalle niin että päiväajan kalliin sähkön käyttö vähenisi. Voidaan vain kuvitella, että ohjaukset väärin toteutettuna saavat aikaan sen, että pumppaamo täyttyy ja tulvii yli, kun odotellaan edullisia yöntunteja. Ongelmaa ei ole, kun asiat on tehty oikein. Pumppaamoissa on hyvä olla etäseuranta antamassa hälytyksiä, jos jotain ongelmia tulee. Hälytysten lisäksi diagnostiikka antaa tietoa, jos liikutaan esim. pumppaamoiden kapasiteetin rajoilla. Pumppaamoissahan voi tulla tilanne, että viivästetyt tai aikaistetut pumppaukset käynnistyvät samoihin aikoihin ja yhtä aikaa suoritettut pumppaukset saavat tulvan seuraavassa linjapumppaamossa. Tätä tilannetta pystytään seuraamaan nyt uudella etäluennalla paljon tarkemmin kuin vanhalla. Toki tähän liittyy seurantaa helpottavia asioita, joiden kehitys vasta tuloillaan.

- Ongelmien syyt selville

Projektin aikana syntyi käsitys siitä, miten paljon enemmän uusi laite tarjoaa mittausdataa määritellä pumppaamo-ongelmien eri syitä. Tekoälyn avulla saadaan automatisoitua prosesseja, jotta mittausdataa osataan tulkita asiakkaita varten. Esim. pumpun pitkä käyntiaika on ongelma jostain, mutta vasta uuden laitteen ominaisuuksilla päästään paremmin kiinni ongelmien syihin. Onko syynä tukos vai onko syynä jumittunut pinnankorkeusanturi vai jotain muuta.

- Kahden pumpun seuranta

Vanhassa etälukulaitteessa ei ollut mahdollista seurata etenkin linjapumppaamoissa käytettyjä kahta pumppua erikseen. Ei tiedetty pumppaako pumppu 1 vai 2 vai molemmat yhtä aikaa. Tiedettiin vain, että jompikumpi tai molemmat pumppaavat. Uusi etäluku korjaa tämän vanhan laitteen puutteen

Tavoitteiden saavuttaminen

Tavoitteena projektissa oli saada vähintäänkin selville peruselementit mitattavista suureista, joiden avulla voidaan ennakoida ja vähentää ylivuotoja pumppaamoissa. Lisäksi tavoitteena oli saada luotua tekoälyratkaisujen pohjaksi tietomalli, jota voidaan käyttää helposti hyödyksi kehittäessä algoritmeja luotettavamman ja ennustettavamman mallin luomiseksi. Tämä kaikki on pohjatyötä siihen, että dataa voidaan jatkossa hyödyntää enemmän ja tehokkaammin.

Olennaiset pääosat projektissa olivat uuden teknologian kehittäminen mittauspuoleen ja datan lähettämiseen, sekä datan jatkokäsittely, analysointi ja jakaminen. Teknologinen kehitys painottuu laitteistoon, jolla voidaan mitata moninaisia asioita, kuten esimerkiksi pumppujen käyntiaikoja ja ympäristön lämpötilaa. Datan jatkokäsittely, analysointi ja jakaminen ovat toinen suurempi kokonaisuus, joilla pyritään mittausdatasta saamaan ennakkotietoja tulevista huolto tai korjaustarpeista ja näin ennaltaehkäistä ympäristöhaittoja.

- Teknologian kehitys

Laitteiston osalta kehitystä jatketaan projektin jälkeen. Aika ei täysin riittänyt laitteiston valmiiksi saattamiseen. Onneksi tähän oltiin riskikartoituksessa varauduttu ja vaihtoehtoinen tapa pumppaamoiden toimintaa mittaamaan saatiin käyttöön. Onnistuimme myös hyödyntämään dataa aiemmista kohteista, jolloin muiden projektin osa-alueet pääsivät ajoissa liikkeelle.

- Tekoäly

Pumppaamoista mitattu ja myöhemmin siivottu sekä jalostettu data osoittautui hyödylliseksi poikkeavien tilanteiden havainnointiin tekoälyn avulla.

Päädettiin käyttämään tilastollista menetelmää nimeltä kerneliestimointi (KDE, Kernel Density Estimation) käyttöasteiden luokitteluun. KDE on tapa arvioida tuntematonta todennäköisyysjakaumaa mitatun näytejoukon perusteella. Kun tällainen jakauma on opittu datasta, niin sitä vasten voi kysyä miten todennäköiseltä uusi, ennennäkemätön näyte vaikuttaa. Jos uusi näyte putoaa jakauman hännille, se on harvinainen suhteessa aikaisemmin nähtyyn dataan. Jos taas uusi näyte ei osu jakaumaan lainkaan, voidaan sanoa sen olevan täysin poikkeuksellinen. KDE oli menetelmänä lupaava, koska käyttöasteet olivat selvästi ei normaalijakautuneita (ei Gaussisia) ja lisäksi datassa ei ollut annotointeja poikkeavista tilanteista.

Tekoälyn tekemän analyysin perusteella pystyimme havaitsemaan mittausdatasta pumppaamon poikkeavan käytöksen, joka muutoin olisi saattanut jäädä huomaamatta. Havainto antaa aikaa ennakoida mahdollista huolto- tai korjaustarvetta, eikä tilannetta huomata vasta rikkoutumisen jälkeen.

Viestintä

Projektin aikainen viestintä jakautui kahteen osaan, asiakkaiden kanssa viestimiseen, sekä yleiseen julkiseen tiedoittamiseen kanavillamme.

Asiakkaidemme kanssa viestimen oli tärkeässä roolissa, kuten yllä kerroimme. Tämä viestintätapa sai projektille todennäköisesti suurimman näkyvyyden, sillä olimme konkreettisesti mukana asiakkaidemme kanssa kehittämässä pumppamoja eteenpäin.

Tiedotimme hankkeestamme ja sen etenemisestä myös nettisivuillamme ja instagramissamme. Nettisivuillamme julkaisimme aiheeseen liittyviä julkaisuja oli kolme kappaletta ja instagramissa kaksi kappaletta. Pyrimme jatkossa kehittämään nettisivujemme ja instagramimme sisältöä vielä eteenpäin, sillä lukija/seuraajamäärämme ovat edelleen aika pieniä.
