



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Ville-Markus Kiviharju

# Todellisuuden tallentaminen energia- tuotantolaitosten kunnossapidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ympäristötekniikka

Insinöörityö

15.12.2020

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Ville-Markus Kiviharju Todellisuuden tallentaminen energiatuotantolaitosten kunnossapidossa  32 sivua + 2 liitettä 15.12.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	energiatekniikka
Ohjaajat	myynti- ja suunnittelujohtaja Jere Luukkanen lehtori Maria Sjöholm
<p>Insinööriyössä tutustuttiin reality capturen, eli todellisuuden tallentamisen yhteen käyttö-tarkoitukseen: digitaalisiin laitoksiin. Työ tehtiin eSitelte, joka tarjoaa teollisuuden aloille virtuaaliseen todellisuuteen pohjautuvia palveluita sekä digitaalisia laitoksia. Työssä tarkas-teltiin eSiten tarjoaman digitaalisen laitoksen käyttöä kunnossapidon näkökulmasta. Ta-voitteena oli selvittää digitaalisen laitoksen, eSiteview'n käyttökohteita kunnossapitotyössä sekä tärkeimpiä ominaisuuksia käyttötutkimuksen kautta.</p> <p>Käyttötutkimuksen keskeisimmät löydökset olivat, että vastaajat kokivat mahdollisuuden käydä vierailemassa laitoksella digitaalisesti hyödylliseksi. eSiteview'n ominaisuuksista tär-keimmiksi osoittautuivat itse digitaalinen vierailu ja sen tuoma kommunikaation parantumi-nen eri osapuolien kesken.</p> <p>Käyttötutkimuksen tuloksien perusteella eSiten digitaalisesta laitoksesta johdettiin kehitys-polkuja, jotka parantaisivat sovelluksen käyttömahdollisuuksia kunnossapidon näkökul-masta. Kehityspolut keskittyivät kolmeen eri osa-alueeseen: ominaisuuksiin, toimintamal-leihin sekä digitaalisen laitoksen käyttöliittymään.</p>	
Avainsanat	Digitaalinen laitos, todellisuuden tallentaminen, digitalisaatio

Author Title	Ville-Markus Kiviharju Reality capture in power plant maintenance
Number of Pages Date	32 pages + 2 appendices 12 December 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy- and Environmental Engineering
Professional Major	Energy Engineering
Instructors	Jere Luukkanen, Sales and design lead Maria Sjöholm, Senior lecturer
<p>In this thesis the goal was to research one use case of reality capture, digital factories. The thesis was conducted for eSite, which offers services that are based on virtual reality and digital factories for different industries. The thesis focused on eSite's digital factory service from maintenance perspective. The goal was to find use cases for digital factories in the maintenance field and separate the most important features regarding from usage study.</p> <p>The main findings from the usage study were that the responders found the possibility to visit the plant remotely with digital plant useful. From the features of eSiteview, the most important were the possibility to visit the site digitally and the improved communication with different stakeholders it brings.</p> <p>Based on the usage study results from the eSiteview, digital plant development pathways were derived with the goal of improving the usage possibilities in the maintenance field of work. The development pathways were divided into to three different categories: features, operation models and digital factory user interface.</p>	
Keywords	Digital plant, reality capture, remote work

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fortum eSite	3
3	Todellisuuden tallentaminen	5
3.1	Reality capture	5
3.2	Tallennus	5
3.3	Laitteet	10
3.3.1	NavVis M6	10
3.3.2	NavVis VLX	11
4	Mallintaminen	13
4.1	eSiteview	13
5	Kunnossapito ja todellisuuden tallentaminen	16
5.1	Koulutus	16
5.2	Työmaatutustuminen ja -vierailu	16
5.3	Alihankkijat	17
5.4	Suunnittelu	17
5.5	Digitaalisten laitosten tuomat ominaisuudet	18
6	Tapaustutkimus ja tavoitteet	20
6.1	Tutkimusstrategia	20
6.2	Tutkimusmenetelmä	21
7	Tulokset	22
7.1	Vastaajat	22
7.2	Pääasialliset käyttökohteet sekä käyttötavoitteet	23
7.3	Digitaalisen laitoksen hyödyt	26
7.4	Haasteet integraatiossa kunnossapidon työmenetelmiin	28

8	Kehittämisehdotukset	30
8.1	Ominaisuudet	30
8.2	Toimintamallit	31
8.3	Käyttöliittymä	31
9	Yhteenveto	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Käyttäjätutkimuksen kysymykset	
	Liite 2. Käyttäjätutkimuksen vastaukset	

## Lyhenteet

API	Ohjelmointirajapinta, jonka avulla eri sovellukset voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoja keskenään.
COVID-19	2019 vuonna alkanut koronavirusepidemia.
LiDAR	Light Detection and Ranging eli suomeksi valotutka. Käytetään mittaamaan kohteiden etäisyyttä lähettämällä laservalopulssin ja mittaamalla pulssin lentoaikaa.
Reality capture	Todellisuuden tallentaminen digitaaliseen muotoon käyttäen eri sensoriteknologioita.
SLAM	Simultaneous localization and mapping on algoritmi, jonka tarkoituksena on rakentaa tuntemattomasta ympäristöstä kartta ja hahmottaa liikkuvan objektin sijaintia sekä liikuttua reittiä siinä.
VR	Virtual Reality eli virtuaalinen todellisuus.

## 1 Johdanto

Tämän insinöörityön tarkoituksena oli tutkia reality capturen, eli todellisuuden tallentamisen käyttöä energiatuotantolaitosten kunnossapidossa tapaustutkimuksen kautta. Työssä tarkasteltiin todellisuuden tallentamisen avulla tuotettua, digitaalisen laitospäätteen soveltuvuutta kunnossapidon työkaluksi sekä sen tuomaa lisäarvoa kunnossapidolle käyttötutkimuksen avulla. Työ tehtiin Fortum eSitelte.

Yrityksistä riippumattomat olosuhteet voivat myös estää suunnitteluvierailuja tai perehdytyksiä työn suorittamisen kannalta välttämättömiin kohteisiin, kuten COVID-19 pandemia on osoittanut. Energiatuotantolaitosten ylläpito ja toimintavarmuus on kaikissa skenaarioissa kriittisen tärkeää, mikä luo tarpeen valmistautua erilaisin keinoin muuttuvaan työympäristöön. Reality capturen mahdollistama digitaalinen laitosmalli on yksi keino varautua tilanteisiin, joissa matkustaminen ei ole vaihtoehto, vaikka tarve olisi. Reality capturen avulla voidaan tuotantolaitos tallentaa digitaaliseen muotoon, jossa mittasuhteet, muodot ja värit ovat lähellä todellisuutta. Digitaalisen laitoksen avulla on mahdollista toteuttaa erilaisia työhön liittyviä vaiheita menemättä fyysisesti paikalle. Digitaalinen malli tuo voima- tai tuotantolaitoksen selaimen, mahdollistaen muuten matkustamista vaativien työtehtävien suorittamisen etäältä käsin, tuoden hyötyjä kuten työ tehokkuuden kasvaminen, matkustamisen ympäristövaikutusten vähentäminen sekä turvallisen menetelmän tutustua laitokseen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia reality capturen avulla tuotettuja 3D-ympäristöjä energiatuotantolaitoksissa ja tutkia niiden mahdollisuutta tuottaa lisäarvoa kunnossapidon näkökulmasta eri työtehtävissä käyttötutkimuksen kautta. Aiheen valinta perustui syksyllä 2019 toteutettuun innovaatioprojektiin eSiten ja Metropolia Ammattikorkeakoulun välillä, jonka tavoitteena oli kehittää eSiten tarjoamia palveluita kunnossapidon näkökulmasta. Virtuaalitodellisuus on tieteenalana innovatiivinen ja monet toimijat kehittävät sen käyttökohteita ja -tarkoituksia. Tämän seurauksena virtuaalitodellisuuden käyttökohteet ovat vuosien varrella kehittyneet. Virtuaalitodellisuus liitetään usein terminä viihteeseen, mutta sen käyttökohteet ulottuvat myös työelämään. Tämä on korostunut etenkin COVID-19-pandemian aikaan, jolloin matkustamista sekä fyysisten tapaamisten määrää on rajoitettu. Virtuaalitodellisuuden pohjana voidaan käyttää tietokoneella

mallinnettuja maailmoja, jotka on luotu käyttäen esimerkiksi pelimoottori Unityä. Toinen tapa, johon tämä opinnäytetyö pitkälti pohjautuu, on käyttää todellisuuden tallentamiseen tarkoitettuja työkaluja, jotka hyödyntävät erilaisia sensoreita ympäristön tallentamiseen digitaaliseen muotoon.

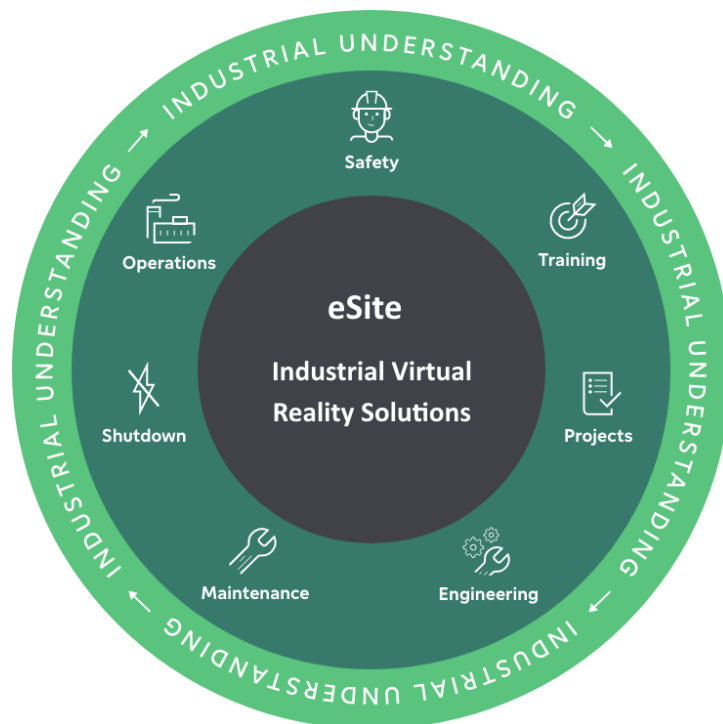


## 2 Fortum eSite

Fortum eSite on Fortumin sisäinen liiketoimi, joka on perustettu 2019 tavoitteena tuottaa kokonaisvaltaisia VR-ratkaisuja teollisuuden toimialoille kuten rakentaminen ja energia-tuotantolaitokset [1]. Fortum eSite toimittaa kolmea erilaista palvelukokonaisuutta:

- Interaktiivinen 360°
- Reality Capture
- VR-simulaattorit [2].

Palveluiden pääpaino on reality capturessa, sillä sen pohjalta voidaan tuottaa monipuolisia ratkaisuja, jotka kattavat kaikki eSiten palvelukonseptin osa-alueet (Kuva 1). eSiten palvelut ovat muokattavissa vastaamaan asiakkaan tarpeita kustomoiduilla ominaisuuksilla, josta esimerkkinä Loviisan Ydinvoimalalle tehty VR-simulaattori koulutustarkoitukseen [3; 4].



Kuva 1. Fortum eSiten eri osa-alueet [5].

eSiten palvelukonsepti perustuu partnereihin pohjautuvaan malliin (Kuva 2), jonka tavoitteena on partnereiden ja asiakaslaitosten henkilökunnan kanssa mahdollistaa tehokas laitosten digisointi.



Kuva 2. Fortum eSiten bisnesmalli [5].

Partnereiden avulla nopeutetaan kohteiden tallennusta, sillä he ovat jakautuneet maantieteellisesti kattamaan Suomen suurimpia keskuksia. Asiakaslaitosten henkilökunnan sisällyttäminen prosessiin parantaa versiohallintaa tallennutetuista kohteista, sillä paikalliset muutokset on mahdollista päivittää tehokkaasti. [6.]

### 3 Todellisuuden tallentaminen

Tässä osiossa tutustutaan reality captureen tarkemmin sekä sen eri menetelmiin, joita voidaan hyödyntää todellisuuden tallentamisessa.

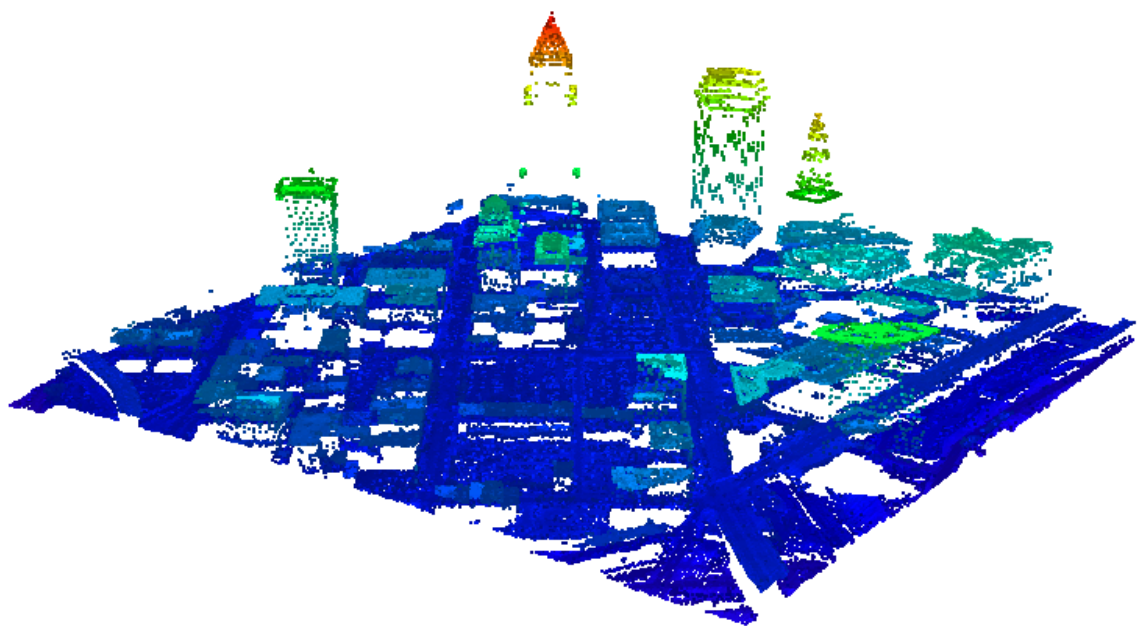
#### 3.1 Reality capture

Reality capture viittaa ympäröivän todellisuuden kuvantamista digitaalseksi 3D-ympäristöön. Alalle asettunutta, suomenkielistä käännöstä ei löytynyt, mutta sitä voisi kuvata käännöksellä todellisuuden tallentaminen. Tästä eteenpäin tekstissä viitataan termiin sen suomenkielisellä käännöksellä. Todellisuuden tallentaminen on prosessi, joka alkaa erilaisten sensoreiden tai niiden yhdistelmien, kuten laserkeilaimien (LiDAR), kameroiden tai kaikuluotaimien kaappaamasta informaatiosta ympäröivästä tilasta [7; 8]. Vastaanotetut informaatiot ympäristöstä sidotaan koordinaatistoon vastaamaan niiden realistista sijaintia ja suhdetta toisiinsa, sekä yhdistetään eri sensoreiden keräämät tiedot kattavaksi, todellisuutta lähes vastaavaksi kokonaisuudeksi jälkikäsitellyssä. Sensoridatan sijaintitieto voidaan laskea hyödyntämällä esimerkiksi SLAM-algoritmia, skannauslaitteen omaa sijainninmäärityslaitetta, kuten inertiallista mittausjärjestelmää sekä mitattuja ankkuripisteitä [9]. Lopputuloksena on pistepilvi, jossa on miljoonia yksittäisiä pisteitä, joilla on lähes todellisuutta vastaava väri sekä sijainti [8].

#### 3.2 Tallennus

Todellisuuden tallentamisessa digitaaliseen muotoon on olemassa erilaisia vaihtoehtoisia menetelmiä riippuen tallennettavan kohteen luonteesta. Tämä opinnäytetyö on rajattu kattamaan olemassa olevia rakennuksia ja niiden muuntamista digitaaliseen muotoon hyödyntäen pääasiassa mobiileja tallennusvälineitä, jotka pohjautuvat laserkeilaukseen sekä kameroihin.

Jokaisen tässä työssä käsitellyn digitaalisen ympäristön perustana toimii pistepilvi (Kuva 3), joka koostuu miljoonista yksittäisistä pisteistä XYZ-koordinaatistossa. Näille yksittäisille pisteille voidaan määrittää sijainnin lisäksi myös muita arvoja, kuten luminanssi ja väri, joilla voidaan luoda lisäarvoa pistepilven käyttötarkoituksiin [10.]



Kuva 3. Esimerkki pistepilven visualisoinnista [10].

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan menetelmään luoda pistepilvi käyttäen LiDAR-, eli light detection and ranging -teknologiaa, joka perustuu aktiivisten lasereiden lähettämän signaalin vastaanottamiseen ja prosessointiin. Käytännössä laite lähettää ympäröivään tilaan lasersignaaleita tiheällä frekvenssillä, jotka osuessaan johonkin pintaan tilassa, kimpoavat takaisin laitteen suuntaan. Laitteen lähettäessään lasersignaalin se rekisteröi ajan, jolloin signaali on lähtenyt sekä sen suunnan. Laite on varustettu lasersignaaleja vastaanottavalla sensorilla, joka rekisteröi vastaanotetun signaalin tehon sekä aikaleiman muistiin. Laite pystyy määrittämään signaalin heijastaneen kohteen etäisyyden jakamalla lasersignaalin matkustaman ajan kahdella ja kertomalla sen valonnopeudella (Kaava 1). [11.]

$$s = \frac{t}{2} \times c \quad (1)$$

$s = \text{etäisyys heijastaneeseen objektiin}$

$t = \text{lasersignaalin kulkema aika}$

$c = \text{valonnopeus } (299\,792\,458 \frac{m}{s})$

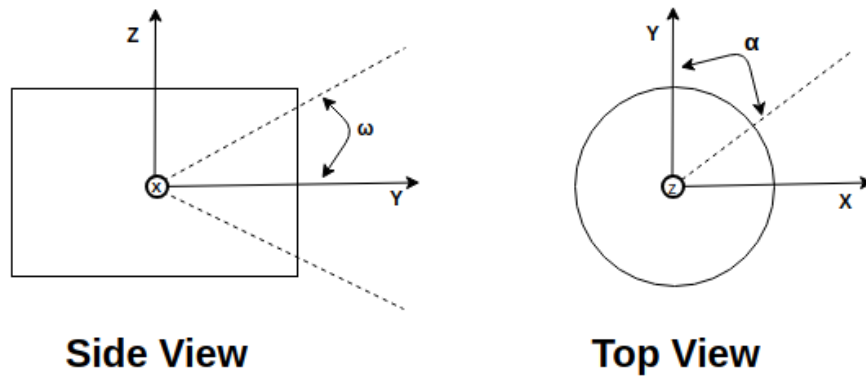
Tämä tieto ei kuitenkaan kerro tarkkoja koordinaatteja, vaan pelkästään etäisyyden objektiin, josta lasersignaali kimposi. Jotta objektin sijainti voidaan sijoittaa jokaiseen koordinaatiston akseliin, on ne laskettava hyödyntäen lasersignaalin kulmatietoja. Laitteen sensorit voivat lähettää sekä vastaanottaa lasersignaaleja eri kulmista, mikä mahdollistaa objektin sijainnin laskemisen niiden avulla. Objektin sijainti voidaan laskea kolmiulotteiseen koordinaatistoon käyttämällä alla olevia yhtälöitä. [11.]

$$X = s \times \cos \omega \times \sin \alpha \quad (2)$$

$$Y = s \times \cos \omega \times \cos \alpha \quad (3)$$

$$Z = s \times \sin \omega \quad (4)$$

Yhtälöissä käytetään kahta eri kulmaa, oomegaa ja alfaa, jotka kuvaavat lasersignaalin suhdetta Y-akseliin sivusta sekä ylhäältä (Kuva 4). Oomega kertoo, missä kulmassa lasersignaali lähtee Y—Z-akselissa ja alfa kertoo missä kulmassa lasersignaali lähtee X—Y-akselissa. [11.]

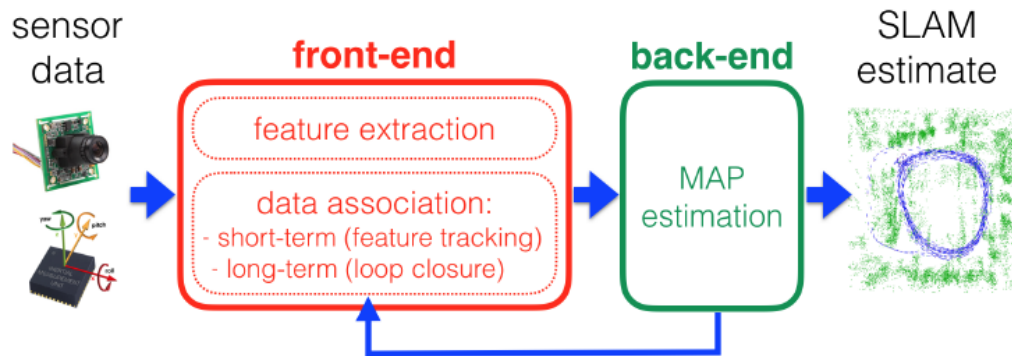


Kuva 4. Objektin sijainnin määrittämisessä käytettävät muuttujat [11].

Laserskannerin tuottamasta datasta ei saada suoraan kerättyä väritietoja heijastaneesta pinnasta, mikä on tämän opinnäytetyön käyttökohteiden kannalta tärkeää. Tallennuslaitteet ovat varustettu 360° kattavilla kamerakokopanoilla, ja ne on sijoitettu laitteeseen kattamaan ympäröivän tilan [12; 13]. Kameroilla otettujen kuvien sijainnit tallennetaan koordinaatistoon, josta ohjelmisto määrittää pistepilvelle värin lähimmästä sen sijaintia vastaavasta kuvasta.

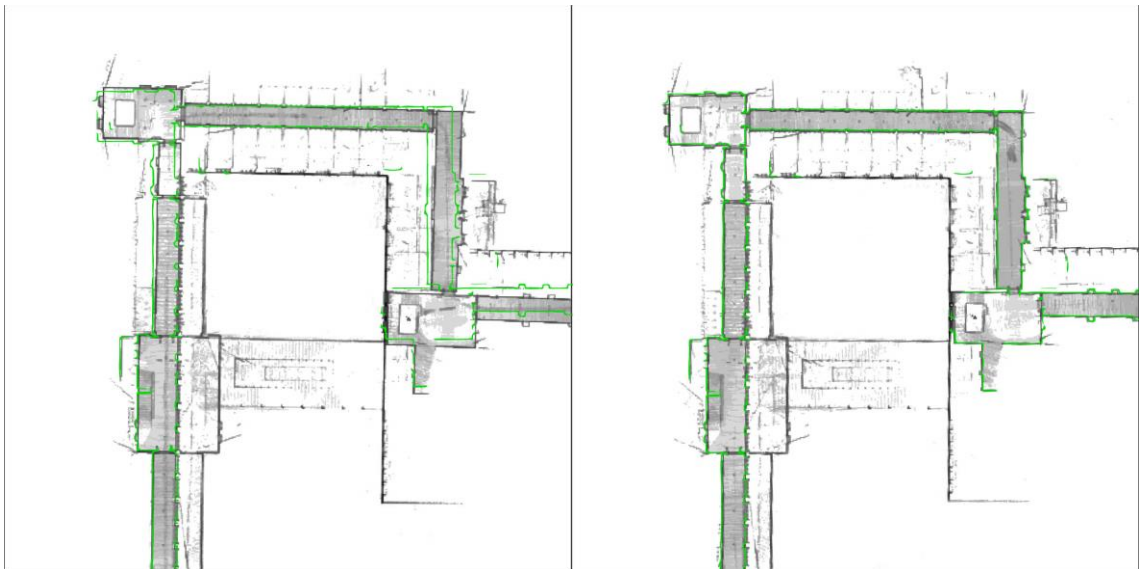
Perinteisiin stationaarisii laserkeilaimiin verrattuna tässä opinnäytetyössä käsiteltävät tallennuslaitteet tallentavat todellisuutta liikkeestä laserkeilainten ja SLAM-algoritmin avulla. Paikalleen täytyy pysähtyä silloin, kun otetaan kuva ympäristöstä tai kun laite ankkuroidaan ennalta määritettyyn pisteeseen paremman tarkkuuden saavuttamiseksi.

Kuten aiemmin mainittu, mobiilit tallennuslaitteet hyödyntävät SLAM-algoritmia. SLAM-algoritmi, joka on alun perin kehitetty robotiikkaa varten määrittämään robotin sijaintia ja kartoittamaan sekä tallentamaan entuudestaan tuntematonta ympäristöä. SLAM-algoritmin toimintaperiaate pohjautuu eri sijainneissa tallennettujen tietojen vertailuun, jossa algoritmi pyrkii tunnistamaan eri sijaintien välillä yhteisiä tekijöitä, joiden perusteella se pystyy tekemään arvion sijainnistaan sekä kuljetusta reitistä (Kuva 5). [9; 14.]



Kuva 5. SLAM-algoritmin toimintaperiaate [15].

SLAM-algoritmin arviota sijainnistaan käytetään korjaamaan ja tarkentamaan laitteen oman liikesensorin, kuten inertiaalisen mittausjärjestelmän arvioita sijainnistaan [14]. Jatkuva skannaaminen liikkeestä aiheuttaa kohdistusvirheitä laserskannerille, mikä heikentää lopputuloksen tarkkuutta. Virhettä voidaan pienentää hyödyntämällä esimerkiksi kiintopisteitä, joille on mitattu tarkka sijainti käyttäen takymetriä. Mitatut kiintopisteet voidaan lukea mobiileilla skannauslaitteilla, jolloin laite pystyy sitomaan laitteen keräämät tiedot tarkemmin ympäristöön.



Kuva 6. SLAM-algoritmin viettäminen [16].

SLAM-algoritmi ei pysty kaikissa tapauksissa tuottamaan todellisuutta vastaavaa mallia ympäröivästä tilasta. Tämä voi tapahtua esimerkiksi pitkillä käytävillä, joissa ei ole tarpeeksi toisistaan eroteltavia piirteitä. Tämä johtuu siitä, että jokaisessa tallennuksessa on pieni virhe, joka kertaantuu matkan aikana useaan kertaan ja näkyy lopputuloksessa kartoituksen viettämisenä (Kuva 6). Viettämistä voidaan vähentää hyödyntämällä manuaalisesti sijoitettuja ankkuripisteitä, joiden avulla tallennuslaite kykenee sitomaan kerättyä tietoa todellisuutta vastaavaan sijaintiin. Ankkuripisteille on mitattu tarkka sijainti, jotka lukemalla mahdollistetaan sijainnin korjaaminen todellisuutta paremmin vastaavaksi jälkikäsitellyssä. Ankkuripisteitä on hyvä myös käyttää muissakin tapauksissa kuin pelkästään pitkien käytävien kohdalla, sillä niiden avulla voidaan parantaa tallennuksen kokonaistarkkuutta. Muitakin menetelmiä on mahdollista hyödyntää tarkkuuden parantamiseksi, joista yksi on loop-closure-menetelmä, jossa mobiililla tallennuslaitteella kuljettu reitti suunnitellaan siten, että se risteää mahdollisimman useasti reitin aikana. Tällä menetelmällä SLAM-algoritmi kykenee tunnistamaan aiemmin nähtyjä objekteja tilasta ja korjaamaan arviotaan sijainnistaan sekä ympäröivän tilan muodosta. [9; 17.]

### 3.3 Laitteet

Todellisuuden tallentamisessa voidaan käyttää useita eri sensorteknologioihin perustuvia laitteita, riippuen käyttötarkoituksesta ja tallennettavasta tilasta. Tässä opinnäytetyössä tutustutaan teollisiin ympäristöihin soveltuviin tallennuslaitteisiin, jotka perustuvat laserkeilaimiin sekä 360° kameroihin.

#### 3.3.1 NavVis M6

NavVis M6 on suuriin sisätiloihin tarkoitettu mobiili kartoitustyökalu, jonka avulla voidaan luoda pistepilviä, pohjapiirroksia sekä digitaalisia kaksosia rakennuksista (Kuva 7).





Kuva 7. NavVis M6 -tallennuslaite [12].

NavVis M6 on varustettu neljällä eri kulmiin asetetulla LiDAR-sensorilla, jotka mahdollistavat kokonaisvaltaisen pistepilven tallennuksen SLAM-algoritmin avulla. LiDARin lisäksi laitteessa on kuusi kameraa sijoiteltuna kattamaan ympäristöä kattavasti ja näiden avulla ympäristöstä saadaan määritettyä pistepilvelle todellisuutta vastaavat värit. [12.]

### 3.3.2 NavVis VLX

NavVis VLX on monikäyttöinen tallennustyökalu (Kuva 8), joka soveltuu parhaiten keskisuurien rakennus- ja kunnostuskohteiden tallentamiseen.



Kuva 8. NavVis VLX -tallennuslaite [13].

NavVis VLX on hartioille puettava tallennuslaite, joka soveltuu haastavien ja epätasaisien ympäristöjen, kuten portaikkojen sekä kapeiden teknisten tilojen, tallentamiseen. Tämän mahdollistaa laitteen suunnittelu, jossa sensorit on aseteltu kattamaan lattian korkeusmuutokset. [13.]

## 4 Mallintaminen

Tallennuksen jälkeen pistepilvi on jälkikäsitteltävä visualisointia varten. Tässä vaiheessa pistepilvi ja tallennuslaitteen tallentamat kuvat saadaan sidottua tarkemmin luettuihin ankkuripisteisiin. Jälkikäsittelyn aikana voidaan pistepilveä muokata, mikä tarkoittaa esimerkiksi pistepilven rajausta, turhien pisteiden poistoa sekä tarkkuuden parantamista kohdistamalla pistepilveä manuaalisesti. Eri laitteiden tuottamia pistepilviä voidaan myös yhdistää kokonaisuuksiksi, mikä mahdollistaa useiden tallennusvälineiden samanaikaisen käytön tallennusvaiheessa.

### eSiteview

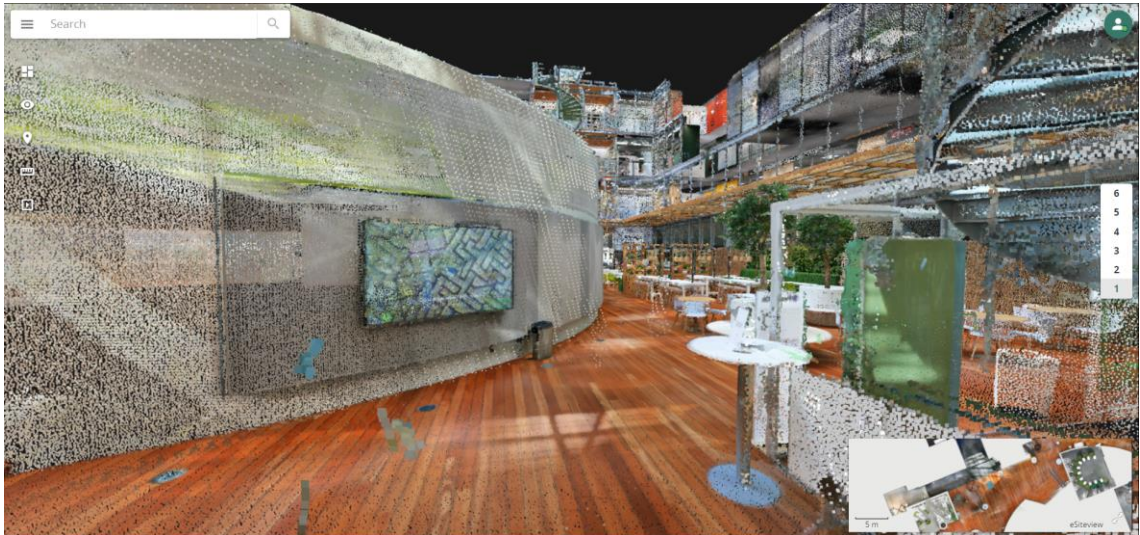
eSiteview on NavViksen indoorviewer -ohjelmistoon pohjautuva selainpohjainen sovellys, jonka kautta voidaan visualisoida tallennuksessa kaapattuja ympäristöjä sekä liittää ja kehittää toiminnallisuuksia sen hyödyntämiseen. eSiteview muistuttaa läheisesti Google Maps StreetView -näkymää, jossa käyttäjä voi liikkua kohteessa kuvauspisteiden välillä (Kuva 9).



Kuva 9. eSiteview'n käyttäjäliittymä.

Jokaisessa kuvauspisteessä laite on ottanut korkearesoluutioisen kuvan ympäröivän tilan jokaisesta suunnasta ja jälkikäsittelyssä niiden avulla on määritetty pistepilvelle todellisuutta vastaava väri. Pistepilvi koostuu miljoonista yksittäisistä pisteistä, joiden

avulla saadaan 3D-näkymä luotua (Kuva 10), mutta 3D-malleja ei kuitenkaan ohjelmassa ole. Muitakin sovelluksia on pistepilvien visualisoimiseen, mutta niiden ominaisuudet sekä käyttötarkoitukset poikkeavat toisistaan. eSiteview'n vahvuuksia ovat käyttäjäystävällisyys sekä selaimen pohjautuva sovellus. Sen käyttöä varten käyttäjän ei tarvitse asentaa erillisiä sovelluksia.



Kuva 10. eSiteview'n käyttäjäliittymä pistepilvinäkymässä.

eSiteview'iin voidaan kehittää toiminnallisuuksia NavVis Indoorviewer'n avoimen kehitysrajapinnan kautta, mikä mahdollistaa laajat kehityspolut digitaalisille laitoksille. Kirjoitushetkellä eSiteview:ssä on seuraavat ominaisuudet:

- mittaustyökalu
- pistepilven rajausta- ja lataustyökalu
- merkintöjen liittäminen
- virtuaaliset esittelykierrokset
- kunnossapitodatan visualisointi
- live-videokuvan lisääminen
- reititys.

Suurin osa ominaisuuksista tulee suoraan NavVis Indoorviewer -alustalta, mutta osan ominaisuuksista eSite on kehittänyt eSiteview'hun. Kehitystarpeita ja uusia

ominaisuuksia kartoitetaan kommunikoimalla nykyisten käyttäjien kanssa heidän tarpeistaan sekä kokemuksistaan eSiteview'n nykyisistä ominaisuuksista sekä niiden hyödyistä asiakkaille.

## 5 Kunnossapito ja todellisuuden tallentaminen

Tässä osiossa tutustutaan muutama kunnossapidon työprosessin osa-alueeseen, joissa hypoteesin mukaan voidaan hyödyntää todellisuuden tallentamisen avulla tuotettujen digitaalisten laitosten tarjoamia palveluita tehostamaan ja tekemään työstä turvallisempaa. Energiatuotantolaitosten kunnossapito on pääsääntöisesti mekaanista työtä, joka suoritetaan laitoksella fyysisesti. Kunnossapidon työprosesseissa on kuitenkin ydin-tehtävien lisäksi paljon suunnittelu- ja tukitehtäviä, joissa erilaisilla digitaalisilla työkaluilla on tärkeä rooli.

### 5.1 Koulutus

Energiatuotantolaitosten kunnossapidon työtehtävät sijoittuvat pääasiallisesti prosessitiloihin tai muuten vaarallisten laitteiden läheisyyteen, joissa osaamattomalla tai väärin varustautuneella henkilöllä on mahdollisuus joutua tapaturmaan. Tämän vuoksi henkilöt on perehdytettävä perusteellisesti työympäristöön sekä sen vaatimiin suojavarusteisiin. Perehdytys voidaan tehdä fyysisesti käymällä läpi tehdasalueen eri tiloja työsuhteen alkaessa tai ennen uudelle laitokselle menoa tai vaihtoehtoisesti hyödyntää digitaalisia menetelmiä niiden toteutukseen. Sekä perehdyttäjän että perehdytettävän on varattava reilusti aikaa perehdytystilaisuuteen. Digitaalista laitosta voidaan käyttää perehdytyksessä apuna, sillä sen avulla voi perehtyä paneutua rauhassa työympäristöön vaaratta. Fortum eSite mahdollistaa ympäristön tallentamisen digitaaliseen muotoon, jonne voidaan lisätä erilaisia huomiomerkkejä ja opastusvideoita.

### 5.2 Työmaatutustuminen ja -vierailu

Työmaa- ja teollisuusympäristöissä vierailijoita sekä alihankkijoita käy usein, minkä vuoksi alueet on suunniteltava ja ylläpidettävä siten, että vierailut ovat turvallisia.

Usein työmaahan liittyvät osapuolet haluavat käydä paikan päällä tarkistamassa ja seuraamassa työn etenemistä, mikä vaatii aikaa sekä suunnittelua. Virtuaalisia työmaavierailuja voidaan hyödyntää tuoreesta työmaamallista, jonka avulla eri osa-alueiden etenemistä voidaan tarkastella. Hyödyntämällä digitaalisia mahdollisuuksia voidaan

vähentää työmatkailuun käytettyä aikaa, välttää erilaisten riski- ja vaaratilanteiden syntymistä työmaa-alueilla ja mahdollistaa vapaamman tavan eri tahoille perehtyä työmaan tilanteeseen.

### 5.3 Alihankkijat

Eri alihankkijoiden on tiedettävä työmaista esitietoja, jotta esimerkiksi lähetyksen kuljettaminen alueelle on turvallista ja nopeaa. Työmaille on suunniteltu eri alihankkijatahoja varten reittejä ja alueita, joita alihankkijat voivat hyödyntää tullessaan työmaalle. Vierailuja edeltäessä ovat heidät perehdytettävä työmaahan ja sen eri työturvallisuuskäytäntöihin sekä reitteihin. Digitaalisia ympäristöjä voidaan hyödyntää alihankkijoiden perehdyttämisessä, sillä heille voidaan antaa työmaasta digitaalinen kopio, johon on merkitty yleistietoja työmaasta sekä alueella liikkuesssa otettavat asiat huomioon. Ohjeistus voidaan luoda kattamaan myös eri alihankkijoita koskeviin tarkempiin ohjeisiin, kuten kuljetusreitit sekä lastausalueet, tulityöalueet ja työmaakopit. Käyttämällä ja ylläpitämällä digitaalista kopiota työmaasta on eri sidosryhmien ohjeistus, vierailut ja muut tiedot saatavissa selaimessa aina, mikä helpottaa ja tehostaa kaikkien osapuolien työskentelyä.

### 5.4 Suunnittelu

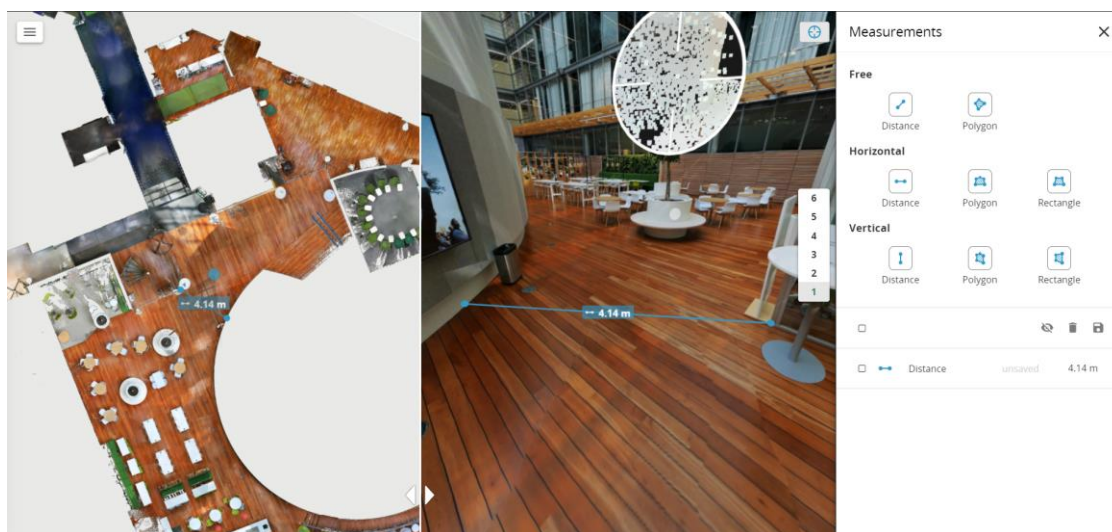
Kunnossapidon onnistumisen kannalta on tärkeää, että muutos- ja korjaustyöt on suunniteltu tarkoin. Suunnittelun pohjana käytetään olemassa olevan laitoksen ajantasaista tilannetta, ja tätä varten on yleensä mentävä laitokselle useaan kertaan kartoittamaan mittoja sekä laitteiden sijainteja. Laitokset voivat sijaita kaukana suunnittelijoiden toimitoista, ja täten kustannukset pakollisille vierailuille voivat olla suuria. Digitaalisten laitosten avulla voidaan vähentää tarvetta fyysisille vierailuille laitoksille, jos laitoksen digitaalinen malli päivitetään isojen revisioiden yhteydessä. Välttämättä kaikkia vierailuja ei voida eliminoida digitaalisilla laitoksilla, mutta varmasti osa voidaan korvata digitaalisella laitoksella ja täten laskea suunnittelukustannuksia sekä vähentää matkustamisesta syntyviä ympäristöpäästöjä.



## 5.5 Digitaalisten laitosten tuomat ominaisuudet

eSiteview on NavViksen Indoorviewer -ohjelmistoon pohjautuva selainpohjainen sovel-  
lus, jonka avulla voidaan visualisoida tallennettuja ympäristöjä digitaalisesti. eSiteview  
muistuttaa läheisesti Google Maps StreetView -näkymää, jossa käyttäjä voi liikkua ym-  
päristössä kuvauspisteiden välillä vapaasti. Jokaisessa kuvauspisteessä laitteen kame-  
rat ovat ottaneet korkearesoluutioisen kuvan ympäristöstä. Näiden kuvien perusteella  
laserskannereilla kaapattuun pistepilveen saadaan tuotua todellisuutta vastaava väri. Jo-  
kaisessa kuvauspisteessä käyttäjän on mahdollista kääntää kuvakulmaa, tarkentaa ku-  
vaa sekä käyttää ominaisuuksia kuten mittaustyökalua. Sovelluksessa on useita eri omi-  
naisuuksia käyttäjän saatavilla, joista esimerkkeinä ovat mittaustyökalu, interaktiivisten  
pisteiden luominen, esittelykierrosten luominen, navigointi sekä pistepilven raja-  
us ja ko-  
pionti. eSiteview'iin on mahdollista luoda omia toiminnallisuuksia sen avoimen ohjel-  
mointirajapinnan (API) kautta. [18.]

Digitaalisen laitoksen pohjautuessa pistepilven sen avulla voidaan tehdä mittauksia  
jopa 5 mm:n tarkkuudella eSiteview'ssä (Kuva 11).



Kuva 11. eSiteview'n mittaustyökalu.

Pistepilven tarkkuus voi kuitenkin vaihdella riippuen ympäristön olosuhteista, kuten valon  
määrästä, laitoksen pintamateriaaleista tallennushetkellä, sekä käytettyjen ankkuripistei-  
den määrästä. Tässä opinnäytetyössä käsitellyn menetelmän avulla saadun pistepilven



tarkkuus voi olla liian heikko esimerkiksi todella pientä virhemarginaalia vaativissa suunnittelutehtävissä.

## 6 Tapaustutkimus ja tavoitteet

Opinnäytetyötä tehdessä vallitsevan maailmanlaajuisen COVID-19 pandemian aiheuttamat haasteet matkustamiseen sekä ihmiskontaktien minimointiin ovat muuttaneet eri alojen toimijoiden toimintamalleja. Eri yritykset ja teollisuudenalat ovat joutuneet sopeutumaan rajoitusten myötä muuttamalla ja monipuolistamalla eri työtehtävien toimintamalleja etänä suoritettaviksi tai ovat pahimmassa tapauksessa joutuneet perumaan työtehtäville tarpeellisia toimintoja. Toisaalta jo ennen globaalia pandemiaa yritykset ovat kehittäneet etätöhyön liittyviä toimintojaan, tavoitteenaan parantaa työn joustavuutta ja tehokkuutta sekä vähentää matkustamisesta johtuvia kuluja ja päästöjä. Tässä opinnäytetyössä tutkimuksen kohteena oli voimalaitosten sekä teollisuuden toimijoiden kunnossapito, joka perinteisesti on ydintoiminnoiltaan paikkaan sidottua työtä. Ydintoimintojen lisäksi, siihen kuuluu useita eri tukitoimintoja, kuten suunnittelu, työturvallisuuden suunnittelu, tarjousten laskeminen, jotka eivät ole luonteeltaan fyysisesti tietyssä paikassa suoritettavia tehtäviä. Tavoitteena on kartoittaa todellisuuden tallentamisen sovellutuksista digitaalista laitosympäristöä ja sen soveltuvuutta energiatuotantolaitosten sekä teollisuuden kunnossapidon näkökulmasta käyttötutkimuksen kautta.

### 6.1 Tutkimusstrategia

Tutkimusstrategiana tässä opinnäytetyössä käytettiin tapaustutkimusta, jonka valinta perustui vähäiseen olemassa olevaan tutkimustietoon todellisuuden tallentamisen käytöstä kunnossapitotyössä sekä tarpeesta kerätä laajempaa tietoa sovelluksen käyttäjäkokemuksista kehittämistyön tueksi. Tapaustutkimuksessa kartoitetaan todellisuuden tallentamisen ja siitä saatavan kokonaisuuden visualisoinnissa käytetyn, eSiteview'n käyttäjäkokemuksia.

Tutkimukseen oli valittu SWOT-analyysin tavoin neljä eri pääkategoriaa, joiden pohjalta kerättiin tietoa sovelluksen käyttökohteista ja niihin liittyvistä haasteista sekä mahdollisuuksista.

- pääasialliset käyttökohteet
- eniten hyötyä tuovat ominaisuudet

- haasteet integraatiossa kunnossapidon työmenetelmiin
- mahdollisuudet kunnossapidon kannalta.

## 6.2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä käytettiin nettipohjaista kyselylomaketta, jonka avulla kartoitettiin ajankohtaista tilannetta yllä mainittujen pääkategorioiden osalta. Kysely lähetettiin eSiten asiakasyrityksiin, jotka ovat käyttäneet todellisuuden tallentamisen avulla luotuja digitaalisia laitoksia. Vastausten perusteella kyettiin selvittämään realisoituneita hyötyjä sekä käyttäjäkokemuksia sovelluksesta.

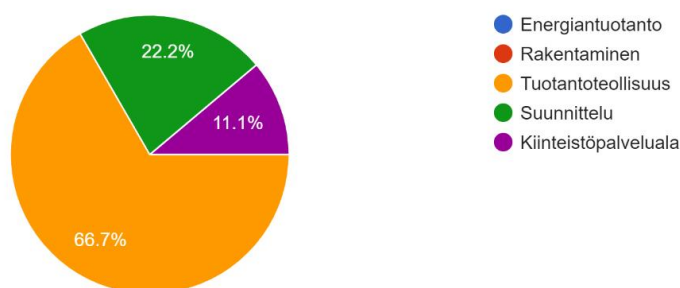
## 7 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa digitaalisen laitoksen käyttöä sekä käytön tavoitteita eSiteview'n käyttäjien keskuudessa. Näitä kartoittamalla pyrittiin havaitsemaan keskeisimmät ominaisuudet käyttäjien näkökulmasta kunnossapidossa, ja tarvittaessa luoda kehityspolkuja, jotta digitaalinen laitos palvelisi kunnossapidon henkilöstä mahdollisimman hyvin. Ominaisuuksien sekä käyttökohteiden lisäksi kartoitettiin haasteita digitaalisen laitoksen integroinnissa olemassa oleviin työmenetelmiin. Tämän tavoitteena oli paikallistaa ongelmakohtia ja luoda kehitystavoitteita näiden korjaamiseksi.

### 7.1 Vastaajat

Kysely (Liite 1) lähetettiin eSiteview'iä käyttäneille asiakkaille, jotka toimivat teollisuudessa sekä energiantuotannossa. Vastauksia (Liite 2) kertyi yhteensä 9 kappaletta. Vastaajista suurin osa sijoittui tuotantoteollisuuden toimialalle (Kuva 12), mutta ottaen huomioon kunnossapidon luonteen olevan toimialasta riippumatta samantyylistä tuotantoteollisuudessa sekä energiatuotantolaitoksissa myös nämä vastaukset otettiin huomioon tutkimuksessa.

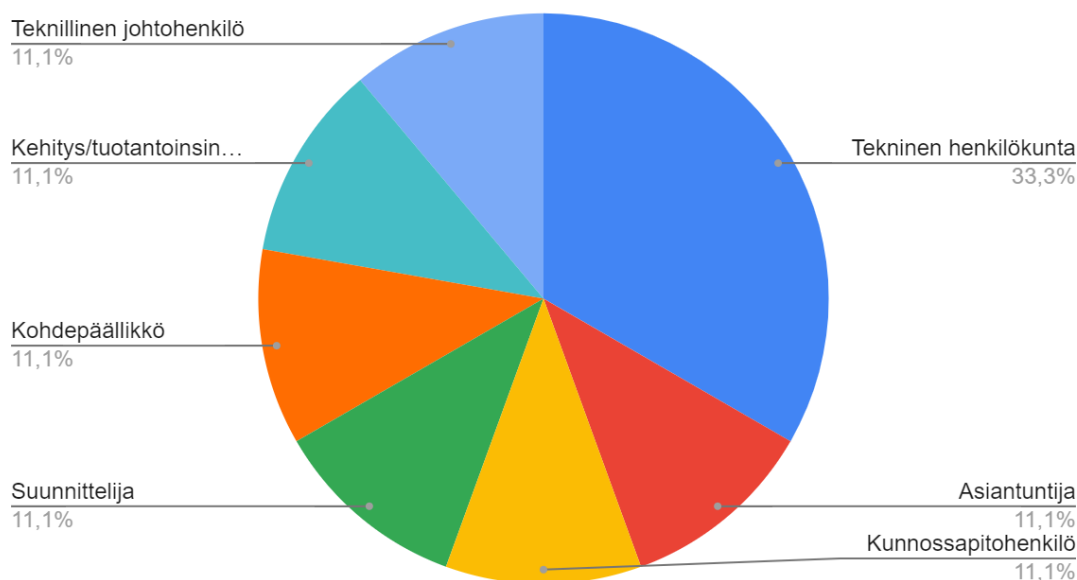
Mikä seuraavista vaihtoehtoista kuvaa parhaiten yrityksesi toimialaa?  
9 responses



Kuva 12. Kyselyyn vastanneiden henkilöiden toimiala.

Vastaajien roolit yrityksissä sijoittuivat teknisiin keski- ja johtotason työtehtäviin (Kuva 13).

### Vastaajien rooli yrityksessä



Kuva 13. Kyselyyn vastanneiden henkilöiden rooli yrityksessä.

Vastaajien roolien perusteella voidaan todeta, että digitaalinen laitos on pääosin käytössä muilla kuin kunnossapitohenkilöstöllä. Tämä viittaa siihen, että paikallisen laitoksen työntekijöiden keskuudessa digitaalinen laitos ei tuo niin paljoa hyötyä kuin sellaisille henkilöille, joiden työtehtävät eivät ole tiettyyn laitokseen sidottuja.

## 7.2 Pääasialliset käyttökohteet sekä käyttötavoitteet

Käyttötavoitteiden kartoittamisen tarkoituksena oli selvittää, mitä käyttäjät digitaalisen laitoksen käytöllä tavoittelevat.

Kyselyyn vastanneiden keskuudessa eniten valintoja kohdistui etätyöskentelyn monipuolistamiseen (Kuva 14). Tämän jälkeen seuraavaksi eniten valintoja kohdistui suunnitteluvirheiden minimointiin sekä matkustamisen vähentämiseen. Ottaen huomioon opinnäytetyötä tehdessä vallitsevan globaalin pandemian, etätyöskentelyn

monipuolistaminen on looginen tavoite eri toimijoilla. Suunnitteluvirheiden minimointi sekä matkustamisen vähentäminen ja parempien lähtötietojen saatavuus projekteihin ovat seuraavaksi eniten ääniä saaneita käyttötavoitteita.

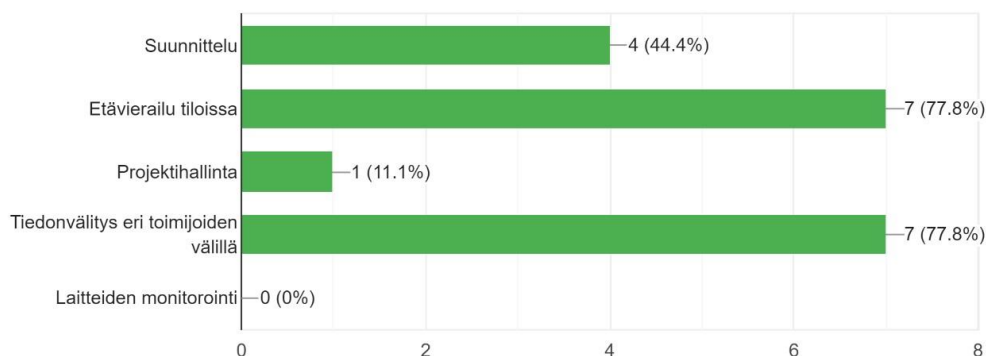


Kuva 14. eSiteview'n pääasialliset käyttötavoitteet vastaajien keskuudessa.

Kyselyyn vastanneiden keskuudessa tärkeimmiksi käyttökohteiksi valikoitui etävierailu tiloissa sekä tiedonvälityksen parantaminen toimijoiden välillä (Kuva 15). Ominaisuudet, jotka ovat käyttökohteiltaan tarkempia tai sijoittuvat tiettyyn, tarkempaan käyttökohteeseen, eivät herättäneet vastaajissa erityisiä mielipiteitä.

Mitkä ovat sovelluksen pääasiallisia käyttökohteita?

9 responses



Kuva 15. eSiteview'n pääasialliset käyttökohteet vastaajien keskuudessa.

Vastausten pohjalta voidaan todeta, että pääasialliset käyttötapaukset pohjautuvat digitaaliseen vierailuun laitossympäristössä sekä tiedonvälityksen parantamiseen eri toimijoiden välillä. Kunnossapitotöiden sisältäessä useita eri toimijoita varsinkin suurien projektien aikana on luontevaa hyödyntää digitaalisia menetelmiä tiedonvälityksen kehittämisessä. Digitaaliselle laitokselle on mahdollista suorittaa vierailuja mihin kellonaikaan tahansa, eikä sitä varten tarvitse esimerkiksi normaaleille vierailuille vaadittavia turvallisuusperehdyksiä, tehostaen eri toimijoiden työskentelyä. Digitaalisen laitoksen avulla eri toimijat voivat hankkia tarvitsemiaan lähtötietoja etäältä käsin, vähentäen tarvetta fyysisille vierailuille. On kuitenkin mainittava, että mittaustarkkuudesta ja digitaalisen laitoksen ajantasaisuudesta riippuen ei jokaista fyysistä vierailua voida korvata digitaalisilla laitosvierailuilla nykyisten toimintamallien puitteissa. Mittaustarkkuuden ollessaan  $\pm 5$  mm digitaalisen laitoksen pistepilveä ei voida käyttää tarkkuutta vaativien suunnittelutehtävien suorittamiseen, mikä karsii digitaalisen laitoksen käyttökohteita. Tämä on kuitenkin tiedostettu ominaisuus, jota selkeällä kommunikaatiolla sekä markkinoinnilla voidaan tuoda esille. Tässä työssä tarkastellun digitaalisen laitoksen sekä menetelmän pistepilven luomiselle ei ole tarkoitus korvata suunnittelutarkkuuksiin yltäviä teknologioita ja sovelluksia, vaan toimia enemmän yleismaailmallisena työkaluna, joka on nopea ja kustannustehokas toteuttaa ja ottaa käyttöön.

Yhteenvedona tästä osiosta voidaan todeta, että pääasialliset tavoitteet ja käyttökohteet kohdistuvat työmenetelmien monipuolistamiseen yhden ja tietyn käyttötarkoituksen

sijaan. Digitaalisella laitoksella ei pyritä korvaamaan esimerkiksi olemassa olevia suunnitteluovelluksia tai menetelmiä erittäin tarkkaan tallentamiseen. Suuri kiinnostus etenkin etätyömenetelmien kehittämiseen on todennäköisesti seurausta COVID-19-pandemian takia asetetuista matkustus- ja kokoontumisrajoituksista, joita sekä valtiot että yritykset ovat itse laittaneet käytäntöön.

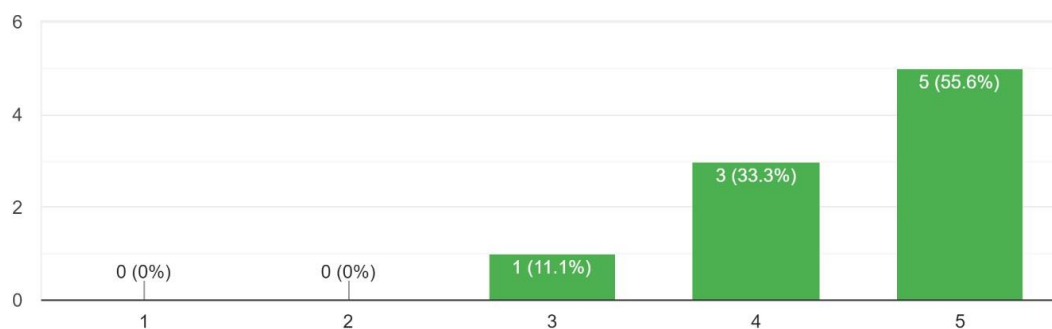
### 7.3 Digitaalisen laitoksen hyödyt

Virtuaalisen laitoksen hyötyinä itse digitaalisen vierailun lisäksi on se, että siihen on mahdollista kehittää ominaisuuksia tarpeiden mukaan. Tässä osiossa on kartoitettu virtuaalisen laitoksen hyödyllisyyttä yleisesti sekä tarkemmin eSiteview'n eri ominaisuuksien hyödyllisyyttä vastaajien keskuudessa.

Vastaajien kesken digitaalinen laitos on osoittautunut yleishyödylliseksi työkaluksi (Kuva 16). Suurin osa vastaajista arvioi hyödyllisyyden olevan neljä tai viisi, asteikolla 1—5. Kysely toteutettiin nimettömänä, jotta vastaukset olisivat mahdollisimman aitoja ja rehellisiä.

Kuinka hyödylliseksi koette virtuaalisen laitoksen?

9 responses

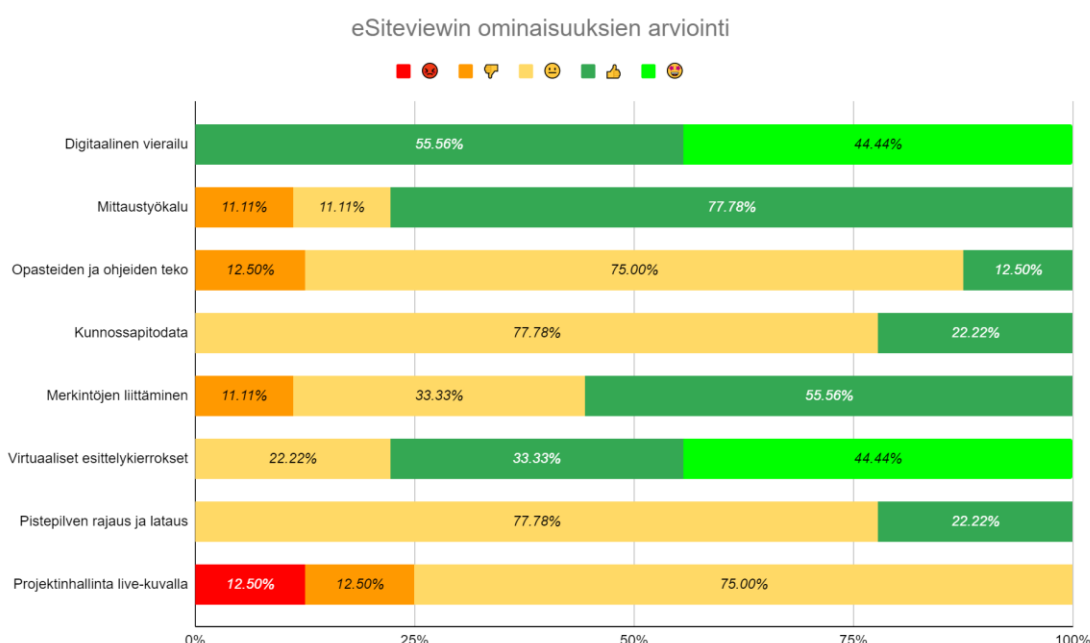


Kuva 16. Virtuaalisen laitoksen hyödyllisyysarvostelu.

eSiteview'n ominaisuuksien hyödyllisyyttä kartoitettiin kyselyssä kysymyksellä, jossa vastaajat saivat arvioida nimetyn ominaisuuden skaalan mukaisesti. Eniten positiivisia



reaktioita kyselyn perusteella kohdistui digitaaliseen vierailuun. Seuraavaksi eniten positiivisia reaktioita herätti virtuaaliset esittelykierrokset sekä mittaustyökalu, joita seurasi merkintöjen liittäminen (POI) digitaaliseen laitokseen (Kuva 17). Onnistuneen kunnossapidon ja projektinhallinnan kannalta on välttämätöntä käydä vierailemassa kohteessa projektin aikana vähintään kerran. Käynnin aikana saadaan kohteesta ajantasainen tilannekatsaus sekä tarvittavat lähtötiedot. Ajantasaisella digitaalisella laitoksella vieraileminen voi vähentää tarvetta fyysisille seuraaville vierailuille kohteeseen ja täten vähentää matkustustarvetta sekä helpottaa lähtötietojen keräämistä sekä tiedonvälitystä eri toimijoiden välillä.



Kuva 17. eSiteview'n ominaisuuksien arviointi.

Suunnittelutyökaluista mittaustyökalu sai eniten positiivisia arvosteluita. Mittauksen tarkkuus on rajoittava tekijä eSiteview'n mittaustyökalun käyttökohteissa, mutta silti se on osoittautunut hyödylliseksi työkaluksi. Pistepilven rajaus- ja lataustyökalu ei herättänyt vahvoja mielipiteitä vastaajissa.

Kunnossapitodatan integrointi eSiteview'iin ei herättänyt vastaajissa mielipiteitä muutamaa positiivista reaktiota enempää. Tämä löydös on mielenkiintoinen sekä tärkeä, sillä hypoteesin mukaan, kunnossapitodatan liittäminen digitaaliseen laitokseen toisi

mielenkiintoisia käyttökohteita. Vastaajien vähäiset mielipiteet kunnossapitodatan integroimiseen voi olla seurausta epätietoisuudesta; kuinka käytännössä eSiteview’iin voidaan liittää kunnossapitodataa tai kuinka sitä voitaisiin hyödyntää. Löydös on esimerkki siitä, että kehittäjien oletamat ja käyttäjien todelliset mielipiteet voivat poiketa toisistaan, ja tätä silmällä pitäen, on erittäin tärkeää pitää avoin kommunikaatio yllä käyttäjien ja kehittäjien välillä parhaimman lopputuloksen saamiseksi.

Näiden perusteella voidaan todeta, että perusominaisuudet kuten digitaalinen vierailu ja mittauustyökalut herättivät eniten positiivisia arvosteluita. Tarkempiin käyttötarkoituksiin kehitetyt ominaisuudet, kuten kunnossapitodatan liittäminen ja projektinhallinta live-kuvalla, saivat huomattavasti enemmän neutraaleita mielipiteitä. Yksi mahdollinen selitys tähän on, etteivät kyselyyn vastanneet olleet käyttäneet tai tietoisia näistä ominaisuuksista.

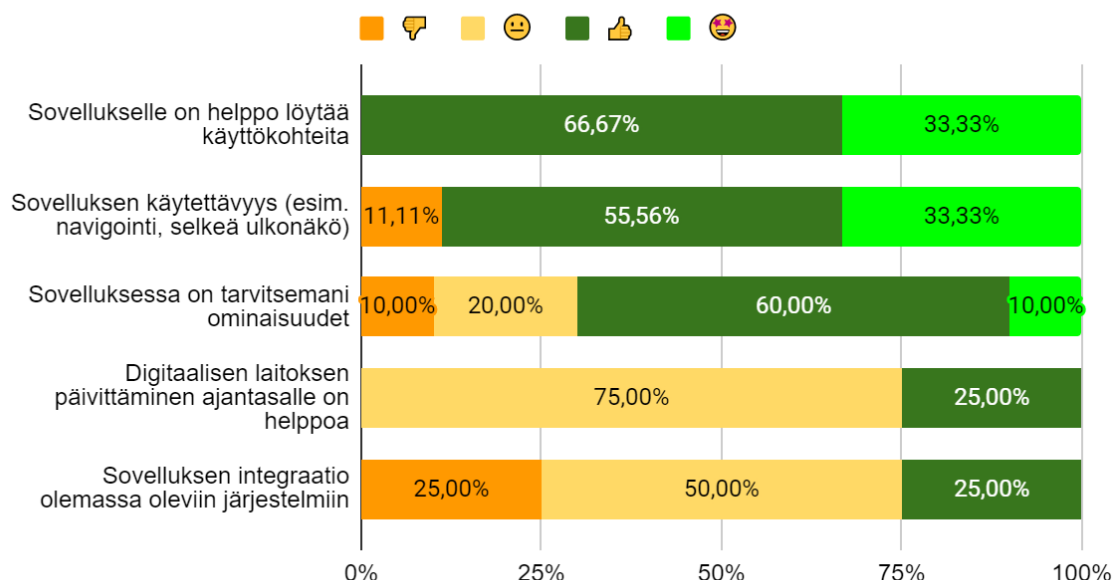
#### 7.4 Haasteet integraatiossa kunnossapidon työmenetelmiin

Uusien sovelluksien ja työmenetelmien integrointi olemassa oleviin työprosesseihin voi ajoittain olla haastavaa. Tämän osion tarkoituksena oli selvittää, mitä haasteita digitaalisen laitoksen, eSiteview’n, käytössä on ilmaantunut. Haasteita kartoitettiin ennalta määritettyjen parametrien arvostelulla sekä avoimella vastauskentällä.

Kuvasta 18 nähdään, että digitaaliselle laitokselle on helppo löytää käyttökohteita sekä sen käytettävyyks on lähtökohtaisesti positiivista. eSiteview’n ominaisuuskatalogi myös tyydyttää useimpia vastaajista.

Digitaalisen laitoksen päivittäminen ajan tasalle ei herättänyt suuria mielipiteitä vastaajissa, mikä voi johtua siitä, ettei heidän digitaalista laitostaan ole tarvinnut päivittää ajan tasalle vielä ja täten he eivät ole tietoisia päivitysprosessin kulusta. Digitaalisen laitoksen integraatiomahdollisuudet muihin järjestelmiin olivat osasta vastaajista puutteellisia, kun taas toiset kokivat ne riittäviksi. Suurin osa vastaajista ei kuitenkaan osannut sanoa integraatiomahdollisuuksista mitään, mikä voi olla seurausta epätietoisuudesta asian suhteen.

## Haasteiden kartoittaminen



Kuva 18. eSiteview'n haasteiden kartoittaminen.

Avoimissa vastauksissa haasteet painottuivat eSiteview'n pistepilvinäkymän käytettävyyteen sekä merkintöjen (POI) muokkaamisen hankaluuteen. Pistepilvinäkymässä eSiteview vaatii tietokoneelta sekä Internet-yhteydeltä enemmän resursseja, mikä voi heikentää digitaalisen laitoksen käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta vanhemmilla tietokoneilla tai hitaalla Internet-yhteydellä. Joidenkin toimintojen kuten merkintöjen siirtäminen eSiteview:ssä, eivät tapahdu täysin reaaliajassa, mikä voi aiheuttaa käyttäjän näkökulmasta negatiivisia kokemuksia käyttööliittymän toiminnasta.

## 8 Kehittämisehdotukset

eSiteview'n käyttötutkimuksen perusteella tässä osiossa tuodaan esille kehityspolkuja, joiden avulla voidaan kehittää käyttäjäkokemusta sekä tarjota parempia palveluita kunnossapitohenkilökunnalle. Kyselyn vastausten perusteella kehitysehdotukset jaetaan kolmeen eri kategoriaan:

- ominaisuudet
- toimintamallit
- käyttöliittymä.

### 8.1 Ominaisuudet

Ominaisuuksien kannalta tuloksista on havaittavissa tärkeimpänä ominaisuutena digitaalinen vierailu tiloissa, mutta eSiteview'n monet muut ominaisuudet eivät herättäneet vastaajissa suuria mielipiteitä. Tämä voi johtaa ongelmasta, jossa käyttäjät saavat digitaalisen laitoksen käyttöönsä, mutta eivät tiedä tai osaa hyödyntää sen koko ominaisuuskapasiteettia. Tämän ongelman minimoimiseksi sekä kestävien asiakkuussuhteiden luomiseksi, käyttäjille olisi hyödyllistä antaa riittävä opastus ohjemateriaalin ja koulutuksen muodossa eri ominaisuuksista. Uusien sovelluksien integroiminen olemassa oleviin työmenetelmiin on haastavaa, ja jos riittävää tukea ei ole saatavilla sovelluksen käyttöönotto- tai testivaiheessa, riski digitaalisen laitoksen käytön lopettamisesta alkuvaiheen jälkeen voi kasvaa.

Digitaalisen laitoksen hyödyn maksimoinnin näkökulmasta integraatio käyttäjien organisaation olemassa oleviin järjestelmiin olisi varteenotettava kehityspolku. Kattavat integraatiomahdollisuudet ja mahdollisuus yhdistää järjestelmiä keskenään parantaisivat käyttäjäkokemusta sekä digitaalisen laitoksen hyötyjä. Konkreettisenä esimerkkinä integraatiosta voisi olla kunnossapitojärjestelmän sekä eSiteview'n integrointi, jonka lisäksi ominaisuuksia digitaalisen laitoksen sisälle kehitettäisiin tuomaan relevanttia tietoa laitoksen eri laitteista ja käyttöhistoriasta. Myös työmääräinjärjestelmän integrointi eSiteview'iin toisi lisäarvoa digitaalisen laitoksen käytölle, etenkin tilanteissa, joissa eSiteview toimii ennakkomateriaalina vierailevalle huoltohenkilökunnalle.

## 8.2 Toimintamallit

Selkeiden toimintamallien luominen sekä esittäminen asiakkaan mahdollisiin tarpeisiin, kuten digitaalisen laitoksen päivittämiseen, olisi hyvä tapa varmistaa asiakkaan tyytyväisyys. Kyselyn perusteella käyttäjät eivät osaa sanoa, kuinka digitaalista laitosta voidaan tarvittaessa päivittää. Tämä on oleellinen tieto digitaalista laitosta harkitsevalle sekä myös olemassa oleville käyttäjille. Digitaalisen laitoksen hyödyt ovat selvät. Mahdollisuus päästä vierailemaan tiloissa laitoksissa digitaalisesti nettiselaimen kautta ja tekemään merkintöjä sekä suhteellisen tarkkoja mittauksia ovat arvokkaita ominaisuuksia. Kuitenkin, jotta digitaalisen laitoksen arvo säilyy ajan mittaan käyttäjien keskuudessa, on tärkeää luoda selkeät toimintamallit digitaalisen laitoksen ylläpidolle.

## 8.3 Käyttöliittymä

Tiettyjen käyttöliittymien toiminta eSiteview:ssä ei ole optimoitu käyttäjäystävälliseksi. Tämä on havaittavissa etenkin, kun digitaalisen laitoksen merkintään, POI:hin, on liitetty erillinen tiedosto, kuten PDF-dokumentti. Käyttöliittymävalikko ei skaalaudu käyttäjälle suotuisaan kokoon, vaan lisätty dokumentti pilkkoutuu liikuteltavaan elementtiin käyttöliittymässä. Käyttäjäläheisestä näkökulmasta olisi valikkojen käyttöliittymätoiminnallisuutta kehitettävä muotoon, jossa käyttäjäkokemus ja ominaisuuksien toiminnallisuus olisivat keskeisessä asemassa.

## 9 Yhteenveto

Vaikkakin digitaalinen laitos konseptina on vielä suhteellisen uusi ja sen käyttömahdollisuudet hakevat vielä omaa paikkaansa käyttäjien keskuudessa, sen olemassaolosta voidaan havaita hyötyjä. Digitaalinen laitos mahdollistaa monipuolisemman ympäristön toteuttamalla eri työvaiheiden toimintoja kunnossapitohenkilöstölle. Tarve etätyöskentelyä monipuolistaville sovelluksille on tullut ajankohtaiseksi COVID-19-pandemian aiheuttamien matkustus- ja kokoontumisrajoitusten myötä. Osa fyysisistä vierailuista voidaan korvata hyödyntämällä selaimessa toimivaa digitaalista laitosta, eSiteview'tä. eSiteview'n pohjautuessa pistepilveen voidaan sen avulla tehdä esimerkiksi mittauksia digitaalisessa ympäristössä suhteellisen hyvällä tarkkuudella sekä luoda joustavuutta projektien osapuolien tiedonvälitysmenetelmiin. Kun digitaalinen laitos on saatavilla helposti selaimen kautta, eri osapuolien on helppo käydä tarkistamassa tarvittavat lähtötiedot oman työn suorittamiseksi omatoimisesti, minkä avulla voidaan vähentää sekä virheiden että matkustamisen määrää.

Kehityspolkuja eSiteview'n osalta on havaittavissa opinnäytetyön puitteissa toteutetun käyttötutkimuksen myötä, eikä sovelluksen kehitysnäkökulmasta tulisikaan olla koskaan valmis. Ohjelmistotalalla teknologioiden kehittyessä ja uusien käyttökohteiden löytymisen seurauksen digitaalisen laitoksen on kehityttävä perässä.

Tulevaisuudessa vain taivas on rajana. Kylmäasemakonseptit voivat kehittyä siihen pisteeseen, jossa laitoksilla voidaan vierailla vain tarpeen tullen ja kaikki relevantit tiedot ovat saatavilla digitaalisessa muodossa laitoksesta. Tällä hetkellä kuitenkin digitaalisen laitoksen käyttö rajoittuu suhteellisen pienelle käyttäjäkunnalle, mutta ominaisuuksien sekä käytettävyyden kehittyessä, voidaan digitaalisilta laitoksilta odottaa paljon.

## Lähteet

- 1 eSite – About us. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/about-us/>>. Luettu 2.9.2020.
- 2 eSite – Solutions. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/solutions/>>. Luettu 2.9.2020.
- 3 Converting VR hype into operational excellence – how is it done?. 2020. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/converting-vr-hype-into-operational-excellence-how-is-it-done/>>. Luettu 4.9.2020.
- 4 VR-1 can help minimize human errors in the most safety critical environment. 2019. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/vr-1-can-help-minimize-human-errors-in-the-most-safety-critical-environment/>>. Luettu 4.9.2020.
- 5 Visiting industrial sites remotely is faster and easier than ever!. 2020. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/visittingsites/>>. Luettu 5.9.2020.
- 6 Three reasons why we digitized a power plant in one day. 2020. Verkkoaineisto. eSite. <<https://esitevr.com/whypowerplants/>>. Luettu 5.9.2020.
- 7 What is 3D Reality Capture?. 2018. Verkkoaineisto. Hexagon. <<https://blog.hexagongeosystems.com/what-is-3d-reality-capture/>>. Luettu 9.9.2020.
- 8 How Reality Capture is Changing the Design and Construction Industry. 2017. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/drafr/2043/how-reality-capture-is-changing-the-design-and-construction-industry.pdf>>. Luettu 14.9.2020.
- 9 Higgins, Sean. 2020. How SLAM affects the accuracy of your scan (and how to improve it). Verkkoaineisto. NavVis. <<https://www.navvis.com/blog/how-slam-affects-the-accuracy-of-your-scan-and-how-to-improve-it>>. Luettu 14.9.2020.
- 10 What is a Point Cloud? What is LiDAR?. 2020. Verkkoaineisto. FME Community. <<https://community.safe.com/s/article/what-is-a-point-cloud-what-is-lidar>>. Luettu 9.9.2020.
- 11 Paul, Thomas. 2018. LiDAR Basics: The Coordinate System | Hacker Noon. Verkkoaineisto. Hackernoon. <<https://hackernoon.com/lidar-basics-the-coordinate-system-a26529615df9>>. Luettu 14.9.2020.
- 12 Scalable Reality Capture with NavVis M6. 2020. Verkkoaineisto. NavVis. <<https://www.navvis.com/m6>>. Luettu 14.9.2020.

- 13 Versatile Reality Capture with NavVis VLX. 2020. Verkkoaineisto. NavVis. <<https://www.navvis.com/vlx>>. Luettu 14.9.2020.
- 14 All you need is SLAM. 2018. Verkkoaineisto. Pointscene. <<https://medium.com/the-pointscene-diaries/all-you-need-is-slam-f77b30996317>>. Luettu 14.9.2020.
- 15 Cesar, Cadena; Luca, Carlone; Henry, Carillo; Yasir, Latif; Davide, Scaramuzza. 2017. Past, Present, and Future of Simultaneous Localization And Mapping: Towards the Robust-Perception Age. Arxiv. s. 1-3.
- 16 Langley, Victoria. 2018. Why SLAM is the disruptive tech surveyors have been waiting for?. Verkkoaineisto. NavVis. <<https://www.navvis.com/blog/62-why-slam-is-the-disruptive-tech-surveyors-have-been-waiting-for>>. Luettu 14.9.2020.
- 17 Felix, Hautot; Philippe, Dubart; Charles-Olivier, Bacri; Benjamin, Chagneau; Roger, ABou-Khalil. 2017. Visual Simultaneous Localization and Mapping (VSLAM) methods applied to indoor 3D topographical and radiological mapping in real-time. EPJ Nuclear Science Technology Vol. 3.
- 18 3D Buildings in your Browser. Verkkoaineisto. NavVis. <<https://www.navvis.com/indoorviewer>>. Luettu 20.9.2020.



## Käyttäjätutkimuksen kysymykset

### Yleiset tiedot

Mikä seuraavista vaihtoehtoista kuvaa parhaiten yrityksesi toimialaa? \*

- ☐ Energiantuotanto
- ☐ Tuotantoteollisuus
- ☐ Suunnittelu
- ☐ Rakentaminen
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

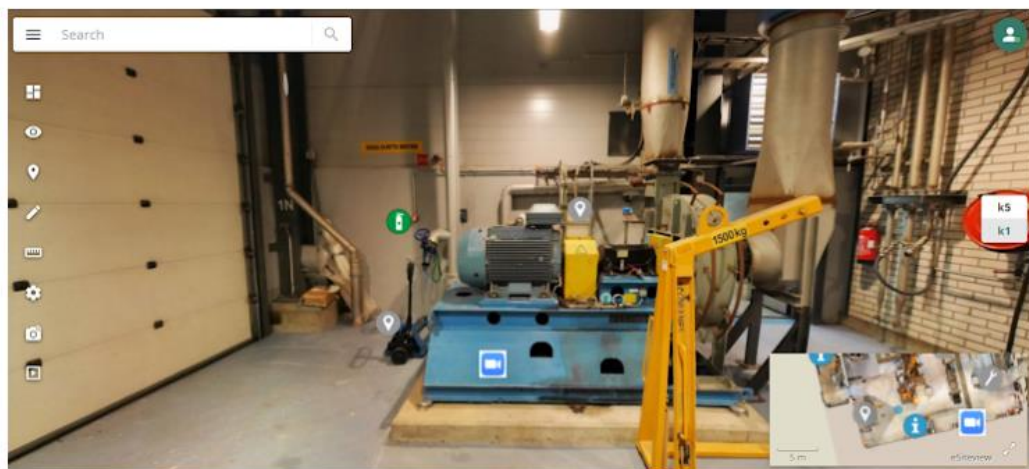
Mikä parhaiten kuvaa rooliasi yrityksessä? \*

- ☐ Omistaja
- ☐ Johtohenkilö
- ☐ Teknillinen johtohenkilö
- ☐ Tekninen henkilökunta
- ☐ Kunnossapitohenkilö
- ☐ Hallinto
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

Kuinka arvioisit digiosaamisesi? \*


	1	2	3	4	5	
Heikko	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Erinomainen

Oletteko käyttäneet tai kokeilleet Fortum eSiten palveluita? \*



- ☐ Kyllä
- ☐ Ei

Mitkä tavoitteet kuvaavat parhaiten päätöstä käyttää digitaalista laitosta?

- ☐ Digitalisaation lisääminen
- ☐ Etätyöskentelyn monipuolistaminen
- ☐ Työtehtävien tehokkuuden kehittäminen
- ☐ Matkustamisen vähentäminen
- ☐ Työsuunnittelun kehittäminen
- ☐ Työn turvallisuuden kehittäminen
- ☐ Koulutus ja henkilöstön kehittäminen
- ☐ Hankintatoimen kehittäminen, esim parempien tarjouksien saaminen
- ☐ Paremmiin onnistuneet projektit
- ☐ Paremmat lähtötiedot projekteihin
- ☐ Suunnitteluvirheiden minimointi
- ☐ Other: \_\_\_\_\_ 

Onko sovelluksen käytöllä päästy hyötytavoitteisiin?

- ☐ Kyllä
- ☐ Ei


Millä laitteella käytätte pääasiallisesti sovellusta?

- ☐ Tietokone toimistossa
- ☐ Matkapuhelin
- ☐ Valvomopääte
- ☐ Tabletti
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

Mitkä ovat sovelluksen pääasiallisia käyttökohteita?



- ☐ Suunnittelu
- ☐ Etävierailu tiloissa
- ☐ Projektihallinta
- ☐ Tiedonvälitys eri toimijoiden välillä
- ☐ Laitteiden monitorointi
- ☐ Other: \_\_\_\_\_

Kuinka hyödylliseksi koette virtuaalisen laitoksen?

	1	2	3	4	5	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

### Sovelluksen ominaisuuksien arviointi

Pohjautuen käyttökokemuksiinne eri ominaisuuksista, arvioikaa ne hyödyllisyyden perusteella

					
Digitaalinen vieraileminen tiloissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mittaaminen (Mittaustyökalu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Opasteiden ja ohjevideoiden teko	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prosessi- ja kunnossapitotiedon liittäminen sovellukseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Merkintöjen liittäminen näkymään (POI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtuaaliset esittelykierrokset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D-näkymän (pistepilven) rajausta ja tallentaminen tietokoneelle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Projektinhallinta käyttäen timelapse livekuvaa tehtaalta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Jos olisi pakko valita yksi ylläolevista ominaisuuksista, mikä olisi tärkein sinun työsi kannalta?

Your answer \_\_\_\_\_

Oletteko käyttäneet eSiteviewiä kunnossapidon työtehtävissä?

☐ Kyllä

☐ Ei

Mielipiteitä sovelluksesta kunnossapidon näkökulmasta

					
Digitaalinen laitos sopii kunnossapidon työtehtävien tueksi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sovelluksen käyttö on helppoa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Etävierailut tukevat kunnossapidon työtehtäviä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ollakseen hyödyllinen, ulkoisten toimijoiden on päästävä sovellukseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suurin hyöty tulee oman yrityksen henkilökunnan pääsystä digitaaliseen laitokseen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Järjestelmä oli helppo ottaa käyttöön työtehtäviin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Järjestelmästä olisi enemmän hyötyä jos se olisi integroitu kunnossapitojärjestelmään	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kuinka tärkeää on sovelluksen integraatio olemassa olevaan kunnossapitojärjestelmään?

	1	2	3	4	5	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Kuinka usein käytätte sovellusta kunnossapidon työtehtävissä?

- ☐ Päivittäin
- ☐ Viikottain
- ☐ Kuukausittain
- ☐ Harvoin
- ☐ En koskaan

Missä kunnossapidon työvaiheissa virtuaalinen laitos tuo eniten hyötyä?

**Esimerkkejä**

- Suunnittelu
- Työnjohto
- Kunnossapitotyö
- Hankintatoimi
- Tuntojen suunnittelu
- Telinetyöt






- ☐ Suunnittelu
- ☐ Työn toteutus
- ☐ Hankintatoimi
- ☐ Tuntojen suunnittelu
- ☐ Turvallisuussuunnittelu
- ☐ Other: \_\_\_\_\_



Kuinka ajantasainen virtuaalisen laitoksen tulisi olla, jotta sen tuoma arvo olisi riittävä?

- ☒ Reaaliaikainen
- ☐ 1-6 kuukautta vanha
- ☐ 6-12 kuukautta vanha
- ☐ 1-2 vuotta vanha

Haasteiden kartoittaminen






					
Sovellukselle on helppo löytää käyttökohteita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sovelluksen käytettävyys (esim. navigointi, selkeä ulkonäkö)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sovelluksessa on tarvitsemi ominaisuudet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitaalisen laitoksen päivittäminen ajantasalle on helppoa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sovelluksen integraatio olemassa oleviin järjestelmiin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mitä haasteita on sovelluksen käytössä ilmennyt?

Tähän voi kertoa tarkemmin mitä haasteita on ilmaantunut.

Your answer

Arvostele seuraavat, potentiaaliset ominaisuudet hyödyllisyyden perusteella

					
Lyhyiden opasvideoiden lisääminen eri ominaisuuksien käyttöön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3D-objektien sijoittaminen näkymään	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Raportointijärjestelmä esimerkiksi turvallisuushavainnoista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puhelimella luettavat QR-koodit laitoksen laitteisiin, jotka avaavat eSiteviewin kyseistä paikasta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Huoltokäynnin kuittaus eSiteviewissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turvallisuushavaintojärjestelmä eSiteviewissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avonaiset työmääräimet nähtävissä eSiteviewissä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kuinka suuressa roolissa uskotte virtuaalisten laitteiden olevan tulevaisuuden teollisuudessa?

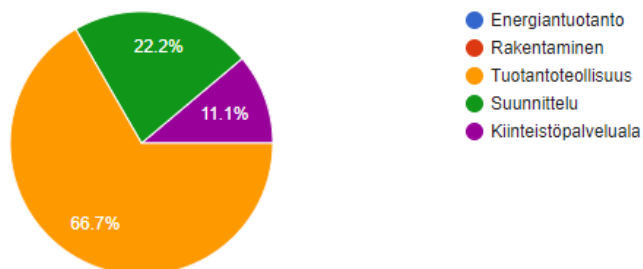
	1	2	3	4	5	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

## Käyttäjätutkimuksen vastaukset

### Yleiset tiedot

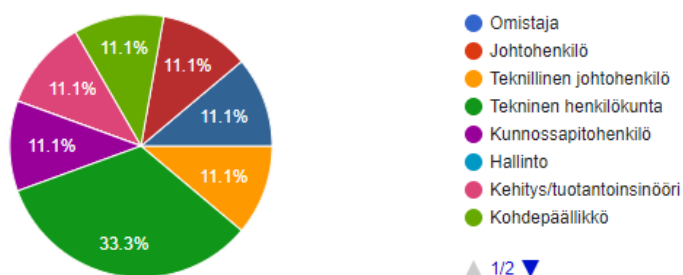
Mikä seuraavista vaihtoehtoista kuvaa parhaiten yrityksesi toimialaa?

9 responses



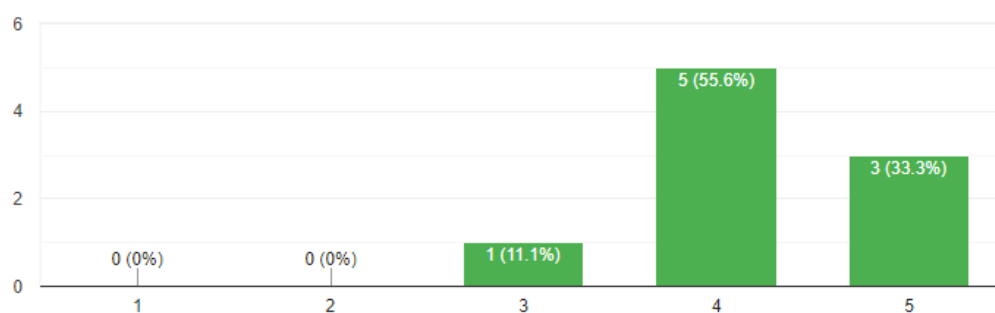
Mikä parhaiten kuvaa rooliasi yrityksessä?

9 responses



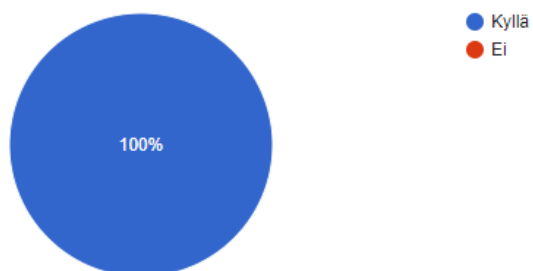
Kuinka arvioisit digiosaamisesi?

9 responses



Oletteko käyttäneet tai kokeilleet Fortum eSiten palveluita?

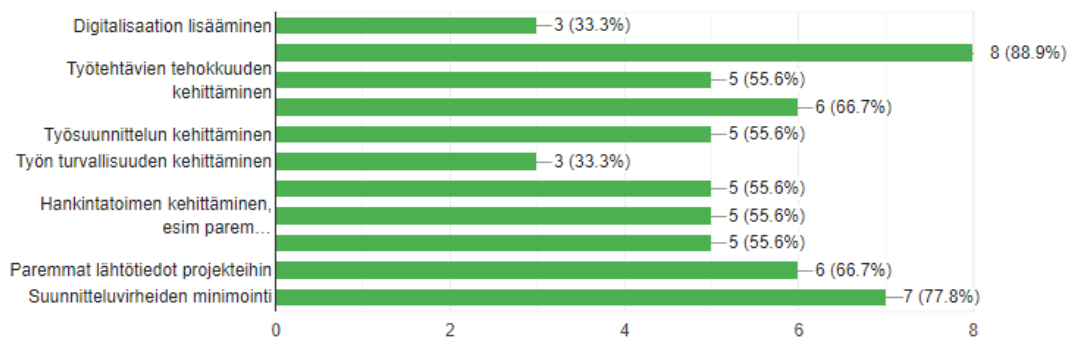
9 responses



### Käyttäjien tavoitteet

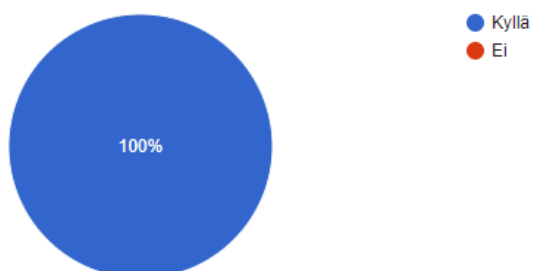
Mitkä tavoitteet kuvaavat parhaiten päätöstä käyttää digitaalista laitosta?

9 responses



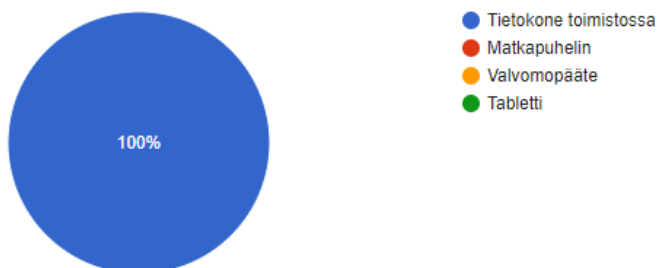
Onko sovelluksen käytöllä päästy hyötytavoitteisiin?

9 responses



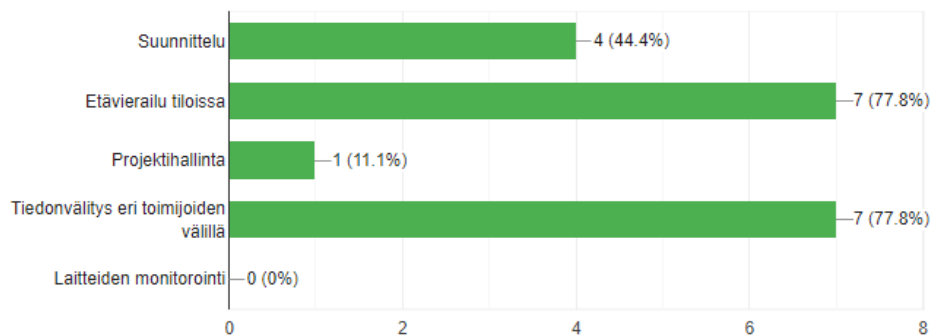
Millä laitteella käytätte pääasiallisesti sovellusta?

9 responses



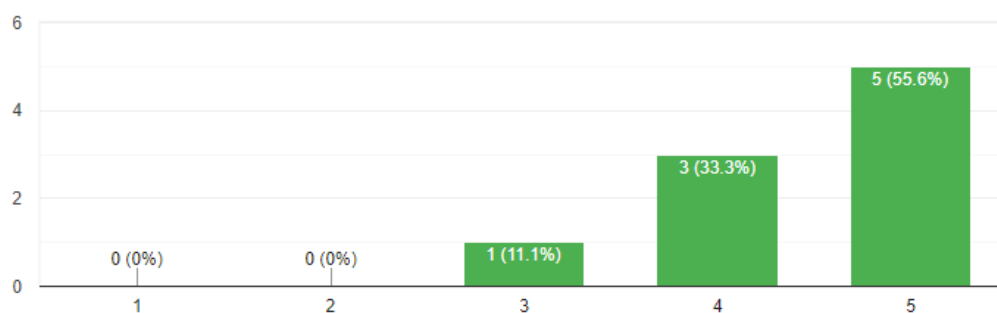
Mitkä ovat sovelluksen pääasiallisia käyttökohteita?

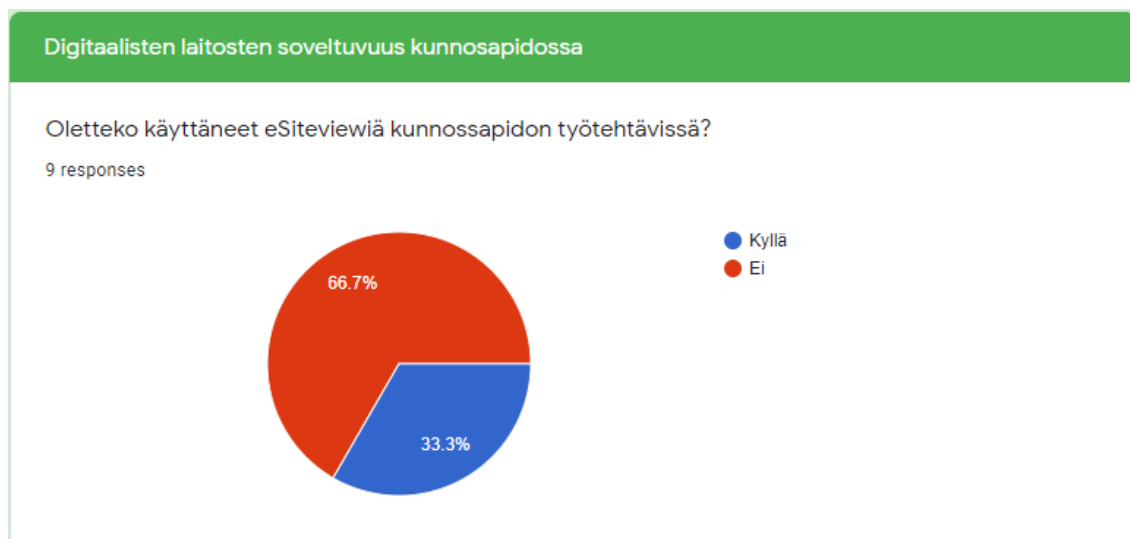
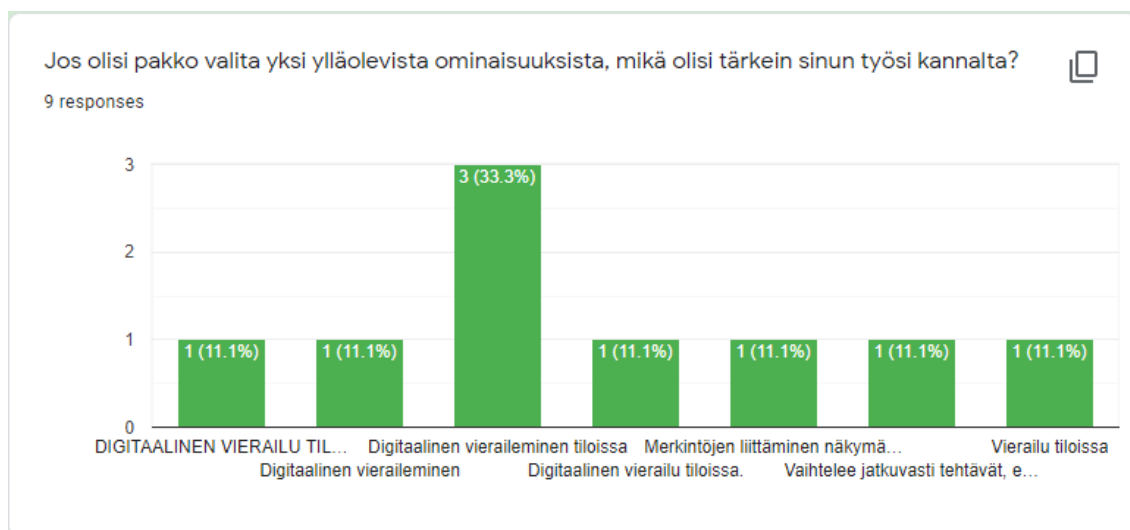
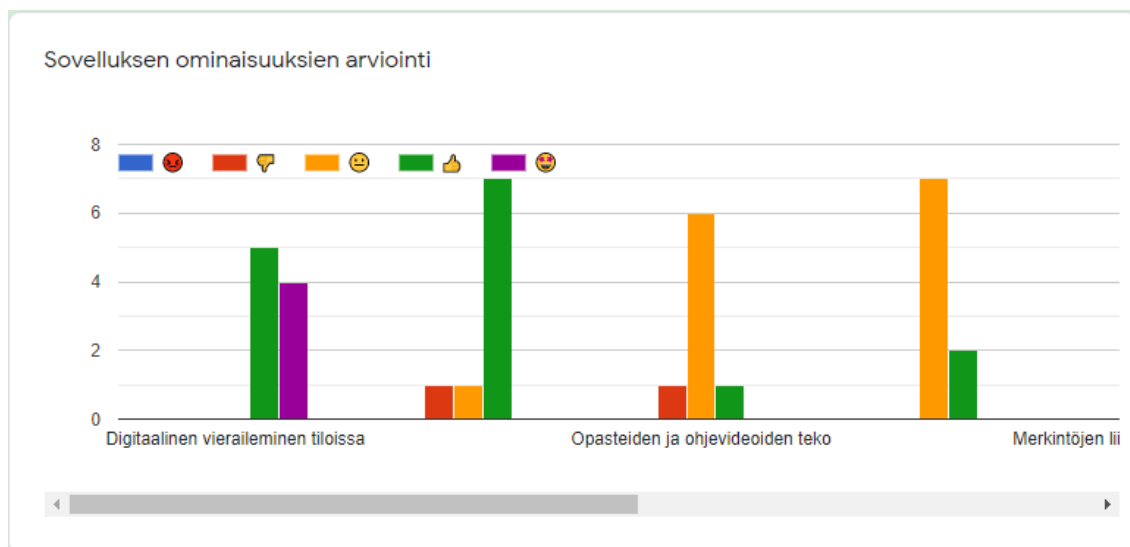
9 responses



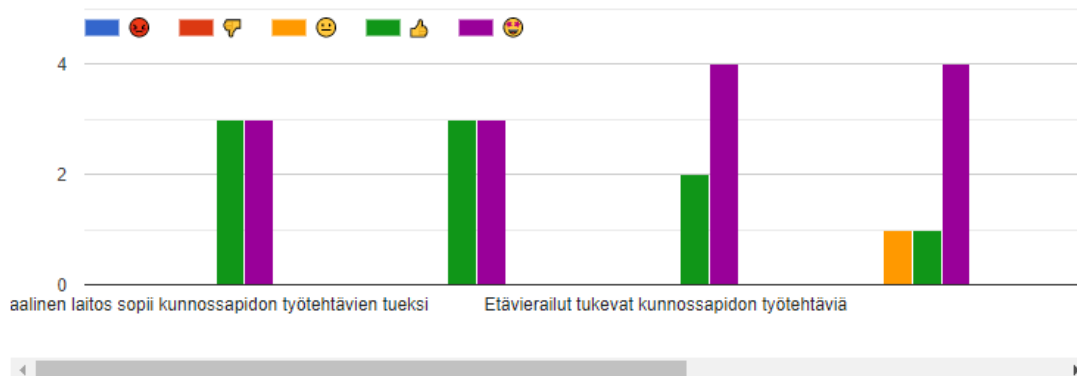
Kuinka hyödylliseksi koette virtuaalisen laitoksen?

9 responses



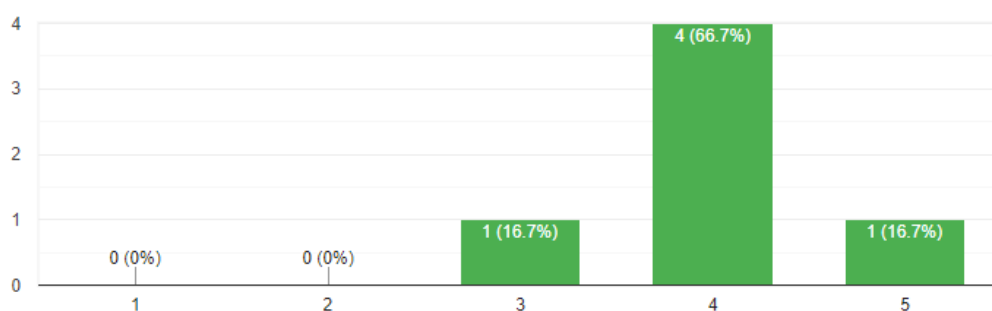


### Mielipiteitä sovelluksesta kunnossapidon näkökulmasta



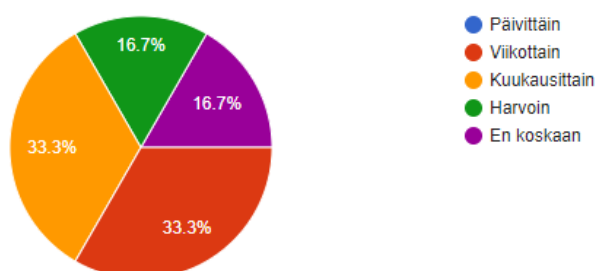
### Kuinka tärkeää on sovelluksen integraatio olemassa olevaan kunnossapitojärjestelmään?

6 responses



### Kuinka usein käytätte sovellusta kunnossapidon työtehtävissä?

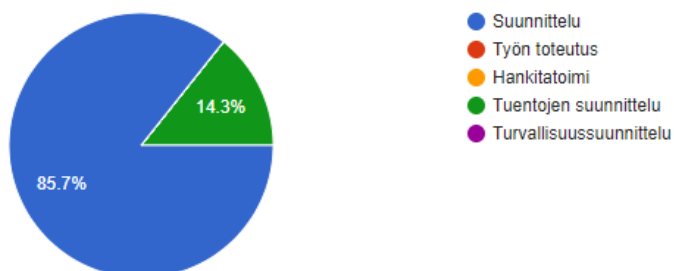
6 responses





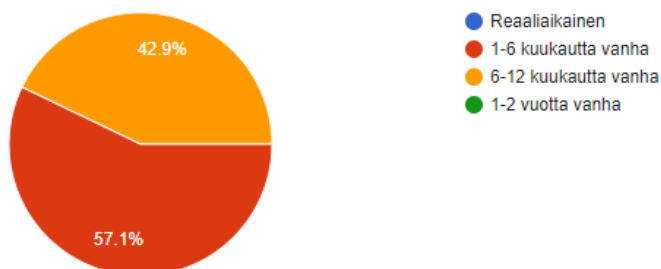
Missä kunnossapidon työvaiheissa virtuaalinen laitos tuo eniten hyötyä?

7 responses



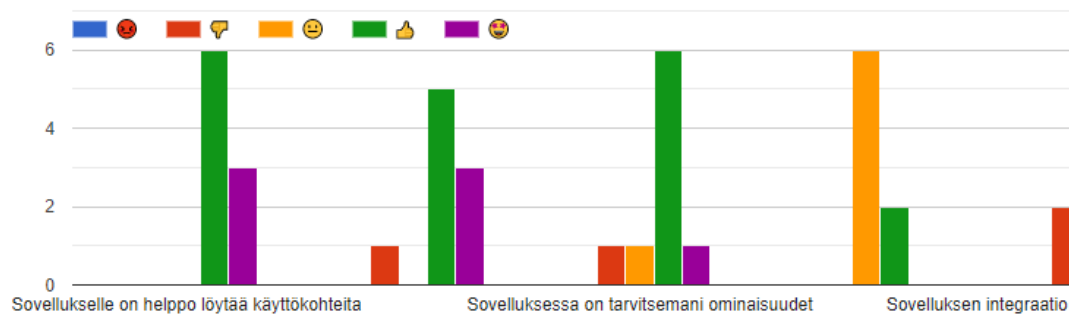
Kuinka ajantasainen virtuaalisen laitoksen tulisi olla, jotta sen tuoma arvo olisi riittävä?

7 responses



### eSiteviewin käyttöongelmat

Haasteiden kartoittaminen



### Mitä haasteita on sovelluksen käytössä ilmennyt?

3 responses

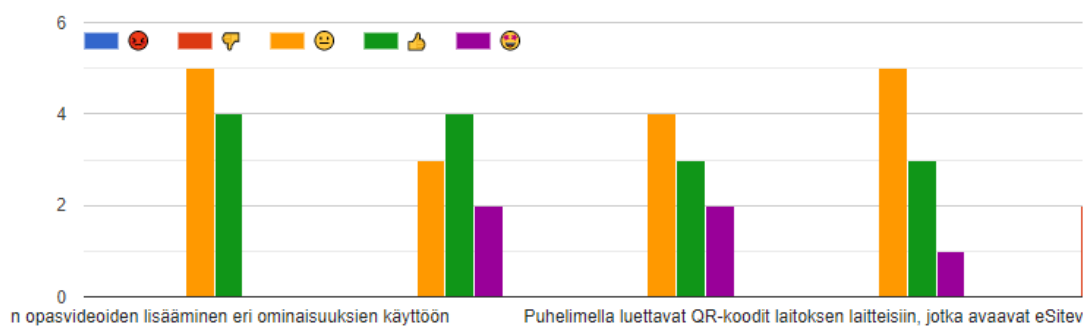
Pistepilven lataaminen on haastavaa ja katkeaa välillä.

Toimistoläppäri ei jaksa pyörittää pistepilveä kovin hyvin.

POI:n editointi ja näkymän muokkaaminen on hieman jäykähköä.

### eSiteviewin mahdollisuudet

Arvostele seuraavat, potentiaaliset ominaisuudet hyödyllisyyden perusteella



### Kuinka suuressa roolissa uskotte virtuaalisten laitosten olevan tulevaisuuden teollisuudessa?

9 responses

