

Digitaalinen dokumentointi 3D-käyttöliittymällä

Tommi Hokka

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Hokka Tommi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.5.2015
	Sivumäärä 46	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkajulkaisulupa myönnetty: (x)
Työn nimi Digitaalinen dokumentointi 3D-käyttöliittymällä		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Häkkinen, Veli-Matti		
Toimeksiantaja(t) Prosolve Oy		
Tiivistelmä <p>ProSolve Oy on insinööritoimisto, joka tuottaa asiakkailleen konesuunnittelu, 3D-skannaus- ja kiinteistöpalveluita. ProSolvella on herännyt kiinnostus käyttää 3D-skannauslaitteillaan tuottamaa dataa kunnossapidon apuna WebShare-ohjelman kautta. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia miten WebShare-ohjelmalla voitaisiin lisätä skannauksiin kunnossapitokohteiden sisältämää tietoa kuten laitteiden ohjekirjoja ja huoltopäiväkirjoja.</p> <p>Webshare on FARO:n 3D -skannausdatan jakamiseen kehittämä serveri-sovellus, jolla 3D-skannausdataa voidaan jakaa muiden käyttäjien tarkasteltavaksi internetin välityksellä. Helppo käyttöliittymä mahdollistaa skannausprojektien tarkastelun sisältäen mittaus- ja dokumentinlisäysominaisuudet sekä mahdollisuuden muodostaa tarkasteltavasta näkymästä web-linkkejä.</p> <p>Työ tapahtui omatoimisesti perehtymällä WebSharen ja FARO:n SCENE-skannausten käsittelyohjelman ominaisuuksiin tutkimalla käyttöohjeita ja kokeilemalla eri toimintoja. Työssä tehtiin prototyyppi-projekti luomalla tietokoneelle paikallinen WebShare-serveri jonne liitettiin aikaisemmin ProSolven skannaamasta kohteesta tehty projekti johon oli sijoitettu dokumentaatiota. Tuloksena saatiin tarkasteltava mittatarkka 3D-ympäristö Ilmanvaihdon konehuoneesta, jonka laitteisiin on sijoitettu avattavia linkkejä tiedostoihin ja päiväkirjasovelluksiin.</p> <p>Prototyyppiprojektin perusteella saatiin selville se, että WebSharella ja SCENE:llä on mahdollista tehdä dokumentaatiota sisältävä, internetin kautta jaettava 3D-ympäristö. 3D-dokumentaatiolla on monia hyödyllisiä käyttömahdollisuuksia kiinteistöjen ja teollisuuskohteiden kunnossapidon tukena.</p>		
Avainsanat (<u>asiasanat</u>) 3D, WebShare, kunnossapito		
Muut tiedot		



Author(s) Hokka Tommi	Type of publication Bachelor's/Master's thesis	Date 27.5.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 46	Permission for web publication: (x)
Title of publication Digital documentation with 3D user interface		
Degree programme Automation Engineering		
Tutor(s) Häkkinen, Veli-Matti		
Assigned by ProSolve Oy		
Abstract <p>ProSolve Oy is an engineering company that provides machine design, 3D scanning and real estate services for its customers. ProSolve Oy have shown interest in how to use data produced with 3D scanner as a tool for maintenance via WebShare program. The goal of this thesis was to investigate how WebShare program could be used to embed information such as the manuals or the maintenance diaries into the scans.</p> <p>WebShare is a server application developed by FARO, and it is used to share 3D scan data for other users via the internet. The easy to use user interface enables scan project browsing including measuring and documentation adding tools. The possibility of web link creation from a current view is also included.</p> <p>Most of the thesis work consisted of independent study of the features of WebShare and SCENE programs by reading user manuals and trying out different features of the programs. SCENE is also a product of FARO and it is used to process and manage 3D scans. For this thesis a prototype project was created by establishing a local server and loading to the server a scan project, which had been previously scanned by ProSolve. All kinds of documentation was embedded into the loaded scan project. The result was a dimensionally accurate 3D environment of a ventilation machine room, the devices of which have links to files and diary applications.</p> <p>The prototype project showed that it is possible to create with WebShare and SCENE a shareable 3D environment containing documentation. The 3D documentation has many usable applications and possibilities for acting as a support for real estate and industry maintenance.</p>		
Keywords/tags (subjects) 3D, WebShare, maintenance		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	1
1.1	Lähtökohdat.....	1
1.2	Toimeksiantajan esittely.....	2
1.2.1	Proline Oy.....	2
1.2.2	ProKipa Oy.....	3
1.2.3	ProDigit Oy.....	3
2	3D-kuvantaminen.....	4
2.1	Kuvantamislaitteistot.....	4
2.2	3D-kuvantamisen edut.....	5
3	Laserkeilain.....	6
3.1	Laserkeilainten peilijärjestelmät.....	6
3.2	Laserkeilainten keilausten mittaustavat.....	8
3.3	Laserkeilainten etäisyydenmittaustavat.....	9
3.3.1	Aikaerolaser.....	9
3.3.2	Jatkuva-aaltainen laserkeilain.....	10
3.3.3	Laserkeilainten jako käyttökohteen mukaan.....	12
3.4	Laserkeilausprojektin eteneminen.....	13
4	Pistepilven jatkokäsittely.....	14
4.1	Pistepilven tiheys.....	15
4.2	Pistepilven yksittäisen pisteen laatu.....	15
4.3	Pistepilvien yhdistäminen.....	16
5	Kunnossapito.....	17
5.1	Kunnossapidon eri lajit.....	17
5.1.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	18
5.1.2	Korjaava kunnossapito.....	19
5.1.3	Parantava kunnossapito.....	19
5.2	Ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon kustannukset.....	20
5.3	3D-kuvantaminen ja kunnossapito.....	22
5.4	Teollisuuden kunnossapitojärjestelmät.....	23
5.5	Kiinteistöjen kunnossapidon järjestelmät.....	25
5.5.1	Järjestelmän suunnittelu.....	25
5.5.2	Tietokannan toteutustavat.....	25

5.5.3	Kiinteistön huoltokirja	26
5.5.4	Järjestelmien kustannuksia	27
6	Käytetyt laitteistot ja ohjelmat	27
6.1	FARO SCENE 5.4	28
6.2	FARO Webshare server	30
6.3	Microsoft OneNote	33
7	Toteutus	33
7.1	Toteutus	33
7.2	Dokumentaation lisääminen projektiin	35
8	Tulokset	38
9	Pohdintaa	40
9.1	Käyttö teollisuuden kunnossapidon näkökulmasta	40
9.2	Käyttö kiinteistöjen kunnossapidossa	42
9.3	Lopuksi	43
	Lähteet	45

Kuviot

Kuvio 1. Laserkeilainten peilijärjestelmät. A: Oskilloiva, B: Polygoni, C: vinopeili. (Kukko 2005, 6.).....	7
Kuvio 2. Keilainten mittaustavat. 1. Kupolimainen, 2. Panoraama, 3. Keilamainen. (Joala 2006, 2.)	8
Kuvio 3. Etäisyyden mittaus AM-modulaatiota käyttäen (Vosselman, G., Maas 2010, 7.).....	11
Kuvio 4. Etäisyyden havaitsemisen periaate taajuusmodulaatiota käyttävissä järjestelmissä(Vosselman, G., Maas 2010, 7.).....	12
Kuvio 5. Kunnossapidon lajit (Järviö 2012, 46.)	18
Kuvio 6. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1)	21
Kuvio 7. Kunnossapitomenetelmän valinnan kaavio (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1.).....	22
Kuvio 8. Huoltokirja-ohjelmien kustannuksia(Pohjola 2013).....	27
Kuvio 9. Scene 5.4 käyttöliittymä (FARO, Scene 5.4 User manual. n.d.)	29
Kuvio 10. Websharen käyttöliittymä.....	30
Kuvio 11. Websharen add documentation –ikkuna.....	32
Kuvio 12. WebShare Datan lataus serverille.....	35
Kuvio 13. Dokumentaation lisäys SCENE:ssä.....	36
Kuvio 14. Document-kansio lisättynä projektiin.	37
Kuvio 15. Prototyypiprojektin näkymä. Suodatinkenno 1:n dokumentaatioikkuna avattuna.	38

1 Johdanto

1.1 Lähtökohdat

Kunnossapidon merkitys kasvaa teollisuudessa ja kiinteistön hoidossa kovalla tahdilla. Automaatioasteen ja koneiden lisääntyminen kasvattaa kunnossapidon tarvetta ja merkitystä valtavasti. Vastaavasti yhä kiristynvä taloustilanne pakottaa laitteistojen ja kiinteistöjen omistajia optimoimaan kaikkia kustannuksia kunnossapito mukaan lukien. Kunnossapitoa tarjoavien yritysten määrä kasvaa alati ja monet yritykset teollisuudessa ovat päätyneet ulkoistamaan oman kunnossapitonsa. Kiinteistöissä on siirtynyt talokohtaisista talonmiehistä kiinteistöhoitofirmoihin.

Yksi yhteinen tekijä kummassakin muutoksessa on se, että yksittäisen kunnossapito henkilön työskentelyalue ei enää ole tuttu. Ennen talonmiehet tai tehtaan oma kunnossapitohenkilöstö työskentelivät samoilla tutuilla alueilla ja näin ollen tunsivat hyvin laitteiden sijainnit ja toiminnan.

Henkilöstön syvä tuntemus oman työskentelyalueensa asioista ja hiljainen tieto tuottaa nopeaa ja onnistunutta kunnossapitoa ja eritoten viankorjauksissa päästään nopeisiin vasteaikoihin. Valitettavasti tämän kaltaisen henkilöstön pitäminen on erittäin kallista ja kääntää vaakakupin monissa tapauksissa ulkoistamisen tai väen vähentämisen puoleen, mikä taas aiheuttaa vikojen ja huoltojen yhteydessä ns. turhaa työtä, koska laitteiden sijaintien ja ominaisuuksien tuntemus ei välttämättä ole hallussa.

ProSolve Oy tarjoaa asiakkailleen 3D-skannauspalveluita omalla skannerillaan. He ovat käyttäneet myös FARO WebShare Server-ohjelmistoa jolla skannausdataa voidaan helposti jakaa internetin välityksellä. WebSharessa skannausten tarkastelu ei vaadi erillisiä ohjelmistoja, pelkkä internetselain riittää. WebSharessa on myös mahdollisuus lisätä dokumentaatiota skannauksiin, joskin tämä ei vielä ole ollut mikään hyödyllinen työkalu.

ProSolve Oy:llä on noussut kiinnostus kehittää WebSharen ja laserskannauksen käyttöä niin, että pystyttäisiin tuottamaan kunnossapitoa harjoittavien tahojen käyttöön

tietoa kunnossapitokohteista 3D-maailmassa. Minun tehtäväkseni siis tuli tutkia voiko WebSharen käytettävyyttä kohentaa niin, että siitä saataisiin hyödyllinen työkalu kiinteistöjen ja teollisuuden kunnossapitoon.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Prosolve Oy on Jyväskyläläinen insinööritoimisto, joka tuottaa monenlaisia palveluita. Palveluihin kuuluvat konesuunnittelu-, 3D-skannaus ja tulostus- sekä kiinteistöpalvelut. (ProSolve n.d.)

Prosolve aloitti vuonna 2004 kahden hengen suunnittelutoimistona nimellä ProLine. Vuonna 2005 yhtiömuoto on vaihtunut osakeyhtiöksi ja yritys muutti uusiin tiloihin. Vuonna 2007 konesuunnittelun rinnalle oli tullut myös kiinteistö- ja skannauspalvelut. Muutamien muuttojen ja kasvaneen liikevaihdon jälkeen vuonna 2011 tapahtui suuri organisaatiomuutos, kun ProLine Oy muuttui ProSolveksi ja organisaatio jaettiin kolmeen osaan: ProLine:en, ProKipa:an ja ProDigit:iin (ProSolve n.d.)

1.2.1 Proline Oy

ProLine Oy tarjoaa monia suunnittelu- ja kehityspalveluita. Palveluita ovat:

- Kone- ja laitesuunnittelu
- Lujuuslaskenta
- Tuotekehitys
- Teollisuuden sähkö- ja automaatio suunnittelu
- 3D-tulostuspalvelu

(ProSolve n.d.)

1.2.2 ProKipa Oy

ProKipa Oy tuottaa asiakkailleen erilaisia kiinteistöpalveluita lähtökohtanaan energia-
tehokkuus, ihmisten hyvinvointi ja turvallisuus. ProKipa käyttää vahvasti hyväkseen
3D-suunnittelua ja pyrkii näin saamaan projekteista selkeän kuvan asiakkaille. 3D-
suunnittelu vähentää virheiden määrää, koska muutokset ja niiden toimivuus on hel-
posti testattavissa tietokoneella menemättä itse asennuspaikalle. ProKipa Oy:n pal-
veluita ovat:

- Suunnittelu-, rakennuttamis- ja valvontapalvelut
- Energiapalvelut
- Kuntoarviot, -tutkimukset ja suunnitelmat
- Kiinteistöautomaatio
- Asuntokaupan palvelut
- Mittauspalvelut
- Esteettömyyspalvelut

ProKipa Oy tuottaa palveluitaan kaikenlaisille kiinteistöille aina omakotitaloista teolli-
suus- ja liike kiinteistöille (ProSolve n.d.)

1.2.3 ProDigit Oy

ProDigit Oy suorittaa kaikenlaisia 3D-skannaus- ja mittauspalveluita. Nykypäivänä
suunnittelu siirtyy entistä enemmän 3D-maailmaan sen lukuisten etujen vuoksi. 3D-
skannauksella mistä tahansa kohteesta saadaan digitalisoitu tarkka 3D-malli. Kohteita
voivat olla tilat, rakennelman tai vaikka koneen osat.

3D-mallintamisen mahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Usein esimerkiksi vanhoista
rakennuksista tai laitteiden osista ei ole paikkaansa pitäviä kuvia missään muodossa.
3D-skannauksella saada erittäin nopeasti tuotettua esimerkiksi kerrostalosta tarkka

ja paikkansapitävä 3D-malli. 3D-malleja voidaan käyttää hyödyksi viemällä esivalmisteluja pidemmälle kuin ennen on ollut mahdollista. Tämä nopeuttaa esimerkiksi putkistojen rakentamista, koska putket voidaan esivalmistaa tehtaalla mutkineen juuri sopiviksi kohteeseen. Näin säästetään remontoinnissa ja rakentamisessa huomattavasti aikaa ja rahaa.

Skannaamisella voidaan myös takaisinmallintaa kappaleita esimerkiksi tapauksissa joissa piirrustuksia ei ole. Kappaleiden tarkastaminen ja nopea mittaaminen on myös hyödyksi esimerkiksi valukappaleiden tarkastamisessa (ProSolve n.d.)

2 3D-kuvantaminen

3D-kuvantamisella tarkoitetaan 3D-kuvantamislaitteistolla suoritettavaa yksittäisten kappaleiden, rakennusten sekä maastojen fyysisien ominaisuuksien tallentamista. 3D-kuvantamislaitteisto tuottaa kuvattavasta kohteesta pisteitä sisältävä pistepilven. Pilvessä pisteiden väliset etäisyydet riippuvat käytetystä laitteistosta ja kuvantamistarkkuudesta. Pistepilven yksittäinen piste sisältää X-, Y- ja Z-koordinaatit sekä joissain laitteistoissa tiedon intensiteetistä eli siitä kuinka tumma tai vaalea kohde on.

2.1 Kuvantamislaitteistot

Nykyaikaisista 3D-kuvantamislaitteistoista esimerkkejä ovat laseria käyttävät LADAR:it (laser detection and ranging), valoa käyttävät LIDAR:it (light detection and ranging), kuvioprojektoreilla tai lasereilla toimivat kolmioivat mittausjärjestelmät, sekä muut interferometriaan perustuvat mittausjärjestelmät. Interferometrisillä järjestelmillä tarkoitetaan laitteita, joiden etäisyysmittaus perustuu laitteesta lähtevän valonsäteen ja kohteesta heijastuvan valonsäteen väliseen interferenssiin. (General Services Administration, 2009 v.)

Kuvantamislaitteilla tehdyt mittaukset eivät vaadi fyysistä kontaktia mitattavaan kohteeseen, eikä kuvannettavia kohteita tarvitse pinnoittaa tai käsitellä mitenkään. Paljon valoa heijastavat kohteet ja pinnat, kuten vesi tai esimerkiksi peilit, saattavat aiheuttaa ongelmia mittauksissa. Kuvantamislaitteita on olemassa moniin eri tarkoituksiin. Laitteiden mittausetäisyydet vaihtelevat alle metristä jopa kahteen kilometriin. Mittauksien virheet vaihtelevat alle millimetrien heitoista aina senttimetrien tasolle. Pääsääntöisesti laitteet, joiden suurin mittausetäisyys on pitkä, ovat myös epätarkimpia. (General Services Administration, 2009 v.)

Viimeisen vuosikymmenen aikana 3D-kuvantaminen on kasvattanut suosiotaan huomattavasti ja sille keksitään jatkuvasti lisää erilaisia käyttökohteita. Tekniikka 3D-kuvantamiseen on ollut olemassa jo 1970-luvulta lähtien, mutta viime vuosikymmenen aikana tapahtunut kehitys kuvantamislaitteissa ja tietokoneiden suorituskyvyssä on laskenut laitteistojen hintoja sekä kohentanut niiden käytettävyyttä ja hankittavuutta. Perinteiseen käsin mittaamiseen verrattuna 3D-kuvantamislaitteistolla tehtävä kohteen mittaus on huomattavasti nopeampi ja usein myös tarkempi vaihtoehtomallinnuksia ja mittauksia tehtäessä. Kuvantamistekniikan eri sovelluksia käytetään hyvin monella alalla laadunvalvonnasta aina arkeologiaan ja metsänhoitoon asti. (General Services Administration, 2009 v.)

2.2 3D-kuvantamisen edut

3D-kuvantamisen suurimpana etuna voidaan pitää sen kykyä tallentaa kuvannettavat kohteet paljon perinteisiä kohteita tarkemmin ja luotettavammin. Myös kuvantamisen nopeus verrattuna perinteisiin mittausmetodeihin on huomattavan suuri. Esimerkiksi tavallisen kerrostalon laserkeilaaminen vie muutaman päivän ja saman verran aikaa menee kuvien käsittelyyn. Ajassa, jossa perinteisiä mittausvälineitä käyttävä mittamies mittaa kohteen, on laserkeilaamalla jo saatu mittatarkka 3D-mallinus kohteesta. (Seppälä, 2009.)

Suuri etu 3D-kuvantamiselle on myös se, että se ei vaadi mitään toimenpiteitä mitattavalle kohteelle, eikä kohteen tarvitse olla pinnaltaan erikoismateriaalia tai esimerkiksi normaalia heijastavampi. Koska kohteeseen ei tarvitse fyysisesti koskea, sopii 3D-kuvantaminen myös tilanteisiin, joissa kohteessa ylimääräinen liikkuminen aiheuttaa vaaraa työntekijöille tai päinvastoin. Mittatarkan 3D-mallin olemassaolo nopeuttaa projektien läpiviemistä ja antaa pelivaraa projektisuunnitelmien muutoksissa. Usein 3D-visualisointi on lähes välttämätön keino monimutkaisien tai ongelmallisten olosuhteiden havainnollistamisessa. (General Services Administration, 2009 v.)

3 Laserkeilain

Laserkeilain on laite, joka mittaa pisteitä ympäristöstään koskematta fyysisesti mihinkään. Keilaimen nollapisteestä lähtee lasersäde jolla mitataan pisteen etäisyys mitta-laitteesta. Välimatkan mittaaminen kohteeseen vaihtelee hieman käytettävän keilaimen tyypistä ja siihen valituista asetuksista. Laserkeilaimet voidaan jakaa niiden etäisyydenmittaustavan mukaan kahteen eri päätyyppiin, aikaero- ja vaihe-erolasereihin (Kukko 2005, 6). Kun tiedetään etäisyys kohteeseen ja lasersäteen lähtökulmat, voi keilain laskea pisteelle koordinaatit. Keilauslaite laskee myös jokaiselle pisteelle paluusignaalin voimakkuuden perusteella intensiteettiä (Joala 2006, 1).

Jotkut nykyaikaiset laserkeilaimet ottavat myös ympäristöstään tarkkoja panoraamakuvia jotka yhdistettynä pistepilveen antava selkeyttä kohteesta saatuun dataan. Jo pelkkää pistepilveä ja siihen yhdistettyä panoraamavalokuvausta voidaan hyväksikäyttää pelkästään joidenkin kohteiden havainnollistamiseen (Siitonen 2015.)

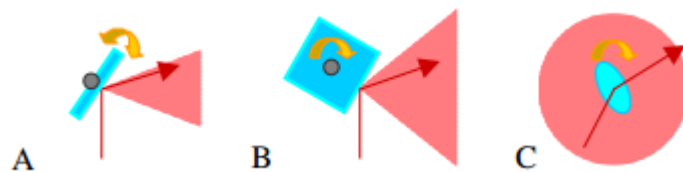
3.1 Laserkeilainten peilijärjestelmät

Laserkeilaimen toimintaan vaikuttaa suuresti keilaimessa käytetty peilijärjestelmä. Peilijärjestelmän tehtävä on heijastaa etäisyyden mittaamiseen käytettävä lasersäde

mitattavaan kohteeseen ja näin muodostaa kohteesta näkymän. Peilijärjestelmä siis määrää laserkeilaimen mittausalueen muodon (Kukko 2005, 6.)

Peilijärjestelmät ovat yleensä joko oskilloivia eli edestakaista liikettä tekeviä tai ympäripyöriä. Oskilloivat järjestelmät tuottavat kapean keilauskulman, joka on hyvä pienten kohteiden tarkassa skannaamisessa. (Kukko 2005, 6.)

Pyörivässä peilijärjestelmässä peili pyörii ja näin tuottaa oskilloivaa järjestelmää laajemman keilauskulman. Pyörivät järjestelmät jaetaan peilien muodon mukaan kahteen eri järjestelmään: polygonipeileihin ja vinopeileihin. Polygonipeilit ovat nimensä mukaisesti usean peilipinnan omaavia peilejä ja ne koostuvat usein kolmesta tai useammasta peilipinnasta. Lasersäde tulee polygonipeilijärjestelmissä kohtisuorassa peilin pyörimisakseliin nähden. Polygonipeileillä päästään hieman alle 90° keilauskulmiin. Vinopeilijärjestelmissä lasersädettä ohjaa pyörimissuuntaansa nähden 45° kulmaan asetettu peili, johon lasersäde tuodaan peilin pyörimisakselin suunnassa. Vinopeileillä voidaan saavuttaa teoriassa 360° keilauskulma, mutta laserkeilainten runkorakenteet asettavat rajoituksia todelliselle kulmalle (Kukko 2005, 6.) Kuviossa 1. on esitetty peilien muodot ja keilauskulmat.



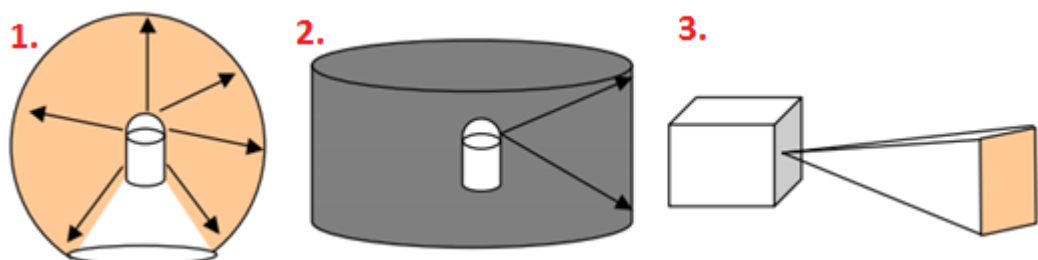
Kuvio 1. Laserkeilainten peilijärjestelmät. A: Oskilloiva, B: Polygoni, C: vinopeili. (Kukko 2005, 6.)

3.2 Laserkeilainten keilausten mittaustavat

Terrestiaalisissa eli maalla tapahtuvaan laserkeilaukseen tarkoitetuissa keilaimissa käytetään pääsääntöisesti neljää erilaista mittaustapaa. Keilaimet voidaan jakaa mitta-alueensa mukaan neljään eri ryhmään:

- Optinen kolmiomittaus
- Keilamainen mitta-alue
- Panoraamainen mitta-alue
- Kupolimainen mitta-alue

Optinen kolmiomittaus on mainituista mittaustavoista vähiten käytössä oleva. Optisella mittauksella voidaan määrittellä tarkasti pisteitä, mutta sen mitta-alue jää hyvin lyhyeksi ja katvealueet ovat hyvin suuret muihin mittaustapoihin verrattuna. Keilamainen mittaustapa mittaa tarkasti tietyn alueen määrätystä suunnasta. Keilamaisesta mittaustapaa käyttävät ns. kamera-keilaimet (Veera,26). Panoraamaisessa mittaustavassa keilain mittaa ympäristöstään nimensä mukaisesti 360° alueen, mutta jättää ylös suuren katvealueen. Kupolimaista mitta-alueita mittaavaa keilainta kutsutaan yleensä skanneriksi. Skanneri mittaa ympäriltään kupolimaisen, hyvin kattavan alueen. Nykypäivänä suurin osa käytössä olevista keilaimista käyttää kupolimaista mittaustapaa. Kuviossa 2. esitellään eri mittaustapoja (Joala 2006, 2.)



Kuvio 2. Keilainten mittaustavat. 1. Kupolimainen, 2. Panoraama, 3. Keilamainen. (Joala 2006, 2.)

3.3 Laserkeilainten etäisyydenmittaustavat

Edellisissä luvuissa on käsitelty laserkeilainten mittausalueita ja sitä millaisilla järjestelmillä ne muodostetaan. Keilainten tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu mittausalueen lisäksi sen kyky mitata pisteiden etäisyyksiä mittausalueeltaan. Etäisyyden mittaustapojen mukaan voidaan keilaimet jakaa kahteen pääryhmään: aikaeroon perustuvat laserkeilaimet ja jatkuva-aaltoiset laserkeilaimet (Joala 2006, 2).

3.3.1 Aikaerolaser

Aikaerolaserit käyttävät pulssilaseria etäisyyden mittaukseen. Pulssilaserien etäisyydenmittaus perustuu laserdiodin lähettämän energiapulssin kulkuaikaan. Pulssi lähtee keilaimesta ja heijastuu takaisin kohteesta. Energiapulssin käyttämä aika kohteeseen ja takaisin mitataan ja laserpulssin matkaan käyttämän ajan perusteella keilain laskee etäisyyden kohteeseen. Keilain lähettää pulsseja eri suuntiin ja näin muodostaa kolmiulotteisen pistepilven ympäristöstä (Joala 2006,2.)

Peruseriaate valonnopeudella kulkevien aaltojen käyttämiseen etäisyydenmittaamisessa on tullut jo 1880 Herzin suorittamista kokeista. Ensimmäiset valonnopeuteen perustuvat etäisyydenmittausvälineet käyttivät hyväkseen radioaaltoja. Nämä radioaaltojen kulkuaikaan perustuvat mittaussäilyneet tunnetaan paremmin perinteisinä tutkina. 1950-luvulla laserin tulo mahdollisti kohteiden kuvantamisen resoluution huomattavan parantumisen. Koska laser-pulssi kulkee valonnopeutta, joka on vakio, saadaan valon kulkema matka helposti määritettyä valonsäteen edestakaiseen matkaan käyttämästä ajasta. On kuitenkin otettava huomioon, että valon nopeus vaihtelee hieman riippuen väliaineesta jossa se kulkee. Etäisyys mittaussäilyneeseen ρ saadaan selvitettyä kertomalla valonnopeus ilmassa $\frac{c}{n}$, jossa n on ilman ominaisuuksista (kosteus, lämpötila, ilmanpaine) riippuva korjauskerroin yhdensuuntaisen matkan ajallisella kestolla $\frac{\tau}{2}$, jossa τ on valon edestakaiseen matkaan käyttämä aika (Voselman, G., Maas 2010, 4.)

$$\rho = \frac{c \tau}{n^2} \quad (1)$$

Pulssilasereihin perustuvat keilaimet voivat mitata etäisyyksiä hyvin laajalla vaihteluvälillä muutamasta metristä aina yli kilometrin etäisyyksiin asti. Pulssilasertoimisten keilaimien toistotaajuus on pieni ja ne ovat huomattavasti vaihe-erolasereita hitaampia. Aikaerolaseria käyttävien keilainten ominaisuuksia ovat:

- tiheät pistepilvet pitkilläkin etäisyyksillä
- hyvä tarkkuus
- hitaita (muutama tuhat havaintoa sekunnissa)

(Joala 2006, 2; Kukko 2005, 6-7).

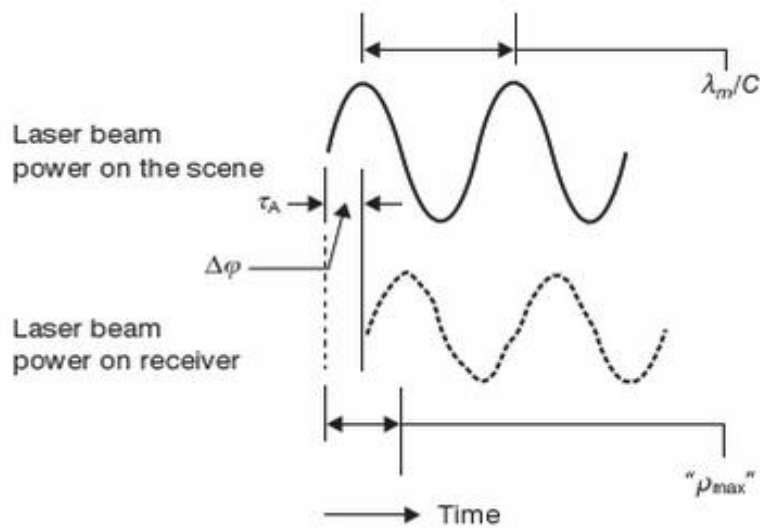
3.3.2 Jatkuva-aaltainen laserkeilain

Toisin kuin laser-pulseja lähettävä aika-erolaser, käyttää jatkuva-aaltainen keilain niemensä mukaisesti jatkuvaa lasersignaalia, jonka tehoa tai aallonpituutta on moduloitu. (Vosselman, G., Maas 2010, 3.)

AM-modulaation tapauksessa lasersäde on amplitudimoduloitu esimerkiksi sini-aallon muotoon. Lähetetyn ja vastaanotetun valon vaihe-eroa ($\Delta\phi$) mitataan ja mitatusta vaihe-erosta saadaan aikaviive τ (kaava 2). λ_m on kaavassa amplitudimodulaation aallonpituus ja c valon nopeus.

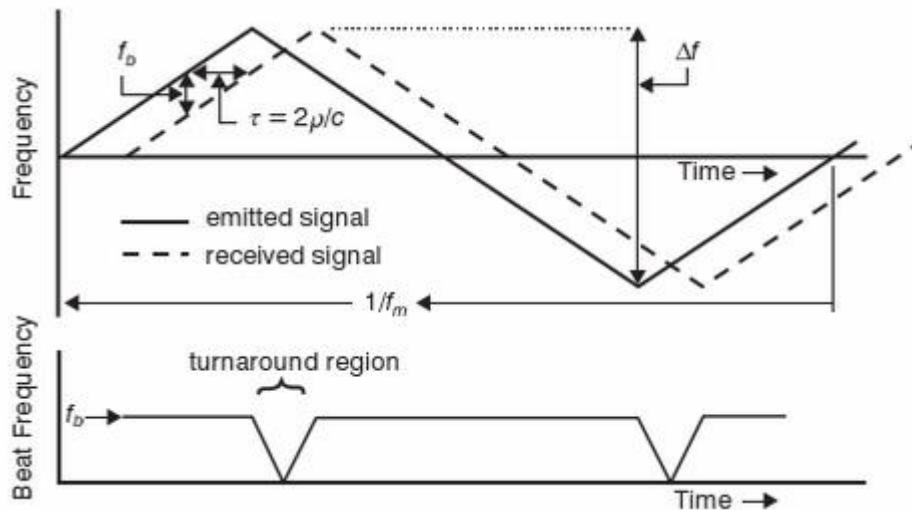
$$\tau = \frac{\Delta\phi}{2\pi} * \frac{\lambda_m}{c} \quad (2)$$

Yksi signaali ja matala taajuus vähentävät etäisyyden mittauksen tarkkuutta, koska mitään palaavan signaalin kohtaa ei voida yhdistää tarkasti lähetettyyn signaaliin. Tarkkuutta parannetaan yleensä käyttämällä useita eri taajuisia amplitudimoduloituja signaaleja yhtäaikaisesti. Useita amplitudimoduloituja signaaleja käyttävät keilaimet ovat yleisimpiä jatkuvaa valoaltoa käyttävistä keilaimista. (Vosselman, G., Maas 2010, 7.) Etäisyydenmittauksen periaate käyttäen amplitudimoduloitua signaalia on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Etäisyyden mittaus AM-modulaatiota käyttäen (Vosselman, G., Maas 2010, 7.)

Toiseksi yleisin jatkuva-aaltainen keilaintyyppi käyttää hyväkseen valon taajuusmodulaatiota. Taajuusmodulaatiossa valosignaali on yleensä muodoltaan "hainhamasta" eli kolmioaaltoa. Kolmioaalto luodaan joko suoraan laser-diodilla tai ääniaaltoja apuna käyttäen acousto-optisella modulaattorilla. Taajuusmodulaatiota käyttävissä järjestelmissä käytetään hyväksi lähtevän ja palaavan signaalin yhdistämisestä syntyviä erottaajuuksia. Etäisyydmittauksen periaate taajuusmoduloiduissa järjestelmissä esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Etäisyyden havaitsemisen periaate taajuusmodulaatiota käyttävissä järjestelmissä (Vosselman, G., Maas 2010, 7.)

Jatkuva-aaltoiset laserkeilaimet muodostavat myös ympäristöstään useista pisteistä koostuvan kolmiulotteisen pistepilven. Vaihe-ero-keilaimen tyypillisiä ominaisuuksia ovat:

- erittäin suuri nopeus (jopa 500 000 pisteen mittausta sekunnissa)
- hyvä etäisyysresoluutio
- suurin mittaus etäisyys suhteellisen lyhyt (alle 100m)

(Joala 2006, 2; Kukko 2005, 6-7).

3.3.3 Laserkeilainten jako käyttökohteen mukaan

Laserkeilaimet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan niiden ominaisuuksien perusteella:

- Kaukokartoitukseen sopivat keilaimet, jotka omaavat hyvin suuren, jopa 100km mittausetäisyyden mittaustarkkuuden ollessa on tyypillisesti joitakin senttimetrejä. Kaukokartoituskeilaimia käytetään yleensä jostain korkealla

liikkuvasta kohteesta kuten lentokoneesta, helikopterista tai avaruusalukselta.

- Maalaserkeilaimet joiden mittausetäisyydet ovat tavallisesti 1-100m ja mitaustarkkuus alle 2 sentin luokkaa.
- Teollisuuslaserkeilaukseen soveltuvat keilaimet, joiden mitaustarkkuus on suuri (alle 1 mm) ja etäisyys verraten lyhyt (alle 30 m).

(Joala 2006, 1).

3.4 Laserkeilausprojektin eteneminen

Kohteen laserkeilaaminen muodostuu yleensä moniosaiseksi projektiksi. Projektin vaiheet vaihtelevat mittausdatan lopullisen käyttötarkoituksen mukaan, mutta alkupään vaiheet ovat lähes poikkeuksetta samoja.

Laserkeilausprojektiksi voidaan jakaa useaan eri osaan työvaiheiden perusteella. Työvaiheiden jaottelu helpottaa koko projektin suunnittelua, sillä onnistunut projekti vaatii selkeää määrittelyä ja suunnittelua jokaisen työvaiheen kohdalla. Joalan (2006, 5) mukaan laserkeilausprojekti voidaan jakaa seuraaviin etappeihin:

1. Suunnittelu ja esivalmistelut
2. Keilaus
3. Tähyksien mittaus
4. Mitattujen pistepilvien yhdistäminen
5. Georeferointi eli pistepilvien siirto tavoitekoordinaatistoon
6. Mallinnus
7. Mallin siirto suunnittelujärjestelmään

Onnistunut keilausprojekti on suunniteltava huolella, jotta säästyttäisiin ylimääräiseltä työltä ja ajankäytöltä. Projektin suunnittelussa on kiinnitettävä suurta huomiota loppukäyttäjän tarpeisiin, eli käytännössä siihen kuinka suurella tarkkuudella kuvantaminen suoritetaan ja millaiseen käyttöön saatu data tulee. Suunnittelussa huomioitavia asioita ovat valmiin mallin siirtoformaattit, täydellisyytaso, yksityiskohtaisuustaso sekä vaadittava tarkkuustaso. Edellä mainitut kuvauksen laajuutta ja tarkkuutta

koskevat asiat sovitaan kuvauksen tilaajan kanssa, mikäli keilaus suoritetaan jonkun asiakkaan toimeksiantona. Keilausprojektissa pyritään aina löytämään tasapaino mittauksen laajuuden ja tarkkuuden suhteen. Esimerkiksi liian laajan alueen keilaus vie enemmän aikaa ja näin lisää projektin kustannuksia. Myös liian harvalla pistetiheydellä tehty kohteen keilaus ei välttämättä anna riittävän tarkkaa tietoa mallinnettavasta kohteesta (Siitonen 2015.)

Esivalmisteluihin kuuluu koordinaatiston määrittäminen ja pistepilvien yhdistämisen mahdollistavien tähymerkkien paikkojen suunnittelu ja asettelu. (Joala 2006, 5). Laserkeilaus voidaan suorittaa ilman tähymerkkejäkin, mutta usein keilauskohteen rakenteiden mukaan tapahtuva pistepilvien yhdistely tuottaa epätarkemman yhdistyksen kuin tähyksiä käytettäessä. Pistepilvien käsittelyyn tarkoitettujen ohjelmien kehittyvät koko ajan ja niiden pilvienyhdistelykyky alkaa lähentyä tarkkuutta, jossa tähyksien käyttäminen ei enää ole välttämätöntä. Niin sanotussa cloud to cloud-yhdistämisessä on otettava huomioon kuitenkin se, että kaikkien yhdistetyiksi tarkoitettujen skannausten on oltava kattavasti yhteydessä toisiinsa jotta pilvien yhdistäminen onnistuisi luotettavasti. (Siitonen 2015.)

Tähyksien mittaaminen voidaan suorittaa takymetrillä mittauksen aikana. Pistepilvien yhdistäminen on avain onnistuneeseen keilausprojektiin sillä monet projektit kaatuvat juuri heikkoon pistepilvien yhdistämiseen (Joala 2006, 6.)

4 Pistepilven jatkokäsittely

Laserkeilaimella ympäristöstä saatavaa materiaalia kutsutaan pistepilveksi. Pistepilvi koostuu tuhansista tai jopa miljoonista etäisyys- ja intensiteetti-arvon sisältävistä pisteistä, jotka laserkeilain on havainnut mittausympäristöstään. Jotkut laserkeilaimet sisältävät myös kamerasensorin, jonka ympäristöstä ottamat kuvat mahdollistavat värien liittämisen jokaiselle mitatulle pisteelle. Värien liittäminen voidaan tehdä myös ulkoisella kameralla otettujen kuvien perusteella. (Joala 2006, 3; Veera 2011, 27.)

Keilausmateriaalin hankinnan jälkeen pistepilvet käsitellään tietokoneella järkeväksi kokonaisuudeksi. Pistepilville suoritetaan rekisteröinti ja yhdistäminen, jossa kaikki

eri mittauspaikoista saadut pilvet yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Pistepilville voidaan myös suorittaa tarvittaessa erilaisia suodatuksia ja kohinan poisto. Koska pistepilvi-tiedostot sisältävät valtavan määrän dataa, on järkevää karsia pistepilvistä kaikki turhat ja tarpeettomat pisteet, joilla ei ole projektin kannalta merkitystä, jotta tiedostojen koot pysyisivät mahdollisimman pieninä (Veera 2011, 27.)

4.1 Pistepilven tiheys

Pistepilven laadussa tärkein tekijä on pistepilven tiheys eli kuinka monta pistettä keilain mittaa määrättyltä alueelta. Muita laadun kriteereitä ovat yhdistämisen onnistumisen laatu ja yksittäisen pisteen laatu.

Koska pistepilviä käytetään usein mallintamisen pohjana, on kohteesta saadun pistepilven oltava kohteen mallintamisen tarkkuuden kannalta tarpeeksi tiheä eli pisteiden välimatka on oltava riittävän lyhyt, jotta kohde voidaan mallintaa tarkasti. Pisteiden tarkkuus on myös merkittävä tekijä. Tiheyteen vaikuttaa oleellisesti mittalaitteen ja kohteen välinen matka. Pistepilven tiheys heikkenee välimatkan pidentyessä (Joala 2006, 3.)

4.2 Pistepilven yksittäisen pisteen laatu

Kuten jo luvussa 4.1 mainittiin, on yksi pistepilven laadullinen tekijä yksittäisen pisteen laatu. Pisteiden laatuun vaikuttaa intensiteetti eli palaavan signaalin voimakkuus ja säteen hajonta. Säteen hajontaan vaikuttaa säteen osumiskulma kohteen pintaan. Hajonnasta johtuvia jäännösvirheitä on syytä seurata pistepilven laatua tarkasteltaessa. Lasersäteen paluuvoimakkuus riippuu mittauskohteen ominaisuuksista. Erilaiset pinnat heijastavat sädettä eri tavoin. Kohteen muoto ja kaarevuus vaikuttaa myös olennaisesti paluusignaaliin. Paluusignaalin intensiteettiä mittaavien keilainten piste-

pilvistä voidaan intensiteetit esittää harmaan sävyeroina tietokoneen näytöllä. Intensiteetin visualisoinnilla voidaan siis erottaa tasomaisten pintojen tekstuuria, kuten esimerkiksi kuvioita ja kirjoitusta (Joala 2006, 3.)

4.3 Pistepilvien yhdistäminen

Koska useissa mittauskohteissa yhdestä mittauskohdasta suoritettussa skannauksessa ei saada mitattua kaikkia haluttuja alueita, on skannauksia otettava useampia eri kojepisteiltä. Eri kojepisteiltä otettujen pistepilvien yhdistämiseen on olemassa erilaisia menetelmiä joista kolme merkittävintä ovat:

- Tähyksillä yhdistäminen. Tässä tavassa jokaisen skannauksen yhteydessä mitattavaan kohteeseen on sijoitettu palloja, puolipalloja tai tasomaisia tähyksiä niin, että jokaisessa skannauksessa on vähintään kolme yhteistä tähyksiä. Tähyksien keskipisteiden määrittäminen ja haluttujen pistepilvien yhdistäminen käy pistepilvien jatkokäsittelyohjelmistoilla automaattisesti. Tämä on tarkin yhdistämismenetelmä.
- Toinen tapa on mallintaa pistepilville yhteisiä kohteita kuten lieriöitä, palloja tai kuutioita ja koodata nämä mallinnetut kohteet. Periaate on siis muuten sama, mutta tähyksien sijaan käytetään mallinnettuja kohteita. Tällä tavalla ei päästä tähyksimenetelmän tarkkuuksiin, koska kohteiden mallintaminen ei ole yhtä tarkkaa kuin tähyksien keskipisteiden määrittäminen.
- Kolmas tapa yhdistää pistepilvet on käyttää yhteisiä alueita. Tämä tapa vaatii kuitenkin sen, että keskenään yhdistetyillä pistepilvillä on vähintään kolmannes yhteistä pinta-alaa. Kummassakin yhdistettävässä pilvessä osoitetaan vähintään kolme yhteistä pistettä, joiden avulla suoritetaan pistepilvien likiarvosovitus. Tällä menetelmällä yhdistysten tarkkuus on 5 – 10mm.

Laajoissa projekteissa pistepilvien yhdistäminen voidaan suorittaa myös edellä mainittujen menetelmien yhdistelminä. (Joala 2006, 4.)

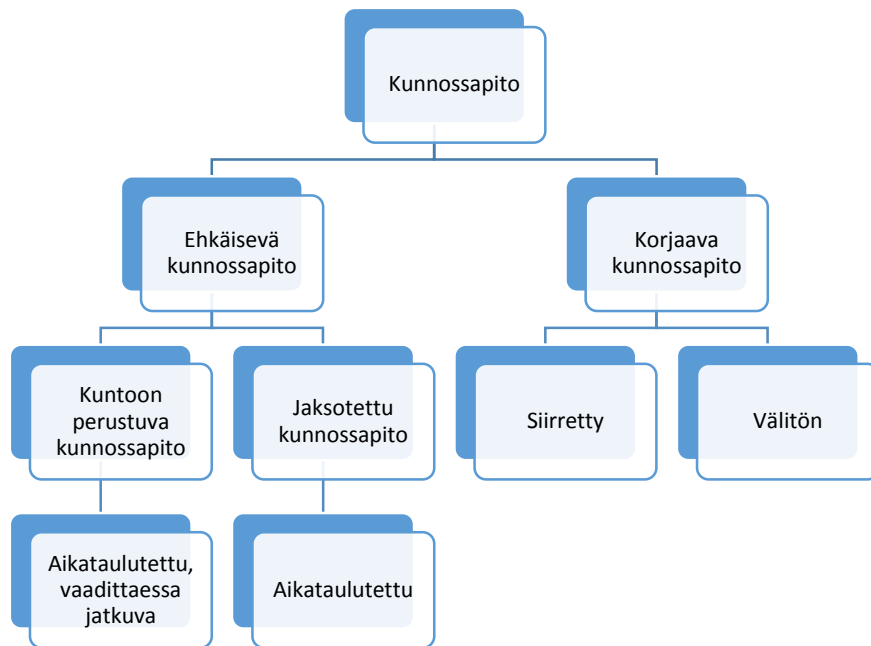
5 Kunnossapito

Kunnossapidon tarkoitus on tuotannon ja palveluiden kunnosta huolehtiminen. Tuotannossa kunnossapidon rooli on huolehtia, että tuotanto tapahtuu mahdollisimman edullisissa olosuhteissa tuottavuuden, turvallisuuden, ympäristön ja laadun suhteen. Palveluiden kunnossapidossa pyritään takaamaan palveluiden käyttäjien tyytyväisyys ja kustannus-laatu-suhteen edullisuus. (Asp, Tuominen & Hyppönen, 1.1.)

Automaatio- ja koneellistumistason jatkuva kasvu ja kilpailukykyisyyden tavoittelu on johtanut tilanteeseen, jossa kunnossapidosta ja käytöstä vastaavien henkilöiden määrää pyritään minimoimaan. Monimutkaisemmat laitteistot ja rajallinen henkilöstön määrä vaatii aikaisempaa suurempaa koulutusmäärää sekä entistä parempaa kunnossapidon suunnittelua ja ennakkointia. (Asp, Tuominen & Hyppönen, 1.2.)

5.1 Kunnossapidon eri lajit

Kunnossapito on järkevää jaotella eri lajeiksi. Jaottelulla kyetään johtamaan ja seuraamaan kunnossapidon tehokkuutta ja sen eri osa-alueisiin kuuluvia resursseja. Kunnossapitolajit voidaan jakaa vian havaitsemisen mukaan. Vika on tila, jossa kohde ei enää kykene suorittamaan siltä vaadittavaa toimintoa. Vian havaitsemiseen perustuva jako jakaa siis kunnossapidon kahtia kunnossapitoon ennen vikaa eli ehkäisevään kunnossapitoon ja vian havaitsemisen jälkeen tapahtuvaan kunnossapitoon eli korjaavaan kunnossapitoon. (Järviö 2012, 46.)



Kuvio 5. Kunnossapidon lajit (Järviö 2012, 46.)

5.1.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohteen kykyä toimia ja toimintaan liittyviä parametreja. Ehkäisevä kunnossapito tähtää vikaantumisen todennäköisyyden pienentämiseen ja kohteen toimintakyvyn säilyttämiseen. Ehkäisevä kunnossapito on luonteeltaan säännöllistä, mutta sitä voidaan suorittaa myös vaadittaessa. Ehkäisevään kunnonvalvontaan liittyy myös kunnonvalvonta, jonka avulla seurataan kohteen kuntoa ja kykyä toimia. Hyvin suoritettu kunnonvalvonta edesauttaa ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua. Ehkäisevän kunnossapidon toimia ovat:

- tarkastaminen
- kuntoon perustuva kunnossapito
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen/toimintakunnon toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi

(Järviö 2012, 50.)

Hyvin suunniteltu ja suoritettu ehkäisevä kunnossapito ehkäisee suuria kustannuksia aiheuttavien vikaantumisten määrää suuresti. Esimerkiksi vikaantumisesta johtunut yllättävä tuotantoseisokki tuotantolaitoksessa voi aiheuttaa jopa miljoonien hävikit.

(Järviö 2012, 51.)

5.1.2 Korjaava kunnossapito

Vian havaitsemisen jälkeen tapahtuva kunnossapitotoiminta luokitellaan korjaavaksi kunnossapidoksi. Tässä kunnossapidon lajissa vikaantunut osa tai kohde palautetaan käyttökuntoon eli se korjataan. Korjaavalla kunnossapidolla voidaan tarkoittaa joko yllättäen tapahtuneen vikaantumisen korjaamista, jolloin toiminta on suunnittelematonta, tai vastaavasti suunniteltua korjaustoimintaa. Suunnittelematonta korjaavan kunnossapidon toimintaa sanotaan häiriökorjaukseksi ja suunniteltua toimintaa kunnostukseksi. Korjaavan kunnossapidon toimia ovat:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus tai väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen

(Järviö 2012, 51.)

5.1.3 Parantava kunnossapito

Parantavalla kunnossapidolla pyritään parantamaan käytössä olevan kohteen toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen suorittamaa toimintaa. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen osaan: kohteen tekniikan parannus, kohteen luotettavuuden parantaminen ja kohteen suorituskyvyn muuttaminen.

Kohteen tekniikan parantamisessa kohteen luotettavuutta ja käytettävyyttä pyritään parantamaan muuttamalla kohteen tekniikkaa uudempaan, kuitenkin muuttamatta kohteen toimintaa tai suorituskykyä. Hyvä esimerkki tällaisesta toiminnasta on paperikoneen käyttöjen muuttaminen DC-käytöistä taajuusmuuttajaohjatuiksi mootto-reiksi. Näin muutetaan kohteen hyötysuhdetta ja käytettävyyttä, koska taajuusmuuttajaohjatut käytöt ovat huomattavasti yksinkertaisempia ja ne eivät vaadi säännöllisiä, paperikoneen seisakkia vaatia huoltoja. (Järviö 2012, 51.)

Kohteen luotettavuuden parantamisessa kohde uudelleen suunnitellaan tai siihen tehdään korjauksia, joilla kohteen luotettavuus paranee. Uudelleen suunnittelussa tai epäluotettavuutta poistavissa korjauksissa ei pyritä muuttamaan kohteen suorituskykyä. (Järviö 2012, 51.)

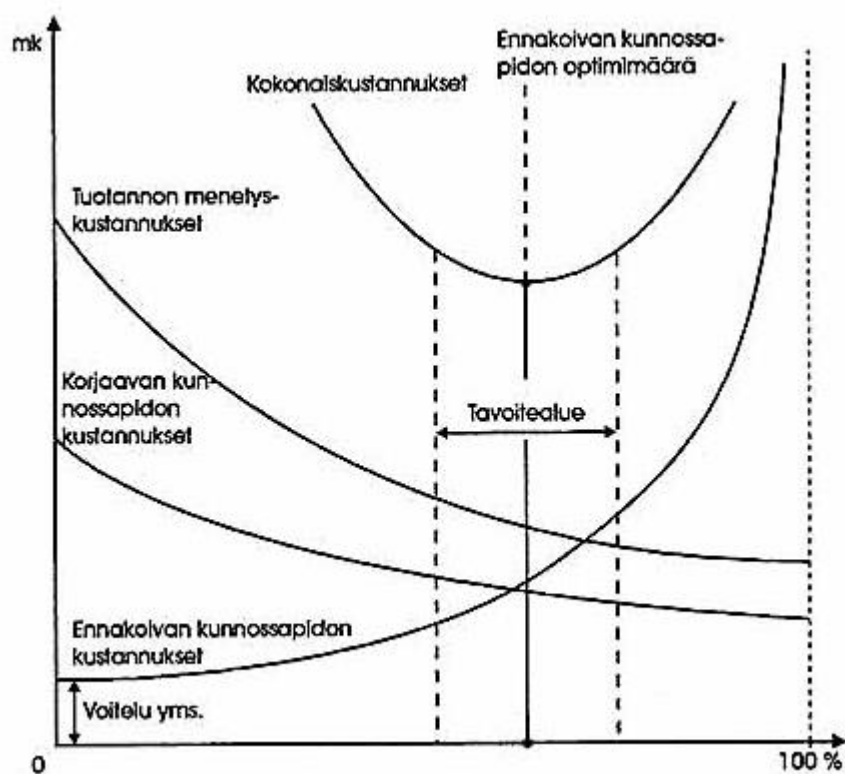
Kohteen suorituskykyyn kohdistuvaan kunnossapitoon kuuluu yleensä kohteen modernisointi tai jopa koko valmistusprosessin uudistaminen. Esimerkkinä voidaan käyttää paperikonetta, jonka tekniikka on vanhentunutta, eikä se enää pysty tuottamaan kilpailukykyisesti uusia paperilajeja, mutta se ei vielä ole elinkaarensa päässä. On järkevämpää investoida koneen modernisointiin ja uudenlaisiin osiin, kuin romuttaa koko kone ja rakentaa uusi tilalle. Modernisointi-investointien tuotantoon aiheuttama katkos riippuu modernisoinnin määrästä, mutta lähes aina kokonaisen valmistusprosessin uusiminen vie huomattavasti enemmän aikaa, kuin osittaisien osaprosessien modernisointi. Näin siis myös pitkästä tuotantokatkoksesta syntyvät tappiot jäävät vähäisemmiksi (Järviö 2012, 51.)

5.2 Ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon kustannukset

Kuten luvussa 5.1 selvitettiin, jakautuu kunnossapito vian havaitsemisen mukaan joko ennakoivaan, eli vikaa ehkäisevään kunnossapitoon ja vian jälkeen tapahtuvaan korjaavaan kunnossapitoon.

Ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon kesken jakautuvat siis kunnossapidon kokonaiskustannukset. Kokonaiskustannusten kannalta on järkevää etsiä optimaalista suhdetta ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon kannalta. Ehkäisevä kunnossapito

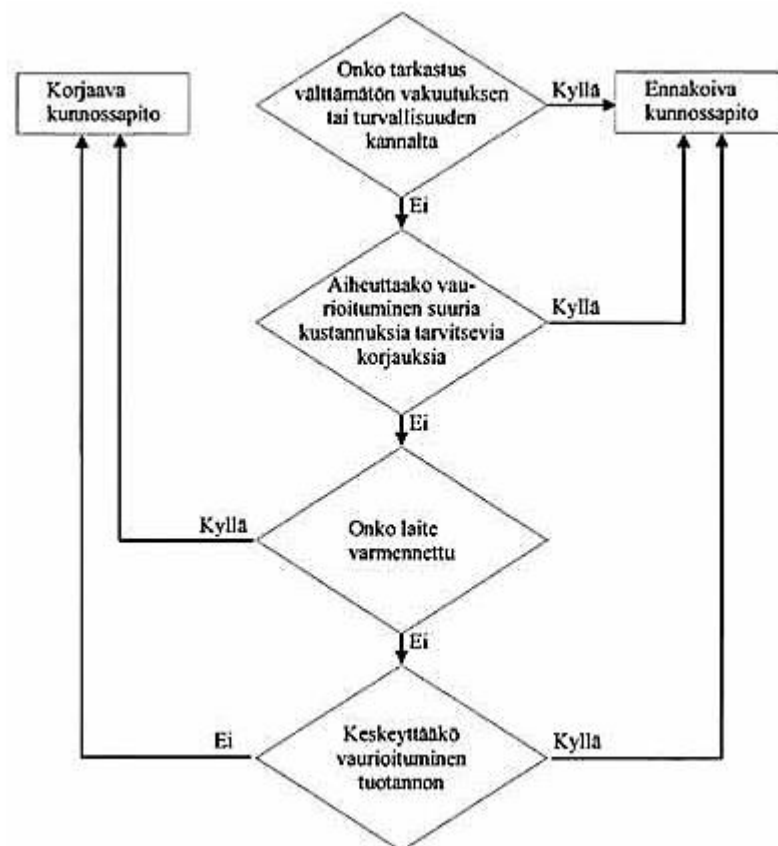
on kannattavaa silloin, kun vikaantumisesta aiheutuvat kustannukset ovat ehkäisevän kunnossapidon kustannuksia pienemmät. Koska täydellisen toimintavarmuuden saavuttaminen ehkäisevällä kunnossapidolla on äärettömän kallista, on kunnossapidon kustannuksiin pakko hyväksyä myös korjaavaa kunnossapitoa vähintään 5 %. Kuviossa 6. on esitetty ennakoivan kunnossapidon vaikutukset kokonaiskustannuksiin (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1.)



Kuvio 6. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1)

Vaikka ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon suhteeseen on löydettävissä optimaalinen tilanne ja tasapaino, on tämä numerollisesti hyvin vaikeasti saavutettavissa. Kunnossapitomenetelmän valintaan vaikuttaa myös moni muu tekijä, joka ei ole vält-

tämättä rahallisesti arvioitavissa. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi: turvallisuus, ympäristöystävällisyys ja toimitusajat. Kuviossa 7. on kaavio, jossa on esitetty yksi menetelmä laitteen kunnossapitomenetelmän valinnalle (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1.)



Kuvio 7. Kunnossapitomenetelmän valinnan kaavio (Asp, Tuominen & Hyppönen, 2.1.)

5.3 3D-kuvantaminen ja kunnossapito

Kunnossapidon kehityksen pysyminen mukana alati tiukkenevassa tehokkuuden ta-voittelussa on välttämättömyys kunnossapitopalveluita tuottaville, ja niitä käyttäville tahoille. 3D-kuvantamisen hyödyt on havaittu monilla aloilla ja tämän työn tarkoituk-

sena onkin ollut tutkia kuvantamisella saadun materiaalin jatkojalostusta kunnossapidon työkaluksi. Tavoitteena on ollut myös saada aikaan kunnossapitoa käyttäville ja kunnossapitopalveluita tuottaville tahoille myytävä tuote, joka 3D-maailmaa hyödyntäen nopeuttaa ja tehostaa kunnossapitotoimintaa. Laserkeilaamalla saatu pistepilvi on hyvin suurella tarkkuudella oleva 3D-kuvannus kuvatusta kohteesta. Jo itse pelkkä pistepilvi on oivallinen työkalu tilanteisiin, joissa tarkat mitat ja hahmotelmat kunnossapitokohteesta ja sen ympäristöstä ovat tarpeen. Kun olemassa oleva mittatarkka data on saatu tietokoneelle, ei ympäristöön enää tarvitse fyysisesti päästä havainnoimaan tai mittaamaan vaan kaikki tämä voidaan suorittaa virtuaalisessa 3D-ympäristössä. Koska laserkeilaamalla voidaan tuottaa erittäin tarkka malli kohteesta suhteellisen nopeasti ja vaivattomasti, on kuvantamiselle monia käyttökohteita.

5.4 Teollisuuden kunnossapitojärjestelmät

Kunnossapitojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää jolla hoidetaan kunnossapidon toiminnanohjausta ja materiaalivirtoja. Kunnossapitojärjestelmää käyttävät tuotannon, kunnossapidon ja ulkoistetun kunnossapidon henkilöstö. Kunnossapitojärjestelmä on myös yhteydessä laitoksen muihin järjestelmiin ja se sisältää erilaisia toimintokokonaisuuksia riippuen järjestelmän tuottajasta ja laitoksesta, jossa järjestelmää käytetään (Mikkonen 2009,117.)

Kunnossapitojärjestelmät sisältävät tavallisesti seuraavia toimintoja:

- **Laitekortisto.** Kortisto on tietokanta, joka muodostaa koko kunnossapitojärjestelmän ytimen. Järjestelmästä löytyvät seuraavat kortistot: laitepaikat, laitteet, varaosat sekä huolto-ohjeet ja muut asiakirjat. Nämä kortistot muodostavat hierarkian josta selviää näiden väliset yhteydet. Kortistoon voi olla liitettyä myös sähköisiä tiedostoja kuten CAD-tiedostoja.
- **Päiväkirjat.** Kunnossapitojärjestelmässä on yleensä päiväkirjat kunnossapidolle ja tuotannolle. Näillä voidaan helposti seurata tuotannon tapahtumia ja virheitä sekä kunnossapidon toimenpiteitä. Päiväkirjat ovat yleensä kaikkien

luettavissa ja näinollen ne tekevät tuotannon ja kunnossapidon toiminnasta saumattomampaa.

- **Posti.** Kunnossapitojärjestelmä sisältää postijärjestelmän, jonka avulla tapahtuu työtilausten, tilauskehotusten ja laskujen hallinta. Postijärjestelmä voi olla myös liitetty yrityksen omaan sähköpostiin.
- **Kunnossapitotöiden ohjaus.** Ohjaussovellus hoitaa nimensä mukaisesti kaiken kunnossapidon töiden ja tapahtumien ohjauksen ottamatta kantaa siihen kuka kunnossapitotyön lopulta hoitaa. Kunnossapitotyöt on jaettu kolmeen eri tyyppiin joille omat sovelluksensa, nämä tyypit ovat: vikaseuranta, ennakkohoito ja työnsuunnittelu
- **Materiaalien ohjaus.** Tämä ohjausjärjestelmä pitää huolen laitoksen varastoista ja varaosatilanteista. Materiaalien ohjaus huolehtii siitä, että varastot toimivat ja varaosia on saatavilla. Ohjaukseen on usein liitetty myös ostojärjestelmä, joka hoitaa kunnossapidon hankintoja.
- **Kustannuslaskenta.** Kustannuslaskenta seuraa kunnossapidossa syntyneitä kustannuksia. Kustannuslaskentasovelluksen tarkoitus on selkeyttää kustannusten valvontaa kohdistamalla kustannustapahtumat oikeille tuotteille sekä kunnossapitotöille.
- **Myynti- ja laskutusjärjestelmät.** Tämä sovellus huolehtii myyntitilauksista ja laskutuksesta. Järjestelmä voi myös tehdä raportteja esim. tilauksen katelaskelman tai myyntiraportin.
- **Pääkäyttäjän toiminnot.** Pääkäyttäjätöiminnot koostuvat järjestelmän ylläpidollisista toiminnoista esim. käyttäjätunnusten ja oikeuksien hallinnasta sekä kaikesta muusta järjestelmän ylläpitoon liittyvästä.
- **Raportointi.** Osasovellukset saattavat sisältää erilaisia valmiita raportteja. Raportointisovellus vastaa näiden raporttien koostamisesta ja antaa käyttäjille mahdollisuuden tarkastella sekä rajata raportteja tarpeidensa mukaan.

(Mikkonen 2009,117 - 119.)

5.5 Kiinteistöjen kunnossapidon järjestelmät

Kiinteistöjen kunnossapitotoiminnan kannalta hyvin suunniteltu tiedonhallinta on välttämätöntä (Saarivuo 1996, 47).

5.5.1 Järjestelmän suunnittelu

Kunnossapidon tietojärjestelmiä suunniteltaessa on mietittävä mitä tietoja kunnossapitotoiminnassa käytännössä tarvitaan ja mihin tavoitteisiin tällä järjestelmällä pyritään. Tiedostojärjestelmä voi olla sähköinen tai esimerkiksi kokonaan vailla tietokoneita oleva. Vaikka nykyään melkein kaikki toiminnot ovat tietokoneilla suoritettavia, ei sähköinen järjestelmä ole välttämättä paras vaihtoehto kaikkiin tilanteisiin. Järjestelmän valintaan vaikuttaa suuresti toimintaympäristön laajuus ja henkilökunnan määrä sekä vaihtuvuus. Mitä suurempi toimintaympäristö ja kiinteistökanta, sen suurempi tarve sähköiselle tietojärjestelmälle. Tietojärjestelmän toimivuus riippuu kiinteistöhoitajan kyvystä määritellä omat tarpeensa. Tietojärjestelmän on myös oltava helppokäyttöinen, jotta siitä saadaan kaikki mahdollinen hyöty irti (Saarivuo 1996, 47.)

5.5.2 Tietokannan toteutustavat

Tietokannan toteutus riippuu paljon siitä mitkä ovat käyttäjän tarpeet. Tyypillisiä kiinteistön tiedonkäsittelytapoja:

- **Huonetietokanta.** Huonetietokanta yksilöi huoneet huonenumeron avulla. Tiloi-
loista on tallennettu tyypillisimmät tiedot kuten koko, sijainti ja käyttötarkoi-
tus. Huonoa tässä tavassa on visuaalisen esityksen puute.
- **Kaksi- tai kolmiulotteiset CAD-tiedostot,** joissa ei-geometrinen ominaisuus-
tieto on attribuutteina. Tämä tapa palvelee hyvin suunnittelijoita, mutta on

muille käyttäjille hankalasti omaksuttava. Tässä tavassa tekstinkäsittely ja luettelojen luonti ei ole käytännöllistä vaikka visuaalinen esitys antaa hyvän kuvan tiloista.

- **Paikkatieto-ohjelmisto**, jossa yhdistyy graafinen ja taulukkomuotoinen tiedon käsittely. Tämä yhdistää kahta aikaisemmin mainittua tapaa.

Kiinteistöjen kunnossapidossa tarvittavien tietojen siirtäminen ja muuttaminen järjestelmässä käytettävään muotoon aiheuttaa suurimmat kustannukset järjestelmiä rakennettaessa (Saarivuo 1996, 48.)

5.5.3 Kiinteistön huoltokirja

Huoltokirja on kiinteistön käyttö- ja huolto-ohje ja se koostuu asiakirjoista jotka liittyvät kiinteistön huoltoon ja ylläpitoon (Rakentaja.fi n.d). Huoltokirja sisältää kaikki perustiedot rakennuksesta ja sen lisäksi se sisältää seuraavia tietoja:

- hoitoon liittyvät tiedot
- huoltoon liittyvät tiedot
- kunnossapitoon liittyvät tiedot
- korjauksiin liittyvät tiedot
- energian- ja vedenkulutukseen liittyvät tiedot
- käyttöikiin liittyvät tiedot

(Pohjola 2013, 9.)

Huoltokirja on vuodesta 2000 asti ollut pakollinen kaikissa asuttavissa rakennuksissa (Rakentaja.fi n.d). Huoltokirja vaaditaan myös rakennuksilta joille on suoritettu muutos- ja korjaustöitä niin, että ne vastaavat rakennuksen rakentamista (Pohjola 2013, 9.)

5.5.4 Järjestelmien kustannuksia

Tässä luvussa on esimerkkinä muutaman kiinteistöjen huoltoon käytettävien tietojärjestelmien eli huoltokirjojen kustannuksia. Kustannukset on otettu suoraan Heikki Pohjolan opinnäytetyöstä *Kiinteistön tietomassojen hallinta*. Tiedot ovat vain suuntaa antavia, sillä todelliset kustannukset selviäisivät vasta käyttöönotossa (Pohjola 2013).

Ohjelmisto	Käyttöönottokustannukset	Ylläpitokustannukset	Muuta
Tampuuri	3000€	25€/kk	
Fatman	5000€	10€/kk	Tietojen syöttäminen maksaa erikseen
Kupari	250€	27€/kk/kiinteistö	Käyttöönottokoulutus ei sisälly hintoihin.

Kuvio 8. Huoltokirja-ohjelmien kustannuksia(Pohjola 2013).

6 Käytetyt laitteistot ja ohjelmat

Tässä opinnäytetyössä on käytetty 3D-skannausten ja pistepilvien käsittelyyn ja jakamiseen FARO:n tuotteita. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää FARO:n WebShare-ohjelman käytettävyyttä ja käyttökohteita, oli luonnollista, että datan käsittelyyn ja siirtoon käytettiin FARO:n ohjelmia joilla tiedon käsittelyt ja siirto WebShare serve-

rille on mahdollisia. ProSolve Oy:llä on myös FARO:n 3D-skanneri, joka toimii vaivattomasti saman valmistajan tuotteiden kanssa. Myös muiden ohjelmien käyttöä selvitettiin, mutta käytettyjen ohjelmien ominaisuuksia ei löydy muista ohjelmista.

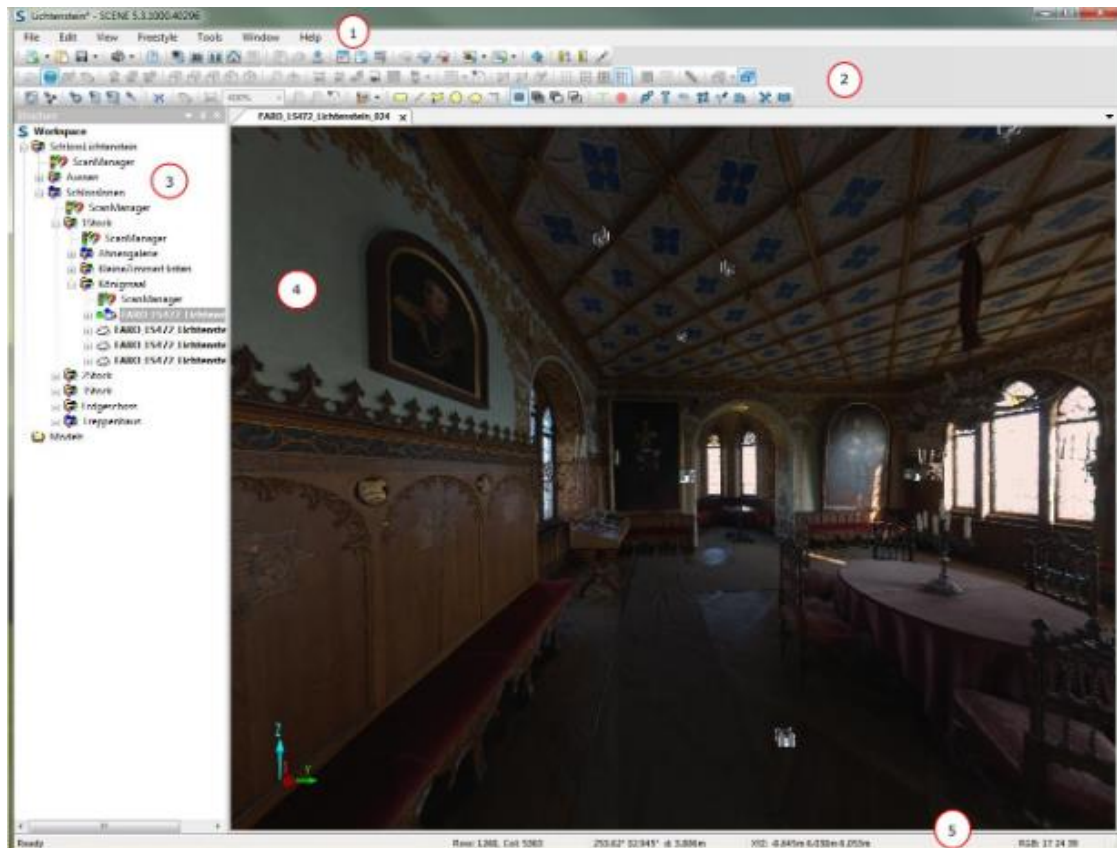
6.1 FARO SCENE 5.4

SCENE 5.4 on FARO:n laser-skannausten käsittelyyn ja muokkaamiseen käytettävä ohjelma. Ohjelma on helppokäyttöinen ja toimii saumattomasti FARO:n laser-skannereiden kanssa. Ohjelma on tarkoitettu ammattimaiseen 3D-skannausten hallintaan, katseluun ja työstämiseen. SCENE sisältää monia hyödyllisiä ja helppokäyttöisiä työkaluja skannaus-datan käsittelyyn (FARO, Scene 5.4 User manual. n.d.)

Ohjelma sisältää suodattimia, joilla voidaan säätää pistepilven ominaisuuksia ja suodattaa pois ei-toivottuja ilmiöitä, kuten säteen jakautumisesta johtuvaa vääristymistä. Scenen skannausten paikannus eli rekisteröinti työkalulla voidaan samasta tilasta otetuista skannauksista muodostaa yhtenevä pistepilvi. Rekisteröintityökalussa on mahdollisuus yhdistää skannaukset perinteisten tähyksien sijaan myös skannerin paikannustietojen tai pistepilvien yhteneväisyyksien (cloud-to-cloud) perusteella. Ohjelma sisältää myös automaattisen kohteentunnistuksen työkalun. Pistepilven osia voidaan myös valita ja valinta voidaan exportata suoraan johonkin pistepilvi- tai CAD-formaattiin (FARO, Scene 5.4 User manual. n.d.)

Scenellä voidaan lisätä skannauksiin myös dokumentaatiota. Dokumentaatioon voidaan kirjoittaa tekstiä ja sisällyttää linkkejä web-sivuihin ja tiedostoihin. Tämä dokumentaation lisäsmahdollisuus on ollut tärkeässä roolissa tämän opinnäytetyön tekemisessä.

Muokatut skannausprojektit voidaan Scenen avulla siirtää FARO:n webshare serverille, jossa projektien sisältöä voidaan tutkia ja tarkastella.



Kuvio 9. Scene 5.4 käyttöliittymä (FARO, Scene 5.4 User manual. n.d.)

Kuviossa 9. on esitetty Scene 5.4:n käyttöliittymä. Kuvion numeroinnit:

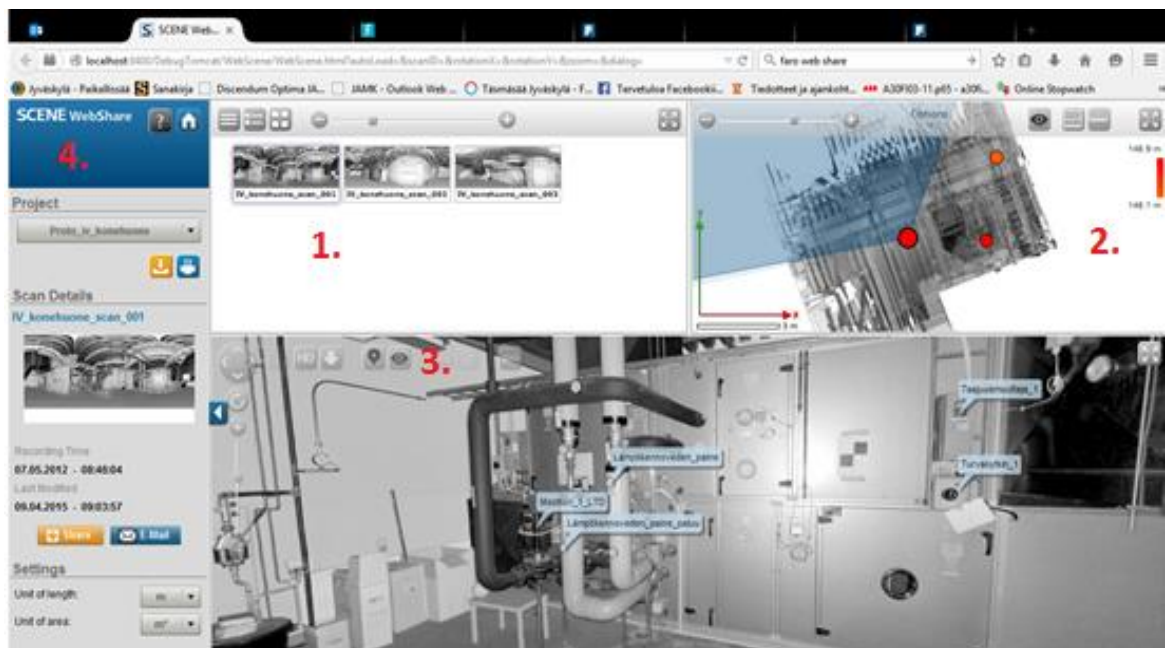
1. Valikkorivi. Valikot sisältävät kaikki peruskäyttöön tarvittavat toiminnot ja komennot.
2. Työkalurivi. Työkalurivillä on helposti hiiren ulottuvilla kaikki tarvittavat toiminnot.
3. Rakenne-näkymä. Rakenne-näkymässä on esitetty koko projektin työtilan rakenne kaikkine osineen ja objekteineen.
4. Skannausten ja kohteiden tarkastelunäkymä. Tässä näkymässä voi tarkastella skannauksia erilaisilla näkymillä ja halutessa voidaan valita tai lisätä kohteita.
5. Tila-rivillä näkyy tarkemmat tiedot skannausdatan pisteestä (koordinaatit ym.), työkaluvinkit ja viimeisimmän komennon suorituksen tila.

(FARO, Scene 5.4 User manual. n.d.)

6.2 FARO Webshare server

Webshare server on FARO:n ohjelmisto, jolla on mahdollista jakaa laser skannerilla saatua dataa internetissä tai lähiverkossa. Skannausdatan siirtämiseksi serverille tarvitsee käyttäjä FARO:n scene-ohjelmiston, jotta skannausdata voidaan valmistella oikeanlaiseksi serveriä varten. Scenellä onnistuu myös helpoiten skannausdatan lataaminen serverille. Kun data on ladattu serverille, voidaan sitä tarkastella internetin tai lähiverkon välityksellä ilman erillisiä ohjelmistoja. Serverille ladattuja projekteja voidaan myös tarkastelijan toimesta muokata serverin käyttöliittymällä olevilla työkaluilla. (FARO Webshare Server User Manual, n.d.)

Käyttäjän tekemät muokkaukset eivät kuitenkaan tallennu itse projektiin, vaan käyttäjä voi ladata tekemänsä muutokset omana työtilanaan omalle koneelleen. Käyttäjä voi lisätä tarkastelemiinsa projekteihin dokumentaatiota kuten linkkejä ja tekstiä. Käsillä olevasta näkymästä voi myös ottaa linkin, joka ohjaa tarkalleen samaan näkymään kuin linkin tallennus hetkellä.



Kuvio 10. Websharen käyttöliittymä

Kuviossa 10. on esitelty websharen käyttöliittymä. Kuvion numeroiden selitykset:

1. Projektin skannausten valinta ja skannausten näyttökuvat. Tästä voidaan valita mitä skannauskohtaa halutaan tarkastella.
2. Kartta, joka näyttää skannausten kohdat ja kuvatun alueen. Tässä näkymässä käyttäjä voi mitata mittaustyökalulla valitsemiensa pisteiden välisiä etäisyyksiä tai valitsemansa alueen pinta-alaa.
3. Panoraama näkymä. Tässä näkymässä on yhdistetty pistepilvi ja skannerin ottamat panoraamakuvat. Käyttäjä voi tarkastella ympäristöä ja kohteita ympärillään. Tässä näkymässä voidaan myös käyttää mittaustyökaluja. Kuvassa näkyvät kuplat ovat lisättyjä dokumentaatioita. Näistä tarkemmin selitetty kuviossa 10.
4. Projektin valinta-ikkuna. Tässä voidaan valita tarkasteltava projekti ja tallentaa aktiivisena olevan projektin oma työtila omalle koneelle.

Koska Webshare –ohjelmassa on mahdollista tarkastella ja lisätä dokumentaatiota, parantaa tämä oleellisesti ohjelman käyttömahdollisuuksia. Tiedostojen lisääminen WebSharessa ei toimi, sillä WebShare dataan lisättyjen tiedostojen on löydettävä serveritä. Websharen kautta voidaan kuitenkin lisätä tekstiä ja web-linkkejä.

Documentation Object Properties

Name:
Moottori_1_LTO **1.**

Position:
 Global coordinates
-2.273 | 0.988 | 148.482 [m]

Description: **2.**
LTO:n kiertoveden moottori. ABB MTL 15B, 400V 15kW 20A, Huomioitavaa asennusasento. Linkeinä huolto-ohje.

Links: **3.**
testidokumentti.pdf
Muistikirjan avaaminen.onetoc2

OK Cancel Delete

Kuvio 11. Websharen add documentation –ikkuna

Kuvio 11. numeroiden selitykset:

1. Dokumentaation nimi. Tämä nimi näkyy myös kuplana panoraamakuvassa.
2. Dokumentaation kuvaus. Tähän voi vapaasti kirjoittaa tekstiä, kuten tietoja kohteesta.
3. Linkit. Tähän voidaan lisätä linkkejä web-sivuille ja tiedostoihin. Kuviossa 10. dokumentaatio on tehty Scenellä ennen projektin lataamista WebShareen, joten siinä olevat linkit ovat serverillä löytyviä tiedostoja. Tiedostolinkkien lisääminen WebSharessa ei onnistu.

6.3 Microsoft OneNote

OneNote on Microsoftin kehittämä monipuolinen muistikirjasovellus. Muistikirjaan voi lisätä tekstiä, kuvia, päivämääriä ja lähes kaikkea perus tekstinkäsittelyyn tarvittavaa. Kirjoitukset tallentuvat automaattisesti ja niitä voidaan jakaa verkossa myös toisille käyttäjille.

7 Toteutus

Tässä luvussa on selvitetty työn toteutuksen kulku ja käytetyt menetelmät.

7.1 Toteutus

Opinnäytetyön tehtävä oli tutkia miten 3D-skannerilla saadusta datasta voitaisiin WebShare-server-ohjelmiston avulla saada digitaalinen dokumentaatio jostain kunnossapidon kannalta tärkeästä teknisestä tilasta. Tarkoitus oli tuottaa 3D-käyttöliittymä johon on upotettu kohteen kunnossapidon kannalta tärkeät dokumentaatiot. WebShare server-ohjelma on ollut jo aiemmin käytössä ProSolve Oy:llä, mutta sen käyttö on rajoittunut pelkkien skannausten jakamiseen asiakkaille. Tässä työssä oli siis myös tarkoitus tutkia ja monipuolistaa WebSharen käyttökohteita.

Aloitin työn tutustumalla WebShare-server-ohjelman verkkoselaimella toimivaan käyttöliittymään. Tämä käyttöliittymä on sama, jota myös mahdollisten valmiiden dokumentaatioiden käyttäjät käyttävät. Internetin kautta käytettävällä käyttöliittymällä voi lisätä serverillä jo oleviin projekteihin dokumentaatiota, kuten web-linkkejä ja tekstiä. Pian kuitenkin selvisi, että lisätty dokumentaatio ei tallennu projektiin vaan erilliseen workspace-tiedostoon käyttäjän omalle koneelle. Tämä tarkoitti sitä, että

seuraavan kerran avattaessa, projektiin käyttäjän lisäämä dokumentaatio täytyy ladata uudestaan. Heti alkuun selvisi myös yksi erittäin ikävä seikka. Pelkkien web-linkkien ja tekstin lisäämisen mahdollisuus ei tee ohjelmasta kovin käytettävää varsinkaan kun niiden esiin saaminen vaatisi käyttäjän suorittamaa erillistä latausta oman koneen tiedostoista.

WebSharen ohjekirjasta kuitenkin löytyi tieto, että dokumentaatioissa olevia tiedostoja voidaan avata kirjoittamalla linkityskohtaan tiedoston nimi päätteineen. Tiedoston tulisi kuitenkin löytyä WebSharen serveriltä projektin tiedostoista.

Seuraavaksi aloin selvittämään miten skannauksesta saatua dataa käsitellään ja miten se saadaan vietyä WebShareen. Prosolvella on käytössä FARO:n Focus 3D-skanneri joka tekee itse jo skannausvaiheessa sopivat tiedostorakenteet jatkokäsittelyä varten. FARO:lla on skannausten käsittelyyn SCENE niminen ohjelmisto. SCENE on todella helppokäyttöinen ohjelmisto skannausten käsittelyyn ja pistepilvien muokkaukseen. SCENE:stä löytyy myös ominaisuus jolla projektit voidaan muokata sopiviksi ja ladata WebShareen.

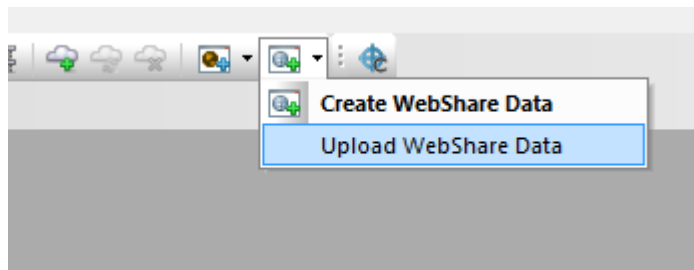
Aloin selvittää alusta alkaen miten skannausdataa käsitellään ja muokataan WebSharen käyttöön. Sain käyttööni ProSolven aikasemmin esittelytarkoitukseen tehdyn skannausprojektin tiedostot IV-konehuoneen skannauksesta, joista aloin tehdä prototyyppi-projektia. Skannausprojektin luomiseen ja pistepilvien yhdistelyyn sain vinkkejä ja ohjeita ProSolven laserkeilausasantuntijalta. Pistepilvien yhdistäminen ja suodatusten tekeminen osoittautui pienen harjoittelun jälkeen melko helpoksi näin pienen projektin kohdalla.

Seuraavaksi aloin selvittää miten tehty projekti saadaan ladattua WebShare serverille mahdollisten loppukäyttäjien tarkasteltavaksi. Käytin apuna WebSharen ja SCENE:n ohjekirjoja. Itse projektin muokkaus tapahtuu SCENE:n Create WebShare Data-painikkeen avulla, joka tekee projektista WebSharea varten sopivan tiedoston.

WebShare server on serveriohjelma, jolla voidaan tehdä projekteja varten serveri, josta toiset osapuolet voivat tarkastella projekteja joihin heillä on annettu käyttöoikeus tai jotka ovat avoimesti tarkasteltavia projekteja. Serverin asennusohjelman saa ladattua FARO:n sivuilta ilmaiseksi. Latasin ohjelman koneelleni ja tein omasta koneestani WebShare-serverin. Asennusohjelma hoitaa kaiken lähes itsestään, joten

asennus sujui vaivattomasti. Ainut asia johon WebSharen käyttöohjekirjassa suositeltiin kiinnittämään huomiota, oli serverin käynnistämisen vaihtoehdot. Käytin suositeltua vaihtoehtoa, jossa serveri käynnistyy aina windowsin käynnistyessä. WebSharen serveriä pääsee tarkastelemaan kirjoittamalla <http://localhost:8400/>, internetse-laimen osoitekenttään.

Projektin lataaminen serverille tapahtuu SCENEN:n kautta. Kun projektista on SCENE:ssä luotu WebShare data, onnistuu projektin lataaminen painamalla SCENE:ssä Upload WebShare Data-painiketta (Ks. Kuva 12.)



Kuvio 12. WebShare Datan lataus serverille.

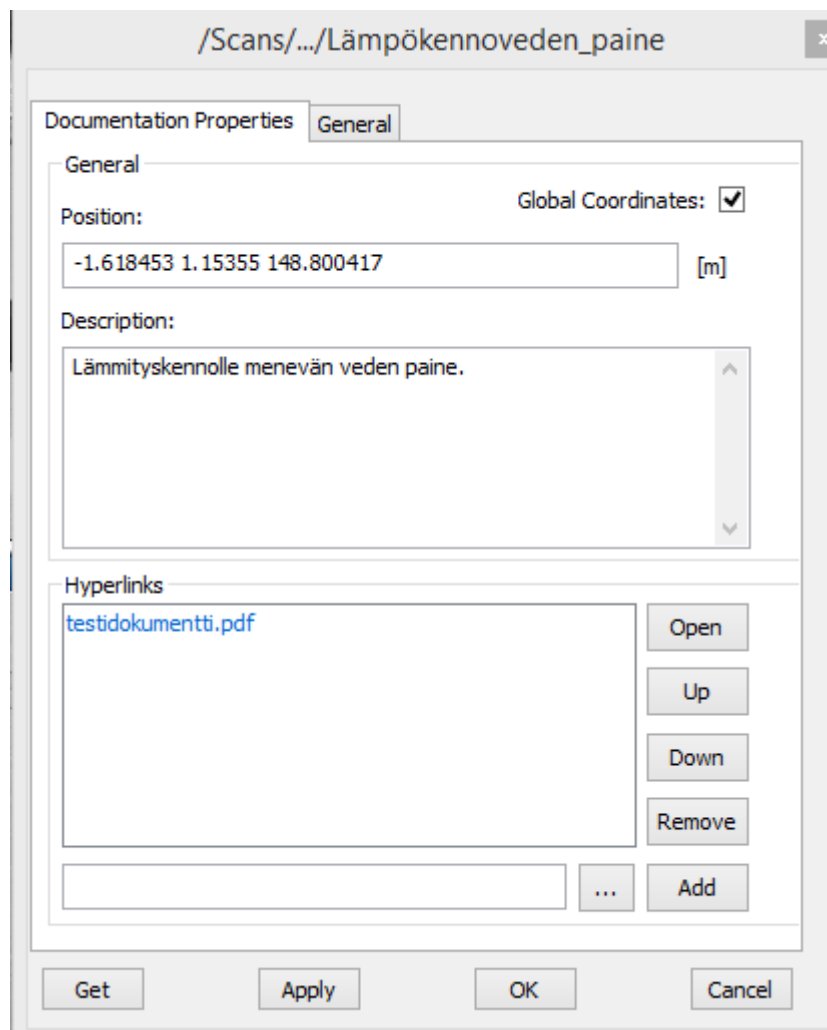
Ennen latausta projektiin voi lisätä haluamiaan perustietoja kuten kuvauksia, avainsanoja, esikatselukuvan tai paikkatiedot. Lataukseen liittyviä asioita voidaan myös muokata kuten ladataanko koko data vai jätetäänkö esimerkiksi mittaukseen tarvittava data pois. Erityisesti skannausten ja mittaustietojen poisjättäminen tiputtaa ladattavan datan määrää huomattavasti.

7.2 Dokumentaation lisääminen projektiin

Kun projektin luonti ja lataaminen WebShare-serverille olivat selvillä, aloitin SCENE-ohjelman tarkemman tutkimuksen. Aloin selvittämään miten dokumentaatiota voisi lisätä projektiin niin, että se siirtyy WebSharen serverille kaikkien toisten osapuolten

nähtäväksi. Tarkoitus oli myös tutkia onnistuuko erilaisten tiedostojen kuten PDF:ien lisääminen niin, että ne olisi mahdollista avata WebSharessa.

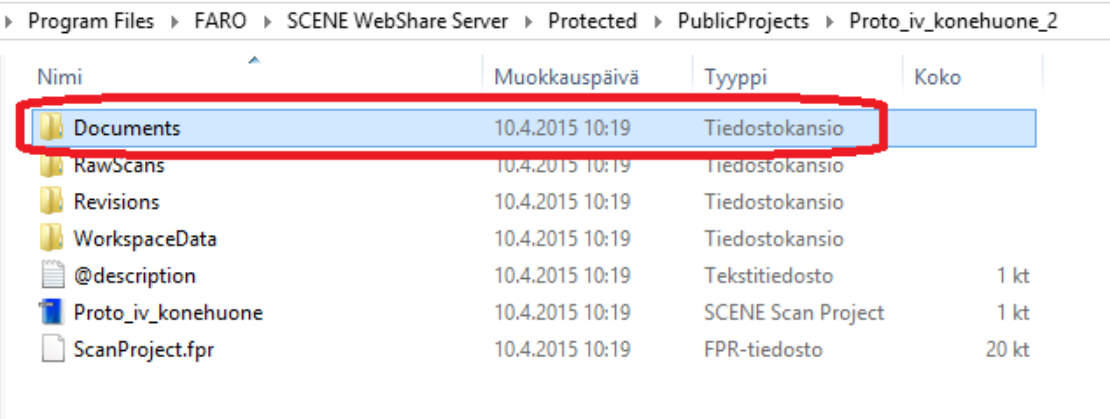
SCENE:stä löytyi työkaluriviltä painike jolla voidaan lisätä dokumentaatiota projektin kuvaan. Tähän voidaan, kuten WebSharessakin, lisätä linkkejä, mutta myös tiedostopolkuja. Kuviossa 13. on esitetty SCENE:n dokumentaation lisäys-ikkuna. Tämä ikkuna on sama, joka aukeaa myös myöhemmin WebSharessa painettaessa dokumentaation kuplaa (Ks luku 7.2).



Kuvio 13. Dokumentaation lisäys SCENE:ssä.

WebShare Serverin ohjekirjaa lueskellessani sain selville, kuten luvussa 8.2 kerroin, että tiedostojen lisääminen projektiin on mahdollista. Valitettavasti ohjekirjassa mainittiin vain, että dokumentit täytyy lisätä niin, että projektin hakemistoon lisätään Documents-kansio jonne halutut tiedostot pitäisi laittaa. Ongelmaksi tässä muodostui se, että varsinaisen projektin tiedostojen sijaintia ei suoraan kerrottu.

Aloitin tiedostojen lisäysyritykset etsimällä oikea paikkaa sijoittaa Documents-kansio serverille. Pitkän etsinnän jälkeen löytyi oikea paikka. Tein Microsoftin Word-ohjelmalla testidokumentin, jonka tallensin PDF:ksi nimellä *testidokumentti.pdf*. Tein prototyyppi projektiin dokumentaation lisäyksen ja lisäsin linkkeihin pelkän tiedostonimen. Loin projektista uuden WebShare datan ja latsin projektin uuden version WebShareen. Kun olin suorittanut latauksen, lisäsin projektin hakemistoon serverille Documents-kansion (Ks. kuvio 14.) ja sinne sijoitin tekemäni testidokumentin.



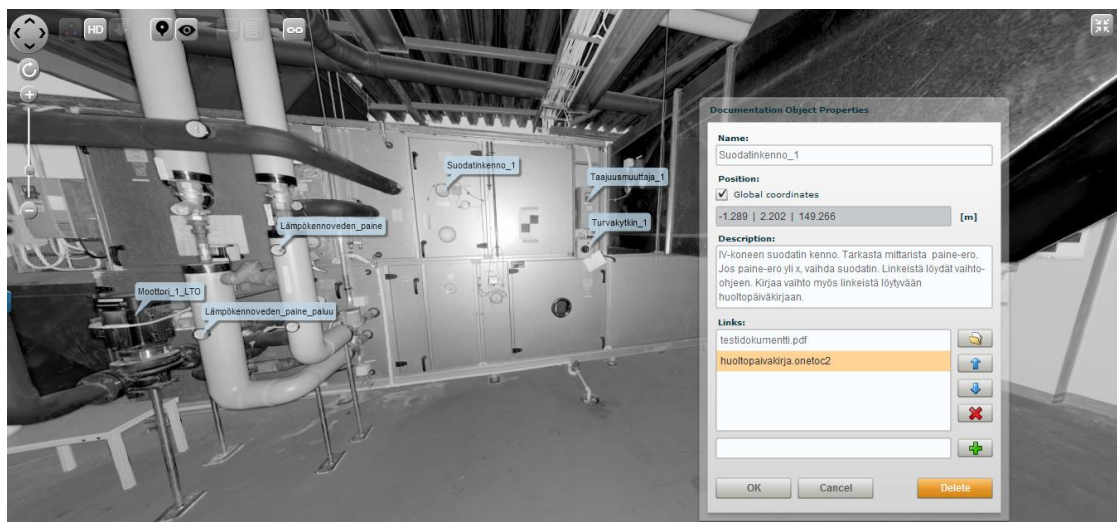
Nimi	Muokauspäivä	Tyyppi	Koko
Documents	10.4.2015 10:19	Tiedostokansio	
RawScans	10.4.2015 10:19	Tiedostokansio	
Revisions	10.4.2015 10:19	Tiedostokansio	
WorkspaceData	10.4.2015 10:19	Tiedostokansio	
@description	10.4.2015 10:19	Tekstitiedosto	1 kt
Proto_iv_konehuone	10.4.2015 10:19	SCENE Scan Project	1 kt
ScanProject.fpr	10.4.2015 10:19	FPR-tiedosto	20 kt

Kuvio 14. Document-kansio lisättyä projektiin.

Kansion ja tiedoston lisäämisen jälkeen avasin internetselaimella WebShare:n ja koekelin Proto_IV_konehuone –projektin dokumentaation toimivuutta. Testidokumentti avautui halutulla tavalla.

Tiedostojen avaus mahdollisuuden selvittyä lisäsin prototyyppi projektiin SCENE:ssä lisää dokumentaatiota. Kokeilin myös Microsoftin kehittämän OneNote muistikirjaso-

velluksen käyttöä. Lisäsin iv-konehuoneen ilmanvaihtokoneen oletetun suodatinkennon kohdalle dokumentaation, josta löytyy linkkeinä testidokumentti, joka voisi olla oikeassa asiakkaalle tehtävässä dokumentaatioissa esimerkiksi suodattimen vaihto-ohje sekä *huoltopäiväkirja*-niminen tiedosto. Huoltopäiväkirja-tiedosto on OneNotella tehty muistikirja, johon jokainen oikeudet saanut henkilö voi kirjoittaa esimerkiksi suodattimen vaihdoista merkinnät. Lopuksi latusin uudet projektiin tehdyt muutokset WebShareen.



Kuvio 15. Prototyypiprojektin näkymä. Suodatinkkenno 1:n dokumentaatioikkuna avattuna.

8 Tulokset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää 3D-skannauksen ja WebShare-ohjelman ominaisuuksia sekä tutkia voisiko sitä käyttää kunnossapidon työkaluna ja tukena.

Lähtötilanteessa WebSharella jaettiin skannauksia ja skannausten katselija pystyi lisäämään skannauksiin linkkejä ja hieman tekstiä. Lisätty dokumentaatio ei kuitenkaan jäänyt projektiin vaan tallentui käyttäjän koneelle ja sen esiin saaminen vaati aina tallennetun työtilan kaivamista oman koneen tiedostoista. Tiedostojen, kuten

PDF:ien, lisäämistä ei myöskään ollut kokeiltu aikaisemmin. Työn toimeksiantaja halusi ottaa selvää onko ohjelmaan mahdollista lisätä tiedostoja. Tiedostojen lisääminen serverille oli alusta alkaen mahdollista mutta sen toteuttaminen ei ole kovinkaan käyttäjäystävällistä. Tässä työssä ei siis muutettu ohjelmaa millään tavalla, vaan etsittiin keinot ottaa ohjelmasta kaikki irti ja tutkia onko ohjelmalla muutakin käyttöä, kuin se mihin ohjelma alun perin on suunniteltu.

Työn tekeminen koostui hyvin paljon yrityksen ja erehdyksen kautta tapahtuvasta oppimisesta. Itse ohjelmistoa ja serveri-sovellusta ei ole tarkoitettu kunnossapidon tietokannaksi tai dokumenttipankiksi, joten tiedostojen ja dokumentaation lisääminen ei ole kovin yksinkertaista vaikka se mahdollista onkin.

Tiedostojen ja esimerkiksi päiväkirja-sovellusten lisääminen onnistui WebShareen, joten niiltä osin sovelluksen käytettävyyttä saatiin parannettua huomattavasti. Nyt on siis olemassa kyky lisätä mittatarkkaan 3D-maailmaan paikka- tai laitesidonnaista tietoa, jota voidaan verkon kautta jakaa helpon käyttöliittymän välityksellä kenelle tahansa. Lisätty dokumentaatio näkyy käyttäjälle heti projekteissa ilman erillisiä lataamista.

Nyt esimerkiksi jonkun teknisen tilan laitteita voidaan tarkastella siinä ympäristössä jossa ne oikeasti ovat. Laitteiden paikat tuossa tilassa ovat helposti hahmotettavissa ja tarvittaessa laitteista löytyy kaikki tieto mitä niihin on haluttu digitaalisessa muodossa tallentaa. Tilassa voidaan myös suorittaa etäisyyksien ja pinta-alojen mittauksia menemättä fyysisesti paikanpäälle.

Etäisyyksien etämittaus mahdollisuus on hyödyksi esimerkiksi tilanteessa, jossa huoltomies on saanut ilmoituksen teollisuuskiinteistössä olevasta valaisimesta, joka pitää vaihtaa. Mikäli paikka ei ole huoltomiehelle täysin tuttu, saattaa ongelmaksi muodostua niinkin pieni asia, kuin tikkaiden tai nostimen valinta. WebSharesta huoltomies voi mitata etänä kuinka korkealla valaisin on ja näin ottaa kohteeseen mukaan juuri oikeanlaiset tikkaat sekä muut työvälineet. Näin säästytään ylimääräisiltä edestakaisilta matkoilta mikäli oikeita välineitä ensimmäisellä kerralla ole sattunut mukaan. Etäisyyksien mittaus ja tilan tarkastelu helpottaa myös suunnittelua, sillä esimerkiksi uusien laitteiden paikkoja voidaan suunnitella helpommin, kun voidaan mitailla ja

tarkastella mihin uusi laite olisi järkevintä sijoittaa, menemättä itse paikalle. Panoraamainen kuva ja mittausmahdollisuus tuovat paljon enemmän informaatiota suunnittelijalle, kuin pelkät perinteiset layout-kuvat.

Laitteisiin lisätyt tietoa sisältävät dokumentit (huolto-ohjeet, videot, päiväkirjat, piirikaaviot ym.) helpottavat kunnossapitäjien työtä kohteissa joissa ei ole sähköisesti dokumentoituna kaikkea tietoa. Esimerkkinä voidaan ottaa jokin kiinteistöhuollon kohde, josta ei ole olemassa aikaisempaa sähköistä dokumentointia tai huolto-kirjaa. Kuvitellaan vielä aikaisemmin kuvattu tapaus, jossa huoltomies on saanut tiedon toimimattomasta valaisimesta. Jos ei ole olemassa helposti käsillä olevia dokumentteja ja huolto-kohde on huoltomiehelle ennestään tuntematon, miten huoltomies tietää valita uuden valaisimen tai loisteputken käymättä paikanpäällä? Mikäli kohde olisi skannattu ja valaisimien kohdalle lisätty dokumentti valaisimien tiedoista, voisi huoltomies ottaa mukaan juuri oikeat osat ja taas välttyttäisiin ylimääräiseltä kulkemiselta tai vastaavasti ylimääräisen tavaran mukana kuljettamiselta.

Voidaan siis todeta, että alkutilanteeseen nähden ohjelman käytettävyyttä kunnossapidon näkökulmasta on saatu parannettua. Asetettuun tavoitteeseen siis tältä osin päästiin. On myös käynyt selväksi, että ohjelmalla on potentiaalia toimia kunnossapidon apuna.

9 Pohdintaa

Tässä luvussa käyn läpi pohdintoja siitä, miten opinnäytetyön kohteena ollut ohjelma paranettuine ominaisuuksineen soveltuisi kunnossapidon työkaluksi.

9.1 Käyttö teollisuuden kunnossapidon näkökulmasta

Olen kartuttanut työkokemusta automaatiokunnossapidon kesälomittajana yhteensä neljän kesän ajalta, niin asentajan- kuin työnsuuntelijan/työnjohtajan tehtävistä. Näissä tehtävissä on tullut hyvin esille se, miten paljon aikaa ja vaivaa tuhlaantuu

korjauskohteiden paikallistamiseen hyvinkin sekavissa teollisuusympäristöistä. Laitteet on helppo luotettavasti tunnistaa positiomerkinnoista, mutta todellisuudessa teollisuudessa monesti merkinnät hukkuvat tai likaantuvat tehden etsinnästä ja tunnistamisesta välillä erittäin haastavaa jopa kokeneellekin asentajalle. Joskus viiden minuutin korjaustyöhön saattaa kulua yli tunti, koska kohdetta ei ole paikallistettu.

Johdannossa jo hieman sivusin myös sitä seikkaa, että kunnossapitoa halutaan kovasti ulkoistaa ja muutenkin muuttaa kustannustehokkaammaksi. Turhaan etsimistyöhön ja edestakaiseen kulkemiseen laajassa teollisuuslaitoksessa kuluu resursseja ja mikäli tähän voitaisiin puuttua, saataisiin kunnossapidon kustannuksia ehkä putolettua.

Teollisuuslaitoksissa on yleensä käytössä pitkälle kehitetyt kunnossapitojärjestelmät jotka ohjaavat kunnossapitoa ja kaikkia sen toimintoja. WebShare ei itsenään pysty näitä mitenkään korvaamaan, mutta sen käyttöä muiden järjestelmien tukena ja työkaluna kannattaa vakavasti pohtia. WebSharen näkymän linkitys-ominaisuus voisi olla yksi hyvä ominaisuus, jonka käyttö kunnossapitojärjestelmän kanssa voisi tuottaa hyötyä. Kunnossapitojärjestelmässä voisi esimerkiksi laitteen tietoihin liittää linkin, joka ohjaa käyttäjän suoraan WebSharessa oikeaan projektiin ja näkymään, jossa laite tietoineen on (Ks. luku 6.2).

Jos mietin omia kokemuksiani työelämän todellisista tilanteista, voin todeta, että mahdollisuudella tarkastella ympäristöä 3D-maailmassa etukäteen olisi oikeasti joissain tilanteissa säästetty huomattavasti aikaa.

Laitekohtainen päiväkirja on myös yksi ominaisuus, jonka hyödyt ovat suuret. Ulkoistetun kunnossapidon lisääntyminen katkaisee hiljaisen tiedon siirtymisen ja saattaa kadottaa useita tärkeitä tietoja esimerkiksi yksittäisten laitteiden vikaantumiseen viittaavasta käyttäytymisestä. Tieto, jota ei mistään järjestelmästä löydy katoaa, kun kunnossapitotyöntekijöiden työalueiden vaihtuvuus lisääntyy. Jos edes osa havainnoista ja vikaantumisen yhteydessä esiintyneistä oireista saataisiin kirjattua ylös ja sijoitettua niin, että ne laitteiden kunnossapitotoimenpiteiden yhteydessä olisi helppo ottaa esiin, saataisiin korjattua hieman hiljaisen tiedon puuttumisen ongelmaa.

Myös oikeiden mittojen saaminen tilasta WebSharen mittaustyökalun avulla on oiva keino vähentää liikkumisen tarvetta. Enää ei ole tarve käydä mittaamassa fyysisesti paikanpäällä, mikäli tällaiseen on tarvetta, vaan mittaus voidaan suorittaa koneelta kunnossapidon tukikohdassa.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että teollisuuden kunnossapidossa 3D-maailman ja siihen lisätyn paikkasidonnaisen tiedon hyödyt ovat todelliset.

9.2 Käyttö kiinteistöjen kunnossapidossa

Kiinteistöjen kunnossapidossa on paljon samoja elementtejä kuin vastaavassa teollisuuden kunnossapidossakin. Kummassakin pyritään säilyttämään kunnossapidon kohde sellaisena, että se kykenee suorittamaan oman tehtävänsä. Kiinteistöjen kunnossapitoon on kehitetty myös erilaisia tietojärjestelmiä, kuten huoltokirjoja.

Luvussa 5.5 todetaan, että aina ei sähköiseen järjestelmään siirtyminen ole kannattavaa ja kannattavuuteen vaikuttaa myös sähköisten järjestelmien hinta. Kuten luvussa 5.5.4 huomataan, ovat järjestelmät melko hinnakkaita halvimmillaankin.

Kuten teollisuudessakin, pätee myös tässä tapauksessa se, että WebSharea ei ole kehitetty tietojärjestelmäksi tai huoltokirjaksi, joten se ei kilpaile mainittuihin tarkoituksiin tehtyjen järjestelmien kanssa.

Pienissä taloyhtiöissä paperilla olevat tiedot voitaisiin helposti siirtää digitaaliseen muotoon skannaamalla ja siirtää WebShareen ja sijoittaa skannausdataan. Tällä tavoin saataisiin melko nopeasti aikaan paikkatieto-tyyppinen järjestelmä, jolla on myös muutama merkittävä etu. Etuna voidaan pitää sitä, että skannattaessa koko kiinteistö, tulee samalla luotua hyvä pohja koko talon 3D-mallintamiselle. Luvussa 2.2 kerrottiin 3D-mallintamisen eduista ja siitä, miten valmiiksi mallinnettu kohde tuo joustavuutta ja nopeutta erilaisten projektien läpiviemiseen. Tämä tarkoittaisi sitä, että kiinteistön tulevaisuuden mahdolliset saneeraus- tai muutosprojektit eivät vaatisi erillisiä skannauksia vaan digitalisoidun dokumentoinnin ja sen 3D-käyttöliittymän

lisäksi rakennuksesta olisi valmiina skannaukset kiinteistöstä mallinnus- ja suunnittelukäyttöä varten. Näyttäisi siis siltä, että WebSharen käytölle on mahdollisia kohteita myös kiinteistöjen kunnossapidon puolella.

9.3 Lopuksi

Olen havainnut, että WebSharelle olisi käyttömahdollisuuksia niin teollisuuden- kuin myös kiinteistöjen kunnossapidon puolella. On kuitenkin otettava huomioon, että WebSharella toteutetun digitaalisen dokumentoinnin tuotteistaminen vaatisi vielä tarkkoja selvityksiä siitä, minkälaisille asiakkaille sitä kannattaisi markkinoida ja onko sitä ylipäättään mahdollista toteuttaa järkevällä hinnalla. Eduksi on kuitenkin katsottava, että kuvatun kaltaisella tavalla käytettynä, tuotteelle ei juurikaan ole vielä kilpailijoita.

Mahdollisia asiakkaita ovat kunnossapitoa tuottavat yritykset niin teollisuudessa kuin kiinteistöjen maailmassakin, sekä yritykset joilla on oma kunnossapito-organisaatio ja laajat kunnossapitoalueet.

Tuotteen hinta riippuu hyvin paljon siitä kuinka suuri on skannattava alue ja kuinka suuri määrä muuta dokumentaatiota kohteen skannaukseen sijoitetaan. Riskinä dokumentaatiota paljon dokumentaatiota sisältävissä projekteissa tulee varmasti olemaan hinta, sillä dokumenttien lisääminen ja mahdollinen muuttaminen paperista digitaaliseen muotoon vievät erittäin paljon aikaa. Mitä enemmän dokumenttien lisäämiseen kuluu aikaa, sitä kalliimmaksi lopputuote tulee. Todennäköinen kohderyhmä dokumentaatiota sisältäville projekteille on pienet kunnossapidettävät kohteet. Suurien dokumentaatiomäärien kohteissa hinta tulisi nousemaan korkeaksi ja vastaavasti saatava hyöty rahallisesti saattaa jäädä hinnan suhteen pieneksi, koska suuremmissa kohteissa on yleensä jo olemassa kunnossapidonohjausjärjestelmä, jossa dokumentit ovat helposti kaivettavissa tietokannasta. WebShare ei myöskään itse pysty toimimaan kunnossapidonohjausjärjestelmänä sillä ohjelmaa ei ole siihen tehty.

Oma kantani on, että WebSharea ominaisuuksineen kannattaisi kaupata kahtena erilaisena tuotteena. Dokumentaatio sisältöiset projektit pieniin kohteisiin, joissa ei vielä sähköistä dokumentointia tai huoltokirjaa ole. Suuriin kohteisiin, joissa on olemassa kunnossapidonohjausjärjestelmä, kauppaisiin pelkkää skannausta ja sen jakamista.

WebSharen näkymän linkitysominaisuudella voisi helposti yhdistää yksittäiset laitteet laitekortteihin tai muuten jakaa kohdetta pienempiin osiin tarkastelun helpottamiseksi.

Pilotti-projektin avulla ohjelmasta saatavaa hyötyä olisi voinut tarkastella paljon konkreettisemmin, mutta valitettavasti se jäi tällä kertaa tekemättä ajallisten resurssien puutteen vuoksi. Pilottiprojektilla olisi ollut myös helppo määrittää dokumentaation lisäämiseen ja skannaamisen kuluva aikaa ja näin selvittää tuotteelle jonkinlaista hintaa.

Lähteet

Asp, R., Tuominen, T. Hyppönen, H. Opetushallituksen oppimateriaalit, Kunnossapito. Viitattu 13.4.2015.

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>

BIM guide for 3D imaging. 2009. N.d. GSA:n ohje 3D-kuvantamiseen. Viitattu 26.3.2015

[http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA BIM Guide Series 03.pdf](http://www.gsa.gov/graphics/pbs/GSA_BIM_Guide_Series_03.pdf)

FARO, Scene Webshare server 5.4 User manual. 2015. Webshare –ohjelman käyttö-ohje. Viitattu 9.4.2015

<http://www.faro.com/faro-3d-app-center/stand-alone-apps/scene-webshare-server>

FARO, Scene 5.4 User Manual. 2015. Scene 5.4 –ohjelman käyttöohje. Viitattu 9.4.2015

<http://www.faro.com/faro-3d-app-center/stand-alone-apps/scene>

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja suunnittelu. Esitelmä. Viitattu 2.4.2015

[https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGM5LTlkOWUtNTQzMDIwZTI3NDVm/view,](https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGM5LTlkOWUtNTQzMDIwZTI3NDVm/view)

Kukko, A. 2005. Laserkeilaimen valinta lähifotogrammetrisiin mittaustehtäviin. Fotogrammetrian erikoistyö. Viitattu 24.3.2015. [http://foto.hut.fi/opetus/290/julkaisut/Antero Kukko/Laserkeilaimen valinta lahifotogrammetrisiin mittauksiin.pdf,](http://foto.hut.fi/opetus/290/julkaisut/Antero_Kukko/Laserkeilaimen_valinta_lahifotogrammetrisiin_mittauksiin.pdf)

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy: Helsinki.

Pohjola, H. 2013. Kiinteistön tietomassojen hallinta. Opinnäytetyö.

[,https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58192/Pohjola_Heikki.pdf?sequence=1,](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58192/Pohjola_Heikki.pdf?sequence=1)

ProSolve, N.d. Prosolven historia yrityksen verkkosivuilla. Viitattu 17.4.2015

[http://www.prosolve.fi/prosolve,](http://www.prosolve.fi/prosolve)

Rakentaja.fi, N.d. Mikä on huoltokirja. Artikkelit Rakentaja.fi-sivustolla. Viitattu 23.4.2015

[,http://www.rakentaja.fi/artikkelit/1773/huoltokirja.htm](http://www.rakentaja.fi/artikkelit/1773/huoltokirja.htm)

Saarivuo, J. 1996. Kiinteistöjen kunnossapidon laadunhallinta. Rakennustieto Oy: Helsinki.

Seppälä, P. 2013. Laserkeilaus vähentää työmaalla säveltämistä. Asunto & Kiinteistö verkkolehden artikkeli. Viitattu 20.4.2015

[http://www.asuntokiinteisto.fi/lehti.php?sub=artikkeli&jid=122,](http://www.asuntokiinteisto.fi/lehti.php?sub=artikkeli&jid=122)

Siitonen, E. 2015. Laserkeilausasiantuntija. ProDigit Oy. Keskustelu 8.4.2015.

Veera, K. 2011. Laserkeilaus ja pistepilven käsittely ydinvoimarakentamisessa. Opinnäytetyö.

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26876/Kari_Veera.pdf?sequence=1

Vosselman, G. Maas, H.G. 2010. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath: Whittles Publishing.