

Laserkeilauksen hyödyntäminen paperikoneuusinnan tarjoustyössä

Markku Oikarinen

Opinnäytetyö

Syyskuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Oikarinen, Markku	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 01.09.2016
	Sivumäärä 75	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Laserkeilauksen hyödyntäminen paperikoneusinnan tarjoustyössä		
Tutkinto-ohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell, Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) Valmet Oyj		
Tiivistelmä <p>Viime vuosina teollisuudessa on ollut trendi pyrkiä vähentämään laatukustannuksia ja tekemään toiminnasta kustannustehokkaampaa. Laserkeilaus on samaan aikaan noussut tärkeäksi työväliseksi, jolla on merkittäviä etuja verrattuna vanhoihin työmenetelmiin. Koska Valmetin Paperit-liiketoimintalinjan kapitaalimyynnissä ei toistaiseksi ole ollut laserkeilauksen asiantuntijaa päätettiin selvitys laserkeilauksen laajemmasta hyödyntämisestä paperikoneusinnan tarjoustyössä teettää opinnäytetyönä.</p> <p>Selvityksessä oli tehtävänä luoda ehdotus uudeksi toimintamalliksi paperikoneusinta projekteihin, kartoittaa laserkeilauksen elinkaarta koko tarjous- ja toimitusprosesseissa, kartoittaa Valmetin nykyinen laitteisto, selvittää laserkeilaukseen liittyviä immateriaalioikeusasioita ja sitä miten laserkeilaus pitäisi myydä, sekä kartoittaa sitä missä vaiheessa Valmet on laserkeilauksessa verrattuna muihin teollisuuden toimijoihin. Pääasiallinen tavoite selvitykselle oli tuottaa paperikoneusinta projekteihin taloudellisesti perusteltavissa oleva ehdotus uudeksi toimintamalliksi, joka ottaa huomioon eri sidosryhmien erityistarpeet. Selvitys toteutettiin pääosin asiantuntijahaastatteluiden avulla. Tämän lisäksi kirjallisuutta ja sähköisiä lähteitä hyödynnettiin luotaessa tietoperusta laserkeilaukseen liittyvästä teknologiasta.</p> <p>Selvityksellä saatiin luotua ehdotus uudeksi toimintamalliksi, joka oli taloudellisesti perusteltavissa matkakustannussäästöihin pohjautuvien takaisinmaksulaskelmien kautta. Ehdotuksessa suositeltiin, että laserkeilaus tehtäisiin jo tarjousvaiheessa tiettyjen kriteerien perusteella tunnistettuihin projekteihin. Joitakin selvityksen pohjalta ilmenneitä jatkokehityskohteita ovat laserkeilaustoiminnan tuotteistaminen, tehdasvierailuihin erikoistunut työnkuva sekä vastaavan selvityksen tekeminen myös muissa Valmetin organisaatioissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Laserkeilaus, 3D-skannaus, myyntityö, paperikoneet, pistepilvi, laatukustannus, vaiheportti-malli, patentit, mallioikeus, tekijänoikeus		
Muut tiedot		

Author(s) Oikarinen, Markku	Type of publication Bachelor's thesis	Date 01.09.2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 75	Permission for web publication: x
Title of publication Using laser scanning in the quotation work for rebuilding a paper machine		
Degree programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Supervisor(s) Henell, Antti; Siistonen, Matti		
Assigned by Valmet Technologies, Inc.		
Abstract <p>During the past few years there has been a trend in the industry to reduce quality costs and make the operations more cost-effective. In the meanwhile, laser scanning has become a valuable and important tool that has great advantages in comparison to the old working methods. As Valmet's paper business line did not have an expert on laser scanning, a study on more expansive usage of laser scanning during the quotation work for rebuilding a paper machine was conducted as a bachelor's thesis.</p> <p>The task of the study was to form a proposal for a new operations model to be used in the paper machine rebuilding projects, examine the life cycle of laser scanning through sales and delivery processes, examine Valmet's current laser scanning equipment, study the incorporeal rights that concern laser scanning, examine how laser scanning should be sold and benchmark Valmet in using laser scanning compared to other players in the industry. The main goal of the study was to produce an operations model that can be financially justified and consider the possible special requirements of different organization areas. The study was mostly carried out mostly via expert interviews. In addition, literature and electronic sources were used to create the theoretical framework on the technology related to laser scanning.</p> <p>The study produced a proposal for an operations model that is financially justifiable via savings through reduced travelling expenses. The proposal recommended that laser scanning should be done to a portion of projects that would be identified through certain criteria. Some of the subjects that are in need of further development were the productization of laser scanning, assigning a person specialized in actions during factory visits and conducting similar studies in different parts of Valmet organization.</p>		
Keywords/tags (subjects) Laser scanning, 3D -scanning, sales work, paper machines, point cloud, cost of quality, stage-gate model, patents, designs and models (industrial property), copyright		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön tausta.....	5
1.2	Tutkimusasetelma	6
1.3	Käytetyt tutkimusmenetelmät	6
2	3D-skannauksen periaatteet	7
2.1	3D-skannauksen historia	7
2.2	Kohteeseen koskevat menetelmät.....	9
2.3	Kohteeseen koskemattomat menetelmät	10
2.3.1	Laserkeilaus	10
2.3.2	Laserkeilauksen toimintaperiaatteet.....	11
2.4	Laserkeilausaineisto	17
3	Laserkeilausaineisto	22
3.1	Laserkeilausaineiston hyödyntäminen.....	22
3.2	Ohjelmistot.....	23
3.3	Kuvauslaitteisto	25
3.3.1	Laserkeilain	25
3.3.2	Käsi­käyttöinen laserkeilain	26
3.3.3	Tulevaisuuden potentiaalinen halpa käsi­käyttöinen laserkeilain	27
3.3.4	360°-kamera	29
3.4	Tietokone­laitteisto	30
3.5	3D-skannauksen käyttö muualla teollisuudessa	32
4	Tarjous- ja toteutusprosessit.....	33
4.1	Asiakkaan osto- ja toimittajan myyntiprosessi	33
4.1.1	Paperitehtaat-liiketoimintayksikön tarjousprosessi.....	34
4.1.2	Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessi	35
4.1.3	Asiakkaan ostoprosessi.....	39

4.2	Skannaus osana prosessia	41
4.3	Laatukustannukset	43
5	Tekijänoikeudet ja aineiston omistajuus	45
6	Taloudellinen tarkastelu	46
6.1	Kustannusrakenne	46
6.2	Säästö rakenne	49
6.3	Ehdotus uudeksi toimintamalliksi	50
7	Tulokset	53
8	Tulevaisuuden jatkokehitysideat ja -kohteet	56
9	Pohdinta.....	59
	Lähteet	64
	Liitteet.....	71
Liite 1.	Pistepilvinäkymät kahdessa ohjelmassa: SCENE LT ja Navisworks	71
Liite 2.	Referenssinä käytetty nykyaikainen ja tehokas tietokone.....	72
Liite 3.	Sisäinen esitysmateriaali: Ehdotus uudeksi toimintamalliksi. Laserkeilauksen tekeminen jo myyntivaiheen aikana.....	73
Liite 4.	Otteita kustannuslaskelmien kuvioista	74

Kuviot

Kuvio 1. Azimuth-skannaus	8
Kuvio 2. Faro Gage –mittauskäsi	10
Kuvio 3. Mittauspisteen määrittäminen	12
Kuvio 4. Aaltosignaalin modulointi	13
Kuvio 5. Triangulaatiolaitteen toimintaperiaate	14
Kuvio 6. Häiriöääneen vaikuttavia seikkoja	17
Kuvio 7. Tesseloitu ihmisen käsi	18
Kuvio 8. Esimerkki NURBS–käyrästä	19
Kuvio 9. Pistepilvi Navisworks–ohjelmassa	20
Kuvio 10. Kohdistusobjektit SCENE LT -ohjelman näkymässä	21
Kuvio 11. Digitaalinen pintamalli ja digitaalinen maastomalli	22
Kuvio 12. Pistepilveen tuotuja objekteja törmäystarkastelua varten Navisworks- ohjelmassa	23
Kuvio 13. Tuote-esitys kuva Faro Focus ^{3D} -laitteesta	26
Kuvio 14. Tuote-esitys kuva Faro Freestyle ^{3D} kannettavasta skannerista	27
Kuvio 15. Ricoh Theta S 360° -videokamera	30
Kuvio 16. Tyypillinen vaihe–portti-prosessi	34
Kuvio 17. Valmetin Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyynnin prosessin vaiheet ja portit	35
Kuvio 18. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyynnin funnel-päätösten lukumäärä vuonna 2015	36
Kuvio 19. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyynnin prosessi verrattuna karkean tason ostoprosessiin	40
Kuvio 20. Organisaation ostoprosessin eri vaiheet	41
Kuvio 21. Suuntaa antava jakauma laserkeilauksen fokus-alueista eri rakenneryhmien kesken	43
Kuvio 22. Uuden ehdotetun toimintatavan kustannusrakenne	46
Kuvio 23. Päättäneiden projektien jakauma päättymissyiden mukaisesti vuonna 2015 sekä priorisoinnin vaikutus	47
Kuvio 24. Kriteereiden perusteella priorisoinnin vaikutus havainnollistettuna	52

Taulukot

Taulukko 1. Laserkeilauslaitteiden ominaisuuksia vuodelta 2016.....	15
Taulukko 2. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiin osumaprosentti sekä jakauma uusien linjojen ja uusintojen välillä vuonna 2015	37

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Valmet Oyj on maailman johtava toimittaja ja kehittäjä teknologian, automaation ja palveluiden osalta sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Yrityksen tuote- ja palveluvalikoima kattaa kaiken kunnossapidon ulkoistuksesta tehtaiden ja voimalaitosten parannuksiin ja varaosiin edellä mainituilla teollisuudenaloilla. Vahvan teknologiaosaamisen keskeisimpiä alueita ovat muun muassa sellutehtaat, paperi-, kartonki- ja pehmopaperinvalmistuslinjat sekä biovoimalaitokset. Automaation osalta Valmetin tuotteet ja ratkaisut kattavat kaikki vaihtoehdot koko tehtaan laajuisista järjestelmistä yksittäisiin mittauksiin. Yrityksellä on maailmanlaajuisesti 12 000 työntekijää. (Valmet lyhyesti n.d.)

Opinnäytetyö tehtiin Valmetin Paperit–liiketoimintalinjan Paperitehtaat–liiketoimintayksikön kapitaalimyynnissä, jonka yksi toimipiste on Jyväskylän Rautpohjassa. Paperit–liiketoimintalinja vastaa uusien paperi-, kartonki- ja pehmopaperilinjojen sekä näiden uusintojen toimituksista. Paperitehtaat–liiketoimintayksikkö vastaa edellä mainituista paperi- ja kartonkilinjojen osalta ja kapitaalimyynti näiden toimituksien siitä osasta, joiden arvo ylittää miljoona euroa. (Immonen 2016; Valmet lyhyesti n.d.)

Viime vuosina teollisuudessa on ollut trendi pyrkiä vähentämään laatukustannuksia, tehdä toiminnasta kustannustehokkaampaa ja Lean–ajattelun mukaisesti parempaa. Valmet ei ole tästä poikkeus, sillä se on listannut erääksi tavoitteekseen vähentää laatukustannuksia puoleen verrattuna vuoden 2012 tasoon. Myös laadultaan korkeatasoinen työ on nykypäivänä tärkeä arvo yrityksille. Edellä mainittujen asioiden ohella laserkeilaus on kasvanut viime vuosien aikana tärkeäksi työvälineeksi, jolla on merkittäviä teknologisia hyötyjä verrattuna vanhoihin työmenetelmiin. Näiden hyötyjen avulla tavoitellaan sekä vähennyksiä laatukustannuksissa että pyritään nostamaan tehdyn työn laatua. Laserkeilausten käyttö suunnittelun ja tarjoustyön apuna on tällä hetkellä selkeästi lisääntymässä. (Laatukustannukset 2016.)

Toistaiseksi Jyväskylän kapitaalimyynnissä ei ole ollut henkilöä, jolla olisi riittävää asiantuntemusta, eikä resursseja laittaa ketään nykyisestä henkilöstöstä tekemään selvitystä laserkeilauksen hyödyntämisestä tarjoustyössä. Niinpä päätettiin selvitys tehdä opinnäytetyönä. Selvitykseltä edellytettiin laajaa arviointia mahdollisen uuden toimintatavan vaikutuksista, edellytyksistä ja vaatimuksista koko tarjous- ja toimitusprosesseihin.

1.2 Tutkimusasetelma

Toimeksiantajan tavoite opinnäytetyölle oli selvittää laserkeilauksen hyödyntämistä paperikoneuusiannon tarjoustyössä ja arvioida sen positiivisia ja negatiivisia puolia. Tämän selvityksen avulla toimeksiantajalla oli tavoitteena luoda ehdotus uudeksi toimintamalli, mikäli laserkeilaus soveltuu tarjoustyössä hyödynnettäväksi ja on taloudellisesti perusteltavissa. Tämän lisäksi tavoitteena oli selvittää myös muita mahdollisia vastaavan hyödyn mahdollistavia laitteistoja, joista päällimmäinen esimerkki on 360°-kamera. Selvitettävänä oli myös laserkeilauksen elinkaari tarjous- ja toimitusprosessin läpi sekä nykytilanteessa että uuden toimintamallin kanssa. Uudessa toimintamallissa oli otettava huomioon eri toimialueiden mahdolliset erityistoimintatavat ja -tarpeet, jotta toimintatavan vuoksi ei tehdä ylimääräistä tai päällekkäistä työtä. Toimintatapamallien selvityksen yhteydessä haluttiin myös kartoittaa nykyinen laitteisto ja sen soveltuvuus laajennettuun laserkeilausaineiston käyttöön. Tämän lisäksi laserkeilausaineistoon liittyviä immateriaalioikeusasioita oli selvitettävä sekä sitä miten skannaus tulisi myydä asiakkaille. Lisäksi tavoitteena oli saavuttaa yleiskäsitys siitä, missä vaiheessa toimeksiantaja on laserkeilauksen hyödyntämisessä muihin teollisuuden toimijoihin verrattuna.

1.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tekeminen prosessina toteutettiin seuraavasti. Aluksi laserkeilausta menetelmänä selvitettiin kirjallisuuden ja sähköisten lähteiden kautta. Tällä teknologiaselvityksellä luotiin vahva teknologinen ja tieteellinen pohja lisäselvityksille. Tä-

män jälkeen selvityksiä jatkettiin nykyisten toimintatapojen kartoituksella, joka toteutettiin haastattelemalla skannauksen parissa työskenteleviä asiantuntijoita. Toimintatapaselvitystä laajennettiin myös alihankkijan edustajan haastatteluun, jonka yhteydessä pyrittiin myös saamaan yritysvertailua varten tietoja ja yhteyshenkilöitä. Näiden selvitysten pohjalta kartoitettiin erilaisia laserkeilaukseen liittyviä kustannuksia ja mahdollisia säästökohteita. Kartoitusta varten haastateltiin asiantuntijoita, joiden avulla kustannuksien ja säästöjen sekä kohteita että taloudellisia vaikutusarvioita saatiin tarkennettua. Kustannuslaskelmia varten käytettiin pohjatietona Valmetin intrasta löytyvää dataa, jota käsittelemällä saatiin luotua tilastotietoja. Alustavien erilaisten kustannuskenaarioiden kautta arvioitiin eri muuttujien vaikutusta taloudelliseen tarkasteluun ja sitä kautta toimintatapamuutoksen takaisinmaksuun. Tämän perusteella luotiin lopulta varsinainen ehdotus uudeksi toimintamalliksi, joka on sekä taloudellisesti perusteltavissa että toiminnan laatua parantava.

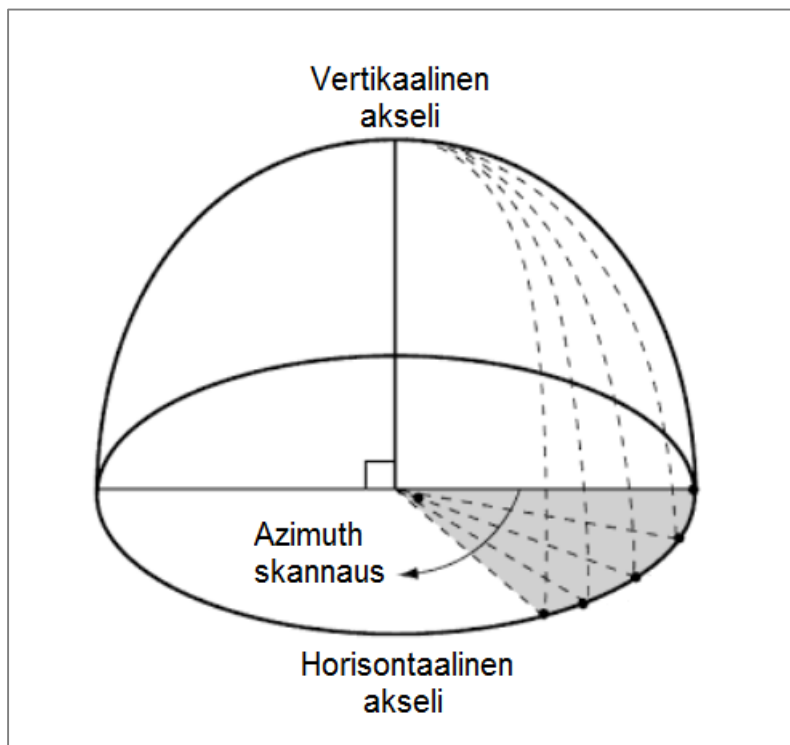
2 3D-skannauksen periaatteet

3D-skannauksella tai -mallinnuksella tarkoitetaan toimintaa, jonka avulla saadaan luotua halutusta kohteesta määrättyllä tarkkuudella malli sen geometrisesta muodosta tuhansilla tai miljoonilla yksittäisillä mittauksilla. 3D-skannaus voidaan jakaa kahteen pääalaan: kohteeseen koskeviin ja koskemattomiin menetelmiin. Kohteeseen koskemattomat menetelmät voidaan tämän lisäksi jakaa kahteen perustapaan: valonsäteiden kulkuajan arvioimiseen ja triangulaatioon. (3D Scanners n.d.; Almost Everything You Always Wanted to Know About 3D Scanning* n.d.; Vosselman & Maas 2010.)

2.1 3D-skannauksen historia

Perusteet joihin 3D-skannaus pohjautuu, voidaan ajatella keksityn jo muinaisina aikoina noin 5000 vuotta sitten Egyptissä, jolloin käytettiin triangulaation perusperiaatteita sekä 2500 vuotta sitten kun Kreikassa luotiin pohja trigonometrialle. Nykyaikainen elektroninen mittaus sen sijaan sai ensimmäisen muotonsa 1880-luvulla muun muassa Hertzin toimesta kun hän tutki tutka-aaltoja ja niiden kulkemaa aikaa. 1950-

luvulla laserin keksiminen mahdollisti siirtymisen ääniaalloista valon aaltoihin, mikä johti lidarin (Light detection and ranging) keksimiseen 1960-luvulla radarin (Radio detection and ranging) sijaan. Molempien toimintaperiaate on pohjimmiltaan täysin sama, ainoa ero on käytettävä aallonmuoto. Vosselmanin ja Haasin (2010) mukaan Forsen (1968) kehitti vuonna 1968 triangulaatioon perustuvia menetelmiä. Vuonna 1985 saatiin kehitettyä menetelmä, jolla kyettiin tallentamaan valkoista valoa, lasereita sekä varjoja kappaleen pinnan kuvantamiseksi. Laserkeilaus on menetelmä, jossa keilaimen ympäristöä kuvannetaan järjestelmällisesti mittaamalla laitteen näkökenttä pisteiden etäisyyksinä laitteesta. Pisteväli on keilaimen paikallisessa koordinaatistossa aina sama astemäärä. Shan ja Toth (2009) kutsuivat tätä järjestelmällistä mittaustapaa *azimuth*-skannaukseksi (kts. kuvio 1). (Breuckmann n.d.; Ebrahim 2015; Shan & Toth 2009; Vosselman & Maas 2010.)

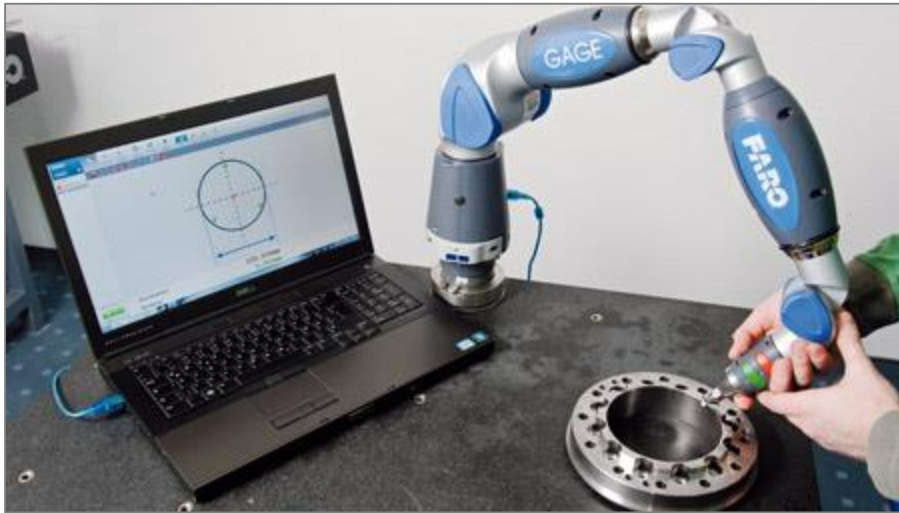


Kuvio 1. Azimuth-skannaus (Shan & Toth 2009, 8, suomennettu)

3D-skannauksen kehitystä on edesauttanut myös jatkuva teknologinen kehitys, joka on mahdollistanut jatkuvasti suurempien datamäärien tallentamisen ja siirron. Perinteisiin luotilangoilla ja mittanauhoilla tehtäviin mittauksiin verrattaessa laserkeilaus on automaationsa ansiosta huomattavasti nopeampi sekä tarkempi sillä se eliminoi täysin riippumasta ja lukuvirheistä johtuvat epätarkkuudet mittauksissa sekä pienentää itse mittalaitteesta johtuvaa mittausepätarkkuutta. Vastaavaa edistystasoa edustaa keilainten lisäksi laseretäisyysmittari, joka tosin ei ole automatisoitu vaan se on aina aseteltava mittauksien välissä uudelleen. (Breuckmann n.d.; Keinänen & Järvinen 2014, 48–51.)

2.2 Kohteeseen koskevat menetelmät

Digitointi on fyysinen mittaustapa, jossa mitattava kohde ei voi olla järin iso, sillä mitausta rajoittaa sekä mittalaitteen koko että sen mittavarren ulottuvuus. Digitoinnissa kohteen pintaa kosketetaan mittavarren päässä olevalla mittakärjellä, joka on yleensä pallo. Kuviossa 2 on esitelty Faro Gage –mittauskäsi. Digitointi on tarkka mitattaessa geometrisia muotoja ja silloin, kun kohteesta halutaan mitata pienempi määrä tarkkoja pisteitä. Sen sijaan digitointi ei sovellu vapaamuotoisille kohteille. Koska mittaustavan on fyysinen, se ei myöskään sovellu kohteille, jotka eivät kestä kosketusta tai ovat niin pehmeitä, että ne epämuodostuvat kosketuksen vaikutuksesta. (3D Scanners n.d.; Almost Everything You Always Wanted to Know About 3D Scanning* n.d.)



Kuvio 2. Faro Gage –mittauskäsi (Dimensional Analysis n.d.)

2.3 Kohteeseen koskemattomat menetelmät

Kohteeseen koskemattomia menetelmiä on toimintaperiaatteiltaan useita, mutta niitä kaikkia yhdistää se, että ne hyödyntävät jotakin aaltomuotoa. Näihin koskemattomiin menetelmiin kuuluu muun muassa laserkeilaus eri aallonpituisilla lasereilla sekä muut valon tai äänen aaltoihin perustuvat mittaustavat. (3D Scanners n.d.; Vosselman & Maas 2010.)

2.3.1 Laserkeilaus

Laserkeilaus on 3D-skannauksen alamuoto, jossa mittalaite ei koske mitattavaan kappaleeseen lainkaan vaan mittaukseen käytetään lasersäteitä. Laserkeilauksella saadaan luotua tarkkoja malleja pienistä laitteista aina kokonaisten teollisuuslaitoksien tai jopa maa-alueiden suuruisiin kokonaisuuksiin. Suurimmissa kohteissa keilaus suoritetaan yleensä lentokoneesta käsin, mutta jo laitokoissa kannattaa käyttää maanpäällisiä mittalaitteita. Laserkeilauksella saadaan luotua kohteesta aina pistepilvi. (PSK 3402 2013.)

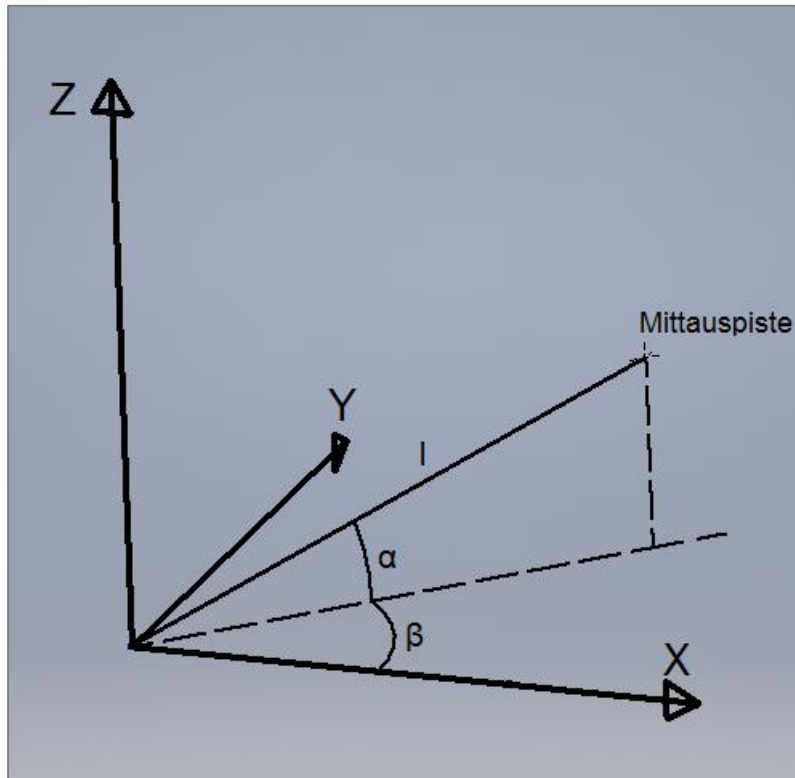
Standardissa PSK 3402 Laserkeilauksen ja mallinnuksen hankinta teollisuudessa määritellään sen sisältö seuraavasti.

Tämä standardi käsittelee teollisuuden laserkeilauksen hankintaa, saadun tiedon perusteella tehtävää mallintamista ja niissä käytettävää terminologiaa. Lisäksi standardin liitteenä olevissa hankintalomakkeissa on esitetty hankinnan teknisiä vaatimuksia. (PSK 3402 2013.)

Standardissa käytetään toiminnasta yksinomaan termiä laserkeilaus. Toimeksiantajan sisäisessä viestinnässä käytetään yleisesti tämän termin rinnalla myös laserskannaus, joka juontuu termin englannin kielisestä versiosta *laser scanning*. Standardissa määritetään myös laserkeilauksessa käytettävää termistöä, jota käytetään myös tässä opinnäytetyössä. (PSK 3402 2013; Valmet Notes n.d.)

2.3.2 Laserkeilauksen toimintaperiaatteet

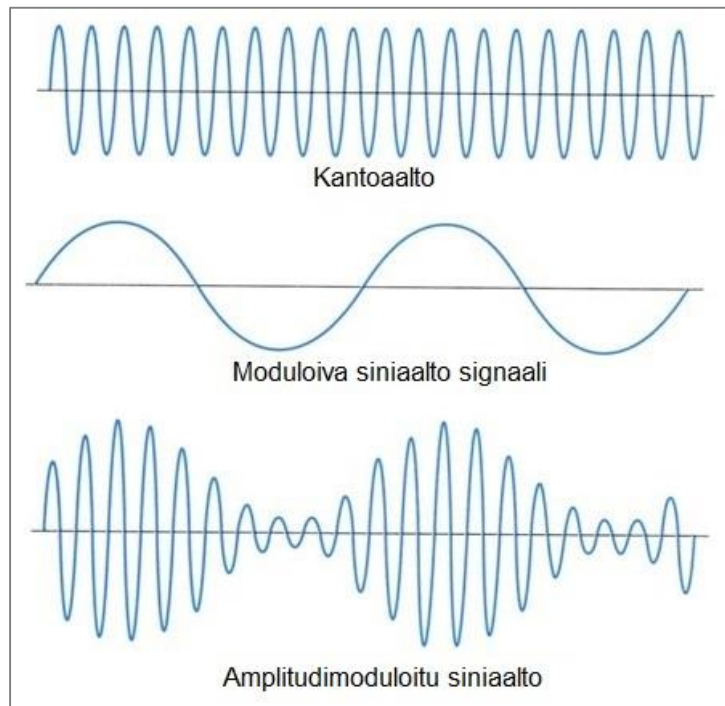
Valonsäteen kuluaikaa mittaavista toimintaperiaatteista lentoaikaa mittaavia laitteistoja kutsutaan myös *Time of Flight*- tai TOF-laitteistoiksi ja vaihe-eroa mittaavia *Phase Shift* -laitteistoiksi. Kolmas tapa on triangulaatio, kuten aikaisemmin on mainittu. Edellä mainitut eri toimintaperiaatteet vaikuttavat vain laitteen etäisyysmittaukseen. Useimmissa laitteissa mittauspisteeseen lähetetään laserpiste, mutta joissakin tapauksissa laitteet käyttävät laserviivaa tai -ristikkoa, mikä nostaa mittauksen tarkkuutta, kun mittauspisteen etäisyys määritetään projektoidun kuvion reunan muotojen avulla pisteen sijasta. Jotta mitattu piste saadaan kiinnitettyä kolmiulotteiseen koordinaatistoon, siitä mitataan myös horisontaali- ja vertikaalikulmat. Kuviossa 3 on havainnollistettu mittauspisteen määrittystä. (3D Laser Scanning for Heritage 2011; What is Laser Scanning? 2011.)



Kuvio 3. Mittauspisteen määrittäminen (tiedot Shan & Toth 2009, 4–8)

Lentoaika

Lentoaikaa hyödyntävissä mittauslaitteissa lähetetään laserpulssi mittauspisteeseen ja määritetään sen etäisyys perustuen kuluneeseen aikaan, joka pulssilla kuluu edestakaiseen matkaan. Laserpulssi on yleensä noin 1,5 metriä pitkä ja noin 5 nanosekunnin kesto. TOF-mittalaitteet kykenevät mittaamaan etäisyyksiä jopa useisiin kilometriin asti, mutta niiden tyypillinen toiminta-alue on 5–300 metriä. Lentoaikaan perustuvissa laitteissa mittausetäisyys rajoittaa mittausnopeutta: etäisyyden mittaamiseen kuluvan ajan tulee olla pienempi kuin laserpulssien välinen intervalli. Siinä tapauksessa, että yhdestä pulssista tulee takaisin useita kaikuja, nämä ovat tunnistettavissa, mikäli niiden välinen etäisyys on vähintään puolet pulssin pituudesta. (3D Scanners n.d.; How does Laser Scanning work? N.d.; Shan & Toth 2009, 4–5; Vosselman & Maas 2010; What is Laser Scanning? 2011.)



Kuvio 4. Aaltosignaalin modulointi (Lazaridis 2008, suomennettu)

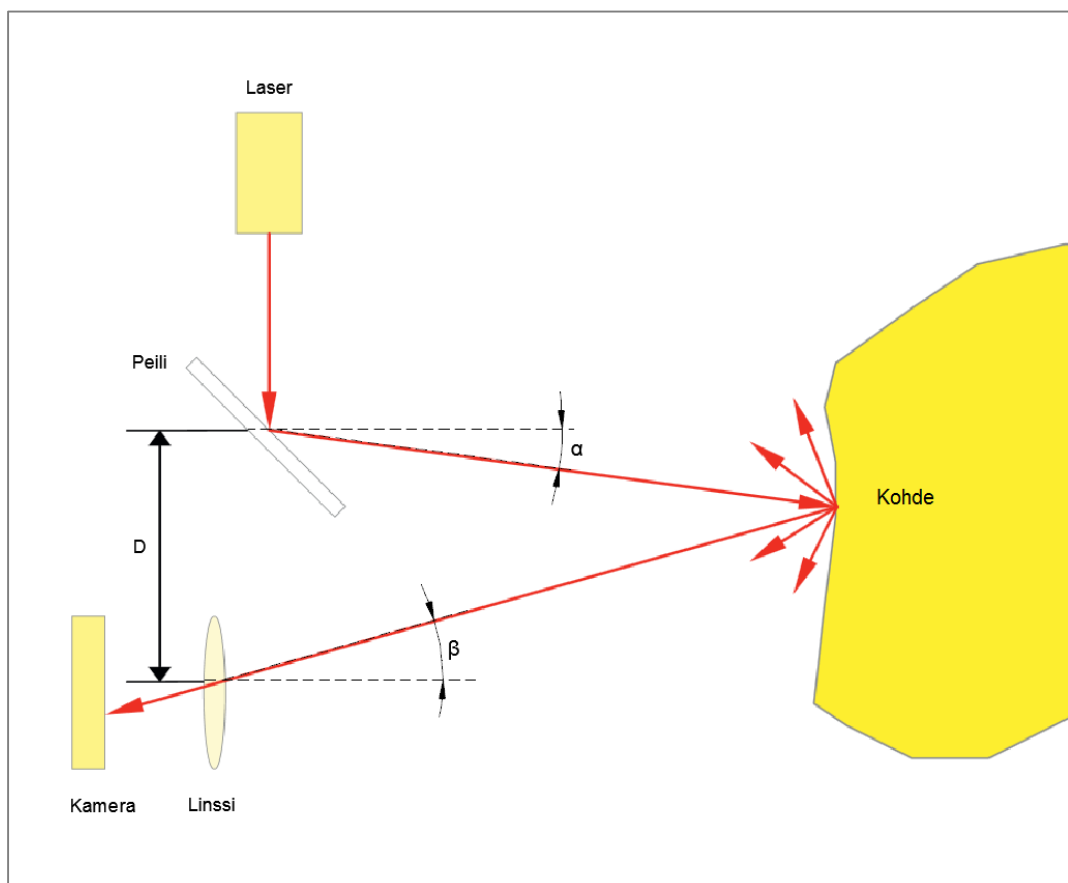
Vaihe-ero

Vaihe-eroa hyödyntävissä mittalaitteissa lähetetään jatkuva lasersäde mittauspisteeseen, josta takaisinheijastuva säde kokee vaihe-eromuutoksia joiden perusteella voidaan määrittää mittauspisteen etäisyys. Vaihe-eromittauksessa toimintaetäisyys on yleisesti 80 metriä, joillakin erityislaitteilla jopa 150 metriä. Vaihe-erolaitteiden rajallinen toimintaetäisyys johtuu siitä, että ne kykenevät mittaamaan yksiselitteisesti vain sellaisia etäisyyksiä joiden pituus on pienempi kuin matka jossa tapahtuu yhden aallonpituuden mittainen siniaallon vaiheviive. Kulkiessaan väliaineen läpi aalto kokee ilmiön jossa se liikkuu niin sanotusti hitaammin, joka aiheuttaa muutosta sen vaiheeseen. Vaiheviive on se tarkka aika, joka kuluu kahden tismalleen saman aallonmuodon välillä jatkuvan aallon lähtö- ja tulosignaaleissa (Mitra 2001). Kun väliaine (useimmiten ilma) ja sen ominaisuudet tunnetaan: on näillä tiedoin mahdollista määrittää etäisyys, jonka aalto kulki tietyn vaihe-eron saavuttaakseen. Vaihe-eroa ei yleensä mitata pelkästä lasersäteestä: lasersäteen aaltomuotoa käytetään kantoaaltona, jonka päälle moduloidaan toinen huomattavasti pidempi aalto esimerkiksi vaihtelemalla lasersäteen voimakkuutta sinikäyrän muotoisesti. Kuviossa 4 on esitelty amplitudisesti moduloitu siniaalto, josta on helpompi ja tarkempi määrittää aallon

vaiheviive, sillä sitä ei tarvitse tehdä kantaosalle vaan se voidaan tehdä isompimuotoiselle moduloivalle signaalille. (3D Scanners n.d.; 3D Laser Scanning for Heritage 2011; Shan & Toth 2009, 5–6; Vosselman & Maas 2010; What is Laser Scanning? 2011.)

Triangulaatio

Triangulaatioon perustuvissa mittalaitteissa mitataan laserlähteen, mittauskomponentin ja mittauspisteen väliin muodostuvan kolmion avulla mittauspisteen etäisyys. Kuviossa 5 on havainnollistettu triangulaation toimintaperiaatetta, jossa kaikki muut dimensiot pysyvät vakiona paitsi peilin kulma. Useimmissa tämänlaisissa laitteissa on myös värikuvakamera, jota hyödyntämällä kohteesta saadaan yhdistettyä realistisen värinen malli. (What is Laser Scanning? 2011.)



Kuvio 5. Triangulaatiolaitteen toimintaperiaate (3D Laser Scanning for Heritage 2011, muokattu; tiedot Vosselman & Maas 2010)

Taulukossa 1 on esitelty useiden nykyaikaisten ja eri toimintaperiaatteilla toimivien laserkeilainten ominaisuuksia. Yhdessä useiden muiden lähteiden kanssa laitteista käy ilmi seuraavia luonteenpiirteitä: lentoaikaan perustuvien laitteiden tarkkuus on kutakuinkin suoraan verrannollinen mittausetäisyyteen kun taas vaihe-ero laitteilla mittaustarkkuus pysyy vakiona koko mittausalueella. Triangulaatio on molempi edellä mainittuja tapoja selvästi tarkempi, mutta sen rajallinen mittaalue rajoittaa sen käyttöä merkittävästi. Eri toimintatapojen mittausnopeuksissa ei ilmene selvää säännönmukaisuutta vaan kunkin laitteen mittausnopeus näyttää vaihtelevan sekä mittausetäisyydestä riippuen että valmistajien välillä. (How does Laser Scanning work? N.d.; Vosselman & Maas 2010; What is Laser Scanning? 2011.)

Taulukko 1. Laserkeilauslaitteiden ominaisuuksia vuodelta 2016 (tiedot Creaform HandySCAN 3D Brochure 2016; Datasheet RIEGL VZ[®]-1000 n.d.; Datasheet RIEGL VZ[®]-6000 n.d.; Faro Freestyle Brochure 2015; FARO Laser Scanner Focus3D X Series – Brochure 2015; Leica ScanStation P40 / P30 – Because every detail matters n.d.)

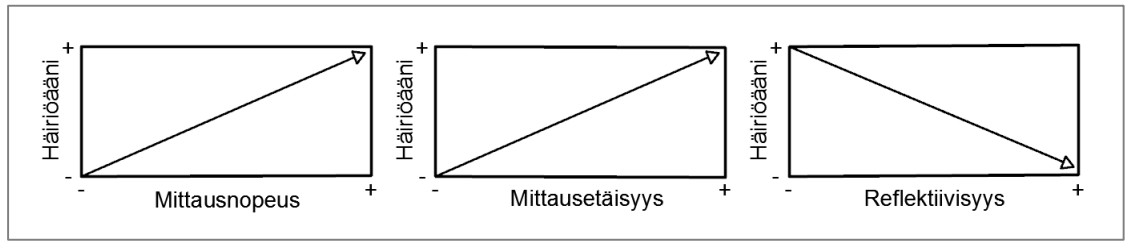
Toiminta-periaate	Laitteisto	Mittaus-nopeus kHz	Mittaus-tarkkuus	Mittausalue m
TOF	Leica ScanStation P40	Jopa 1000	3 mm @ 50m 6 mm @ 100m	0,4–270
TOF	Riegl VZ [®] -1000	29 / 42 / 62 / 122	8 mm	2,5–1400
TOF	Riegl VZ [®] -6000	23 / 37 / 113 / 222	15 mm	5–6000
Vaihe-ero	Faro Focus ^{3D} X 330	122 / 244 / 488 / 976	2 mm	0,6–330
Triangulaatio	Creaform HandySCAN 700	480	0,02 mm + 0,06 mm/m	yli 0,3
Triangulaatio	Faro Freestyle ^{3D} X	Jopa 88	alle 1,0 mm	0,5–5

Faro on merkittävä 3D-skannauslaitteiden valmistaja maailmassa, jonka tuotteita käyttävät sekä Valmet että sen käyttämät alihankkijat (Valmet Notes n.d.). Faron verkkosivujen mukaan heidän Focus^{3D}-laitteisto on uusinta tekniikkaa ja toimii vaihe-ero periaatteella. Faron Freestyle^{3D} on triangulaatiolla toimiva käsikäyttöinen kannettava laserkeilain. Leica on vastaavasti merkittävä 3D-skannauslaitteiden valmistaja ja

heidän ScanStation P40 –laitteensa toimii TOF-periaatteella, jota on tehostettu signaaliteoriaan perustuvalla *Waveform Digitizing*-menetelmällä. Tässä aaltomuodon digitointi –menetelmässä analysoidaan lähtevän ja palaavan laserpulssin muotoa ja määritetään täsmällinen matka-aika aallonmuodossa olevien pisteiden (aallonharjat yms.) avulla. Aallonmuodon digitoinnilla on myös mahdollista analysoida saman laserpulssin useita eri heijastumia, jota hyödynnetään muun muassa ilmasta tehtävissä keilauksissa erittelemään maanpinta ja erikorkuiset kasvustot. Myös RIEGL:n VZ®-1000 ja VZ®-6000 toimivat molemmat TOF-periaatteella, jossa on apuna kaikujen digitointi ja aaltomuotojen prosessointi. Creaform valmistaa laadukkaita käsikäyttöisiä triangulaatioon perustuvia laserkeilaimia, joihin heidän HandySCAN 700 laite kuuluu. (Creaform HandySCAN 3D Brochure 2016; Datasheet RIEGL VZ®-1000 n.d.; Datasheet RIEGL VZ®-6000 n.d.; Faro Freestyle Brochure 2015; FARO Laser Scanner Focus3D X Series – Brochure 2015; Fernandez-Diaz & Carter 2013; Leica ScanStation P40 / P30 – Because every detail matters n.d.)

Häiriöääni

Mittaustarkkuutta kuvataan mittauksen virherajojen lisäksi myös häiriöäänellä, jonka kokoon vaikuttavat mittausnopeus, kohteen reflektiivisyys ja mittausetäisyys. Häiriöääneen vaikuttavia seikkoja esitellään kuviossa 6. Häiriöääni on epäsäännöllistä virhettä mittausarvoissa, jonka vaikutusta voidaan kuvion 6 mukaisesti vähentää hidastamalla mittausnopeutta, joka käytännössä tarkoittaa, että yksi mittauspiste toistetaan useaan otteeseen ja tästä tilastollisin menetelmin saadaan keskiarvo. Mittausetäisyyden vaikutusta ei voi vähentää muuten kuin vaihtamalla mittausasemaa. Kohteen reflektiivisyys puolestaan riippuu kohteen materiaalista ja sen pinnan laadusta. (Webinar: Focus3D a Revolution in 3D Laser Scanning 2015.)

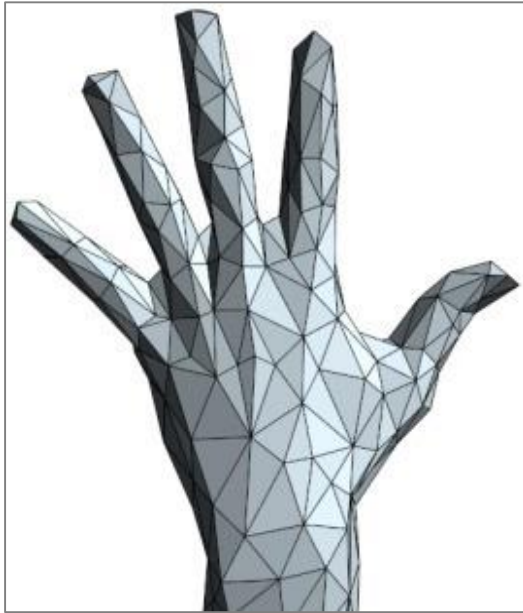


Kuvio 6. Häiriöäänien vaikuttavia seikkoja (tiedot Webinar: Focus3D a Revolution in 3D Laser Scanning 2015)

2.4 Laserkeilausaineisto

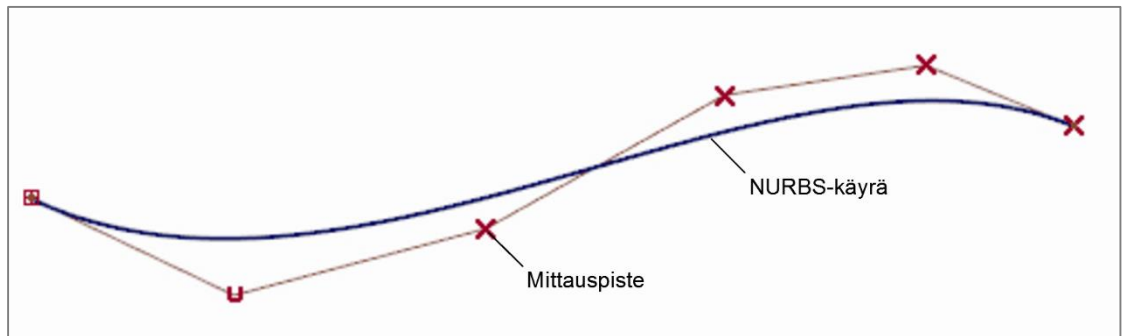
Laserkeilausaineisto koostuu täysin mittauksilla saaduista pistepilvistä ja näiden pohjalta luoduista digitaalisista malleista. Aineiston käsittelymahdollisuudet riippuvat pitkälti käytettävästä käsittelyohjelmasta. Näihin ominaisuuksiin kuuluu aina katselu ja useimmiten pisteiden välisten etäisyyksien mittaus sekä eri keilausasemien pistepilvien yhdistäminen yhteen malliin ja mallien sisällä navigointi esimerkiksi *lentäen*. Joihinkin ohjelmiin pystyy lisäksi tuomaan 2D ja 3D-malleja törmäystarkastelua varten sekä luomaan yhdistetyistä pistepilvistä leikkauskuvia. Laserkeilausaineisto on mahdollista siirtää käytettäväksi myös perinteisiin CAD-suunnitteluohjelmiin. Näissä ohjelmissa aineiston käsiteltävyys vaihtelee hyvin paljon riippuen käytettävän ohjelman valmistajasta. Esimerkiksi Autodeskin tuotteissa aineisto on hyvin käsiteltävissä, jolle hyvä vastaesimerkki on Dassaultin CATIA-ohjelma, jossa malli on erittäin raskas käsiteltävä, lähes lukukelvoton ja lisäksi ohjelmaan siirrettäessä datasta joudutaan karsimaan noin 80 % pisteistä pois. Näiden seikkojen vuoksi onkin erittäin suositeltavaa käyttää laserkeilausaineiston käsittelyyn suunniteltuja ohjelmia. (Sundberg 2016; Valmet Notes n.d.)

Laserkeilausaineistosta on mahdollista luoda digitaalinen malli käytettäväksi perinteisissä 3D-mallinnusohjelmissa. Tapauksissa joissa riittää pelkkä visuaalinen malli kohteesta tämä voidaan luoda *tesseloimalla*. Tesseloinnissa luodaan 3D-avaruudessa olevien pisteiden välille geometrisilla muodoilla (esim. kolmioilla) tasoja, joista muodostuu mosaiikkimainen pinta. Kuviossa 7 on esitelty tesseloitua ihmisen kättä.



Kuvio 7. Tesseloitu ihmisen käsi (Boubekeur 2016, muokattu)

Tesseloinnista yksi askel eteenpäin on *Rapid NURBS "Dumb" Solid*, jossa NURBS on tarkoittaa Non-uniform rational B-Splineä. NURBS on matemaattinen malli, jonka avulla voidaan luoda matemaattinen yhtälö mielivaltaisille pisteille. Sitä korkeampi mitä tämän yhtälön aste on, sen taipuisampi käyrä on. Toisin sanottuna taipuisampi käyrä kykenee mukailemaan paremmin kappaleen muotoja. Kuviossa 8 on esitetty NURBS-käyrän käyttäytymistä. Seuraava askel on hybridimalli, jossa edellä kuvattu siloteltu malli yhdistetään perinteisiin geometrisiin muotoihin, joita voivat olla muun muassa kohteen reunat, ruuvinreiät ja näiden etäisyydet. (Almost Everything You Always Wanted to Know About 3D Scanning* n.d.; NURBS 2: Terminology 2016; What are NURBS? N.d.)

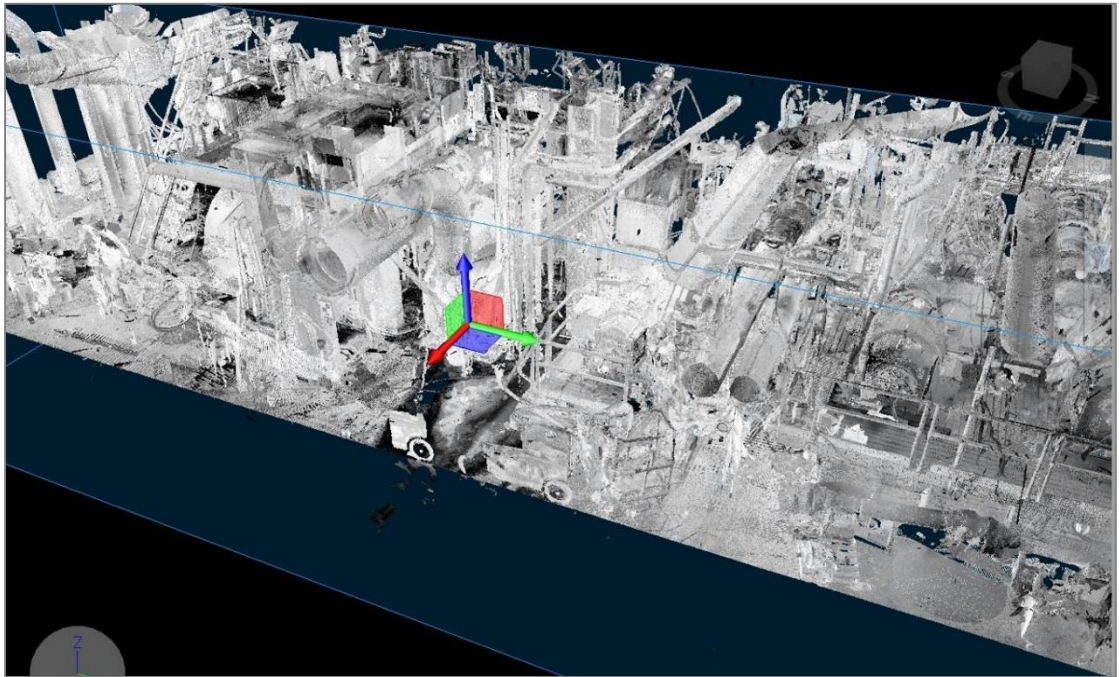


Kuvio 8. Esimerkki NURBS-käyrästä (NURBS 2: Terminology 2016, muokattu. Alkuperäinen kuva on julkaistu (CC BY-NC-SA 3.0) lisenssin alla.)

Tapauksissa joissa pelkkä visuaalinen malli ei enää riitä täytyy kohde takaisinmallintaa. Tällöin pistepilvestä luodaan pinta, joka viedään CAD-ohjelmaan jossa pintaa joko muokataan vastaamaan todellisuutta tai pinnan avulla piirretään kohde uudelleen. (Almost Everything You Always Wanted to Know About 3D Scanning* n.d.)

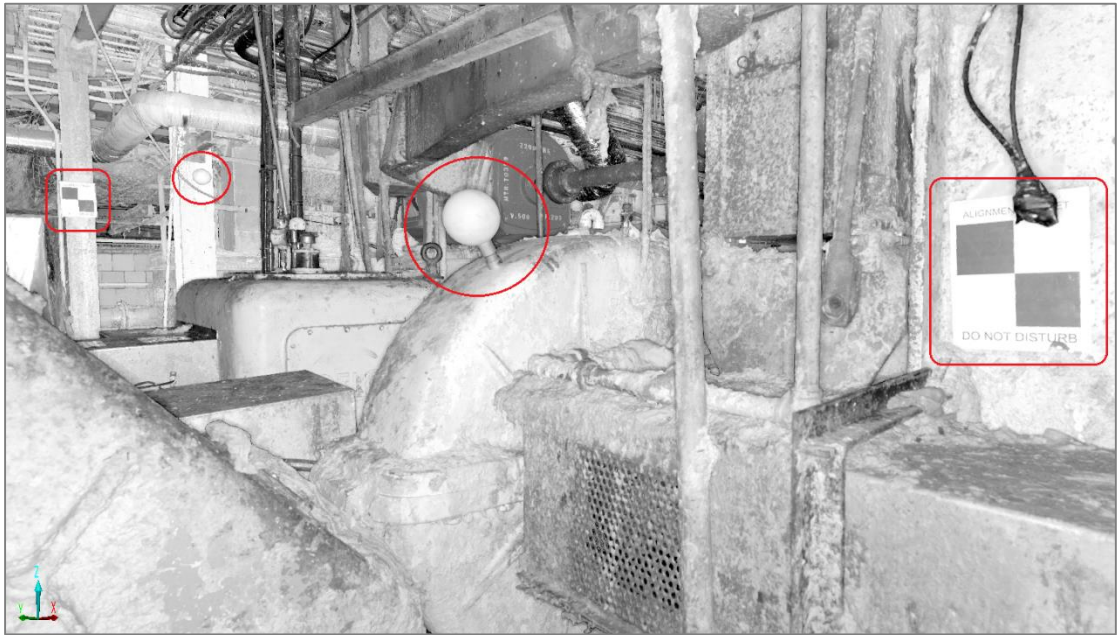
Pistepilvi

Pistepilvi tarkoittaa laserkeilauksella saatua pisteisä koostuvaa kolmiulotteista (x,y,z) geometriatietoa kohteesta (PSK 3402 2013). Yhden keilauksen pistepilvi lasketaan, kuten on aiemmin mainittu: mittaamalla kullekin mittauspisteelle niiden etäisyys sekä horisontaali- ja vertikaalikulmat. Tätä on esitelty Kuviossa 3. Kuviossa 9 on esitelty pistepilvi Navisworks-ohjelmassa. (PSK 3402 2013; Valmet Notes n.d.)



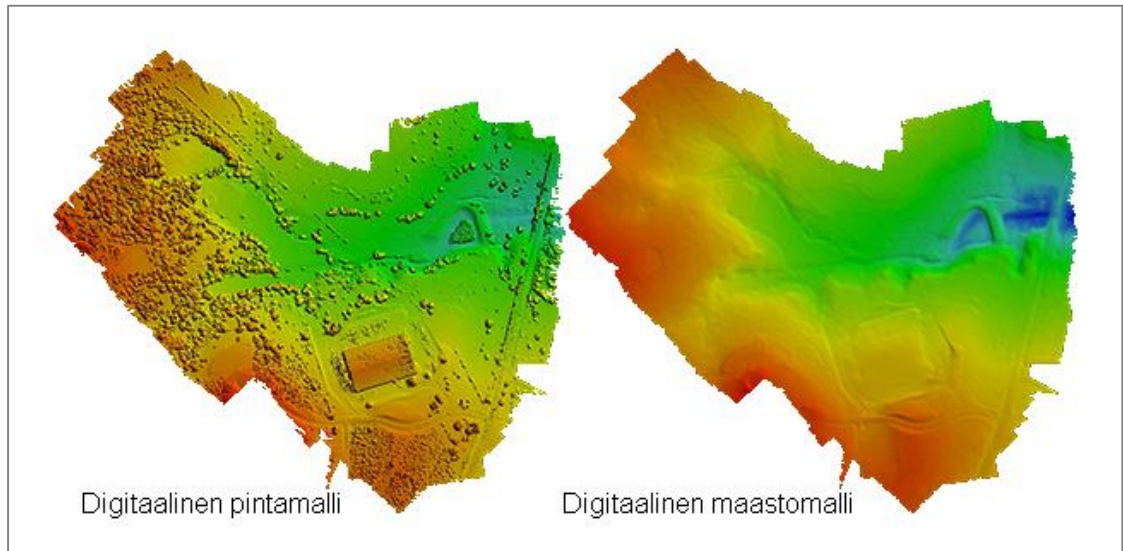
Kuvio 9. Pistepilvi Navisworks-ohjelmassa (Valmet Notes n.d.)

Yhden mittauksen pistepilvi perustuu aina mittalaitteen koordinaatistolle. Yhdistettäessä useiden mittausten pistepilviä nämä yksittäiset koordinaatistot kiinnitetään paikalliseen koordinaattijärjestelmään. Eri pistepilvien kohdistaminen tapahtuu useimmiten erityisten kohdistuspallojen tai kuvioden avulla, joita lisätään kohteen ympäristöön. Kohdistusobjektien lisäksi koordinaatiston hallinnassa käytetään laajoissa kohteissa usein takymetriä, jolla luodaan mittajono skannattavan alueen läpi. Tämän mittajonon avulla pystytään vähentämään merkittävästi mahdollista kasautuvaa mitatvirhettä, joka venyttäisi koordinaatistoa johonkin suuntaan. Kuviossa 10 on esitetty näkymä SCENE LT-ohjelmassa jossa näkyy sekä kohdistuspallo että kohdistuspaperi. Kohdistaminen on mahdollista myös pilvidatan analysoinnin avulla, mutta tämä vaatii hyvin suurta laskentatehoa minkä vuoksi kohdistuspallojen avulla manuaalinen tai osin tietokoneavustettu kohdistus on nopeampaa. Ainoat vaatimukset kohdistuspallojen käytössä ovat, että pallot ovat riittävän isoja ja symmetrisiä sekä että kahden kohdistettavan pistepilven mittauksissa on käytetty kohdistuspalloja, jotka ovat täsmälleen samoissa paikoissa. (PSK 3402 2013; Sundberg 2016; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 10. Kohdistusobjektit SCENE LT -ohjelman näkymässä (Valmet verkkolevy n.d., muokattu)

Pistepilveä on mahdollista käsitellä ja filteröidä erilaisin algoritmein. Tämänlaisen menetelmän käyttötarkoitus on pääasiallisesti ilmasta suoritetusta keilausaineistosta datan lajittelu ja kohdennettu harventaminen. Harventamisessa voidaan esimerkiksi poistaa kaikki puusto, kasvisto tai jopa rakennukset keilatun alueen digitaaliselta pintamallilta, jolloin saadaan ns. digitaalinen maastomalli. Vastaavasti erilaisin algoritmein voidaan keilausaineistoa muun muassa värjätä korkeuden mukaisesti, jonka avulla on mahdollista luoda kuvia joissa on selvästi esitetty korkeuserot. Kuviossa 11 on verrattu tämänlaisia digitaalisia pinta- ja maastomalleja samasta kohteesta. Edellä mainituille menetelmille ei ole varsinaista hyödynnyskohdetta teollisen kohteen keilauksessa, mutta näissä kohteissa on mahdollista luoda algoritmeilla geometrisia objekteja, joita voi hyödyntää takaisinmallinnuksessa. (Vosselman & Maas 2010.)



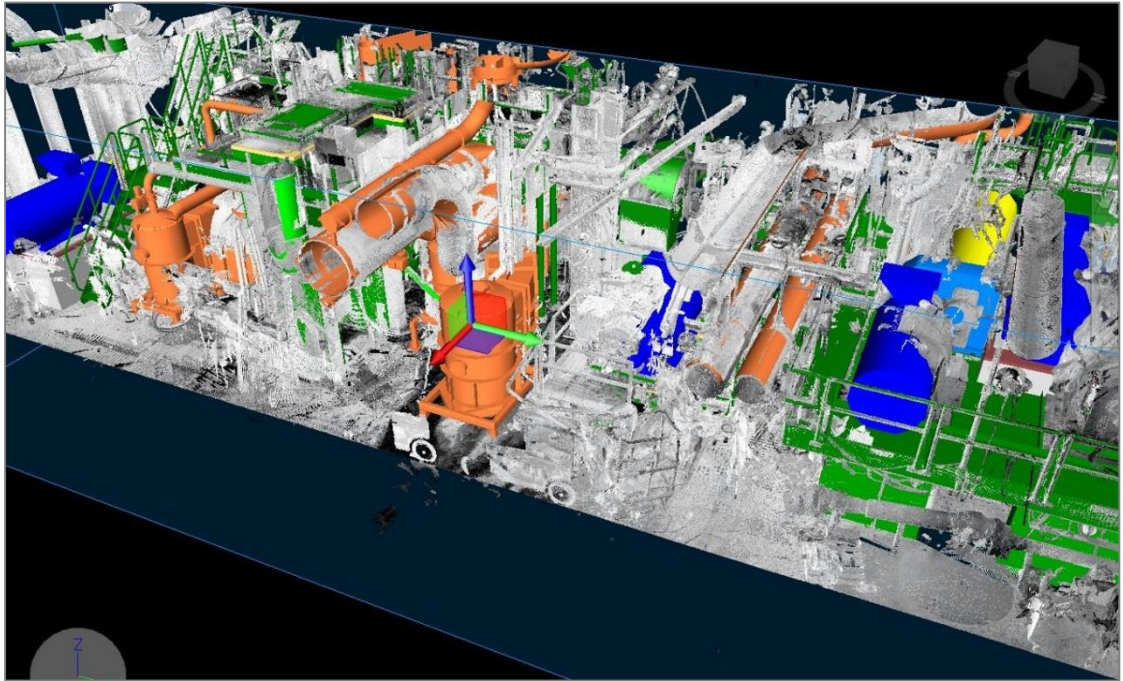
Kuvio 11. Digitaalinen pintamalli ja digitaalinen maastomalli (3D Point Cloud Data from UAS N.d., muokattu)

3 Laserkeilausaineisto

3.1 Laserkeilausaineiston hyödyntäminen

Paperikonemaailmassa uusintakohteissa voidaan laitteisiin tehdä käytännössä mitä vain muutoksia sikäli, että tehtävä muutostyö on suoritettavissa käytettävissä olevan seisokin aikana. Mieluiten kohteisiin tuodaan kuitenkin uusi laite ja siirretään vanha uuteen paikkaan. Edellä kuvatun kaltaisissa tapauksissa tehdään laitteille aina mallinnus jos laitteesta ei ole asiakkaalta saatavissa tarkkoja työkuvia tai piirustuksia. Tämän lisäksi kohteiden vanha rakenne mallinnetaan lähes aina kokonaan karkealla tasolla. Karkean mallin avulla tehdään tilankäytön ja törmäystarkastelua. Mallista luodaan lopulta myös piirustukset asiakkaalle uudistetun paperikoneen rakenteesta. Laserkeilauksen tarkoituksena on luoda yleiskuva kohteesta, josta saadaan mitattua etäisyyksiä ja geometrioita sekä tarkasteltua tilankäyttöä paperikoneen sisä- ja ulkopuolella. Tilantarkastelussa pistepilvimalliin tuodaan usein perinteisissä CAD-suunnitteluohjelmissa luotuja 2D- ja 3D-objekteja, joiden avulla suoritetaan manuaalista törmäystarkastelua. Kuviossa 12 on esitelty edellä mainittua objektien tuontia ja törmäystarkastelua samassa kohteessa kuin kuvio 9. Laserkeilausaineisto on suunnit-

telulle merkittävä apuväline, joka helpottaa, nopeuttaa ja parantaa työtä ja sen laatua. Skannaus ja pistepilvien yhdistäminen vievät aikaa noin 2 viikkoa, mikäli kohde halutaan tämän lisäksi mallintaa, aikaa kuluu satoja tunteja lisää. (Pekkanen 2016; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 12. Pistepilveen tuotuja objekteja törmäystarkastelua varten Navisworks-ohjelmassa. (Valmet Notes n.d.)

3.2 Ohjelmistot

Valmetissa on laserkeilausaineiston käsittelyyn ja katseluun pääasiallisesti käytössä kaksi ohjelmaa: SCENE LT ja Navisworks. Muita ohjelmia joilla voi käsitellä pistepilviä ovat muun muassa: INOVx PlantLINx, Cyclone Cloudworkx, LFM Modeller, LupoScan, 3Dipsos ja Truview. Liitteessä 1 on esitetty vierekkäin kahden Valmetissa käytössä olevan ohjelman tuottamat näkymät samasta kohteesta. Liitteen 1 kuvioissa ilmenee ohjelmien tuottamien näkymien pääasiallinen ero: SCENE LT tuottaa valokuvamaisia näkymiä kun Navisworks enemmänkin vain sijoittaa pisteet avaruuteen ja piirtää tästä kuvan. Näiden kahden ohjelman lisäksi sellaisissa tapauksissa joissa on saatu

Leican laitteilla tehtyä laserkeilausaineistoa asiakkaalta on käytössä myös Truview-ohjelma, josta malli tosin viedään Navisworksiin käyttöä varten. (Isokääntä 2016; Valmet Notes n.d.; Vosselman & Maas 2010)

SCENE LT

SCENE LT-ohjelma on Faron valmistama ilmainen käsittelyohjelma, joka on suunniteltu toimimaan rajapintana skannerin ja tietokoneen välillä sekä olemaan helposti käytettävä ja saatavilla oleva katseluohjelma laserkeilausaineistolle. SCENE LT:n tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu sen verrattainen keveys ja yksittäisten mittaustenäkymien helppo katselu. Ohjelmassa on hyvä etäisyysmittaustoiminto, joka tarjoaa mittauspisteiden välisen etäisyyden lisäksi näiden horisontaali- ja vertikaalietäisyydet. Ohjelmassa on myös 3D-katselu ja -navigointi toiminto, mutta tässä kohteesta katoaa valokuvamaisuus ja selkeys. Tämän lisäksi navigointi kaikista pistepilvistä yhdistetyssä 3D-mallissa on raskasta sekä hankalaa. Ohjelmassa on myös mahdollista navigoida yksittäisen mittauksen pistepilvessä, mikä on huomattavasti kevyempää kuin yhdistetyssä liikkuminen.

Navisworks

Navisworks on Autodeskin valmistama käsittelyohjelma, joka on suunniteltu toimimaan voimakkaana suunnittelutyökaluna. Ohjelma perustuu täysin pistepilvien käsittelyyn 3D-malleina. Ohjelmassa oleva etäisyysmittaustoiminto on SCENE LT:hen verrattuna huono, sillä se näyttää vain valittujen kahden mittauspisteen välisen etäisyyden eikä lainkaan akselien suuntaisia etäisyyksiä. Navisworksissä voi tuoda perinteisistä suunnitteluohjelmista 2D- ja 3D-objekteja havainnollistamaan niiden sopivuutta olemassa olevaan ympäristöön. Näiden objektien avulla voidaan tehdä törmäystarkastelua. 3D-mallissa navigointi on virtaviivaista, mutta ohjelma on raskas ja vaatii tietokoneelta paljon.

Yhteenvetona ohjelmia voisi luonnehtia seuraavasti: SCENE LT on kevyen sarjan ohjelma voimakkaalla mittatyökalulla katselua varten kun taas Navisworks on raskaamman sarjan ohjelma laajalla valikoimalla 3D-työkaluja. Ohjelmien välinen yhteensopivuus toimii siten, että Navisworks kykenee avaamaan ja käsittelemään

erittäin laajaa valikoimaa erilaisia tiedostomuotoja. Faron SCENE LT sen sijaan kykenee käsittelemään vain heidän omien laitteidensa tuottamia tiedostoja.

3.3 Kuvauslaitteisto

3.3.1 Laserkeilain

Valmetilla on itsellään käytettävissä kaksi Faron laitetta: yksi Focus^{3D} X 130 ja yksi Focus^{3D} S120. Elomatic:lla, joka on Valmetin pääasiallisen alihankkija laserkeilaukselle, on tällä hetkellä käytössään muun muassa Faro Focus^{3D} X 330 –laitteet. (Arkimaa 2016; Isokääntä 2016; Sundberg 2016; Valmet verkkolevy n.d.)

Faro Focus^{3D}

Kuviossa 13 on esitelty Faro Focus^{3D} laserkeilain, joka on suunniteltu olemaan mahdollisimman kevyt, edullinen ja helppokäyttöinen. Laite toimii vaihe-ero periaatteella kuten aikaisemmassa opinnäytteen luvussa ja Taulukossa 2 on mainittu. Laitteen hinta on noin 60 000€ luokkaa (Valmet Notes n.d.). Focus^{3D}-laitteiden pisin mitausetäisyys riippuu niiden mallista ja ne ovat Taulukon 2 mukaisesti: 30, 130 ja 330 metriä. Mittaustarkkuus kaikilla malleilla on sama 2mm. Laitteessa on lisäksi värikamera, jolla se ottaa 80 kuvan panoraaman koko skannausalueesta joka on 300° horisontaalisesti ja 360° vertikaalisesti. Elomatic:lla skannausmatkoilla joissa on mukana kaksi laitetta lisätarvikkeineen (kolmijalat, kohdistuspallot yms.) tavarat vievät tilaa kutakuinkin kolme isoa jääkiekkokassillista. Itse keilain painaa noin 5kg, joka on noin 40 % aikaisempien mallien painosta. Laite ei tarvitse mitatessa tietokoneita tai muita laitteita ja se on suunniteltu olemaan tietoturvallinen sillä, että kaikki keilausprojektiin liittyvä data on irrotettavalla SD-kortilla. Kun muistikortin irrottaa ei keilaimen jää mitään tietoja skannauksista. Tietokoneeseen yhdistettäessä Faron SCENE ohjelma tunnistaa keilaimessa käytetyn muistikortin ja tätä kautta aineiston saa käyttöön. Liitteessä 1 olevien kuvioden sekä kuvion 10 aineistot on tehty Focus^{3D}-laitteilla. Laitteessa on lisäksi liitettävyyssominaisuuksia muun muassa autoihin, liikuteltavaan jalustaan joka osaa automaattisesti mitata keilaimen siirtymiä mittausten välissä yms. (FARO Laser Scanner Focus3D X Series – Brochure 2015; Isokääntä 2016.)



Kuvio 13. Tuote-esite kuva Faro Focus^{3D}-laitteesta (FARO Laser Scanner Focus3D X Series – Brochure 2015)

3.3.2 Käsikäyttöinen laserkeilain

Faro Freestyle^{3D}

Kuviossa 14 on esitelty Faro Freestyle^{3D} kannettava skanneri, jonka toiminta perustuu triangulaatioon kuten opinnäytteen aikaisemmassa luvussa ja Taulukossa 2 mainittiin. Toimintaperiaatteestaan johtuen laitteen toimintaetäisyys on 0,5-3m ja sen suurimman skannaustilavuuden on ilmoitettu olevan 8m³ ja mittaustarkkuuden olevan alle 1,0mm. Laite on hinnaltaan noin 12 000 dollarin luokkaa (Grunewald 2015). Faron mukaan laitteella luotu aineisto on hyvin helppo ja suoraviivainen yhdistää muuhun esimerkiksi Focus^{3D}-laitteiden keilausaineistoon, jonka vuoksi sillä pystyisi keilaamaan pieniä katvealueita kätevämmiin kuin usealla mittausasemalla. Laite ei yksinään sovellu erityisen hyvin paperikoneympäristössä mittaukseen rajallisen skannattavan alueen vuoksi, mutta esimerkiksi varaosien ja telojen päätyjen mittaukseen se voisi soveltua. Laite painaa noin yhden kilon ja toimiakseen se pitää kytkeä Windows-tablettiin, jossa on SCENE Capture sovellus. Laitteen kuljettaminen tarkoittaa tavaramää-

ränä noin yhtä salkullista. Lisäksi laitteessa on värikamera havainnollistavamman näkymän saavuttamiseksi sekä automaattinen salamavalo jonka ansiosta laitetta voi käyttää hämärämmissäkin olosuhteissa tarkasti. (Faro Freestyle Brochure 2015.)



Kuvio 14. Tuote-esitekuva Faro Freestyle^{3D} kannettavasta skannerista (Faro Freestyle Brochure 2015, muokattu)

3.3.3 Tulevaisuuden potentiaalinen halpa käsi­käyttöinen laserkeilain

Kinect-sensori

Microsoftin Xbox pelikonsoleille alun perin suunniteltu Kinect-sensori käyttää triangulaation perustuvaa laserkeilausta liikkeentunnistukseen. Sensorille on luotu useita ohjelmia, jotka hyödyntävät tätä olemassa olevaa teknologiaa 3D-skannaukseen. Näitä ohjelmia ovat muun muassa Microsoftin 3D Scan ja 3D Builder, ReconstructMe, Skanect sekä KScan3D. Näistä Microsoftin ohjelmat ja KScan3D ovat täysin ilmaisia ja hyödynnettävissä kaupallisesti. ReconstructMe ja Skanect ovat ilmaisia ei-kaupallisessa käytössä, mutta kaupallista käyttöä varten niistä on hankittava maksulliset versiot. Normaalisessa käytössä sensori saa virtansa pelikonsolilta yhdellä kaapelilla, mutta toimiakseen 3D-skannerina sensori täytyy liittää tietokoneeseen erillisellä adapterilla. Adapterin kanssa käytettäessä sensori tarvitsee lisäksi verkkovirtajohdon. Sensori ja tarvittavat lisätarvikkeet maksavat yhteensä noin 200

euroa. (3D Builder n.d.; 3D Mesh Generation with KScan3D software and Kinect n.d.; 3D Scan n.d.; Kinect Adapter for Windows n.d.; Kinect Sensor for Xbox One n.d.; ReconstructMe n.d.; Skanect 3D Scanning Software by Occipital n.d.; Xbox One tarvikkeet n.d.)

Kinect-sensoreista on tällä hetkellä kaksi kehitysversiota: ensimmäinen vanhemmille Xbox 360- ja toinen uudemmille Xbox One- pelikonsoleille. Uudemmassa versiossa tarkkuus on parantunut huomattavasti (Pagliari & Pinto 2015, 27580–27581). Parannuksista huolimatta sensorin tuottaman keilausaineiston tarkkuus on melko huono. Sensorin tuottaman aineiston sekä satunnaisvirhe että mittauspisteiden välinen etäisyys kasvavat molemmat eksponentiaalisesti etäisyydestä riippuen. Laitteen tarkkuus on noin 1 cm yhden metrin mittausetäisyydellä, joka huononee 4 cm satunnaisvirheeksi ja 7 cm pisteväliseksi viiden metrin maksimi mittausetäisyydellä. Tämä laitteen epätarkkuus yhdistettynä verkkovirtajohdon tarpeen aiheuttamaan rajalliseen käyttöalueeseen ja mahdollisiin työturvallisuusriskeihin rajoittaa sensorin käytettävyyttä paperitehtailla. Tämän lisäksi aineiston tuottaminen ja hyödynnys vaatii jonkinasteista paneutumista ja opetteluja, jotta mittauksilla saa luotua aineistoa, joka saavuttaa edellä mainitun tarkkuuden. (3D Builder n.d.; 3D Scan n.d.; Khoshelham & Elberink 2012, 1450–1451; Kinect Adapter for Windows n.d.; Kinect Sensor for Xbox One n.d.; Sundberg 2016.)

Massachusetts Institute of Technologyssä eräs tutkijaryhmä on saanut luotua menetelmän, jolla Kinectillä tehtävän skannauksen tarkkuutta on mahdollista nostaa jopa 1000-kertaa paremmaksi. Tämä menetelmä, joka hyödyntää polarisoitua valoa pinnan orientaation määrittämiseen ja yhdistää tämän tiedon Kinect-sensorin syvyystietoihin, ei ole vielä kaupallisesti hyödynnettävällä tasolla. Tästä huolimatta tutkijoiden tulokset luovat suuria odotuksia tarkoille ja halvoille skannauslaitteille tulevaisuudessa. (Hardesty 2015.)

3.3.4 360°-kamera

360°-videokamerat ovat viime vuosien aikana nousseet hittituotteeksi varsinkin viihdemarkkinoilla, joilla niiden kasvua vauhdittavat muun muassa virtuaalitodellisuuslaseit. Tämän trendin vuoksi markkinoilla olevat laitteet ovat suunniteltu enemmän viihdekäyttöön kuin teollisiksi työkaluiksi. Laitteistot vaihtelevat useiden, jopa kymmeneen, kameroiden viritelmistä, yksinkertaisiin ja suoraviivaisiin laitteisiin. Markkinoiden korkeimmassa teknologisessä tasossa on mahdollisesti opinnäytteen kirjoittamisen aikaan juuri julkaistu Nokia OZO virtuaalitodellisuuskamera. Tämä laite tosin maksaa noin 55 000 € ja on suunniteltu kuvaamaan ammattitasaista videota virtuaalitodellisuuslaseille. Laitteen valtavan hinnan ja videoihin keskittymisen vuoksi sitä ei ole tarkasteltu tarkemmin. (Nokia OZO Virtual Reality Camera with 360-degree audio and video capture n.d.; The 7 Best 360° Cameras and Rigs for Shooting INSANELY Awesome VR Video 2015.)

Valtaosa useiden irrallisten kameroiden virityksistä koostuu useista GoPro -kameroista erilaisissa jalustoissa. Yksinkertaisia ja virtaviivaisia ratkaisuja löytyy myös useilta valmistajilta: näitä laitteita ovat muun muassa Samsung Gear 360, Ricoh Theta S, 360fly, Giroptic 360cam, Bublcam ja V.360. Näistä Samsung Gear 360 ja Ricoh Theta S ovat teknisesti muita parempia siinä määrin, että ne kykenevät tuottamaan laadukkaita valokuvia vaivattomasti. Samsung Gear 360 tosin on rajoittunut käytettävyydeltään siten, että se vaatii Samsungin valmistaman uudehkon kännykän sujuvan toiminnan varmistamiseksi. Tästä syystä vain Ricoh Theta S -laitetta on tarkasteltu tarkemmin referenssinä siitä mitä vastaavilta laitteilta voi odottaa ja vaatia. (Ricoh Theta S n.d.; Samsung Gear 360 n.d.; The 7 Best 360° Cameras and Rigs for Shooting INSANELY Awesome VR Video 2015.)

Ricoh Theta S

Kuviossa 15 on esitelty Ricoh Theta S 360° -videokamera, joka on pääasiallisesti suunniteltu viihdekäyttöön. Tästä huolimatta sen 360°-valokuvatoiminto on mahdollisesti riittävän hyvälaatuinen korvaamaan nykyhetkellä käytettävät kännykkäkamerat. Laitteen videokuva sen sijaan ei ole riittävän hyvä- ja tasalaatuinen kohteiden tarkaste-

lua varten. Laitteessa on kaksi kalansilmäobjektiivia vastakkaisilla puolilla. Etuna perinteisiin valokuvaan on koko ympäristön havainnointi, joka mahdollistaa laajemman jälkikäteen tarkastelun kuvattuihin kohteisiin. Merkittävänä puutteena verrattuna laserkeilaukseen on kaikkien mittaushetkensä puute. Laitteen listahinta on 350 dollaria. Tiedonsiirtoa varten se tarvitsee vain nykyaikaisen älypuhelimien jossa on valmistajan ohjelma tai tietokoneen jossa on kuvien katseluun soveltuva ohjelma. Laitteen muistiin mahtuu noin 1600 kuvaa täydellä kuvanlaadulla, mutta sen akku kestää vain noin 260 valokuvan ottamisen. Kamerassa ei ole sisäänrakennettua salamaa, jonka vuoksi hämärä alueiden kuvauksessa lisävalonlähde voi olla tarpeen. Laitteen käyttö ei vaadi koulutusta vaan nopea perehdytys on riittävä. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi 360°-kuvat voisivat olla hyvä, edullinen ja nopea parannus nykytilanteeseen tilantarkastelua varten. (Ricoh Theta S n.d.)



Kuvio 15. Ricoh Theta S 360° -videokamera (Ricoh Theta S n.d.)

3.4 Tietokonelaitteisto

Tässä opinnäytteen aluvussa käsitellään erilaisia tietokonelaitteistoja siltä näkökanalta ovatko ne kuinka soveltuvia laserkeilauksineiston käsittelyyn. Tätä varten aineiston käsittelyn aiheuttamaa rasitusta mitattiin yhdellä pienikokoisella (54,5 giga-

tavua) projektilla nykyaikaisessa ja tehokkaassa tietokoneessa (kts. Liite 2). Useampien ja suurempien projektien tutkimisen tällä laitteistolla esti näiden projektien merkittävästi suurempi koko (useita satoja gigatavuja).

Rasitusta tarkkailtiin kahden pääasiallisesti hyödynnettävän ohjelman osalta: SCENE LT ja Navisworks. Navisworksin osalta tarkastelussa päädyttiin siihen lopputulemaan, että ohjelma kuormittaa pääasiassa tietokoneen keskusmuistia ja hieman prosessoria, mutta ei lainkaan näytönohjainta. SCENE LT -ohjelma ei peruskäytössä kuormita merkittävästi mitään osa-alueista. 3D-moodissa SCENE LT -ohjelma sen sijaan kuormitti myös jonkin verran näytönohjainta muiden osa-alueiden hieman suuremman rasituksen lisäksi.

Tarkastelua tehtiin Navisworksin osalta kahteen eri otteeseen 16 ja 32 gigatavulla keskusmuistia. Näiden testien ero oli käytetyllä testiaineistolla selvä: pienemmällä määrällä keskusmuisti täyttyi täysin kun suuremmalla määrällä muistia jäi vielä käyttämättä. 32 gigatavun muistimäärällä käytetty muisti ylitti pienemmässä testissä käytetyn 16 gigatavua. Kun samaa aineistoa tutkittiin kolme vuotta vanhalla kannettavalla, jossa on 12 gigatavua keskusmuistia, käytön sulavuus oli hidasta ja tökkivää. On erittäin todennäköistä, että muutkin seikat vaikuttavat aineiston käsittelyn sulavuuteen kuin pelkkä keskusmuistin määrä, mutta näitä on jokseenkin hankala tarkastella ilman laajamittaista tutkimusta useilla erilaisilla laitteistoilla sekä aineistoilla.

Tietokonelaitteille voisi tämän karkean tarkastelun perusteella antaa suositukseksi Navisworks ohjelmaa käytettäessä vähintään 16 gigatavua keskusmuistia ja muilla osa-alueilla nykyaikaista teknologiaa, jotta laserkeilausaineiston käsittely olisi sulavaa. SCENE LT ohjelmaa käytettäessä on todennäköistä, että vähempi määrä keskusmuistia riittää. Jyväskylän kapitaalimyynnin tämän hetkinen laitekanta on lähes kaikkien tietokoneiden osalta soveltuva kevyemmän SCENE LT ohjelman käyttämiseen, Navisworks ohjelman kanssa työskentelyä varten olisi suositeltavaa päivittää laitteita (Rekilä 2016).

3.5 3D-skannauksen käyttö muualla teollisuudessa

Laserkeilauksen hyödynnystä muualla teollisuudessa pyrittiin selvittämään hyvän tav mukaisesti haastattelupyynnöiden kautta, joita toimitettiin muutamille suomalaisille yrityksille, joiden tiedetään hyödyntävän laserkeilausta korkealla tasolla. Haastattelupyynnöt toimitettiin alihankkijan kautta heidän edustajansa kanssa tehdyn haastattelun jälkeen. Haastattelupyynnöihin ei saatu lainkaan vastauksia.

Elomatic

Elomatic on verkkosivujensa mukaan ”konsultointi-, suunnittelu-, tuotekehitys- ja projektinhallintapalveluita sekä tuotteita ja kokonaisratkaisuja teollisuusyrityksille sekä julkisen sektorin organisaatioille” tarjoava suomalainen perheyritys. Elomaticilla on kaiken kaikkiaan 950 työntekijää useissa maissa. Yritys on hyödyntänyt laserkeilausta toiminnassaan jo 15 vuoden ajan. Skannaukseen pohjautuvia erilaisia palveluita ja tuotteita yrityksellä on useita vaihdellen perinteisistä rakennepiirustuksista virtuaalitodellisuus applikaatioihin. (Elomatic lyhyesti n.d.; Sundberg 2016.)

Eräällä tuulivoimavaihdetoimittajalla käytetään laserkeilausta huolto- ja uusintatoiminnassa kilpailijoiden vaihteisiin siten, että näistä jää vanha kuori ja sisustat uusitaan omilla laitteilla. Tällöin vanhasta kuoresta on saatava tarkka 3D-malli, jotta sitä voidaan koneistaa uusille osille sopivaksi tai, että uudet osat voidaan valmistaa sille sopiviksi. (Sundberg 2016.)

Japanissa on joissakin alueilla käytössä kaavoituksessa ja kiinteistöjen hallinnassa järjestelmä, joka perustuu 2m³ kuutioihin. Tätä järjestelmää on viime vuosina alettu pitää yllä käyttäen hyödyksi ilmasta käsin tehtyä laserkeilausta, jota tämän jälkeen koneellisesti analysoidaan ja verrataan olemassa oleviin tietoihin järjestelmässä. Edellä kuvatun rakennustietojärjestelmän lisäksi Japanissa on käytetty vastaavaa menetelmää luonnonkatastrofien vahinkojen ja laajuuden sekä normaalien luonnossa tapahtuvien muutoksien tarkasteluun. Tällä tavoin kerätyllä aineistolla pyritään lisäksi ennaltaehkäisemään mahdollisia suurempia luonnonkatastrofien aiheuttamia tuhoja. (Geoinformatics n.d.; Vosselman & Maas 2010; Vu, Matsuoka & Yamazaki 2007.)

Maastokartoitus

Sähkölinjojen, rautateiden ja pinnanpäällisten putkistojen kartoitukseen ja tarkastukseen käytetään ilma-aluksista suoritettavaa laserkeilausta. Näissä sovelluksissa tarkoituksena on kartoittaa kohteen kuntoa: mm. sähkötolppien kuntoa, sähkölankojen riippumaa, vaurioituneiden verkkokomponenttien havainnointia sekä sähkölinjalla olevaa kasvistoa ja ympäröivää puustoa. Tämän aineiston pohjalta sähköyhtiöt voivat kohdistaa korjaukset ja parannukset oikeisiin kohteisiin. Vastaavasti samaa tekniikkaa, jossa jollakin ilma-aluksella lennetään pitkin kuvattavaa kohdetta, käytetään putkistojen ja muiden laaja-alaisten kohteiden kartoituksessa. Tämänlaisissa sovelluksissa on käytössä sekä miehittyihin että miehittämättömiin helikoptereihin kiinnitettyjä laitteistoja. Miehittyissä helikoptereissa ei ole merkittäviä rajoituksia laitteiston painolle tai koolle helikoptereiden ison kantokyvyn ja polttoainevarantojen vuoksi. Miehittämättömillä helikoptereilla sen sijaan toimitus- ja laitteiston paino ovat merkittävät rajoittavat tekijät sekä teknologisesta näkökulmasta että lainsäädäntöjen vuoksi. Vaikka miehittämättömän laitteen toimitus- ja laitteiston paino ovat merkittävät rajoittavat tekijät sekä teknologisesta näkökulmasta että lainsäädäntöjen vuoksi. Vaikka miehittämättömän laitteen toimitus- ja laitteiston paino ovat merkittävät rajoittavat tekijät sekä teknologisesta näkökulmasta että lainsäädäntöjen vuoksi. Vaikka miehittämättömän laitteen toimitus- ja laitteiston paino ovat merkittävät rajoittavat tekijät sekä teknologisesta näkökulmasta että lainsäädäntöjen vuoksi. (John Chance Land Surveys 2016; Tervo 2014; Vosselman & Maas 2010.)

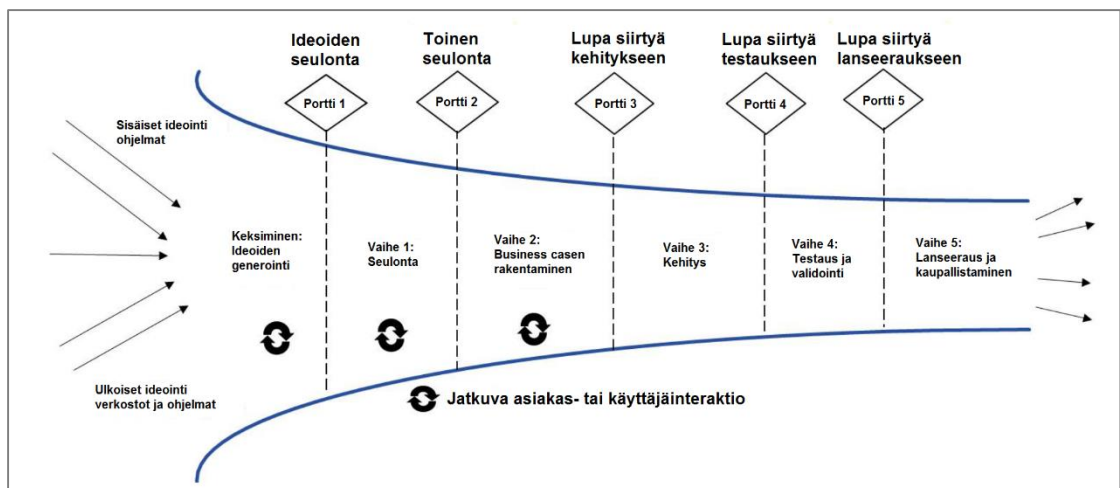
4 Tarjous- ja toteutusprosessit

4.1 Asiakkaan osto- ja toimittajan myyntiprosessi

Seuraavissa alaluvuissa kuvataan aluksi Paperitehtaat-liiketoimintayksikön tarjousprosessia sekä tarkemmin kapitaalimyynnin myyntiprosessia, joiden jälkeen näille luodaan vertailukohtaa asiakasosapuolen yleisesti käyttämällä prosessimalleilla.

4.1.1 Paperitehtaat-liiketoimintayksikön tarjousprosessi

Valmetin Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessi noudattaa sovellettua ja omaan toimintaan vahvasti optimoitua vaihe–portti-mallia. Vaihe–portti-malli on Cooperin ja Edgettin, jotka ovat myös Stage-Gate Internationalin perustajat, 1980-luvulla luoma tuotekehitys- tai businessprosessi (ks. kuvio 16). Vaihe–portti-malli perusmuodossaan kuvaa idean tai innovaation taivalta tuotteeksi tiettyjen vaiheiden läpi. Valmetin sovelletussa prosessissa idean kehitys tuotteeksi on korvattu tunnistetun myyntimahdollisuuden jalostuksella kaupaksi. Malli sopii projektityyppiin myyntiin hyvin, koska yksikään projekti ei ole ikinä samanlainen kulultaan, vaikka toimitettava laitteisto olisikin. Edellä mainitun lisäksi tuotemyynissä yleisesti myydään ominaisuuksia, kun sen sijaan projektimyyynnissä myydään asiakkaalle ratkaisu. Ratkaisu määritetään asiakkaan tarpeiden perusteella, ja usein sen on lisäksi oltava hyvin perusteltavissa, sillä asiakas on lähes aina ammattilainen tai suuri organisaatio. (Edgett 2015, 1–5; Innovation Process n.d.; Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)



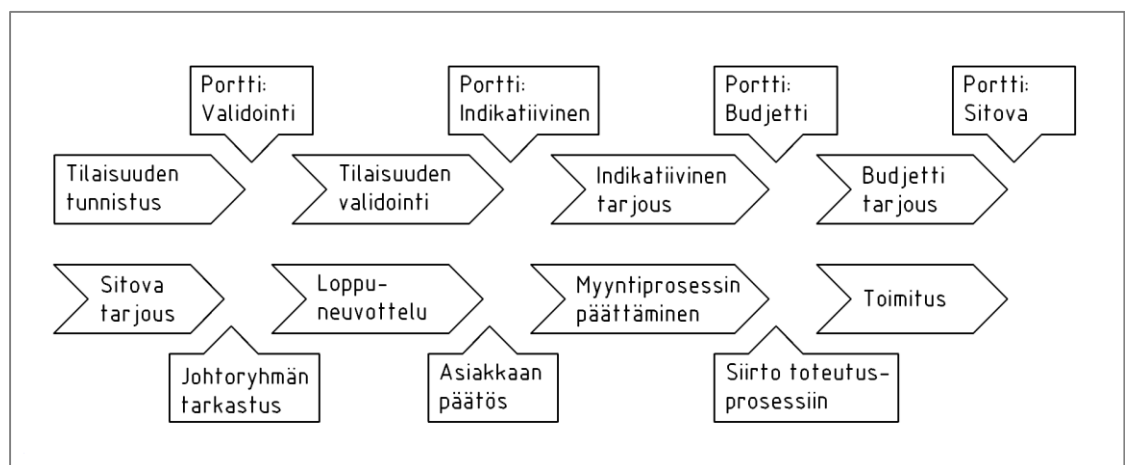
Kuvio 16. Tyypillinen vaihe–portti-prosessi (Edgett 2015, 3, suomennettu; mukailten Jussila 2012, 30)

Prosessissa vaiheiden välissä ovat portit, joissa on sekä tiukkoja *Must-Meet* -kriteereitä että hieman väljempitä *Should-Meet* -vaatimuksia. Mikäli yksikin tiukka vaatimus

ei täyty, projekti ei läpäise porttia. Väljemmissä vaateissa ehdon täytyminen on suositeltavaa, mutta ehdon täyttymättä jääminen ei yksinään estä eteenpäin menoa. Mikäli projekti ei läpäise porttia, se joko lopetetaan tai laitetaan jäihin odottamaan lisäinformaatiota tai -toimia, joiden avulla se läpäisee portin. Kuviosta 16 ilmenee myös tämän tyyppisen prosessin tärkeä perusominaisuus, joka on suppilomaisuus. Suppilomaisuus tässä prosessissa tarkoittaa sitä, että projektien lukumäärä vähenee sitä pienemmäksi, mitä pidemmällä vaiheissa edetään. (Edgett 2015, 1-5; Innovation Process 2016; Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)

4.1.2 Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessi

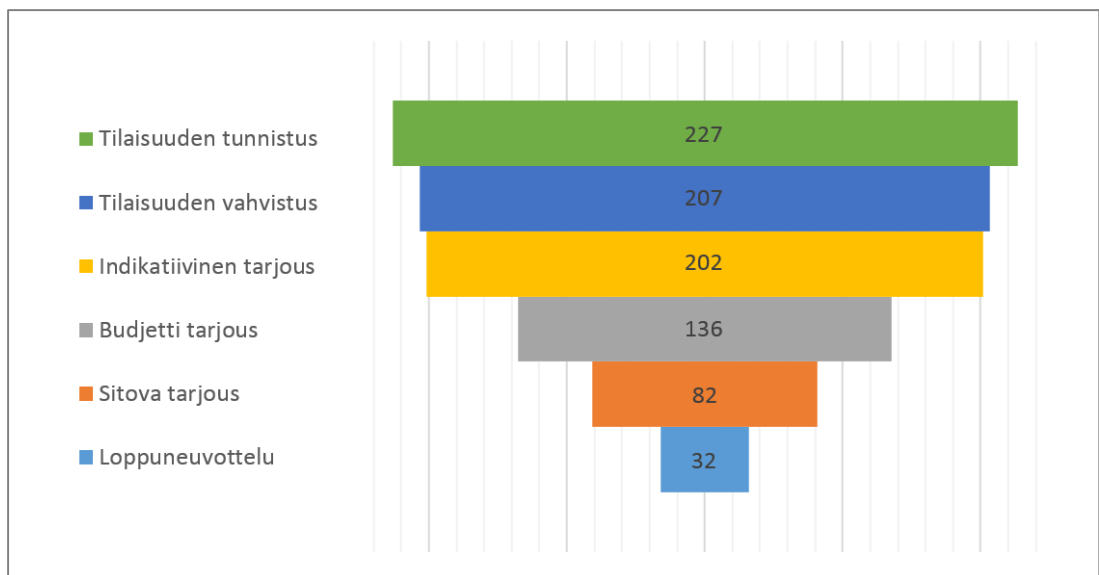
Kuviossa 17 on esitetty Valmetin Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessin vaiheet ja portit. Kapitaalimyyntiin piiriin lasketaan sellaiset projektit, joissa toimituslaajuus on kokonainen rakenneryhmä tai suurempi. Kuten kuviosta 17 käy ilmi, prosessi on sovitettu paperikoneiden myyntiin korvaamalla tuotteen kehitys- ja lanseerausvaiheet asiakkaan tarpeiden kartoituksella ja näiden pohjalta tapahtuvalla konseptin jatkuvalla tarkentamisella, kunnes asiakkaan kanssa saavutetaan yhteisymmärrys projektin sisällöstä. Kun yhteisymmärrys on saavutettu, siirrytään kaupallisiin neuvotteluihin. (Immonen 2016; Pelkonen 2016; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 17. Valmetin Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessin vaiheet ja portit (tiedot Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)

Funnel

Myyntiprosessissa on yleisesti ominaista, että käsiteltävä massa vähenee jatkuvasti pidemmälle vaiheissa edettäessä. Tämä ilmiö johtuu toimittajan pyrkimyksestä foku- soida omaa toimintaansa, asiakkaiden karsiutumisesta, kun projekteihin sitoutumi- nen ei olekaan kyseisellä hetkellä realistista tai muista syistä joiden vuoksi toimittajan ja ostavan osapuolen kesken ei päästä yhteisymmärrykseen. Tämänlaista suppilo- maista ilmiötä kutsutaan Valmetissa *funneliksi*. Kuviossa 18 on esitetty kapitaali- myynnissä vuonna 2015 tehtyjen funnel päätösten lukumäärät. Kuviosta 18 ilmenee myöhemmissä vaiheissa hyvin projektien määrän suppilomainen väheneminen. Alku- vaiheessa massa vähenee tällä hetkellä vielä liian vähän, ja projekteja tulee indikatiiv- isen tarjouksen vaiheeseen enemmän kuin olisi optimaalista (Oikarinen 2016). (Im- monen 2016; Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 18. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyynnin funnel-päätösten luku- määrä vuonna 2015 (tiedot Valmet CoMPass n.d.)

Omatoiminen harventaminen on yleensä lähes puhtaasti taloudellisiin intresseihin pohjautuvaa, koska vain viimeisiin vaiheisiin pääsevistä projekteista ne, mitkä voite- taan tilaukseksi, tuovat rahaa yritykseen. Tästä poikkeuksen tekevät erilaiset esisuun-

nittelupakettien myynnit, jotka kattavat omat kulunsa. Saatujen projektien on katettava muidenkin projektien kulut, eli jos projekteja saadaan fokuksittua oikein riittävän aikaisin, saadaan aikaan säästöjä ja kustannustehokkaampaa toimintaa. Taulukossa 3 on listattu kuvion 18 lisätiedoiksi saatujen ja hävittyjen kauppohen suhde eli osu- prosentti sekä jakauma uusien linjojen ja uusintojen välillä. (Immonen 2016.)

Taulukko 2. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyynnin osu- prosentti sekä jakauma uusien linjojen ja uusintojen välillä vuonna 2015 (tiedot Valmet CoMPass n.d.)

	Uusinta	Uusi linja	Kaikki
Projektien jakauma	68 %	32 %	
Osuma %	59,3 %	62,5 %	59,7 %

Tilaisuuden tunnistus ja validointi

Prosessin ensimmäiset vaiheet toteutuvat ns. ruohonjuuritasolla kenttätoiminnoissa. Kenttätoiminnoilla tarkoitetaan eri alueilla olevia asiakkaiden ja tehtaiden kanssa toimivia yhdyshenkilöitä. Nämä henkilöt käyvät jatkuvaa keskustelua asiakkaiden kanssa ja pyrkivät tunnistamaan ongelmia tai parannuskohteita, joihin Valmetilla olisi mahdollisesti jotain tarjottavaa. Tunnistettujen kohteiden pohjalta käynnistetään sisäinen kysely, jolla pyritään selvittämään, onko Valmetilla tarjota teknologiaa ja kilpailukykyistä ratkaisua havaittuihin ongelmiin. Kysely toimii myös kriteerinä validointi- portissa. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

Indikatiivinen portti ja tarjous

Indikatiivisen portin läpäistäkseen projektille täytyy olla alustavasti todennettu, että Valmetin kannattaa osallistua tarjouskilpailuun. Todentamisen perusteisiin kuuluu muun muassa alustava takaisinmaksulaskelma ja sisäisen toimintamallin valinta. Indikatiivinen tarjous on yleensä muutamasiivinen Powerpoint-esitys, jossa on alustava layout-kuva paperikoneesta sekä alustavia laskelmia saavutettavista tuotantotasoista ja asiakkaan investoinnin takaisinmaksusta. Tämä vaihe toistuu yleensä vähintään pa-

riin kertaan, ennen kuin projekti siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Tämä vaihe sekä tilaisuuden validointi ovat osa *Presalesiksi* kutsuttua toimintoa. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

Budjettiportti ja -tarjous

Budjettiportissa läpäisykriteereihin kuuluu perusteellisemmat projektin takaisinmaksulaskelmat, aikataulu sekä selvitys siitä, että Valmet on teknisesti ja kaupallisesti kilpailukykyinen. Budjettivaiheelle on tyypillistä, että asiakas selvästi osoittaa kiinnostusta ostaa esitellyn ratkaisun ja, että Valmet sisäisesti haluaa myydä. Budjettitarjous on yleensä noin 40–50-sivuinen dokumentti, johon kuuluu muun muassa tekninen erittely ja laskelmat. Tätä erittelyä käytetään pohjana keskustelulle asiakkaan kanssa ja sitä revisioidaan yleensä useita kertoja, ennen kuin kaikki yksityiskohdat on hiottu kohdilleen. Tässä vaiheessa projektille nimetään myös tarjousinsinööri, myyntipäällikkö sekä teknologi, mikäli sellaista ei ole jo Presales-vaiheessa hyödynnetty. Nämä ja muut aikaisemmin projektin parissa työskennelleet henkilöt pitävät projektille aloituspalaverin, jossa välitetään kaikki tarvittava tieto kaikille osallistuville henkilöille. Asiakkaan puolelta tässä vaiheessa on yleensä neuvotteluissa paikalla tekninen henkilöstö, minkä vuoksi Valmet pyrkii omatoimisesti rajoittamaan projektin laajuutta vastaamaan asiakkaalta saatuja indikaatteja halutusta kustannustasosta jo ennen, kuin asiakkaan taloudellinen henkilöstö tulee neuvotteluihin mukaan tavoitteenaan viedä hintaa alaspäin. Vastaavasti kuin edellisessä vaiheessa tämäkin vaihe yleensä toistuu muutamia kertoja, ennen kuin projektissa on järkevää siirtyä eteenpäin. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

Sitova portti ja tarjous

Sitovassa portissa kriteereinä on muun muassa seuraavia asioita:

- asiakkaan aikataulu päätökselle on tiedossa
- projektille on saatu karsittua yksi kilpailukykyinen konsepti
- konsepti on asiakkaan hyväksymä
- projektiin on saatu myytyä esisuunnittelu, asiakas maksaa tarjouksesta tai projekti käydään tarjouskilpailuna.

Sitovassa vaiheessa hoidetaan asiakkaan kanssa kuntoon kaikki dokumentit, joihin kuuluu muun muassa käytettävät standardit, komponenttilistat, takuu- ja sopimusasiakirjat. Sopimusasiakirjoissa määritellään muun muassa myös se, miten toimitusrajat ja vastuut eri osapuolten välillä projektissa jakautuvat. Sitovan vaiheen aikana projektia tarkastellaan yleensä useissa konseptikatselmuksissa sisäisesti. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

Johtoryhmän tarkastus ja loppuneuvottelu

Johtoryhmän tarkastuksessa tarkastellaan sopimuksellisia seikkoja, projektin riskianalyysiä ja tavoiteltavaa katetasoa. Asiakas päättää aina ketkä he kutsuvat loppuneuvotteluihin sitovien tarjouksien pohjalta. Nykyään Valmet etenee loppuneuvotteluihin lähes kaikissa projekteissa, joihin se päättää osallistua. Mikäli Valmet ei ole loppuneuvotteluissa, se on yleensä oma päätös poistua kilvasta projektin riskeihin ja kannattavuuteen liittyvien seikkojen vuoksi tai siksi, että asiakas on itse laittanut projektin odottamaan otollisempaa hetkeä. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

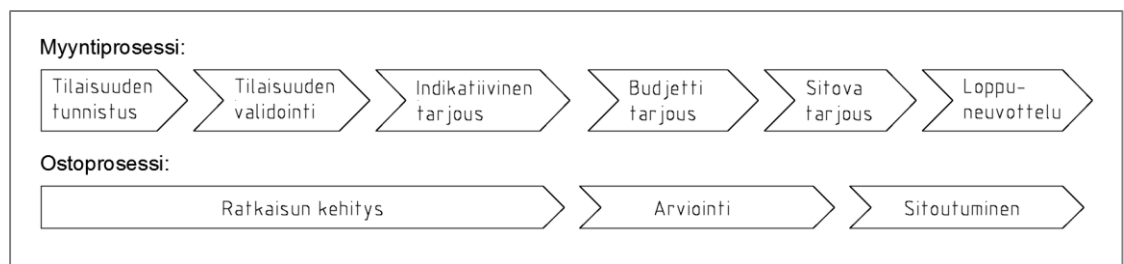
Siirto toteutusprosessiin

Asiakkaan päätöksen perusteella projektin myyntiprosessi lopetetaan. Siinä tapauksessa, että Valmet sai kaupan, projekti siirretään toteutusprosessiin, jonka yhteydessä koko projektin parissa työskentelevä henkilöstö vaihtuu. Tästä syystä tässä vaiheessa käydään sisäisesti useita aloituspalavereja, joissa välitetään myyntiprosessin aikana kartutettu tieto toteutusprojektille. Projektin siirryttyä toteutusprosessiin voidaan siihen aloittaa perus- ja yksityiskohtainen suunnittelu niissä tapauksissa, joissa ei ole näitä sisältäviä esisuunnittelupaketteja myyty etukäteen. Mikäli jonkinasteinen esisuunnittelupaketti on myyty, voidaan suunnittelutyö aloittaa välittömästi jo ennen, kuin myyntiprosessi on saatettu loppuun. (Immonen 2016; Valmet Notes n.d.)

4.1.3 Asiakkaan ostoprosessi

Asiakkaan ostoprosessille on Laukkasen (2010, 7-8) mukaan useita eri tarkkuuksisia malleja. Valmetin sisäisissä materiaaleissa, joihin kuvio 19 perustuu, ostoprosessi on kuvattu hyvin karkeasti kolmivaiheisena. Näistä vaiheista ensimmäinen on asiakkaan

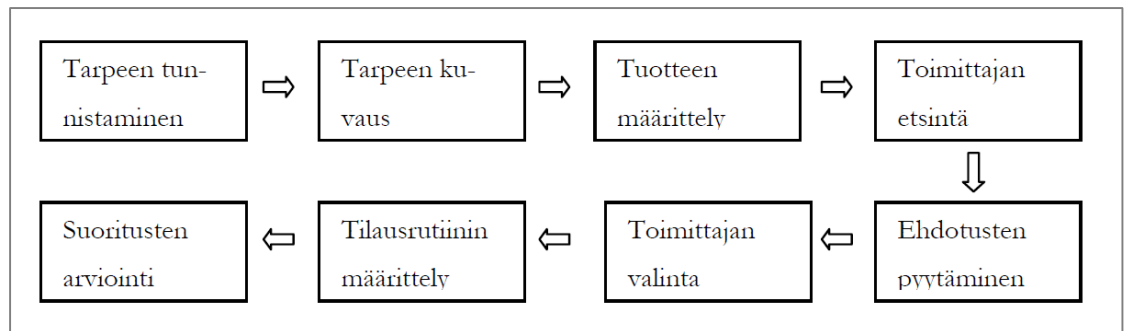
hakeman ratkaisun kehitys, joka vastaa kapitaalimyyntiprosessin presales vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa asiakas pyrkii luomaan projektille heitä miellyttävän toimituslaajuuden sekä teknisesti että taloudellisesti. Toisessa vaiheessa ratkaisu on saatu rajattua pieneen määrään eri variaatioita, joita arvioidaan keskenään sekä saman toimittajan vaihtoehtojen kesken että eri toimittajien välillä. Toisen vaiheen aikana eri variaatiot tiputetaan pois, jotta päätöksentekoprosessi voidaan aloittaa yhden selvän konseptin kanssa. Vaiheista kolmas ja viimeinen on sitoutuminen, joka tapahtuu siinä vaiheessa, kun asiakas tekee päätöksen siitä, että he tekevät investoinnin tiettyjen ehtojen rajoissa. Tämän päätöksen jälkeen on enää jäljellä toimittajan valinta loppuneuvotteluissa. (Valmet Notes n.d.)



Kuvio 19. Paperitehtaat-liiketoimintayksikön kapitaalimyyntiprosessi verrattuna korkean tason ostoprosessiin (tiedot Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)

Laukkanen (2010) kuvailee opinnäytetyössään Kotler & Armstrongin (2010) kahdeksanvaiheista mallia, joka on esitelty kuviossa 20. Laukkanen (2010) on tutkinut esimerkkitapausta, joka liittyy tuotteiden maahantuontiin ja tukkukauppaan, joka on markkinana hyvin erilainen verrattuna paperikoneliiketoimintaan tai laajemmin ajateltuna projektiliiketoimintaan. Hänen tutkimansa tapaus oli rahallisesti verrattain pieni perustuen toimitettavaan volyyymiin ja uusintatilauksiin kun paperikonemarkkinoilla on tähän verrattuna kyseessä valtavasti suuremmat rahamäärät sekä vuosien tai vuosikymmenien investoinnit. Tämän vuoksi toimittajilta halutaankin hyvin tarkat spesifikaatiot toimitusta varten, joita myös Laukkanen (2010) mukaan Ojasalo ja Ojasalo (2010) sekä Kotler & Armstrong (2010) ovat teksteissään kuvanneet. Edellä mainitun syyn perusteella toimittajan etsintä vaihe toteutuu samaan aikaan kuin kolme sitä edeltävää vaihetta, jotka vastaavat ratkaisun kehitys vaihetta Valmetin mallissa.

Ja tämä ratkaisun kehitys käytännössä aina tehdäänkin yhdessä jokaisen potentiaalisen toimittajan kanssa käytävällä vuorokeskustelulla. Arviointi eri toimittajien ratkaisujen välillä nousee samojen syiden vuoksi merkittävämpään asemaan paperikonebisneksessä, jossa eri toimittajien ratkaisussa on eroja sekä hinnassa, teknologiassa että takaisinmaksussa. Tilausrutiinin määrittely osio jää kapitaalimyynnissä käytännössä aina pois, mutta esimerkiksi huoltopalveluiden tai vara- ja kulutusosien yhteydessä se voi olla hyvinkin tavallista. Suoritusten arviointi kuuluu vahvasti asiakkaiden ostoprosessiin, mikä vaikuttaa merkittävästi heidän ja valitun toimittajan välisiin suhteisiin. Nämä asiakassuhteet puolestaan vaikuttavat seuraavissa projekteissa luottamukseen toimittajaa kohtaan. (Laukkanen 2010, 7-11; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 20. Organisaation ostoprosessin eri vaiheet (Laukkanen 2010, 8)

4.2 Skannaus osana prosessia

Nykytilanteessa laserkeilaus on pääsääntöisesti tehty toteutusprojektin toimesta. Tästä pari viimeaikaisinta poikkeusta ovat skannaukset, jotka on myyty osana jotakin esisuunnittelukokonaisuutta. Laserkeilauksia on tähän mennessä tehty vain paperikoneen uusintakohteissa. Viimeaikoina keilaus on tehty lähes kaikkiin saatuihin uusintoihin. Syyt olla tekemättä skannausta edellä mainituissa tapauksissa ovat joko olemassa olevat tarkat piirustukset ja mallit tai kohteen riskialttius. Esimerkiksi Intiaan laserkeilaimien vienti ei ole turvallista, koska Intia ja Kiina soveltavat ATA carnet sopimuksesta vain näyttelytavaroiden tuontia käsittelevää osiota. ATA carnet on kansain-

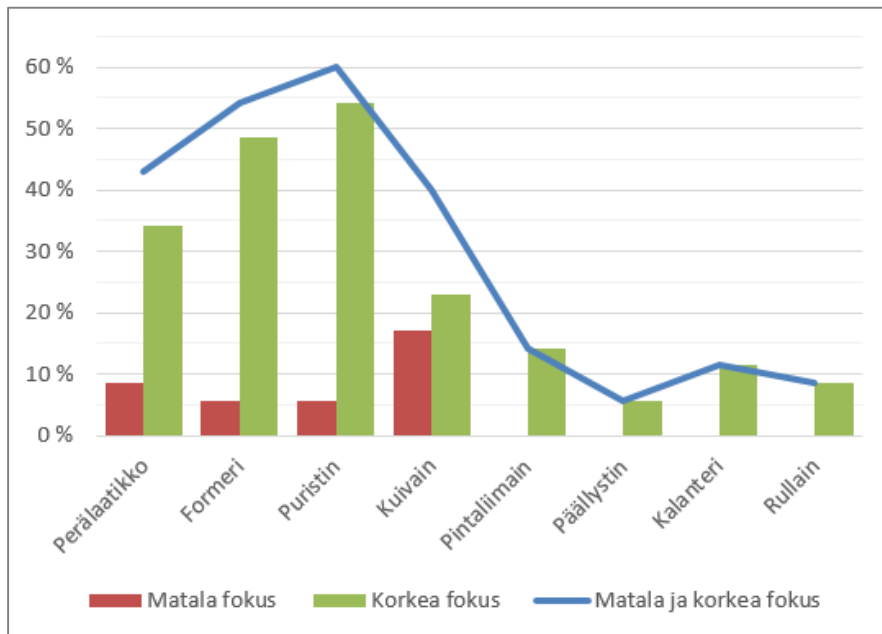
väläinen tulliasiakirja, jonka avulla voi kohdemaahan väliaikaisesti viedä näyttelytavaroita, ammatinharjoittamisvälineitä tai tavarannäytteitä ilman tullimaksuja (ATA carnet n.d.). (Isokääntä 2016; Valmet Notes n.d.)

Laserkeilausaineiston pohjalta mallinnetaan vanha rakenne karkealla tasolla kokonaan. Tätä mallia käytetään tilan- ja törmäystarkasteluissa, purkusuunnitelmien teossa, kuvannoissa sekä pohjana asiakkaalle toimitettavia konepiirustuksia varten. Projektin toimituslaajuus määrittelee hyvin selkeästi skannauksen laajuuden. Ympäristön kuvantamiseen sovelletaan alhaisemman fokuksen skannausta, jossa mittausasemia on 100–200 kappaletta. Muutettavien rakenneryhmien kohdilla käytetään korkeamman fokuksen skannausta, mikä tarkoittaa että mittausasemia on tiheämmin, jotta vältetään katvealueet sekä että mittauksiin käytetään mahdollisesti enemmän aikaa per asema, mikä nostaa mittauspisteiden tarkkuutta ja tiheyttä. Korkeamman fokuksen skannauksessa mittausasemia on 200–300 kappaletta, joista iso osa sijaitsee paperikoneen rakenteiden väleissä. Yleinen nopeus skannaukselle on 6–10 skannausta tunnissa välillä, mikä pitää sisällään laitteiden ja kohdistusobjektien siirron. Työ on mahdollista suorittaa yhdellä henkilöllä, mutta sujuvuuden, työn laadun ja työturvallisuudenkin vuoksi on parasta käyttää kahta henkilöä per keilain tai kolme henkilöä kahta keilainta kohti. (Isokääntä 2016; Pekkanen 2016; Sundberg 2016; Valmet Notes n.d.)

Vuonna 2014 laserkeilauksia hyödynnettiin 5 kappaletta ja vuonna 2015 vastaava määrä oli 14 kappaletta. Vuoden 2014 skannausaineistoista 4 kappaletta oli Valmetin Jyväskylän toimintojen toimesta alihankittuja ja yksi oli asiakkaan teettämä. Vuoden 2015 skannauksista 3 oli Valmetin Jyväskylän toimintojen alihankkimia, 6 kappaletta asiakkaiden teettämiä ja loput 5 olivat Valmetin Pfungstadtin ja Appletonin toimipisteiden tekemiä. Jonkinlaista kontekstia näille luvuille antaa kuvion 18 tiedot koko kapitalimyyntiprosessissa kulkevasta projektimäärästä.

Laserkeilauksien fokus alueet ovat yleisimmin olleet paperikoneen märänpään alueet. Kuviossa 21 on havainnollistettu vuosien 2008–2016 aikana tehtyjen yhteensä 35 laserkeilauksen fokus-alueiden prosenttijakaumaa. Kuviosta 21 käy ilmi, että skannaukset ovat painottuneet hyvin vahvasti paperikoneen märänpään alueelle, jonka

rakenneryhmät ovat kukin olleet mukana 40–60 % skannauksista. Kuivausryhmät ovat olleet mukana hieman alle 25 % ja loput paperikoneen rakenneryhmistä kukin alle 15 % skannauksista. Kuviosta 21 ilmenee lisäksi se, että valtaosin tehdyissä skannauksissa on käytetty täyttää tarkkuutta halutuilla alueilla. Vasta vuoden 2014 ja 2015 aikana alettiin tekemään näiden korkean fokuksen alueiden lisäksi ympäröiviä alueita matalan fokuksen skannauksella. (Valmet CoMPass n.d.; Valmet Notes n.d.)



Kuvio 21. Suuntaa antava jakauma laserkeilauksen fokus-alueista eri rakenneryhmien kesken (tiedot Valmet Notes n.d.)

4.3 Laatukustannukset

Leskisen ja Saranevan (2012, 6) mukaan Feigenbaumin (1991) PAFF-malli (Prevention, Appraisal, Failure -cost model) on alalla kaikkein levinnein ja käytetyin malli.

Tämä malli jakaa laatukustannukset neljään osa-alueeseen:

- ennaltaehkäisykustannukset
- valvontakustannukset
- sisäiset virhekustannukset
- ulkoiset virhekustannukset.

Laatukustannuslaskenta on menetelmä, jonka avulla organisaatio kykenee seuraamaan mitä sen resursseista käytetään toimenpiteisiin, joilla pyritään vaikuttamaan edellä mainittuihin laatukustannuksien neljään eri osa-alueeseen. (Cost on Quality [COQ] n.d.; Laatukustannukset 2010; Leskinen & Saraneva 2012, 6–7.)

Ennaltaehkäisykustannukset koostuvat toimenpiteistä, joilla pyritään sisäisen prosessin aikana välttämään laatukustannuksia aiheuttavia asioita. Tämänlaisia toimenpiteitä ovat muun muassa laatusuunnittelu, laadunvarmistus sekä koulutukset. Valvontakustannukset koostuvat niistä asioista, joilla tarkkaillaan sisäisen prosessin eri vaiheita ja pyritään löytämään sekä mahdolliset virheet että varmistamaan koko laatu-järjestelmän toimivuutta. Sisäiset virhekustannukset ovat sellaisia virheitä ja niiden vaatimia korjauskustannuksia, jotka huomataan tuotteissa ennen niiden valmistusta tai toimitusta. Ulkoiset virhekustannukset ovat puolestaan sellaisia virheitä, jotka huomataan vasta asiakkaan toimesta tai muun muassa takuuajan sisällä tapahtuvat poikkeamat takuiden lupaamiin parametreihin. (Cost on Quality [COQ] n.d.; Laatukustannukset 2010.)

Leskisen ja Saranevan (2012, 6–7) mukaan Tervonen (1992) on kertonut laatukustannuksille käytettävän rinnakkaistermeinä seuraavia käsitteitä:

- *virhekustannus*
- *menetetty tuotantokate ja valituskustannukset*
- *puutteellisen laadun kustannukset*
- *huonon laadun kustannukset (Leskinen & Saraneva 2012, 6–7).*

Paperikone toimituksissa laatukustannuksiksi lasketaan kaikki edellä mainittujen käsitteiden mukaiset kustannukset. Nämä kustannukset kustannetaan toimittajan toimesta. Näin ollen ne laskevat suoraan myydyin koneen lopullista katetasoa, koska kustannukset ovat suunniteltua korkeampia. (Immonen 2016.)

5 Tekijänoikeudet ja aineiston omistajuus

Paperikoneet ja niiden laitteet eivät yleisesti kuulu tekijänoikeuslakien suojaamien asioiden piiriin. 3D-skannausaineisto voidaan rinnastaa kohteen digitaaliseen kopiin, joka nauttii samasta suojasta kuin alkuperäinen kohde. Tästä huolimatta sen vuoksi, että kohde ei ole suojattu, myöskään Yhdysvaltain kalifornialaisen lain tulkin mukaan siitä luotaviin 3D-skannausaineistoihin ei voida soveltaa tekijänoikeuksia (Legal issues that arise from creating a 3D file by scanning an object 2014). Useat laitteet skannattavissa kohteissa ovat erilaisten patenttien alaisia. Saksalaisen lain tulkin mukaan patentoitujen kohteiden 3D-skannaus ei kuitenkaan riko niiden suojaa, mutta mikäli kohde monistettaisiin skannauksen lisäksi, tämä rikkoisi patentin antamaa suojaa (Rüberg 2016). Mahdolliset mallisuojan alaiset kohteet skannattavassa kohteessa eivät myöskään riko tätä suojaa, koska näitä kohteita ei monisteta. Huolimatta kaikista edellä mainituista seikoista, joiden perusteella pelkkä laserkeilausaineiston luominen kohteesta on varsin vapaata, täytyy siihen aina olla lupa kohteen omistajalta. Eri maiden tekijänoikeus-, patentti- ja mallisuojalait ovat kaikki sisällöltään ja merkitykseltään lähes identtisiä, jonka vuoksi muiden maiden oikeuslaitoksien päätökset ovat hyviä suuntalinjoja suomalaisten ennakkotapausten puutteessa. (3D digitisation and intellectual property rights 2014; L 8.7.1961/404; L 15.12.1967/550; L 12.3.1971/221; Legal issues that arise from creating a 3D file by scanning an object 2014; Oikeus.fi n.d. ; Rüberg 2016; Yleistä mallioikeudesta n.d.)

Skannauksen yhteydessä luotavan aineiston omistusoikeus syntyy sen tekijälle, ellei jossakin sopimuksessa erikseen toisin mainita (L 8.7.1961/404). Alihankituissa laserkeilauksissa omistusoikeus on aluksi alihankkijalla, joka siirtää täyden omistusoikeuden luovutettuun aineistoon sen tilaajalle maksun yhteydessä (Valmet Notes n.d.). Asiakkaalle aineistoa toimitettaessa kannattaakin aina sopimuksessa määritellä aineistoon liittyvät omistusoikeudet sekä missä yhteydessä ja millä ehdoin näitä oikeuksia annetaan tai siirretään. Asiakkaille kannattaa kuitenkin aina antaa täydet oikeudet tehdä aineistolla mitä tahansa he haluavat, sillä käytön valvominen on käytännössä mahdotonta ja täysin epätarkoituksenmukaista. On kuitenkin myös erittäin

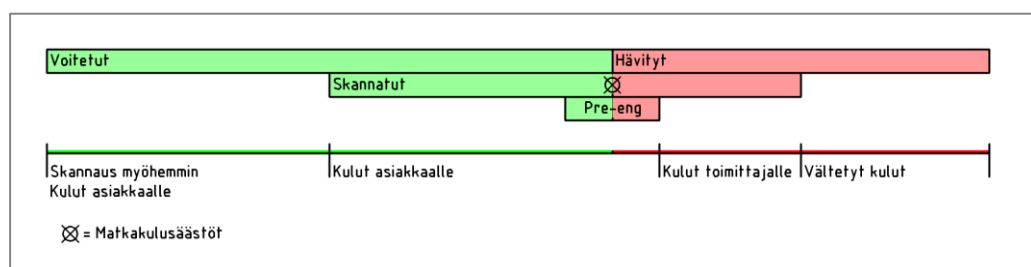
tärkeää muistaa säilyttää Valmetin oikeus hyödyntää luotua aineistoa myös tulevaisuudessa muissa projekteissa, jolloin ei välttämättä tarvitse tehdä uutta laserkeilausta samaan kohteeseen.

6 Taloudellinen tarkastelu

6.1 Kustannusrakenne

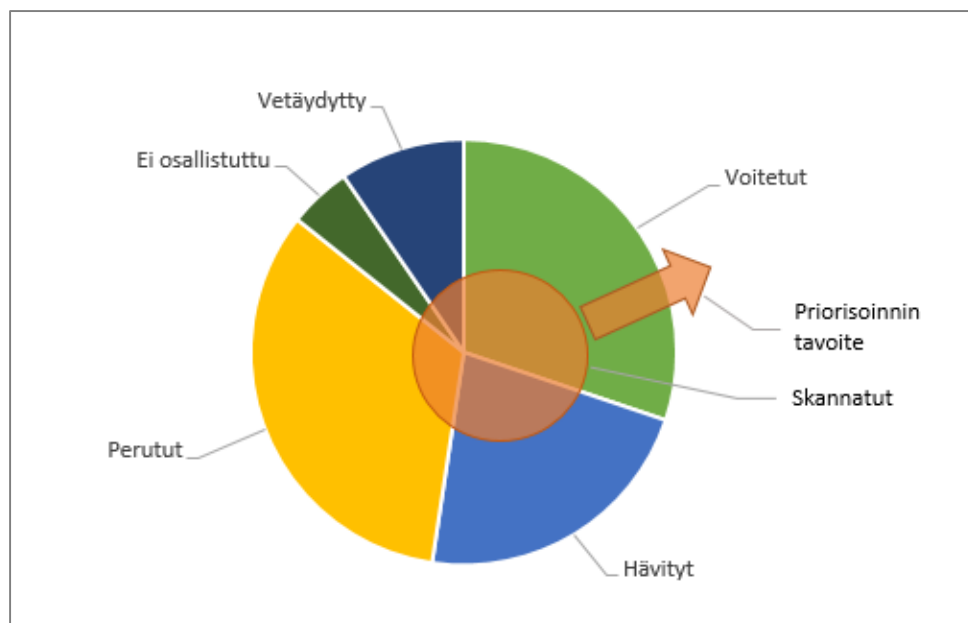
Liitteessä 3 on esitetty Valmetin sisäinen esitysmateriaali ehdotuksesta uudeksi toimintamalliksi, jossa laserkeilaus tehdään jo tarjousprosessin aikana. Uuden toimintamallin taloudelliset perustelut pohjautuvat kustannuslaskelmiin, joita on esitelty ehdotuksen yhteydessä liitteessä 3. Kuviossa 22 on havainnollistettu laserkeilauksen tekemisen aiheuttamien kustannuksien syntymistä ja jakautumista asiakkaan ja toimittajan kesken. Skannattavien projektien lukumäärän yläraja on käynnissä olevien uusintaprojektien lukumäärä, joista tiettyjen kriteerien perusteella priorisoimalla ja rajoittamalla saadaan skannattavien projektien todellinen lukumäärä. Näitä kriteereitä ovat muun muassa:

- toimituksen laajuus tiedetään tarkasti
- projekti on Valmetin näkökulmasta toteutuskelpoinen
- iso likainen uusinta tai lajinvaihto
- isoja muutoksia ympäristön tilankäytössä
- tarkkojen piirustusten puute
- uusi konsepti, ratkaisu tai prototyyppi
- kilpailijan tai todella vanhan oman koneen uusinta.



Kuvio 22. Uuden ehdotetun toimintatavan kustannusrakenne

Likaisilla uusinoilla tarkoitetaan tapauksia, joissa hyödynnetään vanhoja olemassa olevia rakenteita ja laitteita mahdollisimman paljon sen sijaan, että uusittavia rakenneryhmiä korvattaisiin täysin uusilla (Pelkonen 2016). Kuviossa 23 on havainnollistettu päättyneiden projektien jakaamaa vuodelta 2015. Kuvioon 23 on lisäksi lisätty skannattavia projekteja kuvaava alue. Lisätyn alueen koko ja sijainti riippuvat edellä mainittuihin kriteereihin pohjautuvan priorisoinnin tehokkuudesta. Tavoitteena on saada alue painottumaan selvästi voitettujen projektien puolelle oranssin nuolen suuntaan ja minimoitua tehtävät skannaukset projekteissa, jotka eivät toteudu tai joita ei voiteta.



Kuvio 23. Päättyneiden projektien jakauma päättymissyiden mukaisesti vuonna 2015 sekä priorisoinnin vaikutus (tiedot Valmet CoMPass n.d.)

Kaikkien voitettujen projektien osalta kustannukset siirtyvät asiakkaan maksettaviksi. Asiakkaan maksettavia ovat myös sellaiset skannaukset, jotka on saatu myytyä asiakkaalle osana jotakin esisuunnittelukokonaisuutta. Ketolainen (2016) antoi arvon esisuunnittelulla alkuun saatettujen projektien prosenttiosuudesta kustannuslaskelmia varten. Näin ollen skannatuista vain ei-voitettujen eli hävittyjen, asiakkaan toimesta peruttujen ja omatoimisesti poisjäätyjen projektien kustannukset jäivät Valmetille

maksettaviksi. Tämä jäljelle jäävä kustannus on pohjana koko kustannuslaskemalle. Peruttujen projektien osalta kustannukset eivät kaikissa tapauksissa välttämättä ole hukkaan heitettyä rahaa, sillä Ketolainen (2016) arvioi, että näistä noin 15–20 % nousee uudestaan projektiksi parin vuoden sisällä.

Laskelmissa on käytetty skannauksen kustannuksille vanhojen skannausprojektien toteutumia sekä alihankkijalta saatua hintatietoa. Itse skannauksen kulut riippuvat sen laajuudesta eli mittauspisteiden määrästä. Tämän lisäksi kustannuksia tulee skannauksen matkakuluista. Matkakululaskelmia varten selvitettiin viime vuosien ajalta saatujen ja hävittyjen projektien jakauma eri maantieteellisillä alueilla sekä erikseen kullekin näille alueille liittyvät matkakustannukset. Matkakustannuksiin vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat:

- matkustavien henkilöiden lukumäärä
- kohteessa kuluvien päivien lukumäärä
- matkustamiseen kuluvien lisäpäivien määrä
- lentolippujen hinnat
- asumiskustannukset
- päivärahat.

Skannaus on mahdollista teettää myös ilman välitöntä mittauspisteiden rekisteröintiä, jolloin skannauksen hinta noin puolittuu. Rekisteröimättömällä skannauksella voidaan täten hieman vähentää kustannuksia tapauksissa, joissa on tarve saada aineistoa nopeasti silmämääräiseen tarkasteluun, mutta ei ole välitöntä tarvetta 3D-malleille tai muille aikaa vievän käsittelyn vaativille tuotoksille. Sen lisäksi, että laserkeilauksia teetetään alihankintana eri yrityksillä, niitä pystyy jossain määrin teettämään myös Valmetin sisäisesti Pohjois-Amerikan organisaatiolla. Tällä toimintatavalla kustannukset muodostuvat tasaisella tuntihinnalla, jotka ovat yleisesti vastanneet alihankinnan kustannuksia tai hieman alittaneet ne. (Isokääntä 2016; Siitonen 2016; Sundberg 2016.)

6.2 Säästörakenne

Kustannuslaskelmien toinen osa ovat säästöjä aikaansaavat hyödyt ja vaikutukset, joita ovat

- matkakustannuksissa saavutettavat säästöt
- laatukustannuksien ja kustannusvaihteluiden välttäminen
- tarkempi arvio tarjottavista palveluista ja laitteista
- Lean-ajattelun mukainen toimintatapa (Immonen 2016; Kärkkäinen 2016; Vestola 2016).

Matkakustannuksista saavutettavat säästöt voidaan jakaa kahteen pääosaan: myyntivaiheessa ja projektivaiheessa saataviin säästöihin. Myyntivaiheen säästöt ovat mahdollisia laserkeilausaineiston aikaisemmalla hyödyntämisellä myyntivaiheessa, millä voidaan vähentää projektin alkuvaiheessa kohteessa käyvien henkilöiden lukumäärää. Ketolainen (2016) arvioi tälle säästökohteelle potentiaaliksi kahdesta neljään säästettyä henkilömatkaa per projekti. Henkilömatkalla tässä yhteydessä tarkoitetaan yhtä yhden henkilön suorittamaa matkaa. Projektivaiheen matkakustannussäästöt toteutuvat jo nykyään projekteissa, joissa skannaus suoritetaan, joten näitä ei voi laskea uusiksi säästöiksi. Projektivaiheessa säästettyjä henkilömatkoja toteutuu nykyhetkellä noin 4–12 kappaletta. Ne on saavutettu sillä, että henkilöt käyvät kohteessa vain kerran tai kaksi sen sijaan, että he kävisivät siellä 2–4 kertaa. Projektivaiheen matkakustannukset ovat tästä huolimatta yksi potentiaalinen säästökohte, mikäli kohteessa käyvien henkilöiden lukumäärää saataisiin vähennettyä. (Immonen 2016; Korhonen 2016.)

Laatukustannuksista ja kustannusvaihteluista aiheutuvat vuosittaiset kulut ovat hyvin merkittäviä (Hakonen 2016). Laserkeilausaineistoon perustuvalla laadukkaammalla työllä on mahdollista vähentää tehtyjä virheitä ja siten vaikuttaa näihin kuluihin. Kärkkäinen ja Vestola (2016) ovat arvioineet tätä vaikutusta. Sekä tämän vaikutuksen arvo, että näiden kulujen keskimääräinen vuosittainen määrä on kirjattu liitteessä 3 olevan esitysmateriaalin ohessa olevissa kustannuslaskelmissa. Laserkeilausaineiston avulla saadaan myös tuotettua tarkempi arvio projektin laajuudesta, tarjottavista pal-

veluista ja laitteista. Tarkemman arvion perusteella kyetään toimitus hinnoitteluun tarkemmin, mikä myös pienentää kustannusvaihtelupotentiaalia. Tarkempi hinta voi olla sekä matalampi että korkeampi riippuen kohteesta. Kohteen parempi tuntemus aikaisessa vaiheessa pienentää virhepotentiaalia eli projektissa on suurempi todennäköisyys välttää laatuksellisia. (Korhonen 2016; Kärkkäinen 2016; Vestola 2016.)

Lean-menetelmä on laatujohtamisen menetelmien ja periaatteiden soveltamista koko tuotantoprosessiin. Leanimmalla toimintatavalla tässä yhteydessä tarkoitetaan sitä, että aikaistamalla laserkeilauksen tekemistä pystytään projekteissa aloittamaan projektivaiheen suunnittelutyö välittömästi asiakkaan ostopäätöksen jälkeen ilman laserkeilauksen tekemisen ja mahdollisen mallinnuksen odottelua. Nykyiseen toimintatapaan verrattuna ajallista säästöä voi tulla pari viikkoa. Sitä voidaanko tämä säästö realisoida toimitusaikaan, täytyisi tarkastella erillisessä selvityksessä, jossa on huomioitava kaikki muutkin toimitusaikaan vaikuttavat osa-alueet. Tämä läpimenoajan mahdollinen lyhennys on otettu huomioon kilpailuetuna eikä sille ole määritetty rahallista arvoa tehtyjen kustannuslaskelmien yhteydessä. (Kärkkäinen 2016; Vestola 2016.)

6.3 Ehdotus uudeksi toimintamalliksi

Liitteessä 3 olevassa ehdotuksessa esitetään, että projekteissa käydään läpi aikaisemmin esitetyt kriteerit seuraavissa yhteyksissä

- budjettivaiheen aloituspalaverissa
- sitovan vaiheen aloituspalaverissa
- erilaisten esisuunnittelupakettien aloituspalaverissa.

Kielteisten päätösten osalta on luonnollisesti jätettävä mahdolliseksi myönteisen päätöksen tekeminen myöhempänä ajankohtana, kun riittävä määrä kriteereitä täyttyy. Kriteereillä on keskenään erilaisia painoarvoja. Ensimmäisessä läpikäynnissä vaatimukset myönteiseen päätökseen ovat korkeammat kuin toisella tarkastelukerralla. Kriteereiden läpikäynnin on oltava mahdollisimman vaivatonta, eikä se saa kestää yli

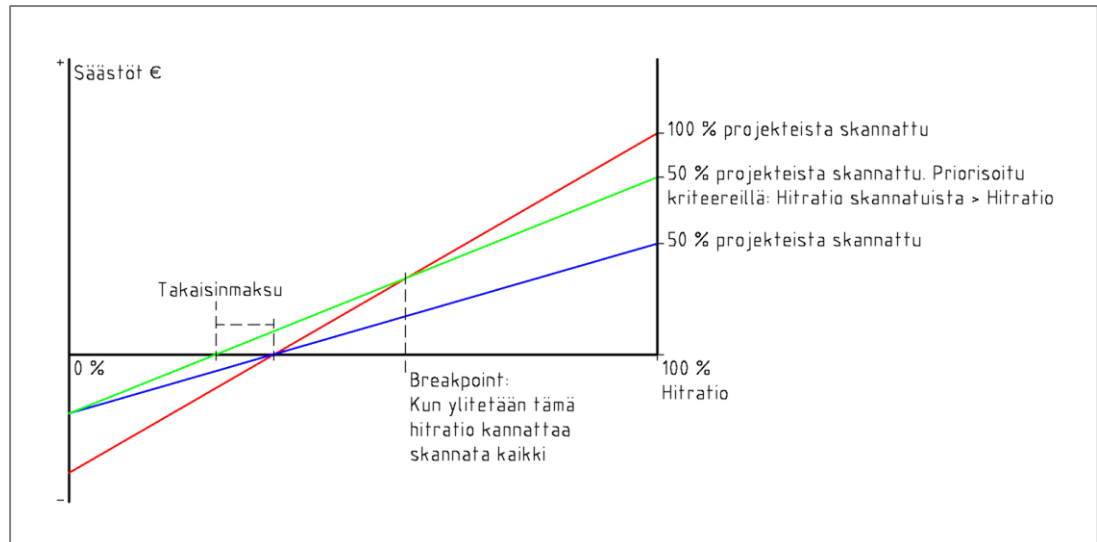
viittä minuuttia, mutta samalla läpikäynti on tehtävä pakolliseksi, jotta kaikkiin projekteihin tehdään tämä tarkastelu.

Ehdotus ei ota kantaa kriteereiden täyttymiseen vaadittavaan määrään tai mahdolliseen pisteytysjärjestelmään. Laserkeilauksen aikaistamisen lisäksi ehdotuksessa suositellaan kustannuksiltaan huokeiden 360°-kameroiden hankkimista tarjousinsinöörien käytettäväksi tehdasvierailujen aikana. Kameroilla mahdollistetaan pienin kustannuksin paremman tilannekuvan luominen ja välitys, mikä myös luo paremmat edellytykset skannauspäätöksen tekemiselle.

Jotta ehdotuksen mukainen toimintamalli voi olla onnistunut osana suurempaa kokonaisuutta, aiheuttaa se tiettyjä edellytyksiä ja vaatimuksia koko tarjous- ja toimitusprosesseihin. Laserkeilausaineiston on oltava hyödynnettävissä kaikissa sidosryhmissä, mikä tarkoittaa, että sekä aineiston saatavuuden on oltava hyvällä tasolla että sidosryhmien on kyettävä hyödyntämään aineistoa työssään. Mittatarkan aineiston avulla pystytään tekemään tarkemmat arviot useilla osa-alueilla sekä luomaan edellytyksiä laadukkaammalle työlle. Aineiston hyvän saatavuuden mahdollistamiseksi sen säilytys on saatava tehokkaammaksi, koska aineistojen määrä ja käyttäjäkunta mitä todennäköisimmin moninkertaistuvat verrattuna nykytilanteeseen. Nykytilanteessa aktiivisia projekteja säilytetään verkkolevyllä ja arkistointi on ulkoisilla kovalevyillä pöytälaatikossa. Skannauksen tilaaminen on myös standardoitava sisäisesti vaivattomaksi.

Ehdotuksen taloudellisten perusteluiden pohjana olevat kustannuslaskelmat perustuvat lähes täysin tarjousvaiheen aikaisiin säästöihin matkakustannuksissa. Omalta osaltaan asiaa auttavat toki myös projektien osumaprosentti sekä ennakoon myydyt skannaukset, joiden kustannukset siirtyvät asiakkaille. Kustannuslaskelmat on esitetty osana ehdotusta liitteessä 3. Kustannuslaskelmissa on käytetty aina *pahimman tapauksen* -menetelmää eli lukuarvojen vaihteluvälistä on käytetty säästöjen osalta pienintä ja kulujen osalta suurinta arvoa. Ehdotus voi tämän vuoksi olla jopa merkittävästi kustannustehokkaampi kuin mitä minimiarvio antaa ymmärtää.

Liitteessä 4 on esitetty otteita kuvioista, jotka kuvaavat laskelmien eri muuttujien vaikutusta kokonaissäästöihin. Kuvaajissa on käytetty samoja lukuarvoja niissä arvoissa, jotka eivät ole kyseisen kuvaajan muuttujana, jotta kuvaajat ovat vertailukelpoisia. Koska laatukustannusvaikutusten ja matkakustannussäästöjen lukuarvot ovat pieniä niiden muutokset voivat jopa moninkertaistaa säästövaikutuksen. Ennalta myytyjen skannausten osalta lukuarvo 23 % on raja, joka ylittäessä päästään positiivisen vaikutuksen puolelle. Vastaavasti matkasäästöissä lukuarvo 2 on rajalla, jossa kustannukset ja säästöt ovat yhtä suuret. Kuviossa 24 on havainnollistettu kriteereiden perusteella tapahtuvan priorisoinnin vaikutusta. Kuvion pääkohtia ovat takaisinmaksukynnykset sekä ns. *breakpoint*, joka ylittäessä kannattaa skannata kaikki projektit.



Kuvio 24. Kriteereiden perusteella priorisoinnin vaikutus havainnollistettuna

Laskelmien mukaisten rahallisten säästöjen lisäksi mallilla saavutettaisiin seuraavia asioita

- leanimpi toimintatapa, jossa mahdollistetaan pari viikkoa aikaisempi suunnittelun aloitus
- mittatarkka aineisto on käytettävänä nopeammin
- mahdollistetaan laadukkaampi työ
- mahdollistetaan tarkemmat arviot tarjottavista palveluista ja laitteista sekä niiden hinnasta.

7 Tulokset

Toimintamalli

Opinnäytetyön päällimmäisenä ja toimeksiantajan kannalta tärkeimpänä tuloksena saatiin luotua ehdotus uudeksi toimintatavaksi (kts. Liite 3), joka on taloudellisesti perusteltavissa sekä aiheuttaa säästöjä. Ehdotuksessa laserkeilaus siirrettäisiin tehtäväksi pääsääntöisesti paperikoneen myyntiprosessin tarjousvaiheessa. Skannausta ei suositella tehtäväksi kaikkiin projekteihin vaan vain tiettyjen kriteereiden avulla priorisoituihin projekteihin. Kriteerit on suunniteltu siten, että niiden avulla saadaan kohdistettua skannaukset niihin projekteihin, joissa on suurin mahdollisuus, että niillä tunnistetaan ongelmakohtia sekä että kyseinen projekti on toteutuskelpoinen ja asiakas todennäköisesti vie sen loppuun asti.

Sen lisäksi, että toimintatavalla saadaan aikaiseksi selvästi rahalla mitattavia säästöjä, saadaan sillä tehtyä koko tarjousprosessia leanimmaksi nopeuttamalla muun muassa suunnittelutyön aloitusta parilla viikolla. Tämän lisäksi toimintatapa mahdollistaa entistä aikaisemman tarkan mittatiedon hyödyntämisen kaikissa projektiin liittyvissä arvioissa, mikä vähentää mahdollisten virheiden määrää ja parantaa työn laatua. Hieman laserkeilauksesta irrallisena osana ehdotus lisäksi suosittelee tarjousvaiheessa asiakkaan tehtaalla vierailleville henkilöille hankittavan 360°-kamotoita, joiden avulla pystytään aikaisessa vaiheessa silmämääräisesti tunnistamaan osa ongelmakohdista tai alueista, joihin on kiinnitettävä erityishuomiota. Näillä perusteilla pystytään myös tekemään valistuneempia päätöksiä kohteen laserkeilauksesta.

Laserkeilauksen elinkaari

Nykytilanteessa normaalisti laserkeilaus tehdään paperikoneuusinoissa projektivaiheessa sen jälkeen, kun projektista on saatu tilaus. Tilauksen jälkeen kuluu aina jonkin verran aikaa ennen seuraavaa seisokkia tehtaalla, jolloin skannauksen voi suorittaa. Skannauksen jälkeen aineisto on jälkikäsiteltävä, jotta se on hyödynnettävissä. Jälkikäsitteilyn ensimmäiseen osaan, rekisteröintiin, kuluu aikaa noin kaksi viikkoa. Jälkikäsitteilyn toista osaa, 3D-mallien tekemistä aineistosta, ei tehdä kaikissa projekteissa. Mallien tekeminen ei myöskään aina tapahdu välittömästi rekisteröinnin jälkeen vaan ilmenevien tarpeiden mukaisesti. Sekä suunnittelu- että projektiosasto

hyödyntävät laserkeilausaineistoa työnteossaan. Aineiston avulla löydettävät ongelmakohdat eivät tässä projektivaiheessa enää vaikuta tilauksen hintaan, vaan niiden aiheuttamat kustannukset nostavat sen osapuolen kuluja, jonka toimitusrajojen sisäpuolella ongelma sijaitsee. Aikataulu, jonka puitteissa aineisto on saatava käytettäväksi, on usein kiireellinen, jotta suunnittelutyötä voidaan tehdä tarkkojen mittatietojen perusteella ja siten välttää virheitä.

Nykytilanteen toinen vaihtoehto on, että laserkeilaus on tehty osana jotain esisuunnittelukokonaisuutta tarjousvaiheessa. Tällöin aikataulu skannauksen suorittamiselle on vähemmän kiireinen. Näissä tapauksissa tarjousinsinöörit eivät ole vielä hyödyntäneet saatua laserkeilausaineistoa, vaan sitä on tulkittu suunnitteluosaston toimesta. Tarjousvaiheen aikana havaittavat ongelmakohdat saadaan tässä vaiheessa usein ratkottua halvemmalla kuin projektivaiheen aikana. Tämän lisäksi ongelmien aiheuttamat vaadittavat toimenpiteet tarkentavat asiakkaan budjettia, mikä on lisäkustannuksien osalta huomattavasti parempi vaihtoehto kuin se, että ne tulisivat yllätyksenä myöhemmin. Aikaisempi laserkeilaus parantaa myös sekä Valmetin että alihankitun suunnittelun joustavuutta.

Uudessa toimintatavassa, jossa laserkeilaus tehtäisiin pääsääntöisesti tarjousvaiheen aikana, tilanne on jokseenkin samanlainen kuin nykyään esisuunnittelun ohessa skannattavissa projekteissa. Merkittävin ero on, että aineistoa tulisivat hyödyntämään myös tarjousinsinöörit omassa tarkastelussaan. Lisäksi aineiston käyttö laajennettaisiin laajemmaksi eri sidosryhmiin, jotta näiltä saadaan tarkempia arvioita, jotka perustuvat mittatietoihin. Aiemmin arviot ovat perustuneet todennäköisiin kuluihin, jotka pohjautuvat aikaisempien projektien toteutuneisiin kuluihin. Kokonaisuudessaan tällä saataisiin tarkennettua arvioita sekä hinnasta että vaadittavasta työmäärästä projektin kaikissa vaiheissa. Tämän lisäksi ongelmakohdat havaitaan ja saadaan otettua huomioon aikaisessa vaiheessa, mikä vähentää yllätyksien määrää. Sillä, että aineisto on käytössä heti tilauksen tapahtuessa, mahdollistetaan myös se, että suunnittelutyö voi alkaa välittömästi.

Laitteisto

Valmetin omistuksessa olevat kaksi laserkeilainta ovat nykyaikaisia markkinoiden ehdotonta kärkeä edustavia Faro Focus -laitteita. Molemmat laitteet ovat säännöllisessä, mutta eivät jatkuvassa käytössä. Uutta laajempaa toimintaa varten laitteet pitäisi keskittää yhteen maantieteelliseen paikkaan. Tämän lisäksi tarvittaisiin useita henkilöstölisäyksiä, mikäli toiminta haluttaisiin pitää oman organisaation sisällä. Uusi henkilöstö pitäisi myös kouluttaa tehtäviinsä, jotta he kykenevät hyväksyttävään laatu- ja tuotantotason laserkeilaukselle. Tämän vuoksi laserkeilauksien alihankinta on jatkosakin yksi varteenotettavimmista vaihtoehdoista sen tuottamiselle. Ottaen huomioon suunnittelun ja projektitoimintojen vaatimukset paperikoneen mittatiedoille ei yksikään tutkituista vaihtoehtoisista laitteistoista kykene näitä täyttämään joko laadun, tarkkuuden, mittakaavan tai mittauksiin kuluvan ajan vuoksi. Mikäli tavoitteena olisi ollut vain tuottaa kapitaalimyynnin tarjousinsinööreille lisäinformaatiota, olisivat 360°-kamerat olleet hyvä ja halpa vaihtoehto. Tietokoneiden osalta todettiin Jyväskylän kapitaalimyynnin nykyisten laitteiden olevan soveltuvia toimintamallin mukaisen toiminnan aloittamiseen.

Tekijänoikeudet ja aineiston omistajuus

Immateriaalioikeusselvityksessä ilmeni, että laserkeilausta, joka tehdään asiakkaan kanssa yhteistyössä ja -ymmärryksessä, eivät rajoita tekijänoikeudet tai patentti- ja mallisuoja. Tämä johtuu käytännössä täysin siitä, että laserkeilausta käytetään vain siitä saatavan informaation vuoksi eikä lainkaan kohteiden monistusta varten. Aineiston omistajuus vaihtuu käytännössä sitä mukaan, kun siitä maksetaan vastineeksi rahaa, paitsi jos sopimuksessa toisin sanotaan. Jos aineisto toimitetaan asiakkaalle, on tärkeää säilyttää hyödynnoikeus aineistoon myös Valmetilla toimituksen jälkeenkin.

Miten laserkeilaus tulee myydä?

Laserkeilaus tulee mahdollisuuksien mukaan myydä ja markkinoida asiakkaille lisäarvoa tuottavana palveluna. Asiakkaita eivät välttämättä juurikaan kiinnosta käytetyt menetelmät tarjousprosessin aikana vaan heidän kiinnostuksensa kohdistuu usein projektin avulla saataviin tulevaisuuden tuotantoarvoihin ja investoinnin takaisinmaksuun. Laserkeilauksella aikaisessa vaiheessa saadaan asiakkaille tarjottua lisäarvoa muun muassa

- yllätyksettömän projektin läpiviennin kautta
- ympäristön laajan huomioon kautta
- tarkentamaan asiakkaan budjettiarvioita jo aikaisessa vaiheessa tunnistamalla erilaisia ongelmakohtia.

Ongelmakohtia voivat olla esimerkiksi putkien törmäykset sekä johtokaappien, säiliöiden tai laitteiden siirrot. Mikäli kyseessä on niin edistysellinen asiakas, että heillä itsellään tai heidän konsulteillaan on kyky käyttää keilausaineistoa, voidaan se tarjota myös heille käytettäväksi.

Vertailu muihin yrityksiin

Yleiskäsitys siitä, missä Valmet on laserkeilauksen hyödyntämisessä verrattuna muihin teollisuuden toimijoihin, jäi jossain määrin saavuttamatta. Tälle päällimmäinen syy oli se, että alun perin mietityt ja pyydetyt haastattelut eivät toteutuneet opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Kohteilla oli pari kuukautta aikaa reagoida pyyntöihin. Kohteiksi oli valittu sellaisia teollisuuden yrityksiä, jotka eivät ole Valmetin kanssa missään kilpailuasemassa, minkä toivottiin edesauttavan molemmin puolisen keskustelun mahdollisuuksia. Vastaamattomuudelle voi olla useita syitä, joista yksi todennäköinen on, että Valmet on mahdollisesti edelläkävijä skannaustoiminnan järjestelmällisessä hyödyntämisessä, minkä vuoksi kohdeyrityksistä ei ole välttämättä löytynyt edes henkilöä, jonka vastuulla toiminta olisi pääsääntöisesti. Valmetin kilpailijoista paperikonevalmistajien keskuudessa tiedetään ainakin parin suurimman kykenevän hyödyntämään laserkeilausaineistoa ammattitaitoisesti.

8 Tulevaisuuden jatkokehitysideat ja -kohteet

Kärkkäisen (2016) mielestä ohjelmista Navisworksin käyttö pitäisi saada laajennettua suunnittelusta myös muille osastoille. Ohjelma on monipuolisempi ominaisuuksiltaan ja tarjoaa paremmat mahdollisuudet aineiston tarkasteluun verrattuna muihin ohjelmiin. Muita kohteita, joissa laserkeilausaineiston laajemmalla käytöllä saataisiin kehitystä ja laadukkaampaa työtä, ovat asennus-, kuljetusreitti-, purkusunnitelmat, asennuksen hinnoittelu sekä suunnittelun dokumentaatio ja tarkastelu. Pekkasen

(2016) mielestä edellä mainittujen lisäksi laserkeilausaineiston avulla on mahdollista saada tehtyä paremmat ja tarkemmat tuntiarviot vaadittavasta työmäärästä.

Palvelut ja Sellu ja energia –liiketoimintalinjoissa sekä Pehmopaperitehtaat–liiketoimintayksikössä voisi olla hyödyllistä tehdä tämän opinnäytetyön pohjatietoselvitystä vastaava selvitys, jossa kartoitettaisiin nykytilanne laserkeilauksen käytön, tarpeen ja hyötyjen osalta. Sellu ja energian sekä pehmopaperitehtaiden osalta vastaava toimintamalli kuin ehdotettu saattaisi olla sopiva. Palvelut-liiketoimintalinjalla on mahdollista, että kevyempi käsikäyttöisiä laserkeilaimia hyödyntävä toimintamalli olisi riittävä joihinkin tapauksiin. Kaikkien liiketoimintojen osalta edellytyksenä luonnollisesti on, että laserkeilausaineistolla ja mahdollisille -laitteilla on oltava asiantunteva henkilöstö käyttämään ja hyödyntämään niitä.

Uusi ehdotettu toimintatapa edellyttää useita lisäselvityksiä ja kehityskohteiden tarkastelua. Näitä ovat: parempi tietotekninen ratkaisu laserkeilausaineistojen säilytykseen, kaikkien aineistoja hyödyntävien henkilöiden ja sidosryhmien aineiston sekä ohjelmien käyttöön liittyvän tietotaidon kouluttaminen ja varmistaminen sekä uuden toimintatavan kustannuksien seuranta ja mahdollinen hienosäätö näillä perusteilla.

Erikoismies

Eräs idea, joka on Immosen (2016) mukaan ollut esillä myyntiosaston kehittämistä koskevissa keskusteluissa, on eräänlaisen tehdasvierailuihin ja näiden aikaisiin toimenpiteisiin ja tarkastuksiin erikoistuneen työnkuvan luominen. Laserkeilaukseen tämä ajatus liittyy siten, että tehdasvierailut ovat iso potentiaalinen säästökohde, jolloin vierailevia henkilöitä vähentämällä näitä säästöjä voidaan toteuttaa. Tämän erikoismiehen työnkuvaan kuuluisivat projektivaiheessa tällä hetkellä useiden suunnittelupäälliköiden tehtailla tekemät tarkastukset ja varmistukset. Työnkuvan vaatimukset ovat tämän vuoksi varsin korkeat, sillä siinä työskentelevän henkilön tulee tuntea lähes kaikki paperikoneen rakenneryhmät ja niihin liittyvät tärkeimmät asiat ja vaatimukset. Työnkuvaan olisi tämän ohella luonnollista sisällyttää sisäinen laserkeilaustoiminnan ja -aineistojen käsittelyn asiantuntijuus.

Tuotteistaminen

Immosen (2016) mielestä laserkeilauksien tuotteistaminen on asia, joka olisi niiden laajemman hyödyntämisen vuoksi yksi mahdollinen jatkoprosessi, jolla saataisiin tehtyä toimintatavasta muun muassa helpommin myytävä. ”Tuotteistaminen on palvelun ja sen tarjoaman arvon kiteyttämistä eri osia kuvaamalla ja vakioimalla” (Tuominen, Järvi, Lehtonen, Valtanen & Martinsuo 2015, 5). Tuotteen eri osia ja niiden välisiä suhteita ja yhteensopivuutta kuvaamalla halutaan tiivistää henkilöstölle ja asiakasryhmille yhteisymmärrys palvelusta ja sen tuottamasta arvosta. Tuotteistaminen voidaan jakaa kahteen päätasoon: ulkoiseen ja sisäiseen tuotteistamiseen. Ulkoinen tuotteistaminen on asiakasrajapintaan näkyvien palvelun osien kuvaamista, mikä useimmiten tarkoittaa palvelun kiteyttämistä esimerkiksi myyntimateriaaleihin ja palvelukuvauksiin. Sisäinen tuotteistaminen on palvelun tuottamisen eri osien kuvaamista ja osittaista vakiointia. Yhdessä näiden kahden tason tavoitteena on palvelu, joka on mm. toistettavampi, helpommin myytävä sekä tasalaatuisempi ja kustannustehokkaampi. (Mts. 5–17.)

Jotta tuotteistaminen on kannattavaa ja tarkoituksenmukaista on sen kohteena olevan palvelun sovittava yrityksen arvoihin ja olemassa olevaan tuotevalikoimaan (mts. 8–9). Erään lisähaasteen tuotteistamisprojektille voi Jyväskylän kapitaalimyynnissä aiheuttaa se, että palvelu on lähes aina alihankittua, jonka vuoksi palvelun tuottama arvo on löydettävä aineiston analysoinnin ja tulkinnan kautta. Siitä huolimatta, että laserkeilaus useimmiten alihankitaan sen saattaminen palvelukokonaisuudeksi, jolla on selvä lisäarvo asiakkaalle, voisi mahdollistaa esimerkiksi alueorganisaatioille palvelun markkinoinnin. Vaikka laserkeilausta ei tuotteistettaisikaan loppuun asti, olisi sille vähintäänkin luotava sisäiset markkinointimateriaalit, jotta skannauksia asiakkaille tarjoavilla henkilöillä olisi mahdollisimman hyvä ymmärrys ja tietotaito toiminnan hyödyistä asiakkaalle. Laserkeilauksen myymisen tuotteistamisprojekti voisi jopa olla mahdollinen opinnäytetyöaihe jollekulle aihetta opiskelleelle. Toinen vaihtoehto on Valmetin sisäinen projekti, johon osallistuisi edustajia esimerkiksi myynnistä, markkinoinnista ja suunnittelusta.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tärkein tavoite oli luoda ehdotus uudeksi toimintamalliksi, jonka oli oltava taloudellisesti perusteltavissa sekä otettava huomioon eri toimialueiden erityistarpeet. Tavoitteessa onnistuttiin. Toimintamalli oli jo karkeimmilla ja konservatiivisimmilla säästövaikutuksilla laskettaessa taloudellisia säästöjä aiheuttava. Siinä tapauksessa, että säästövaikutus toteutuu korkeampana kuin käytetty minimitaso, säästöt tulevat olemaan merkittävästi suurempia. Toimintamallin pohjaselvitys oli laaja, josta osa päättyi lopulta olemaan, jopa ei-oleellista tietoa. Tästä huolimatta kaikki kerätty tieto tarkensi asiantuntemusta useiden mahdollisten eri vaihtoehtojen ominaisuuksista. Taloudellisen tarkastelun pohjana olevat kustannuslaskelmat muotoiltiin uuteen muotoon useita kertoja. Useiden eri vaihtoehtojen lisäksi tälle olivat syynä väärät ja liian isot olettamukset muun muassa laatukustannusvaikutuksista. Omien alueidensa asiantuntijoiden avustuksella kaikki kustannuksiin ja säästöihin liittyvät arviot saatiin kohdilleen. Ja sitä kautta lopulta matkakustannussäästöt tarjousvaiheessa nousivat pääasialliseksi säästökohteeksi.

Laserkeilauksen elinkaarta selvitettiin osana taustaselvitystä nykytilanteesta. Uuden ehdotetun toimintamallin vaikutuksia pyrittiin arvioimaan mahdollisimman laajasti. Arvioiden avulla toimintamallia myös pyrittiin muotoilemaan sellaiseksi, että se ei aiheuta millekään myynti- tai toimitusprosessin vaiheelle ongelmia. Elinkaaren arvioinnissa onnistuttiin ja mahdollisia tulevaisuuden vaikutuksia saatiin arvioitua hyvin, minkä avulla kirjattiin ylös useita huomiota vaativia asioita. Kirjatut asiat vaihtelivat toimintamallille tärkeistä edellytyksistä jatkokehitysideoihin. Edellytyksiä oli esimerkiksi se, että laserkeilausaineistoa on osattava hyödyntää kaikissa toiminnoissa, mitä ilman malli ei toimi suunnitellulla tavalla. Elinkaariselvityksen tulokset eivät ole hyödynnettävissä opinnäytetyön ulkopuolella, mutta sen tekemiseen käytettyjä menetelmiä voi soveltaa muissakin organisaatioissa.

Valmetin nykylaitteistoa tarkasteltiin kahdessa eri osassa: laitteissa, jotka tuottavat laserkeilaus- tai vastaavaa aineistoa ja laitteissa, joilla tuotettua aineistoa käsitellään, hyödynnetään tai tarkastellaan. Valmetilla on omistuksessaan kaksi nykyaikaista la-

serkeilainta. Toinen laitteista on käytössä aktiivisesti ja toinen jonkin verran harvemmin. Koska laitteiden käyttäjinä täytyisi olla toimintaan koulutetut henkilöt, joiden työkuva olisi pääasiallisesti keilauksien tekemistä, ei näiden kahden laitteen käytölle suositeltu muutoksia. Tarjousinsinöörien työn kannalta 360° -kamerat tuottavat aineistollaan vastaavan hyödyn kuin laserkeilain. Tämän vuoksi tämänlaisia halpoja kameroita suositeltiin hankittavaksi tehdasvierailuita varten. Laserkeilaimista tutkittiin perinteisen jalustan päältä käytettävän lisäksi käsikäyttöisiä pienempiä ja kevyempiä laserkeilaimia, joiden käytölle kapitaalimyynnissä ei löydetty perusteita.

Laserkeilausaineistoa käsitellään, hyödynnetään tai tarkastellaan tietokoneilla. Aineistoa ja sen käsittelyä kahdessa pääasiallisesti käytössä olevassa ohjelmassa tarkasteltiin sekä kannettavan työsuhte tietokoneen että yhden tehokkaan pöytätietokoneen avulla. Tarkastelulla saatiin selville se miten ohjelmien vaatimat resurssit käyttäytyvät aineiston käsittelyn yhteydessä. Näillä perusteilla pystyttiin antamaan suositus tietokoneiden ominaisuuksista, jotta laserkeilausaineiston käsittely olisi mahdollisimman vaivatonta. Laitteiden tarkastelussa onnistuttiin kartoittamaan laitteiston nykytilanne ja soveltuvuus uuteen toimintamalliin sekä suosittelemaan uusia laitteita.

Molempien laitteistonselvityksen kahden osan tulokset ovat ohjenuoria vuoden 2016 teknologian tasolle. Tästä johtuen laiteselvityksen tulokset vanhenevat varsin nopeasti – jopa parissa vuodessa. Nopeasta teknologian parantumisesta kertoo myös se, että muutamissa lähteissä mainittu vuoden 2011 taso oli merkittävästi matalampi kuin vuodelta 2016 olevat tuote-esitteiden tekniset tiedot.

Laserkeilaukseen liittyvät immateriaalioikeuksia ja omistajuutta saatiin selvitettyä sellaisella tasolla, että selvityksen pohjalta pystyi antamaan ohjeistuksen laserkeilausaineiston tekijänoikeuksista ja omistusoikeuksista. Laserkeilausaineisto voi olla tekijänoikeuksien alainen, mutta kun skannattava kohde yleensä ei ole tekijänoikeuksilla suojattu ei myöskään aineisto ole. Lisäksi skannaukseen on aina kohteen omistajan lupa. Näiden seikkojen takia tekijänoikeudet eivät rajoita laserkeilausaineiston hyödyntämistä. Mikäli kohde monistettaisiin aineiston avulla, voisi se rikkoa tekijänoikeuksia, patentteja tai mallioikeuden antamaa suojaa. Immateriaalioikeuksien sel-

vittäminen oli haastavaa sen vuoksi, että laserkeilaus on vielä verrattain uusi teknologia eikä sen väärinkäytöksistä ole suomalaisien tuomioistuimisen ratkaisuja. Kansainvälistenkin päätösten löytäminen juuri teollisuuden parista osoittautui tuloksettomaksi. Useimmat kansainväliset päätökset, joihin liittyi 3D-skannaus, olivat kappaleiden monistukseen liittyviä rikkomuksia. Immateriaalioikeus kartoituksen tuloksia voi käyttää ohjenuorana toimintaan liittyvistä seikoista. Laajassa ammattimaisessa toiminnassa on parasta konsultoida asiantuntevaa lakimiestä, siitä soveltuvatko tulokset omaan toimintaan ja onko asetuksiin tullut mahdollisia muutoksia tai tarkennuksia.

Sitä miten laserkeilaus tulisi myydä asiakkaalle, tarkasteltiin samassa yhteydessä aineiston omistajuuden kanssa. Sen vuoksi, että immateriaalioikeudet eivät määritä aineiston käytölle rajoituksia on myös sen omistajuus selkeä. Laserkeilauksen suorittajalle syntyy omistusoikeus aineistoon sen tekemisen yhteydessä, joka siirtyy sen tilaajalle, sopimuksesta riippuen, yleensä maksun ja toimituksen yhteydessä. Sen vuoksi, että aineiston omistajuus on näin selvästi Valmetilla, laserkeilaus on mahdollista myydä normaalisti. Laserkeilaus tulee myydä lisäarvoa tuottavana asiantuntijapalveluna, jonka avulla saadaan muun muassa varmistettua projektin takaisinmaksu erilaisten ongelmien tunnistamisen kautta. Tämän osa-alueen tuloksia on mahdollista soveltaa muidenkin yritysten toimesta siinä tapauksessa, että heidän yritysarvonsa ja asenteensa on vastaava kuin Valmetilla. Eli heillä täytyy olla vahva tahto palvella asiakkaitansa ja pyrkiä tarjoamaan heille parasta ja laadukkainta mahdollista työtä.

Vertailu muihin teollisuuden toimijoihin verrattuna laserkeilauksen hyödyntämisessä ei onnistunut. Vertailua yritettiin toteuttaa yhden keskeisen laserkeilauspalveluita tuottavan toimijan välittämien haastattelupyynnöiden avulla. Yksikään yrityksistä ei vastannut haastattelupyynnöihin. Yritykset, joille pyynnöt välitettiin, valittiin siten, että niiden toiminta ei ole kilpailuasemassa Valmetin kanssa. Vastaamattomuudelle voi olla syynä ajankohta jolloin pyynnöt välitettiin, joka oli kesälomakauden aikana. Vertailu olisi ollut hyvä mittari Valmetin laserkeilaustoiminnan nykytasosta verrattuna muihin toimijoihin, mutta samaan aikaan tiedolla ei olisi ollut muuta kuin pieni informatiivinen arvo. Ainoastaan siinä tapauksessa, että jokin haastateltu olisi sano-

nut tekevänä jotain erittäin edistyksestä ja tehokasta olisi voinut aiheuttaa toimenpiteitä ja auttaa muokkaamaan myös Valmetille samanlaisia toimintatapoja. Koska kukaan yrityksistä ei vastannut on myös mahdollista, että Valmet on edelläkävijä laserkeilaustoiminnan järjestelmällisen hyödyntämisen kehittämisessä. Haastattelujen puutteessa laserkeilauksen hyödyntämistä tarkasteltiin myös teollisuuden ulkopuolisiin käyttötarkoituksiin.

Opinnäytetyö perustuu teoriaosuutta lukuun ottamatta asiantuntijahaastatteluihin. Tämän vuoksi on mahdollista, että jos jokin asia ei tullut missään käydyssä keskustelussa esille, se ja sen vaikutus on voinut jäädä selvittämättä ja arvioimatta. Laserkeilaukseen liittyvien menetelmien selvitystyötä hankaloitti hieman sen, että aiheesta on rajallinen määrä kirjallisuutta. Aiheeseen on tehty paljon tieteellistä tutkimusta, mutta tällaiset tutkimuselosteet kuvaavat vain oman tutkimusongelmansa ja ratkaisunsa. Lentokoneesta käsin suoritettava laserkeilaus oli useimmiten kirjallisuuden käyttämä esimerkki, jonka vuoksi lähdemateriaalia oli sovellettava ja tulkittava siten, että se sopi myös maanpäälliseen skannaukseen. Tämän lisäksi kriittisyyttä tuli osoittaa varsinkin eri yritysten tuote-esitteiden sisältöön, joka oli käytännössä ainoa tapa saada tietoa nykyaikaisten laitteistojen ja menetelmien tasosta.

Opinnäytetyön tulosten luotettavuutta on vaikea arvioida tarkasti, koska laskelmat perustuvat asiantuntijoiden arvioihin uudella toimintamallilla saavutettavista vaikutuksista. Joitakin lukuarvoja saatiin määritettyä tarkasti tilastollisin menetelmin Valmetin tietojärjestelmistä saaduista viime vuosien tiedoista. Asiantuntijoiden arvioita voi tulevaisuudessa todentaa seuraamalla sitä, miten kustannukset ja säästöt oikeasti toteutuvat. Tuloksista valtaosa on hyödynnettävissä vain nykyhetkessä ja siinä organisaatiossa, jossa opinnäytetyö tehtiin. Tuloksien hankintaan käytettyjä menetelmiä sen sijaan voi soveltaa muissa organisaatioissa vastaavanlaisen selvityksen tekemisessä. Näiden menetelmien helposti sovellettavat osat ovat, laserkeilauksen hyödyntämisen nykytilanteen, tarpeen ja hyötyjen kartoitus. Kartoituksen perusteella voi arvioida onko organisaatiolle hyödyllistä selvittää uutta toimintatapaa. Mikäli muissa organisaatioissa tehdään vastaava selvitys, opinnäytetyön tulokset voivat tukea selvityksen tulosta, mikäli tilanteet ovat samankaltaisia. Siinä tapauksessa, että tilanteet

ovat erilaisia, tulokset eivät voi tukea tulosta, mutta ne voivat selittää sitä jos uudella selvityksellä saadaan eroavia tuloksia.

Opinnäytetyöhön pohjautuvia jatkokehityskohteita ovat laserkeilaustoiminnan tuotteistaminen, tehdasvierailuihin erikoistunut työnkuva sekä opinnäytetyön pohjaselvitystä vastaava nykytilanteen selvitys Palvelut ja Sellu ja energia –liiketoimintalinjoissa sekä Pehmopaperitehtaat–liiketoimintayksikössä. Tämän selvityksen tekemisen tarkoitus on ensisijaisesti selvittää onko organisaatiolle hyödyllistä aloittaa jatkoselvitys laserkeilauksen hyödyntämisestä. Tuotteistamisella laserkeilauksesta saataisiin vakioidumpi palvelukokonaisuus, jonka hyödyt on helpompi esitellä ja myydä asiakkaille. Samalla myös sisäinen asiantuntemus laserkeilauksesta ja tietämys siitä kenen vastuualueelle se missäkin tapauksessa kuuluu kasvaa. Tehdasvierailuihin ja niiden aikaisiin toimenpiteisiin erikoistuneella työnkuvalla on mahdollista saavuttaa jopa moninkertainen säästövaikutus ehdotettuun uuteen toimintatapaan verrattuna. Tämä ennustettu säästövaikutus perustuu mahdollisuuteen vähentää kohteessa käyvien henkilöiden määrää merkittävästi. Tämän erikoismiehen työn vaatimukset ovat varsin korkeat, sillä hänen on tunnettava lähes kaikki paperikoneen rakenneryhmät ja niihin liittyvät tärkeimmät asiat ja vaatimukset.

Opinnäytetyön tuloksilla ei ole yleisempää merkitystä oman viitekehityksensä ulkopuolella. Ajankohta jolloin opinnäytetyö toteutettiin, ei ollut paras mahdollinen, sillä sen keskelle osui useiden eri toimijoiden kesälomakausi, joka aiheutti pitkiä odotusajakoja tiettyjen asioiden selvittämiseksi. Nämä odotusajat toisaalta antoivat hyvin aikaa ajatuksille kehittyä ja tarkentua selvityksen edetessä. Huolimatta ajankohdan aiheuttamista haasteista opinnäytetyö saatiin toteutettua pääosin suunnitellusti.

Lähteet

3D Builder. N.d. Tuote-esittely Microsoftin sovelluskaupan sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <https://www.microsoft.com/fi-fi/store/apps/3d-builder/9wzdnrcfj3t6>

3D digitisation and intellectual property rights. 2014. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 20.06.2016. <https://www.jisc.ac.uk/guides/3d-digitisation-and-intellectual-property-rights>

3D Laser Scanning for Heritage. 2011. Verkkokirja Historic Englandin sivustolla. Viitattu 11.05.2016. <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/3d-laser-scanning-heritage2/3D Laser Scanning final low-res.pdf/>

3D Mesh Generation with KScan3D software and Kinect. N.d. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <http://www.kscan3d.com/>

3D Point Cloud Data from UAS. N.d. Flightline Geographicsin sivustolla. Viitattu 14.06.2016. <http://www.flightlinegeographics.com/3D Point Cloud.html>

3D Scan. N.d. Tuote-esittely Microsoftin sovelluskaupan sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <https://www.microsoft.com/en-us/store/apps/3d-scan/9nblggh68pmc>

3D Scanners. N.d. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 19.05.2016 <http://www.rapidform.com/3d-scanners/>

Almost Everything You Always Wanted to Know About 3D Scanning*. N.d. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 19.05.2016 http://www.dirdim.com/lm_everything.htm

Arkimaa, A. 2016. Application Engineer, MIL. Valmet Oyj. Sähköpostiviesti 01.06.2016. Vastaanottaja M. Oikarinen.

ATA carnet. N.d. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 06.06.2016. <http://www.atacarnet.fi/>

Boubekeur, T. 2016. Real Time Tessellation. Artikkelijisc:n kotisivustolla. Viitattu 09.06.2016. <http://perso.telecom-paristech.fr/~boubek/tessellation/>

Breuckmann, B. N.d. 25 Years of High Definition 3D Scanning: History, State of the Art, Outlook. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 14.06.2016. http://www.bcs.org/upload/pdf/ewic_ev14_s19paper3.pdf

Cost of Quality (COQ). N.d. Artikkelijisc:n sivustolla. Viitattu 04.08.2016. <http://asq.org/learn-about-quality/cost-of-quality/overview/overview.html>

Creaform HandySCAN 3D Brochure. 2016. Tuote-esite Creaformin sivustolla. Viitattu 11.07.2016.
http://www.creaform3d.com/sites/default/files/assets/brochures/files/handyscan/2016/handyscan3d_brochure_en_hq_21032016.pdf

Datasheet RIEGL VZ®-1000. N.d. Tuote-esite RIEGL:n sivustolla. Viitattu 12.07.2016.
http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/DataSheet_VZ-1000_2015-03-24.pdf

Datasheet RIEGL VZ®-6000. N.d. Tuote-esite RIEGL:n sivustolla. Viitattu 11.07.2016.
http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/Datasheet_VZ-6000_2015-01-22.pdf

Dimensional Analysis. N.d. Artikkelin Faron sivustolla. Viitattu 25.05.2016.
<http://www.faro.com/measurement-solutions/applications/dimensional-analysis>

Ebrahim, M. A. 2015. 3D Laser Scanners' Techniques Overview. International Journal of Science and Research, 4, 10. Viitattu 14.06.2016.
<https://www.ijsr.net/archive/v4i10/SUB158346.pdf>

Edgett, S. J. 2015. Idea-to-Launch (Stage-Gate®) Model: An Overview. Artikkelin Stage-Gate Internationalin sivustolla. Viitattu 16.06.2016. http://www.stage-gate.net/downloads/wp/wp_10.pdf

Elomatic lyhyesti. N.d. Artikkelin Elomaticin sivustolla. Viitattu 08.08.2016.
<http://www.elomatic.com/fi/yritys/elomatic-lyhyesti.html>

Faro Freestyle Brochure. 2015. Tuote-esite Faron sivustolla. Viitattu 25.05.2016.
<http://www.faro.com/download-centre/search-results/search-item?document=ac5c30d9-fe11-60f4-9d6c-ff000085c7a7>

FARO Laser Scanner Focus3D X Series – Brochure. 2015. Tuote-esite Faron sivustolla. Viitattu 25.05.2016. <http://www.faro.com/download-centre/search-results/search-item?document=528b36d9-fe11-60f4-9d6c-ff000085c7a7>

Fernandez-Diaz J. C. & Carter W. E. 2013. Understanding Waveform Digitizing and Waveform Data Processing. White Paper. National Center for Airborne Laser Mapping. Viitattu 27.05.2016.
<http://ncalm.cive.uh.edu/sites/ncalm.cive.uh.edu/files/files/publications/reports/NCALM-WP-2013-01.pdf>

Geoinformatics. N.d. Artikkelin Kyoto University Graduate School of Engineering, Department of Civil and Earth Resources Engineering:n sivustolla. Viitattu 26.07.2016. <http://www.ce.t.kyoto-u.ac.jp/en/information/laboratory/geoinfo>

Grunewald, S. J. 2015. Faro's new Freestyle3D X Handheld 3D Laser Scanner has Amazing Accuracy. Artikkelin sivustolla 3D Print.com. Viitattu 25.05.2016.
<https://3dprint.com/96403/faro-freestyle3d-x-handheld/>

Hakonen, T. 2016. Senior Manager, Estimation. Valmet Oyj. Sähköpostiviesti 18.07.2016. Vastaanottaja M. Oikarinen.

Hardesty, L. 2015. Making 3-D imaging 1,000 times better. Algorithms exploiting light's polarization boost resolution of commercial depth sensors 1,000-fold. Artikkele MIT Newsin sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <http://news.mit.edu/2015/algorithms-boost-3-d-imaging-resolution-1000-times-1201>

How does Laser Scanning work? N.d. Artikkele SurvTech Solutionsin sivustolla. Viitattu 18.05.2016. <http://floridalaserscanning.com/3d-laser-scanning/how-does-laser-scanning-work/>

Immonen, S. 2016. Application Engineer. Valmet Oyj. Ohjaus 09.05–29.08.2016.

Innovation Process. N.d. Artikkele Stage-Gate Internationalin sivustolla. Viitattu 16.06.2016. http://www.stage-gate.com/resources_stage-gate_full.php

Isokääntä, I. 2016. Manager, Plant Engineering. Valmet Oyj. Haastattelu 23.05.2016.

John Chance Land Surveys. 2016. Palveluesittely John Chance Land Surveysin sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <http://www.jchance.com/services/lidar-services/>

Jussila, J. 2012. Innovointi. Tampereen teknillinen yliopisto. Luentomateriaali. Viitattu 16.06.2016. <http://www.slideshare.net/jjussila/tijop2-2012-innovointi>

Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014. Mittaustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro 2014.

Ketolainen, A. 2016. Director, Sales Application. Valmet Technologies Inc. Suullinen keskustelu. 09.06.2016, 02.08.2016, 09.08.2016, 16.08.2016 ja 19.08.2016.

Khoshelham, K. & Elberink, S. O. 2012. Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications. Sensors 2012, 12, 1437–1454. Basel, Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Viitattu 29.06.2016. <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/2/1437/pdf>

Kinect Adapter for Windows. N.d. Tuote-esittely Microsoft verkkokaupan sivustolla. Viitattu 29.06.2016. https://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Kinect-Adapter-for-Windows/productID.308803600

Kinect Sensor for Xbox One. N.d. Tuote-esittely Microsoft verkkokaupan sivustolla. Viitattu 29.06.2016. https://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/pdp/Kinect-Sensor-for-Xbox-One/productID.307499400

Korhonen, H. 2016. Director, Project Operations. Valmet Oyj. Suullinen keskustelu 08.08.2016.

Kärkkäinen, K. M. 2016. Senior Manager, Wet End Engineering. Valmet Technologies Inc. Sähköpostiviesti 10.06.2016. Vastaanottaja M. Oikarinen. Suullinen Keskustelu 02.08.2016.

L 8.7.1961/404. Tekijänoikeuslaki. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitattu 21.06.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610404>

L 15.12.1967/550. Patenttilaki. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitattu 21.06.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1967/19670550>

L 12.3.1971/221. Mallioikeuslaki. Valtion säädöstietopankki Finlex. Viitattu 21.06.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1971/19710221>

Laatukustannukset. 2010. Artikkelit Laatuakatemia sivustolla. Viitattu 04.08.2016. <http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatukustannukset.htm>

Laatukustannukset. 2016. Artikkelit Valmet Oyj:n sivustolla. Viitattu 17.08.2016. <http://www.valmet.com/fi/sijoittajat/taloudellista-tietoa/kannattavuuden-parantaminen/laatukustannukset/>

Laukkanen, S. 2010. Organisaation ostoprosessiin vaikuttavat tekijät Case: Agenta Group Ab. Opinnäytetyö. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. Viitattu 07.06.2016. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24550/Laukkanen_Sarianna.pdf.pdf?sequence=1

Lazaridis, G. 2008. Modulating and Different Types of Modulation [Theory]. Artikkelit PCB Heavenin sivustolla. Viitattu 14.06.2016. <http://www.pcbheaven.com/opendir/index.php?show=273tt2430fjfb565483>

Legal issues that arise from creating a 3D file by scanning an object. 2014. Artikkelit New Media Rights:n sivustolla. Viitattu 20.06.2016. http://newmediarights.org/legal_issues_arise_creating_3d_file_scanning_object_0

Leica ScanStation P40 / P30 – Because every detail matters. N.d. Tuote-esittely Leica Geosystems:n sivustolla. Viitattu 19.05.2016. <http://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/leica-scanstation-p40--p30>

Leskinen, M. & Saraneva, S. 2012. Laatukustannuslaskenta: Case teollisuuden kunnossapitopalvelut. Kandidaatintyö. Lappeenranta University of Technology. Teknialoudellinen tiedekunta. Tuotantotalouden osasto. Viitattu 04.08.2016. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/76990/Laatukustannuslaskenta%20Case%20teollisuuden%20kunnossapitopalvelut.pdf?sequence=1>

Mitra, S. K. 2001. Phase and Group Delays. Luentomateriaali. Viitattu 09.06.2016. <https://www2.units.it/ramponi/teaching/DSP/materiale/Ch4%28%29.pdf>

Nokia OZO Virtual Reality Camera with 360-degree audio and video capture. N.d. Tuote-esittely Nokian sivustolla. Viitattu 17.06.2016. <https://ozo.nokia.com/eu/>

NURBS 2: Terminology. 2016. Autodeskin sivusto. Viitattu 09.06.2016.

<https://knowledge.autodesk.com/support/alias-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Alias-Tutorials/files/GUID-44C90759-1812-4051-85BF-072140EE6623-htm.html>

Oikarinen, J. 2016. Senior Manager, Presales. Valmet Oyj. Suullinen keskustelu. 09.06.–10.06.2016.

Oikeus.fi. N.d. Haku eri oikeusasteiden ratkaisuista Oikeuslaitoksen sivustolla.

Viitattu 01.08.2016. <http://www.oikeus.fi/tuomioistuimet/fi/index/ratkaisut.html>

Pagliari, D. & Pinto, L. 2015. Calibration of Kinect for Xbox One and Comparison between the Two Generations of Microsoft Sensors. Sensors 2015, 15, 27569–27589. Basel, Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Artikkel. Viitattu 29.06.2016. <http://www.mdpi.com/1424-8220/15/11/27569/pdf>

Pekkanen, R. 2016. Engineering Manager. Valmet Oyj. Haastattelu 30.05.2016.

Pelkonen, T. 2016. Chief Engineer, Application. Valmet Oyj. Suullinen keskustelu. 06.06.2016 ja 15.08.2016.

PSK 3402. 2013. PSK-Standardointi. Viitattu 11.05.2016. <http://www.psk-standardisointi.fi/>

ReconstructMe. N.d. Tuote-esittely ReconstructMe:n sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <http://reconstructme.net/>

Rekilä, E. 2016. Sales Assistant. Valmet Oyj. Sähköpostiviesti 16.05.2016. Vastaanottaja M. Oikarinen.

Ricoh Theta S. N.d. Tuote-esittely Ricoh:n sivustolla. Viitattu 17.06.2016. <https://theta360.com/en/about/theta/s.html>

Rüberg, M. 2016. 3D Printers and Intellectual Property Rights. Artikkel. Boehmert & Boehmert:n sivustolla. Viitattu 20.06.2016. <http://www.boehmert.com/news-notes/bb-bulletin/patent-law/3d-printers-and-intellectual-property-rights.html>

Samsung Gear 360. N.d. Tuote-esittely Samsungin sivustolla. Viitattu 17.06.2016. <http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-360/>

Shan, J. & Toth, C. K. 2009. Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. Boca Raton (Fla.): CRC Press/Taylor & Francis Group.

Siitonen, J. 2016. Sales Director, NA/SA. Valmet Oyj. Suullinen keskustelu 20.07.2016.

Skanect 3D Scanning Software by Occipital. N.d. Tuote-esittely Occipitalin sivustolla. Viitattu 29.06.2016. <http://skanect.occipital.com/>

Sundberg, S. 2016. Design Manager, Advanced Technologies. Elomatic. Haastattelu 23.06.2016.

Tervo, J. 2014. Lentorobotit sähköverkkojen tarkastuksissa. Reneco Oy:n selvitys Sähkötkimuspöytäkirjalta. Viitattu 29.06.2016.

http://energia.fi/sites/default/files/lentorobotit_sahkoverkon_tarkastuksissa_2014.pdf

The 7 Best 360° Cameras and Rigs for Shooting INSANELY Awesome VR Video. 2015. Artikkelin DailyTekk:n sivustolla. Viitattu 17.06.2016.

<http://dailytekk.com/2015/09/08/the-7-best-360-cameras-and-rigs-for-shooting-insanely-awesome-vr-video/>

Tuominen, T., Järvi, K., Lehtonen, M. H., Valtanen, J. & Martinsuo, M. 2015.

Palvelujen tuotteistamisen käsikirja - Osallistavia menetelmiä palvelujen kehittämiseen. Helsinki: Aalto-yliopisto. Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA, 5/2015. Viitattu 01.08.2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-6218-1>

Valmet CoMPass. N.d. Vain sisäiseen käyttöön tarkoitettu. Viitattu 09.05-19.08.2016. Valmet Oyj:n henkilöstöintra.

Valmet lyhyesti. N.d. Artikkelin Valmet Oyj:n sivustolla. Viitattu 26.08.2016.

<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet Notes. N.d. Vain sisäiseen käyttöön tarkoitettu. Viitattu 09.05-19.08.2016.

Valmet Oyj:n henkilöstöintra.

Valmet verkkolevy. N.d. Vain sisäiseen käyttöön tarkoitettu. Viitattu 09.05-19.08.2016. Valmet Oyj:n henkilöstöintra.

Vestola, M. 2016. Quality Manager. Valmet Oyj. Suullinen keskustelu 02.08.2016.

Vosselman, G. & Maas, H. G. 2010. Airborne and terrestrial laser scanning. Dunbeath: Whittles Publishing.

Vu, T. T. & Matsuoka, M. & Yamazaki, F. 2007. LiDAR signatures to update Japanese building inventory database. Artikkelin. Viitattu 20.07.2016.

https://staff.aist.go.jp/m.matsuoka/others/ThuyVU_ACRS04.pdf

Webinar: Focus3D a Revolution in 3D Laser Scanning. 2015. Verkkoseminaari Faron sivustolla. Viitattu 25.05.2016. <http://www.faro.com/download-centre/search-results/search-item?document=b592e008-a968-4e5c-8876-3c7ccaefbabc>

What are NURBS? N.d. Artikkelin Rhinoceros:n sivustolla. Viitattu 09.06.2016.

<https://www.rhino3d.com/nurbs>

What is Laser Scanning? 2011. Artikkelin Archaeology Data Service:n sivustolla. Viitattu 25.05.2016. http://guides.archaeologydataservice.ac.uk/g2gp/LaserScan_1-2

Xbox One tarvikkeet. N.d. Tuotekatalogi Verkkokauppa.com:n verkkokaupassa.
Viitattu 29.06.2016. <https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/10157c/Pelikonsolit-ja-tarvikkeet-Xbox-One-tarvikkeet>

Yleistä mallioikeudesta. N.d. Artikkelit Patentti- ja rekisterihallituksen sivustolla.
Viitattu 21.06.2016.
<https://www.prh.fi/fi/mallioikeudet/mallinrekisteroiminen/yleista.html>

Liitteet

Liite 1. Pistepilvinäkymät kahdessa ohjelmassa: SCENE LT ja Navisworks



Kuvio A. Näkymä SCENE LT-ohjelmassa (Valmet verkkolevy n.d.)



Kuvio B. Näkymä Navisworks-ohjelmassa (Valmet verkkolevy n.d.)

Liite 2. Referenssinä käytetty nykyaikainen ja tehokas tietokone



Kuvio A: Referenssi tietokone

Taulukko L5-B: Referenssi tietokoneen olennaiset tekniset tiedot

Käyttöjärjestelmä	Windows 10 Pro 64-bit
Proessori	Intel Core i7 4790K @ 4.00GHz
Keskusmuisti	32,0GB Dual-Channel DDR3 @ 799MHz (10-10-10-30)
Näytönohjain	4095MB NVIDIA GeForce GTX 970 (MSI)

Liite 3. Sisäinen esitysmateriaali: Ehdotus uudeksi toimintamalliksi. Laserkei-
lauksen tekeminen jo myyntivaiheen aikana

Liite on määritelty salaiseksi toimeksiantajan toimesta.

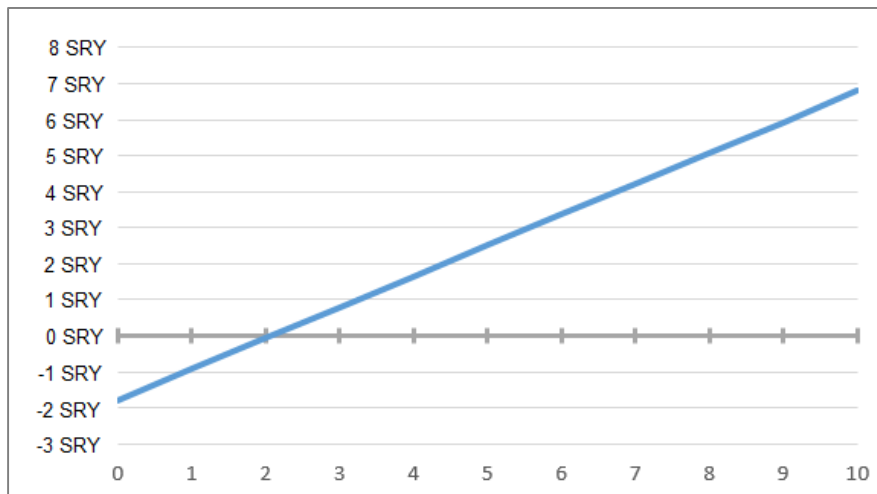
Liite 4. Otteita kustannuslaskelmien kuvioista

Muuttujien arvoja kuvaajissa:

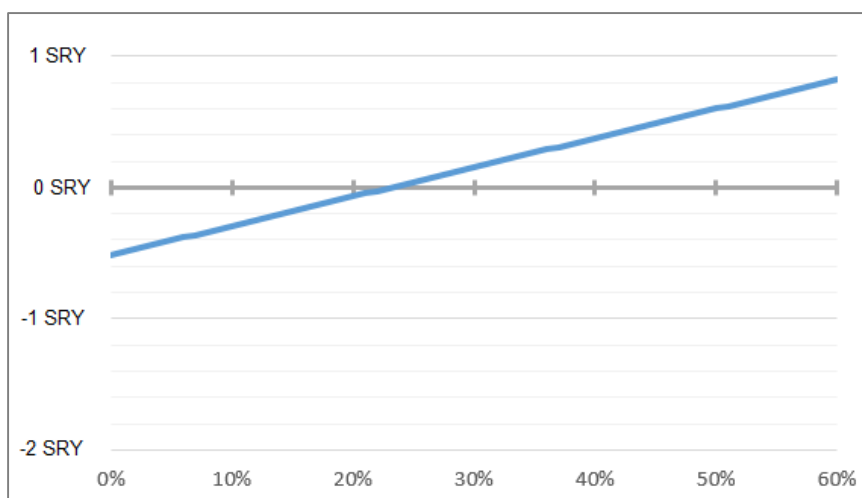
Projektien lukumäärä: 20 kpl
 Osumaprosentti: 50 %
 Ennalta myytyjen osuus: 20 %
 Matkakustannussäästöjä: 2 kpl / projekti
 Laatukustannusvaikutus: 0 %

Selite:

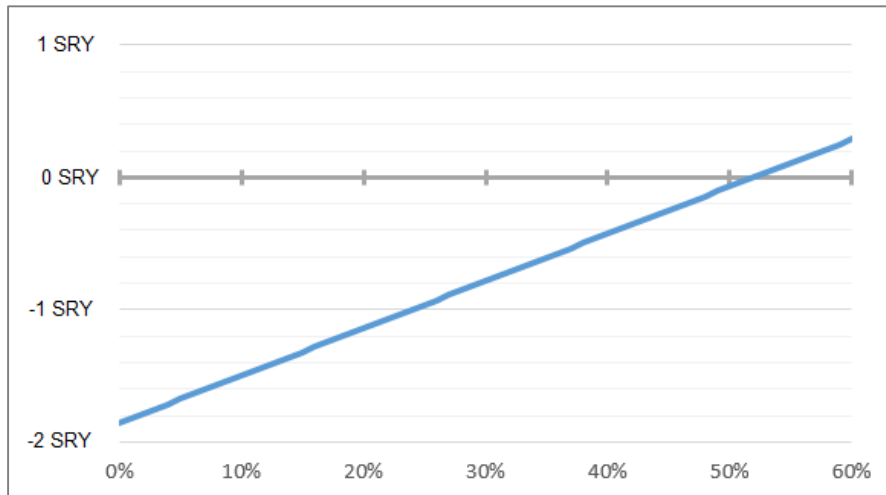
SRY = Suhderahayksikkö



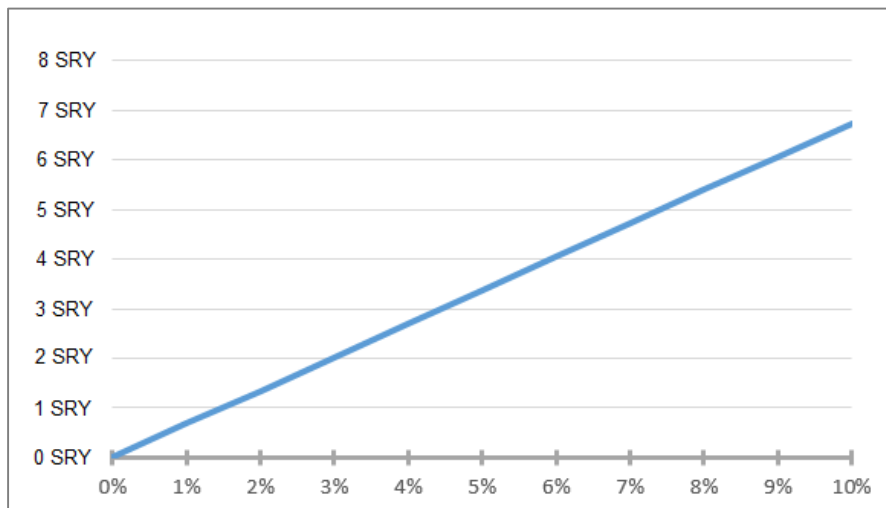
Kuvio A: Matkakustannussäästöjen vaikutus kokonaissäästöihin.



Kuvio B: Ennalta myytyjen osuuden vaikutus kokonaissäästöihin.



Kuvio C: Osumaprosentin vaikutus kokonaissästöihin.



Kuvio D: Laatukustannusvaikutusten vaikutus kokonaissästöihin.