

Vesa Tiihonen

Lasertyöstö Kaakkois-Suomessa
Markkinointitutkimus

Opinnäytetyö
Materiaalitekniikan koulutusohjelma


Marraskuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 1.11.2015
Tekijä(t) Vesa Tiihonen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Materiaalitekniikan ko.
Nimeke Lasertyöstö Kaakkois-Suomessa	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkitaan lasertyöstön hyödyntämisen astetta Kaakkois-Suomessa. Käyttöä kartoitettiin Savosolar Oy:n toimeksiannosta. Tietoja oli tarkoitus käyttää yrityksen hankintapäätöksen tukena. Lisäksi perehdytään laserin fysikaalisiin ominaisuuksiin ja käyttöön valmistustekniikassa sekä tutustutaan markkinointitutkimukseen tutkimusmenetelmänä.</p> <p>Tietoja kerättiin sähköisellä Webropol-kyselytyökalulla aikavälillä touko-syyskuu 2015. Kysely toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa kyselyä jaettiin Etelä-Savon alueen yrityksille ja jälkimmäisessä kyselyssä kohteena olivat Etelä-Karjalan sekä Kymenlaakson alueen yritykset.</p> <p>Kaakkois-Suomen yritykset tuntevat ja hyödyntävät lasertyöstöä joko omassa tuotannossaan tai hankkivat palvelua alihankintana. Erityisesti laserleikkaus on laajasti käytössä. Laserhitsauksen suhteen yritykset olivat varovaisempia kannassaan. Monien mielestä laserhitsauksen hyödyntäminen vaatisi panostuksia tuotteen tarkempaan suunnitteluun. Muista lasertyöstömenetelmistä tunnettiin etenkin merkkaus ja pintakäsittely.</p> <p>Kyselyn pohjalta ei voida vetää suuria johtopäätöksiä, sillä vastausprosentti on aivan liian pieni. Aihetta voisi lähestyä uuden tutkimuksen valossa, paremmilla resursseilla varustettuna.</p>	
Asiasanat (avainsanat) laserit, lasertekniikka, leikkaus, hitsaus, pintakäsittely, 3D-tulostus, markkinointitutkimus	
Sivumäärä 43+5	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Markku Kemppe	Opinnäytetyön toimeksiantaja Savosolar Oy

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 1.11.2015
Author(s) Vesa Tiihonen	Degree programme and option Materials science and engineering
Name of the bachelor's thesis Laser manufacturing in South-Eastern Finland	
Abstract <p>The goal of this thesis is to gather information on the use of laser manufacturing in South-Eastern Finland. The subject was given by Savosolar Inc. which was interested in purchasing a machine capable of laser manufacturing. This thesis will also look at the physical properties of laser light and its use in manufacturing.</p> <p>The information gathering was carried out using marketing research methods. A Webropol-survey was sent to various companies in South-Savonia, South-Karelia and Kymenlaakso regions during may-september 2015.</p> <p>It is clear that laser manufacturing methods are known and used in the area. Laser cutting is the primary method with many businesses using it in their production or through sub-contractors. Laser welding isn't as widely used. Many answerers told that using laser welding techniques would make the product design process more complex. Laser marking and surface treatments were also mentioned by few recipients.</p> <p>Conclusions can't be derived from this thesis due to the low number of answers to the survey. More research with bigger resources must be carried out if a more detailed perspective of the situation is needed.</p>	
Subject headings, (keywords) lasers, laser technology, cutting, welding, surface treatment, 3D-printing, marketing research	
Pages 43+5	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Markku Kemppe	Bachelor's thesis assigned by Savosolar Inc.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	SAVO-SOLAR OY	2
3	LASER	2
3.1	Valon ja laserin teoreettinen tausta	2
3.2	Spontaani emissio	2
3.3	Indusoitu emissio	3
3.4	Meissnerin takaisinkytkentä	5
3.5	Laservalo	6
4	LASERTYÖSTÖ	6
4.1	Lasertyöstön historiaa	7
4.2	Lasertyöstömarkkinat	7
4.3	Lasertyöstö Suomessa	8
4.4	Laserleikkaus	9
4.4.1	Polttoleikkaus	10
4.4.2	Sulattava leikkaus	10
4.4.3	Höyrystävä leikkaus	11
4.4.4	Yhdistelmäprosessit	11
4.4.5	Laserleikkauksen ja vesisuihkun yhdistäminen	12
4.4.6	Leikkauslaserit	13
4.5	Laserhitsaus	13
4.5.1	Syvätunkeumahitsaus	16
4.5.2	Sulattava laserhitsaus	18
4.5.3	Pulssihitsaus	18
4.5.4	Lisäaineellinen laserhitsaus	19
4.5.5	Monipalkohitsaus	19
4.5.6	Hybridihitsaus	20
4.5.7	Laitteistot ja käyttökohteet	20
4.6	Laserpintakäsittely	21
4.6.1	Pintakarkaisu	21
4.6.2	Lasersulatus	22
4.6.3	Laserpinnoitus	22
4.6.4	Lasershokkikäsittely	24

4.7	Muut lasersovellukset	24
4.7.1	Lasermerkkaus	24
4.7.2	Laserporaus	25
4.7.3	Lasertaiutus ja –muovaus.....	25
4.7.4	3D-tulostaminen.....	26
5	MARKKINOINTITUTKIMUS	26
5.1	Markkinointitutkimuksen prosessi.....	26
5.2	Tiedonkeruun menetelmiä	27
5.2.1	Kirjoituspöytä tutkimus ja kenttätutkimus.....	27
5.2.2	Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen lähestymistavan erot	28
5.2.3	Tutkimuksen arviointi.....	29
5.3	Otanta.....	30
5.4	Markkinointitutkimuksen rajoitteet	31
6	TUTKIMUSKOHTEENA LASERTYÖSTÖ.....	32
6.1	Lähtötilanne ja tutkimuksen tausta	32
6.2	Tiedonkeruutavasta päättäminen ja kontaktien luonti	32
6.3	Ensimmäinen kysely	33
6.4	Toinen kysely.....	34
7	TULOKSET	35
7.1	Etelä-Savon yritykset.....	35
7.2	Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson yritykset	38
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	42
8.1	Tulosten analysointia	42
8.2	Johtopäätöksiä.....	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	
	1 Saatekirje	
	2 Kyselypohja	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää lasertyöstöpalvelujen tarvetta Etelä-Savon, Kymenlaakson sekä Etelä-Karjalan seuduilla. Idea opinnäytetyöhön tuli Savosolar nimisen yrityksen kautta. Savosolar on erikoistunut aurinkolämpökeräimien valmistukseen. Yrityksen aikeena oli hankkia laserhitsauslaitteisto Mikkelissä sijaitsevaan tuotantolaitokseen. Laitteistoa oli tarkoitus käyttää yhtiön omassa tuotannossa sekä ulkopuolisille tarjottavissa laserhitsauspalveluissa yhtiön tytäryhtiön, Savo-laserin kautta.

Savosolarilla haluttiin selvittää laserlaitteen hankinnan kannattavuus ennen varsinaista päätöstä. Tämän johdosta yritykselle syntyi tarve saada lisätietoa alueen yritysten kiinnostuksesta lasertyöstöpalveluita kohtaan. Esiin nousi tarve markkinointitutkimuksen teettämiselle. Markkinointitutkimuksen teemoilta yritys otti yhteyttä Mikkelin ammattikorkeakouluun. Lopulta tieto yhteistyöprojektista kantautui korviini, ja ilmaisin kiinnostukseni aihetta kohtaan.

Yritys halusi käyttöönsä tietoja varsin nopeassa aikataulussa, sillä markkinointitutkimuksen tietoja voitaisiin käyttää ulkopuolisen rahoituksen hankinnassa. Täten alkupalaverissa sovittiin, että ensimmäinen raportti koostettaisiin toukokuun loppuun mennessä. Tutkimuksen pääkohdealueena oli Etelä-Savo, mutta varsin nopeasti kiinnostukseni heräsi myös ympäröivien alueiden kiinnostuksen kartoittamiseen.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään aihetta tutustumalla aluksi lasertyöstön teoreettiseen perustaan sekä sen eri muotoihin. Seuraavaksi käsitellään markkinointitutkimuksen olemusta tutkimusmenetelmänä ja selvitetään hyvälle markkinointianalyysille asetettuja vaatimuksia. Tämän jälkeen käydään läpi kyselyn tuloksia, joiden pohjalta analysoin tuloksia. Tavoitteena on antaa lukijalle kokonaisvaltainen kuva teknisen alan markkinointitutkimuksesta.

2 SAVOSOLAR OY

Savosolar Oy on vuonna 2010 perustettu yritys, joka on toiminnassaan painottunut aurinkovoiman hyödyntämiseen. Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat niin perinteiset aurinkosähköpaneelit kuin lämmitysratkaisuksi suunnitellut aurinkolämpökeräimet. Paneelien koot vaihtelevat muutaman neliömetrin paneeleista yli kymmenen neliömetrin paneeleihin. Myös paneelien pinnoitteet ovat yrityksen jatkuvan kehityksen kohteena. /1;2./

Yritys on perustettu vuonna 2010 pinnoitustekniikan asiantuntijoiden toimesta. Yritys on siis hyvin nuori, mutta toiminnan kehitys on ollut nopeaa. Ensimmäiset keräimet toimitettiin huhtikuussa 2011 ja vielä samana vuonna yritys voitti Intersolar awardin, joka on aurinkoenergiaratkaisuja tuottavien yritysten kansainvälisen yhteistyöjärjestön, Intersolarin, vuosittain jakama palkinto innovatiivisen aurinkoenergian kehittäjälle. Lisäksi yritys on laajentanut toimintaansa Tanskaan tytäryhtiön kautta sekä hankkinut ISO 9001- ja PED II -sertifikaatit. /1;5;6./

3 LASER

3.1 Valon ja laserin teoreettinen tausta

Laser on lyhenne englanninkielen sanoista Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, joka tarkoittaa valon vahvistamista säteilyn stimuloitun emission avulla. Ilmiön teoreettinen perusta luotiin jo 1910-luvulla, kun fyysikko Albert Einstein kuvasi stimuloitun eli indusoidun emission periaatteen. /7, s.379./

3.2 Spontaani emissio

Valo itsessään on sähkömagneettinen aalto, joka etenee nopeudella c (tyhjiössä $\approx 3 * 10^8 \frac{m}{s}$). Tämä aalto koostuu sähkökentästä ja sitä vastaan kohtisuorasta magneettikentästä. Valo erottuu muista sähkömagneettisista aalloista aallonpituutensa, eli taajuuden kautta. /9, s.2.1.1.1-2.1.1.2./

Valosta ja laserista puhuttaessa on tärkeää erottaa polaroidun ja polaroimattoman valon ero. Luonnonvalolle on ominaista sen polaroimattomuus, joka tarkoittaa valon kenttävoimakkuusvektoreiden satunnaista suunnanvaihtelua. Jos vektorin liike on tietyn suuntaista, puhutaan silloin lineaarisesti polaroidusta valosta./9, s.2.1.1.3./

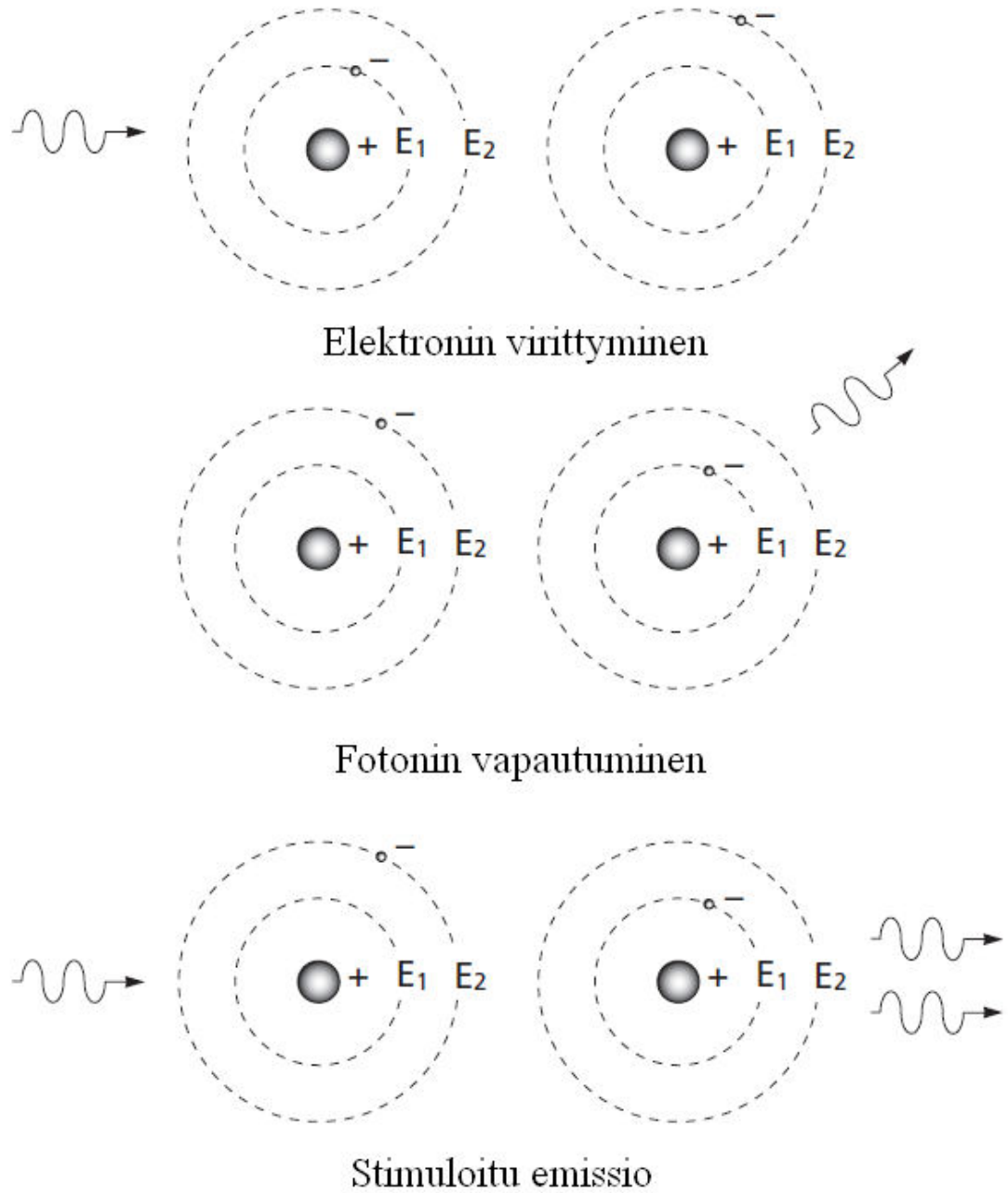
Tavallisissa valonlähteissä, kuten elohopeakaasunpurkauslamppuissa, valo synnytetään aiheuttamalla sähköinen kaasunpurkaus. Tämä kaasunpurkaus synnyttää sähkövirtaa, joka virittää lampun elohopeahöyryn elohopea-atomeja korkeammalle energiatasolle. Atomit palaavat pienen viiveen(millisekunteja) jälkeen perustilaansa alemmalle energiatasolle ja ylemmän tason ylimääräinen energia emittoituu valokvantina. Tätä palautumisaikaa perustilaan ei voida ennustaa tarkkaan ja sen polarisaatio ja taajuus eivät ole ennalta määrättyjä. Tätä mielivaltaisesti etenevää valon kulkua sanotaan spontaaniksi emissioksi. Spontaani emissio on kaikkien perinteisten valonlähteiden ominaisuus(kuva 2)./9,s.2.1.1.3./

3.3 Indusoitu emissio

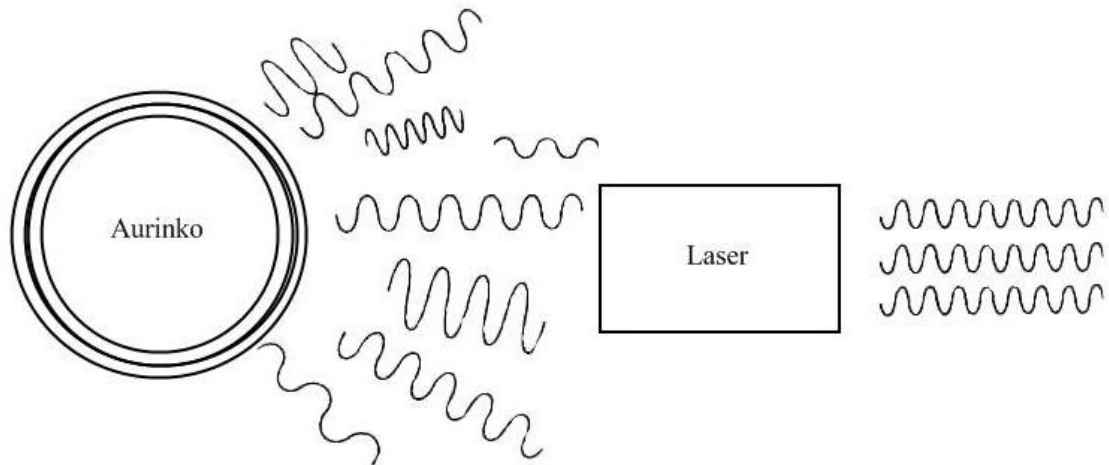
Laservalon kannalta merkittävin löytö tapahtui vuonna 1916, kun Einstein määritteli teoreettisesti uuden emissiolajin, ns.indusoidun emission. Indusoidussa emissiossa atomi pakotetaan perustilastaan korkeammalle energiatasolle elektronien törmäyksillä. Ennen paluutaan perustilaan atomi kohtaa valoallon, joka palauttaa atomin perustilaan samalla kaapaten tästä energiatason muutoksesta vapautuvan energian(kuva 1)./9,s.2.1.1.4./

Tässä kohtaa on syytä muistaa energian häviämättömyyden laki, jonka johdosta ylemmän ja alemman energiatason välinen energiaerotus siirtyy atomista emittoituvaan valokvanttiin. Emittoituvan kvantin energia E riippuu sen taajuudesta f . Energian ja taajuuden yhteys kuvataan Planckin vakiolla $E = h \cdot f$, jossa h on $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$./9,s.2.1.2.10./

Energiaa ei siis katoa mihinkään. Kaapattu energia vahvistaa valoaltoa muuttamatta aallon vaihetta ja taajuutta. Käytännössä tämä ilmiö vastaa suurtaajuustekniikassa käytettyä vahvistinta./9,s.2.1.1.4./



KUVA 1. Spontaanin ja indusoidun emission periaatekuva /3,s.14/



KUVA 2. Tavallisen valon ja laserin eroa havainnollistava kuva /3,s.15/

3.4 Meissnerin takaisinkytkentä

Indusoidun emission periaatteesta voidaan havaita, että sopivan virittyvän väliaineen avulla voidaan vahvistaa valon taajuutta. Vahvistusilmion kannalta tärkeä suure on vahvistuskerroin $G = \frac{\text{Saantointensiteetti } I_{\text{ulos}}}{\text{Syöttöintensiteetti } I_{\text{sisään}}}$. Vahvistimilla joiden G on hieman yli yksi, voidaan lisätä vahvistusta lähettämällä osa signaalista takaisin vahvistimeen. Tätä keksijänsä, fyysikko Walther Meissnerin, mukaan nimettyä ilmiötä kutsutaan Meissnerin takaisinkytkennäksi./9,s.2.1.1.4-2.1.1.5./

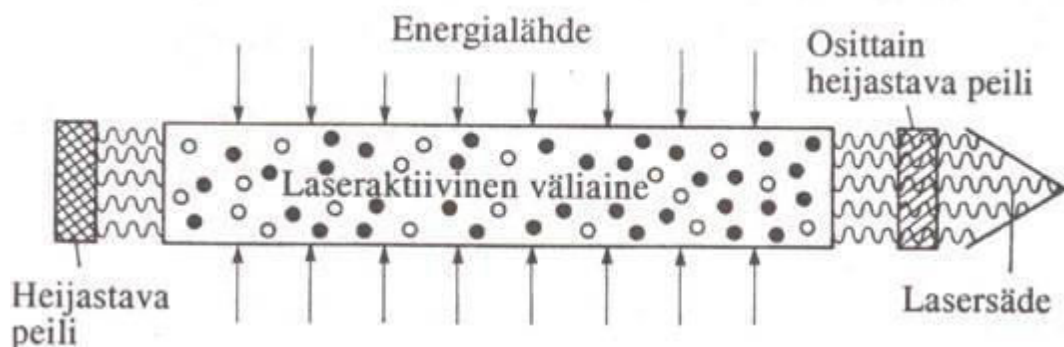
Meissnerin takaisinkytkentä luo perustan valonvahvistinten toiminnalle ja siten myös valo-oskillaattorille. Valonvahvistimessa itse vahvistin asetetaan kahden yhdensuuntaisen peilin väliin, joiden heijastuskertoimet ovat R_1 ja R_2 . Valo heijastuu intensiteettiään kasvattaen jos värähtelyehto: $G^2 * R_1 * R_2 > 1$ toteutuu. Lisäksi peilien välimatkan on oltava valon aallonpituuden puolikkaan kerrannainen, eli ns. resonanssiehto: $L = \frac{\lambda}{2}$ täyttyy. Tästä asetelmasta syntyy peilien väliin seisova valoalto./9,s.2.1.1.6-2.1.1.7./

On kuitenkin huomioitava se, että värähtelyehto ei ole voimassa rajatta vaan se käyttäytyy epälineaarisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa vahvistuskertoimen vähenemistä intensiteetin kasvaessa. Muussa tapauksessa valon voimakkuus nousisi heijastusten kasvaessa äärettömäksi./9,s.2.1.1.7./

3.5 Laservalo

Laservalon merkittävimmät erot normaaliin valoon nähden ovat sen jaksoittainen ja säännöllinen siniaalto sekä sen erittäin voimakas suuntautuminen. Säännöllisen ja jaksottaisen siniaallon johdosta laser soveltuu erinomaisesti mikrometritason ja sitä pienempien etäisyyksien mittaamiseen. Laserin voimakas suuntautuneisuus taasen mahdollistaa normaalia valoa paremman ohjauksen ja tarkennusmahdollisuudet. Näin ollen laserin valotiheys on suuri ja materiaalien lasertyöstö mahdollistuu./9,s.2.1.1.7./

Laservalon tuottamiseen käytettävä väliaine voi olla kaasua, nestettä, kideaine, lasinen tai puolijohde. Väliaineen mukaan tapahtuu myös lasereiden luokittelu. Lasertyöstömenetelmissä keskitytään lähinnä kahteen lasertyyppiin: CO₂-kaasulaaseriin sekä kideaineen perusaineen sisältävään neodyymi-kidelaseriin./9,s.2.1.1.8./



KUVA 3. Laser-resonaattorin periaatekuva/3,s.14/

4 LASERTYÖSTÖ

Lasertyöstö terminä käsittää kaiken lasersäteellä tapahtuvan valmistuksen. Lasertyöstömenetelmille on ominaista tehokkuus ja kestävä kehitys, ja lisäksi niillä voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia tuotannon läpäisyajoissa, suunnittelussa ja laadussa./4/

Käytännössä laserilla tapahtuva työstö rajoittuu enimmäkseen kolmeen perusalueeseen: leikkaukseen, hitsaukseen ja pintakäsittelyyn. Näistä laserleikkaus on selkeästi suosituin käyttötapa markkinaosuuden suhteen/8,s.15./.

4.1 Lasertyöstön historiaa

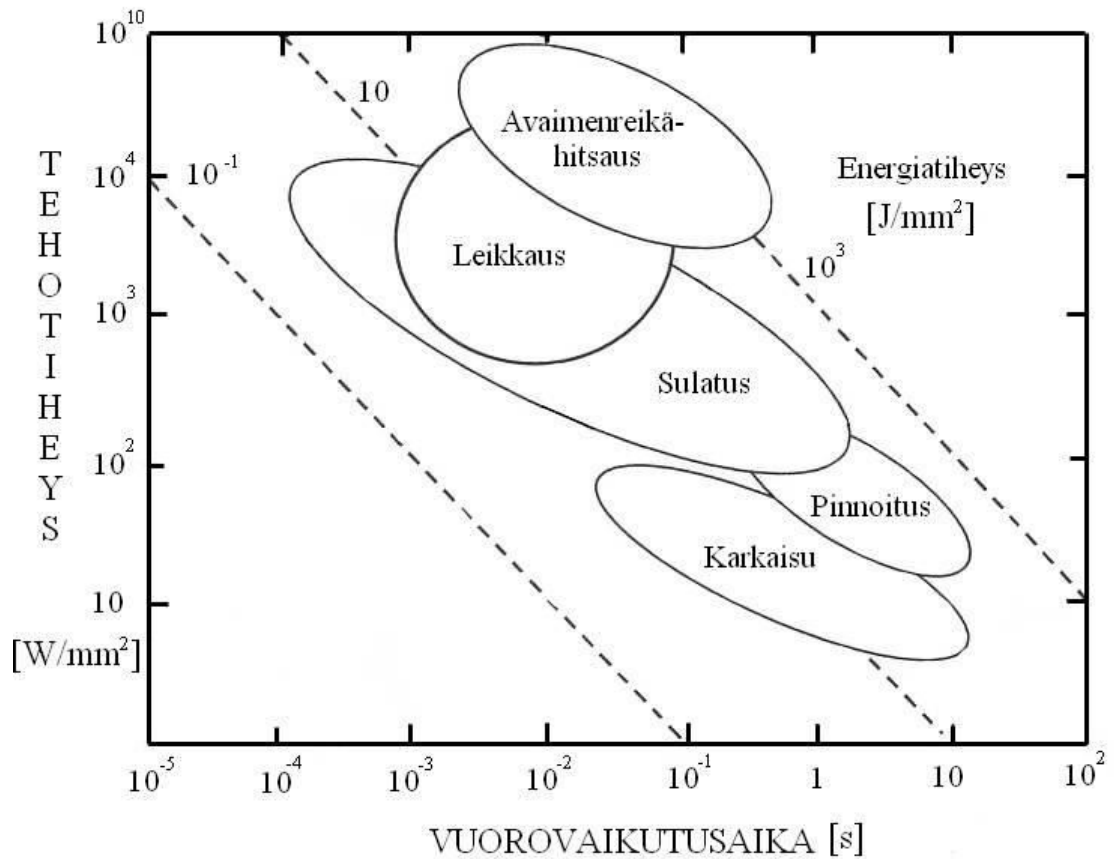
Ensimmäiset laser-laitteistot näkivät päivänvalonsa 1950-luvulla, kun Basov, Prokorov ja Townes valmistivat mikroaaltoja tuottavan maserin. Ensimmäinen varsinainen laser-laite kehitettiin Theodor Maimanin toimesta 1960-luvulla /7,s.379/. Tästä eteenpäin kehitys oli nopeaa, ja toukokuussa 1967 esiteltiin laserleikkausta hiilidioksidilaserin avulla /8,s.15/.

Teollisuuden käytössä laseria sovellettiin ensimmäisen kerran 1970-luvulla. 1980-luvulla autoteollisuus alkoi hyödyntämään lasereita korin ja muiden osien valmistuksen yhteydessä. Laserin varsinainen läpimurto tapahtui 1990-luvulla ja siitä lähtien lasertyöstön sovellusten kehitys on ollut erittäin nopeaa./11,s.17./

4.2 Lasertyöstömarkkinat

Lasermarkkinoilla suurimman markkinaosuuden omaavat CO₂-laserit. Esimerkiksi vuonna 2003 niillä oli n. 45 % osuus maailmanmarkkinoista. Seuraavaksi suurimman osuuden omasivat Nd:YAG-laserit, joiden yhteenlaskettu osuus oli n. 35 %. Loput laserlaitteistojen markkinoista koostuvat excimer-lasereista (n.18 %) ja diodilasereista(2 %). Suomessa markkinoita hallitsevat CO₂-laserit. Näiden osuus kotimaan markkinoista oli vuonna 2002 jopa 72 %./11,s.17./

Lasertyöstön sovellusalueet ovat mitä moninaisimmat ja alati kehittyvät. Maailmanlaajuisesti suosituimmat sovellusmuodot ovat laserleikkaus ja – merkkaus, joilla molemmilla oli vuonna 2003 n. 23 % osuus markkinoista. Seuraavaksi suosituimmat työstömuodot olivat laserhitsaus ja mikrotyöstö, joilla kummallakin oli n. 13 % osuus. Merkkaus, poraus ja muut menetelmät jakoivat n. 20 % osuuden./11,s.18./



KUVA 4. Laserprosessien tehotiheyksiä vuorovaikutusajan funktiona/3,s.20/

4.3 Lasertyöstö Suomessa

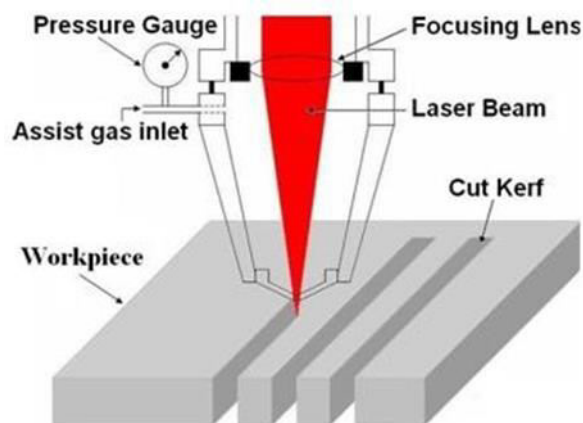
Suomessa laserilla tapahtuva leikkaus hallitsee kotimaisia markkinoita. Vuonna 2002 sen markkinaosuus oli lähes 60 %. Tämä epäsuhta verrattuna muun maailman tilanteeseen johtuu teollisuutemme rakenteesta. Suomesta puuttuu esim. Saksan tapainen laaja auto- ja ajoneuvoteollisuus, joka hyödyntää laserhitsausta suurilla sarjoilla valmistavilla tuotantolinjoillaan./11,s.18./

Lähimmät lasertyöstöä tutkivat ja kehittävät laboratoriot löytyvät Lappeenrannasta, Tampereelta sekä Kokkolasta. Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla toimiva lasertyöstökeskus keskittyy laserleikkaukseen, -hitsaukseen, -poraukseen sekä mikrotyöstöön. Tampereen teknillinen yliopisto painottaa tutkimuksessaan laserpinnoituksen sovellutuksia./11,s.19/ Kokkolassa toimiva KETEK-teknologiakeskuksen erikoisalueena ovat laserpinnoituksen ja -hitsauksen palvelut/12/.

4.4 Laserleikkaus

Laserleikkaus on teollisuuden yleisin lasersovellus. Tavallisesti sillä leikataan levyjä ja muovattuja tuotteita. Laserleikkauksen teho perustuu sen suureen energiatiheyteen, joka muodostaa materiaaliin sulan ympäröimän, sylinterimäisen reiän. Sula puhalletaan leikkauskohdasta kaasuvirtauksella, joka tuodaan leikkauskohtaan yhdensuuntaisesti lasersäteen kanssa(kuva 5)./11,s. 133./

Yhtenäinen leikkusrailo syntyy lasersäteen ja leikattavan kappaleen suhteellisen liikkeen avulla. Laserleikattu railo on luonteeltaan kapea, tasalaatuinen ja se ulottuu koko materiaalin läpi. Laserleikkaus on mahdollista niin yksi-, kaksi- kuin kolmiulotteisesti. Metallien laserleikkaus voidaan suorittaa kolmella eri tavalla: sulattavalla, polttavalla ja höyrystävällä leikkauksella./11,s.134./



KUVA 5. Laserleikkauksen skemaattinen esitys /8, s.28/

Laserleikkauksen etuna perinteisiin leikkausmenetelmiin verrattuna on sen leikon kapeus, leikkuunopeus ja minimaalinen lämpövaikutus. Leikkusrailon leveys vaihtelee 0,1-1,0mm sovelluksesta riippuen./11,s.155./



KUVA 6. CO2 laserleikkasasema, teho 80W/10/

4.4.1 Polttoleikkaus

Puhkielessä laserleikkauksella tarkoitetaan yleensä polttoleikkausta. Tässä prosessissa käytetään leikkauksen apuna happea. Leikkauskohtaan tuotu happi käynnistää materiaalissa eksotermisen reaktion, joka tuo leikkausprosessiin lisää energiaa. Apukaasun käyttö muistuttaa hyvin paljon perinteistä polttoleikkausta.

Hapella on lisäksi kaksi muuta tärkeää funktiota. Railon etureunan hapettuminen johtaa lisääntyneeseen lasersäteen absorptioon, jolloin laserin energian tuonti tehostuu. Lisäksi leikkauksen synnyttämä oksidikerros alentaa syntyneen leikkaussulan viskositeettiä ja pintajännitystä, jolloin sula saadaan helpommin poistettua leikkaukohdasta./11,s.134./

4.4.2 Sulattava leikkaus

Sulattavassa leikkauksessa laser sulattaa railon etureunan ja prosessissa syntynyt sula puhalletaan korkean paineen inertillä kaasulla pois leikkaukohdasta. Tämä prosessi soveltuu kaikille metalleille ja lisäksi sillä voidaan leikata monia polymeerejä sekä keraameita.

Polttoleikkauksesta poiketen kaikki prosessiin tarvittava lämpö tuodaan säteen avulla. Kaasun tehtäväksi jää sulan poisto ja materiaalin suojaus hapettumista vastaan. Työstökaasuna käytetään yleisimmin typpeä. Herkästi reagoivat materiaalit suojataan

argonkaasun avulla sillä tyyppi voi aiheuttaa titaaninitridikerroksen muodostumisen. Leikkauksen onnistumisen kannalta kriittisin vaatimus on leikkauksen juuripuolen purseen muodostumisen estäminen./11,s.135./



KUVA 7. Trumpf HP101P pulssitettu YAG-laser Lappeenrannan teknillisen yliopiston lasertyöstölaboratoriossa /10/

4.4.3 Höyrystävä leikkaus

Höyrystämällä tapahtuvassa leikkauksessa materiaali lämmitetään höyrystymislämpötilaan, jonka jälkeen syntynyt höyry puhalletaan kaasuvirran avulla pois leikkauskohdasta. Tyypillisiä kohdemateriaaleja ovat akryyli, kertamuovit, kumi, eräät kestopuovut, puu, paperi, kartonki, nahka sekä eräät keraamit. Höyrystävä leikkaus on mahdollista vain pienillä sulan määrillä. Tästä johtuen höyrystävä leikkaus tapahtuukin laseria pulssittamalla ja suurella tehotiheydellä./11,s.135./

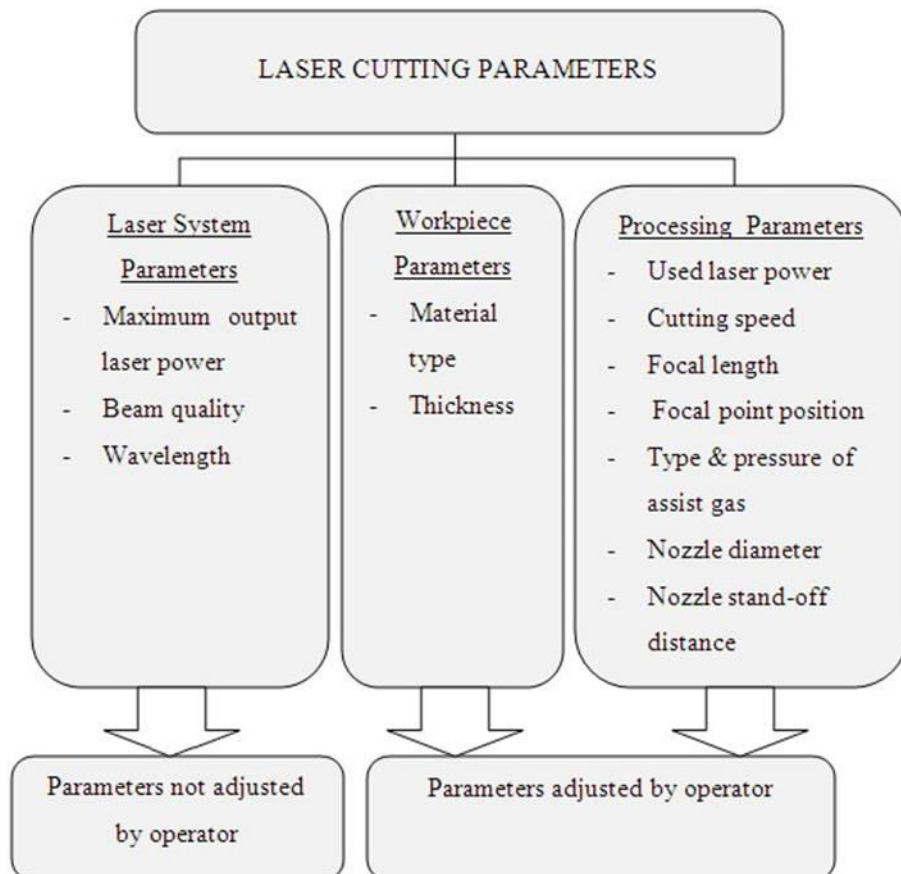
4.4.4 Yhdistelmäprosessit

Edellä mainittuja prosesseja voidaan myös tarpeiden mukaan yhdistää. Yhdistelmäprosessissa yhdistellään joko kahta tai kolmea prosessia. Esimerkkeinä yhdistelmäprosesseista käyvät alumiinien ja muovien leikkaus paineilmalla hapen tai typen sijaan sekä ohuen levyn leikkaus inertillä kaasulla ja isolla teholla./11,s.136./

4.4.5 Laserleikkauksen ja vesisuihkun yhdistäminen

Tässä laserleikkauksen ja vesisuihkuleikkauksen yhdistävässä prosessissa lasersäde fokusoidaan vesisuihkuun. Vesisuihkun johdosta lasersäteen polttopisteestä tulee erittäin pitkä, jolloin leikattavan kappaleen säteen suuntainen paikotustoleranssi laajenee. Lisäksi vesi jäähdyttää leikkauskohtaa ja poistaa materiaalin railosta. Vesisuihkulasereissa käytetään Nd:YAG-lasereita sen sopivan aallonpituuden vuoksi.

Vesisuihkulaser on varsin uusi ja vielä varsin tuntematon. Sen etuina voidaan pitää pientä lämmöntuontia, kapeaa leikkausrailoa, pientä lämpövyöhykettä sekä erinomaista tarkkuutta. Käyttökohteita ovat tällä hetkellä lähinnä erikoissovellukset kuten piikiekkujen paloittelu./11,s.154./



KUVA 8. Laserleikkauksen vaikuttavia parametreja /8,s.33/

4.4.6 Leikkauslaserit

Laserleikkauksessa käytettävistä lasereista merkittävä osa on tyypiltään tasoleikkaukseen kykeneviä CO₂-lasereita tehovälillä 0,5-5,0 kW. CO₂-laserin merkittävin etu on sen kyky tuottaa sekä jatkuvaa että pulssitettua sädettä. Pulssin kestot saadaan alimmillaan alle 100 millisekunnin ja pulssinmuotoja on eri tarkoituksiin räätälöitynä.

Nd:YAG-laserin merkittävä ero ja etu CO₂:n verrattuna on sen yhteensopivuus optisten kuitujen kanssa. Kuidun avulla säde voidaan ohjata joustavasti pitkiäkin matkoja laserista työstökohtaan esim. robotisoidulla valmistuslinjalla. Tästä syystä Nd:YAG varsin paljon 3D-leikkauksessa, joissa nivelvarsirobotin tarkkuus on riittävä. Kaikki tarkkuutta vaativa 3D-leikkaus on kuitenkin suoritettava CO₂-laserin avulla/10,s.152./. Nd:YAG-laserin heikkona puolena on sen huonompi polttopisteen tarkkuus vrt.CO₂. Pulssitettuna Nd:YAG-laser toimii yleensä alle 100W teholla polttopisteen halkaisijan ollessa alle 20 mikrometriä./11,s.148./

4.5 Laserhitsaus

Perinteisesti laserhitsauksen pääkäyttäjänä on toiminut autoteollisuus, mutta tämä lasertyöstön muoto on löytänyt tiensä myös konepajateollisuuteen. Laserhitsaus asettaa hitsattaville kappaleille tarkkoja vaatimuksia. Tästä johtuen on erityistä huolellisuutta käytettävä rillonvalmistuksessa, kiinnittimien suunnittelussa ja lasersäteen liikuttamisessa.

Laserhitsauksen edut perinteisiin hitsausmenetelmiin verrattuna ovat hitsin syvyys, matala lämmöntuonti, suuri tuotantonopeus ja prosessin joustavuus, suunnitteluvaihtoehtojen kasvu sekä se, että magneettista ja sähköistä piiriä ei tarvitse huomioida. Näiden etujen saavuttaminen edellyttää kuitenkin tuotteen uudelleensuunnittelua, rillonseurantaa sekä tarkkoja liitossovitteita./11,s.157-158./

TAULUKKO 2. Hitsausprosessien vertailu keskenään. + =etu - =haitta/3,s.48/

	Laser	Elektronisuihku	TIG	Vastus
Nopeus	+	+	-	+
Vähäinen lämmöntuonti	+	+	-	+
Kapea HAZ	+	+	-	
Hitsin ulkonäkö	+	+	-	
Yksinkertainen kappaleen kiinnitys	+	-	-	
Laitteiston luotettavuus	+		+	+
Syvä tunkeuma	+	+		-
Hitsaus ilmassa	+	-		+
Magneettisten materiaalien hitsaus	+	-	+	+
Heijastavien materiaalien hitsaus	-	+	+	+
Lämpöherkkien materiaalien hitsaus	+	+	-	-
Hitsin luoksepäästävyys	+			-
Ympäristö, melu, höyry	+	+	-	-
Laitteiston hinta	-	-	+	
Käyttökustannus	-	-	-	-

TAULUKKO 3. Hitsausprosessien vertailua liitosnopeuden suhteen/3,s.49/

Hitsausprosessi	Paksuus	Hitsausnopeus	Liitosnopeus
	[mm]	[mm/min]	[mm ² /min]
Kaasuhitsaus	3,2	90	288
SMAW	5	200	1000
TIG	2,3	500	1150
MAG	10	600	6000
SAW	38	200	7600
CO ₂ -laser (2 kW)	2	2000	4000
CO ₂ -laser (5 kW)	6	1250	7500
CO ₂ -laser (12 kW)	12	1320	15840
CO ₂ -laser (40 kW)	35	1000	35000
Kuitulaser (4 kW)	2	7000	14000
Kuitulaser (10 kW)	4,5	10000	45000
EBW (45 kW)	38	1000	38000
EBW (75 kW)	50	1000	50000

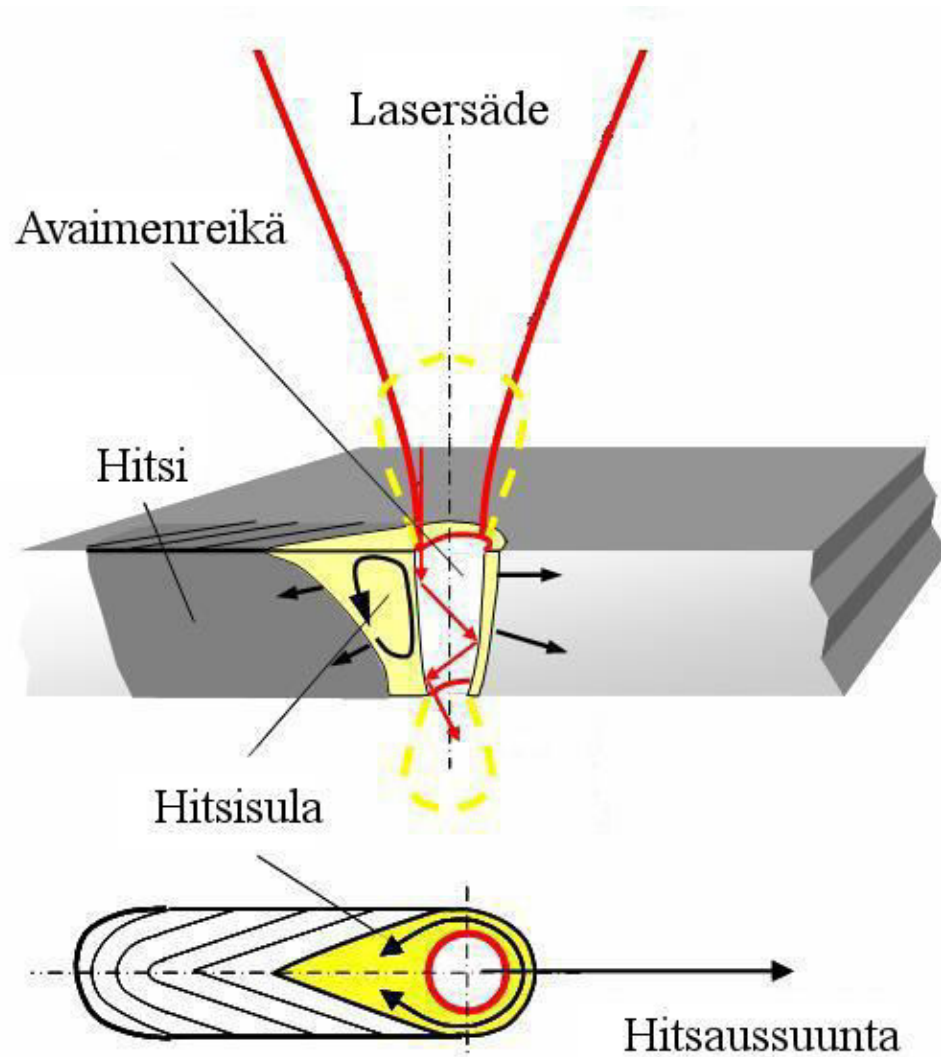
Taulukon 2 perusteella laserhitsaus selviytyy perinteisiin menetelmiin verrattuna (TIG ja vastus) lähes joka osa-alueella. Perinteisten menetelmien etuna on lähinnä laitteistojen alhainen hinta ja heijastavien materiaalien hitsattavuus. Elektronisuihkuhitsaus on eduiltaan lähes samankaltainen menetelmä kuin laserhitsaus lukuun ottamatta yksinkertaisten kappaleiden ja magneettisten materiaalien hitsausta, jotka ovat elektronisuihkulle haittoja. Toisaalta elektronisuihku kykenee työstämään heijastavia materiaaleja.

Taulukon 3 mukaan laserhitsaus on hitsaus- sekä liitosnopeudeltaan lähes omaa luokkaansa, kun sitä verrataan muihin menetelmiin. Toisaalta MAG- ja SAW-hitsauksella pystytään saavuttamaan CO₂-laserhitsauksen kanssa kilpailukykyinen liitosnopeus. Kuitu- ja EBW-lasereilla saavutetaan taulukon parhaimmat hitsaus- ja liitosnopeudet. Huomioitavaa on myös laserhitsauksen kyky varsin syvään tunkeumaan.

4.5.1 Syvätunkeumahitsaus

Syvätunkeumahitsauksessa lasersäde fokusoidaan kappaleen pinnalle tai n. 25 % aineenpaksuudesta pinnan alapuolelle. Säteen avulla materiaaliin syntyy tehotiheyden $10^6 \frac{W}{cm^2}$ ylittyessä avoin reikä. Säde kulkee liitoksen suuntaisesti ja samalla reiän etuosan sula siirtyy takaosaan ja jähmettyy muodostaen hitsin (kuva 9).

Laserhitsauksessa on huomioitavaa, että polttopisteen toleranssi tiukkenee tehoa heikennettäessä. Lisäksi hitsausnopeuden on oltava riittävä, jotta syntynyt reikä ei luhistu painovoiman vaikutuksesta. Tämä hitsausnopeus on yleensä 500 mm/min. /11,s.158-159./



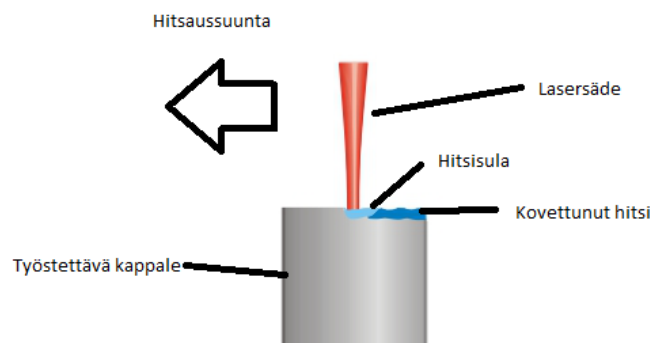
KUVA 9. Syvätunkeumahitsauksen periaate/3,s.36/

Syvätunkeumahitsauksessa voidaan kasvattaa tehotehyyttä vain tiettyyn rajaan saakka. Yli $10^7 \frac{W}{cm^2}$ tehotehyyksillä ongelmaksi nousee lasersäteilyn ionisoima höyry, joka synnyttää hitsin päälle plasmapeitteen. Plasmapeite estää tehokkaasti laserenergian pääsyn työstettävään kohtaan, jolloin hitsaussyvyys ei enää kasva. Tätä laserindusoitua plasmaa voidaan torjua sopivalla työstökaasulla, joka kohottaa plasmapeitekynnystä./9, s.3.3.3.2-3.3.3.6./

4.5.2 Sulattava laserhitsaus

Sulattava laserhitsaus tapahtuu aiemmin mainitun $10^6 \frac{W}{cm^2}$ rajatehotiheyden alapuolella. Tämä prosessi muistuttaa kaarihitsausta, koska säde kuumentaa vain kappaleen pinnan, josta lämpö johtuu syvemmälle materiaaliin. Sulattavalla menetelmällä saavutetaan leveämpi ja matalampi hitsi kuin syvätunkeumalla. Tämän johdosta railon toleranssit ovat myös kevyemmät (kuva 10).

Sulattava hitsaus tapahtuu suuritehoisilla Nd:YAG- ja diodilasereilla. Sulattava menetelmä soveltuu hyvin ohuiden materiaalien hitsaukseen, jossa toleranssivaatimuksien johdosta ei ole mahdollista tehdä syvätunkeumahitsiä./11,s.159./



KUVA 10. Sulattavan hitsauksen periaate/3,s.34/

4.5.3 Pulssihitsaus

Pulssituksessa laserin teho vaihtelee ajan mukana. Tavoitteena on suurempi energiantiheys kuin jatkuvan syötön laserissa. Suurempi energiantiheys mahdollistaa syvemmän tunkeuman liitokseen tai pienemmän lämmöntonin. Tyypillisesti käytetään Nd:YAG- tai CO₂-laseria. Lisäksi diodilaserit ovat kasvattamassa suosiotaan.

Pulssituksen heikkoina puolina ovat hitsauksen suurempi epävakaus, joka voi johtaa virheisiin hitsissä. Lisäksi hitsausnopeus on hitaampi kuin vastaavan jatkuvatoimisen. Tästä johtuen hitsauksen kustannuksetkin kasvavat hieman./11,s.159-160./

4.5.4 Lisäaineellinen laserhitsaus

Lisäaineen kanssa tapahtuva laserhitsaus voi tapahtua niin syvätunkeumana kuin sulattavalla metodilla. Lisäainelankaa syötetään hitsaussulaan edestäpäin. Lanka kohtaa lasersäteen railossa, jolloin lisäaine sulaa sekoittuen perusaineeseen. Tärkeimmät prosessiin vaikuttavat parametrit ovat langan syötön kohdistus, kohdistuskulma ja langansyöttönopeus. Syöttönopeus määrittyy niin, että railo täyttyy, kun hitsin kuvun ja juuren koko on riittävä.

Langansyöttölaitteelta vaaditaan tasaista syöttönopeutta, syöttönopeuden tarkkaa säätöä sekä valmiutta syöttää vaihtelevan paksuisia lankoja. Langan halkaisija on yleensä 0,6-1 mm väliltä ja vapaalangan pituus 5-10 mm. Langan kohdistus on tehtävä huolella, ja se on suoritettava ennen syöttölaitetta.

Lisäaineellinen hitsaus mahdollistaa leveät ilmaraot. Lisäksi asetusvirheet ja ilmaraon vaihtelun toleranssit voivat olla suuremmat kuin lisäaineettoman hitsauksen kohdalla. Lievemmat railovaatimukset johtavat tosin suuremman lämmöntonin tarpeeseen./11,s.161-162./

4.5.5 Monipalkohitsaus

Monipalkohitsausta käytetään yksipalkohitsauksen syvyyden kasvattamiseen. Monipalkohitsauksessa hitsausrailot on suunniteltu aineenpaksuuden ja käytettävän lasertehon mukaisesti. Ensimmäinen palko hitsataan yleensä ilman lisäainetta, jonka jälkeen säde kohdistetaan palkon päälle ja lisäaineen avulla tehdään uusi kerros.

Monipalkohitsauksella voidaan kasvattaa esim. 5kW CO₂-laserilla yksipalkon 10 mm tunkeuma kolmen palkon kerroksella 25 mm tunkeumaan. Vastaavasti 10 kW laserilla on vastaavasti päästy jo 50 mm tunkeumaan./11,s.162./

4.5.6 Hybridihitsaus

Laserhitsaus voidaan yhdistää kaarihitsausmenetelmien, kuten TIG-, MIG- tai plasmahitsauksen kanssa. Tämän hyötynä on railon toleranssien lieventyminen ja hitsausnopeuden kasvu. Suurin osa hybridimenetelmän sovellutuksista tapahtuu CO₂-laserilla, mutta Nd:YAG on noussut kilpailijaksi kasvaneiden tehojen myötä./11,s.163./

4.5.7 Laitteistot ja käyttökohteet

Laserhitsauksessa käytetyt laserit ovat yleensä CO₂-lasereita. Ne ovat laitteistoltaan pienikokoisia sekä omaavat korkean säteenlaadun ja hyötysuhteen. Korkeasta säteenlaadusta johtuen CO₂-lasereita voidaan hyödyntää myös laserleikkauksessa. Myös Nd:YAG-lasereita hyödynnetään hitsauksessa, koska niiden tuottama säde voidaan siirtää valokuitua pitkin työstöpäähän. Valokuitusiirto mahdollistaa pienet ja keveät työstöpäät sekä 3D-työstöt roboteilla. Nd:YAG laserin akilleen kantapäänä on sen huono fokuusoitavuus vrt. CO₂-laser, jolloin yhtä hyvää tunkeumaa ei hitsauksessa saavuteta./9, s.3.3.1.14-3.3.1.15./



KUVA 11. KUKA-laserhitsausrobotti Lappeenrannan teknillisen yliopiston lasertyöstölaboratoriossa/10/



KUVA 12. 5 kW-laser, josta valokuidut työstöasemille. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, lasertyöstölaboratorio /10/

4.6 Laserpintakäsittely

Laserpintakäsittelyt ovat laserleikkaukseen ja – hitsaukseen verrattuna varsin harvinaisia, vaikka hyviä kokemuksia niin tutkimuksen kuin käytön osalta on saavutettu. Menetelmän suosion kasvua hidastavat lähinnä taloudelliset seikat eli suuret investointi- että käyttökustannukset. Diodilaserien lupaava kehitys on kuitenkin muuttamassa tätä tilannetta suotuisampaan suuntaan.

Laserilla tapahtuva pintakäsittely jaotellaan kiinteän ja sulan olotilan työstöön sekä shokkikäsittelyyn. Kiinteä käsittely tarkoittaa yleensä laserpintakarkaisua. Sulan olotilan työstöä ovat lähinnä eri pinnoitukset, seostukset sekä pinnan sulatus. Shokkikäsittelyissä tarkoittaa pinnan väsymiskestävyyden parantamista korkeaenergisillä ja lyhytkestoisilla laserpulsseilla. Teollisessa käytössä suositaan lähinnä CO₂- ja Nd:YAG lasereita./11,s.179./

4.6.1 Pintakarkaisu

Laserpintakarkaisussa kappaleen pintaan kohdistettu säde lämmittää halutun kohdan karkaisulämpötilaan. Lämmöntuonti ja sitä seuraava itsesammutus tapahtuu erittäin nopeasti ympäröivään materiaaliin.

Lämpötilan nopeasta vaihtelusta johtuen teräksen ominaisuudet ja mikrorakenne poikkeavat huomattavasti perinteisillä karkaisumenetelmillä saavutettavista. Laserkarkaistu martensiitti on hienorakeista jonka johdosta mikrorakenteessa saavutetaan hyvä kovuus ja sitkeys. Kappaletta karkaistaessa on hyvä muistaa, että nopea itsesammutus onnistuu vain, jos kappaleen massa suhteessa karkaistavaan massaan on riittävä.

Laserkarkaisu mahdollistaa monipuolisesti eri kappaleiden karkaisun. Syntyvät jännitykset ja muodonmuutokset ovat pieniä. Nopea muutos austeniitiksi edellyttää hiilen tasaista jakautumista teräksessä. Suuri ferriitin määrä pehmeäksi hehkutetulla teräksellä voi johtaa epätasaiseen karkenemiseen. Suotuisin laserkarkaistava rakenne on hienorakenteinen perliittinen tai nuorutettu alkurakenne./11,s.180-181./

4.6.2 Lasersulatus

Lasersulatus pyrkii muuttamaan aineen mikrorakennetta nopean sulatuksen ja jähmettymisen avulla. Työstettävään materiaaliin ei tuoda lisäainetta. Lasersulatuksen periaate on hyvin samankaltainen laserkarkaisun kanssa, mutta laserilla tapahtuvassa sulatuksessa tuotu lämpömäärä on hyvin suuri vrt. karkaisu.

Hyvin korkeilla tehotehoksilla on mahdollista saavuttaa suuria pinnoitusnopeuksia. Tässä tapauksessa puhutaan käytännössä pinnan lasittamisesta, koska B-, Si- tai P-seosteiset metallit muodostavat suurilla jähmettymisnopeuksilla amorfisen ja lasimaisen pinnan. Tällaisen pinnan korroosio-ominaisuudet ovat poikkeuksellisen hyvät.

Pinnan sulatus tehdään tyypillisesti muutaman millimetrin syvyiselle kerrokselle ja amorfisen kerroksen syvyys on kokoluokkaa 1-100 mikrometriä. Sulattaessa säteen vaikutusaika on $10^{-4} - 10^{-2} s$ ja lasituksessa $10^{-8} - 10^{-4} s$./11,s.188./

4.6.3 Laserpinnoitus

Laserpinnoitus jaetaan lisäaineentuonnin perusteella. Syöttö tapahtuu joko dynaamisella jauheensyötöllä tai sulattamalla jo jokin perinteisellä menetelmällä varmistettu laserpinnoite. Näistä kahdesta jälkimmäinen on menetelmänä helpompi

hallita, sillä dynaamisessa jauheensyötössä hallittavien parametrien määrä on selvästi suurempi. Dynaaminen pinnoitus on parempi paksujen pinnoitteiden (yli 0,5mm) ja sulattava menetelmä soveltuu ohuempien (alle 0,5mm) pinnoitteiden valmistukseen./11,s.189./

Sulattamalla tapahtuvan menetelmän lisäaineen tuonti tapahtuu tyypillisesti termisiä ruiskutusmenetelmiä käyttäen. Toisena tapana on levittää lisäaine esim. orgaaniseen limaan sekoitettuna. Lasersulatus parantaa termisesti ruiskutetun pinnoitteen korroosio-ominaisuuksia tiivistämällä ja homogenisoimalla syntyynyttä pinnoitetta. Lisäksi pinnoitteen ja perusaineen välinen liitos paranee huomattavasti./11,s.189-190./

Dynaamisessa pinnoituksessa lisäaine tuodaan säteen ja perusaineen väliselle alueelle yleisimmin lankana tai jauheena. Lankamaisen lisäaineen etuna on vähäinen hukkamateriaalin määrä. Toisaalta langalla on pieni absorptiokyky, jolloin iso osa säteen tehosta menee hukkaan. Lisäksi ongelmana on alhainen pinnoitteen ja perusaineen välinen seostumisen aste. Tätä vaikutusta voidaan lieventää langan esilämmityksellä./11,s.192-193./

Jauheensyöttö tapahtuu pääasiassa joko painovoimaisesti tai kantokaasun avulla. Lisäaine tulee työstöalueelle joko säteen sivusta (off-axis) tai saman akselisesti eli koaksiaalisesti säteen kanssa. Off-axis soveltuu erityisesti leveille (yli 50 mm) pinnoituspalkoille. Toisaalta jauheenkäytön hyötysuhde on huonompi kuin koaksiaalisella menetelmällä. Lisäksi off-axis soveltuu vain yhteen suuntaan tapahtuvalle pinnoitukselle. Koaksiaalipinnoituksen etuna on tasainen pinnoite, sulaminen on parempaa, pinnoitus on suunnasta riippumatonta ja pinnoitusnopeus saadaan suuremmaksi kuin off-axis -pinnoituksella./11,s.193./

Laserin avulla harjoitetaan myös ns. pinnan seostusta, joka on hyvin samankaltainen prosessi kuin laserpinnoitus. Erona on lähinnä suurempi energiantuonti pinnoitteeseen, jolloin pinnoitteen ja perusaineen välinen sekoittuminen on suurempaa. Lisäaineena menetelmässä käytetään lankoja, jauheita, levyjä, kalvoja, pastoja sekä eri kaasuja. Seostus tapahtuu joko dynaamisesti, joka vastaa dynaamista pinnoitusta, sekä sulattamalla valmiiksi ruiskutettu pinnoite./11,s.203./

4.6.4 Lasershokkikäsitely

Lasershokkikäsitelyssä kappaleen pinnalle synnytetään plasmaa, joka laajetessaan aiheuttaa työstettävään kappaleeseen shokkiaallon. Shokkiaallon johdosta syntyvä plastinen muodonmuutos synnyttää puristusjännitystä (400-700 MPa) jopa millimetrien syvyyteen. Näin kappaleen väsymis- ja kulumiskestävyys paranee huomattavasti.

Lasershokkikäsitely on mahdollista kahdella tavalla, joko lasersäde on suorassa kontaktissa työstettävän materiaalin kanssa tai eristettynä alumiinisella kaksoiskalvolla. Tässä menetelmässä käytetty säde on luonteeltaan pulssimainen (1-30 ns) ja erittäin korkean energiatihedden ($10^{GW/cm^2}$) omaava./11,s.205./

4.7 Muut lasersovellukset

4.7.1 Lasermerkkaus

Lasermerkkaus on kilpaileva vaihtoehto perinteisille teollisuuden merkkäusmenetelmille kuten leimaamiselle, kaiverrukselle, syövyttämiselle, painamiselle sekä mustesuihkutukselle. Sen etu aiemmin mainittuihin piilee pienessä huoltotarpeessa sekä korkeassa joustavuudessa pinnanlaadun tai materiaalien siitä kärsimättä. Sen huonona puolena ovat kuitenkin suuret alkuinvestoinnit./9,s.3.4.1.2-3.4.1.3./

Teollisuuden lasermerkkausta tehdään CO₂- ja Nd:YAG-lasereiden lisäksi excimer-laserilla. Laserit jaotellaan kahden pääominaisuuden mukaan, jotka ovat aallonpituus ja merkkäustavat. Kohdemateriaalin absorptio-ominaisuudet määräävät käytettävän laserin aallonpituuden./9,s.3.4.1.4./

Merkkäustavat jakaantuvat malline- ja vektorimerkkäukseen. Mallinimerkkäuksessa säde ohjautuu mallineen kautta työkappaleen pinnalle. Vektorimerkkäuksessa ympyrän muotoinen säde ohjataan kahden x- ja y-suunnassa kulkevan peilin kautta merkkäusalueelle. Vektorimerkkäuksessa edellytyksenä on peilien numeerinen ohjaus./9,s.3.4.1.4-3.4.1.5./

4.7.2 Laserporaus

Laserilla tapahtuva poraus soveltuu hyvin pienien reikien tekoon hyvällä toistettavuudella ja nopeudella. Porauksessa säde fokusoidaan halkaisijan mukaan, jonka jälkeen laseria pulssittamalla aineeseen syntyy reikä. Laserporaus voi tapahtua niin yksi- tai monipulssisena. Reiän geometrian muuttaminen tapahtuu polttopisteen paikkaa muuttamalla. Työstö voidaan suorittaa kaasulla tai ilman, yleensä hyödynnetään paineilmaa. Halutessa voidaan reiän halkaisijaa suurentaa lasersädettä pyörittämällä maksimissaan 6,25 milliini.

Porauksessa käytettävistä lasereista excimer ja Nd:YAG soveltuvat erityisesti mikroelektroniikan sovelluksiin. Tyypillisesti excimer- ja Nd:YAG-laserin pulssinkesto on 10-100 ns ja keskimääräinen teho luokkaa 1-10 W. Suuremmissa sovelluksissa, kuten autoteollisuudessa ja turbiininvalmistuksessa, käytetään myös CO₂-lasereita Nd:YAG lasereiden lisäksi. Tyypillinen CO₂-laserin pulssinkesto on 0,5-10 ms ja teho luokkaa . 100-10000 W./11, s.213-215./

4.7.3 Lasertaivutus ja –muovaus

Lasermuovauksen idea on varsin samanlainen kuin perinteisessä, liekillä tai vastaavalla lämmönlähteellä tapahtuvassa oikomisessa. Perinteisen menetelmän heikkoutena on kuitenkin ollut sen huono tarkkuus ja lämmön säätely. Laserilla tapahtuva paikallinen lämmitys mahdollistaa tästä huomattavasti tarkemman lämmönkohdistuksen sekä mahdollistaa prosessin säätämisen lennossa.

Laserilla tapahtuvassa muovauksessa pyritään hyödyntämään sädettä niin, että polttopiste ei pääse sulattamaan materiaalin pintaa. Materiaali saadaan muovautumaan suurien paikallisten lämpötilaerojen avulla, jolloin materiaaliin syntyvän puristusjännityksen johdosta tapahtuu aineessa plastisia muodonmuutoksia.

Menetelmänä lasermuovaus on varsin hidas ja työstettävä kappale voi vaatia useita lämmityskertoja halutun taipuman synnyttämiseen. Toisaalta lasermuovauksessa ei tarvita erillisiä työkaluja ja työstettävä kappale säästyy mekaaniselta rasitukselta.

Edellä mainituista syistä sitä hyödynnetään yleisimmin prototyyppien valmistuksessa./11, s.223-225./

4.7.4 3D-tulostaminen

Viime vuosina suurta huomiota nauttinut 3D-tulostaminen on yksi uusimmista lasertyöstön sovellutuksista. 3D-tulostuksen hyödyntäminen mahdollistaa merkittävät ajan säästöt tuotannossa. Parhaimmillaan voidaan saavuttaa tilanne, jossa aamulla suunniteltu tuote on valmiina jo saman päivän iltana.

Laseria hyödyntävät 3D-tulostuksen menetelmät perustuvat tulostettavan materiaalin liittämiseen kerros kerrokselta. Kolmiulotteinen CAD-kuva viipaloidaan lasertyöstön kerrospaksuuden mukaisesti, josta syntyneen datan pohjalta luodaan tulostinlaitteelle työstöohjelma. Käytännössä laserin tehtävänä on sulattaa neste- tai jauhemaista lähtömateriaalia kerroksittain, kunnes tuote saavuttaa lopullisen muotonsa. Tyypillisesti lähtömateriaali on muovia, mutta myös teräksisiä ja keraamisia lähtöaineita on saatavilla./11, s.225./

5 MARKKINOINTITUTKIMUS

Markkinointitutkimus on oiva työkalu, kun halutaan tutkia markkinoinnin mahdollisuuksia sekä ongelmia. Markkinointitutkimuksesta saatujen tietojen pohjalta voidaan tehostaa markkinointitoimia sekä kasvattaa ymmärrystä markkinoinnista ja markkinoista. Tässä opinnäytetyössä perehdytään markkinointitutkimuksen tekoon erityisesti yritysten välisen kaupankäynnin sekä palvelujen tarjoamisen kannalta./13, s.9./

5.1 Markkinointitutkimuksen prosessi

Markkinointitutkimus on luonteeltaan prosessi, joka jaetaan tyypillisesti kuuteen eri vaiheeseen:

- 1) Tutkimusongelman määrittäminen
- 2) Tutkimussuunnitelman luonti
- 3) Tutkimusaineiston keräämisen keinoista päättäminen

- 4) Tutkimusaineiston kokoaminen
- 5) Tutkimusaineiston analysointi
- 6) Tulosten raportointi

Tutkimusongelman määrittäminen käsittää tutkimuksen aihealueen määrittämisen ja sen rajaamisen. Tämä vaihe on tärkeä, sillä tutkimusongelman epäselvä määrittäminen tai rajaaminen voi johtaa koko markkinointitutkimuksen epäonnistumiseen.

Tutkimusongelman määrittäminen seuraa tutkimussuunnitelman laatimista. Tässä vaiheessa tutkimusprosessille luodaan aikataulu. Tutkimussuunnitelman ei tarvitse olla erityisen pikkutarkka, sillä sen avulla lähinnä määritetään, mitä tehdään ja milloin. Isoissa tutkimuksissa on syytä laatia asianmukainen projektisuunnitelma.

Ennen tutkimusaineiston keräämistä on päätettävä tiedonkeruutavoista. Tässä vaiheessa on hyvä muistaa alussa laadittu tutkimusongelma, sillä se määrittää vahvasti aineiston keruussa käytetyt menetelmät. Lisäksi joudutaan määrittämään tutkimuksen perusjoukko sekä perusjoukon otanta. Seuraavaksi voidaan suorittaa varsinaisen aineiston keruu. Tämän jälkeen saadut tulokset analysoidaan ja kootaan tiedoista kirjallinen raportti, josta selviävät tärkeimmät tutkimustulokset. Lopuksi raportti esitellään toimeksiantajalle./13, s.13-14./

5.2 Tiedonkeruun menetelmiä

Markkinointitutkimuksissa hyödynnetään useita erilaisia tiedonkeruumenetelmiä. Valittu/valitut menetelmät riippuvat vahvasti tutkimusasetelmasta ja tutkimuskysymyksestä. Lisäksi on huomioitava, että kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimustavan menetelmät poikkeavat toisistaan./13, s.31-32./

5.2.1 Kirjoituspöytä tutkimus ja kenttätutkimus

Ennen omaa tiedonkeruuta on syytä selvittää jo olemassa olevan tutkimustiedon tarjoamia mahdollisuuksia. Useasti taustatiedon hyödyntäminen auttaa tutkimusongelman rajaamisessa ja näin kenttätutkimusten tarve vähenee. Jossain tapauksissa pelkkä aikaisempaan tutkimustietoon nojautuminen riittää. Tällaista olemassa olevan tutkimusaineiston hyödyntämistä kutsutaan

kirjoituspöytätyökirjaksi. Monesti tutkimusongelma on varsin spesifi ja aikaisempaa tietoa on hyvin vaikea löytää. Tällöin joudutaan kuitenkin turvautumaan omakohtaisiin kenttätyökirjoihin./13, s.28-29./

Kenttätyökirjan käytettävät tiedonkeruun lähteet ovat moninaiset. Niitä voivat olla esimerkiksi /13, s.32-33./:

- Kyselytyökirjat
- Paneelit
- Omnibus-työkirjat
- Testit
- Inventaarit
- Simulointi ja mallintaminen
- Epäviralliset lähteet
- Laadulliset lähteet, kuten haastattelut ja havainnointi.

5.2.2 Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen lähestymistavan erot

Kenttätyökirjasta tehdessä joudutaan valitsemaan kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimusotteen väliltä. Kvantitatiivinen tutkimus on luonteeltaan määrällisen tiedon keruuseen soveltuva. Tutkimuskysymykset ovat monesti tyypisiä, mitä, missä, paljonko ja kuinka usein. Tutkimuksen otos on usein suhteellisen suuri, ja saadut tulokset ovat numeerista dataa, jota kuvaillaan ja analysoidaan tilastollisten menetelmien pohjalta.

Kvalitatiivinen lähestymistapa perustuu asioiden ja ilmiöiden havainnointiin sekä kuvailuun. Se pyrkii vastaamaan kysymyksiin: millainen, miksi sekä miten? Otokset ovat usein suppeita ja tarkkaan valikoituja. Tyypillisesti tehdään haastatteluja, joiden pohjalta voidaan löytää uusia merkityksiä tutkittavalle asialle. Usein käytetään avoimia kysymyksiä, jolloin myös vastaukset ovat vapaamuotoisia ja laajoja.

On myös huomioitavaa, että kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen keinoja voidaan myös yhdistää. Näissä tapauksissa kvalitatiivinen tutkimus auttaa jäsentämään tutkittavaa aiheita ja näin avustaa kvantitatiivisen tutkimuksen suunnittelussa. /13, s.31-33./

5.2.3 Tutkimuksen arviointi

Toteutetun tutkimuksen arviointiin on kehitetty useita yleisiä arviointikriteereitä: validiteetti, reliabiliteetti, toistettavuus, kustannustehokkuus sekä tarpeeseen vastaaminen.

Validiteetti eli tutkimuksen pätevyys arvioi tutkimusmenetelmien kykyä mitata haluttua asiaa. Yleisesti validiteettia voidaan mitata vertaamalla saatuja tuloksia todelliseen tietoon mitattavasta ilmiöstä. Validiteetin mittaaminen voi olla ongelmallista, jos riippumatonta tosielämän dataa ei ole saatavilla. Korkea validiteetti saavutetaan koko tutkimusprosessin systemaattisella kuvauksella, perustelemalla tehtyjä valintoja sekä muistuttamalla tuloksen suhteuttamisesta sen teoreettiseen viitekehykseen.

Reliabiliteetti eli luotettavuus on kvantitatiivisessa tutkimuksessa usein käytetty termi. Se kuvaa tutkimusmenetelmän ja mittareiden kykyä tuottaa systemaattisia ja toistettavia tuloksia. Nykypäivänä käytetyt tilasto-ohjelmien ansiosta reliabiliteetti on usein pelkkää mittausvirheiden arviointia.

Toistettavuus on tieteellisen tutkimuksen kulmakivi. Laadukas tutkimus on toistettavissa ja objektiivisesti toteutettu. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa toistettavuuden sijasta puhutaan usein yleistettävyydestä. Kvalitatiivisen tutkimusotteen otos rajallinen, joten on pohdittava tutkimustulosten pohjalta saatavien yleistysten toimivuutta.

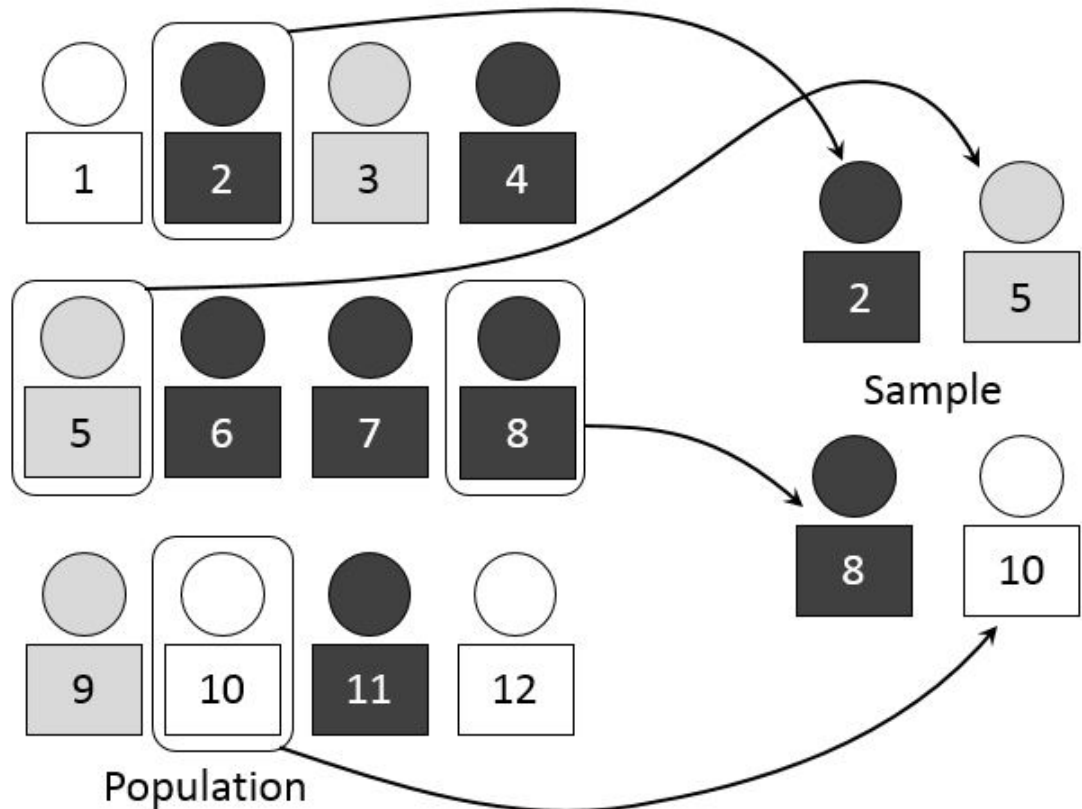
Kustannustehokkuuden kannalta halutaan selvittää, olisiko jollain muulla tavalla voinut kerätä samat tiedot mutta halvemmalla. Aineiston keruu vaikuttaa usein merkittävästi markkinointitutkimuksen kustannuksiin, ja tutkimuksen teettäjällä haluaa monesti hyvää mahdollisimman halvalla. Kustannuksia karsiessa joudutaan kuitenkin pohtimaan tulosten edustavuuden ja siitä johdettavien johtopäätösten luotettavuuden kanssa. Kustannustehokkuus yksinään ei saa ajaa kaiken muun edelle.

Markkinointitutkimuksen taustalla on tyypillisesti jokin ongelma tai tarve, joten sen tarpeeseen vastaavuus on myös yksi arviointikriteereistä. Tästä syystä on tärkeää, että tutkimusongelma määritetään jo alussa tarkasti. Epämääräinen tavoite voi johtaa ikävään lopputulemaan./13, s.33-35./

5.3 Otanta

Otos on otannalla valittu osa perusjoukosta. Perusjoukolla tarkoitetaan tutkimuksen kohderyhmää, joka on ko. tutkimuksen kohteena. Otos on usein tarpeellinen, sillä perusjoukko voi olla erittäin suuri esim. Suomen väestö, yliopiston kaikki opiskelijat jne.

Otoksen perusideana on siis säästää aikaa, vaivaa ja kustannuksia.



KUVA 13. Perusjoukon(population) ja otoksen(sample) suhde /14/

Markkinointitutkimuksissa joudutaan usein valitsemaan otoksen määrittämisen tai koko perusjoukon tutkimisen väliltä. Seuraavassa taulukossa vertaillaan otoksen ja perusjoukon käytettävyyttä eri tutkimustilanteissa.

TAULUKKO 4. Otos vai perusjoukko? /15, s.347/

	Otos	Perusjoukko
Budjetti	Pieni	Suuri
Aikataulu	Vähän aikaa	Paljon aikaa
Perusjoukon koko	Suuri	Pieni
Vastaajien homogeenisyys.	Pieni	Suuri
Otosvirheiden vaikutus	Pieni	Suuri
Ei otoksellisten virheiden vaikutus	Suuri	Pieni
Mittaustavan luonne	Destruktiivinen	Ei destruktiivinen
Painotus yksittäisiin vastaajiin	Kyllä	Ei

Perusjoukon kunnollinen määritys ja sopivan otannan valinta on tutkimuksen kannalta kriittinen prosessi, sillä huonosti tai puutteellisesti määritelty perusjoukko johtaa usein huonoihin, ellei jopa käyttökelvottomiin tutkimustuloksiin./15, s.346-348./

5.4 Markkinointitutkimuksen rajoitteet

Markkinointitutkimuksen kohdalla on syytä muistaa, että se ei poista vastuuta päätöksenteosta eikä se takaa tuotteen/palvelun onnistumista. Markkinointitutkimus on siis päätöksenteon apuväline, joka tuottaa informaatiota sen tueksi. Markkinointitutkimusten pohjalta syntyneet huonot päätökset johtuvat usein sokeasta uskosta tutkimuksen voimaan, jolloin kriittinen tarkastelu jää taka-alalle, sekä ulkopuolisesta paineesta johtuvat esim. yrityksen paine julkaista uusi tuote markkinoille.

Tutkimus voi tilaajan mielestä olla epäonnistunut jos valitut tutkimusmenetelmät nähdään huonoina, kommunikaatio tutkimuksen toteuttajan kanssa on huonoa ja jos saadut tulokset nähdään merkityksettöminä asetetun tutkimusongelman suhteen./15, s.21-22./

6 TUTKIMUSKOhteena LASERTYÖSTÖ

Tutkimusprosessi käynnistyi huhtikuussa 2015, kun Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaali- ja prosessiteknikan yliopettaja Tapio Lepistö kysyi kiinnostustani tehdä markkinointitutkimus Savosolar Oy:n toimeksiannosta. Otin yhteyttä lehtori Markku Kemppiin, joka järjesti tapaamisen Savosolarin edustajien kanssa.

6.1 Lähtötilanne ja tutkimuksen tausta

Tapasin Savosolarin Oy:n Kaj Pischowin sekä Aki Norrbackan Veslatec Oy:stä. Kaj kertoi yrityksen suunnitelmista hankkia laserhitsauslaitteisto Veslateciltä aurinkolämpökeräinten tuotantoon. Oman tuotannon lisäksi tarkoituksena oli myös tarjota lasertyöstöpalveluja alueen yrityksille.

Lasertyöstöpalvelujen tarpeesta Etelä-Savossa ei kuitenkaan tiedetty yhtiön taholta paljoa, joten markkinointitutkimus olisi varsin hyvä tapa kerätä tietoa alueen yritysten tilanteesta ja kiinnostuksesta lasertekniikkaa kohtaan. Lisäksi Kaj kertoi, että yritys oli hakemassa rahoitusta hankintaansa EU:lta ja tutkimuksen tietoja tultaisiin käyttämään hakemuksen tukena.

Sovimme tapaamisessa, että ensimmäiset tulokset olisivat valmiina jo toukokuun lopulla, sillä tuloksia hyödynnettäisiin jo edellä mainitussa rahoitushakemuksessa. Tämän jälkeisiä deadlineja kohdalleni ei asetettu. Yritys halusi siis ensisijaisesti tuloksia Etelä-Savon alueen yrityksiltä, mutta Markku kehotti minua keräämään myös tietoa lähialueilta esim. Lappeenrannan seudulta. Päätin lopulta kartoittaa tilanteen Kaakkois-Suomen osalta.

6.2 Tiedonkeruutavasta päättäminen ja kontaktien luonti

Seuraavaksi tarvitsin kontakteja alueen yrityksiin. Tässä kohtaa otin yhteyttä Mikkelin kehitysyritys Miksei Oy:n (ent. Miktech Oy) kehityspäällikkö Kimmo Haapeaan. Miksei Oy ylläpitää rekisteriä alueen yrityksistä, ja Kimmon avulla voisin olla niihin yhteyksissä. Keskustelin Kimmon kanssa sopivista tiedonkeruutavoista, sillä hänellä oli aikaisempaa kokemusta markkinointitutkimusten teosta. Hän kertoi, että helpon yhteyden potentiaaliin vastaajiin saisi sähköisellä kyselyllä. Sovimme, että rakentaisimme sähköisen kyselyn, jonka linkkiä Kimmo jakaisi eteenpäin yrityksille.

Aloitin kyselyn luonnin perehtymällä lasertyöstöön ja markkinointitutkimukseen. Molemmat käsitteet olivat minulle varsin vieraita. Tavoitteenani oli perehdyttää itseäni lasertyöstön perusteisiin ja mahdollisuuksiin sekä markkinointitutkimuksen rakenteeseen.

6.3 Ensimmäinen kysely

Varsin nopeasti minulle selvisi, että kyselystäni kannattaa tehdä mahdollisimman lyhyt ja ytimekäs, sillä siten kykenisin saamaan parhaiten vastauksia. Kysely luotiin Webropol-sovelluksella lähinnä siksi, koska se on Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelijoille ilmainen ja tarjoaa tilanteessani riittävät ominaisuudet kysymyksien luontiin ja vastausten käsittelyyn. Vaihtoehtona olisi ollut myös Digium- tai Googlen kyselytyökalu. Digiumin ongelmaksi nousi sen maksullisuus, ja Googlen ongelmaksi sen ominaisuuksien rajoittuneisuus, etenkin tiedon analysoinnin ja raportoinnin osalta.

Ensimmäinen, Etelä-Savon yrityksille suunnattu kysely, koostuu neljästä kysymyksestä ja yhteystietolomakkeesta. Kyselyssä esitetyt kysymykset ovat:

1. Onko teidän yrityksellänne kiinnostusta/tarvetta laserhitsausta kohtaan?
2. Onko teidän yrityksellänne kiinnostusta/tarvetta muita lasertyöstömenetelmiä (laserleikkaus, pintakäsittely) kohtaan?
3. Onko teidän yrityksessänne muita valmistustekniikkaan liittyviä tarpeita?

Jokaiseen kysymykseen oli tarjolla kolme vastausvaihtoehtoa: kyllä/ei/en osaa sanoa. Kysymyksen jälkeen vastaajaa kehoitettiin perustelemaan vastaustaan lyhyesti.

Kyselyn lopussa oli vielä mahdollisuus jättää yhteystietonsa. Yhteystietojen tarkoituksena oli tarjota yritykselle valmiita yrityskontakteja, toisaalta mahdollisuus syvällisempiin haastatteluihin mahdollistui.

Kyselyyn kerättiin vastauksia kaksi viikkoa ja vastauksia tuli kaikkiaan 12 kappaletta. Raportin tulokset lähetettiin Savo-Solarin ja Veslatecin edustajille sekä ohjaajalleni Markku Kempille. Kyselyn linkki jäi vielä kesä-heinäkuun ajaksi auki, sillä vastausaikaa oli ollut hyvin rajoitetusti. Samalla opiskelin lisää aihealueesta ja suunnittelin seuraavaa kyselyä, jonka kohteena olisivat Kymenlaakso ja Etelä-Karjala. Toisen kyselyn ajankohdaksi päättyi elo-syyskuu, sillä kesällä yhteydenotto on vaikeaa lomakaudesta johtuen. Elokuussa tarkastelin kyselyn tilannetta uudelleen, jolloin siihen oli tullut 7 uutta vastausta. Vastaajia oli tässä vaiheessa 19.

6.4 Toinen kysely

Toisella kyselykerralla kohteena olivat Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan seudut. Kysely pidettiin sisältönsä puolesta samanlaisena lukuun ottamatta yhteystietolomaketta, joka poistettiin. Lisäksi laserleikkaus ja pintakäsittelyt erotettiin omiksi kysymyksiksi. Toisen kyselyn suurimpana haasteena oli löytää Miksei Oy:n kaltaisia, laajat yritysrekisterit omaavia toimijoita ko.alueilta.

Otin uudelleen yhteyttä Kimmo Haapeaan, jonka yhteydet Lappeenrannan seudun toimijoihin rajoittuivat lähinnä Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston konetekniikan professoreihin. Kymenlaaksosta hän ei tuntenut ketään. Kysyin vielä neuvoa Markku Kempiltä, joka ohjeisti minua lähettämään sähköpostia alueen kauppakamareille.

Yhteistyö Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson kauppakamarien kanssa ei onnistunut. Etelä-Karjalan kauppakamari ei suostunut jakamaan kyselyäni, mutta ohjeisti minua lähettämään kyselyni suoraan jäsenyrityksille. Kymenlaakson kauppakamarin kanta oli myös yhtä kielteinen. Etelä-Karjalan kauppakamarin yhteyshenkilö neuvoi minua lähettämään suoraan sähköpostia heidän jäsenyrityksille, sillä jäsenyritysten lista oli esillä kauppakamarin nettisivuilla. Ajan puutteen vuoksi päätin noudattaa neuvoja ja aloin keräämään sopivien yritysten sähköpostiosoitteita.

Kauppakamarien jäsenien joukosta valikoitui lopulta 33 metallialan yritystä, joille lähetin kyselyni sähköpostitse. Vastausaika oli huomattavasti lyhempi kuin aikaisemmin, noin kaksi viikkoa. Vastauksia tuli lopulta 10 kappaletta, joten vastausprosentti oli yllättävän hyvä (n. 30 %) ottaen huomioon aikataulun rajallisuuden.

7 TULOKSET

Tässä osiossa käsitellään kyselyn pohjalta saadut tulokset.

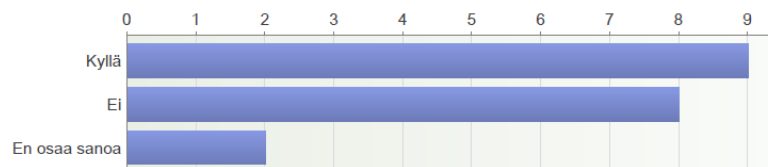
7.1 Etelä-Savon yritykset

Etelä-Savon alueelta vastaajia oli yhteensä 19. Kimmo Haapean mukaan tiedon kyselystä saivat kaikkiaan 197 yritystä, joiden jakaantumista toimialoittain en tiennyt. Potentiaalisten vastaajien määrä jäi siis pimentoon. Kiinnostus/tarve laserhitsausta kohtaan oli seuraavanlainen:

Lasertyöstö

1. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta laserhitsausta kohtaan?

Vastaajien määrä: 19



Vastaajien joukko oli tässä varsin jakaantunut, vain kaksi vastaajaa ei osannut sanoa. Vastaajat perustelivat kantaansa seuraavanlaisesti:

2. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Vastaajien määrä: 9

- Ei juuri hitsaustarpeita ja karkeampi jälki käy.
- Olen kysellyt itse laitteistoa Kiinasta!
- Meillä on itsellä laserhitsauskone.
- Tällä hetkellä emme valmista sellaisia tuotteita, joissa ko menetelmää käytettäisiin
- Olemme sarjavalmistusta harjoittava konepaja, ja saattaa tietysti tulla komponentteja eteen, joissa robotisoitu laserhitsaus voi tulla kyseeseen. Tällä hetkellä meillä ei ole sellaisia tuotannossa.
- Hitsattavien tuotteidemme railojen mittatoleranssit ovat liian suuria laserhitsaukselle.
- Sädemenetelmillä liitetään materiaalia tulevaisuudessa enenevässä määrin.
- Ostetaan alihankinnasta komponentteja.

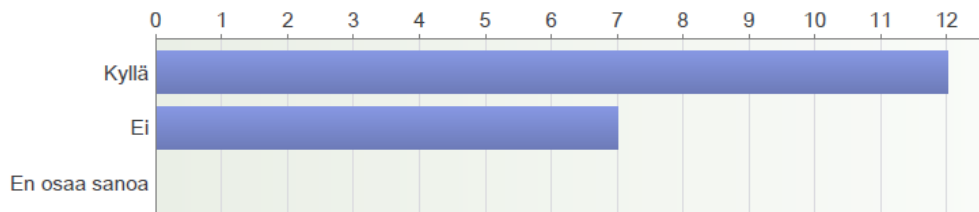
Valmistetaan automaatiolaitteita ja järjestelmiä teollisuuteen.

- Kiinnostaa mikäli hitsausmenetelmä on kehittynyt siten, että saadaan ilman juuritikua 4-7mm levyt hitsattua yhdeltä puolen laadukkaasti läpi.

Laserleikkauksesta ja muista lasertyöstömenetelmistä kysyttäessä vastausten jakauma oli seuraava:

3. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta muita lasertyöstömenetelmiä(laserleikkaus,pintakäsittely) kohtaan?

Vastaajien määrä: 19



On huomattavaa, että tässä vastattiin paljon varmemmin ja EOS-vastaukset puuttuivat.

Vastaajat perustelivat seuraavasti:

4. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Vastaajien määrä: 6

- On käytössä itsellä
- Naapurissa on ohuiden levyjen leikkaukseen soveltuvia laserleikkauskoneita.
- Käytämme jonkin verran laserleikkeitä
- Joihinkin tuotteisiin hankimme laserleikattuja levykappaleita.
- Vrt.2
- Ostetaan alihankinnasta komponentteja.

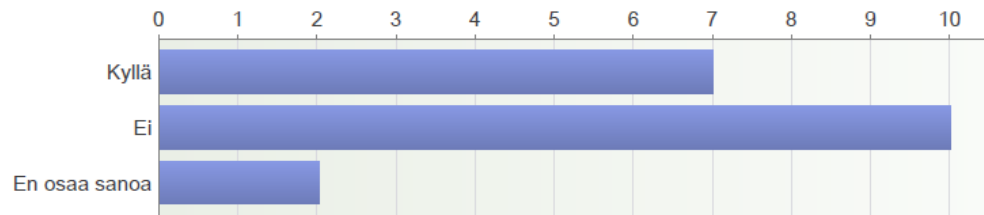
Valmistetaan automaatiolaitteita ja järjestelmiä teollisuuteen.

Tässä kohtaa huomattavaa on laserleikkauksen saamat maininnat vastaajien perusteluissa. Mitä luultavimmin laserleikkausta hyödynnetään myös laajalti.

Muiden valmistusteknisten tarpeiden osalta vastattiin näin:

5. Onko teidän yrityksessänne muita valmistustekniikkaan liittyviä tarpeita?

Vastaajien määrä: 19



Kuten voidaan huomata, suurin osa vastaajista on joko kielteisellä kannalla tai epäröi. Toisaalta myönteisiä vastauksia oli 7 kappaletta.

Mahdollisia tarpeita kuvailtiin näin:

6. Jos vastasitte kyllä, niin kuvaillkaa yrityksenne tarpeita lyhyesti.

Vastaajien määrä: 5

- Komposiittiakselien lujuus / kestävyys sekä yhdistäminen metalli adabtereihin.
- Käytämme vähän levyleike tyyppisiä tuotteita
- Joka aihealueella tulisi nousta next levelille, mutta rahalla saa ja hevosella pääsee sekä yritystuet tulee käyttää yhteiskunnan omiin polttaviin tarpeisiin eikä vääristää niillä vapaata kilpailua.
- Ostetaan alihankinnasta komponentteja.

Valmistetaan automaatiolaitteita ja järjestelmiä teollisuuteen.

- Kaikki uudet tekniikat ja niiden mahdollisuudet kiinnostavat jo alkuvaiheessa, koska niistä oppii ottamaan hyödyn vasta vähitellen.

Tässä kohtaa olisi ollut hyvä saada tarkempia vastauksia, sillä kysymyksellä yritettiin löytää mahdollisia muita kiinnostuksenalueita valmistustekniikassa esim. vesileikkaus. Vastaukset ovat tähän käyttöön liian epämääräisiä ja/tai epäselviä.

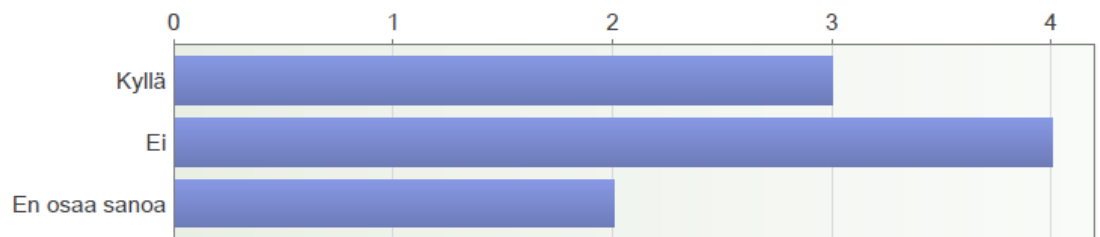
7.2 Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson yritykset

Kyselyä lähetettiin 33 metallialan yritykselle, joista 10 vastasi (yksi vastaaja vastasi sähköpostiviestillä ja kertoi, ettei tarvetta lasertyöstömenetelmille ollut). Yhteystiedot saatiin kauppakamarin yrityslistasta. Laserhitsauksesta vastattiin seuraavasti:

Lasertyöstö

1. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta laserhitsausta kohtaan?

Vastaajien määrä: 9



Vastaajat perustelivat näin:

2. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

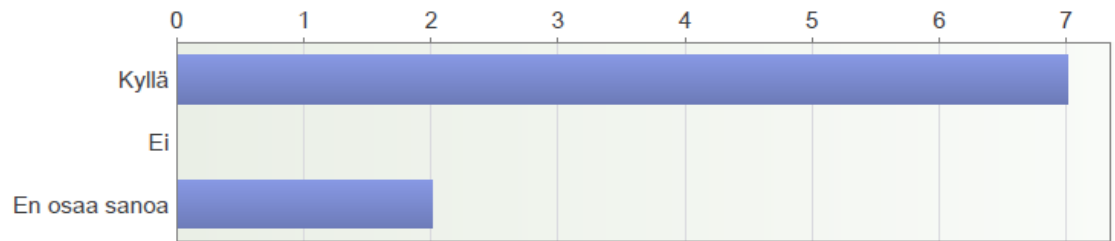
Vastaajien määrä: 7

- Joissakin tapauksissa levyjen liitoksissa voisi tulla kyseeseen.
- Toistaiseksi ei ole ollut vaatimuksia tai kyselyitä laserhitsauksesta. Tulevaisuudessa voi olla.
- Meille tulee kyselyjä joissa sitä voisi hyödyntää.
- Ei ole ehkä soveltuvia tuotteita laserhitsaukseen
- Laserhitsaus olisi hyvä jatke laserleikkaukselle jota suoritamme.
- Ei ole käyttöä lasrhitsaukselle
- Kaikki eri menetelmät kiinnostaa

Laserleikkauksen kohdalla mielipiteet olivat myönteisiä:

3. Onko teidän yrityksellänne kiinnostusta/tarvetta laserleikkausta kohtaan?

Vastaajien määrä: 9



Myönteisyyttä perusteltiin näin:

4. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Vastaajien määrä: 6

- Käytämme tälläkin hetkellä paljon laserleikattuja kappaleita.
- Ostamme alihankintana tämän palvelun.
- Uudet leikkaustekniikat
- Käytämme välillä laserleikkeitä joissain töissämme
- Käytämme nykyisellään melko paljon laser- ja vesileikkausta niin alumiini- kuin teräsosillekin.
- Teetetään alihankintana kaikki leikkeet

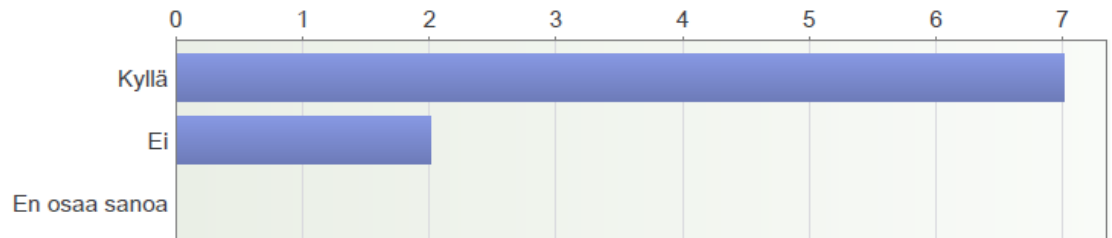
Kaakon yritykset ovat Etelä-Savon tavoin kokeneita laserleikkauksen hyödyntäjiä.

Havainnot ovat yhteneväisiä markkinaosuuksien kanssa.

Muita lasertyöstömenetelmiä kohtaan tunnettiin myös paljon kiinnostusta/tarvetta:

5. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta muita lasertyöstömenetelmiä(pintakäsittelyt,poraus,merkkkaus) kohtaan?

Vastaajien määrä: 9



Perustelut olivat seuraavat:

6. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Vastaajien määrä: 6

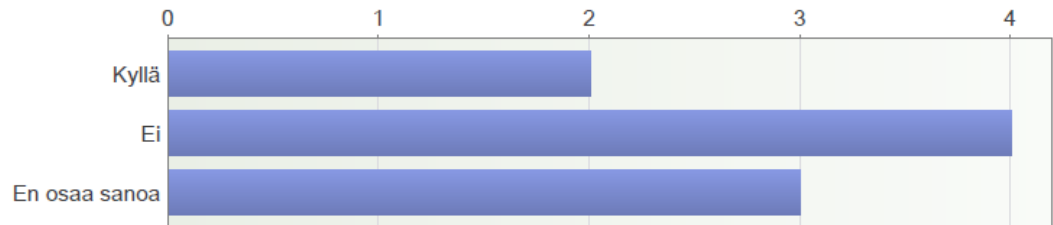
- Laser -merkkausta olemme käyttäneet leiketilausten yhteydessä samoin kuin reikien teettämistä samassa yhteydessä.
- Käytämme tälläkin hetkellä.
- Hieman pintakäsittelyä, meillä on lasermerkkkaus käytössä.
- Teemme itse lasermerkkausta omilla laitteillamme
- Varsinkin merkkaus kiinnostaa
- Tilanteen mukaan

Perusteluissa nousi esille lasermerkkauksen hyödyntäminen. Sitä hyödynnetään ja se kiinnostaa. Toisaalta yksi vastaaja mainitsee myös pintakäsittelyn käytöstä ja toinen viittaa vastauksellaan laserporaukseen.

Muita valmistusteknisiä tarpeita ei juuri löytynyt tai tilanteesta oltiin varsin epävarmoja:

7. Onko teidän yrityksessänne muita valmistustekniikkaan liittyviä tarpeita?

Vastaajien määrä: 9



Ja näin kaksi kyllä-vastaajaa tilannettaan kuvasivat:

8. Jos vastasitte kyllä, niin kuvaillkaa yrityksenne tarpeita lyhyesti.

Vastaajien määrä: 2

- Särmäys leikkeiden hankinnan yhteydessä.
- Joidenkin kokoonpanojen osalta olisi valmistusteknisiä parannuksia tehtävä.

Liekö pieni positiivisten vastausten määrä vastausten huonoista talousnäkymistä vai onko taustalla muita syitä, kuten tiedon puute?

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

8.1 Tulosten analysointia

Tuloksia tarkastelemalla voidaan havaita, että vastaajat olivat varsin jakautuneita suhteessa laserhitsaukseen. Toisaalta kiinnostusta löytyy, toisaalta ei. Lisäksi kantaansa epäroivien osuus on varsin suuri. Alihankkijoiden käyttö laserhitsauksen suhteen oli mielenkiintoinen havainto. Olisi hyvä tietää, ovatko alihankkijat lähialueella vai muualta Suomesta.

Kielteinen kanta johtuu vastaajillamme lähinnä tuotteiden epäsovivista toleransseista tai koetaan, että tarvetta laserhitsauksen tarkkuudelle ei ole. Toisaalta puhdas epätietoisuus voi vaikuttaa päätöksenteossa. Vastaajien tietämystä ei kuitenkaan tässä kysyty. Lisäksi kireällä taloustilanteella on vaikutuksensa yritysten hankinnoissa.

Laserleikkaus oli vastaajien keskuudessa hyvin yleisesti hyödynnetty valmistusmenetelmä. Laserleikkausta joko harjoitettiin itse tai hankittiin alihankintana. Huomattavaa oli epäroivien vastausten pieni määrä, mikä kertonee laserleikkauksen tunnettuudesta ja vakiintuneisuudesta suomalaisessa metalliteollisuudessa.

Muita lasertyöstömenetelmiä hyödynnettiin ja tunnettiin. Mainintoja saivat pintakäsittely ja merkkkaus. Epäroiviä kantoja ei ollut. Tässä kohden olisi hyvä selvittää yritysten tietoisuutta eri lasertyöstömenetelmistä. Huomioitavaa on myös se, että ensimmäisessä kyselyssä muihin lasertyöstömenetelmiin oli luokiteltuna myös laserleikkaus, joten se selittää osan ensimmäisen kyselyn myönteisten vastausten paljoudesta. Tämä kohta olisi pitänyt eriyttää, kuten myöhemmässä kyselyssä.

Muita valmistustekniikkaan liittyviä tarpeita oli myös paljon, mutta vastaajat eivät niitä kovin tarkasti eritelleet. Kysymys kuitenkin osoittaa, että alueen yrityksillä on kiinnostusta investointeihin toimintansa kehittämiseen. Huono taloustilanne kuitenkin jarruttaa monien suunnitelmia.

8.2 Johtopäätöksiä

Kyselyni vastausprosentti jäi lopulta varsin vaatimattomaksi, mikä on internet-kyselyjen kohdalla varsin yleistä. Tästä johtuen en uskalla vetää kyselystäni mitään suurempia johtopäätöksiä. Toisaalta kyselyn otanta oli laaja, joten henkilökohtaisten haastatteluiden järjestäminen olisi ollut varsin työlästä ja aikaa vievää.

On todettava, että markkinointitutkimuksen teko vaatii resursseja ja aikaa. Pelkkään nettikyselyyn vastauksien saaminen on hyvin vaikeaa. Vastajia täytyy muistuttaa vastaamisesta, ja kyselyä on vaikea levittää eteenpäin kontaktiverkoston puuttuessa. Lisäksi kyselyä pitäisi pitää auki jopa kuukausia, sillä vastaukset voivat tulla varsin epätasaisesti pitkän ajan kuluessa.

Aiheeni kaipaisi lisää tutkimusta, mutta sen täytyy tapahtua uuden tutkimuksen puitteissa ja paremmilla resursseilla. Tutkimisen arvoista olisi esim. yritysten tietouden selvittäminen lasertyöstön suhteen: Mitkä lasertyöstömenetelmät tunnetaan ja mitkä ei tunneta?

On kuitenkin selvää, että lasertyöstöä hyödynnetään ja sen tarjoamia mahdollisuuksia tunnetaan Kaakkois-Suomessa. Lasertekniikan alati kehittyvät sovellutukset, kuten 3D-tulostus tulevat näyttelemään tärkeää osaa valmistustekniikan tulevaisuudessa. On siis tärkeää, että yrityksille tarjotaan lasertekniikasta laajasti tietoa ja palveluita tulevaisuudessakin.

LÄHTEET

1. Savosolar Oy. History of Savosolar. Verkkodokumentti.
<http://www.savosolar.fi/index.php/en/company/history>. Päivitetty 3.6.2015. Luettu 3.6.2015
2. Savosolar Oy. Products. Verkkodokumentti.
<http://www.savosolar.fi/index.php/en/products>. Päivitetty 3.6.2015. Luettu 3.6.2015
3. Hiltunen, Teemu. Ohutlevyjen laserhitsaus. Diplomityö. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. 2012
4. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lasertyöstön laboratorio-LUT Laser. Verkkodokumentti. <http://www.lut.fi/school-of-energy-systems/tutkimusryhmat/lasertyosto>. Päivitetty 5.6.2015. Luettu 5.6.2015
5. Intersolar. About the award. Verkkodokumentti.
<http://www.intersolarglobal.com/de/award/about.html> . Päivitetty 5.6.2015. Luettu 5.6.2015
6. Intersolar. Intersolar mission and vision. Verkkodokumentti.
<http://www.intersolarglobal.com/de/about/mission-vision.html> . Päivitetty 5.6.2015. Luettu 5.6.2015.
7. Peltonen, Hannu, Perkkiö Juha, Vierinen Kari. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa II. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy. 2007
8. Wandera, Catherine. Performance of High Power Fibre Laser Cutting of Thick-Section Steel and Medium-Section Aluminium. Väitöskirja. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. Lappeenranta: Digipaino. 2010
9. Kulina, Richter, Ringelhan, Weber. Lasertyöstö-Käsikirja koulutusta ja käytäntöä varten. Jyväskylä: Jyväskylän ammatillinen aikuiskoulutusosasto. 1996
10. Ilkka Poutiainen. Konekortti. Excel-dokumentti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2015
11. Kujanpää, Salminen, Vihinen. Lasertyöstö. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. 2005
12. KETEK. Metalliala. Verkkodokumentti. <http://ketek.fi/fi/metalliala>. Päivitetty 16.6.2015. Luettu 16.6.2015
13. Mäntyneva, Heinonen, Wrangle. Markkinointitutkimus. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy. 2008
14. Wikipedia. Sampling (statistics). Verkkodokumentti.
https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_%28statistics%29. Päivitetty 11.8.2015. Luettu 12.8.2015
15. Malhotra & Birks. Marketing research: an applied approach. Essex: Pearson Education. 2000.

Hei,

Olen Mikkelin Ammattikorkeakoulun opiskelija ja teen markkinointitutkimusta lasertyöstöstä Kaakkois-Suomen alueella. Lasertyöstöllä tarkoitetaan tässä tapauksessa lasersädetä hyödyntäviä valmistusmenetelmiä, käsittäen laserilla tapahtuvan leikkauksen, hitsauksen, pintakäsittelyn sekä muut prosessit kuten poraus ja merkkkaus.

Haluaisin teidän vastaavan lyhyeen kyselyyn, jonka täyttämiseen kuluu korkeintaan pari minuuttia. Kyselyssä kysytään teidän kiinnostusta/tarvetta laserhitsausta, laserleikkausta sekä muita lasertyöstömenetelmiä kohtaan. Lisäksi kartoitetaan yrityksenne muita valmistusteknisiä tarpeita. Annettuja vastauksia käsitellään täysin anonymisti, joten niitä ei voida yhdistää tiettyyn vastaajaan.

Kyselyyn vastaaminen on tärkeää, sillä tulosten perusteella voidaan selvittää lasertyöstöpalvelujen tarvetta alueellamme ja näin kykenemme paremmin vastaamaan elinkeinoelämän tarpeisiin. Tämän kyselyn vastaanottajat valittiin Etelä-Karjalan ja Kymenlaakson kauppakamarin jäsenien joukosta.

Jos teillä heräsi kysymyksiä tähän kyselyyn liittyen, niin minuun saatte yhteyden lähettämällä sähköpostia osoitteeseen vesa.tiihonen@edu.mamk.fi tai vessu09@hotmail.com.

Yhteistyöterveisin:

Vesa Tiihonen, opiskelija

Mikkelin Ammattikorkeakoulu



Lasertyöstöpalvelujen tarpeen kartoitus

Tämän lyhyen kyselyn tarkoituksena on kartoittaa alueen yritysten kiinnostusta ja tarvetta lasertyöstöpalveluita kohtaan. Lisäksi keräämme tietoa muista valmistustekniikkaan liittyvistä tarpeista.

Laserhitsaus

1. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta laserhitsausta kohtaan? *

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

2. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Laserleikkaus

3. Onko teidän yrityksellänne kiinnostusta/tarvetta laserleikkausta kohtaan?

*

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

4. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Muut lasertyöstömenetelmät

5. Onko teidän yrityksellänne tarvetta/kiinnostusta
muita lasertyöstömenetelmiä(pintakäsittelyt,poraus,merkkkaus) kohtaan? *

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

6. Tähän voitte perustella vastaustanne lyhyesti.

Yleiset valmistustekniset tarpeet

7. Onko teidän yrityksessänne muita valmistustekniikkaan liittyviä tarpeita?

*

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

8. Jos vastasitte kyllä, niin kuvaile yrityksen tarpeita lyhyesti.
