

# **Laserkeilauksen hyödyntäminen 3D- suunnittelussa**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka, Tuotantotekniikka ja kunnossapito

2021

Juho Töyrylä

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Töyrylä, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 27	Valmistumisaika 2021
Työn nimi <b>Laserkeilauksen hyödyntäminen 3D-Suunnittelussa</b>		
Tutkinto Insinööri (AMK), Konetekniikka, Tuotantotekniikka ja kunnossapito		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Mikko Ruotsalainen, Kehitysinsinööri, Tieto- ja viestintäteknikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Lauri Kansanen, Osastopäällikkö, AFRY		
Tiivistelmä <p>Työn tarkoituksena oli selvittää, millä tavoin voidaan hyödyntää laserkeilauksen prosessia 3D-suunnittelussa ja kuinka sen käyttöä voitaisiin mahdollisesti laajentaa. Opinnäytetyö aihe valittiin, koska laserkeilauksen käyttö on jatkuvassa kasvussa varsinkin teollisuuden aloilla.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään 3D-suunnitteluun, laserkeilaukseen ja käydään myös läpi korkeusjärjestelmiä Suomessa ja niiden hyödyntämistä. Päättävöitteena oli selvittää laserkeilauksen etuja 3D-suunnittelutyössä ja dokumentoinnissa.</p> <p>Laserkeilausta tutkiessa käytettiin lyhyempiin matkoihin soveltuvia Faro Focus S70 ja S150 ja pidemmille matkoille soveltuvaa Riegl VZ400 laserkeilainlaitteistoja.</p>		
Asiasanat 3D-suunnittelu, Laserkeilaus, Korkeusjärjestelmä		

## Abstract

Author(s) Töyrylä Juho	Type of Publication Thesis, UAS Number of Pages 27	Published 2021
Title of Publication <b>Laserkeilauksen hyödyntäminen 3D-Suunnittelussa</b>		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical Engineering, Production and Maintenance		
Name, title and organization of the supervising teacher Mikko Ruotsalainen, Development engineer, Information and Communication Technology		
Name, title and organization of the client Lauri Kansanen, Department manager, AFRY		
Abstract <p>The objective of this bachelor's thesis was to resolve the usage of laser scanning process in 3D modeling and how its usage could possibly be improved. The bachelor's thesis subject was chosen based on the continuous growth of laser scanning especially in industrial areas.</p> <p>In this bachelor's thesis we get acquainted with 3D modeling, laser scanning and Finland's vertical reference systems and the benefits of them. The main goal was to gather general information and to see into the benefits of laser scanning in 3D modeling and documenting.</p> <p>In the research of laser scanning, Faro Focus S70 and S150 were used for shorter range and for long range laser scanning Riegl VZ400 was used.</p>		
Keywords 3D modeling, Laser scanning, Vertical reference system		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Laserkeilaus .....	1
1.2	AFRY Oy .....	1
1.3	3D Talo Finland Oy.....	2
1.4	Opinnäytetyön tavoitteet .....	2
2	3D-mallinnus ja tietokoneavusteinen suunnittelu.....	4
2.1	3D-mallinnus.....	4
2.2	Tietokoneavusteinen suunnittelu.....	4
2.3	Kiinteä 3D-mallintaminen .....	4
2.4	3D-tulostus .....	5
2.5	Koordinaatisto.....	6
3	Laserkeilauksen hyödyntäminen 3D-suunnittelussa.....	7
3.1	Pistepilvi .....	8
3.1.1	Pistepilvimallin laatiminen .....	9
3.1.2	Yksittäinen piste .....	9
3.2	Laserkeilausprosessi .....	9
3.3	XYZ-koordinaatisto laserkeilauksessa .....	9
3.4	Laserkeilauksen laatutasoja 3D Talolla.....	10
3.5	Liittäminen suunnitteluympäristöön.....	12
3.6	Laserkeilauslaitteisto 3D Talolla.....	12
3.6.1	Faro Focus .....	13
3.6.2	Riegl VZ400.....	14
3.7	Ohjelmisto .....	14
3.8	Pistepilvitiedostot.....	15
4	Korkeusjärjestelmät Suomessa.....	16
4.1	Korkeusjärjestelmät ja niiden käyttö suomessa.....	16
4.2	NN-korkeusjärjestelmä .....	16
4.3	N43- ja N60-korkeusjärjestelmät.....	16
4.4	N2000-korkeusjärjestelmä .....	16
5	Yhteenveto ja pohdinta .....	20
	Lähteet .....	21

## Liitteet

Liite 1. Faro Focus laserkeilaimien tekniset tiedot

Liite 2. Riegl VZ400 laserkeilaimen tekniset tiedot

Liite 3. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake 1 (4)

Liite 4. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake 2 (4)

Liite 5. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake 3 (4)

Liite 6. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake 4 (4)

## Termit

3D-malli	Yleisnimi vektorimuotoisille kolmiulotteisille geometriamalleille. Se voi olla pinta-, tilavuus- tai älykäs malli.
Tilavuusmalli	Esiintyvät kolmiulotteiset rakenteet esitetään kappaleina, joilla on vaipan määrittelemä tilavuus.
Pintamalli	Esitetään kolmiulotteisten rakenteiden vaippa.
Älykäs malli	Tarkoittaa tietosisältöä, joka sisältää sekä geometriatietoa että attribuuttitietoa.
Pistepilvi	Laserkeilauksesta saatu kolmiulotteinen geometriatieto kohteesta.
Pistepilvimalli	Pistepilvimalli on yhdistelmä kahdesta tai useammasta pistepilvestä
Layout	Tarkoittaa tilan järjestystä, kuinka työpisteet, laitteet, varastot, kulkureitit ja muut alueen tarpeelliset asiat sijoittuvat
CAD	Computer-Aided Design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Tietokonetta hyödyntämällä luodaan suunnittelutyö
ASCII	American Standard Code for Information Interchange on 7-bittinen, 128 merkkipaikan tietokoneiden merkistö
Binääritiedosto	Tiedostomuoto, joka on tarkoitettu tietokoneen luettavaksi
BSCD2000	Baltic Sea Chart Datum 2000 on itämeren läheisyyteen kuuluvien valtioiden yhteinen korkeusjärjestelmä
NAP	Normaal Amsterdamin peili on alankomaissa sijaitseva pysäytysuora nollapiste, jota hyödynnetään Eurooppalaisissa korkeusjärjestelmissä

# 1 Johdanto

## 1.1 Laserkeilaus

Laserkeilaus on kontaktivapaa mittausten menetelmä olemassa olevista rakenteista. Laserkeilain lähettää lasersäteitä kaikkiin suuntiin ja osuessaan esteisiin heijastuu laser takaisin laserkeilaimen mitaten etäisyyden, säteenintensiteetin ja kulmamuutoksen laserkeilaimen ja esteen välillä muodostaen esteestä pisteen. Näitä pisteitä laserkeilain pystyy muodostamaan jopa satojatuhansia sekunnissa ja niitä hyödyntämällä pystytään luomaan mittatarkka pistepilvi. Kohde myös kuvataan laserkeilaimella ottaen 360 asteen kuvia, jotka pystytään kiinnittämään pistepilven päälle muodostaen erittäin tarkkoja ja aidonmukaisia malleja erilaisista kohteista. Tämä prosessi voidaan suorittaa useita kertoja eri mittauspisteistä ja liittäämällä yhteiseen kiintopisteeseen luoden pistepilvimallin. Yleisiä kiintopisteen kohteita ovat muun muassa jokin kivi, kallio tai rakenteeseen asennettu merkki, jonka tarkat koordinaatit tiedetään. Tämä prosessi lisää mittaustarkkuutta huomattavasti ja vähentää mahdollisia katvealueita. Katvealueita syntyy, kun laserkeilattavan kohteen ja laserkeilaimen välillä on jokin fyysinen este eivätkä säteet ylety haluttuun paikkaan. Näitä pistepilvimalleja hyödyntämällä voidaan luoda kohteesta tarkkoja 3D-malleja, jotka mahdollistavat laserkeilatun alueen vapaan navigoinnin, joka edesauttaa alueen havainnollistamista ja luo mahdollisuuden mitoittaa aluetta eri pisteistä erilaisia ohjelmistoja hyödyntämällä. (Kansanen 2021.)

## 1.2 AFRY Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana on AFRY, joka on perustettu vuonna 2019 ja se on yksi suurimmista skandinaavisista konsultointi- ja suunnitteluyrityksistä, sen toimitusjohtajana toimii Ruotsalainen Jonas Gustavsson. AFRY työllistää nykypäivänä globaalisti yli 17 000 konsulttia, joista lähes 2000 työskentelee Suomessa 23 eri paikkakunnalla. AFRYllä työkennellään pääsääntöisesti energiatekniikan, tietotekniikan, infrastruktuuri, teollisuuden ja hallinnon aloilla. AFRY sai alkunsa, kun 1895 luvulla perustettu ruotsalainen yritys ÅF osti suomalaisen yrityksen Pöyry 2019 helmikuussa. Yrityksen globaali päätoimipaikka sijaitsee Tukholmassa Ruotsissa, kun taas Suomen yhtiön AFRY Finland Oy päätoimipaikka sijaitsee Vantaalla. Jälkeisessä kuvassa on AFRYn globaali päätoimipaikka Ruotsissa Tukholmassa. (AFRY Oy 2021.)



Kuva 1. AFRYn globaali päätoimipaikka Ruotsissa Tukholmassa (AFRY Oy. kotisivut)

### 1.3 3D Talo Finland Oy

3D Talo on toiminut useissa AFRYn laserkeilausprojekteissa alihankkijana ja on ollut tässä opinnäytetyössä mukana kertomalla 3D Talon käyttämistä laitteistoista ja laserkeilauksesta yleisesti. Yritys on perustettu vuoden 2016 kesän lopussa ja toimipaikkana toimii Kuopio. 3D Talo tarjoaa muun muassa laserkeilaus, virtuaalitodellisuus, lisättytodellisuus ja 360 kuvaus ratkaisuja teollisuuteen. (3D Talo Finland Oy 2021.)

### 1.4 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka laserkeilausta hyödynnetään suunnittelussa ja lisätä tietoa 3D-suunnittelijoille ja suunnitteluvaiheen projekti henkilöille.

Laserkeilaus on usein edellytys hyvin onnistuneelle suunnittelulle nykyaikaisilla 3D-työkaluilla.

Tyypillinen kohde:

- Olemassa oleva tehdasympäristö
- Heikkotasoiset piirustukset
- paikkansapitämätön tai puutteellinen 3D malli



- As built, eli kuten rakennettu dokumentaation laadinta

Dokumentointi, päivitys tai täysin puuttuva dokumentaatio

Laserkeilaus aineiston tuottaa keilauksen suorittava yritys, usein suunnittelutoimiston alihankkija. Laserkeilaajat toimittavat aineiston yleensä pilvipalvelun kautta. Tiedostojen koko vaihtelee paljon keilattavasta alueesta riippuen. Tehdasympäristöissä laserkeilattujen alueiden tiedostokoot ovat olleet AFRYlla useimmiten 10 ja 100 gigatavun välillä. Yksi suurimmista tiedostojen kokoon vaikuttavista tekijöistä on tiedostomuoto.

Suunnittelutoimisto lataa ja tallentaa pistepilvitiedostot omille servereille. Suunnittelutyön päätyttyä tiedostot toimitetaan asiakkaalle. Mahdolliset päivitykset suoritetaan laserkeilaajan toimesta, päivitykset voi olla laajennettu alue, tarkkuuden lisääminen joissain kohteissa, tai mahdollinen purettavien osien poisto pistepilvestä. Päivitys tehdään alkuperäiseen kokonaisuuteen ja silloin uusin tilanne pysyy muutosten osalta hallinnassa.

## 2 3D-mallinnus ja tietokoneavusteinen suunnittelu

### 2.1 3D-mallinnus

3D-mallinnus on prosessi, jossa luodaan matemaattisesti digitaalinen malli hyödyntämällä XYZ-koordinaatistoa ja tietokoneen grafiikkaa. Mallinnuksen kohteena voidaan hyödyntää joko elottomia tai eläviä kohteita. Mallista voidaan luoda 2D-piirustuksia, 3D-simulaatioita ja tehdä fyysisiä 3D-malleja 3D-tulostimella. 3D-malli voidaan valmistaa esimerkiksi skannaamalla jo valmis kappale tai voidaan se mallintaa itse 3D-ohjelmistoa hyödyntämällä. 3D-mallia luodessa mallista voidaan tehdä hyvinkin yksityiskohtainen ja tarkka, mutta mitä tarkempi ja yksityiskohtaisempi 3D-malli on, sitä hitaampaa sen luominen on.

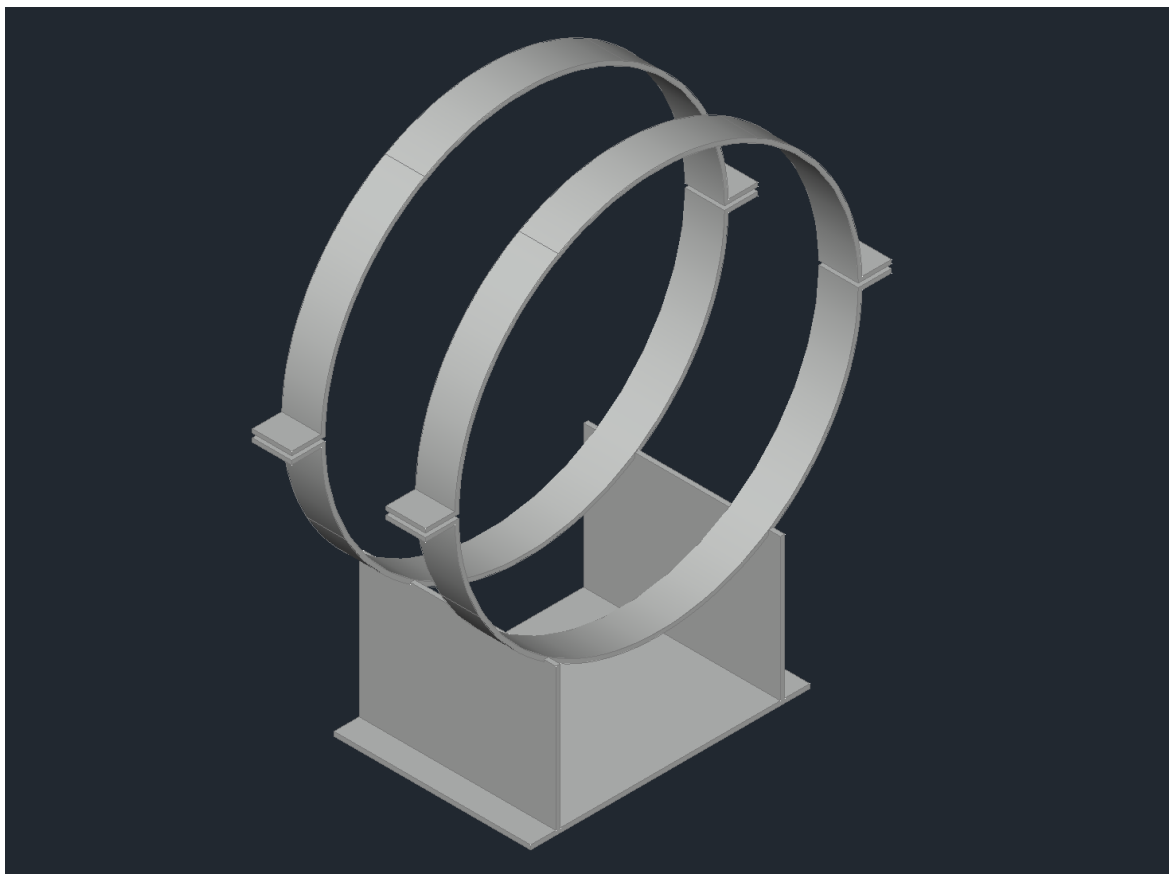
### 2.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteisilla suunnitteluohjelmistoilla eli CAD-ohjelmistolla pystytään luomaan kaksiulotteisia teknisiä piirustuksia sekä kolmiulotteisia malleja fyysisistä objekteista virtuaaliavaruuteen. Tietokoneavusteisessa suunnittelussa on suurena etuna verrattuna käsin tehtyihin teknisiin piirustuksiin muun muassa sen tarkkuus, helppo muokattavuus, uudelleen käytettävyys ja laaja tiedonsiirtokyky. CAD-ohjelmistolla luotu kolmiulotteinen malli voidaan myös kiinnittää täysin realisoituun kolmiulotteiseen digitaaliseen maastomalliin helpottaen kokonaisuuden visualisointia. Digitaalista maastomallia voidaan tarkastella tietokoneella kolmannesta persoonasta erilaisia tietokoneohjelmistoja hyödyntämällä. Luotua mallia päästään myös tarkastelemaan ensimmäisestä persoonasta hyödyntämällä virtuaaliodellisuuslaseja. Virtuaalitekniologiaa käyttämällä henkilö pääsee kulkemaan ja navigoimaan ensimmäisessä persoonassa digitaalisesti luotuun ympäristöön, saaden selkeämmän käsityksen, millaiselta alue näyttää.

### 2.3 Kiinteä 3D-mallintaminen

Kiinteä 3D-mallinnus on yksi kehittyneimmistä ja tärkeimmistä suunnittelutavoista kolmiulotteisessa ympäristössä erilaisia CAD-ohjelmistoja hyödyntämällä. Tyypillinen kolmiulotteinen kiinteä malli on luotu mallintamalla kaksiulotteinen kehikko geometriseen muotoon, joka on muunnettu kiinteäksi 3D-malliksi antamalla sille kolmas koordinaatti luomalla sille pinnan. CAD-ohjelmistoja hyödyntämällä voidaan myös käänellä suunniteltua kappaletta kiinteässä muodossa vapaasti, joka mahdollistaa kappaleen näkemisen eri kuvakulmista, joka auttaa visuaalisessa havainnollistamisessa ja mahdollisissa virheiden huomioimisessa suunnitteluvaiheessa. Suunnittelutyössä yleisesti käytetty CAD-ohjelmisto on SolidWorks, jolla voi myös suorittaa laajempiakin 3D-mallinnuksia kuin vain kiinteää 3D-

mallinnusta. 3D-mallinnus on myös käytössä nykypäivänä laajasti muillakin aloilla kuin suunnittelualalla. 3D-mallintamista hyödynnetään nykyään myös muun muassa laajasti lääketieteessä luomalla fyysisiä malleja ihmiskehon anatomiasta ja viihdealalla voidaan luoda erilaisia hahmoja. CAD-ohjelmistolla voi myös yhdistellä kappaleita toisiinsa luoden niistä kokonaisuuksia, sekä tutkia niiden käytettävyyttä ja kestävyyttä käytännössä. Tekstin jälkeen on kuva esimerkki 3D-mallinnetusta kuvasta isometrisenä kuvantona.



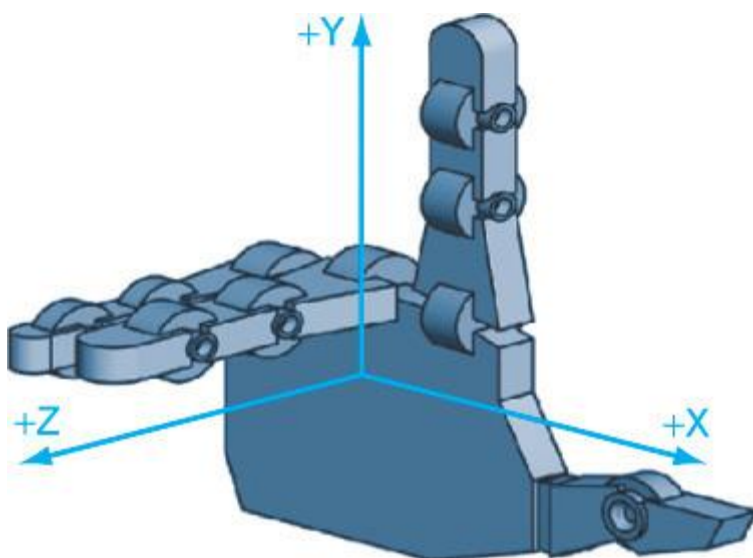
Kuva 2. Isometrinen kuvanto putkikannakkeesta

## 2.4 3D-tulostus

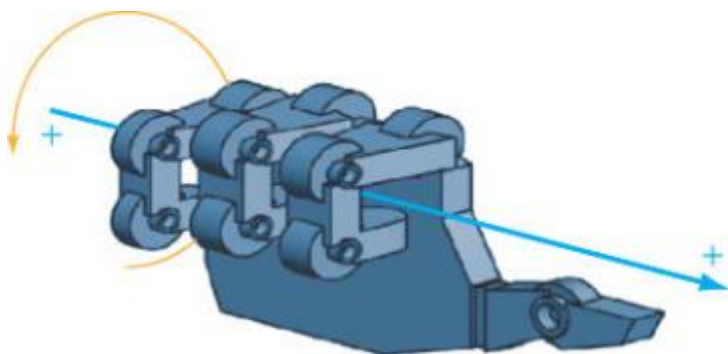
3D-tulostus on materiaalia lisäävä prosessi, jolla luodaan kiinteä kolmiulotteinen kappale mallinnetusta 3D-mallista kasaten päällekkäisiä ohuita materiaalikerroksia, mahdollistaen monimutkaistenkin kappaleiden luomisen. Yleisiä käytettyjä materiaaleja 3D-tulostuksessa ovat erilaiset muovit, metallit ja hiilikuidut. Tällä valmistavalla menetelmällä voidaan luoda käytännön hyödyllisiä valmiita tuotteita, kuten proteeseja, teollisuuden tuotteita, pienoismalleja ja erilaisia huonekaluja. (3Dprinting 2021.)

## 2.5 Koordinaatisto

Koordinaatisto on kohteen sijaintia ilmaiseva suorakulmainen järjestelmä ja siinä voi olla kahdesta kolmeen akselia. Akselit ovat useimmiten merkitty kirjaimin x, y ja z. Koordinaattijärjestelmällä voidaan määrittellä koordinaatiston sijainti ja asento ympäristöön nähden hyödyntämällä joukkoa suureita. Koordinaattijärjestelminä voidaan käyttää valtakunnallista koordinaattijärjestelmää, joka on osa eurooppalaista EUREF-koordinaattijärjestelmää tai voi se olla myös liitettyä paikalliseen koordinaattijärjestelmään, joka on useimmiten laitospaikallinen. Koordinaatistoa käyttävät CAD-ohjelmistot hyödyntävät useimmiten oikeankätistä koordinaatistoa. Ohessa on kuva oikean kädensäännöstä x y ja z koordinaatistolle, sekä positiiviselle pyörimissuunnalle.



Kuva 3. oikeankäden sääntö positiivisille x, y ja z koordinaateille (Giesecke F. 2017. Geometry for Modeling and Design)



Kuva 4. oikeankäden sääntö positiiviselle pyörimissuunnalle akselin ympäri (Giesecke F. 2017. Geometry for Modeling and Design)

### 3 Laserkeilauksen hyödyntäminen 3D-suunnittelussa

Laserkeilaus prosessina voidaan hyödyntää nykypäivän suunnittelutyössä tuomalla suoraan laserkeilatulta alueelta pistepilvi erilaisille CAD-ohjelmistoille säästämällä aikaa 3D-mallinnus työstä. Suunnittelija saa jopa 1 millimetrin tarkkuudella luodun pistepilven. Pistepilvet voidaan yhdistää pistepilvimalleiksi, joka luo niistä tarkempia ja laajempia kokonaisuuksia, jonka pohjalta voidaan luoda 3D-malli suunnittelukäyttöön. 3D-mallinnuksessa voidaan luoda kohteista esimerkiksi pinta-, tilavuus-, tila-, älykäs-, katselu-, alue, laitos, tai simulointimalli.

Suunnittelija pääsee tarkastelemaan, muokkaamaan ja navigoimaan laserkeilattuja 3D-malleja kolmannesta persoonasta CAD-ohjelmistoja hyödyntämällä. Laserkeilatusta alueesta voidaan myös luoda virtuaalitodellisuusmalli, jolloin suunnittelija pääsee tutkimaan mallia ensimmäisestä persoonasta virtuaalilaseja hyödyntämällä. Tämä vähentää kohteessa kenttäkäyntien tarvetta ja mahdollistaa paikanpäällisen tutkimisen digitaalisessa ympäristössä. Tämä luo mahdollisuuden tarkempaan ja kansainväliseen suunnittelutyöhön, sillä ympäristön tutkiminen ei ole enää este pitkän matkan vuoksi.

Dokumentaatio voi olla tehdasympäristöissä hyvinkin vanhentunut tai muuten vain puutteellinen. Laserkeilauksen perustana voi olla yksinkertaisesti tietojen päivittäminen tehdasympäristöstä. Tarkka dokumentaatio on oleellinen mahdollisten suunnittelu- ja muutosten kannalta. Väärä, vanhentunut tai puutteellinen dokumentaatio voi aiheuttaa yllättäviä ja suuria ongelmia. Muun muassa tuotantoprosessin yllättävä katkeaminen voi olla hyvinkin kallis, hyvällä dokumentoinnilla voidaan reagoida nopeasti yllättävään tilanteeseen, tai jopa välttyä siltä kokonaan. Oheisessa kuvassa on laserkeilaus tilanne, jota ollaan suorittamassa hieman vaikeammassa olosuhteissa. (Kansanen 2021.)



Kuva 5. Laserkeilaus tilanne vaikeissa olosuhteissa

### 3.1 Pistepilvi

Pistepilvi luodaan hyödyntämällä laserkeilausmittaustekniikkaa. Laserkeilain lähettää valtavien määrän lasersäteitä, jotka heijastuvat takaisin laserkeilaimeen. Kohteet, joista lasersäteet heijastuivat takaisin, omaavat jokainen pisteen XYZ-koordinaatistossa, jonka sijainnin laserkeilain pystyy laskemaan säteenintensiteetin ja kulmamuunnoksen perusteella. Nämä koordinaattipisteet tallentuvat laserkeilaimen sisäiseen koordinaatistoon luoden pistepilven. Lähetettyjen lasersäteiden määrällä on suuri vaikutus siihen, kuinka mitattarkkoja keilatuista kohteista pystytään luomaan. Pistepilvet, jotka ovat luotu samasta ympäristöstä, voidaan myös yhdistää helposti toisiinsa hyödyntämällä valmiiksi määritellyä kiintopistettä, joka voi olla esimerkiksi tehdasalueella pilari, johon on kiinnitetty tähyt. Hyödyntämällä modernia laitteistoa, korkeita lasersäteiden määriä ja pistepilvimallia hyödyntämällä, voidaan luoda hyvinkin tarkkoja malleja mitatuista kohteista, pystytään pääsemään jopa 1 millimetrin tarkkuuteen. Useilla mittauspisteillä vältetään myös mahdollisista katvealueista. Katvealueita ilmenee, kun laserkeilaimen ja laserkeilattavan kohteen välillä on jokin fyysinen este, joka estää lasersäteiden pääsyn haluttuun kohteeseen. (Kansanen 2021.)

### 3.1.1 Pistepilvimallin laatiminen

Pistepilvimalli on kahden tai useamman pistepilven yhdistäminen toisiinsa. Pistepilvet liitetään toisiinsa sovitussa koordinaatistossa, luoden pistepilvimallin. Pistepilvimallille voidaan suorittaa mittauksia ja navigoida kolmiulotteisesti siihen tarkoitettulla ohjelmistolla. (PSK 3402:2013, 7)

### 3.1.2 Yksittäinen piste

Pistepilvet muodostuvat valtavista määristä yksittäisiä pisteitä, jotka ovat muodostuneet laserkeilaimen heijastuneista säteistä, laskien niiden säteentensiteetin ja kulmaetäisyyden. Pisteiden laatu on erittäin tärkeä pistepilven ja mitattavan kohteen kannalta. Pisteiden laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat erityisesti heijastavat ja kaarevat pinnat, jos mahdollista voidaan kirkkaat, eli heijastavat pinnat maalata tai eristää, mikäli se on mahdollista. Ympäristötekijät ovat myös suurvaikuttajia pistepilvien laadussa, esimerkiksi sumu tai vesisade voi vaikuttaa pisteiden laatuun negatiivisesti. (Sandor 2021.)

## 3.2 Laserkeilausprosessi

Laserkeilausprosessissa on tärkeää ennalta rajata laserkeilattava alue ja mahdollisesti valokuvattava ympäristö. Prosessissa tulee myös tietää, kuinka yksityiskohtaisen haluaa mistäkin alueesta ja otettava huomioon mahdolliset katvealueet ja ympäristötekijät, sekä mihin koordinaatti- ja korkeusjärjestelmään laserkeilattu alue liitetään. Laserkeilausta suorittaessa on tiedettävä, missä tiedostomuodossa halutaan pistepilvitiedot, mikä on tulosten jatkojalostusaste ja kuinka laaja dokumentointi alueesta tullaan suorittamaan. Haittaavina ympäristötekijöinä voi ilmaantua muun muassa pöly, sumu, höyry, lämpö, sade, värähtelyt, valaistus ja mahdollinen ATEX-ympäristö. Tärkeää on myös muistaa nykypäiväinen ja oikeille mittaväleille asettuva laitteisto mittavirheiltä välttymiseksi ja turhan suurien laitteiden käyttämisen. (Kansanen 2021.)

## 3.3 XYZ-koordinaatisto laserkeilauksessa

Laserkeilaus ja laitosmalli XYZ-koordinaatistoissa on yleensä valittu tasosuunnassa akselit x ja y koordinaatit ja korkeusakselina toimii z-akseli. Tasossa suunta vaihtelee, mutta yleisin käytäntö on, että x-akseli on itä ja y-akseli on pohjoinen. Pohjoissuunta voi olla joko todellinen pohjoinen tai laitospohjoinen. Laitospohjoinen, eli suunnittelupohjoinen valitaan yleensä rakennuksien tai päärakenteiden pääakselin mukaan. Suunnittelupohjoinen voi vaihdella tehtaan eri osissa, jos rakennuksien suunnat pohjoiseen nähden poikkeavat toisistaan. Suuntamäärittelyssä on oltava erittäin tarkka, usein pyritään vähintään desi-

maalin tarkkuuteen asteluvuissa, suuntakulma on dokumentoitava esimerkiksi tehtaan layout- ja sijoituspiirustuksiin. (Kansanen 2021.)

### 3.4 Laserkeilauksen laatutasoja 3D Talolla

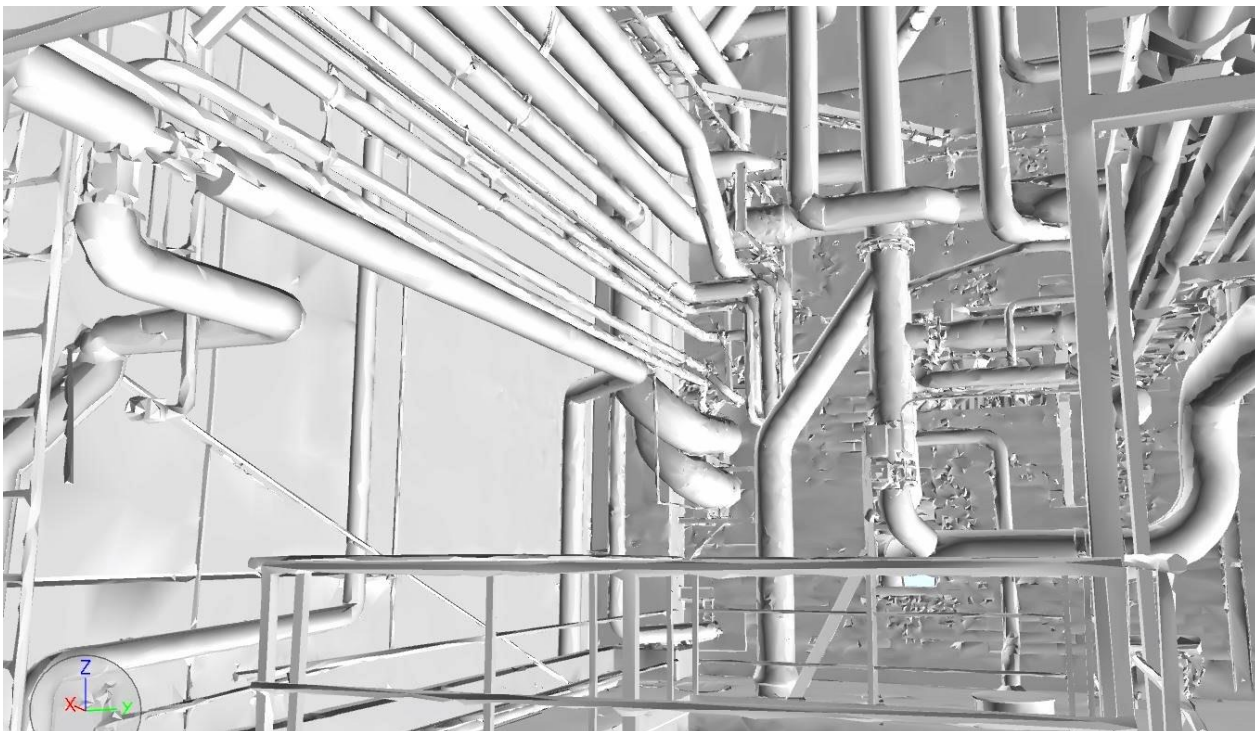
Laserkeilaus mahdollistaa nopean ja tarkan suunnitteluympäristön luomisen jo valmiista ympäristöstä digitaaliseen ympäristöön CAD-ohjelmistoa ja laserkeilaukcalustoa hyödyntämällä. Keilausta suorittaessa on tärkeä tietää, kuinka paljon ja kuinka nopeasti on laserkeilattavasta kohteesta saatava pistepilvitietoa. Kappaleen lopuksi on kuva laserkeilatusta mallista ilman värejä, värien kanssa ja skannausaineistosta värien kanssa verkotettuna.

Nopealaserkeilausta voidaan hyödyntää, kun aika on kriittinen, tällainen tilanne voi olla muun muassa tehdastiloissa suoritettavan vuosihuollon aikana. Tällä toimenpiteellä voidaan saada jopa 30 laserkeilausasemaa tunnissa laserkeilainta kohden, mutta mallit ovat harmaansävyisiä ja mallinnus tapahtuu pistepilviä hyödyntämällä.

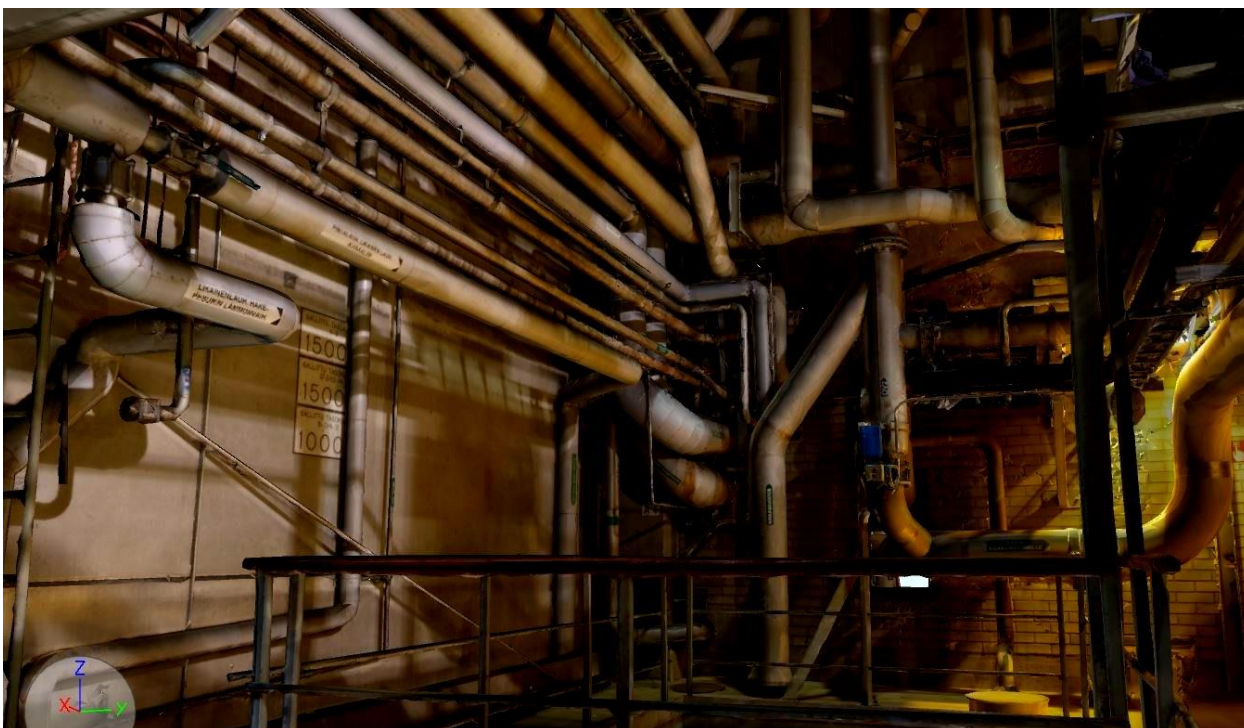
Väri-laserkeilaus suoritetaan, kun tarvitaan tarkempaa tietoa laserkeilattavasta kohteesta ja hyvä valaistus on mahdollinen. Malliin saadaan tekstuurilla varustetut polygoniverkkomallit, joka parantaa alueen turvallisuuden ja laitemerkintöjen visualisointia, sekä mahdollistaa virtaavien aineiden tunnistuksen väreittäin. Väri-laserkeilauksessa kuitenkin maksimi määrä putoaa 15 laserkeilausasemaan tunnissa laserkeilainta kohden.

Kuvarealistisella laserkeilauksella voidaan luoda hitaasti verrattuna muihin laserkeilausprosesseihin verrattuna digitaalisia malleja, eli vain 10 laserkeilausasemaa tunnissa laserkeilainta kohden. Kuvarealistisista malleista voidaan kuitenkin luoda esimerkiksi virtuaalitodellisuusmalleja, johon henkilö pääsee navigoimaan ensimmäisestä persoonasta hyödyntämällä virtuaalitodellisuuslaseja. Virtuaalitodellisuutta hyödyntämällä voidaan maksimoida informaation saanti. (3D Talo Finland Oy 2021.)





Kuva 6. Laserkeilattu 3D-malli ilman RGB värimaailmaa (3D Talo Finland Oy. Laser Scanning)



Kuva 7. Laserkeilattu 3D-malli RGB värimaailmalla (3D Talo Finland Oy. Laser Scanning)



Kuva 8. Skannausaineisto värien kanssa verkotettuna

### 3.5 Liittäminen suunnittelu ympäristöön

Laserkeilattu kohde liitetään paikalliseen koordinaattijärjestelmään tai valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään, joka määrittelee laserkeilatun tilan tai kohteen sijainnin ympäristöön nähden. Koordinaattijärjestelmällä tulee myös olla nollapiste joka on joko valtakunnallisessa korkeusjärjestelmässä tai paikallisessa korkeusjärjestelmässä. Suomessa on yhteensä neljä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää. Nykyään valtakunnallista koordinaattijärjestelmää käyttäessä tulee käyttää N2000-korkeusjärjestelmää, joka on sidottu eurooppalaiseen EUREF-korkeusjärjestelmään. Vanhoissa laserkeilattavissa ympäristöissä tulee huomioida, että alue voi olla liitettynä johonkin suomen vanhoista valtakunnallisista korkeusjärjestelmistä, jotka ovat NN-, N43 ja N60-korkeusjärjestelmät. Liittäessä pistepilvimalleja suunnittelu ympäristöön voidaan pisteille myös määrittää RGB värikoodit. Pistepilvi voidaan myös yhdistää laserkeilaimen ottamiin 360 asteen valokuvaan, luoden niistä realistisia 3D-suunnittelu ympäristöjä. (Kansanen 2021.)

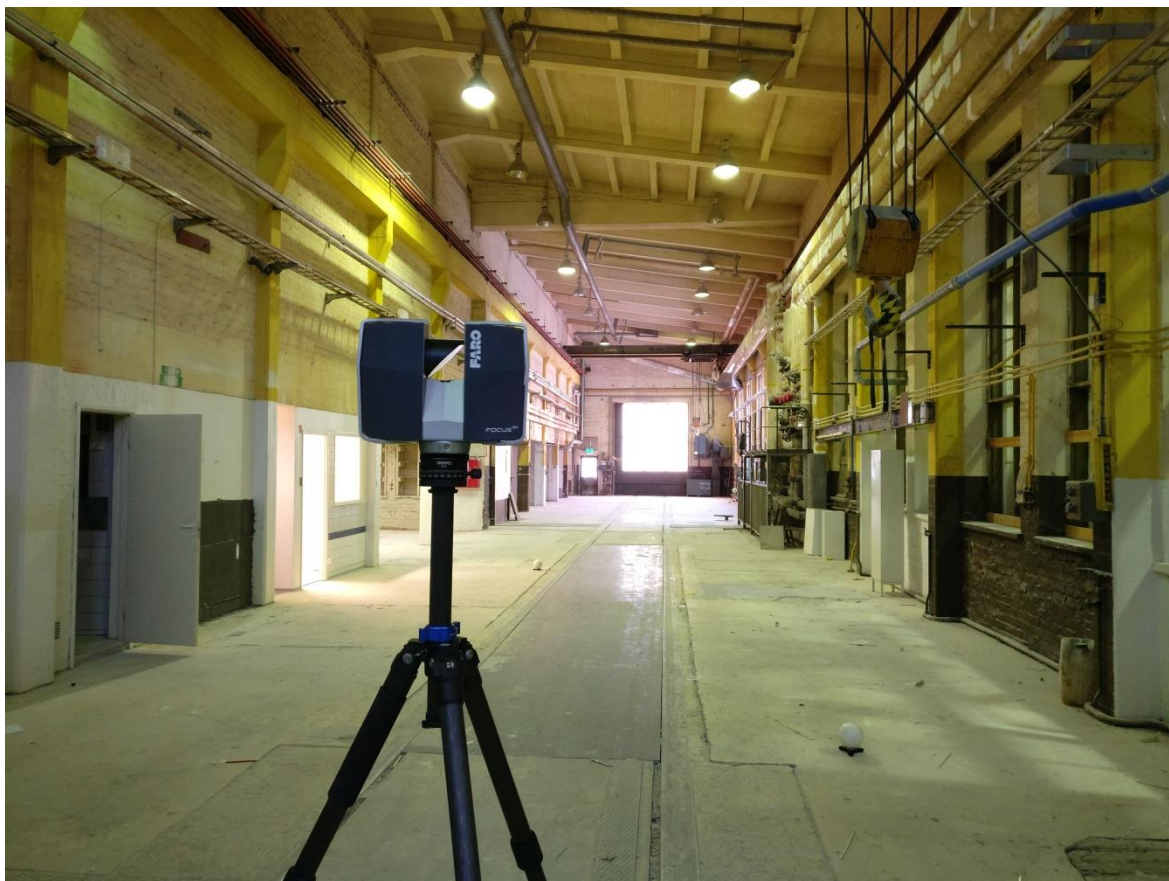
### 3.6 Laserkeilauslaitteisto 3D Talolla

3D Talo käyttää laserkeilauslaitteistona Faro Focus S70 ja S150 lyhyemmillä matkoilla ja Riegl VZ400 pidempien etäisyyksien laserkeilauksessa. Laitteistot valitaan tapauskohtaisesti. 3D talon käyttämä Faro Focus S70 ja S150 laitteisto soveltuu alueille, jotka sisältävät ympäristötekijöitä ja laserkeilaus tapahtuu pienemmissä tiloissa. Riegl VZ400 on tar-

koitettu laajempien alueiden ja maastojen keilaukseen, pääsääntöisesti ulkotila käyttöön. (Sandor 2021.)

### 3.6.1 Faro Focus

Faro Focus S70 ja S150 laserkeilaimet on suunniteltu sisä- ja ulkotilakäyttöä varten. Kyseistä laserkeilainmalli soveltuu muun muassa tehdasalueiden laserkeilaamiseen. Faro Focus laitteisto on erittäin tarkka hyödyntämällä nykypäiväisellä sensoriteknologiallaan. Laitteet lähettävät langattomasti dataa Faro Scene ohjelmistoon, sallien reaaliaikaisen laserkeilauksen prosessoinnin ja rekisteröinnin. Faro Focus laitteet on valmistettu suljettuun tilaan, joka sallii sen käytön kosteissa ja pölyisissä olosuhteissa. Lämpövaihtelun laitteisto kestää -20 ja 50 celsius asteen välillä. Kyseinen laserkeilaus laitteisto on myös yksi markkinoiden kevyimmistä malleista sen laatu ja tarkkuusalueille, joka helpottaa laserkeilaimen siirtämistä paikasta toiseen nopeuttaen laserkeilausprosessia huomattavasti. Ohessa on kuva laserkeilaustilanteesta, jota suoritetaan Faro Focus laitteella. (FARO 2021.)



Kuva 9. Laserkeilaustilanne Faro Focus laitteella

### 3.6.2 Riegl VZ400

Riegl VZ400 on erittäin pitkän matkan laserkeilain ja sen pääkäyttökohteita on kaivostöiden, rakennusalueiden, arkeologisten alueiden ja maastojen laserkeilaus. Laite pystyy laserkeilaamaan 4000 metriin asti 360 asteen kulmassa. Riegl VZ400 laserkeilaimessa on myös sisäänrakennettu ja kalibroitu digitaalinen 5 megapikselin kamera, joka sallii ympäristön kuvaamisen laitteen sisäänrakennetulle 1 teran SSD-levylle. Rieglin käyttää V-Line teknologiaa, joka perustuu kaiun digitalisointiin ja verkko aaltomuotojen käsittelyyn. Tämä teknologia sallii laitteen käytön myös alueilla, jotka sisältävät ympäristöhaitteita, kuten pöly, sumu ja vesisade. Ohessa on kuva Riegl VZ400 laitteesta. (Riegl 2021.)



Kuva 10. Riegl VZ400 (Riegl Terrestrial scanning)

### 3.7 Ohjelmisto

Laserkeilausta hyödyntäviä CAD-ohjelmistoja on moneen eri tarkoitukseen, AFRYllä on käytössä muun muassa Navisworks, Autodesk: in ReCap ja E3D. Lopuksi vielä kuva navisworks ympäristöstä, jossa esiintyy myös putkikannake kuvasta 2.

- Navisworks, ohjelmistoa voi käyttää esimerkiksi 3D-mallien navigoimiseen, kommentoimiseen ja mitoittamiseen.
- Autodesk in ReCap ohjelmisto on työkalu pistepilvien editoimista varten, pistepilvi tiedostot voidaan siirtää suoraan Navisworksiin.
- E3D, käytetään pistepilven tiedostomuodon muuttamiseen LFD-muotoon.



Kuva 11. Laserkeilattu ympäristö Navisworksissa

### 3.8 Pistepilvitiedostot

Pistepilviformaatteja on monia ja tulee oikeaa formaattia käyttää oikeassa ohjelmassa ongelmien välttämiseksi. Tiedostomuotoja on monia, mutta useimmat ovat ASCII tai binääritiedostoja. Binääritiedostot ovat pääsääntöisesti huomattavasti pienempiä kuin ASCII muodossa olevat tiedostot. Yleisiä pistepilvi formaatteja ovat muun muassa XYZ, LAS, OBJ, PTX, E57 ja DOT. (Terneus 2020)

- XYZ, perustuu karteesiseen XYZ koordinaatistoon systeemiin, käytetään usein geometrinen mallien viemiseen ja tuomiseen pistepilvessä.
- LAS, on binääriformaatti ja käytetään säilömään LiDAR dataa teollisuuden aloilla.
- OBJ, omaa molemmat tiedostomuodot, ASCII, sekä binääriformaatin, käytetään tietokonesovelluksissa, jotka hyödyntävät kolmiulotteista grafiikkaa.
- PTX omaa molemmat tiedostomuodot, ASCII, sekä binääriformaatin, ASCII formaattia käytetään pistepilvidatan tallentamiseen laserkeilaimista.
- E57, omaa molemmat tiedostomuodot, ASCII, sekä binääriformaatin, helposti saatavilla, nopeasti luettava ja pystyy säilömään paljon tietoa.
- DOT, on binääriformaatti, joka on TopoDOTin patentoima, käytetään visualisoinnin ja latausaikojen parantamiseen.

## 4 Korkeusjärjestelmät Suomessa

### 4.1 Korkeusjärjestelmät ja niiden käyttö Suomessa

Korkeusjärjestelmät ovat paikkatiedon perusta, eli toimivat nollapisteinä suunnittelutyössä. Suomessa on käytössä neljä geodeettista korkeusjärjestelmää maanpinnan kohoamisen vuoksi, joka johtuu jääkauden aikana tapahtuneesta maanpinnan painumisesta alaspäin. Nämä neljä valtakunnallista järjestelmää, jotka ovat NN-, N43-, N60 ja N2000-korkeusjärjestelmät. Tarkkavaaituksia sen sijaan on tehty vain kolme Suomessa, jotka suoritettiin seuraaville korkeusjärjestelmille, NN- (1892–1910), N43- (1935–1975), ja N2000-korkeusjärjestelmä (1978–2006). N60-korkeusjärjestelmälle ei tehty omaa tarkkavaaitusta, vaan laskettiin kahden ensimmäisen tarkkavaaituksen pohjalta ja maankohoamisen huomioon ottaen vuodelta 1960. (Ilmatieteen laitos 2020.)

### 4.2 NN-korkeusjärjestelmä

NN-korkeusjärjestelmä eli normaalinolla on Suomen ensimmäinen korkeusjärjestelmä, jonka tarkkavaaitus suoritettiin 1892–1910 vuosien välillä Tie- ja vesirakennuslaitoksen toimesta. Järjestelmän nollakohtaksi otettiin Helsingin Katajanokan laiturilla sijainneen vedenkorkeusasteikon nollakohta. Tämä oli 30,465 metriä Suomen pääkiintopisteen alapuolella, joka sijaitsee Helsingissä tähtitieteellisen observatorion läheisyydessä. NN-korkeusjärjestelmää esiintyy edelleen sisävesien syvyystiedoissa ja vesistöjen säännöstely päätöksissä. (Ilmatieteen laitos 2020.)

### 4.3 N43- ja N60-korkeusjärjestelmät

N43-korkeusjärjestelmä laskettiin vuosien 1935–1975 välillä tapahtuneesta vaaituksesta ensimmäisen 20 vuoden pohjalta ja se oli tilapäinen korkeusjärjestelmä eikä se ottanut huomioon maankohoamisen vaikutusta mittausjalalta. N60-korkeusjärjestelmä luotiin kahden ensimmäisen tarkkavaaituksen perusteella jälkimmäisen valmistuttua ja huomioon otettiin myös maankohoaminen käyttämällä vuoden 1960 maankohoumaa. Molempia korkeusjärjestelmiä käytetään yhä, joissakin tapauksissa, esimerkiksi vanhoissa tehtaissa voi esiintyä näitä korkeusjärjestelmiä. (Ilmatieteen laitos 2020.)

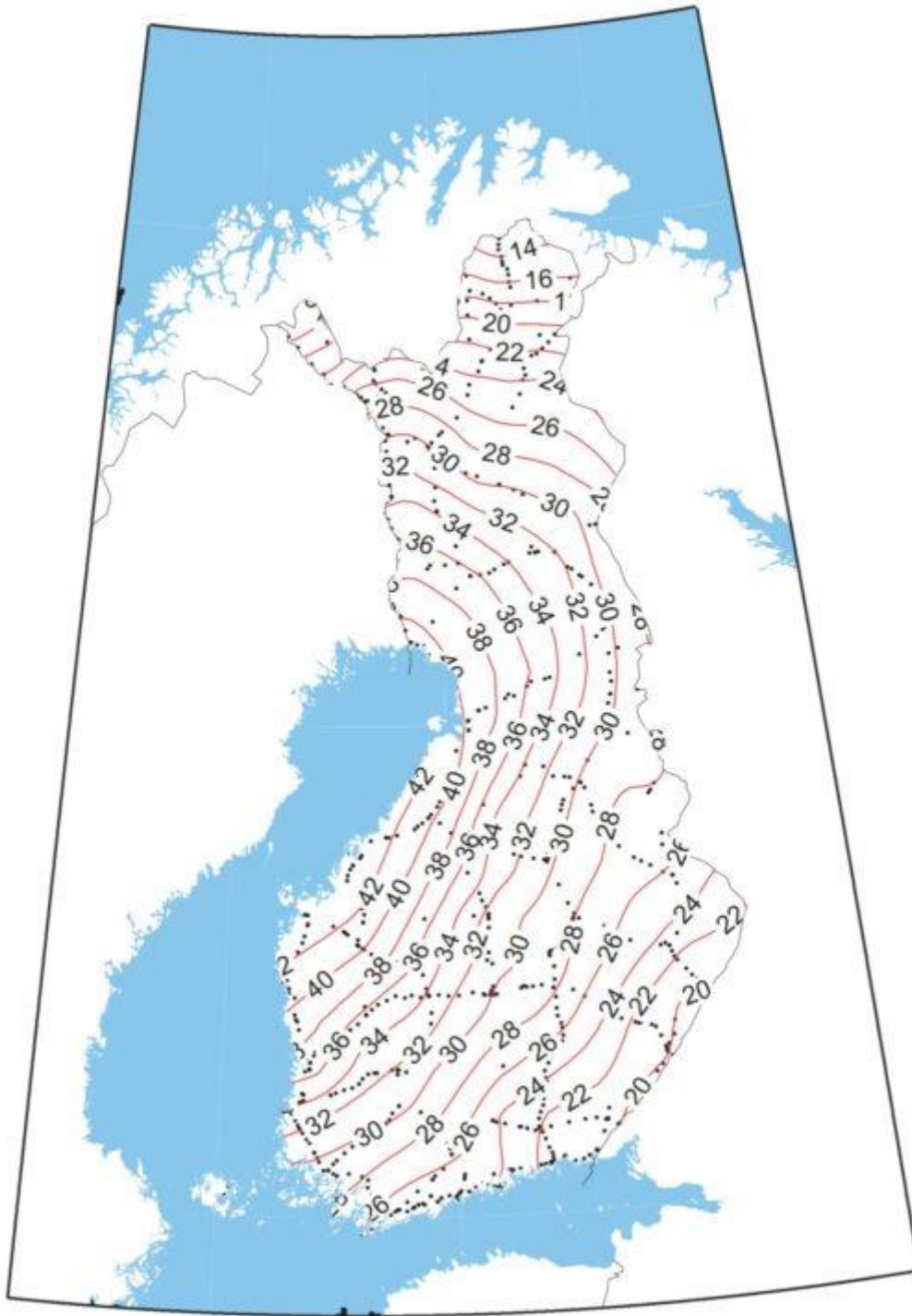
### 4.4 N2000-korkeusjärjestelmä

N2000-korkeusjärjestelmä on Suomessa uusin valtakunnallinen korkeusjärjestelmä ja Euroopan standardien mukainen, joka on luotu vuosina 1978–2004 välillä tapahtuneen vaaituksen pohjalta. Korkeusjärjestelmä on myös liitetty naapurimaiden verkkoihin, sekä

merenpintaan rannikkojen mareografien avulla. N2000-korkeusjärjestelmä on osa eu-rooppalaista korkeusjärjestelmää BSCD2000, joka käyttää lähtötasonaan NAP nollapistettä. N2000-korkeusjärjestelmässä korkeuspoikkeamat ovat 13 ja 43 senttimetrin välillä verrattuna suomalaiseen vanhaan N60-korkeusjärjestelmään. Nämä korkeuserot johtuvat pääsääntöisesti maanpinnan noususta, sekä järjestelmien laskennan välille olevista eroista. N2000-korkeusjärjestelmä on laskettu vuoden 2000 maannousun perusteella, kun taas N60-korkeusjärjestelmä vuoden 1960 maannousun perusteella. Ensimmäinen kuva on kolmannen tarkkavaaituksen linjastosta, toinen kuva N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien likimääräinen ero senttimetreinä ja kolmas kuva on maannousu mm/vuosi maan keskipisteen suhteen. (Ilmatieteen laitos 2020.)

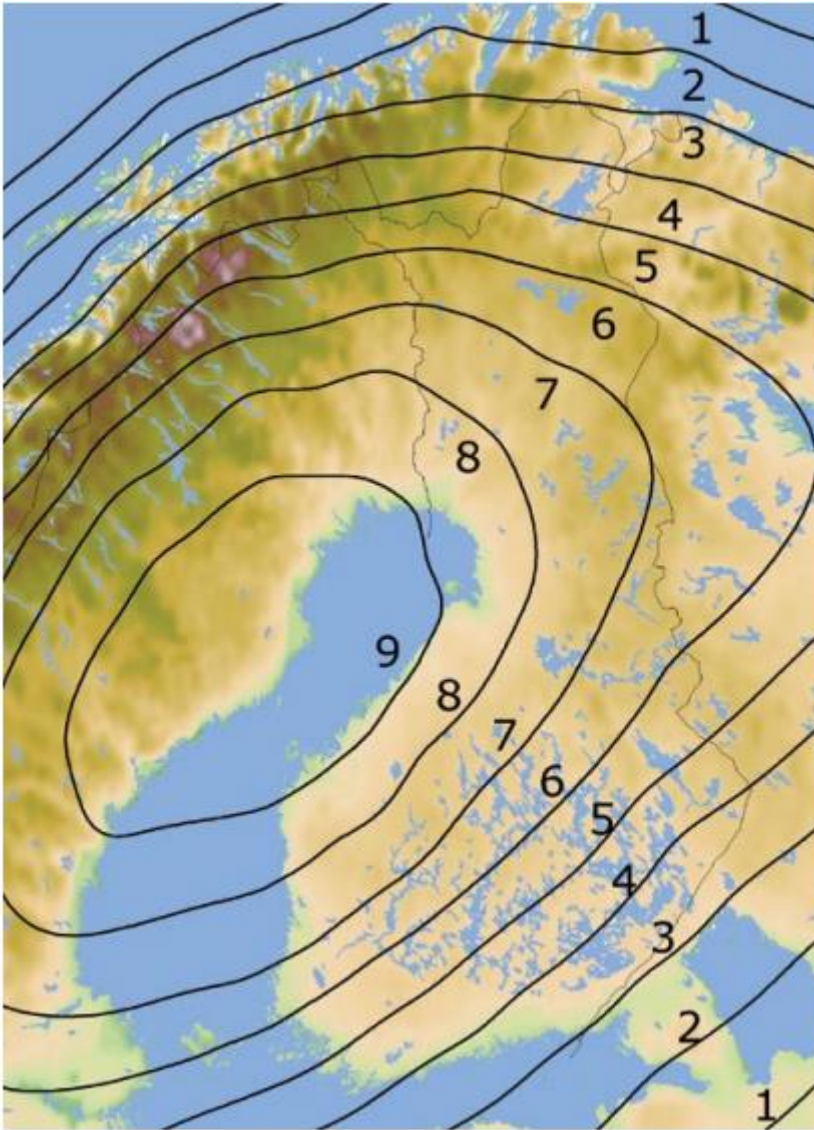


Kuva 12. Kolmannen tarkkavaaituksen linjasto (Maanmittauslaitos, Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä)



Kuva 13. N60- ja N2000-korkeusjärjestelmien likimääräinen ero senttimetreinä (Poutanen M. Suomen uusi korkeusjärjestelmä N2000 2006.)





Kuva 14. Maannousu mm/vuosi maan keskipisteen suhteen (Maanmittauslaitos. Valta-  
kunnallinen korkeusjärjestelmä)

## 5 Yhteenveto ja pohdinta

Laserkeilaus on nykypäivänä erittäin laajasti hyödynnetty mittausten menetelmä tehdasympäristöissä. Tätä mittausten menetelmää hyödyntämällä pystytään työskentelemään kansainvälisissäkin projekteissa, ilman tarvetta päästä tutkimaan fyysisesti suunnittelu-ympäristöä, sillä keilatuista kohteista saadaan luotua 3D-malli nopeasti ja tehokkaasti. Laserkeilaus on myös edelleen jatkuvassa kasvussa ja kysynnässä ja laajentuu sen käyttö muihinkin suunnittelualueille, kuin tehdassuunnitteluun, muun muassa arkkitehtuurissa ja maastomittauksissa laserkeilausta hyödynnetään jo nyt laajasti.

Laserkeilauksen jo nyt tarkkaa ja nopeaa mittauksia voidaan parantaa tulevaisuudessa. Laitteiden kehittyttyä voidaan luoda entistä laajempia pistepilviä entistä nopeammin, mahdollistaen tarkempien 3D-mallien luomisen tulevaisuudessa. Nopeammalla mittauksella nopeutetaan myös sitä, kuinka nopeasti suunnittelijat pääsevät hyödyntämään näitä 3D-malleja, nopeuttaen projektien kulkua.

## Lähteet

3D Talon Finland Oy. Kotisivut <https://3dtalo.fi/> Luettu 15.01.2021.

3D Talon Finland Oy. Laser Scanning <https://sway.office.com/ZjFkbKDVERcY1oww?ref=Link> Luettu 23.01.2021.

3Dprinting kotisivut <https://3dprinting.com/> Luettu 19.01.2021.

AFRY Oy. Kotisivut. <https://afry.com/fi-fi> Luettu 15.01.2021.

Autodesk CAD-software <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software> Luettu 15.01.2021

Faro Construction bim <https://www.faro.com/products/construction-bim/faro-focus/> Luettu 20.01.2021

Faro Focus Tuoteseloste <https://faro.app.box.com/s/kcxnsakrd9bioivzwwsb2lbsrbcwe2x5/file/707076886772> Luettu 26.01.2021

Ilmatieteen laitos Keskivesitaulukot <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/keskivesitaulukot> Luettu 03.01.2021.

Kansanen, L. 2021. Osastopäällikkö. AFRY Oy.

Maanmittauslaitos Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä [https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/N2000\\_Valtakunnallinen\\_korkeusjarjestelma.pdf](https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf) Luettu 18.01.2021.

Poutanen M. Suomen uusi korkeusjärjestelmä N2000 2006. [http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk406/mk406\\_970\\_poutanen.pdf](http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk406/mk406_970_poutanen.pdf) Luettu 13.01.2021.

PSK Standardisointiyhdistys Ry. 2013. PSK 3402, Laserkeilauksen ja mallinnuksen hankinta teollisuudessa liitteineen.

Riegl Terrestrial scanning <http://www.riegl.com/nc/products/terrestrial-scanning/produktdetail/product/scanner/30/> Luettu 21.01.2021.

Sandor, N. 2021. Tiiminjohtaja, 3D Talon.

Terneus D. 2020 Point Cloud Data Format / File Types <https://new.certainty3d.com/blog/point-cloud-data-format-file-types/> Luettu 27.01.2021.

# Liite 1. Faro Focus laserkeilaimien tekniset tiedot

## Performance Specifications

	Focus <sup>®</sup> Plus 350	Focus <sup>®</sup> Plus 150	Focus <sup>®</sup> 350	Focus <sup>®</sup> 150	Focus <sup>®</sup> 70	Focus <sup>®</sup> 70
Ranging Unit						
Unambiguity Interval	614m for up to 0.5 mil pts/sec 307m at 1 mil pts/sec 153m at 2 mil pts/sec		614m for up to 0.5 mil pts/sec 307m at 1 mil pts/sec			614m for up to 0.5 mil pts/sec
Range <sup>1</sup>						
90% Reflectivity (white)	0.6-350m	0.6-150m	0.6-350m	0.6-150m	0.6-70m	0.6-70m
10% Reflectivity (dark-gray)	0.6-150m	0.6-150m	0.6-150m	0.6-150m	0.6-70m	0.6-70m
2% Reflectivity (black)	0.6-50m	0.6-50m	0.6-50m	0.6-50m	0.6-50m	0.6-50m
Range Noise <sup>2</sup> (mm)						
@10m 90% (white)	0.1				0.3	0.7
@10m 10% (dark-gray)	0.3				0.4	0.8
@10m 2% (black)	0.9				1.3	1.5
@25m 90% (white)	0.2				0.3	0.7
@25m 10% (dark-gray)	0.5				0.5	0.8
@25m 2% (black)	1.6				2.0	2.1
Max. Measurement Speed (mil. pts/sec)	Up to 2		Up to 1		Up to 0.5	
Ranging Error <sup>3</sup> (mm)	±1					±3
Angular Accuracy <sup>4</sup>	19 arcsec for vertical/horizontal angles					not specified
3D Point Accuracy <sup>5</sup>	2 @10m 3.5 @25m		2 @10m 3.5 @25m		not specified	

Additional Performance Specifications	
Colour Unit	
Colour Resolution	Up to 165-megapixel color
HDR Camera	Exposure bracketing 2x, 3x, 5x
Parallax	Minimised due to co-axial design
Deflection Unit	
Field of View	300° vertical <sup>6</sup> / 360° horizontal
Stop Size	0.009 (40,960 3D-pixel on 360°) vertical / 0.0009 (40,960 3D-pixel on 360°) horizontal
Max. Scan Speed	97Hz (vertical)
Laser (Optical Transmitter)	
Laser Class	Laser Class 1
Wavelength	1550nm
Beam Divergence	0.3mrad (1/e)
Beam Diameter at Exit	2.12mm (1/e)
Data Handling and Control	
Data Storage	SDHC™, SDXC™, 32GB card
Scanner Control	Via touch screen display and WLAN connection, Access by mobile devices with HTML5
Interface Connection	
WLAN	802.11n (150Mbit/s), as access point or client in existing networks

Additional Features	
Dual Axis Compensator	Performs a leveling of each scan with an accuracy of 19 arcsec valid within ±2°
Height Sensor	Via an electronic barometer, the height relative to a fixed point can be detected and added to a scan
Compass <sup>7</sup>	The electronic compass gives the scan an orientation
GNSS	Integrated GPS & GLONASS
On-Site Compensation <sup>8</sup>	Creates current quality report and improves compensation automatically
Accessory Bay <sup>9</sup>	The accessory bay connects versatile accessories to the scanner
Inverse Mounting	Yes
Real-time, On-site Registration in SCENE <sup>10</sup>	Connects to SCENE, real-time scan processing and registration, overview map
Electronic Automation Interface <sup>11</sup>	Available as option, only at point of sale
Digital Hash Function	Scans are cryptographically hashed and signed by the scanner
Rescanning of Distant Targets	Defined areas recaptured in higher resolution at a greater distance
Retake Photos	Select individual photographs with unwanted objects and retake them

\*Not Integrated with the Focus<sup>®</sup> 70

General Specifications	
Power Supply	19V (external supply), 14.4V (internal battery)
Power Consumption	15W idle, 25W scanning, 80W charging
Battery Service Life	4.5 hours
Temperature	Operating: 5° - 40° C   Extended Operating <sup>12</sup> : -20° - 55° C   Storage: -10° - 60° C
Ingress Protection (IP) Rating Class	IP54
Humidity Resistance	Non-condensing
Weight	4.2 kg (including battery)
Size/Dimensions	230 x 183 x 103mm
Maintenance / Calibration	Recommended annual



1 For a Lambertian scatterer. 2 Ranging noise is defined as a standard deviation of values about the best-fit plane for measurement speed of 122,000 points/sec. 3 Ranging error is defined as a systematic measurement error at around 10m and 25m. 4. It is recommended to perform on-site compensation in the event the unit is exposed to exceptional temperature or mechanical stress. 5. For distances larger 25m add 0.1mm/m of uncertainty. 6. 2x150°, homogenous point spacing is not guaranteed. 7. Ferromagnetic objects can disturb the earth magnetic field and lead to inaccurate measurements. 8. Low temperature operation: scanner has to be powered on while internal temperature is at or above 15°C, high temperature operation: additional accessory required. (All accuracy specifications are one sigma, after warm-up and within operating temperature range; unless otherwise noted. Subject to change without prior notice.

Local offices in over 25 countries around the world. Go to [www.faro.com](http://www.faro.com) to learn more.

**FARO Global Headquarters**  
250 Technology Park, Lake Mary, FL 32746, USA  
US: 800 736 0234 MX: +52 81 4170 3542  
BR: 11 3500 4600 / 0800 892 1192  
[info@faro.com](mailto:info@faro.com)

**FARO Europe Regional Headquarters**  
Lingwiesenstr. 11/2  
70825 Kornal-Münchingen, Germany  
00 800 3276 7253  
[info.emea@faro.com](mailto:info.emea@faro.com)

**FARO Asia Regional Headquarters**  
No. 3 Changi South Street 2, #01-01 Xilin  
District Centre Building B Singapore, 486548  
+65 65111350  
[asia@faro.com](mailto:asia@faro.com)

## Liite 2. Riegl VZ400 laserkeilaimen tekniset tiedot

Technical Data RIEGL VZ <sup>®</sup> -400		
Laser Product Classification	Class 1 Laser Product according to IEC 60825-1:2014	
	<b>CLASS 1 LASER PRODUCT</b>	
<b>Range Performance <sup>1)</sup></b>		
	Long Range Mode	High Speed Mode
Laser Pulse Repetition Rate PRR (peak) <sup>2)</sup>	100 kHz	300 kHz
Effective Measurement Rate (meas./sec) <sup>2)</sup>	42 000	122 000
Max. Measurement Range <sup>2)</sup>		
natural targets $\rho \geq 90\%$	600 m	350 m
natural targets $\rho \geq 20\%$	280 m	160 m
Max. Number of Targets per Pulse	practically unlimited <sup>4)</sup>	
Accuracy <sup>4) 7)</sup>	5 mm	
Precision <sup>4) 7)</sup>	3 mm	
Minimum Range	1.5 m	
Laser Wavelength	near infrared	
Laser Beam Divergence <sup>8)</sup>	0.3 mrad	
<sup>1)</sup> With on the waveform processing. <sup>2)</sup> Rounded values. <sup>3)</sup> Typical value for average conditions. Maximum range is specified for flat targets with size in excess of the laser beam diameter, perpendicular angle of incidence, and for atmospheric visibility of 23 km. In bright sunlight, the max. range is shorter than under overcast sky.	<sup>4)</sup> If the laser beam hits, in part, more than one target, the laser's pulse power is split accordingly. Thus, the achievable range is reduced. Details on request. <sup>5)</sup> Accuracy is the degree of conformity of a measured quantity to its actual (true) value. <sup>6)</sup> Precision, also called reproducibility or repeatability, is the degree to which further measurements show the same result. <sup>7)</sup> One sigma @ 100 m range under RIEGL test conditions. <sup>8)</sup> Measured at the 1/4" point. 0.3 mrad corresponds to an increase of 30 mm of beam diameter per 100 m distance.	
<b>Scanner Performance</b>		
Scan Angle Range	Vertical (Line) Scan total 100° (+60° / -40°) rotating multi-facet mirror	Horizontal (Frame) Scan max. 360° rotating head
Scanning Mechanism	3 lines/sec to 120 lines/sec	0°/sec to 60°/sec <sup>10)</sup>
Scan Speed	0.0024° ≤ Δθ ≤ 0.288° <sup>9)</sup> between consecutive laser shots	0.0024° ≤ Δφ ≤ 0.5° <sup>9)</sup> between consecutive scan lines
Angular Step Width Δθ (vertical), Δφ (horizontal)	better 0.0005° (1.8 arcsec)	better 0.0005° (1.8 arcsec)
Angle Measurement Resolution	better 0.0005° (1.8 arcsec)	
Inclination Sensors	integrated, for vertical scanner setup position, details see page 2	
GPS Receiver	integrated, LI, with antenna	
Compass	optional, for vertical scanner setup position, details see page 2	
Internal Sync Timer	integrated, for real-time synchronized time stamping of scan data	
Scan Sync (optional)	scanner rotation synchronization	
<sup>9)</sup> Selectable.	<sup>10)</sup> Frame scan can be disabled, providing 2D scanner operation.	
<b>General Technical Data</b>		
Power Supply Input Voltage	11 - 32 V DC	
Power Consumption	typ. 65 W (max. 80 W)	
External Power Supply	up to three independent external power sources can be connected for uninterrupted operation	
Main Dimensions	Ø 180 x 308 mm (diameter x length)	
Weight	approx. 9.6 kg	
Humidity	max. 80 % non condensing @ +31°C	
Protection Class	IP64, dust-proof and splash-proof	
Temperature Range		
Storage	-10°C up to +50°C	
Operation	0°C up to +40°C: standard operation	
Low Temperature Operation <sup>11)</sup>	-20°C: continuous scanning operation if the instrument is powered on while internal temperature is at or above 0°C and still air -40°C: scanning operation for about 20 minutes if the instrument is powered on while internal temperature is at or above 15°C and still air	
	<sup>11)</sup> Insulating the scanner with appropriate material will enable operation at even lower temperatures.	



RIEGL Laser Measurement Systems GmbH  
 Riedenburgstraße 48  
 3580 Hohe, Austria  
 Phone: +43 2982 4211 | Fax: +43 2982 4210  
 office@riegl.co.at  
 www.riegl.com

RIEGL USA Inc.  
 Orlando, Florida | info@rieglusa.com | www.rieglusa.com  
 RIEGL Japan Ltd.  
 Tokyo, Japan | info@riegl-japan.co.jp | www.riegl-japan.co.jp  
 RIEGL China Ltd.  
 Beijing, China | info@riegl.cn | www.riegl.cn

[www.riegl.com](http://www.riegl.com)

Liite 3. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake

**PSK Standardisointi**  
PSK Standards Association

**LASERKEILAUKSEN JA MALLINTAMISEN**  
**HANKINTALOMAKE**

**PSK 3402**  
Liite 1

2013-02-21

1 (4)

<b>Tilaaja</b>	
<b>Tehdas / laitos</b>	
<b>Osoite</b>	
<b>Projektitilausnumero</b>	
<b>Tehtävä sisältää</b>	
Keilauksen <input type="checkbox"/>	Mallintamisen <input type="checkbox"/>
<b>Malliin kohde ja tyyppi</b>	
Alueen mallintaminen <input type="checkbox"/>	Laitoksen mallintaminen <input type="checkbox"/>
Pistepilvi <input type="checkbox"/>	Pinta <input type="checkbox"/>
Tilavuus <input type="checkbox"/>	Älykäs <input type="checkbox"/>
<b>Kohde</b>	
Uusi laitos <input type="checkbox"/>	Olemassa oleva laitos <input type="checkbox"/>
Sisällä <input type="checkbox"/>	Ulkona <input type="checkbox"/>
Kohdeen kokonaispinta-ala _____ m <sup>2</sup>	
Tasojen määrä _____ kpl	
<b>Mittaustulosten käyttötarkoitus</b>	
Uuden suunnittelu <input type="checkbox"/>	
Muutosuunnittelu <input type="checkbox"/>	
Dokumentaation päivitys <input type="checkbox"/>	
Navigointi <input type="checkbox"/>	
Toteuman mittaus <input type="checkbox"/>	
Muu <input type="checkbox"/>	_____
<b>Kohteen laserkeilauksen sisältö</b>	
Tehdasalue <input type="checkbox"/>	
Koko laitos <input type="checkbox"/>	
Rakennus <input type="checkbox"/>	
Teräsrakenteet <input type="checkbox"/>	
Laitteet <input type="checkbox"/>	
Putkistot <input type="checkbox"/>	
Muu <input type="checkbox"/>	_____
<b>Kohteen mittausolosuhteet</b>	
Laitos käynnissä	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella vaarallisia kaasuja	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella vaarallisia nesteitä	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella tärinää	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella lämpöpäiikkejä	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella pöytä	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Alueella vesihöyryä	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>
Muu olosuhde	_____
<b>Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä</b>	
Paikallinen <input type="checkbox"/>	Valtakunnallinen <input type="checkbox"/>
<b>Mittausperusta</b>	
Olemassa oleva <input type="checkbox"/>	Luodaan uusi <input type="checkbox"/>
<b>Kiintopisteet asemapiirustuksessa</b>	
Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>
<b>Olemassa olevan mittausperustan tarkastaminen</b>	
Kyllä <input type="checkbox"/>	Ei <input type="checkbox"/>
<b>Keilauksen sallittu epätarkkuus</b>	
Aluetarkkuus ± 100 mm <input type="checkbox"/>	Laitostarkkuus ± 25 mm <input type="checkbox"/>
	Määritellyt kohdeet ± 10 mm <input type="checkbox"/>

Liite 4. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake

**PSK Standardisointi**  
PSK Standards Association

**LASERKEILAUKSEN JA MALLINTAMISEN**  
**HANKINTALOMAKE**

**PSK 3402**  
Liite 1

2013-02-21

2 (4)

Keilausalueen laajuus esitetty	Käytettävissä olevat lähtötiedot
Aluekartta <input type="checkbox"/>	Aluekartta <input type="checkbox"/>
Tehdassijoituspiirustus <input type="checkbox"/>	Tehdassijoituspiirustus <input type="checkbox"/>
Laitesijoituspiirustus <input type="checkbox"/>	Laitesijoituspiirustus <input type="checkbox"/>
Taso- ja leikkauspiirustukset <input type="checkbox"/>	Taso- ja leikkauspiirustukset <input type="checkbox"/>
Valokuvat kohteesta <input type="checkbox"/>	Valokuvat kohteesta <input type="checkbox"/>
Erityiskohteet esitetty liitteessä <input type="checkbox"/>	Malli <input type="checkbox"/>

Keilauksen dokumentointi	
Mittausraportti <input type="checkbox"/>	
Kiintopisteluettelo <input type="checkbox"/>	
Pistepilvi natiivimuoto <input type="checkbox"/>	
Pistepilvi PTX ... <input type="checkbox"/>	PTS <input type="checkbox"/> LAS <input type="checkbox"/> PCG <input type="checkbox"/> IMP <input type="checkbox"/> muu _____ <input type="checkbox"/>
Pyörähdyskuvat <input type="checkbox"/>	Leica TruView <input type="checkbox"/> LFM Netview <input type="checkbox"/> muu _____ <input type="checkbox"/>
Valokuvat <input type="checkbox"/>	

Kalibrointitodistus vaaditaan laitteista	Toimittajan ilmoitettava laitteiden ja ohjelmistojen tekniset tiedot
Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>	Kyllä <input type="checkbox"/> Ei <input type="checkbox"/>

Mallintamisen dokumentointi
Mallinnusraportti <input type="checkbox"/>
3D-malli <input type="checkbox"/>
Aluekartta <input type="checkbox"/>
Tehdassijoituspiirustus <input type="checkbox"/>
Laitesijoituspiirustus <input type="checkbox"/>
Taso- ja leikkauspiirustukset <input type="checkbox"/>
Sallitut formaatit:
DWG <input type="checkbox"/> DXF <input type="checkbox"/> DGN <input type="checkbox"/> Parasolid <input type="checkbox"/> SAT <input type="checkbox"/> IGES <input type="checkbox"/> STEP <input type="checkbox"/> IFC <input type="checkbox"/> PDF <input type="checkbox"/>
Muu <input type="checkbox"/> _____

Mallintamisen laajuus
Tehdasalue <input type="checkbox"/> Koko laitos <input type="checkbox"/> Rakennus <input type="checkbox"/> Teräsrakenteet <input type="checkbox"/> Laitteet <input type="checkbox"/> Putkistot <input type="checkbox"/>
Pienin mallinnettava putkikoko DN ____ Muu <input type="checkbox"/> _____

Mallin omistusoikeus ja ylläpitovelvollisuus
Tilaaaja omistaa <input type="checkbox"/> Toimittaja omistaa <input type="checkbox"/> Tilaaaja ylläpitää <input type="checkbox"/> Toimittaja ylläpitää <input type="checkbox"/>

Liite 5. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake

**PSK Standardisointi**  
PSK Standards Association

**LASERKEILAUKSEN JA MALLINTAMISEN**  
**HANKINTALOMAKE**

**PSK 3402**  
Liite 1

2013-02-21

3 (4)

Mallinnustarkkuus	Sisältyy = X	Huomaus
<b>Tehdasalue</b>		
Rakennukset seinälinjoin		
Rakennuksien kattorakenteet		
Prosessilaitteet		
Päätukirakenteet		
Varastosäiliöt		
Putkisillat		
Altaat		
Hoitotasot		
Pintavesijärjestelmät		
Portaat		
Portaan askelmat		
Maanpinnan muoto		
Kasvillisuus		
Ilmajohdot		
Valaisinylväät		
Ulkovarastointi		
Maanalaiset rakenteet		
Liikenneväylät		
Aidat		
<b>Rakennus</b>		
Rakennus kokonaan talo 2000 mukaan		
Tilat		
Seinät		
Katto		
Latia		
Latiaakaadot		
Latiakanaalit		
Pilarit		
Paikit		
Aukot		
<b>Laitteet</b>		
Käytö		
Yhteet		
Instrumentointi		
Eristyspaksuus		
<b>Säiliöt</b>		
Vaippa		
Vaipan ja karmen jäykistäjä		
Portaat ja tikkaat		
Miesluukut		
Tarkistusluukut		
Yhteet		
Instrumentointi		
Perustus		
Eristyspaksuus		
<b>Pumput</b>		
Yhteet		
Pumppu		
Moottori		
Perustus		
Peti kiinnityspisteinen		



Liite 6. PSK3402 Standardin laserkeilauksen ja mallintamisen hankintalomake

**PSK Standardisointi**  
PSK Standards Association

**LASERKEILAUKSEN JA MALLINTAMISEN**  
**HANKINTALOMAKE**

**PSK 3402**  
Liite 1

2013-02-21

4 (4)

<b>Putkisto</b>		
Putkiinjat		
Putkihaarat		
Liitännät		
Varusteet		
Venttiilit		
Venttiilien toimilaitteet		
Instrumentointi		
Eristyspaksuus		
<b>Kannakkeet</b>		
Primäärikannakkeet		
Sekundäärikannakkeet		
<b>Teräsrakenteet</b>		
Hoitotasot		
Palkistot		
Portaat		
Tikkaat		
Kaiteet		
Ritilät		
Eristyspaksuus		
<b>Sähköistys</b>		
Sähkökaapit		
Kentäkotelot		
Sähkötilat		
Valvomot		
<b>Kaapelihyllyt</b>		
Pääreit		
Pistohyllyt		
<b>Nosturit</b>		
Kiskosto		
<b>Ilmastointikanavat</b>		
Jäykisimet		

<b>Huomautukset</b>
.....
.....
.....
.....
.....

Paikka ja päivämäärä	Allekirjoitus		
	Nimi ja asema	Puhelin	Sähköposti