

Maria Hannula

Kastelujärjestelmien suunnittelu ja mallinnus

Tietokoneohjelmien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Opinnäytetyö
12.4.2012

Alkusanat

Tämä insinööriyö tehtiin Lemminkäinen Infra Oy:lle, Ympäristöurakoinnin yksikölle. Työn tekeminen on antoisaa ja opettavaista, pienistä vastoin käymisistä huolimatta.

Lemminkäinen Infra Oy:ltä haluaisin erityisesti kiittää työni ohjaajaa tuotepäällikköä Kare Kivistä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta, tuesta sekä humoristisen ilmapiirin luomisesta. Haluaisin myös kiittää työni valvojana toiminutta erikoisopettaja Jukka Tialaa ohjauksesta, tuesta ja neuvoista sekä Lemminkäisen mittaustyönjohtajaa Jyri Leskistä ja teknisen tuen Matti Terävää insinööriyön aikana saadusta avusta.

Helsingissä 12.4.2012

Maria Hannula

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Maria Hannula Kastelujärjestelmien suunnittelu ja mallinnus Tietokoneohjelmien vertailu 80 sivua + 8 liitettä 12.4.2012
Tutkinto	Rakennusinsinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Tuotepäällikkö Kare Kivinen (Lemminkäinen Infra Oy) Erikoisopettaja Jukka Tiala (Metropolia)
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Lemminkäisen Infra Oy:n Ympäristöurakoinnin yksikölle, kastelujärjestelmiin liittyen. Ympäristöurakoinnin yksikkö on käyttänyt tähän asti kastelujärjestelmien suunnittelukuvien piirtoon AutoCAD:iä. Putkiston valinnat, painehäviöt ja virtauslaskelmat lasketaan käsin käyttäen hyödyksi hydrauliiikan kaavoja, virtaustaulukkoa sekä Toro-kastelujärjestelmille tarkoitettuja tuoteluetteloita ja muuta kirjallisuutta. Suunnittelu-prosessi on työläs ja aikaa vievä.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä ja tutkia sopivia suunnittelu- ja mallinnusohjelmia kastelujärjestelmien suunnittelun avuksi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kirjallinen selvitys, joka helpottaa kohdeyritystä uuden suunnittelu- ja mallinnusohjelman valinnassa. Tutkimuksen kohteina olivat vesihuoltoverkoston- ja LVI-suunnitteluun suunnatut ohjelmistot.</p> <p>Aluksi esiteltiin työn taustoja, tavoitteita sekä tutkimusmenetelmiä. Sen jälkeen kerrottiin kastelujärjestelmien suunnitteluprosessista yleisesti. Työn keskiosassa aiheeseen tutustuttiin kirjallisuuden kautta, käyden läpi tietokoneavusteisen suunnittelun kehitystä sekä mallinnuksen hyötyjä suunnittelussa.</p> <p>Lopuksi työssä esiteltiin ja vertailtiin vaihtoehtoisia suunnittelu- ja mallinnusohjelmia. Tietokoneohjelmien ominaisuuksien tuli täyttää kohdeyrityksen antamat vaatimukset ja kriteerit. Vertailun helpottamiseksi kriteerit pisteytettiin ominaisuuden tärkeyden mukaisesti. Tietokoneohjelmien valmistajien ja jälleenmyyjien kertomien ominaisuuksien tueksi tehtiin käyttökokemustutkimus. Tutkimuksen tulosten perusteella valittiin paras vaihtoehto kastelujärjestelmien suunnittelu- ja mallinnusohjelmaksi.</p>	
Avainsanat	Kastelujärjestelmä, sadettaja, mallinnus, suunnitteluohjelma

Author	Maria Hannula
Title	Design and modeling of Irrigation Systems Comparison of Computer Programs
Number of Pages	80 pages + 8 appendices
Date	12 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infrastructural Engineering
Instructors	Kare Kivinen, Product Manager Jukka Tiala, SpecialLecturer
<p>This graduate study was done for the Environmental contracting unit of the company called Lemminkäinen Infra Oy, and it focuses on irrigation systems. The Environmental contracting unit is currently using AutoCAD software to design the plan drawings.</p> <p>The pipe system choices, pressure drops and flow calculations are made manually by using a hydraulic formula, flowcharts, Toro-product catalog and other literature. The designing process of the irrigation system is difficult and time-consuming.</p> <p>The main objective of this graduate study was to research and analyse design and modeling software that would facilitate the designing process of irrigation systems. The objective was to provide the target company with a report that could be used as a tool when selecting new planning and modeling software. The study is focused on software that is used for water supply and HVAC planning.</p> <p>At first, backgrounds of the thesis, objectives and research methods are presented, followed by a general overview of the irrigation system`s planning process. In the middle part of this report the subject is studied through literature of the field, including topics such as the development of computer-aided design and the benefits of planning in modeling.</p> <p>In the final part of this report alternative design and modeling software are presented and compared with each other. The properties of the computer programs had to match the requirements and criteria set by the target company. To facilitate comparison, the criteria were scored according to their importance.</p> <p>A user experience research was made to support the information given by computer software manufacturers and retailers. Based on the results of this research, the best option for a design and modeling software was chosen to help irrigation system designing.</p>	
Keywords	Irrigation system, sprinkler, modeling, planning program

Sisällys

Alkusanat

Tiivistelmä

Abstract

Sanasto

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustat	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	2
1.3	Tavoitteet	3
2	Nykytilanne kastelujärjestelmien toiminnassa	6
2.1	Yritys	6
2.2	Kasteluprosessi Lemminkäinen Infra Oy:ssä	7
2.2.1	Prosessin kuvaus	7
2.2.2	Kastelujärjestelmän osat	14
2.2.3	Hyödyt ja haitat	19
2.2.4	Lemminkäinen Talo Oy:n mittaustyönjohtajan haastattelu	20
3	Tietokoneavusteinen suunnittelu ja mallinnus	23
3.1	Tietokoneavusteinen suunnittelu	23
3.1.1	Tietokoneavusteinen suunnittelu ja sen kehitys	23
3.1.2	Miksi tietokoneavusteista suunnittelua tehdään?	24
3.2	Mallintaminen	26
3.2.1	Mitä tarkoitetaan mallintamisella ja miksi siihen on siirrytty?	26
3.2.2	Mallinnuksen hyödyntäminen lähtöaineistoa varten	29
3.2.3	Mallinnuksen hyödyntäminen tiedonsiirrossa	30
3.2.4	Mallinnuksen hyödyntäminen suunnitelmassa	31

4	Suunnittelu- ja mallinnusohjelmien ratkaisuvaihtoehdot	35
4.1	Vianova Systems Finland Oy: Novapoint	35
4.2	Tekla Oyj	36
4.3	Progman Oy: MagiCAD	38
4.4	Autodesk: AutoCAD Civil 3D	39
4.5	Bentley Systems: WaterCAD	40
5	Ohjelmistojen ominaisuuksien kartoitus ja vertailut	42
5.1	Tietokoneohjelmien ominaisuuksien tutkiminen käyttökokemusten avulla	42
5.1.1	Alustusta tutkimukseen	42
5.1.2	Käyttökokemustutkimuksen analysointi	43
5.1.3	Yhteenveto käyttökokemustutkimuksen analysoinnista	56
5.2	Tietokoneohjelmilta vaadittavat ominaisuudet/kriteerit	61
5.3	Tietokoneohjelmien ominaisuudet ja kustannukset	63
5.3.1	Autodesk: AutoCAD Civil 3D	63
5.3.2	Novapoint: Water and Sewer	64
5.3.3	Tekla: Civil ja Nis	65
5.3.4	MagiCAD: Sprinkler Designer	66
5.3.5	Bentley Systems: WaterCAD	67
5.4	Suunnittelu- ja mallinnusohjelmien vertailut	67
5.5	Ominaisuuksien vertailut	67
5.6	Johtopäätökset vertailuista	71
6	Yhteenveto	75
	Lähteet	77
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselylomake ohjelmien jäleenmyyjille ja valmistajille	
	Liite 2. Käyttökokemustutkimus lomake	
	Liite 3. Haastattelupohja mittaustyönjohtajalle	
	Liite 4. Novapoint:in vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat	
	Liite 5. MagiCAD:in vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat	
	Liite 6. AutoCAD Civil 3D:n vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat	
	Liite 7. Tekla:n vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat	
	Liite 8. Käyttökoemustutkimuksen avointen kysymysten vertailukaaviot	

Sanasto

2D	Kaksiulotteinen malli (tasopiirustus).
3D-malli	Kolmiulotteinen tietomalli.
ascii-tiedosto	Tekstitiedosto, joka koostuu ascii-järjestelmän merkeistä, eli yhteensä 128 kirjaimesta, numerosta ja erikoismerkistä.
CAD	<i>(Computer Aided Design)</i> eli tietokoneavusteinen suunnittelu
COM interface	<i>(Component Object Model, COM)</i> on Microsoft-ohjelmoinnin malli, joka määrittelee, miten objektit ovat vuorovaikutuksessa yhden sovelluksen tai sovellusten välillä.
DGN	<i>(“DesiGN”)</i> tiedostomuoto, jota tukevat tietyt CAD-ohjelmistot, kuten Bentley Systemin MicroStation ja Tekla Structures.
DWG	<i>(“Drawing”)</i> “Piirustus” on tiedostomuoto, joita käytetään tallennettaessa kaksi ja kolmiulotteisen suunnitelmaa. Yleisesti CAD-ohjelmalla käytössä.
DXF	<i>(Drawing Interchange Format)</i> Piirustuksen tiedonsiirtoformaatti. On Autodesk:in kehittämä tiedonsiirtoformaatti, jota on käytetty ja käytetään yleisesti eri CAD-ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon.
Esri	Paikkatietoratkaisujen toimittaja. ArcGIS on Esri:n paikkatieto-ohjelmistojen tuoteperhe.
Formaatti	Datan esitysmuoto jonkin määritellyn tavan mukaisesti.

GIS	<i>(Geographical Information Systems)</i> eli paikkatietojärjestelmä, jonka avulla voidaan tuottaa, tallentaa, hallita, analysoida ja/tai esittää paikkatietoa.
GPS	<i>(Global Positioning System)</i> eli satelliittipaikannusjärjestelmä, joka on tarkka, reaaliaikainen ja yksisuuntainen paikannusmenetelmä.
Heittosäde	Sadettajan kastelema alue.
Hydrauliikka	Tehonsiirtoa nesteen paineen ja tilavuusvirran avulla.
IFC	<i>(Industry Foundation Classes)</i> Kansainvälinen tiedonsiirto-standardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC-standardi mahdollistaa tiedonsiirron eri tietokonesovellusten välillä sisällön muuttumatta.
Ilmakuvaus	Maasta radio-ohjattavilla pienoiskopterilla kuvattua kuvaa. Kopterit voidaan varustaa still-, video- ja lämpökameralla.
Integrointi	Kahden erillisen asian (ohjelman) yhdistämistä tai keräämistä yhdeksi kokonaisuudeksi.
Kalibrointi	Käsittää toimenpiteet, joiden avulla määritetyissä olosuhteissa saadaan tietoon mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien suureiden arvojen (eli standardeilla toteutettujen arvojen) välinen yhteys.
Kastelukuva	Kastelujärjestelmän suunnitelmakuva.
Kolmioverkko	Kolmioverkko on tietorakenne, jolla voidaan kuvata kenttä tai alue, joka koostuu pisteistä (x, y, z) ja niiden muodostamista kolmioista.

Koordinaatisto	Geometrinen järjestelmä alueen kuvaamiseen ja sen mittasuhteiden, sijaintien ilmoittamiseen.
Koordinointimalli	Ajantasainen 3D-malli suunnitelmasta. Suunnitelman analysointi väline; konfliktit, laatu, optimointi.
Korkeusmalli	Digitaaliseen muotoon luotua kolmiulotteista mallia maaston pinnan korkeuseroista.
LandXML	<i>(eXtensible Markup Language)</i> on kansainvälinen standardi infran suunnittelutiedon siirtoon, standardi perustuu XML-merkintäkieleen.
Laserkeilaus	Maanpinnan mittaustapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta.
Linjaustiedot	Putkien korkeus- ja sijaintiedot.
LVI	Talotekniikassa käytetty lyhenne lämpö-, vesi- ja ilmanvaihtojärjestelmälle.
LVIS	Talotekniikassa käytetty lyhenne lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmälle.
Maastomalli	Digitaaliseen muotoon luotu kolmiulotteinen malli maaston pinnan muodoista eli maanpäällisistä rakenteista (rakennukset ja kasvillisuus).
MapInfo	Paikkatieto-ohjelmisto paikkatietojen keräämiseen, ylläpitoon, havainnollistamiseen ja analysointiin.
Moduuli	Itsenäinen osa, jollaisista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia.
Objekti	Synonyymi sanalle olio tai esine.

Optimointi	Optimiarvon tai -määrän, tai yleisemmin parhaan vaihtoehdon etsiminen.
PDF	<i>(Portable Document Format)</i> on Adoben kehittämä Post-Script-kieleen pohjautuva ohjelmistoriippumaton, siirrettävä tiedostomuoto.
PE-putki	<i>(Polyeteeni)</i> muoviputki.
Pintamalli	Digitaaliseen muotoon luotu kolmiulotteinen malli maa- ja kallioperän kerroksista.
PP-putki	<i>(Polypropeeni)</i> muoviputki.
Qbase	Tietokanta, johon tieto voidaan tallentaa vapaamuotoisina koosteina (dynaamiset luokat) ja uusia tietoja voidaan lisätä yksinkertaisesti rekisteröimällä niiden tunniste tietokantaan, missä tieto on välittömästi kaikkien saatavilla yhteensopivassa muodossa. "Luonnollinen koti" XML-muodossa kulkevalle tiedolle.
Qmodel	Parametriohjattu 3D-geometriamalli, joiden käyttäytymistä ohjataan tilausparametrien mukaisesti helposti ymmärrettävien sijoittajavektoreiden avulla.
Relaatiotietokanta	Tietokanta, joka perustuu relaatiomalliin. Relaatiomallissa tietokanta koostuu useista tauluista ja taulujen välisistä yhteyksistä. Yhteydet muodostetaan perusavainkentän välityksellä.
SaaS-palvelu	<i>(Software as a Service)</i> asiakas käyttää toimintajärjestelmää eli esimerkiksi ohjelmistoa Internetinvälityksellä. Ohjelmisto on asennettu toimittajan hallinnoimalle palvelimelle, jonka palvelun käytettävyydestä toimittaja vastaa.
Simulointi	On todellisuuden jäljittelyä.

SPR	Talotekniikassa käytetty lyhenne sprinklerjärjestelmälle.
Suutin	Neste- tai kaasuvirtausta suuntaava ja kuristava osa.
Takymetri	Maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jolla mitataan säteittäisesti eli polaarisesti pisteiden sijainteja laitteeseen nähden.
Tiedonsiirto	Tietojen siirto sovellusten kesken; tyypillisesti tiedonsiirto-tiedoston välityksellä.
Tiedonsiirtorajapinta	Mahdollistaa tietojen siirtämisen kolmannen osapuolen välityksellä.
Tiedostoformaatti	Tietokoneelle talletetun tiedoston tallennusmuoto.
Tietokanta	Tietotekniikassa käytetty termi tietovarastolle eli se on koelma tietoja, joilla on yhteys toisiinsa.
Tietomalli	<i>(BIM, Building Information Model)</i> eli tuotemalli on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren tietojen kokonaisuus, joka on esitetty kolmiulotteisena virtuaalimallina.
Törmäystarkastelu	Työkalu, joka automaattisesti laskee törmäyksiä mallin eri rakenteiden välillä.
Virtuaalimalli	Virtuaalimalli on kolmiulotteinen malli, jossa voidaan liikkua reaaliajassa eli sitä voidaan tarkastella vapaasti eri suunnista. Yksi tuotemallin näkymistä.
Visualisointi	Asioiden havainnollistamista katselijan helposti ymmärtämässä muodossa.
XLS	Excel-taulukko.

1 Johdanto

1.1 Työn taustat

Tämän insinööriyön tarkoituksena on etsiä ja tutkia sopivia suunnittelu- ja mallinnusohjelmia Lemminkäinen Infran Ympäristöurakoinnin yksikölle, kastelujärjestelmien suunnittelun avuksi. Ympäristöurakoinnin yksikkö on käyttänyt tähän asti kastelujärjestelmien suunnittelukuvien piirtoon perusversiota AutoCAD:stä. Putkiston valinnat, painehäviöt ja virtauslaskelmat lasketaan käsin käyttäen hyödyksi hydrauliiikan kaavoja, virtaustaulukkoa sekä Toro-kastelujärjestelmille tarkoitettuja tuoteluetteloita ja muuta kirjallisuutta. Suunnitteluprosessi on työläs ja aikaa vievä.

Kastelujärjestelmällä tarkoitetaan sadettajista, magneettiventtiileistä ja ohjauskeskuksesta koostuvaa järjestelmää, jolla kastellaan viheralueita ohjauskeskukseen ohjelmoitujen käskyjen avulla.



Kuvio 1. Kastelujärjestelmä kastelee golfkentää. ¹

Insinööriyön lopputavoitteena on tehdä kirjallinen selvitys, jossa esitellään ja vertaillaan vaihtoehtoisia suunnittelu- ja mallinnusohjelmia. Ohjelmien ominaisuuksien tulisi täyttää annetut vaatimukset ja kriteerit. Vertailu tehdään ohjelmien ominaisuuksien kannalta. Ohjelmistoista aiheutuvia kustannuksia ei huomioida, koska tilaajan kannalta hinta ei ole ratkaiseva tekijä ja siksi kustannukset eivät ole vertailussa mukana. Ohjelmien valmistajien ja jälleenmyyjien kertomien ominaisuuksien tueksi tehdään käyttöko-

¹ Lemminkäisen kotisivut: Toro-kastelujärjestelmä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainenomni.fi/fi/Tuotteet_ja_palvelut/Kastelujarjestelmat/Toro-kastelujarjestelma

kemustutkimus. Ohjelmien ominaisuuksien analysoimisessa otetaan huomioon käyttökokemustutkimuksessa saadut tulokset. Kirjallisen selvityksen tarkoitus on toimia myöhemmin osaston apuna uuden suunnittelu- ja mallinnusohjelman hankinnassa.

Työ jaetaan eri osioihin. Luvussa 1 kerrotaan insinööriyön taustat, käytetyt tutkimusmenetelmät ja tavoitteet. Luvussa 2 kerrotaan itse yrityksestä sekä kastelujärjestelmien prosessista ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Luvussa 3 selvitetään tietokoneavusteista suunnittelusta sekä mallinnuksesta. Luvussa 4 esitellään löydettyjä ratkaisuvaihtoehtoja. Luvussa 5 kerrotaan ratkaisuvaihtoehtojen ominaisuuksista, Lemminkäisen vaadittavista ominaisuuksista sekä vertaillaan ohjelmistojen ominaisuuksia toisiinsa. Lopuksi tehdään ratkaisu näiden hankittujen tietojen pohjalta.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tarkoituksena on etsiä, tutkia ja vertailla erilaisia olemassa olevia vaihtoehtoisia ohjelmia kastelujärjestelmien suunnittelua ja mallinnusta varten. Vertailut tehdään ohjelmien ominaisuuksien kannalta. Ensisijaisesti tutustutaan Lemminkäisellä eri yksiköiden käytössä oleviin ohjelmiin. Tämä selvitys tehdään Lemminkäisen teknilliseen tukeen. Selvittämällä, mitä ohjelmia yrityksen sisällä on jo käytössä, voidaan vaikuttaa ohjelmistojen lisensseistä aiheutuviin kustannuksiin. Olemassa olevia muita ohjelmistoja kartoitetaan myös teknillisen tuen avulla.

Ohjelmien etsiminen tapahtuu kuitenkin pääasiallisesti internetin välityksellä. Internetistä etsitään vesihuollon suunnitteluun ja mallinnukseen käytettäviä ohjelmistoja. Kun ohjelmien tarjoajien vaihtoehdot on löydetty, tutkitaan heidän kotisivujensa kautta ohjelmien ominaisuuksia. Tällä tavalla pystytään karsimaan epäsoyvät vaihtoehdot ennen tarkempaa tutkimusvaihetta.

Ohjelmien ominaisuuksien ja kustannuksien tarkempi selvittämien tapahtuu kyselylomakkeen avulla (katso Liite 1). Kyselylomake on tehty yrityksen vaadittujen kriteereiden mukaisesti. Sen lisäksi tehdään haastattelut ohjelmien tarjoajille. Haastatteluiden avulla pystytään tarkentamaan kyselylomakkeissa kysytyjä asioita ja saamaan tarkempaa tietoa ohjelmistoista.

Ohjelmien valmistajien sekä jälleenmyyjien antamien tietojen tueksi tehdään käyttökemustutkimus (katso Liite 2). Tutkimus tehdään ohjelmien jälleenmyyjien ja valmistajien ulkopuolisille henkilöille. Ohjelmia käyttäviltä rakennusalan opiskelijoilta ja työsään ohjelmia käyttäviltä henkilöiltä saisi puolueettoman kannan ohjelmien käyttökemuksista. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää ohjelmien tuloksellisuutta, miellyttävyyttä sekä opittavuutta. Tuloksellisuudella tarkoitetaan sitä, kuinka tarkasti ja täydellisesti käyttäjä saavuttaa määritellyt tavoitteet. Miellyttävyys, tai tyytyväisyys, mittaa epämukavuuden puuttumista ja käyttäjän myönteistä suhtautumista tuotteen käyttöön. Opittavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka vaativaa uuden käyttäjän on oppia käyttämään järjestelmää. Käyttäjäkeskeinen tuotekehitys pyrkii siihen, että tuote vastaa parhaalla mahdollisella tavalla käyttäjän tarpeita. Onnistuneen käyttökemustutkimuksen tulokset analysoidaan ja huomioidaan ohjelmien ominaisuuksia vertaillessa.

Lemminkäinen Talo Oy:n mittaustyönjohtajalle Jyri Leskiselälle tehdään haastattelu (katso Liite 3, haastattelupohja), kastelujärjestelmien osaston mahdollisuuksista hyödyntää kastelujärjestelmien suunnittelussa mittauslaitteita. Haastattelun tarkoitus on kartoittaa Lemminkäisellä käytetyt laitteet, laitteiden helppokäyttöisyys, yhteensopivuus ohjelmisto vaihtoehtojen kanssa ja Lemminkäisen resurssit. Haastattelusta selvinneet asiat huomioidaan ohjelmien vertailuissa ja tietokoneohjelman valintaa tehtäessä.

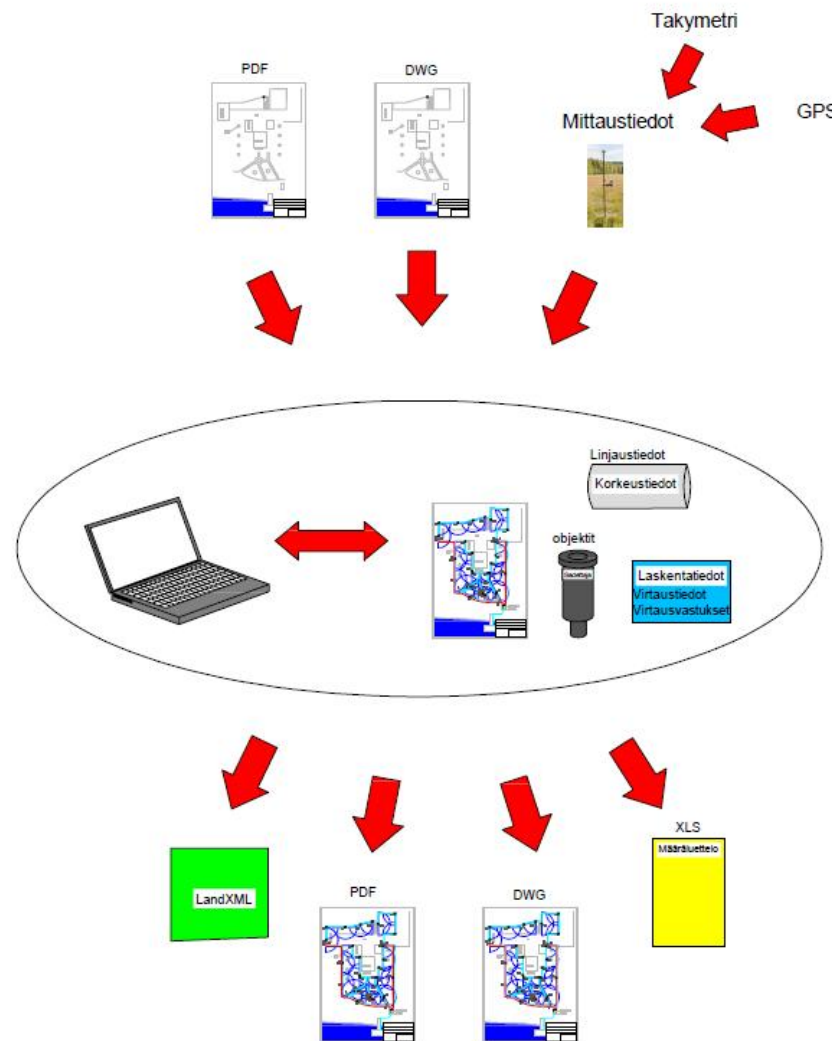
1.3 Tavoitteet

Tavoitteena Lemminkäinen Ympäristöurakoinnissa on saada käyttöön suunnitteluprosessia helpottava ohjelmisto. Kastelujärjestelmiensuunnitteluun ei ole julkaistu omaa suunnitteluohjelmaa niiden vähäisen kysynnän takia. Tavoitteena on löytää vesiputkistojen suunnitteluun sekä mallinnukseen suunnattu ohjelmisto, jota voidaan hyödyntää kastelujärjestelmien suunnittelussa.

Kastelukuvien piirto ja suunnittelu on suositeltavaa digitaalisesti sen helpon ja nopean muokattavuuden takia. Tietokoneavusteista suunnittelua tehdään, koska se tehostaa huomattavasti suunnitteluprosessia. Oikeanlaisen tietokoneohjelman avulla voidaan säästää aikaa suunnitteluprosessia ajatellen, kun yhdellä suunnitteluohjelmalla pystytään hoitamaan monta eri asiaa. Suunnittelu- ja mallinnusohjelman tulisi yhdistää piirtämis- ja laskemisprosessi yhdeksi kokonaisuudeksi, jonka avulla suunnitteluprosessi

saadaan tehtyä pienemmällä ajalla ja vaivalla. Laskelmien tarkkuutta lisäämällä ja suunnitelmiin kuuluvia prosesseja yksinkertaistamalla, taataan suunniteltujen järjestelmien luotettavampi toimivuus.

Tavoitteena on löytää tietokoneohjelma, missä suunnittelu pystytään hoitamaan yksinkertaistetusti (katso kuva 1). Ohjelmistoon pystyttäisiin tuomaan mitatut maastonpinnan korkeudet, PDF- ja DWG-kuvat. Ohjelmistosta löytyisi valmiit objektit, tai niitä pystyttäisiin luomaan tarvittaessa. Ohjelmisto huomioisi linjaustiedot jokaisessa putkikohdassa erikseen sekä virtausmitoitukseen ja paineeseen vaikuttavat tekijät. Ohjelmistolla pitäisi pystyä tekemään virtauslaskelmia. Tietokoneohjelmasta saataisiin PDF- ja DWG-kuvat tulostettua. Määräluettelon ohjelmisto tekisi automaattisesti ja se saataisiin tulostettua esimerkiksi XLS-formaattiin. Myös mahdollinen tiedonsiirto LandXML-muodossa olisi toivottavaa.



Kuvio 2. Kastelujärjestelmien osaston tavoitteellinen kuvaus.

Suunnittelu- ja mallinnusohjelmilla pystytään helpottamaan kastelujärjestelmien suunnitteluprosessia huomattavasti enemmän kuin perus viivanpiirto-ohjelmilla. Niiden hyvinä puolina ovat kehittyneisyys, 3D-mallinnus, LandXML-tiedonsiirto, korkeuserojen huomiointi, laskelmien yhdistäminen kuvaan, yms. Tietenkään kaikkia näitä edellä mainittuja ominaisuuksia ei välttämättä löydy jokaisesta ohjelmistosta. Näiden ohjelmien haittapuolina ovat kalliit lisenssit, ohjelmien vaikea hahmottaminen ja oppiminen, sekä puutteellisuus kastelujärjestelmien tekoa ajatellen. Puutteellisuudella tarkoitetaan sitä, että yhtäkään ohjelmistoa ei ole suoranaisesti suunniteltu kastelujärjestelmien tekoon.

2 Nykytilanne kastelujärjestelmien toiminnassa

2.1 Yritys

Lemminkäisen toiminta on jakautunut ennen kolmeen toimialaan: Infrarakentaminen, Talonrakentaminen ja Talotekniikka. Mutta vuoden 2012 alusta on tullut neljäs toimiala: Kansainväliset toiminnot. Infrarakentamisessa toimii Lemminkäinen Infra Oy tytäryhtiöineen.²



Kuvio 3. Lemminkäisen Logo.³

Tämän insinööriyön kohdeyrityksenä on Lemminkäinen Infra Oy:n Ympäristöurakoinnin yksikkö. Yksikkö käsittää puomit, aidat ja kastelujärjestelmät. Työ tehdään kastelujärjestelmiin liittyen.

Lemminkäisen Ympäristöurakoinnin yksikkö myy, suunnittelee ja urakoi automaattisia Toro-kastelujärjestelmiä. Järjestelmät pitävät sisällään putket, liittimet, sadettajat ja automaattiset ohjauskeskukset. Käyttökohteina ovat mm. golf- ja jalkapallokentät, tenniskentät ja puistot sekä muut viheralueet, hautausmaat ja yksityiset puutarhat.⁴

² Lemminkäisen kotisivut: Konsernin rakenne. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Konsernin_rakenne

³ Lemminkäisen kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Konsernin_rakenne

⁴ Lemminkäisen kotisivut: Kastelujärjestelmät. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: <http://www.lemminkainenomni.fi/WebRoot/10008749/Page.aspx?id=10014046>

2.2 Kasteluprosessi Lemminkäinen Infra Oy:ssä

2.2.1 Prosessin kuvaus

Lemminkäinen Infralla kastelujärjestelmien suunnitelmakuvien piirtämiseen käytetään AutoCAD:iä. Kuvat piirretään viivapiirroksina kaksiulotteisena. Kastelujärjestelmän suunnittelun alkuvaiheessa hankitaan mahdolliset DWG-formaatissa olevat pohjapiirustukset työkohteesta. Tilaajan velvollisuus on toimittaa pohjakuvat alueesta suunnittelijalle. On myös tilanteita, joissa kohteesta ei ole valmiina digitaalisia pohjapiirustuksia, tällöin suunnittelija luonnostelee pohjapiirustukset itse. Ennen piirustuksen luonnostelua tulee huomioida olemassa olevat putkistot, kaapelit ja telekaapelit. Nämä saattavat vaikuttaa olennaisesti kastelujärjestelmän putkiston tai kaapeleiden sijoittamiseen. Tarvittavat olemassa olevien putkien ja kaapeleiden DWG-piirustukset voidaan hankkia esimerkiksi johtotiedosta, mutta myös kiinteistön omistajalta kannattaa kysellä näitä.

Maastonpinnan hahmottaminen tehdään työmaakäynnin yhteydessä, koska pohjakuviosta ei pysty näkemään selkeästi korkeuseroja tai esteitä. Tulevaan työkohteeseen tutustuminen helpottaa suunnitteluprosessia ja eliminoi kastelujärjestelmän toimivuutta haittaavia tekijöitä. Maastossa käynnillä pystytään yksinkertaisesti ottamaan sellaisia asioita huomioon, mitä piirustuksia katsoessa ei pysty näkemään tai tekstejä lukiessa huomioimaan. Maastossa saattaa olla epäsopivia alueita (kalliot) putkistojen ja kaapeleiden sijoittamista ajatellen. Sadettajien sijoituspaikassa kannattaa huomioida kaikki mahdolliset esteet, kuten puut ja pensaat, jotka voivat estää veden lentämisen halutulle alueelle.

Kastelutarpeen määrittämiseen vaikuttaa nurmikon veden kulutus, johon taas vaikuttaa eniten haihdunta. Haihdunnan määrä riippuu ilmankosteudesta, lämpötilasta ja tuulisuudesta. Siihen vaikuttavat myös kasvukerroksen koostumus, vedenläpäisy- ja pidätysominaisuudet. Mitä tiiviimpi maakerros ja rehevämpi nurmi eli juuriston tukkima kasvukerroksen, sitä huonommin vesi läpäisee maakerroksen. Tosin sanoen maan vedenläpäisevyys heikkenee vuosien mittaan kasvukerroksen tiivistymisen vuoksi. Nurmelle

voidaan tehdä esimerkiksi viiltoilmastuksia eli pienillä tähtiterillä tehtäviä viiltoja, jolla parannetaan nurmen vedenläpäisevyyttä.⁵

Suomessa kastelun tarvetta on useimmiten alkukesällä, jolloin sadanta on keskimäärin pienempi kuin haihdunta, varsinkin Etelä- ja Lounais-Suomessa. Kasvukaudella tarvittavan kasteluveden kokonaismäärään vaikuttavat maaperäolosuhteet, kasvit ja kastettava pinta-ala. Veden haihtuminen ja tuuli saattavat aiheuttaa noin 20 % suuruisen häviön. Yö- tai aamusadetus säästää vettä noin 10 % vähemmän haihdunnan ja tyynemmän sään vuoksi. Sadettajien vesisuihku on herkkä tuulelle ja haihtumiselle, sillä pisarat lentävät pitkän matkan. Vesi jakautuu epätasaisesti kohtuullisen pienelläkin tuulella. Kastelun tarkoituksena on lisätä maan kosteutta niin, että kasvien juuret saavat jatkuvasti riittävän määrän vettä. Jotta kastelusta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty, se on suoritettava oikeana ajankohtana ja oikeaa vesimäärää käyttäen.⁶ Esimerkiksi pelinurmikoilla kannattaa pitää nurmi pintakosteana jatkuvasti, koska se parantaa nurmen kulutuskestävyyttä.⁷

Kastelusuunnitelma koostuu eri lohkojen kastelutarpeiden selvittämisestä, kasteluveden hankintamahdollisuuksien kartoittamisesta sekä kastelumenetelmän valinnasta ja mitoituksista. On ratkaistava ja suunniteltava kasteltavat alueet sadevesimäärä tarpeen mukaan lohkoittain.⁸

Tarvittavan kastelun mitoituksen lähtökohtana on yleensä eniten kastelua vaativien kasvien tarve. Kaluston kapasiteetin tulee olla riittävä myös kuivimpina kesinä. Tällöin järjestelmän päälläoloaika voidaan pidentää sateisimpiin kasvukausiin verrattuna. Esimerkiksi sademäärältään keskimääräisinä kesinä sadetus kannattaa tehdä etupäässä

⁵ Järvinen, Elise. 2005. Jalkapallokentän rakentaminen ja hoito. s.35. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

⁶ Ympäristöhallinnon sivut. s.139-161. (Verkkodokumentti, viitattu 21.11.2011). Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74289&lan=fi

⁷ Järvinen, Elise. 2005. Jalkapallokentän rakentaminen ja hoito. s.36. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

⁸ Ympäristöhallinnon sivut. s.160-161. (Verkkodokumentti, viitattu 21.11.2011). Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74289&lan=fi

öisin, mutta kuivina kesinä laitteistoa joudutaan käyttämään useamminkin.⁹ Kannattaa kuitenkin huomioida, että esimerkiksi golfkentillä ei kasteluita voida pitää päällä pe-
liaikoina.

Kastelumäärä suunniteltaessa tuleekin miettiä: Mikä on kastelutarve vuorokaudessa (mm) ja mikä on pisin mahdollinen kasteluaika (h) vuorokaudessa?

Tarvittavan laitteiston vähimmäiskapasiteetti voidaan laskea seuraavasti:

Esim. pinta-ala: 5 000 m² (0,5 ha)

Kastelutarvevuorokaudessa: 3 mm/pv

Pisin mahdollinen kasteluaika vuorokaudessa: 6 h (1 mm = 1 litra/m²)

3 litraa/m² x 5 000 m² = 15 000 litraa = 15 m³/pv

15 m³/pv / 6 h = 2,5 m³/h¹⁰

Tai suoraan kaavalla:

Vesimäärä (m³/h) = pinta-ala (ha) x kastelutarve (mm/pv) x 10 / käyttöaika (h/pv).

0,5 ha x 3 mm/pv x 10/6 h = 2,5 m³/h.¹¹

Kun kastelutarve on määritelty, on seuraavaksi vuorossa järjestelmän mitoitus. Siihen kuuluu olemassa olevan paineen mittaaminen verkostosta, korkeuserojen aiheuttamien painehäviöiden huomiointi (10 m korkeuserosta tulee 1 Bar painehäviö), kastelujärjestelmään käytettävän laitteiston valinta (vaaditun heittosäteen, olemassa olevan pai-

⁹ Ympäristöhallinnon sivut. s.162-163. (Verkkodokumentti, viitattu 21.11.2011). Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74289&lan=fi

¹⁰ Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 9.2.2012).

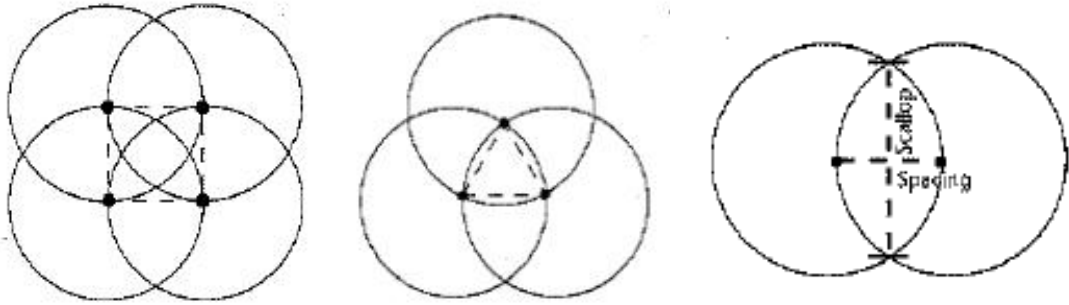
¹¹ Ympäristöhallinnon sivut. s.162. (Verkkodokumentti, viitattu 21.11.2011). Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74289&lan=fi

neen sekä putkiston virtaaman mukaan). Kun sadettajat on valittu, saadaan vaadittava virtaus. Vaadittavan virtauksen mukaan valitaan käytettävä putkikoko sekä magneetti-venttiilin koko. Laittekokoja valitessa tulee huomioida niistä aiheutuvat painehäviöt.

Kastelujärjestelmän laitteiston mitoituksen tekevät laitteista myyvien liikkeiden edustajat. Sadetuslaitteistot ovat tehtaalla valmiiksi mitoitettuja yksiköjä. Niiden mitoitus perustuu suuttimen kokoon ja suutinpaineeseen, jotka määräävät vesimäärän ja siten kasteltavissa olevan pinta-alan. Sadettajan ja suuttimen valintaan vaikuttaa käytettävä paine. Lemminkäisen kastelujärjestelmiin liittyvä toiminta kattaa automaattisten Toro-kastelujärjestelmien myynnin, suunnittelun ja urakoinnin. Kastelujärjestelmien suunnittelussa käytetään hydrauliseen mitoittamiseen Toro-tuoteluetteloita.

Ennen kastelusuunnitelman piirtämisvaihetta tulee huomioida kastelukaavion peruseräaarteet. Kastelukaaviolla tarkoitetaan sadettajien sijoittelua niin, että veden käyttö olisi optimaalisinta. Kastelukaavioita on yksin- kaksin- ja kolmikertaisia. Mikäli alueesta halutaan yksinkertainen, tulee sadettajat sijoittaa niin, etteivät sadettajien kaaret sijoi- tu useassa kohtaa päällekkäin. Olisi kuitenkin tärkeää huomioida kasteltavan alueen riittävä peitto eli mieluummin liian monta sadettajaa kuin liian vähän.

Sadettajien sektori valitaan alueen ja esteiden mukaisesti. Sadettajat toimivat joko yksitellen tai ryhmissä. Kastelujärjestelmää suunniteltaessa on pyrittävä saavuttamaan mahdollisimman tasainen kastelutulos alueen jokaisessa pisteessä. Sadettajat asetetaan neliö-, kolmio- tai yksiriviasetelmaan riippuen kasteltavan alueen muodosta. Tämä takaa tasaisimman kastelutuloksen.



Kuvio 4. Neliö-, kolmio- ja yksiriviasetelmat.¹²

Tuuliolosuhteet ja sadettajien asetelmat vaikuttavat sadettajien etäisyyksiin toisistaan. Suunnitelmaa ei suositella ratkaistavaksi 0 m/s tuuliolosuhteilla, vaan aina pahimmille tuuliolosuhteille. Mitä vähäisemmät tuuliolosuhteet alueella on, sitä etäämmälle toisistaan sadettajat pystytään sijoittamaan. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 1.) esitellään sadettajien suositeltava etäisyys toisistaan. Etäisyydet on merkitty prosentteina halkaisijasta. Esimerkiksi tuulisissa olosuhteissa (tuulen nopeus on noin 3,58 m/s) sadettajat asetetaan kolmioasetelmaan. Sadettajan kasteleman alueen halkaisija on 10 m, tällöin sadettajat tulee asettaa taulukon mukaan 5 m etäisyydelle toisistaan.

Taulukko 1. Sadettajien suositeltava etäisyys tuuliolosuhteissa.¹³

Suositeltava sadettajien etäisyys tuuliolosuhteissa			
Tuuli	Neliöasetelma	Kolmioasetelma	Yksiriviasetelma
Ei tuulta	55 %	60 %	50 %
1,79 m/s	50 %	55 %	50 %
3,58 m/s	45 %	50 %	45 %

Kastelujärjestelmän suunnitelman piirtämistä varten tarvitaan pohjakuva kasteltavasta alueesta. Kun tarvittavat laskelmat on tehty ja osat on valittu, voidaan aloittaa suunnitelmakuvan piirtäminen. Kastelujärjestelmä on jaettava eri kastelulohkoihin eli putkiryhmiiin. Putkisto voidaan tehdä joko haarautuvaksi tai kiertäväksi verkostoksi. Kiertä-

¹² Kastelun laskeminen, esite: Technical data. (Viitattu 24.2.2012).

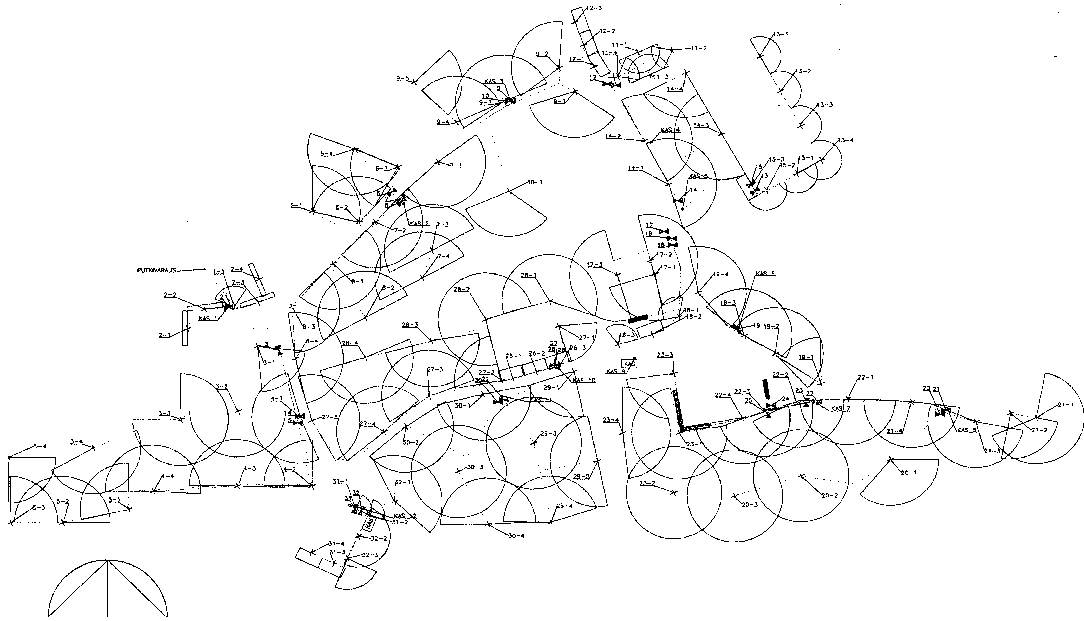
¹³ Kastelun laskeminen, esite: Technical data. (Viitattu 24.2.2012).

vässä verkostossa vesi voidaan ohjata kohteeseen useampaa kautta, jolloin putkikokoja voidaan pienentää ja putkistoa pystytään mahdollisesti korjaamaan muun toiminnan pahasti kärsimättä. Kiertävä verkosto on hydraulisesti parempi kuin haarautuva verkosto.

Kun sadettajat ja niiden kasteltavat alueet on piirretty kuvaan, tulisi seuraavaksi piirtää kasteluputkisto kuvaan. Kasteluputkistoiden linjat menevät seuraavasti magneettiventtiilijärjestelmässä:

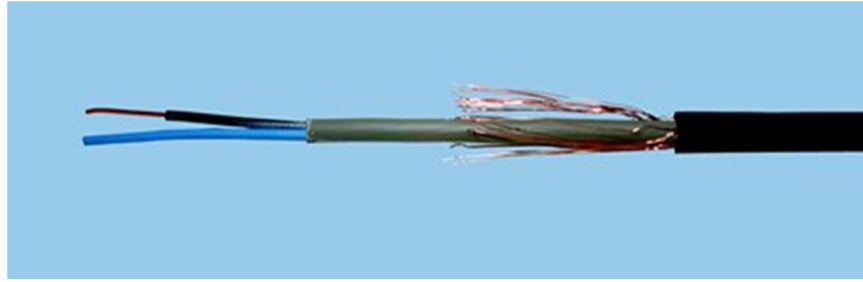
1. Vesihanasta tai vedenjakajasta ensimmäiseen venttiililaatikkoon
2. Ensimmäisestä venttiililaatikosta seuraaviin venttiililaatikkoihin
3. Venttiililaatikon magneettiventtiilistä sadettajiin

Seuraavaksi sijoitetaan magneettiventtiilit. Yhdessä putkiryhmässä eli magneettiventtiilin ohjauksessa saa olla kytkettynä ainoastaan samanlaisia sadettajatyyppejä. Siten saavutetaan tasainen kastelumäärä. Sadettajia voi toimia yhtäaikaisesti vain niin monta kappaletta, kuin maksimaalinen vesikapasiteetti sallii. Yhteen putkiryhmään (magneettiventtiiliin) tulisi optimaalisesti kiinnittää vain sadettajia, jotka kastelevat samaa kasvi-ryhmää esimerkiksi vain ruohoa tai istutuksia. Sadetinryhmät olisi hyvä merkata yhteisillä tunnuksilla. Esimerkiksi ryhmä 1:ssä on neljä sadettajaa, sadettajat on nimetty 1.1, 1.2, 1.3 ja 1.4.



Kuvio 5. Lemminkäisen suunnittelema kastelujärjestelmä.

Seuraavaksi sijoitetaan ohjauskeskukset ja sähkökaapelit. Esimerkiksi yhden TMC-424-ohjauskeskuksen varassa pystyy toimimaan noin 24 magneettiventtiiliä. Yleensä pärjätään yhdellä ohjauskeskuksella, isoihin kohteisiin käytetään TMC-424:ää useampi asemaisia keskuksia. Kaikki kaapelivedot olisi hyvä sijoittaa samaan kaivantoon putkiston kanssa. Kaapelit valitaan napojen lukumäärän ja poikkipinta-ala tarpeen mukaan, yleensä esim. $2 \times 1,5 / 7 \times 1,5 / 3 \times 2,5 \text{ mm}^2$. Jokainen yksittäisohjattu magneettiventtiili tarvitsee kaapelista yhden navan ja yksi kaapelinnapa tarvitaan maadoitukseen. Mikäli järjestelmässä on esimerkiksi 6 magneettiventtiiliä, valitaan 7-napainen kaapeli. Poikkipinta-ala valitaan liitettävän sähkölaitteen mukaisesti. Mikäli sähkölaitte (esimerkiksi ohjauskeskus) tarvitsee alle 10 ampeeria, valitaan kaapeli, jonka poikkipinta-ala on $1,5 \text{ mm}^2$. Mikäli sähkölaitte tarvitsee alle 16 ampeeria, valitaan kaapeli, jonka poikkipinta-ala on $2,5 \text{ mm}^2$. Kaapelin pinta-alalla voidaan vaikuttaa myös jännitehäviöön pitkissä kaapelivedoissa. On tärkeitä huomioida myös myöhemmät laajennustarpeet suunnitelmia tehdessä.



Kuvio 6. Kaapeli MCMK 2 x 1,5 mm².¹⁴

Kastelujärjestelmien määrälaskenta suoritetaan käsin laskemalla. Laskenta tehdään kastelukuvan perusteella. Määrälaskentaan kuuluu kaikkien osien laskenta. Liittimet, magneettiventtiilit, sadettajat ja ohjauskeskukset lasketaan kappaleittain. Putket ja kaapelit lasketaan metreittäin. Määrälaskennassa on tärkeintä huomioida oikeat putkien ja osien koot. Kastelujärjestelmien osien koot ilmoitetaan aina millimetreinä tai tuuminä. Yksikkömuunnoksiin kannattaa käyttää apuna esimerkiksi muunnostaulukkoa.

2.2.2 Kastelujärjestelmän osat



Kuvio 7. Toro:n erilaisia sadettajamalleja.¹⁵

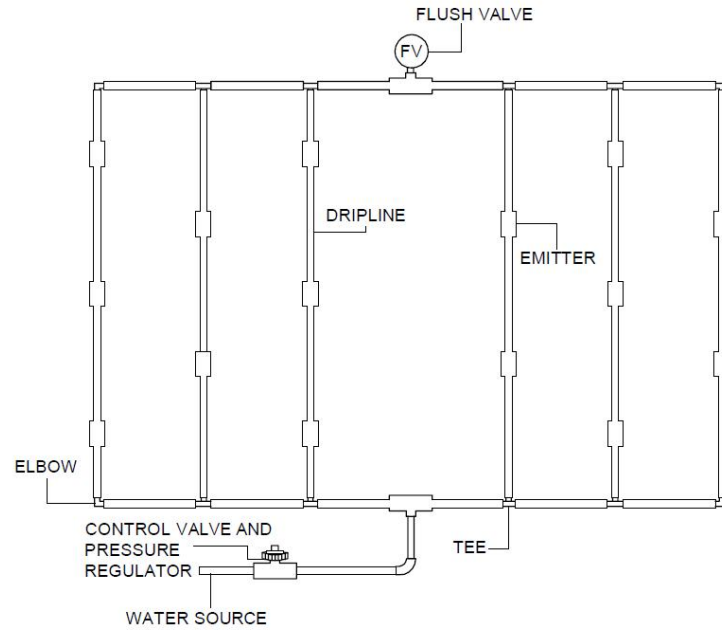
¹⁴ Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 23.2.2012).

¹⁵ Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 9.2.2012).

Markkinoilta löytyy useita eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja sadettajia. Lemminkäinen käyttää kastelujärjestelmiinsä Toro:n osia. Maanpinnasta nousevia sadettajia kutsutaan "pop-up"-sadettajiksi. Ne nousevat maanpinnasta sadetuksen ajaksi vedenpaineen vaikutuksesta ja mahdollistavat esimerkiksi nurmikon ajamisen hajottamatta sadettajia. Sektorillisia sadettajia käytetään esteiden vieressä, sellaisissa paikoissa, joissa ei voi käyttää ympyräsadettajia. Sektori voidaan säätää sadettajasta riippuen 1-360°. Heittosäteen pituus riippuu mallista. Toro TG101:n heittosäde ylittää jopa 54 m:iin. Suuttimilla pystytään vaikuttamaan heittosäteen pituuteen ja ne mahdollistavat myös neliön muotoisen sadetusalueen. Sadettajia tulee käyttää valmistajan määrittämien paineenrajojen mukaisesti. Sadettajassa käytettävä vedenpaine, suuttimen muoto ja koko määräävät vedenkulutuksen sekä sadetuksen heittosäteen. Tarvittava vesimäärä vaihtelee sadettajan mallin ja käytössä olevan suuttimen mukaan 0,2–1000 l/min. Materiaalin tulee olla täysin ruostumaton. Käytetyt materiaalit sadettajien eri osissa ovat yleensä muovi, messinki, sinkitty teräs sekä haponkestävä teräs.^{16 17}

¹⁶ Opetusministeriö. 1990. Golfkenttien suunnittelu ja rakentamisopas. s.97-98. Helsinki: Opetusministeriön julkaisu N:o 33.

¹⁷ Lemminkäisen kotisivut: Toro-kastelujärjestelmä. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainenomni.fi/fi/Tuotteet_ja_palvelut/Kastelujarjestelmat/Toro-kastelujarjestelma



Kuvio 8. Kuva tihkukastelujärjestelmästä.

Yksittäisten kasvien tai kapeiden kasvipenkien kasteluun voidaan käyttää tihkukasteluletkua. Näiden käyttöpainne on alempi ja niissä käytetäänkin erityisesti niille soveltuvaa letkua.



Kuvio 9. Muovinen magneettiventtiili.¹⁸

Magneettiventtiilit ovat sähköisiä vesisulkuja, joita ohjataan ohjausyksikön avulla. Magneettiventtiilit ohjaavat aina yhtä sadettajaryhmän toimintaa. Ne ohjaavat tarkemmin

¹⁸ Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 9.2.2012).

sanottuna sadettajien vesimäärää. Magneettiventtiilin koon valintaan vaikuttaa tarvittava vesimäärä. Niitä tulee käyttää valmistajan määrittämien paineen ja virtauksen rajojen mukaisesti. Koot yleensä tuumina 1"-3". Valmistusmateriaali on muovi tai mekaanisesti vaativiin olosuhteisiin messinki. Käyttöjännite magneettiventtiileissä on 24 V.^{19 20}



Kuvio 10. Toro TMC-424 -ohjauskeskus.²¹

Ohjausyksikkö on kastelujärjestelmän aivot. Toro-kastelujärjestelmiä ohjaa automaattinen ohjauskeskus. Toro:lla on useita ohjauskeskumalleja erilaisiin tarpeisiin: kauko-ohjattavia ja paristokäyttöisiä tietokoneavusteisia ohjausjärjestelmiä. Kastelujärjestelmää on mahdollisuus ohjata tarvittaessa myös käsisäätöisesti.²² Jokaiselle maa- ja kas-

19 Opetusministeriö. 1990. Golfkenttien suunnittelu ja rakentamisopas. s.96-97. Helsinki: Opetusministeriön julkaisu N:o 33.

20 Lemminkäisen kotisivut: Toro-kastelujärjestelmä. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainenomni.fi/fi/Tuotteet_ja_palvelut/Kastelujarjestelmat/Toro-kastelujarjestelma

21 Toro:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.toro.com/en-us/professional-contractor/irrigation/controllers/Pages/Model.aspx?pid=TMC-424E-Series>

22 Lemminkäisen kotisivut: Toro-kastelujärjestelmä. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainenomni.fi/fi/Tuotteet_ja_palvelut/Kastelujarjestelmat/Toro-kastelujarjestelma

vityypille voidaan säätää sopiva kastelumäärä. Erilaisille kasveille voidaan ohjelmoida erilaiset viikko-ohjelmat, jotta kasvit saavat aina oikean määrän vettä. Kasteluajankoh- ta voidaan jokaiselle ohjelmalle ajastaa vapaasti vaikkakin aikainen aamu on suositelta- vin ajankohta. Aamulla on suurin vedenpaine julkisissa verkoissa sekä haihtuminen vähäisintä. Kasvit hyötyvät tällöin kastelusta kaikkein eniten. Sadesensori huolehtii sii- tä, ettei kastelua suoriteta, mikäli se ei ole tarpeellista.



Kuvio 11. Kasteluputkisto ja liittimet.²³

Kastelujärjestelmiin käytetään yleensä muovisia PE- ja PP-putkia, koska esimerkiksi korrosio ei pääse tekemään tuhojaan putkistolle. Tavallisia muovisia vesijohtoputkia käytettäessä voivat siirtomatkat olla muutamien kilometrien pituisia. Liittimet ovat yleensä myös muovisia puserrusliittimiä. Niistä yleisimmät ovat kulmaliitin, T-liitin, su- pistaja ja lähtöliitin. Liittimissä käytetään yksiköinä tuumia ja millejä. Esimerkiksi jos sadettaja halutaan liittää 32 putkeen ja sadettajan lähtö on 1" (tuumainen) sisäkierre, tulee siihen liitettävän lähtöliittimen olla 1" ulkokierre x 32.

Putkistoja ei saa asettaa alttiiksi valmistajien suosituksia ylittävälle paineille. Putkiston koon tulee olla riittävän suuri, jolloin virtausnopeus pysyy alle 1,7 m/s. Järkevä lasken-

²³ Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 23.2.2012).

nallinen yläraja on 1,8 m/s. Putkiston asennussyvyys on yleensä 50 cm. Tämän takia putkisto tulee tyhjentää talveksi routavaurioiden minimoimiseksi.²⁴



Sadettaja (1") sisäkierre + Lähtöliitin ulkokierre 1" * 32 + Putki 32

Kuvio 12. Liitosesimerkki sadettajan liittämisestä putkeen puserrusliittimen avulla.^{25 26 27}

2.2.3 Hyödyt ja haitat

Tämänhetkisen prosessin hyötypuolina ovat kastelujärjestelmien kastelukuvien piirtoon käytetyn tietokoneohjelman yksinkertaisuus ja yleisyys. Lemminkäinen Infra käyttää kastelujärjestelmien suunnittelussa kaksiuolotteista AutoCAD:iä. AutoCAD:in osaavia henkilöitä löytyy paljon, koska sitä on helppo käyttää. Helpotusta tuo myös tietokoneohjelman tallennusmuodon sopivuus useiden ohjelmien kanssa. Näin ollen piirustuksien lähettäminen prosessiin osallistuvien osapuolten välillä on helppoa. Kastelukuvasta pystyy tekemään myös tarvittaessa PDF:n.

²⁴ Opetusministeriö. 1990. Golfkenttien suunnittelu ja rakentamisopas. s. 96. Helsinki: Opetusministeriön julkaisu N:o 33

²⁵ Toro:n kotisivut: Sadettaja DT 35-DT55. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.toro.com/en-us/Golf/Irrigation/Rotors/Pages/Model.aspx?pid=DT35-DT55-Series>

²⁶ Aquanova: puserrusliitimiä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.aquanova.fi/www/order.php?af=0&card=6>

²⁷ Nettiraudan kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: https://www.netrauta.fi/portal/rakentaminen/viemarointijarjestelmat/muoviviemarit_ja_osat/muoviputki_siniraita_pem_32_10_200m

Haittapuolina tämänhetkisessä prosessissa on sen työläys sekä se, että prosessi on aikaa vievä. Laskennan ja suunnitelman tarkkuus on yhteydessä käytettyyn aikaan. Tällä tarkoitetaan sitä, että mikäli suunnittelija haluaa välttää esimerkiksi inhimillisten virheiden tekoa, tulee hänen käyttää paljon aikaa suunnitelman tekoon. Suunnitelman tekoa hankaloittaa se, että se elää suunnitteluprosessin myötä. Tällä tarkoitetaan suunnitelmiin tulevia muutoksia, joita tulee lähes poikkeuksetta. Näiden suunnitelmiin tulevien muutosten teko on työlästä ja vaikeaa. Koko prosessi on itsessään monimutkainen ja vanhanaikainen, koska laskelmat tehdään käsin ja piirustukseen ei ole mahdollista liittää esimerkiksi laskennallisia tietoja tai muita suunnittelua yksinkertaistavia tietoja. Kaikki tiedot pitää päivittää erikseen sekä piirustukseen että laskelmiin.

Tietokoneohjelman etsintää saattaa hankaloittaa se, että kastelujärjestelmiin liittyvä toiminta on suhteellisen pienimuotoista Suomessa. Täysin kriteereitä vastaavaa ohjelmistoa tullaan tuskin löytämään.

2.2.4 Lemminkäinen Talo Oy:n mittaustyönjohtajan haastattelu

Lemminkäisen Talo Oy:n mittaustyönjohtaja Jyri Leskisen mukaan talo-puolella on paljon mittaajia, mutta myös Lemminkäisen Infran toimialalla on omat mittaushenkilöt. Lemminkäisen talo- ja infra-puolella löytyy useita takymetrejä sekä GPS-laitteita. Mittauslaitteet ovat mittaajien henkilökohtaisessa käytössä. Leskinen ei ollut varma, omistaako Lemminkäinen omia laserkeilauslaitteita.

Yksikertaisin ja kastelujärjestelmille soveltuvin laite voisi Leskisen mukaan olla GPS-laitte. Laitetta on yksikertaista käyttää esimerkiksi avariin paikkojen mittaamiseen, kuten golfkenttiin. Laitteen korkotarkkuus on 5-10 cm luokkaa. GPS-laitteen käyttöä hankaloittaa se, että pitää tietää, missä korkeusjärjestelmässä ja koordinaateissa ollaan (pitää käydä mittaamassa tunnettu piste, jotta tiedetään missä koordinaateissa ollaan). Myös vuorokaudenaika vaikuttaa mittaamisiin (ajankohta vaikuttaa satelliittien sijaintiin) ja mahdolliset aurinkomyrskyt saattavat hankaloittaa laitteiden käyttöä. On myös mahdollista käyttää sekä takymetriä että GPS-laitetta samanaikaisesti.

Mikäli työmaa-alueita ruvettaisiin mittaamaan kastelupuolella, niin olisi 50 % mahdollisuus hyödyntää Lemminkäisen resursseja (henkilökuntaa ja aikaa) kastelupuolen mit-

tauksiin. Tämä johtuu siitä, että kastelupuolen työmaita tehdään pääosin pelkästään kesä-aikaan. Kesäisin mittamiesten työ määrä saattaa ylittää Lemminkäisen resurssit, mikä taas johtaa siihen, että joudutaan käyttämään ulkopuolisia mittamiehiä. Myös mittamiesten lomakausi lisää työ määrää. Leskinen korosti myös sitä, että koska mittajat ovat kiireisiä kesä-aikaan, on vaikea tietää monta kuukautta etukäteen olinpaikkaansa.

Leskisen mukaan on mahdollista kouluttaa joku kastelupuolen henkilö käyttämään mittauslaitteita. Tämä saattaa viedä kuitenkin paljon aikaa ja vaivaa, joten Leskinen suosittelee mieluiten ammattitaitoisen mittamiehen käyttämistä virheellisten mittausten minimoimiseksi. Tätä hankaloittaa myös se, että Lemminkäisen mittalaitteet ovat mittamiesten henkilökohtaisessa käytössä, joten voi olla hankala saada laitteita kastelupuolen omaan käyttöön.



Kuvio 13. Trimble GPS -mittalaite.²⁸

Mittauslaitteet toimivat pääasiallisesti kaikkien mallinnus- ja suunnitteluohjelmien kanssa yhteen (Autodesk'in AutoCAD Civil 3D). Jotkut ohjelmistot saattavat vaatia lisäosia tai -ohjelmia tiedonsiirron avuksi, kuten ascii-tiedoston tiedonsiirtämisen avuksi. Itse mittauslaitteeseen tallennettujen tietojen siirto ei Leskisen mukaan ole vaikeaa. Suunnitelmakuvaan merkittyjen, esimerkiksi sadettajan, koordinaattien siirto mittauslaitte-

²⁸ Geotrim Oy:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.geotrim.fi/i/trimblen-gnss-teknologia-patentoituja-menetelmia/>

seen ja siitä edelleen maastoon on mahdollista ja vaatii hiukan lisätöitä, mutta se ei ole vaikeaa.

Lemminkäisen mittauspuolella mittaustiedon siirtämiseen suunnitteluohjelmaan on kehitetty Tekla Structures:a, AutoCAD:iä, AutoCAD Civil 3D:tä, Novapoint:ia, Kyndata Oy:n CADSpawner:a sekä 3D Win:ä. Edellä mainituista ohjelmista paras Leskisen mukaan paras mittatiedon käsittelyohjelma on 3D Win.

29

²⁹ Lemminkäinen Talo Oy:n mittaustyöjohtaja Jyri Leskisen haastattelu. (Haastattelupäivä 7.2.2012).

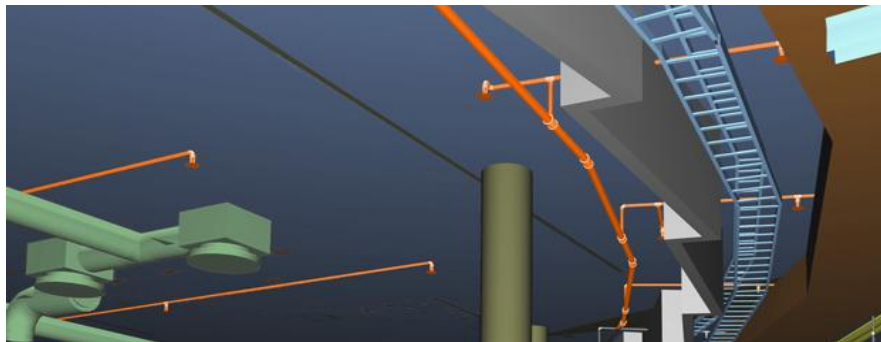
3 Tietokoneavusteinen suunnittelu ja mallinnus

3.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

3.1.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu ja sen kehitys

Tietokoneavusteisella suunnittelulla (CAD) tarkoitetaan tietokoneen ja tietokoneohjelmistojen käyttöä suunnittelun apuvälineenä. Perinteiseen käsinpiirtomenetelmään verrattuna suunnitelma luodaan digitaalisesti ohjelmistoja käyttäen ja siitä tuotetaan erilaisia tulosteita. Tietokoneavusteista suunnittelua tehdään, koska se tehostaa huomattavasti suunnitteluprosessia.³⁰

Suomessa on käytössä useita ohjelmistotoimittajia ja ohjelmistotuotteita. Tunnetuimmat kotimaiset infrasuunnitteluohjelmistot ovat Novapoint ja Tekla. Näiden lisäksi löytyy myös kansainvälisiä CAD-tuotteita. Tunnetuimpia ovat Autodesk'in AutoCAD-tuoteperhe ja Bentley:n MicroStation-tuoteperhe.³¹



Kuvio 14. Havainnekuva MagiCAD:n Sprinkler Designer:lla mallinnetusta järjestelmästä.³²

³⁰ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.21 ja s.31. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³¹ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.21 ja s.31. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³² Progman Oy:n kotisivut: Sprinkler Designer. (Verrkodokumetti, viitattu 21.3.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/en/content/magicad-sprinkler-designer>

Rakennusten suunnittelu on muuttunut käsin piirtämisestä digitaaliseksi 1990-luvun aikana ja on laajentunut 2000-luvulla varsin kattavaksi. Kaksiulotteisesta (2D) CAD-suunnittelusta ollaan siirtymässä kolmiulotteiseen 3D-suunnitteluun ja siitä edelleen voimakkaasti kehittyvään tuotemallintamiseen. Kolmiulotteinen suunnittelu on rakennusten muodon visuaalista kuvaamista kolmiulotteisesti. Tuotemallintaminen eli tietomallinnus on kolmiulotteisen muodon visuaalisen kuvaamisen lisäksi rakennuksen osien ja niihin liittyvien tietojen kuvausta. Se kuvaa tuotteen rakenteen ja sisältää sen tuottamiseen sekä rakentamiseen tarvittavat tiedon. Tuotemallintaminen on leviämässä nopeasti rakennusalalla. ³³

3.1.2 Miksi tietokoneavusteista suunnittelua tehdään?

Tietokoneavusteista suunnittelua tehdään, koska se antaa suunnittelijoille apuvälineitä ja helpotuksia työntekoon. Sen ideana on tehostaa suunnittelua ja parantaa laatua, prosesseja sekä yrityskuvaa. Kaikista eduista huolimatta tulee suunnittelijan olla luova ja ymmärtää asiansa niin, että ohjelmistot toimivat työtä tukevana työkaluna eikä suunnittelua ohjaavana välineenä. Usein on huomattu, ettei suunnitteluihin käytettyä kokonaisaikaa ole lyhennetty, vaan suunnittelun tarkkuutta ja laatua parannettu. Tietokoneohjelmistojen käytön etuina suunnittelussa ovat

- tiedon oikeellisuus ja luotettavuus
- arkistoinnin ylläpidon helpottaminen
- suunnitelmien reaaliaikaisuus
- eri suunnitelmien yhteensopivuuden parantaminen
- tiedon käsittelyn helpottaminen

³³ Penttilä, Hannu – Nissinen, Sampsa – Niemioja, Seppo. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. s.3-8. Helsinki: Rakennustieto Oy.

- visualisointi sekä vertailu mahdollisuudet.³⁴

On erityisen tärkeää tehdä suunnitelmat aidossa koossa, koska tällöin varmistutaan lähtöaineistojen ja rakennusosien oikeasta sijainnista sekä oikeellisuudesta rakentamista varten. Suunnitelmien aineistot luodaan todellisessa koossa eli mittakaavassa (1:1). Infrarakentamisessa on tärkeää myös mallintaa aineisto maailman koordinaatistoon, jolla varmistetaan tiedon oikeellisuus. Maanpinnan maastomalli tehdään sekä mittaus- ja tutkimusaineistojen perusteella. Näin ollen suunnitelmasta tulee luotettavampi, kun tiedot ovat varmoja. Ohjelmistojen avulla laskentarutiinit sekä pintamallien yhdistämiset tapahtuvat automaattisesti ja näin ollen inhimillisten virheiden määrä vähenee suunnittelussa.³⁵

Lähtöaineistot kuitenkin tuottavat suuren määrän digitaalista aineistoa, jota voidaan hallita vain tietokoneen ja ohjelmistojen avulla. Arkistointi ja sen ylläpito helpottuu, kun kaikki tarvittava tieto löytyy yhdestä paikasta.³⁶

Tietotekniikan avulla pystytään tuottamaan täsmällisempää tietoa reaaliaikaisesti eri osapuolten välillä. Näin ollen jokainen hankkeeseen osallistuva tekijä on tietoinen uusista tiedoista ja suunnitelmissa tapahtuvista muutoksista. Nykyajan tietotekniikka myös helpottaa tiedonkulkua eri osapuolten välillä. Piirustuksia pystytään lähettämään yhdellä tietokoneen napinpainalluksella eteenpäin.³⁷

³⁴ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³⁵ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³⁶ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³⁷ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

Tietokoneavusteinen suunnittelu parantaa eri suunnittelijoiden välistä yhteistyötä, koska sen avulla pystytään tekemään törmäystarkasteluita. Sillä varmistetaan, ettei eri suunnittelijoiden tekemissä rakenteissa ole päällekkäisyyksiä.³⁸

Tulosteet saadaan helposti tehtyä samasta aineistosta eri mittakaavoihin ilman erillisiä muutoksia suunnitelma-aineistoon. Mikäli suunnitelma tehtäisiin vanhaan malliin eli piirtäen paperille, tulisi kaikki mittakaavat piirtää erillisinä suunnitelmina omille paperilleen.³⁹

Myös tehtyjen vaihtoehtojen vertailu ja tarkastelu tietokoneella on nopeaa ja luotettavaa. Niitä voidaan myös tarkastella eri näkökulmista. Suunnitelmamallinnuksen avulla voidaan esimerkiksi tarkastella moottoritien vaikutusta maisemaan ja ympäristöön. Vertailemalla voidaan löytää esimerkiksi luotettavampi tai kustannustehokkaampi ratkaisu.⁴⁰

3.2 Mallintaminen

3.2.1 Mitä tarkoitetaan mallintamisella ja miksi siihen on siirrytty?

Tuotemallintaminen on kokonaisvaltainen, integroitu tapa hallita digitaalisessa muodossa olevia rakennushankkeen tietoja. Sen avulla pystytään hallitsemaan, toteuttamaan, suunnittelemaan ja tulkitsemaan helpommin rakennushankkeentietoja, kuin perinteisten viivapiirustustyökalujen avulla. Keskeisiä etuja viivapiirustustyökaluihin verrattuna koko rakennushankkeelle ovat

- täsmällisemmän tiedon tuotto

³⁸ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

³⁹ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

⁴⁰ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.26-28. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

- käyttökelpoisempi materiaali hyödynnettäväksi
- rakennushankkeen elinkaarta käsittelevän tiedon hyödyntäminen
- visualisointi.

Hankkeesta saadaan täsmällisempää ja luotettavampaa tietoa, koska mallintamisella parannetaan suunnitelmien yhteensopivuutta, suunnittelijoiden tiedonkulkua sekä vähennetään suunnitteluvirheitä. Lopputulos ja suunnitelmien tietosisältö tulee tarkemmaksi ja monipuolisemmaksi ja suunnitelmien mahdolliset suunnitteluvirheet pystytään havaitsemaan aikaisemmin.

Tuotemallintamisella pystytään tuottamaan käyttökelpoisempaa tietoa hankkeeseen osallistuvien osapuolten välille. Suunnitelmissa pystytään huomioimaan tuotannon-suunnittelu samanaikaisesti kustannus- ja aikatauluharkinnassa ja materiaalien hankinnassa.

Tuotemallin avulla pystytään arvioimaan hankkeen elinkaarikustannuksia ja huomioimaan suunnittelussa ympäristövaikutuksia. Tätä tietoa pystytään käyttämään hyväksi rakennusten käytössä ja ylläpidossa.

Visualisoinnilla suunnitelmien havainnollisuus paranee ja sen avulla pystytään tuottamaan hyödyllistä tietoa vertailun tueksi. Myös vaihtoehtojen vertailu paranee.

Suurin etu tuotemallintamisessa on viivapiirustustyökaluihin verrattuna, että kaikki tarvittava tieto löytyy samasta paikasta digitaalisessa muodossa. Tuotemallista voidaan tuottaa suunnitelmadokumentit, mitta- ja määrätiedot, visuaaliset kuvaukset hankkeesta sekä kiinteistöhallinnan lähtötiedot.

Mallinnuksen etuja pystytään hyödyntämään lähtötietojen keräämisessä, tiedonsiirrossa, suunnitelmassa ja visualisoinnissa. Näiden edellä mainitsemien tilanteiden lisäksi pystytään mallinnusta hyödyntämään suunnitelmien jalostamisessa työmaalle.

41



Kuvio 15. Infrahankkeen tietomallipohjainen tiedonhallinta.⁴²

⁴¹ Penttilä, Hannu – Nissinen, Sampsa – Niemioja, Seppo. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa, yleiset periaatteet. s.8-11. Helsinki: Rakennustieto Oy.

⁴² Infra 2010: tuotemallintaminen. (Verkkodokumentti, viitattu 9.4.2012). Saatavissa: <http://www.infra2010.fi/Alasivut/tuotemallint.html>

3.2.2 Mallinnuksen hyödyntäminen lähtöaineistoa varten

Mikäli lähtöaineistossa on virheitä, ne saattavat aiheuttaa turhia ongelmia ja lisäkustannuksia rakennusvaiheessa. Suunnitelman tarkkuutta ja luotettavuutta lisää mallinnuksen maastomalli. Se ei ole sama asia kuin kartan korkeuskäyrät. Korkeuskäyrät eli maaston pinnan korkeudet ovat yleensä viitteellisiä eli korkeustiedot eivät ole niin tarkkoja kuin maastomallissa, koska korkeuskäyriä pehmenellään ja pyöristellään siirtäen samalla niiden oikeaa sijaintia.



Kuvio 16. Mittausten perusteella tehty maastomalli. ⁴³

Maastomallilla tai pintamallilla tarkoitetaan digitaaliseen muotoon luotua kolmiulotteista mallia maaston pinnan muodoista. Kun malli kuvaa pelkästään pinnan korkeuseroja, puhutaan korkeusmallista. Korkeusmallia voidaan käyttää korkeuskäyrien, profiilien ja poikkileikkausten määrittämiseen tai erilaisten kaltevuus- ja virtausanalyysien tekemiseen. Kun mallissa kuvataan maanpäälliset rakenteet, kuten rakennukset ja kasvillisuus, puhutaan maastomallista. Tällaista mallia käytetään suunnittelun ja visualisoinnin työkaluna. Kartoittamalla suunniteltavan alueen maa- ja kallioperää kairauksen tai näytteenottojen avulla voidaan alueesta tehdä maastomallin kaltaiset pintamallit kerroksittain. Tätä pystyy hyödyntämään maamassojen ja tilavuuksien laskemiseen sekä tietojen analysointiin.

⁴³ Tammissaaren kaupungin sivut: Tammissaaren saaristo. (Verkkodokumentti, viitattu 21.3.2012). Saatavissa: <http://www.ekenas.fi/museum/ark34.JPG>

Maastomalli pystytään tekemään laserkeilauksen tai perinteisen mittausmenetelmien avulla. Käytettävään mittausmenetelmään vaikuttaa kohteen laajuus, maasto-olosuhteet sekä mittaukselta vaadittava tarkkuus. Laserkeilaus pystytään tekemään maasta tai lentäen. Maasta tapahtuva keilaus soveltuu pienten, rajattujen alueiden keilaukseen, kuten esimerkiksi siltojen ja tunneleiden keilaukseen. Lentäen tapahtuva keilaus sopii taas laajojen alueiden tarkkaan mittaamiseen. Laserkeilaus on nopea ja helppo tapa mitata, siinä tulee kuitenkin huomioida mittausdatan työläs prosessointi käyttöaineistoksi. Tämä johtunee mittauspisteiden valtavasta määrästä, jonka haasteena ovat pisteiden karsinta ja tulkitseminen. Perinteinen mittaus suoritetaan takymetrillä tai GPS:n avulla. Menetelmien etuina ovat erittäin yksityiskohtainen ja tarkka malli valmiiksi koodattuna mittauskohteesta. Menetelmiä käytetään yleensä täydentämään keilausta tai ilmakeilausta. Huonoina puolina ovat hitaus ja kalleus, koska hyväkään työryhmä ei mittaa enempää kuin 7-10 hehtaaria päivässä.

Infrasuunnittelussa suunnitelma tulee aina sitoa tarkasti paikkaan koordinaatistoa käyttäen. Tämä eroaa rakennusten suunnittelusta, jossa rakennus suunnitellaan tontin rajoihin sidottuun projektikohtaiseen koordinaatistoon. Infrasuunnittelun etuina on, että lähtöaineistot, kuten pohjakuvat, maastomallit ja mittausaineistot voidaan kohdentaa koordinaatiston avulla.

44

3.2.3 Mallinnuksen hyödyntäminen tiedonsiirrossa

Tiedonsiirto on oleellinen osa koko infran elinkaarta. Tiedonsiirtoa hankaloittaa se, että tiedostoformaatteja tiedon tallennukseen ja siirtoon on useita. Formaattit ovat yleensä tekstitiedostoja (ascii-formaatteja), jotka on siirrettävissä erilaisissa kone- ja käyttöympäristöissä. CAD-ohjelmilla on myös omat formaattinsa tiedon tallentamiseen ja siirtämiseen. Tällaisia ovat mm DWG- ja DGN-formaatit.

⁴⁴ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.32-42. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

LandXML on kansainvälinen standardi infran suunnittelutiedon siirtoon. Tämä standardi perustuu XML-merkintäkieleen. XML-kieltä käytetään formaattina sekä tiedonvälitykseen järjestelmien välillä että dokumenttien tallentamiseen. Näiden dokumenttien käytöllä tavoitellaan yhdenmukaisempaa tallennusmuotoa sekä suunnittelutoimistojen riippumattomuutta tietystä ohjelmistotoimittajasta.

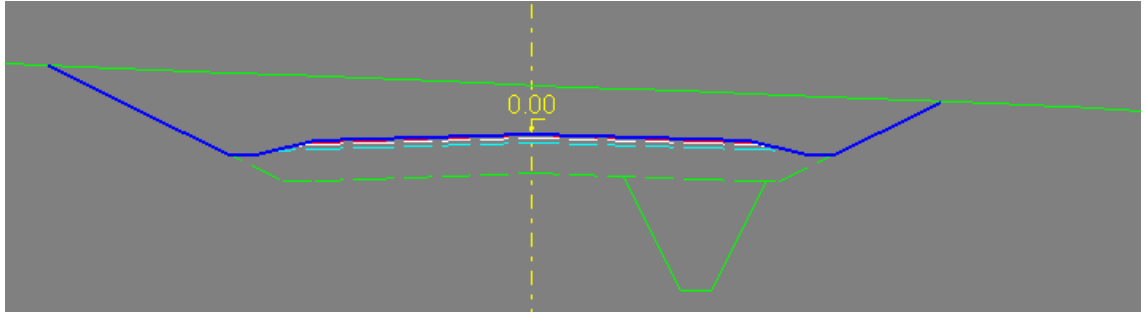
45

3.2.4 Mallinnuksen hyödyntäminen suunnitelmassa

Mallinnuksella pystytään tehostamaan suunnittelua monella tavalla. Pohjatietoina toimivat maaston tyyppi ja muodot, rakennukset ja rakenteet, johto- ja laitetiedot, kaava- ja tonttirajat, liikenneverkko sekä suojeltavat kohteet. Ensimmäisenä ennen suunnittelun aloittamista tehdään maastomalli, jossa numeerinen tieto viedään suunnitteluohjelman tietokantaan ja tehdään aineistosta pintamalli eli kolmioverkko. Kolmioverkko on tärkeä osa pohjatietoa. Mallinnuksen avulla pystytään pitämään vaaka- ja pystygeometriatieto ajankohtaisena sekä sopusoinnussa keskenään. Tämä helpottaa suunnittelua varsinkin silloin, kun tietoja eli suunnitelmaa muutellaan. Näin ollen tiedot päivittyvät ajankohtaisesti jokaiseen kuvaan ja virheiden korjaaminen on helppoa ja nopeaa. Myös eri suunnitelmakuvat eli esimerkiksi edellä mainitut vaaka- ja pystygeometriat helpottavat kokonaisuuden hahmottamista sekä sopivan ratkaisun löytymistä.⁴⁶

⁴⁵ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.45-53. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

⁴⁶ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.54-61. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.



Kuvio 17. Kuva tien poikkileikkauksesta mallinnusohjelmassa. ⁴⁷

Näiden lisäksi suunnitteluohjelmissa pystytään helposti määrittelemään poikkileikkauksen tiedot. Esimerkiksi tiemallissa määritellään sivukaltevuudet, rakennepaksuudet, pientareiden sekä luiskien leveydet. Poikkileikkaustyyppejä on mahdollista valita valmiista "poikkileikkauskirjastoista". Nämä helpottavat myös suunnittelun tekoa. Kun poikkileikkaukset on määritelty ja kiinnitetty tielinjalle, voidaan suorittaa tiemallilaskenta. Tiemallilaskenta tarkastaa, ettei suunnitellussa tiessä löydy virheitä. Kun laskenta on suoritettu, voidaan tarkastella ja tulostaa poikkileikkaustietoa jokaisesta paalukohdasta erikseen. ⁴⁸

Tiemallilaskennasta saadaan myös tuloksena kolmiulotteinen malli. Sen avulla pystytään visuaalisesti tarkastelemaan mahdollisia virheitä sekä tuloksen esteettisyyttä. Uusimmissa ohjelmistoissa löytyy oma sovellus suunnitelman kolmiulotteiseen tarkasteluun. Tällöin esimerkiksi tiellä voidaan ajaa "virtuaalisesti", jolloin esimerkiksi geometristen suunnittelu periaatteiden puuttuminen paljastuu helposti. ⁴⁹

Poikkileikkaukslaskennan tuloksena saadaan massamäärälaskennat ja ne ovat nykyohjelmilla melko pitkälle automatisoituja. Infrahankkeissa tärkeänä pyrkimyksenä on masatasapaino, jonka tavoitteena on kustannusten optimointi. Yleensä infrahankkeen suurimmat kustannukset tulevat juuri massojen siirroista. Tämän takia on hyvä eliminoida

⁴⁷ Wiki: Novapoint. (Verkkodokumentti, viitattu 9.4.2012). Saatavissa: http://wiki.novapoint.com/doku.php/fi:np:release_notes:np1720

⁴⁸ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.62-63. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

⁴⁹ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.62-63. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

kustannuksia korottavia tekijöitä jo suunnitteluvaiheessa. Kun massatasapainotarkastelu tehdään suunnitteluvaiheessa, vältetään turhilta kustannuksilta ja muutoksilta urakointivaiheessa.⁵⁰

Myös määrälaskennat on mahdollista suorittaa automaattisesti nykyohjelmilla. Määrälaskennan tavoitteena on tuottaa määrätietoja hankkeen eri vaiheissa ja tehtävissä. Hankkeen eri osapuolet tarvitsevat määrätietoja päätöksenteon perustaksi ja keskinäiseen kanssakäymiseen. Tilaaja tarvitsee määrätietoja hankkeen laajuustavoitteiden asettamiseen, suunnittelun ohjaukseen ja kustannusarvioiden laadintaan. Suunnittelija tarvitsee määrätietoja vaihtoehtoverailujen tekoon, ja suunnittelussa loppumäärien kuvaukseen. Tuotannossa taas määrälaskentoja käytetään hankelaskennassa töiden kustannusarviointiin, tuotannosuunnittelussa aikataulutukseen, materiaalihankintoihin ja urakointitöiden suunnitteluun. Automaattisella määrälaskennalla pystytään eliminoimaan inhimillisiä virheitä ja tuotetaan tehokkaita tuloksia.⁵¹

Nykyaikaisessa tietokonepohjaisessa suunnittelussa visualisointi ymmärretään helposti 3D-mallintamiseksi ja havainnollistamiseksi. Se on kuitenkin paljon muutakin. Visualisointi on suunnitelmaan tehtyjen asioiden selventämistä, havainnollistamista, kommunikointia, ymmärtämistä ja näkemistä. Sillä helpotetaan suunnittelua, viestintää eri osapuolten välillä sekä päätöksentekoa. Visualisointi yksinkertaisesti lisää tiedonkulkua ja ymmärrystä ja edistää siten hankkeiden toteutumista. Visualisointiin ei riitä pelkkä geometria vaan siihen vaikuttaa myös materiaalien läpinäkyvyys, heijastuvuus ja kiiltävyys. Esimerkiksi rasterikuvatiedoston avulla ja valaistuksella pystytään tehostamaan visualisointia niin, että suunnitelmasta saadaan oikeamman ja realistisemmän näköinen. Visualisointityökaluja on kahdenlaisia. On perinteisiä, kuten 3D Studio, jotka perustuvat perusmallinnustyökaluille ja kuvien laskentaan erilaisin varjostusmenetelmin. Nämä työkalut soveltuvat visualisoinnin asiantuntijoille. Uusimmat visualisointityökalut, kuten Novapoint Virtual Map, perustuvat automaattisiin mallinnustyökaluihin. Tämä

⁵⁰ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.65-66. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

⁵¹ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.81-82. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

tarkoittaa sitä, että mallit syntyvät lähes automaattisesti lähtötiedoista, joita suunnittelijat tuottavat.⁵²



Kuvio 18. Havainnekuva virtuaalimallista.⁵³

Virtuaalimalli on tarkka kolmiulotteinen suunnitelman malli, jota voidaan tarkastella eri kuvakulmista. Se eroaa perinteisestä visualisoinnista siinä, että se perustuu tarkkaan suunnitelmätietoon eikä siinä ole vain taiteilijan näkemys kohteesta. Esimerkiksi virtuaalimalli-tekniikka on luotettava visualisointitapa, koska se perustuu tarkasti käytettävissä olevaan tietoon, ei vääristä olemassa olevia tai suunniteltuja rakenteita ja mahdollistaa mallin tarkastelun eri puolilta. Nykyaikaiset virtuaalimallit voisivat hyvin korvata paperitulosteet ja toimia projektijohdon työkaluina suunnittelussa. Näiden virtuaalimallien avulla voidaan estää virheiden synty, säästää kustannuksissa ja varmistaa hankkeen sujuva toteuttaminen.⁵⁴

⁵² Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.68-75. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

⁵³ Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 13.3.2012). Saatavissa: http://www.elykeskus.fi/fi/Liikenne/tiehankkeet/pirkanmaa/Valtatie_3_Tampereelta_Vaasaan_la_atutasoltaan_yhtenaiseksi/jalasjarvi/Documents/Havainnekuvat/havainnekuva_12.jpg

⁵⁴ Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. s.77-80. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

4 Suunnittelu- ja mallinnusohjelmien ratkaisuvaihtoehdot

4.1 Vianova Systems Finland Oy: Novapoint



Kuvio 19. Vianova Systems Oy:n logo. ⁵⁵

Vianova Systems Finland Oy on Espoossa, Oulussa ja Tampereella toimiva 30 hengen asiantuntijaorganisaatio, joka suunnittelee ja kehittää tiesuunnittelu- ja infraohjelmistoa. Vianova kuuluu kansainväliseen, yhteistyössä toimivaan Vianova-verkostoon. Vianova verkostolla on yritykset Suomen lisäksi Virossa, Norjassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Ranskassa, Belgiassa ja Espanjassa. Thaimaassa ja Vietnamin Vianovalla on kaksi tuotekehitysyksikköä. Vianova Systems Finland Oy on yhdyskuntatekniikan alan ohjelmistotalo, jonka päätuotteena on yhdyskuntatekniikan suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon kehitetty Novapoint-ohjelmistoperhe. ⁵⁶

Novapoint Water & Sewer:iin perustoiminnallisuuteen kuuluvat mm. virtuaalimalli, kaivantogeometrian suunnittelu samanaikaisesti pysty- sekä vaakasuunnassa, poikkileikkaukset, materiaali- ja varustekirjastot, massa- ja määrälaskennat sekä piirustustuotanto. ⁵⁷

⁵⁵ Vianova:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/>

⁵⁶ Vianova:n kotisivut: tietoa Vianova:sta. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/Tietoa-Vianovasta#.TyJzwqjzjvM>

⁵⁷ Vianova:n kotisivut: Novapoint Water & Sewer. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/index.php/Toimialat/Infrasuunnittelu/Novapoint-Water-and-Sewer#.TyJ81ajzjvM>

Novapoint:in ohjelmistoja ovat: Novapoint Base, Novapoint Road, Novapoint Water & Sewer, Novapoint Kaavasuunnittelu, Novapoint Virtual Map, Novapoint Vihersuunnittelu, Novapoint Railway, Novapoint Civil Construction, Novapoint Site Tool, Novapoint Road Signs, Novapoint Road Marking, Novapoint IRIS, Novapoint GeoCalc, Novapoint Map, Novapoint Soundings, Novapoint Web, Novapoint Utility Network, Novapoint GO sekä Novapoint Subscription.⁵⁸

Kastelujärjestelmien suunnittelua varten tutkitaan Novapoint:in Water and Sewer -versiota ja sen lisäksi tarvittavia lisäosia kastelujärjestelmien suunnittelua varten.

4.2 Tekla Oyj



Kuvio 20. Tekla:n logo.⁵⁹

Joukko suomalaisia insinööritoimistoja päätti ruveta tekemään suunnitteluohjelmistoja yhdessä. Sen johdosta Teknillinen laskenta Oy perustettiin vuonna 1966 Helsingissä. Yhtiön viralliseksi nimeksi tuli Tekla Oy 1980.⁶⁰

Tekla Oyj on ohjelmistoyritys. Sen pääkonttori sijaitsee Espoossa. Tekla:sta tuli osa Trimble-konsernia heinäkuussa 2011. Tekla:lta löytyy konttoreita myös Ruotsista, Tanskasta, Saksasta, Isosta-Britanniasta, Ranskasta, Yhdysvalloista, Japanista, Singa-

⁵⁸ Vianova:n kotisivut: Novapoint. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: http://www.vianova.fi/Tuotteet/Novapoint#.TyJ_L6jzjvM

⁵⁹ Tekla:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/Pages/Default.aspx>

⁶⁰ Tekla:n kotisivut: Tekla:n historia. (Verkkodokumentti, viitattu 2.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/about-us/history/Pages/Default.aspx>

poresta, Malesiasta, Indonesiasta, Thaimaasta, Kiinasta, Intiasta sekä Yhdistyneistä Arabiemiraateissa. Konsernin palveluksessa on yli 500 henkilöä, joista noin 200 Suomen ulkopuolella. Yritys valmistaa kansainvälisille markkinoille mallipohjaisia suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä. Ohjelmistot soveltavat kolmiulotteista suunnittelua, ja suunnitteluobjekteihin on tyypillisesti integroitu myös paikkatieto.⁶¹

Tekla:n ohjelmistoja ovat Tekla BIM sekä Tekla Solutions. Tekla BIM koostuu Tekla BIMsight:sta sekä Tekla Structures:sta. Tekla Solutions koostuu Tekla Nis:stä, Tekla DMS:stä, Tekla Municipality:stä sekä Tekla Civil:stä.⁶²

Tekla BIMsight on tietomallisovellus mallipohjaiseen projektiyhteistyöhön, jonka avulla voi katsella kaikkien rakennushankkeen osapuolten tuottamia malleja. Tekla Structures on rakennuksen tietomallinnus (BIM) -ohjelmisto, jolla voi luoda ja hallita tarkasti detaljoituja, rakentamisen prosesseja tukevia kolmi- ja neliulotteisia rakennemalleja.⁶³

Tekla NIS (*Network Information System*) on energia- ja vesihuoltoyritysten liiketoimintaan suunnattu verkkotietojärjestelmä, Tekla DMS (*Distribution Management System*) on käytöntuki sähköyritysten käyttötoimintaan, Tekla Municipality GIS on paikkatietojärjestelmä kuntien tekniselle sektorille ja Tekla Civil on infrasuunnitteluun ja -rakentamiseen tarkoitettu ohjelmisto.⁶⁴

Kastelujärjestelmien suunnittelua varten lähdetään tutkimaan Tekla Solutions:in Civil:iä sekä Nis:siä, jotka suunnattu infra- ja energiatoimialoille.

⁶¹ Tekla:n kotisivut: tietoa Tekla:sta. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/about-us/facts-and-figures/Pages/Default.aspx>

⁶² Tekla:n kotisivut: Tekla:n ohjelmistoratkaisut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/solutions/Pages/Default.aspx>

⁶³ Tekla:n kotisivut: rakentaminen. (Verkkodokumentti, viitattu 22.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-STRUCTURES/Pages/Default.aspx>

⁶⁴ Tekla:n kotisivut: Infra- ja energiatoimialat. (Verkkodokumentti, viitattu 22.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-SOLUTIONS-FOR-INFRASTRUCTURE-AND-ENERGY-INDUSTRIES/Pages/Default.aspx>

4.3 Progman Oy: MagiCAD

PROGMAN OY

Kuvio 21. Progman Oy:n logo. ⁶⁵

MagiCAD:in kehittäjä on suomalainen Progman Oy. Yritys perustettiin vuonna 1983 ja sen palveluksessa on tällä hetkellä n. 60 työntekijää Suomessa ja Ruotsissa. Yritys on Pohjoismaiden suurin talotekniikka-alan ohjelmistotalo. Progman:in palveluihin kuuluvat Product Modelling -tuotemallinnuspalvelut sekä Progman Consulting -asiakaskohtainen ohjelmistokehitys. ^{66 67}

MagiCAD on CAD-ohjelmisto talotekniseen suunnitteluun tarkemmin sanottuna LVI- ja sähköjärjestelmien suunnitteluun ja piirtämiseen. Ohjelmiston ensimmäinen versio lanseerattiin markkinoille 1998. Kolmiulotteisella tietokoneohjelmalla pystyy tekemään risteilytarkastelut, leikkauskuvat, määrä-/massalaskennat, mitoitusta, tasapainotusta (painehäviölaskenta), äänilaskennat, lämpöhäviölaskennat sekä luomaan objekteja. Talotekniikan tuotteiden tuotemallinnus tapahtuu omilla Qmodel- ja Qbase-tekniikoilla. ⁶⁸

MagiCAD:n tietokoneohjelma versiot ovat: MagiCAD Ventilation, MagiCAD Heating & Piping, MagiCAD Sprinkler Designer, MagiCAD Electrical, MagiCAD Circuit Designer,

⁶⁵ Progman Oy:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/progman-oy>

⁶⁶ Progman Oy:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/progman-oy>

⁶⁷ Rakennuslehden verkkosivut, artikkeli: Talotekniikan huippuosaamista Raumalta. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/uutiset/8882.html>

⁶⁸ MagiCAD:in kotisivut: MagiCAD lyhyesti. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/magicad-lyhyesti>

MagiCAD System Designer, MagiCAD Room, MagiCAD Comfort & Energy sekä MagiCAD Object Enabler.⁶⁹

Kastelujärjestelmien suunnittelua varten tutkitaan MagiCAD:n Sprinkler Designer -versiota. MagiCAD Sprinkler Designer yhdistää sprinklerien piirron ja laskennan. MagiCAD Sprinkler Designer sisältää MagiCAD Heating & Piping sekä Sprinkler Calculation -sovellukset. Sprinkleriverkoston piirto tehdään Heating & Pipingilla ja aloitettuja kuvia voidaan jatkaa Sprinklerillä, joka suorittaa myös laskennan. Sovellukset toimivat saumattomasti yhteen. Heating & Piping -sovelluksessa oleva vesijohtomitoitus on aivan tavallinen vesijohtojen mitoitustapa, jolla mitoitetaan normaaleja esimerkiksi talon sisäpuolella olevia käyttövesiverkostoja, erilaisia lämmitys ja jäähdytysverkostoja. Sprinklerisovelluksen mitoitustapa puolestaan on hieman erilainen, itse asiassa se ei varsinaisesti mitoi, vaan pelkäästään analysoi mallinnettua verkostoa. Tämä lähinnä siitä syystä, että sprinkleriverkosto on rengasverkosto ja sen mitoittaminen perinteisessä mielessä on mahdotonta eli siksi siinä lähestymistapa on analyysi-tyyppinen.⁷⁰

4.4 Autodesk: AutoCAD Civil 3D



Kuvio 22. Autodesk:in logo.⁷¹

Yhdysvaltalainen Autodesk Inc kehittää ja julkaisee tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmistoja. AutoCAD-tuoteperhe on maailman tunnetuin suunnitteluohjelma, josta en-

⁶⁹ MagiCAD:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi>

⁷⁰ MagiCAD:in kotisivut: Sprinkler Designer. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/2642011-magicad-sprinkler-designer-yhdist%C3%A4%C3%A4-piirron-ja-laskennan>

⁷¹ Autodesk:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/home?siteID=448412&id=514927>

simmäinen versio julkaistiin vuonna 1982. Ohjelmiston DWG-tiedostotyyppistä ja DXF-siirtoformaattista tuli suunnittelualalla de facto -standardeja, jotka ovat 2D-suunnittelussa yhä valta-asemassa. AutoCAD onkin erittäin suosittu ohjelmistoalusta, jonka varaan on tehty tuhansia laajennussovelluksia eri suunnittelualoille ja eri tehtäviin. Autodesk'in ohjelmia myyvät yrityksen valtuuttamat jälleenmyyjät eri puolilla maailmaa.⁷² Suomesta löytyy useita Autodesk'in ohjelmistojen jälleenmyyjä. Future CAD Oy on Autodesk'in ohjelmien maahantuojana Suomessa.

Autodesk:ltä löytyy useita tietokoneohjelmia eri toimialoja varten. Sen ohjelmistoversioita ovat: AutoCAD (ohjelmiston perusversio), AutoCAD LT AutoCAD Raster Design AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Electrical, AutoCAD Map 3D, AutoCAD Mechanical, AutoCAD MEP, AutoCAD Structural Detailing.⁷³

Kastelujärjestelmien suunnittelua varten tutkitaan AutoCAD Civil 3D, joka on tarkoitettu yhdyskunta- ja infrasuunnittelua varten.

4.5 Bentley Systems: WaterCAD



Kuvio 23. Bentley Systems'in logo.

Bentley Systems on perustettu 1984 ja sillä on lähes 3.000 toimihenkilöä yli 45 maassa. Bentley on kestävästä infrastruktuurin ohjelmistoratkaisuiden toimittaja. Ohjelmistorat-

⁷² Autodesk'in kotisivut: tietoa yrityksestä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://usa.autodesk.com/company/>

⁷³ Autodesk'in kotisivut: tuotteet. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/home?siteID=448412&id=514927>

kaisuja löytyy rakennuksista siltoihin, kuljetuksista kunnallistekniikkaan, energiasta vesihuoltoon ja ne on suunnattu insinööreille, arkkitehdeille sekä urakoitsijoille.⁷⁴

Bentleyltä löytyy monia eri ohjelmistoratkaisuja mutta esimerkiksi vesi- ja jätevesiverkostojen analysointiin ja suunnitteluun tarkoitettut ohjelmistot voisivat toimia ratkaisuna kastelujärjestelmien suunnittelua varten. FlowMaster on ohjelmisto, jolla voidaan tehdä kaikki virtauslaskelmat muutamissa minuuteissa käsinlaskentaprosessin sijaan. WaterCAD:llä voidaan tehdä automaattisesti mm. kokoverkoston mitoitus ja putkistokojen valinnat. Se koostuu eri moduuleista:

- Darwin Calibrator – Automaattinen mallin kalibrointi
- Darwin Designer - Optimoitu ja automaattinen verkon suunnittelu
- Darwin Scheduler - Optimoitu pumpun aikataulutus
- Skelebrator - Hydraulinen-älykäs verkko vähennys
- Pipe Renewal Planner - Pipe Asset suunnittelu ja hallinta

WaterGEMS sisältää kaikki WaterCAD:iin saatavat moduulit samassa paketissa sekä GIS-ominaisuudet.

⁷⁴ Bentley Systems:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 22.2.2012). Saatavissa: <http://www.bentley.com/fi-FI/>

5 Ohjelmistojen ominaisuuksien kartoitus ja vertailut

5.1 Tietokoneohjelmien ominaisuuksien tutkiminen käyttökokemusten avulla

5.1.1 Alustusta tutkimukseen

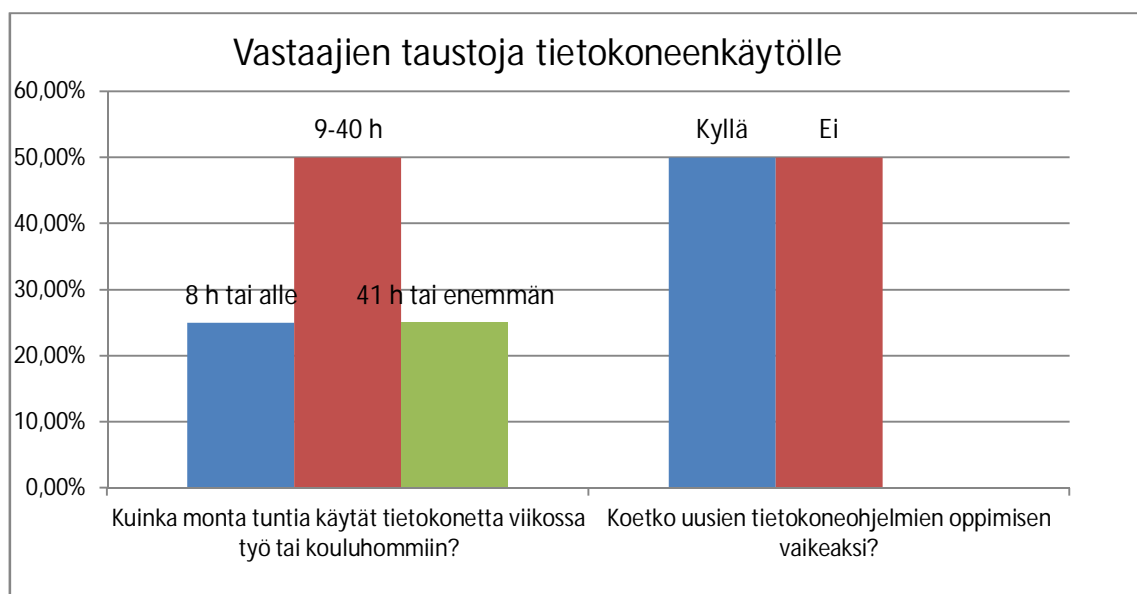
Eräs keinoista kartoittaa tietokoneohjelmien toimivuutta ja käyttöä ovat käyttökoke-
mustutkimukset. Kyselylomakkeita lähetetään jälleenmyyjien/valmistajien ulkopuolisille
henkilöille, joilta saisi puolueettoman kannan ohjelmien käyttökokemuksista. Kyselyt
suunnataan rakennusalan opiskelijoille sekä valmistuneille tai muille rakennusalan yri-
tyksissä työskenteleville. Käyttökoke-
mustutkimusten onnistumiseen vaaditaan vähin-
tään muutamia käyttökoke-
mustutkimuksen vastauksia jokaisesta tutkimuskohteena
olevasta ohjelmistosta, jotta tuloksia pystyttäisiin hyödyntämään suunnittelu- ja mallin-
nusohjelmien vertailuissa.

Tutkimusta varten laaditaan kyselylomake (katso Liite 2). Tutkimuksen avulla halutaan
saada mielipiteitä sekä hyviä ja huonoja kokemuksia ohjelmiston käytöstä. Kyselyn
alussa (osio A) selvitetään yleisesti, kuinka paljon henkilöt käyttävät tietokonetta. Tä-
män avulla selvitetään eritasoiset tietokoneiden käyttäjät, jotta pystytään analysoimaan
vastauksia realistisemmin. Loput kysymykset (osio B) ovat käytettyä tietokoneohjelmaa
koskevia, joissa selvitetään käyttökoke-
mustutkimuksen vastauksia käytetystä ohjelmistosta. Kyselylomak-
keessa myös selvitetään, kuinka paljon henkilöt käyttävät tai ovat käyttäneet tiettyä
suunnittelu- ja mallinnusohjelmaa. Tämän avulla selvitetään ohjelmien kokeneet käyt-
täjät sekä aloittelijat, koska se voi vaikuttaa mahdollisesti ohjelmiston käyttökoke-
mustutkimukseen. Tällöin tämäkin pystytään huomioimaan tulosten analysoinnissa.

Kysymyksien vastausprosentit on laskettu siten, että kuinka moni vastanneista on va-
linnut vaihtoehdoista tietyn vaihtoehdon (a, b, c...) ja jaettu se vastaajien määrällä.
Prosentit kertovat siis vain siitä, kuinka moni on vastannut kyseisen vaihtoehdon ku-
vaavan omaa tilannettaan. Kysymyksissä annettiin mahdollisuus valita useampi omaa
tilannetta kuvaava vaihtoehto, siksi prosentit saattavat kysymyksissä (1, 2, 3...) ylittää
yli 100 %, kun vaihtoehtojen prosentit lasketaan yhteen. Prosentit kertovat siis vain
sistä, kuinka moni on vastannut kyseisen vaihtoehdon kuvaavan omaa tilannettaan.

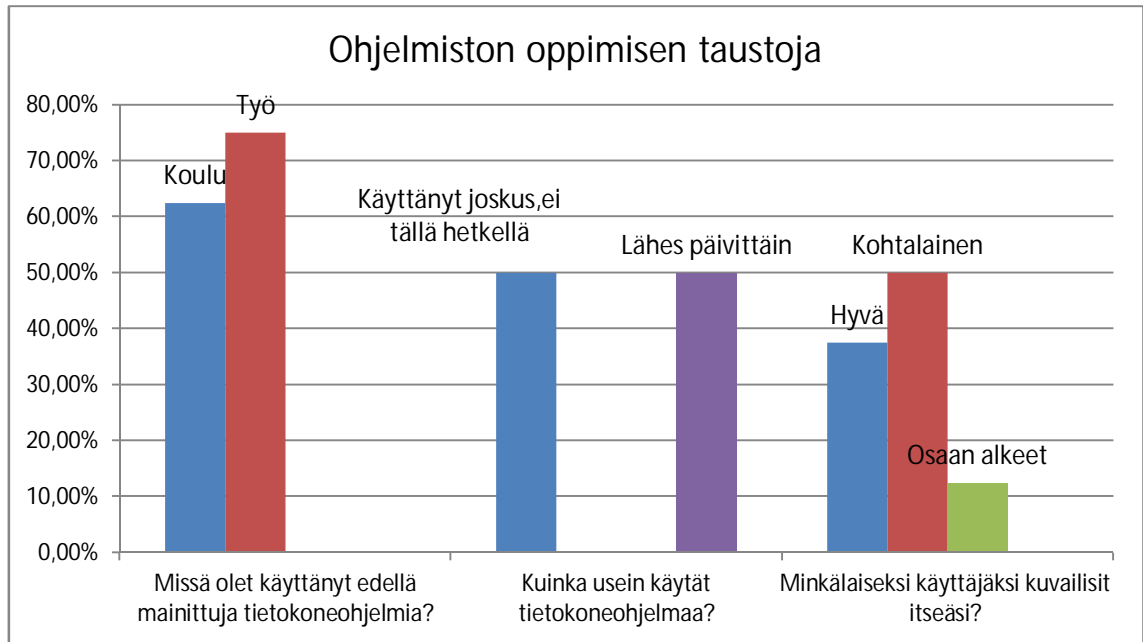
5.1.2 Käyttökokemustutkimuksen analysointi

Novapoint-ohjelmiston määrät ja prosentit vastausvaihtoehdollisiin kysymyksiin löytyvät liitteenä olevasta taulukosta (katso Liite 4). Avoimia kysymyksiä ei ole otettu huomioon taulukossa. Novapoint-ohjelmistoa koskeviin kysymyksiin vastasi kaiken kaikkiaan 8 henkilöä. Suurin osa vastaajista käyttää tietokonetta lähes päivittäin (noin 9–40 tuntia/viikko) koulussa tai työssä. Tasan puolet vastaajista eli 50 %:a kokee yleensäkin uuden tietokoneohjelman oppimisen hankalaksi (katso Kuvio 24.). Tähän saattaa vaikuttaa oppimiseen käytettävissä oleva aika, opetettava ohjelmisto, minkälainen oppija on, saako opastusta, minkälainen on teoriaperusta tai onko mahdollisuus koulutukseen.



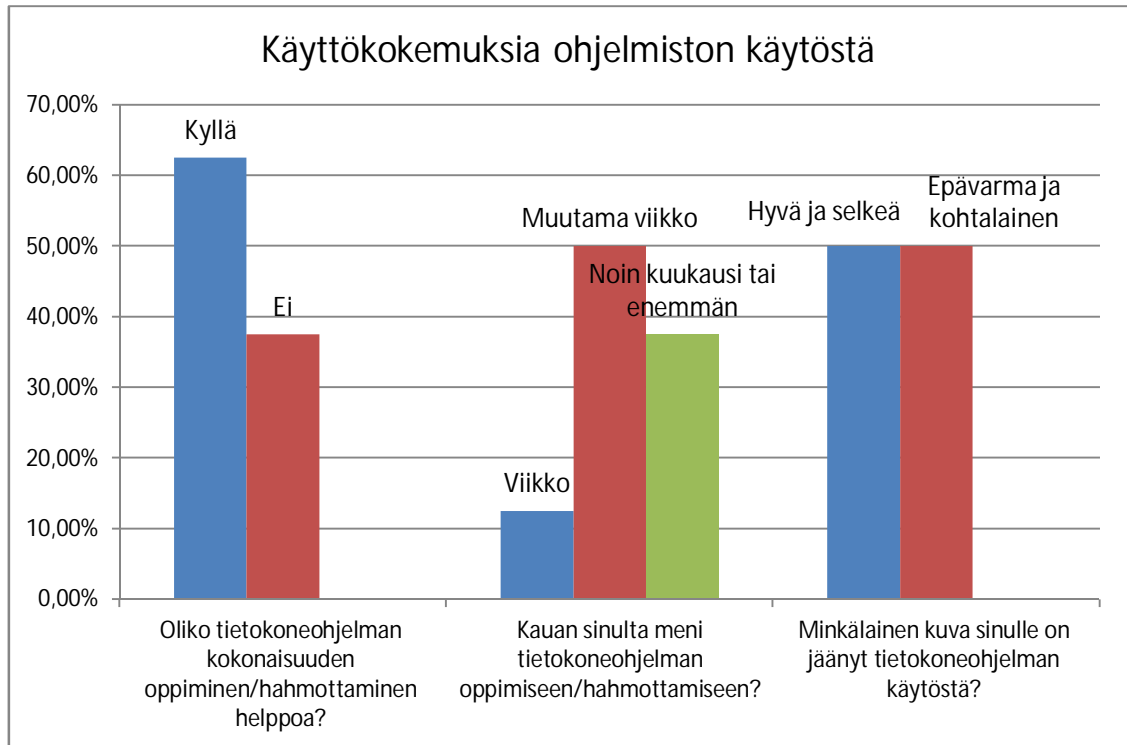
Kuvio 24. Novapoint:in käyttökokemustutkimuksen vastaajien taustoja tietokoneen käytölle.

Vastaajat ovat käyttäneet tai käyttävät Novapoint:ia kunnallistekniikan rakennussuunnitteluun, liikenteenohjaukseen, tie- ja liikennesuunnitteluun, katusuunnitteluun sekä kuivatussuunnitelmiin. Kolme vastaajista on käyttänyt tai käyttää Novapoint-ohjelmistoa sekä koulussa että töissä, tämän takia vastausprosentti on kysymyksen numero 7. kohdalla ylittää 100 %. Puolet vastanneista käyttää Novapoint-ohjelmistoa päivittäin ja loput puolet ovat käyttäneet sitä joskus, eivätkä käytä sitä tällä hetkellä. Ohjelmiston käyttötaitojen arvioinnissa vastaajista 37,50 %:a kokee itsensä hyväksi käyttäjäksi, 50 %:a kohtalaiseksi ja 12,50 %:a osaa alkeet (katso Kuvio 25.).



Kuvio 25. Novapoint:in ohjelmiston käytön oppimisen taustoja vastaajien kesken.

Vastanneista 62,50 %:a kokee Novapoint-ohjelmiston kokonaisuuden oppimisen helppoksi, kun taas 37,50 %:a mieltää ohjelmiston kokonaisuuden hahmottamisen vaikeaksi. 12,50 %:lla vastaajista meni viikko ohjelmiston oppimiseen, 50,00 %:a meni muutama viikko ohjelmiston oppimiseen, 37,50 %:lla meni kuukausi tai enemmän. 50,00 %:lla vastaajista on jäänyt hyvä ja selkeä kuva Novapoint:sta, kun taas 50,00 %:lla epävarma tai kohtalainen (katso Kuvio 26.). Mielikuvaan ohjelmistosta vaikuttavat opetus/koulutustahti, itse ohjelmisto ja kokemus.



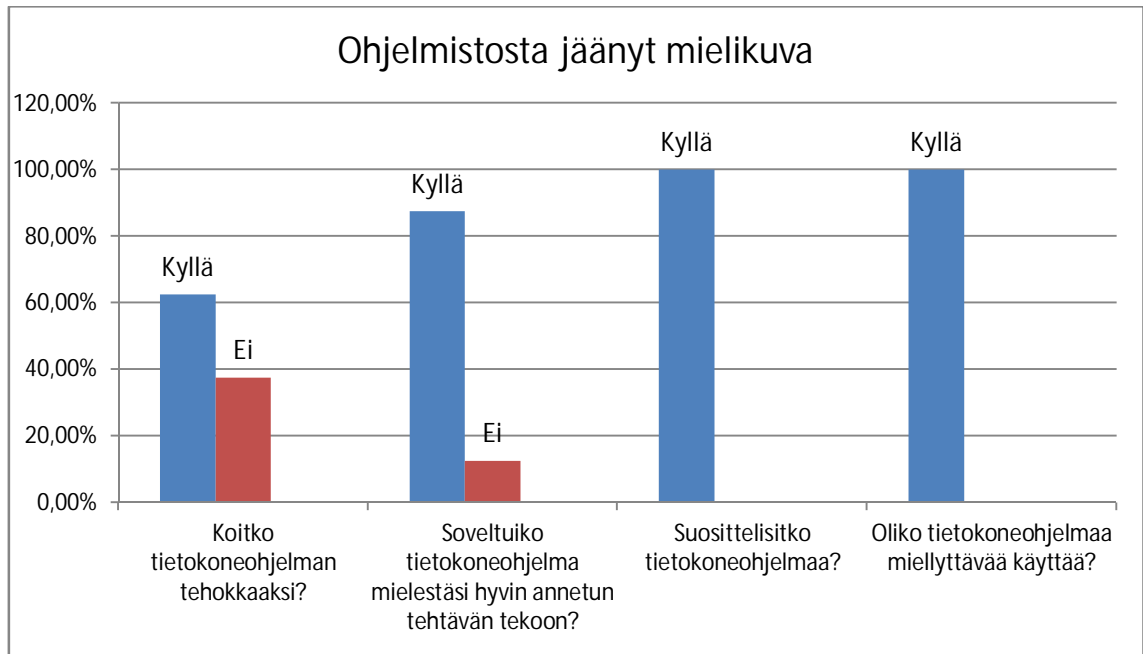
Kuvio 26. Käyttökokemuksia Novapoint-ohjelmiston käytöstä.

Enemmistö kokee Novapoint:in tehokkaaksi annettuihin resursseihin nähden sekä kokee ohjelmiston soveltuvaksi annetun tehtävän tekoon. Kaikki eli 100 %:a vastaajista mieltää Novapoint-ohjelman käytön miellyttäväksi ja suosittelisivat sitä muillekin (katso Kuvio 27.).

Kehitysehdotuksina vastaajat ehdottavat kattavampia ohjeita tietokoneohjelman käytölle. Ohjelmiston käytettävyyteen, toimivuuteen ja sujuvuuteen tulisi panostaa sekä sitä tulisi kehittää enemmän.

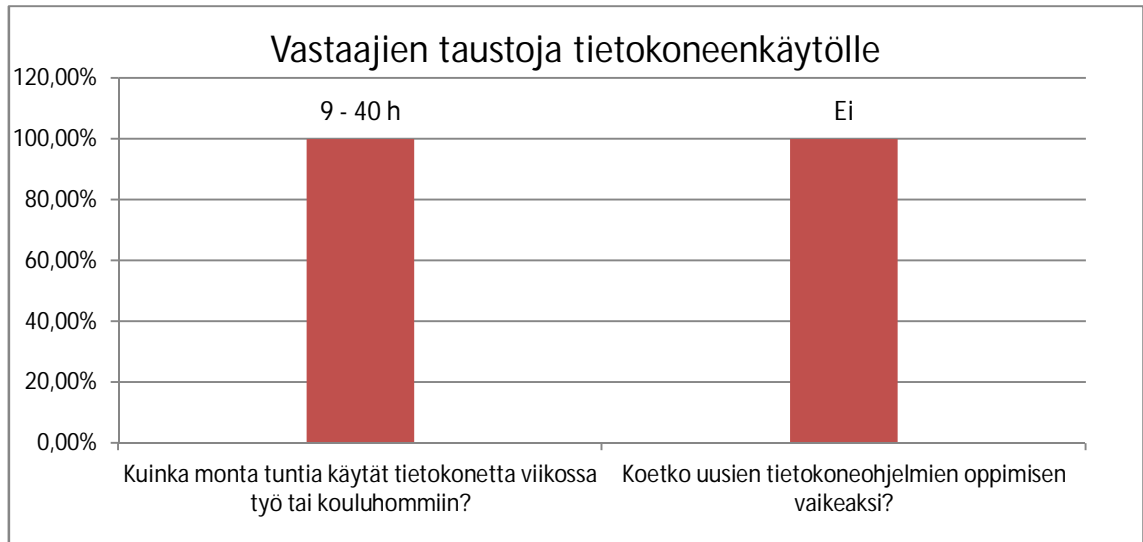
Novapoint-ohjelmiston huonoja puolia ovat vastaajien mielestä suunnitelmapiirustusten hankala työstettävyys, ongelmatilanteiden selvittely, ohjeiden puuttuminen, tietokantapohjaisen toimintatavan hankala hahmottaminen, ongelmat mittalinjoissa sekä kaivannoissa ja tehtyjen kaivantojen peruuttaminen. Yksityiskohtaisempi suunnittelu koetaan hankalaksi ja kerran korjatut "bugit" uudessa versiossa aiheuttavat turhaa ärsyyntymistä vastaajien mielestä.

Novapoint-ohjelmiston hyviä puolia ovat loogisuus, monipuolisuus, yksinkertaisuus, selkeät valikot, suunnittelutyö helposti toteutettavissa, Vianova-tuki, helppokäyttöisyys ja -opittavuus.



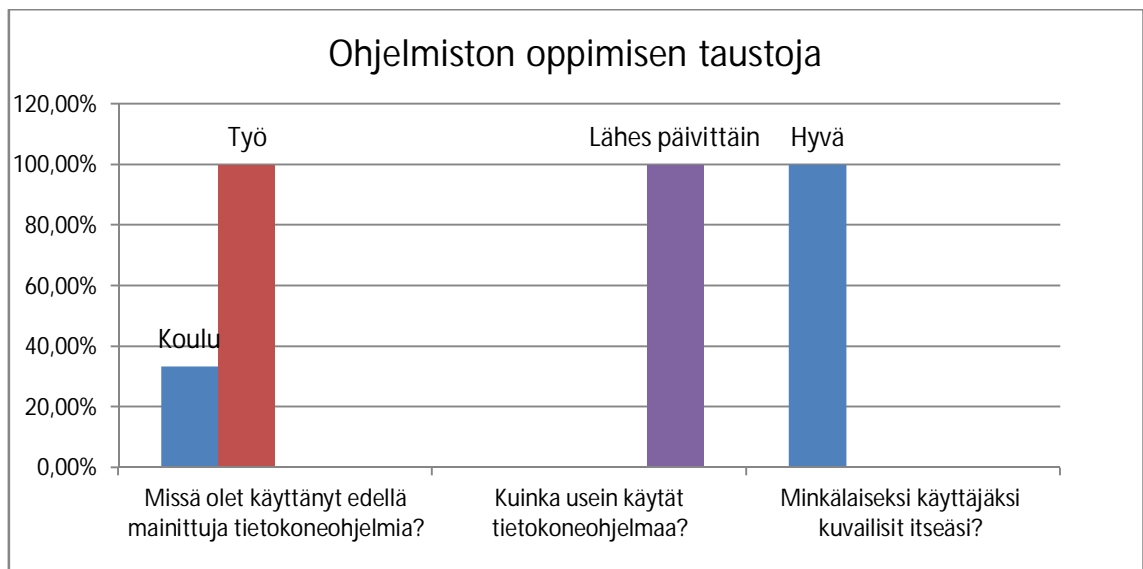
Kuvio 27. Novapoint-ohjelmistosta jäänyt mielikuva vastaajien kesken.

MagiCAD-ohjelmiston määrät ja prosentit vastausvaihtoehtollisiin kysymyksiin löytyvät liitteenä olevasta taulukosta (katso Liite 5). Avoimia kysymyksiä ei ole otettu huomioon taulukossa. MagiCAD-ohjelmistoa koskeviin kysymyksiin vastasi kaiken kaikkiaan 3 henkilöä. Kaikki vastaajista eli 100 %:a käyttää tietokonetta päivittäin (noin 9 – 40 tuntia/viikko), eikä yksikään vastaaja koe uusien tietokoneohjelmien oppimista hankalana (katso Kuvio 28.).



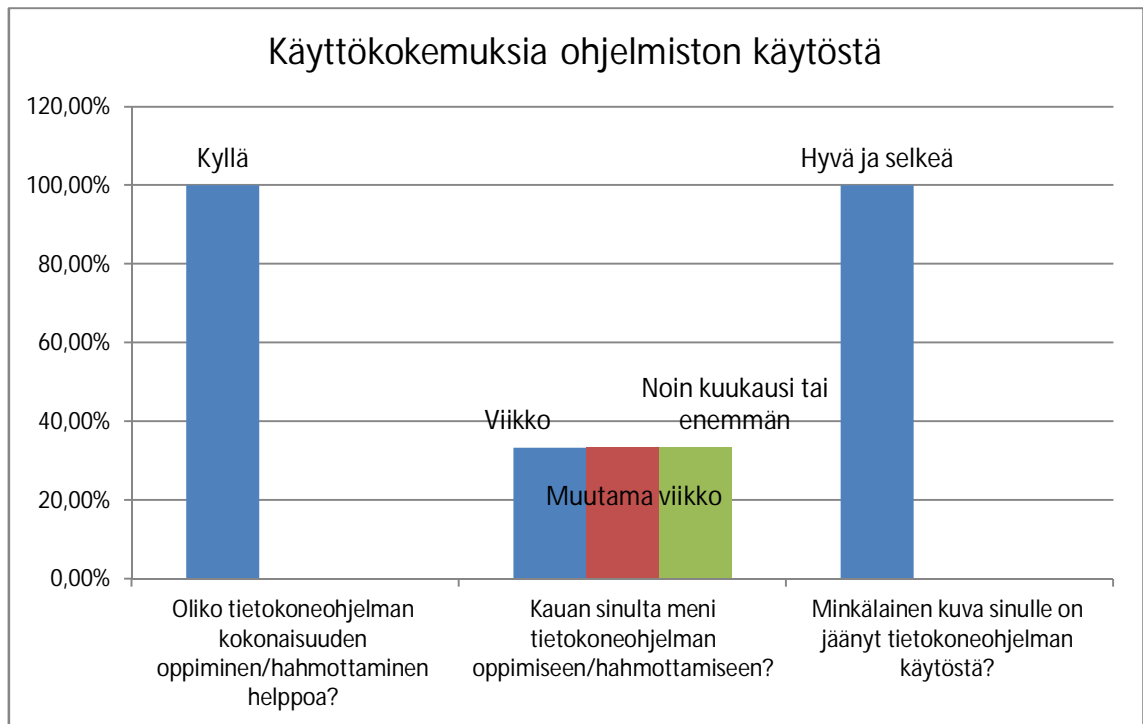
Kuvio 28. MagiCAD:in käyttökokemustutkimuksen vastaajien taustoja tietokoneen käytölle.

Kaikki vastaajat käyttävät MagiCAD:iä lämmityksen, jäähdytyksen, veden ja viemärin sekä ilmanvaihdon suunnittelemiseen. Vastausprosentit ovat aika selkeät MagiCAD:iä koskevissa kysymyksissä. Tähän saattaa vaikuttaa se, että kaikki henkilöt käyttävät ohjelmistoa lähes päivittäin. Kaikki vastaajat käyttävät MagiCAD:iä työelämässä. Yksi vastaajista on käyttänyt MagiCAD:iä sekä koulussa että töissä, tämän takia vastausprosentti on kysymyksen numero 7. kohdalla yli 100 %. 100 %:a vastaajista kokee itsensä hyväksi käyttäjäksi (katso Kuvio 29.).



Kuvio 29. MagiCAD:in ohjelmiston käytön oppimisen taustoja vastaajien kesken.

Kaikki vastaajat kokevat MagiCAD:in kokonaisuuden oppimisen/hahmottamisen helpoksi. Kun vastaajilta kysyttiin MagiCAD-ohjelmiston kokonaisuuden oppimises- ta/hahmottamisesta ajallisesti, vastaukset jakaantuivat tasaisesti. 33,33 %:a vastaajis- ta kokee hahmottaneensa ohjelmiston kokonaisuuden viikossa, 33,33 %:a muutamassa viikossa ja 33,33 %:lla meni hahmottamiseen noin kuukausi tai enemmän. Kaikilla vas- taajilla on silti jäänyt selkeä ja hyvä kuva MagiCAD:stä (katso Kuvio 30.). Tähän vai- kuttavat ohjelmiston helppokäyttöisyys, monipuolisuus ja loogisuus.



Kuvio 30. Käyttökokemuksia MagiCAD-ohjelmiston käytöstä.

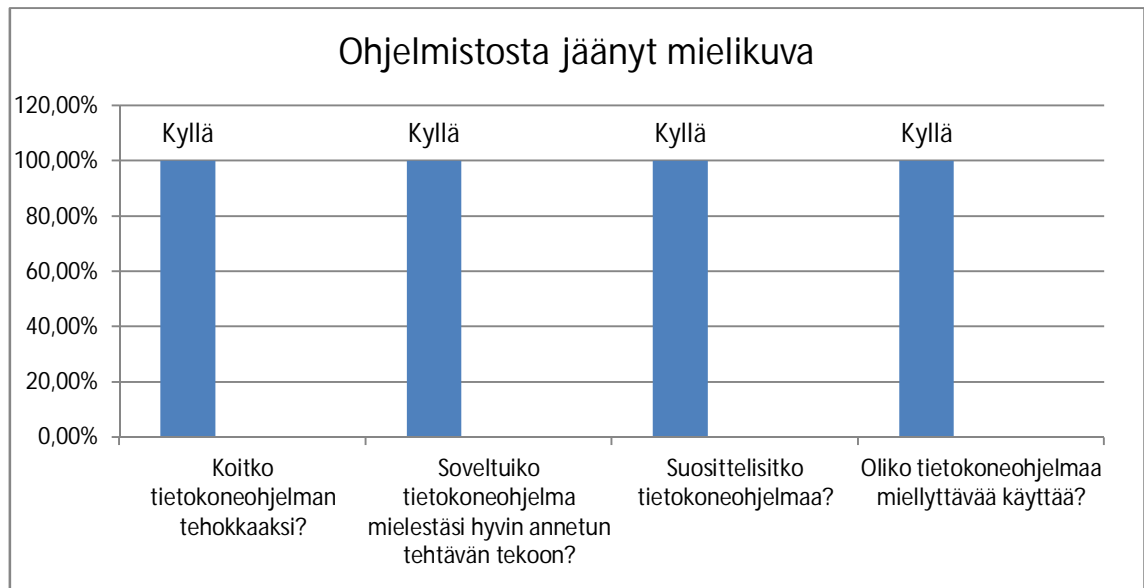
100 %:a vastaajista kokee MagiCAD-ohjelmiston tehokkaaksi annettuihin resursseihin nähden, soveltuvaksi annetun tehtävän tekoon, käytön miellyttäväksi sekä jokainen vastaaja suosittelisi ohjelmistoa muillekin (katso Kuvio 31.).

Kehitysehdotuksia vastaajilla ei tullut mieleen mitään, koska kaikki virheet ja kehitys- ehdotukset on raportoitu aikanaan suoraan Progman:lle.

MagiCAD-ohjelmiston huonoja puolia ovat vastaajien mielestä satunnainen kaatuminen, koska sen tulisi olla 100 %:a luotettava. Mutta sellaista tietokoneohjelmaa vastaajien

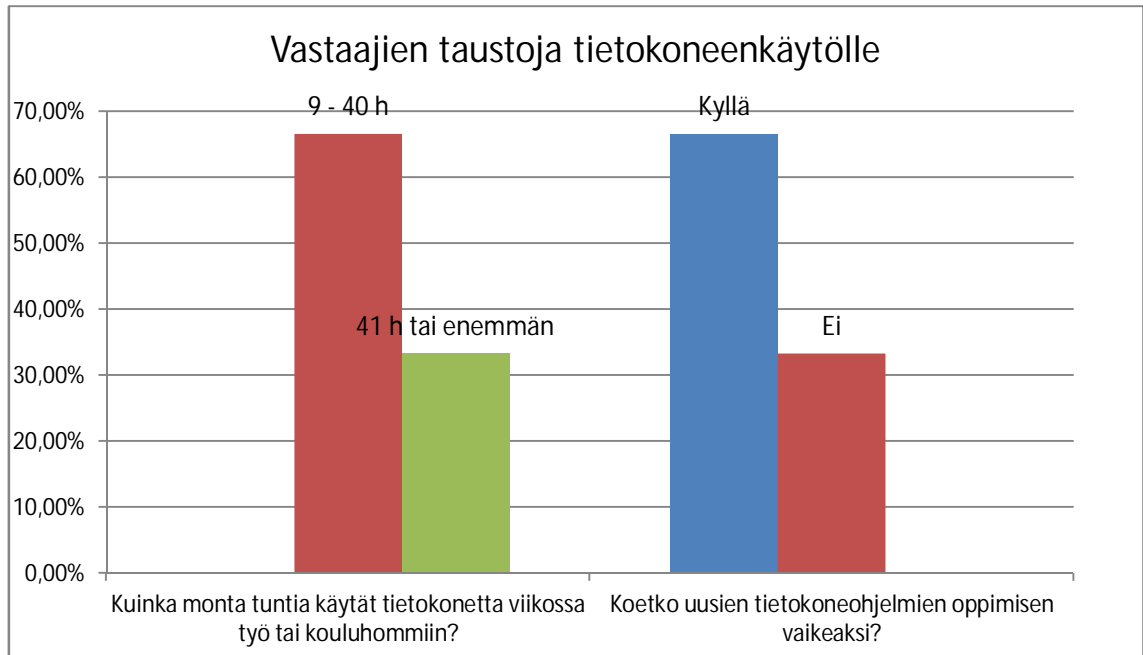
mielestä ei olekaan. Huono puoli MagiCAD:ssä vastaajien mielestä on myös se, että laitetietokanta ei sisällä kaikkia vanhoja laitteita.

Kaiken kaikkiaan vastaajien mielestä MagiCAD on monipuolinen, luotettava sekä selkeä suunnitteluohjelma. Perustoiminnot ovat selkeitä, ohjelmisto on toimiva ja monipuolinen kokonaisuus. Vastaajien mielestä MagiCAD on paras LVIS- ja SPR-puolen suunnitteluohjelmisto LVI-alalla, jota tukee erittäin moni laitevalmistaja.



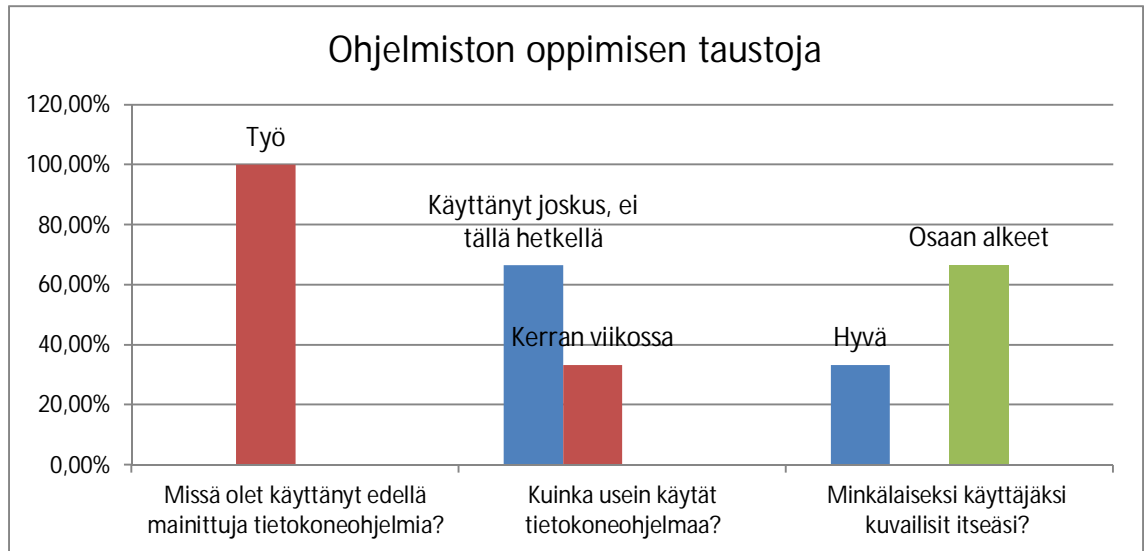
Kuvio 31. MagiCAD-ohjelmistosta jäänyt mielikuva vastaajien kesken.

AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston määrät ja prosentit vastausvaihtoehtollisiin kysymyksiin löytyvät liitteenä olevasta taulukosta (katso Liite 6). Avoimia kysymyksiä ei ole otettu huomioon taulukossa. AutoCAD Civil 3D -ohjelmistoa koskeviin kysymyksiin vastasi kaiken kaikkiaan 3 henkilöä. Suurin osa vastaajista käyttää tietokonetta lähes päivittäin (noin 9-40 tuntia/viikko). 66,67 %:a vastaajista kokee yleensäkin uuden tietokoneohjelman oppimisen hankalaksi, 33,33 %:a vastaajista mieltää oppimisen helpoksi (katso Kuvio 32.).



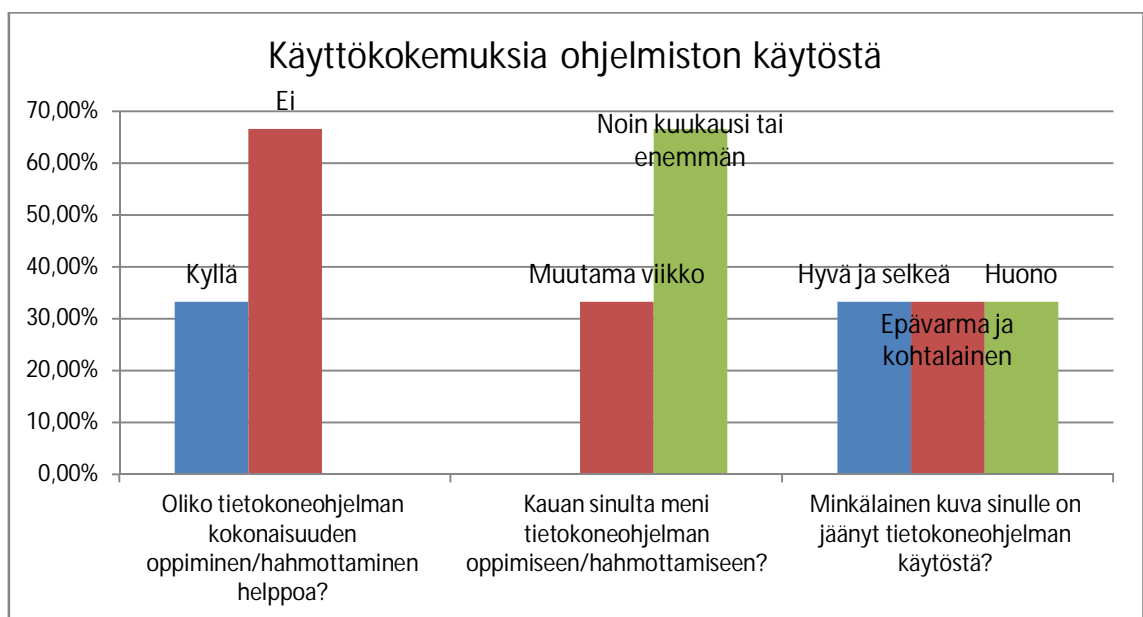
Kuvio 32. AutoCAD Civil 3D:n käyttökokemustutkimuksen vastaajien taustoja tietokoneen käytölle.

Vastaajat ovat käyttäneet tai käyttävät AutoCAD Civil 3D:tä liikenteenohjaukseen, tie- ja liikennesuunnitteluun, katusuunnitteluun. Valitettavasti yksikään vastaaja ei ole käyttänyt AutoCAD Civil 3D:tä kunnallistekniikan suunnitteluun. Kaikki vastaajat käyttävät tai ovat käyttäneet AutoCAD Civil 3D -ohjelmistoa pelkästään työelämässä. 66,67 %:a on käyttänyt ohjelmistoa joskus, eikä käytä sitä tällä hetkellä ja 33,33 %:a käyttää sitä noin kerran viikossa. Yksikään vastaaja ei käytä AutoCAD Civil 3D:tä lähes päivittäin. 33,33 %:a vastaajista kuvaa itsensä hyväksi käyttäjäksi ja 66,67 %:a alkeet osaavaksi. Tämä tulee huomioida analysoinnissa, koska se saattaa vaikuttaa osaan vastauksista (katso Kuvio 33.). Ohjelmiston kokonaisuuden hahmottamiseen vaikuttaa varmastikin se, että suurin osa vastaajista kuvaa itsensä AutoCAD Civil 3D:n alkeet osaavaksi käyttäjäksi.



Kuvio 33. AutoCAD Civil 3D:n ohjelmiston käytön oppimisen taustoja vastaajien kesken.

Vastanneista 33,33 %:a kokee AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston kokonaisuuden oppimisen helpoksi, kun taas 66,67 %:a mieltää kokonaisuuden hahmottamisen vaikeaksi. 33,33 %:lla meni muutama viikko ohjelmiston oppimiseen, 66,67 %:lla meni kuukausi tai enemmän. 33,33 %:lla vastaajista on jäänyt hyvä ja selkeä kuva AutoCAD Civil 3D:stä, 33,33 %:lla epävarma ja kohtalainen ja 33,33 % huono (katso Kuvio 34.). Mielikuvaan ohjelmistosta vaikuttaa opetus, vähäinen kokemus sekä itse ohjelmiston epäloogisuus ja sekavuus.



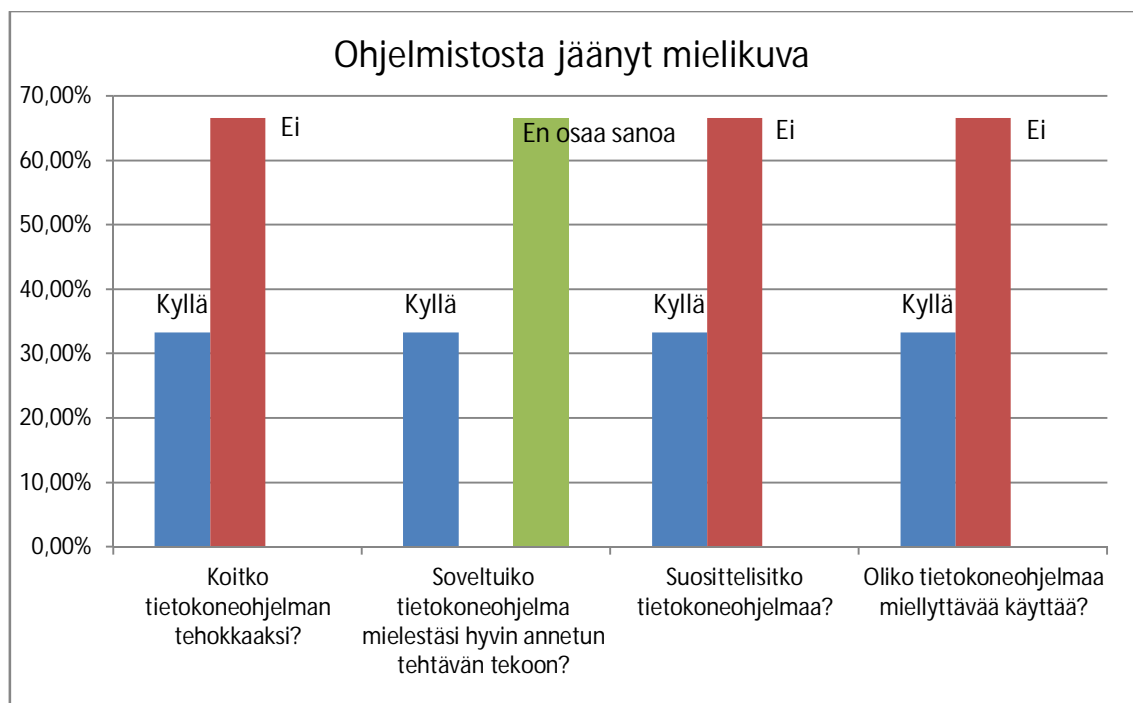
Kuvio 34. Käyttökokemuksia AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston käytöstä.

Vähemmistö kokee AutoCAD Civil 3D:n tehokkaaksi annettuihin resursseihin nähden. 66,67 %:a ei osaa sanoa, soveltuiko ohjelmisto annetun tehtävän tekoon, 33,33 %:n mielestä ohjelmisto soveltuu annetun tehtävän tekoon. 33,33 %:a vastaajista mieltää AutoCAD Civil 3D -ohjelman käytön miellyttäväksi ja suosittelisi sitä muillekin. Loput 66,67 %:a vastaajista eivät koe AutoCAD Civil 3D:tä miellyttäväksi, eivätkä suosittelisi sitä muille (katso Kuvio 35.).

Kehitysehdotuksina vastaajat ehdottavat ohjelmiston yksinkertaistamista ja kehittämistä.

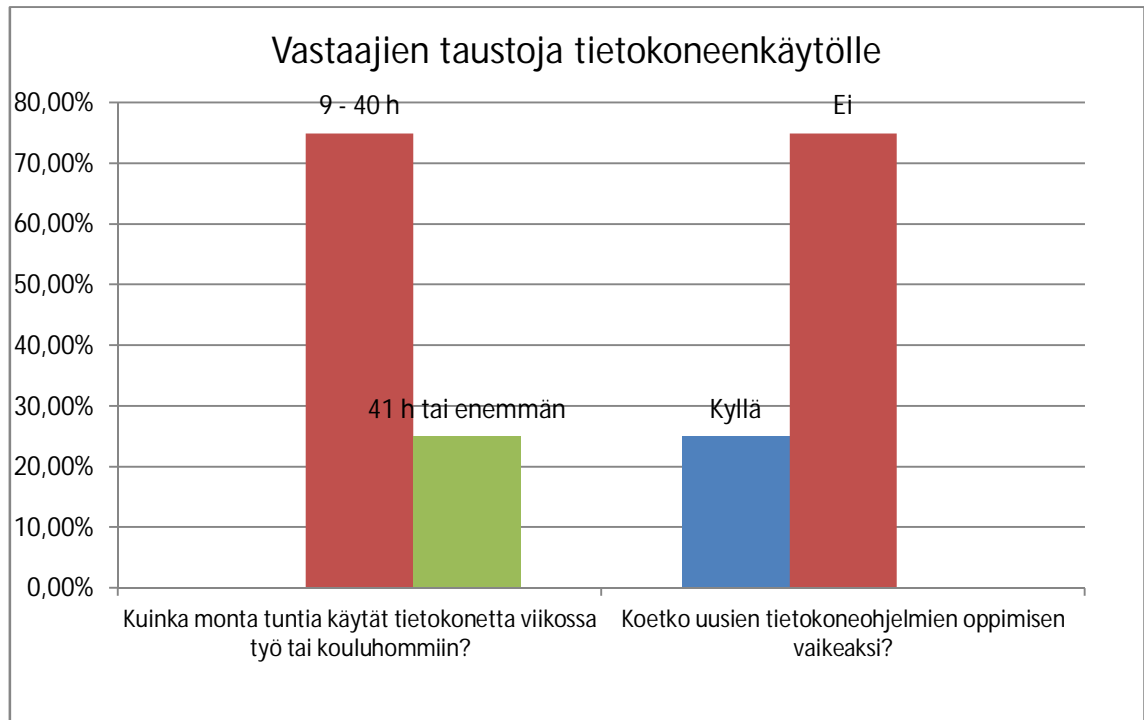
AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston huonoja puolia ovat vastaajien mielestä sekavuus, epäloogisuus sekä monimutkaisuus. Pienen asian tekemiseen voi vastaajien mielestä mennä paljon aikaa.

AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston hyviä puolia ovat monipuolisuus ja selkeät valikot. Ohjelmiston käyttöä helpotti myös osaksi vastaajien mielestä AutoCAD-pohjaisuus. Koska AutoCAD on yksi yleisimmistä rakennusalaalla käytetyistä ohjelmista, kokivat käyttäjät sen helpottavan jonkin verran AutoCAD Civil 3D:n käytön oppimista.



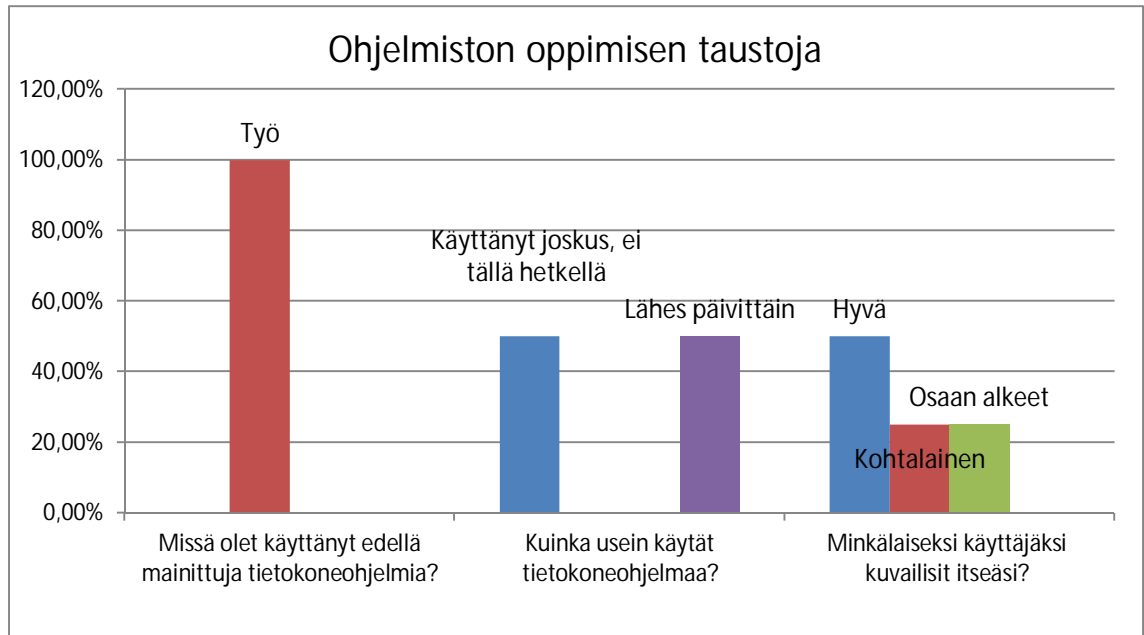
Kuvio 35. AutoCAD Civil 3D -ohjelmistosta jäänyt mielikuva vastaajien kesken.

Tekla-ohjelmiston määrät ja prosentit vastausvaihtoehdollisiin kysymyksiin löytyvät liitteenä olevasta taulukosta (katso Liite 7). Avoimia kysymyksiä ei ole otettu huomioon taulukossa. Tekla-ohjelmistoa koskeviin kysymyksiin vastasi kaiken kaikkiaan 4 henkilöä. 75 %:a vastaajista käyttää tietokonetta lähes päivittäin (noin 9–40 tuntia/viikko). Enemmistö eli 75 %:a vastaajista ei koe yleisesti uuden tietokoneohjelman oppimista hankalaksi (katso Kuvio 36.).



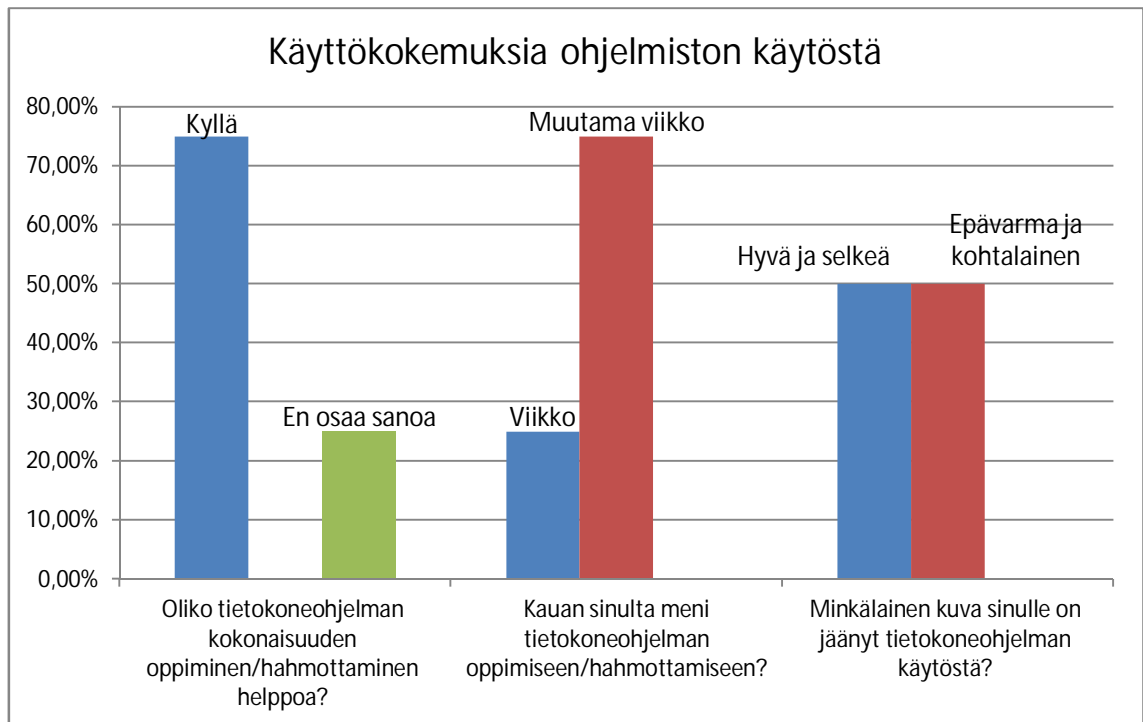
Kuvio 36. Tekla:n käyttökokemustutkimuksen vastaajien taustoja tietokoneen käytölle.

Vastaajat ovat käyttäneet tai käyttävät Tekla:a hulevesiviemäreiden ja jätevesiviemäreiden sijoittumisen tarkastukseen, sähköverkon ylläpitoon ja dokumentointiin, lähinnä tierakenteiden suunnitteluun, mutta joskus myös kuivatuksen (hulevesien) suunnitteluun. Kaikki vastaajista käyttää tai on käyttänyt Tekla-ohjelmistoa töissä. Puolet eli 50 %:a vastanneista käyttää Tekla-ohjelmistoa lähes päivittäin ja loput puolet ovat käyttäneet ohjelmistoa joskus, eivätkä käytä sitä tällä hetkellä. Ohjelmiston käyttötaitojen arvioinnissa vastaajista 50 %:a mieltää itsensä hyväksi käyttäjäksi, 25 %:a kohtalaiseksi ja 25 %:a osaa alkeet (katso Kuvio 37.).



Kuvio 37. Tekla-ohjelmiston käytön oppimisen taustoja vastaajien kesken.

Vastanneista 75,00 %:a kokee Tekla-ohjelmiston kokonaisuuden oppimisen helpoksi, kun taas 25,00 %:a ei osaa sanoa. 25,00 %:lla vastaajista meni viikko ohjelmiston oppimiseen/hahmottamiseen ja 75,00 %:lla meni muutama viikko. 50,00 %:lla vastaajista on jäänyt hyvä ja selkeä kuva Tekla:sta, kun taas 50,00 %:lla epävarma tai kohtalainen. Mielikuvaan ohjelmistosta vaikuttavat perehdytys, käyttökokemus sekä itse ohjelmisto (katso Kuvio 38.).



Kuvio 38. Käyttökokemuksia Tekla-ohjelmiston käytöstä.

Enemmistö kokee Tekla:n tehokkaaksi annettuihin resursseihin nähden. 100 %:a vastaajista kokee ohjelmiston soveltuvaksi annetun tehtävän tekoon ja suosittelisi sitä muillekin. Yksi vastaajista suosittelee perehdytystä/käyttökoulutusta käytäväksi ennen ohjelmiston käyttöönottoa, kustannustehokkuuden vuoksi. 75 %:a mieltää Tekla:n käytön miellyttäväksi ja 25 %:a kokee käytön epämiellyttävänä (katso Kuvio 39.).

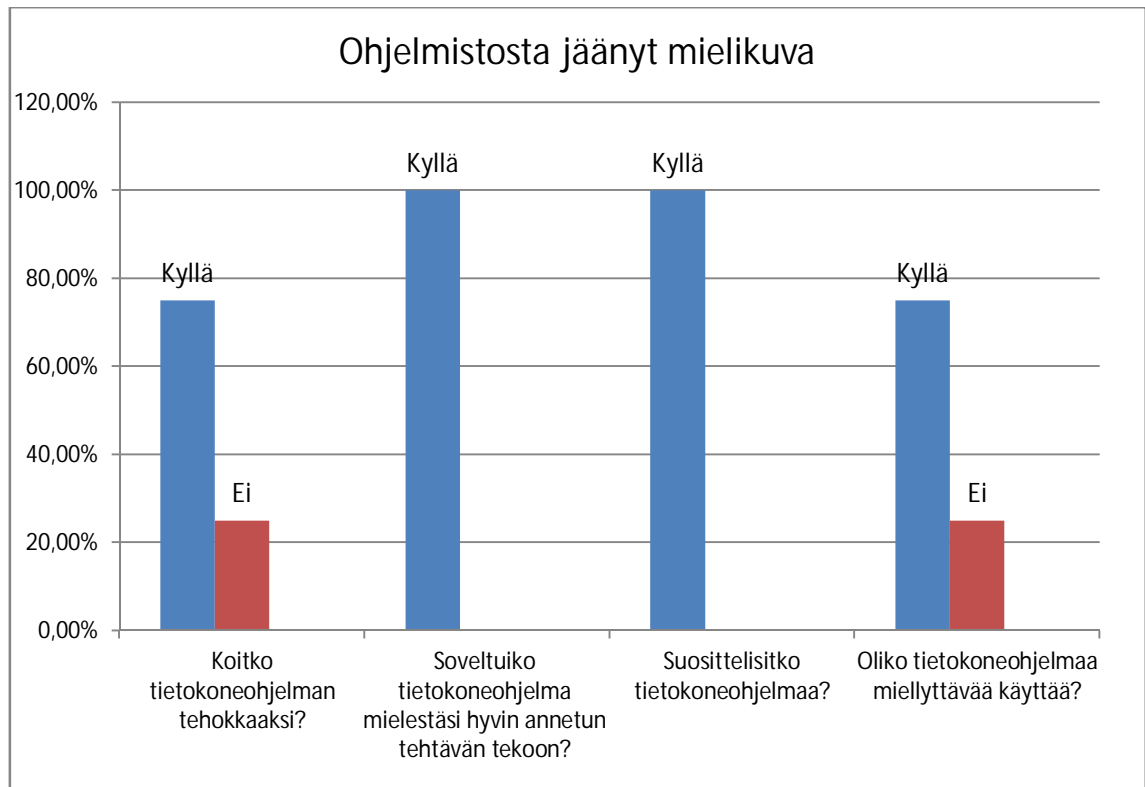
Kehitysehdotuksina ohjelmistolle vastaajat suosittelevat ylimääräisten toimintojen poistamista, jolloin sen käyttö voisi selkeytyä.

Tekla-ohjelmiston huonoja puolia ovat turhilta tuntuvat toiminnot. Vastaajat kokevat tarvitsevansa rutiiniin käytön ohjelmiston oppimiseen. Ohjelmistossa on myös ”bugeja”, jotka vaativat välillä omat niksinsä niiden kiertämiseen.

Tekla-ohjelmiston hyviä puolia ovat rakenteiden hahmottamisen helpottuminen, helpokäyttöisyys, selkeät ohjeet, perusominaisuuksien selkeys ja monipuolisuus.

Tekla Nis -ohjelmistoa käyttänyt vastaaja mainitsee hyvinä puolina seuraavan asian: ”Järjestelmään on tallennettu esimerkiksi laskennan asetukset, joten ihminen hoitaa

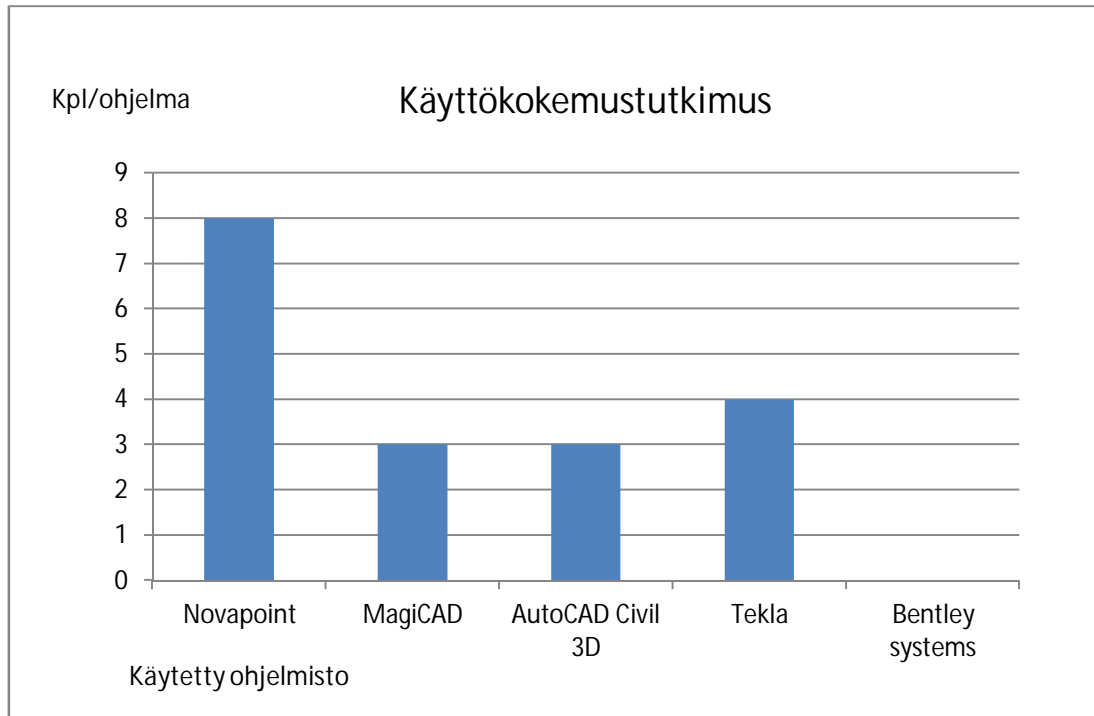
tässä vain napin painajan virkaa. Järjestelmään dokumentoitujen komponenttien eheyden tarkastelu onnistuu helposti.”



Kuvio 39. Tekla-ohjelmistosta jäänyt mielikuva vastaajien kesken.

5.1.3 Yhteenvedo käyttökokeututkimuksen analysoinnista

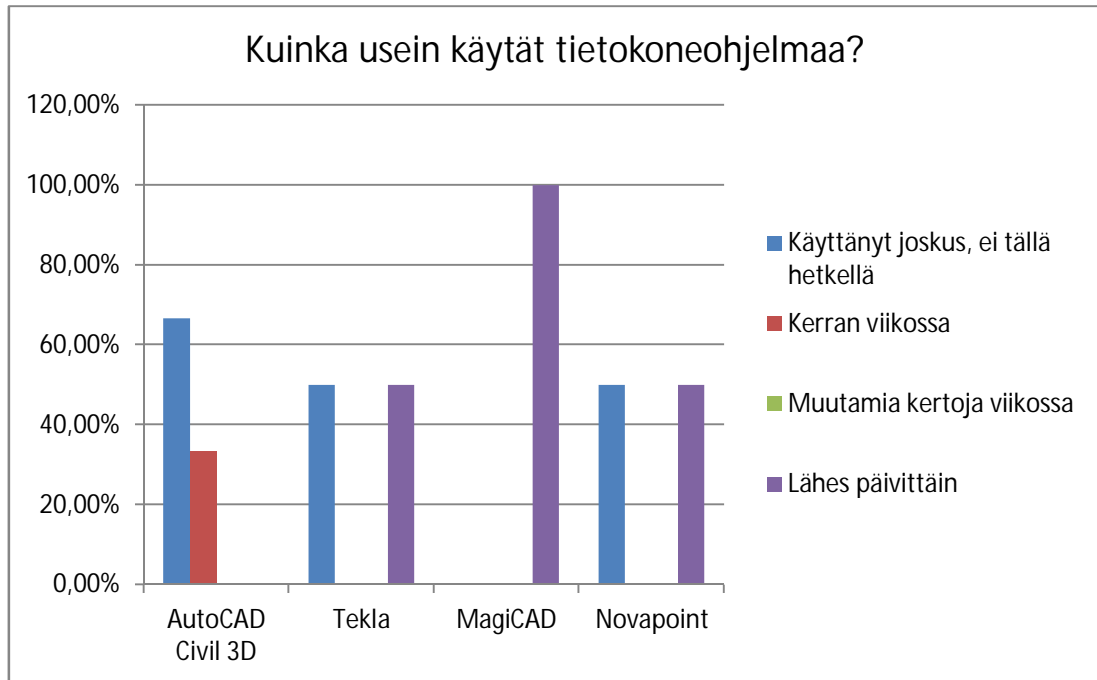
Käyttökokeututkimukseen (katso Liite 2) vastasi kaiken kaikkiaan 18 henkilöä. Vastajista 8 henkilöä oli käyttänyt Novapoint:ia, 3 henkilöä MagiCAD:iä, 3 henkilöä AutoCAD Civil 3D:tä ja 4 henkilöä Tekla:a. Bentley Systems:in WaterCAD-ohjelmiston käyttäjiä ei löytynyt (katso Kuvio 40.). Käyttäjiä etsittiin tuttavapiiristä, koulusta, Facebook:in avulla sekä soitettiin, että lähetettiin monia sähköposteja 10 eri rakennus- tai LVI-alan yritykseen. Yritykset valittiin sen ennakkotiedon perusteella, että siellä käytetään jotain vaihtoehdolla olevaa suunnittelu- ja mallinnusohjelmaa. Kaikista yrityksistä huolimatta vastauksia on saatu lähetettyihin nähden erittäin vähän. Tähän saattaa varmasti vaikuttaa kiire ja haluttomuus vastata käyttökokeututkimukseen.



Kuvio 40. Käyttökokemustutkimuksen vastausmäärien jakauma ohjelmittain.

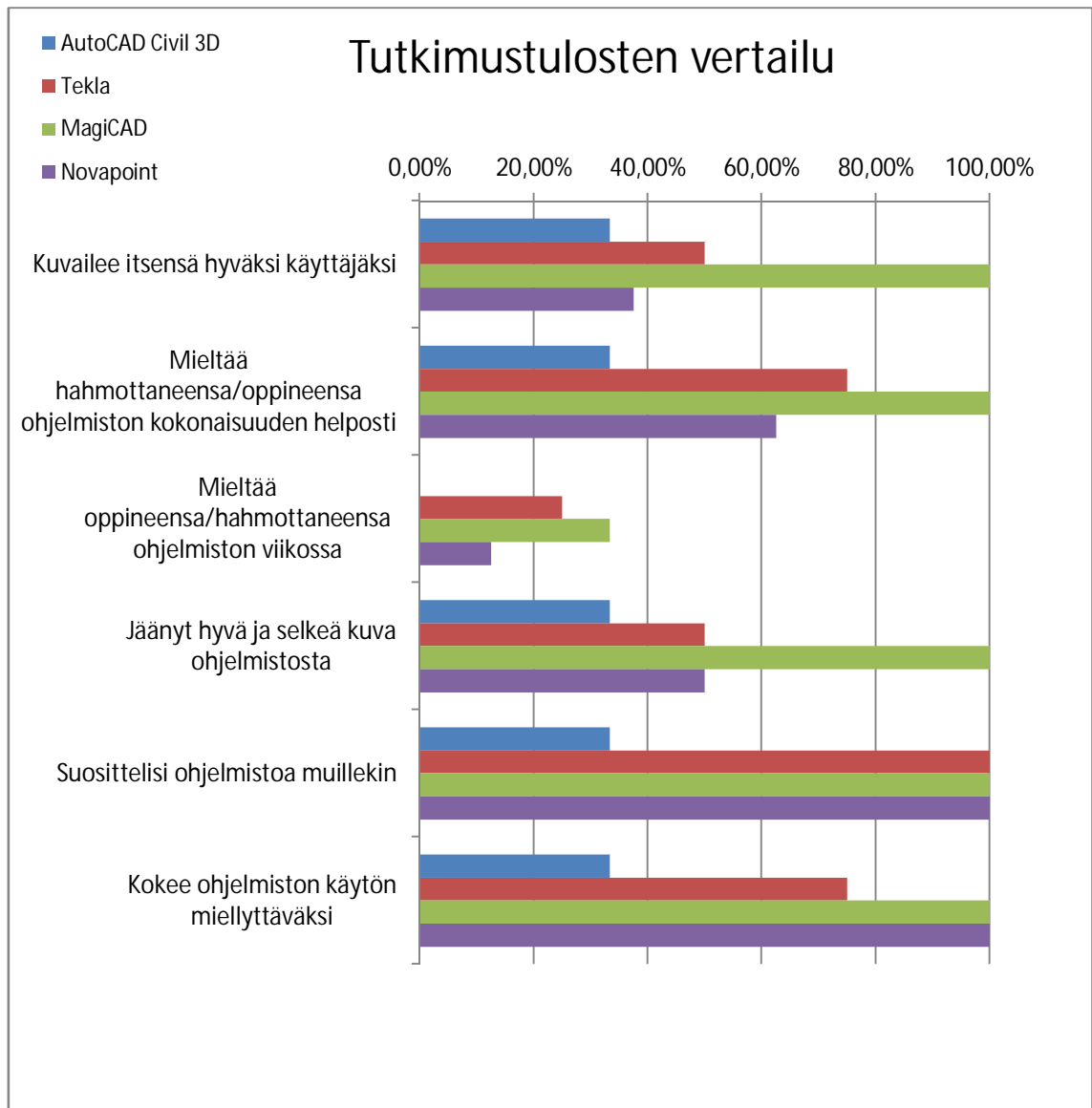
Vastaajien määrät olisivat voineet olla hieman suuremmat, jotta analysoinnin tuloksista olisi saatu luotettavampia. Tulosten analysoinnit ovat vain suuntaa antavia, koska kyselyyn vastanneita on melko vähän. Syväluotaavampi tutkimus olisi vaatinut enemmän osallistujia sekä tarkkoja ja paremmin johdateltuja kysymyksiä ohjelmavaihtoehtojen käytöstä.

Käyttökokemustutkimuksien vastauksien määrästä ja yritysten soitettujen puheluiden perusteella pystytään päättelemään ensinnäkin se, että Novapoint on yksi käytetyimmistä kunnallistekniikan suunnitteluohjelmista. Tämän johtopäätöksen voi vetää pelkästään siitä, että vastaajia löytyi huomattavasti enemmän verrattuna muihin kunnallistekniikan suunnitteluohjelmiin ja että yrityksissä yleensäkin Novapoint:in käyttäjiä löytyi paljon. Tekla-ohjelmisto on myös erittäin käytetty rakennusalaalla, mutta enemmän rakennesuunnittelupuolella (Tekla Structures). MagiCAD:in käyttäjiä tiedetään olevan paljon talotekniikka-puolella, mutta vastaajia ei kumminkaan saatu kuin muutama. Bentley Systems:in WaterCAD:iä ei hirveästi tutkimuksen perusteella käytetä Suomessa, koska käyttäjiä ei löytynyt yhtään. Autodesk:in AutoCAD Civil 3D on erittäin käytetty liikenneväylien suunnittelun puolella, mutta kunnallisverkoston suunnitteluun ohjelmistoa käytetään ilmeisesti harvemmin.



Kuvio 41. Käyttöaikajakauma ohjelmittain.

Kyselyn vastauksista näki selvästi sen, että vastaajat, jotka käyttävät ohjelmistoja lähes päivittäin (katso Kuvio 41.) työelämässä, hahmottavat ohjelmiston kokonaisuuden helpommin ja nopeammin sekä ovat yleisesti tyytyväisiä ohjelmistoihin (katso Kuvio 42.). Ne vastaajista, jotka mielsivät itsensä alkeet osaavaksi käyttäjäksi, eivät olleet kovin tyytyväisiä ohjelmistoihin. Ohjelmiston oppimiseen taas vaikuttaa voimakkaasti itse ohjelmisto, kokemus, koulutus/opastus, teoriaperustat sekä oppimiseen käytettävissä oleva aika. Tarkemmat käyttökokemustutkimuksen kysymyskohtaiset vertailut ohjelmien välillä löytyvät liitteenä (katso Liite 8).



Kuvio 42. Käyttökokemustutkimuksen tulosten vertailua ohjelmittain.

Kuten kuvio 42. huomaa, Novapoint-ohjelmistoon oltiin yleisesti melko tyytyväisiä. Kyselyssä 50 %:a eli suurin osa mielsi itsensä vain kohtalaiseksi käyttäjäksi, mutta silti 62,50 %:a koki ohjelmiston oppimisen helpoksi. 50,00 %:lla vastaajista oli jäänyt hyvä ja selkeä kuva Novapoint:sta, kun taas 50,00 %:lla epävarma tai kohtalainen. Ohjelmistoa kuvailtiin monipuoliseksi, selkeäksi, helppokäyttöiseksi sekä plussaa Novapoint:in käyttöön toi myös mahdollisuus Vianova-tukeen. Huonoina puolina vastaajat mainitsivat selkeiden ohjeiden puuttumisen, tietokantapohjaisen toimintatavan hankalan hahmottamisen sekä toimivuus-ongelmat eli virheet ohjelmistossa.

MagiCAD-ohjelmisto erottuu edukseen (katso Kuvio 42.). Ohjelmistoon oltiin erittäin tyytyväisiä. 100 %:a vastaajista mielsi itsensä hyväksi käyttäjäksi, MagiCAD:in kokonaisuuden oppimisen/hahmottamisen helpoksi, sekä kaikilla oli jäänyt selkeä ja hyvä kuva MagiCAD:stä. Toisaalta lopputuloksiin saattoi vaikuttaa vastauksien vähyys ja se, että kaikki vastaajat käyttivät ohjelmistoa lähes päivittäin työelämässä. Ohjelmistoa kuvailtiin monipuoliseksi, luotettavaksi sekä selkeäksi suunnitteluohjelmaksi. Mainittavia huonoina puolina vastaajat mainitsivat sen, että laitetietokanta ei sisällä kaikkia vanhoja laitteita.

AutoCAD Civil 3D -ohjelmistoon ei oltu kovinkaan tyytyväisiä (katso Kuvio 42.). Vastauksia saatiin 3 kappaletta ja yksikään käyttäjä ei käyttänyt ohjelmistoa jatkuvasti suunnittelussa. Kaksi käyttäjistä oli käyttänyt ohjelmistoa joskus ja yksi käytti ohjelmistoa noin kerran viikossa. 33,33 %:a vastaajista kuvaili itsensä hyväksi käyttäjäksi ja 66,67 %:a alkeet osaavaksi. Vastanneista 33,33 %:a koki AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston kokonaisuuden oppimisen helpoksi, kun taas 66,67 %:a mielsi ohjelmiston kokonaisuuden hahmottamisen vaikeaksi. 33,33 %:lla vastaajista oli jäänyt hyvä ja selkeä kuva AutoCAD Civil 3D:stä, 33,33 %:lla epävarma ja kohtalainen ja 33,33:lla % huono. Tämä saattoi osaksi vaikuttaa tutkimustuloksiin. Jatkuva ohjelmiston käyttö helpottaa sen oppimista ja osaamista. Jotta tuloksia voitaisiin pitää luotettavina, olisi ollut hyvä saada tutkimukseen edes muutama vastaaja, joka käyttäisi ohjelmistoa jatkuvasti. Kehitysehdotuksina vastaajat ehdottivat ohjelmiston yksinkertaistamista ja kehittämistä. AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston huonoja puolia olivat vastaajien mielestä sekavuus, epäloogisuus sekä monimutkaisuus. AutoCAD Civil 3D -ohjelmiston hyviä puolia olivat monipuolisuus, selkeät valikot ja AutoCAD-pohjaisuus.

Tekla-ohjelmistoon oltiin yleisesti melko tyytyväisiä (katso Kuvio 42.). Kuten kuviosta näkyy, vastausprosentit jakaantuvat vaihtelevasti. Ohjelmiston käyttötaitojen arvioinnissa vastaajista 50 %:a koki itsensä hyväksi käyttäjäksi, 25 %:a kohtalaiseksi ja 25 %:a alkeet osaavaksi. Vastanneista 75,00 %:a koki Tekla-ohjelmiston kokonaisuuden oppimisen helpoksi, kun taas 25,00 %:a ei osannut sanoa. 50,00 %:lla vastaajista oli jäänyt hyvä ja selkeä kuva Tekla:sta, kun taas 50,00 %:lla epävarma tai kohtalainen. Kehitysehdotuksina ohjelmistolle vastaajat suosittelivat ylimääräisten toimintojen poistamista, jolloin sen käyttö voisi selkeytyä. Tekla-ohjelmiston huonoiksi puoliksi kuvattiin ohjelmistossa olevat "bugit" ja turhilta tuntuvat toiminnot. Tekla-ohjelmiston hyviä

puolia olivat rakenteiden hahmottamisen helpottuminen, helppokäyttöisyys, selkeät ohjeet, perusominaisuuksien selkeys ja monipuolisuus.

5.2 Tietokoneohjelmilta vaadittavat ominaisuudet/kriteerit

Ohjelmistotoimittajien ja ohjelmistotuotteiden kotisivuilta etsittiin tietoa heidän tarjoamistaan suunnittelu- ja mallinnusohjelmavaihtoehdoista. Ohjelmien jälleenmyyjille tai valmistajille lähetettiin sähköpostitse kyselylomake (katso Liite 1), jolla kartoitettiin ohjelmien ominaisuuksia ja soveltuvuutta kastelujärjestelmien suunnitteluun.

Epäselvien asioiden selvittämiseksi ja tietojen tarkentamiseksi käytiin ohjelmia tarjoavien yritysten asiantuntijoiden luona sekä tehtiin haastatteluita puhelimitse. Konsultteina toimivat ohjelmia tarjoavien yritysten asiantuntijat, kuten Vianova Systems Finland Oy:ltä (Novapoint) järjestelmäasiantuntija Tiina Virtanen, Progman Oy:ltä (MagiCAD) ohjelmiston myyjä Mikko Mäki, Future CAD Oy:ltä (AutoCAD Civil 3D) Business Manager Pekka Vähäkainu, Infracad Oy:ltä (AutoCAD Civil 3D) Jukka Tiala sekä Tekla:lta (Tekla Civil ja Tekla Nis) Account Manager Antti Nevas sekä Bentley Systems:in (WaterCAD) Regional Account Manager Tuomo Hyvärinen.

Kastelujärjestelmien suunnitteluun suunnattua tietokoneohjelmaa ei ole tehty Suomessa. Helpoin tapa lähteä tutkimaan ohjelmistoja on määrittää ensin yrityksen vaatimat kriteerit, joihin tietokoneohjelmien ominaisuuksia verrataan. Ohjelmisto, joka täyttää parhaiten yrityksen vaatimat kriteerit, valitaan varteenotettavimmaksi vaihtoehdoksi kastelujärjestelmien suunnittelua varten. Ohjelmistoista aiheutuvia kustannuksia ei huomioida, koska tilaajan kannalta hinta ei ole ratkaiseva tekijä ja siksi kustannukset eivät ole vertailussa mukana.

Suunnittelu- ja mallinnusohjelman tulee yhdistää piirtämis- ja laskemisprosessi yhdeksi kokonaisuudeksi, jonka avulla suunnitteluprosessi saadaan tehtyä pienemmällä ajalla ja vaivalla verrattuna tähänhetkiseen prosessiin, missä laskennat tehdään käsin ja suunnitelmakuva AutoCAD:illä. Tietokoneohjelman tulee kuitenkin olla yksinkertainen eli helppo oppia ja sisäistää.

Ohjelmistojen käyttökoulutukset ja testiversiot ennen käyttöönottoa tuovat käyttäjilleen turvallisuuden tunnetta, mikä tekee ohjelmiston käytöstä varmempaa. Tietokoneohjel-

mien tulee tukea samoja formaatteja, joita AutoCAD:kin lukee, koska aikaisempi suunnitteluaineisto löytyy PDF- ja DWG-formaateissa. Automaattisella määrälaskennalla ja valmiina olevilla objekteilla nopeutetaan suunnitteluprosessia ja säästetään näin ollen aikaa. Mikäli ohjelmistolla pystyttäisiin tekemään virtauslaskelmat, pystyttäisiin sillä yhdistämään piirtämis- ja laskemisprosessi yhdeksi kokonaisuudeksi. Ohjelmiston tulee pystyä lukemaan ja kirjoittamaan LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa. Tällä huomioidaan tulevaisuus ja tietotekniikan kehitys suunnittelu- ja mallinnusohjelmaa valitessa. Tärkein vaadittava ominaisuus on tiedonsiirtorajapinnan löytyminen ohjelmistosta eli ohjelmiston tulee toimia yhteen Lemminkäisellä käytettävien takymetriensä sekä GPS-laitteiden kanssa. Mikäli piirustus suunnitelmaan saisi putkien linjaustiedot eli korkeustiedot jokaiselle putkilinjalle, suunnitelmien tarkkuus lisääntyisi.

Kriteerit on pisteytetty tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Mitä tärkeämpi kriteeri on Lemminkäisen kastelujärjestelmien suunnitteluun liittyen, sitä enemmän se saa pisteitä. Oheisessa taulukossa on Lemminkäisen Ympäristöurakoinnin kriteerit pisteytettynä (katso Taulukko 2.).

Taulukko 2. Lemminkäisen kastelupuolen vaaditut kriteerit pisteytettynä, suunnittelu- ja mallinnusohjelman vertailua varten.

Pisteet	Yrityksen kriteerit
1	Ohjelmassa saa luotua suunnitelmasta PDF:n kuvan.
1	Lemminkäisellä on valmiit lisenssit.
1	Ohjelmasta löytyy ilmainen kokeiluversio.
2	Ohjelmaan on mahdollista saada käyttökoulutus.
3	Ohjelmaan pystyy tuomaan PDF piirustuksen kuvapohjaksi.
3	Ohjelmassa pystyy tekemään automaattisen määrälaskennan.
3	Ohjelmasta löytyy DWG-kuvatallennusformaatti.
3	Ohjelmaan pystyy luomaan maastomallin.
3	Ohjelma pystyy lukemaan ja kirjoittamaan LandXML formaatissa suunnitteluaineistoa.
3	Piirustus suunnitelmaan saa putkien linjaustiedot.
5	Ohjelmalla pystyy tekemään virtauslaskelmia.
5	Ohjelmasta löytyy valmiit objektit tai niitä pystyy tekemään.
7	Ohjelma toimii yhteen Takymetrin tai GPS-laitteen kanssa eli ohjelmasta löytyy tiedonsiirtorajapinta.

5.3 Tietokoneohjelmien ominaisuudet ja kustannukset

5.3.1 Autodesk: AutoCAD Civil 3D

Ohjelmiston kustannustiedot on tarkoitettu vain kohdeyrityksen käyttöön, eikä niitä julkaista.

Autodesk'in AutoCAD Civil 3D on tarkoitettu yhdyskuntasuunnitteluun, analysointiin ja simulointiin. Tietokoneohjelmalla voidaan muun muassa suunnitella vesihuoltoverkostoja ja vesiputkia, joten sitä olisi mahdollista hyödyntää kastelujärjestelmien suunnittelussa. AutoCAD Civil 3D ei tarvitse mitään lisäosia, koska siinä on kaikki mukana jo valmiiksi. Piirustus suunnitelmaan saa liitettyä putkien linjaustiedot. Virtauslaskelmat on mahdollista huomioida Autodesk Storm and Sanitary Analysis 2012 -ohjelman avulla. Se on viemäri- ja hulevesiverkostojen hydraulisen toiminnan analysointiin tarkoitettu ohjelma, joka tulee AutoCAD Civil 3D -ohjelman mukana. Ohjelmisto on yhteensopiva GPS-laitteiden kanssa eli siitä löytyy tiedonsiirtorajapinta. AutoCAD Civil 3D pystyy kirjoittamaan ja lukemaan LandXML-formaatissa suunnitteluaineistoa sekä sillä on mahdollista luoda maastomalli. Tietokoneohjelma on tavallaan tietokantapohjainen, koska siitä löytyy kuvatietokanta. Myös relaatiotietokannan (esim. Oracle) käyttö on mahdollista.

Viemäriverkostojen objekteja, kuten putkia ja rakenteita (kaivot yms.) on valmiina ja tarvittaessa on myös mahdollista luoda lisää objekteja. AutoCAD Civil 3D:ssä on automaattinen määrä- ja massalaskenta ja laskentatiedot pystytään tallentamaan XLS-formaattiin. Suunniteltu tieto on mahdollista siirtää koordinoitumalliin. Tietokoneohjelma käyttää kuvatallennusformaattina DWG:tä ja DXF:ää. Se pystyy lukemaan ja kirjoittamaan lisäksi useita formaatteja kuten: XLS, DGN, PDF, Mapinfo ja Esri:n järjestelmät, eli kaikkia tunnettuja vektori- ja paikkatietoformaatteja. Lisäksi ohjelmistosta löytyy eri rasteriformaatit. PDF-piirustus on mahdollista tuoda tietokoneohjelmaan kuvapohjaksi. AutoCAD Civil 3D:ssä on olemassa kuukauden kokeiluversio sekä yrityksille että opiskelijoille. Myös käyttökoulutus on mahdollinen.

Kustannukset koostuvat käyttökoulutuksesta, lisenssistä sekä ylläpitokustannuksista.

75

5.3.2 Novapoint: Water and Sewer

Ohjelmiston kustannustiedot on tarkoitettu vain kohdeyrityksen käyttöön, eikä niitä julkaista.

Novapoint Base on Novapoint ohjelmistoperheen perusta ja se tarvitsee pohjaksi AutoCAD:n. Sen lisäksi tarvitaan lisäosista Novapoint Water & Sewer ja Novapoint 3D Light (tiedonsiirto) sekä Finnish Value Pack (suomalaisille käyttäjille tarkoitettu lisäosa). Novapoint on tarkoitettu lähinnä yhdyskuntatekniikan vesihuoltoverkostojen suunnitteluun. Siinä voidaan itse määritellä käytettävien johtojen ja varusteiden (esim. venttiilit) ominaisuudet, joten luultavasti sitä voidaan käyttää myös kastelujärjestelmien suunnitteluun. Tietokoneohjelmassa ei kuitenkaan ole virtaamamallinnusosuutta, eikä siinä pystytä laskemaan virtaamia tai painehäviöitä. Piirustussuunnitelmaan saa liitettyä putkien linjaustiedot. Usean eri formaatin mittaustiedostoja voidaan lukea sisään maastomallia varten ja tietokoneohjelma pystyy kirjoittamaan ja lukemaan LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa. Novapoint sisältää maastotietokannan, joten sillä voi luoda maastomallin ja se on tietokantapohjainen.

Novapoint:ssa on valmiina vesihuoltoverkostoiden objektit. Esimerkiksi putkista on olemassa valmiina de 20 ja siitä isommat. Myös sulkuventtiilit löytyvät objekteina. Tarvittaessa objekteja voi luoda itse, mikäli niitä ei ole valmiina. Valmiista suunnitelmasta pystytään tekemään automaattisesti määrä- tai massalaskenta ja laskentatiedot pystytään tallentamaan XLS-formaattiin. Suunniteltu tieto pystytään siirtämään koordinoitimiin, jos koordinoitimiin lukee LandXML- tai DWG-formaattia. Tietokoneohjelma käyttää kuvatallennusformaattina DWG:tä ja suunnitelmakuvia pystytään tallentamaan myös PDF:ksi. Suunnitelmakuvaan voidaan tuoda DWG-, PDF- ja XLS-tiedostoja. Kokeiluversio sekä käyttökoulutus Novapoint:sta ovat yritykselle mahdollisia.

⁷⁵ AutoCAD Civil 3D:n kyselylomakkeen avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Future CAD Oy, Pekka Vähäkainu ja Infracad Oy, Jukka Tiala.

Novapoint:sta on saatavilla sekä työasemalisenssi että verkkolisenssi. Koekäyttöön edellytetään perehdytyskoulutusta, jotta koekäytöstä olisi hyötyä. Kustannukset koostuvat tarvittavasta perehdytyskoulutuksesta sekä lisenssimaksusta. Ohjelmistopäivityksiin ja tukipalveluihin on olemassa omat palvelusopimukset, jotka perustuvat hankittuihin lisenssimääriin.

76

5.3.3 Tekla: Civil ja Nis

Ohjelmiston kustannustiedot on tarkoitettu vain kohdeyrityksen käyttöön, eikä niitä julkaista.

Tekla Solutions on infra- ja energiatoimialoille monipuolinen ohjelmistokokonaisuus. Tekla Solutions-ratkaisuista vertaillaan laskentaan ja ylläpitoon soveltuvaa Tekla Nis:siä sekä suunnitteluun soveltuvaa Tekla Civil:iä. Molemmat ratkaisut soveltuvat omalla tavallaan kastelujärjestelmien suunnitteluun. Lisäksi tarvitaan Tekla:n Oracle, joka sisältää tietokannan. Tekla Nis:llä on mahdollista tehdä virtausmitoituksia. Tekla Civil:llä ei ole mahdollista tehdä virtausmitoituksia, mutta ne pystytään tekemään Epanet:n virtauslaskurin avulla. Molemmat vaihtoehdot huomioivat linjaustiedot. Tekla:sta löytyy tiedon siirto rajapinta eli ohjelmisto toimii yhteen GPS-mittauslaitteiden kanssa. Tekla Civil kykenee lukemaan ja kirjoittamaan LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa sekä sillä pystyy luomaan maastomallin. Tekla Nis ei kykene lukemaan tai kirjoittamaan LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa eikä sillä pysty luomaan maastomalleja, mutta se pystyy hyödyntämään valmiita maastomalleja. Tekla:n sovellus on tietokantapohjainen.

Tekla:sta löytyy valmiit vesihuoltoverkoston objektit sekä niitä on mahdollista luoda lisää tarvittaessa. Sekä Civil:stä että Nis:stä löytyy molemmista automaattinen määrälaskenta. Massalaskenta löytyy pelkästään Civil:stä. Nämä laskentatiedot pystytään tallentamaan XLS-formaattiin. Civil:llä on mahdollista siirtää suunniteltu aineisto koor-

⁷⁶ Novapoint:in kyselylomakkeen avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Vianova, Tiina Virtanen.

dinointimalliin, Nis:in suhteen ei ole varmuutta. Tekla tukee mm DWG-, PDF- ja XLS-formaateissa olevia tiedostoja. Eli suunnitelmatietojen tallentaminen ja tuominen kuvapohjaksi onnistuu Tekla:lla. Kuukauden kokeiluversio ei ole mahdollinen, mutta tietokoneohjelmasta on mahdollista saada käyttökoulutus.

Kustannukset koostuvat käyttökoulutuksesta, ohjelmiston lisenssistä, ylläpidosta sekä Tekla:n Oracle-tietokannasta. Lisenssejä on mahdollista ostaa tai vuokrata. Ohjelmisto on mahdollista hankkia myös SaaS-palvelun kautta eli asiakas ostaa Sympa HR -järjestelmän kokonaispalveluna tuotettuna julkisen verkon kautta. SaaS-palvelu sisältää sovellusvuokrauksen sekä ylläpito- ja tukipalvelut. Asiakas tarvitsee Sympa HR -järjestelmän käyttöön ainoastaan selaimen ja internet-yhteyden. Käyttöönottoon ei tällöin tarvita asennuksia eikä lisäkustannuksia synny lisenssi- tai laitteistohankinnoista.

77

5.3.4 MagiCAD: Sprinkler Designer

Ohjelmiston kustannustiedot on tarkoitettu vain kohdeyrityksen käyttöön, eikä niitä julkaista.

MagiCAD:in Sprinkler Designer sisältää sekä Sprinkler Calculation:in että Heating and Piping:in ja sitä olisi mahdollista hyödyntää kastelujärjestelmien suunnittelussa. Kaste-lulaitteet olisi mahdollista mallintaa Sprinkler Designer:n avulla, mutta siinä palvelualue on rajattu 99 m²:iin. MagiCAD on AutoCAD-sovellus, joka tarvitsee alustakseen AutoCAD:in, AutoCAD Architecturen tai AutoCAD MEP:in. MagiCAD Heating & Piping mitoit-taa vesijohtoja. Suuttimien mitoitus voidaan mahdollisesti tehdä MagiCAD Sprinkler Cal-culation:ia käyttäen ja sitä soveltaen. MagiCAD:llä voidaan suunnitella sprinkler-suuttimia ja määrittää niiden paineita. Tietokoneohjelma pystyy huomioimaan ja näyt-tämään jokaisen putkilinjan linjaustiedot ja se käyttää tiedonsiirtorajapintana COM in-terface:iä. GPS-laitteella tai takymetrillä mitatun laitteen mittaustiedonsiirrosta ei ole saatu varmuutta Progman Oy:ltä, koska heillä ei ole kokemusta siitä. MagiCAD ei tue

⁷⁷ Tekla:n kyselylomakkeen sekä haastattelun avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaa-jat: Tekla, Antti Nevas.

LandXML-muodossa olevaa suunnitteluaineistoa eikä sillä voi luoda maastomallia. MagiCAD on tietokantapohjainen tietokoneohjelma.

Tietokoneohjelmasta löytyy valmiit vesihuoltoverkostoiden objektit (putket, liitimet sekä venttiilit) ja niitä on mahdollista luoda lisää. Massa- ja määrälaskenta hoituu automaattisesti ja laskentatiedot pystytään tallentamaan XLS-formaattiin. Kuvatallennusformaattina käytetään DWG-muotoa ja IFC-standardia. MagiCAD:iin voi tuoda kuvapohjaksi kaikki samat formaatit, joita AutoCAD tukee eli esimerkiksi DWG-, PDF- ja XLS-tiedostot. Kuukauden kokeiluversio sekä käyttökoulutus ovat mahdollisia.

Kustannukset koostuvat koulutuksesta, lisenssistä sekä päivityksistä. Koulutuksia on mahdollista saada yleisiä ja yrityskohtaisia. Lisenssejä on mahdollista saada työasema-kohtaisia tai verkkolisenssejä. Verkkolisenssit ovat yrityksen verkossa ja niitä voi käyttää aina, kun ne ovat vapaina. Lisenssille voi hankkia päivityssopimuksen, jonka voimassaolon aikana uudet versiot ja päivitykset toimitetaan automaattisesti.

78

5.3.5 Bentley Systems: WaterCAD

Bentley Systems'in WaterCAD:in ominaisuuksista ei ole saatu tarkkoja tietoja. Ohjelmiston jälleenmyyjät eivät ole vastanneet kyselylomakkeeseen (katso Liite 1.) useista pyynnöistä huolimatta.

5.4 Suunnittelu- ja mallinnusohjelmien vertailut

5.5 Ominaisuuksien vertailut

Vertailussa on mukana niin infra-alalle kuin LVI-puolelle tarkoitettuja suunnittelu- ja mallinnusohjelmia. Tietokoneohjelmista MagiCAD Sprinkler Designer on suunnattu LVI-puolelle, kun taas Tekla Civi, Tekla Nis, Autodesk AutoCAD Civil 3D sekä Novapoint

⁷⁸ MagiCAD:in kyselylomakkeen sekä haastattelun avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Progman Oy, Mikko Mäki.

Water & Sewer on suunnattu infra-alalle. Tietokoneohjelmista löytyvien ominaisuuksien ero ei ole merkittävä, mutta jonkin verran eroavaisuuksia on havaittavissa. Bentley Systems:in WaterCAD-ratkaisusta ei ole saatu vastauksia kyselylomakkeeseen useista pyynnöistä huolimatta, joten tämä ratkaisuvaihtoehto jätetään vertailuissa huomioimatta tiedon puutteen takia. Kaikkien muiden sovelluksien osalta tiedonsaanti on ollut lähes vaivatonta.

Vertailun tueksi on tehty taulukko (katso Taulukko 3.), mikä helpottaa vertailua huomattavasti. Kuten taulukosta huomaa, suunnittelu- ja mallinnusohjelmien erot eivät ole suuria. Lemminkäisellä on ainoastaan MagiCAD:in (Sprinkler Designer) sekä Autodesk:in (AutoCAD Civil 3D) lisenssit. Lemminkäisellä on myös Tekla:n sekä Novapoint:in ohjelmien lisenssejä, mutta ei tässä työssä vertailtavina olevia infra-puolen suunnitteluohjelmien.

Kaikilla vertailtavilla ohjelmavaihtoehdoilla on mahdollista luoda PDF-piirustus suunnitelmakuvasta, tuoda PDF-piirustus suunnitelmapohjaksi, tehdä automaattinen määrä-laskenta, saada käyttökoulutus ja saada linjaustiedot eli korkeustiedot suunnitelmakuvaan. Näiden lisäksi kaikissa ohjelmistoissa on DWG-kuvatallennusformaatti sekä valmiit objektit tai mahdollisuus uusien objektien luontiin.

Ilmainen kokeiluversio löytyy kaikista muista vertailuvaihtoehdoista paitsi Tekla:n vaihtoehdoista. AutoCAD Civil 3D:llä, Tekla Civil:llä sekä Novapoint Water & Sewer:llä on mahdollista lukea ja kirjoittaa LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa, myös maastomallin luonti onnistuu näillä ohjelmilla. Sen sijaan MagiCAD Sprinkler Designer:llä sekä Tekla Nis:llä ei ole mahdollista lukea ja kirjoittaa LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa. Näillä kahdella viimeksi mainitulla ohjelmistolla ei ole mahdollista myöskään luoda maastomallia. Sen sijaan Tekla Nis:llä pystyy hyödyntämään valmiita maastomalleja.

Kaikki muut ohjelmistot toimivat yhteen takymetrin tai GPS-laitteen kanssa eli ohjelmistoissa on tiedonsiirtorajapinta, paitsi MagiCAD-ohjelmiston yhteensopivuudesta takymetrin ja GPS-laitteen kanssa ei ole saatu varmistuksia. Asiaa yritettiin selvittää Progran Oy:ltä, Geotrim Oy:ltä sekä Lemminkäiseltä, tuloksetta. MagiCAD käyttää tiedonsiirtorajapintana COM interface:iä ja ainakin laserkeilaus-laitteella mitatun tiedon saa siirrettyä MagiCAD:iin.

Novapoint Water & Sewer -ohjelmalla ei onnistu virtauslaskelmien teko. Sen sijaan AutoCAD Civil 3D:ssä virtauslaskelmien teko onnistuu tietokoneohjelman mukana tulevalla Autodesk Storm and Sanitary Analysis 2012 -mitoitusohjelmalla. Se on viemäri- ja huilovesiverkostojen hydraulisen toiminnan analysointiin tarkoitettu ohjelma. Tekla Nis:llä onnistuu virtauslaskelmienteko. Tekla Civil:in virtauslaskentarajapinta olisi DWG:n avulla oleva rautalankamalli, jota käytettäisiin Epanetilla, näin ollen virtauslaskelmienteko voisi onnistua myös Civil:llä. MagiCAD Sprinkler Designer:iin sisältyvässä Heating & Piping -ohjelmassa on vesijohtojen ja putkien mitoitusominaisuus.

Taulukko 3. Ominaisuuksien vertailutaulukko.

Kriteeri	Pisteet	Tietokoneohjelman nimi					
		Autodesk:AutoCAD Civil 3D	Novapoint: Water & Sewer	Tekla: Civil	Tekla: Nis	MagiCAD: Sprinkler Designer	
Lemminkäisellä on valmiit lisenssit	1	1	0	0	0	1	
Ilmainen kokeiluversio	1	1	1	0	0	1	
Saa luotua suunnitelmasta PDF-kuvan	1	1	1	1	1	1	
On mahdollista saada käyttökoulutus	2	2	2	2	2	2	
Pystytään tekemään automaattisen määrälaskennan	3	3	3	3	3	3	
Ohjelmaan pystyy luomaan maastomallin	3	3	3	3	0	0	
Pystytään tuomaan PDF-piirustuksen kuvapohjaksi	3	3	3	3	3	3	
Löytyy DWG-kuvataallennusformaatti	3	3	3	3	3	3	
Pystytään lukemaan ja kirjoittamaan LandXML-formaatissa suunnitteluaineistoa	3	3	3	3	0	0	
Piirustus suunnitelmaan saa putkien linjaustiedot	3	3	3	3	3	3	
Pystytään tekemään virtauslaskelmia	5	5	0	5	5	5	
Löytyy valmiit objektit tai niitä pystyy tekemään	5	5	5	5	5	5	
Toimii yhteen takymetrin tai GPS-laitteen kanssa eli ohjelmasta löytyy tiedonsiirtorajapinta	7	7	7	7	7	Ei varmaa tietoa	
Pisteitä yhteensä	40	40	34	38	32	27	

5.6 Johtopäätökset vertailuista

Bentley Systems:in WaterCAD-ratkaisua oli vaikea verrata muihin suunnittelu- ja mallinnusohjelmiin, sillä sen tarjoista ominaisuuksista ei ollut minkäänlaista tietoa. Näillä perusteilla Bentley Systems:in WaterCAD:iä ei voi suositella Lemminkäisen Ympäristöurakoinnin yksikön käyttöön.

LVI-puolen suunnitteluohjelmisto MagiCAD Sprinkler Designer voisi olla varteenotettava vaihtoehto kastelujärjestelmien suunnitteluun, koska ohjelmistolla suunnitellaan sprinkleri-järjestelmiä. Sprinkler-suuttimien mitoitusperiaate on samanlainen kuin kastelusuuttimien mitoitusperiaate, joten ohjelmistoa pystyisi käyttämään soveltaen. Sprinkler Calculation:lla voidaan suunnitella sprinkler-suuttimia ja määrittää niiden paineet. Tämä vaihtoehto täyttää kuitenkin kohdeyrityksen vaatimat kriteerit huonoimmin. MagiCAD:in Sprinkler Designer keräsi 27 pistettä 40 pisteestä (katso Kuvio 43.). Sillä ei ole mahdollista luoda maastomallia, eikä kirjoittaa ja lukea LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa. MagiCAD-ohjelmiston yhteensopivuudesta takymetrin ja GPS-laitteen kanssa ei ole saatu varmistuksia. Asiaa yritettiin selvittää Progman Oy:ltä, Geotrim Oy:ltä sekä Lemminkäiseltä, tuloksetta. Vaikka kastelulaitteet olisi mahdollista mallintaa Sprinkler Designer:in avulla, niin suunnittelua rajoittaa 99 m²:n rajattu palvelualue. Koska kastelujärjestelmien suunnittelualueet saattavat vaihdella suuresti, saattaa tämä 99 m²:n palvelualue ylittyä kohteesta riippuen. Tämä vaihtoehto hylätään tämän vuoksi. Hylkäämisperusteeseen vaikuttaa myös se, että muut ohjelmistot täyttivät Lemminkäisen vaatimat kriteerit paremmin.

Energia- ja vesihuoltoyrityksien liiketoimintaan suunnattu ohjelmisto Tekla Nis täytti Lemminkäisen asettamat tärkeimmät kriteerit hyvin. Siltä jäi kuitenkin pisteitä saamatta muutamista kriteereistä. Tekla Nis keräsi 32 pistettä 40 pisteestä (katso Kuvio 43.). Nis:llä ei ole mahdollista lukea ja kirjoittaa LandXML-formaatissa olevaa suunnitteluaineistoa, ohjelmistosta ei ole ilmaista kokeiluversiota, Lemminkäisellä ei ole Tekla Nis:in lisenssiä käytössä, eikä ohjelmistolla pystynyt luomaan maastomallia. Sen sijaan Tekla Nis:illä pystyy hyödyntämään valmiita maastomalleja. Tärkeimpinä kriteereinä mainittakoon, että Tekla Nis:illä onnistuu virtauslaskelmien teko ja ohjelmistosta löytyy tiedonsiirtorajapinta eli mittauksien tiedot pystytään siirtämään ohjelmistoon. Koska muut ohjelmistot täyttivät paremmin Lemminkäisen vaatimat ominaisuudet, Tekla Nis hylätään tämän vuoksi.

Kolmanneksi eniten pisteitä keräsi vesi- ja viemäriinjojen suunnitteluun tarkoitettu Novapoint Water & Sewer -ohjelmisto. Novapoint keräsi 34 pistettä 40 pisteestä (katso Kuvio 43.). Novapoint vaikuttaa kattavalta ohjelmistolta, jos sen ominaisuuksia verrataan Lemminkäisen asettamiin kriteereihin. Se kuitenkin menetti kriteerien vertailussa pisteistä siitä, ettei sillä ole mahdollista tehdä virtauslaskelmia eikä siitä ole olemassa ilmaista kokeiluversiota. Lemminkäisellä ei myöskään ole Novapoint Water & Sewer ohjelmiston lisenssiä, muita Novapoint:in tuoteperheen lisenssejä Lemminkäisellä on kylläkin käytössä. Koska muut ohjelmistot täyttivät paremmin Lemminkäisen vaatimat ominaisuudet, Novapoint Water & Sewer hylätään tämän vuoksi.

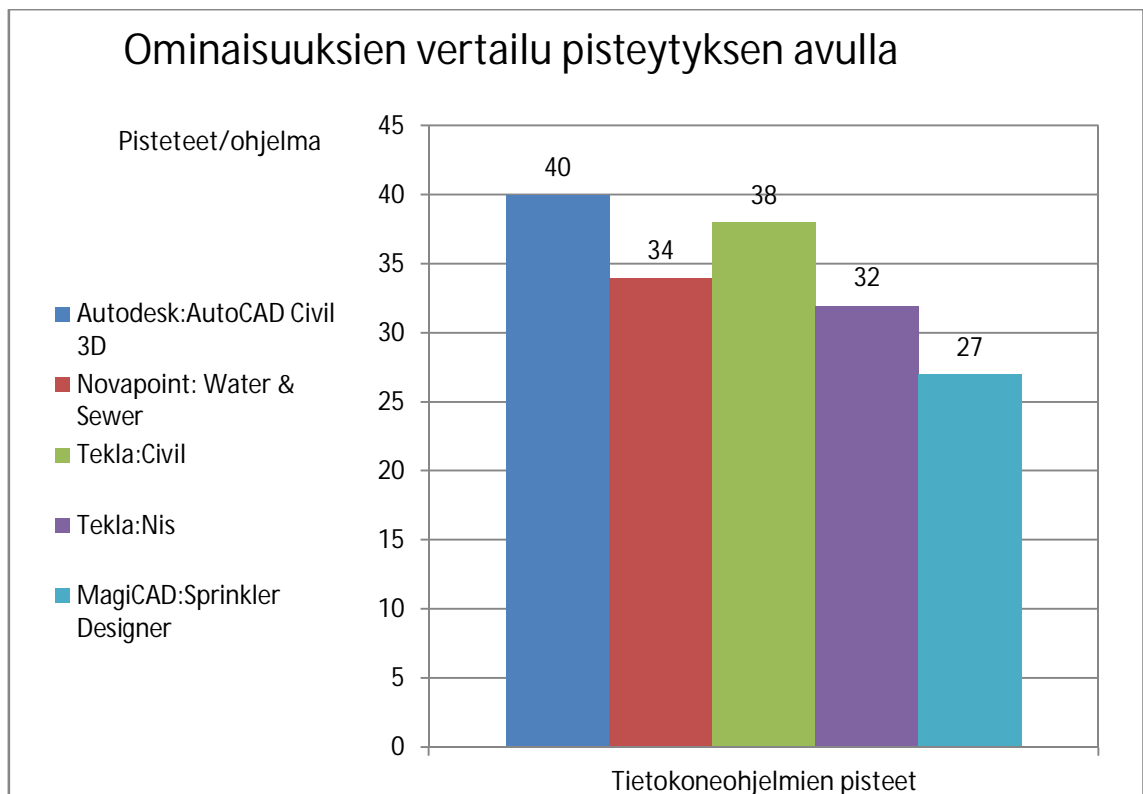
Parhaiten Lemminkäisen kriteerit täyttivät infrasuunnitteluun suunnatut Tekla Civil ja AutoCAD Civil 3D. Ohjelmistot ovat erittäin samankaltaisia ja erittäin kattavia ominaisuuksiltaan. Esimerkkinä samankaltaisuudesta on se, että Tekla Civil:llä ei ole mahdollista tehdä virtausmitoituksia, mutta ne pystytään tekemään Epanet:n virtauslaskurin avulla, kun taas AutoCAD Civil 3D:llä virtauslaskelmat pystytään tekemään tietokoneohjelman mukana tulevalla Autodesk Storm and Sanitary Analysis 2012 -mitoitushjelmalla. Tekla Civil keräsi 38 pistettä 40 pisteestä. Tekla Civil täytti kaikki muut Lemminkäisen vaatimat kriteerit paitsi: Lemminkäisellä ei ole Tekla Civil:in lisenssiä eikä ohjelmistosta ole mahdollista saada ilmaista kokeiluversiota. AutoCAD Civil 3D täytti kaikki Lemminkäiset asettamat kriteerit. Se keräsi täydet 40 pistettä. (katso Kuvio 43.)

Lemminkäisen asettamia ominaisuusvaatimuksia verrattaessa näiden kahden ohjelmiston ominaisuuksiin, ero ei ole suuri. Ratkaisevana tekijänä ei ole se, ettei Tekla Civil:stä ole ilmaista kokeiluversiota. Kokeiluversiolla ei saa tarkkaa kuvaa ohjelmiston kokonaiskäytöstä ja mahdollisuuksista. Varsinkin jos huomioidaan se, että käyttäjä ei ole ennen käyttänyt ohjelmistoa. Tämän syyn takia on erittäin tärkeää, että ohjelmistosta on mahdollista saada käyttökoulutus, ennen varsinaista koekäyttöä. Koulutuksen avulla pystyy saamaan enemmän irti ohjelmiston antamista mahdollisuuksista koekäytössä.

Ratkaisevaksi tekijäksi näiden kahden ohjelmiston vertailussa muodostui se, että Lemminkäisellä on valmiina, jo AutoCAD Civil 3D:n lisenssi. Joten parhaimmaksi vaihtoehdoksi kastelujärjestelmien suunnitteluun ominaisuuksien vertailun perusteella saatiin Autodesk:in AutoCAD Civil 3D. Lisenssiä voidaan pitää ratkaisevana tekijänä muun muassa sen perusteella, että ohjelmistoon liittyvien neuvosten kysyminen työkollegoilta on

helpompaa. Eli ongelmatilanteissa ratkaisut saattavat löytyä helpommin työyhteisön sisältä. Vaikka AutoCAD Civil 3D:tä ei ole käytetty vesihuoltoverkostoiden suunnitteluun Lemminkäisellä, voi silti esimerkiksi ohjelmiston yleiskäyttöön liittyvien ongelmien ratkaiseminen olla yksinkertaisempaa verrattaessa siihen, että ongelmaa ja neuvoja lähdetään kyselemään Autodesk:in tuesta.

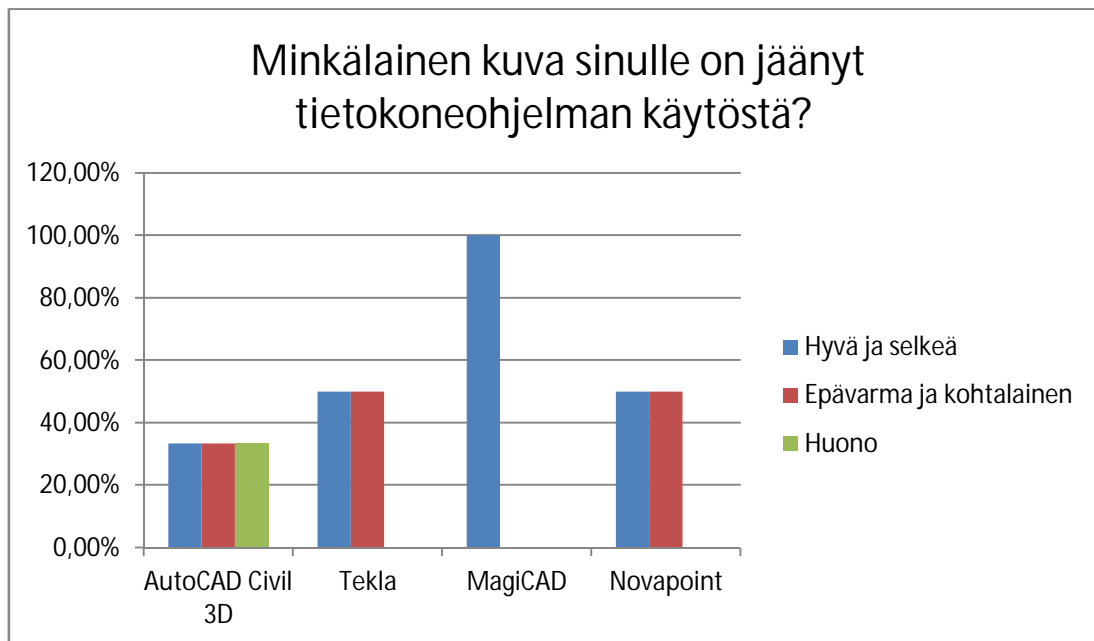
Valinta voidaan myös perustella, sillä että AutoCAD Civil 3D:n käytön oppiminen voi olla helpompaa, koska AutoCAD Civil 3D:ssä olevat peruskäyttöominaisuudet ovat samat kuin jo kastelujärjestelmien suunnittelun apuna käytetyssä AutoCAD:ssä. Molemmat ohjelmistot ovat Autodesk:in valmistamia, joten ohjelmiston käyttöliittymä on tuttu.



Kuvio 43. Tietokoneohjelmien keräämät pisteet ominaisuusvertailusta.

Käyttökokemustutkimukseen vastasi kaiken kaikkiaan vain 18 henkilöä. Vähäiset vastausmäärät vaikuttivat tutkimuksen luotettavuuteen ja analysoinnin tuloksia pidetään vain suuntaa antavina tämän vuoksi. Novapoint näyttää olevan kaikista käytetyin kunnallistekniikan suunnitteluohjelma.

Käyttökokemustutkimuksen perusteella kaikista parhaimmat vastausprosentit sai MagiCAD. Ohjelmistoon oltiin erittäin tyytyväisiä (katso Kuvio 44.). Loput käyttökokemustutkimuksen kysymyskohtaiset vertailut ohjelmien välillä löytyvät liitteenä (katso Liite 8). Novapoint:iin sekä Tekla:aan oltiin yleisesti melko tyytyväisiä ja AutoCAD Civil 3D:hen ei oltu kovinkaan tyytyväisiä. Jokaiselle ohjelmistolle vastaajat olivat löytäneet niin huonoja kuin hyviäkin puolia.



Kuvio 44. Käyttökokemustutkimuksen vastausjakauma ohjelmistoista jääneestä mielikuvasta.

Novapoint:in vastauksia voitiin pitää jokseenkin luotettavina, koska vastauksia saatiin kahdeksan kappaletta ja käyttäjät erosivat käyttäjäkokemuksiltaan paljon toisistaan. Myös Tekla:n käyttäjät erosivat käyttäjäkokemuksiltaan hyvin toisistaan, mutta Tekla:n vastauksia olisi ollut hyvä saada enemmän, jotta tuloksia olisi voitu pitää jokseenkin luotettavina. MagiCAD:in vastausprosentteihin varmasti vaikutti se, että kaikki käyttäjät käyttivät ohjelmistoa lähes päivittäin ja kokivat itsensä hyväksi käyttäjäksi. AutoCAD Civil 3D:n vastausprosentteihin vaikutti varmasti se, että yksikään vastaaja ei käyttänyt ohjelmistoa päivittäin ja selvä enemmistö vastaajista kuvasi itseään alkeet osaavaksi käyttäjäksi. Tutkimukseen olisi pitänyt saada enemmän vastauksia laajemmalta käyttäjäkunnalta, jotta tehtyjen johtopäätösten luotettavuus olisi kasvanut. Tämä olisi ollut sen takia tärkeää, koska tietokoneohjelman jatkuva käyttö vaikuttaa sen oppimiseen ja osaamiseen ja täten mielikuvaan itse ohjelmistosta.

6 Yhteenveto

Lemminkäinen Infra Oy:n, Ympäristöurakoinnin yksikölle tehdyssä opinnäytetyössä taustatietojen määrittely oli helppoa. Selkeiden tavoitteiden ja rajoitusten ansiosta tiedettiin nopeasti, minkälaista suunnittelu- tai mallinnusohjelmaa kastelujärjestelmille lähdettiin etsimään. Myös omakohtaisesta kokemuksesta kastelujärjestelmien suunnittelun parissa oli hyötyä. Kun tunsu suunnitteluprosessin hyödyt ja haitat, oli helpompi lähteä etsimään kastelujärjestelmille soveltuvaa suunnittelu- ja mallinnusohjelmaa.

Kirjallisuustutkimuksen ansiosta tuli selvemäksi tietokoneavusteisen suunnittelun ja mallinnuksen kehitys, vaikutukset ja hyödyt osana suunnittelukokonaisuutta. Esimerkiksi, kuinka paljon suunnittelu- ja mallinnusohjelmat helpottavat tiedonsiirtoa, tarkentavat suunnittelua, yhdistävät sekä yksinkertaistavat koko suunnitteluprosessia. Tämänhetkisen suunnitteluprosessin haittapuolina olivat sen työläys sekä prosessin aikaa vievyys. Kaikki tiedot pitää päivittää erikseen sekä piirustukseen että laskelmiin. Suunnittelu- ja mallinnusohjelma voi helpottaa ja yksinkertaistaa suunnittelua.

Tietokoneohjelmavaihtoehtojen löytäminen oli helppoa. Selvittelyjen jälkeen päädyttiin tutkimaan tarkemmin kunnallistekniikan- ja LVI-puolen suunnitteluohjelmistoja, koska Suomessa kastelujärjestelmien suunnitteluun ei ole tehty omia tietokoneohjelmia.

Ominaisuuksien vertailun tueksi tehtyä käyttökokeututkimusta ei pystytty hyödyntämään siinä määrin, mitä aluksi odotettiin. Vaikka vastauksia saatiin kahdeksantoista kappaletta kaiken kaikkiaan, jäivät ohjelmakohtaiset vastausmäärät suppeiksi joidenkin ohjelmistojen kohdalla. Tämän johdosta käyttökokeututkimuksen lopputulokset olivat vain suuntaa antavat, eivätkä analysoinnin tulokset vaikuttaneet lopulliseen päätökseen. Joidenkin ohjelmistojen osalta tutkimusta voisi laajentaa ja tarkentaa ennen yrityksen tekemää lopullista päätöstä, jotta saataisiin luotettavimmat tulokset valintaa ajatellen. Mikäli vastauksia olisi yhtä monta jokaista ohjelmistoa kohden laajalta ja samankaltaiselta käyttäjäkunnalta, tulokset olivat entistä luotettavampia ja helpommin vertailtavissa toisiinsa. Tässä täytyy kuitenkin huomioida se, että vaikka vastaajien aktiivisuutta saataisiinkin nostettua, tutkimusta rajoittaa ohjelmiston käyttäjien määrä. Eli joitakin ohjelmia vain käytetään enemmän infra-alalla kuin toisia ja se vaikuttaa vastauksien saatavuuden määrään kyselytutkimuksessa.

Ohjelmien ominaisuuksien selvittämistä hankaloitti tiedon saanti joidenkin ohjelmien kohdalla. Ominaisuuksia vertailtaessa huomattiin, että infra- ja LVI-puolen ohjelmistoissa oli jonkin verran eroja. Infra-puolen ohjelmistot olivat kaiken kaikkiaan kovin samankaltaisia ominaisuuksiltaan. Kriteerit pisteytettiin, tulosten analysoinnin helpottamiseksi. Mitä tärkeämpi kriteeri oli Lemminkäisen kastelujärjestelmien suunnitteluun liittyen, sitä enemmän se sai pisteitä. Tekla Civil ja Autodesk AutoCAD Civil 3D keräsivät eniten pisteitä ja näiden kahden ohjelmiston välinen piste-ero oli vain kaksi pistettä. Mikäli tutkimusta haluttaisiin tarkentaa, kannattaisi ohjelmistojen ominaisuuksien tueksi tehdä vielä kustannusvertailut. Lemminkäisen kannattaisi lähettää tarjouspyynnöt ja tehdä kustannusten vertailu ominaisuuksien tueksi ennen varsinaisen ratkaisun tekoa. Tämä osio kuitenkin jätettiin työstä pois, koska kustannukset eivät olleet tilaajan kannalta ratkaiseva tekijä.

Työn lopputuloksena todettiin, että Autodesk'in AutoCAD Civil 3D -ohjelmisto on siis ainoa ohjelmisto, joka täytti Lemminkäisen asettamat kriteerit täysin. Ratkaisevaksi tekijäksi muodostui Lemminkäisellä valmiina oleva AutoCAD Civil 3D:n lisenssi. Lisenssiä voidaan pitää ratkaisevana tekijänä muun muassa sen perusteella, että tietokoneohjelmaan liittyvien neuvojen kysyminen työkollegoilta on helpompaa. Valinta voidaan myös perustella, sillä että AutoCAD Civil 3D:n käytön oppiminen voi olla helpompaa, koska AutoCAD Civil 3D:ssä olevat peruskäyttöominaisuudet ovat samat kuin jo kastelujärjestelmien suunnittelun apuna käytetyssä AutoCAD:ssä. Kriteereiden pisteytyksen avulla AutoCAD Civil 3D -ohjelmisto siis valittiin parhaimmaksi mahdolliseksi vaihtoehdoksi kastelujärjestelmien suunnittelun avuksi.

Lähteet

Kirjallisuus

- J Järvinen, Elise. 2005. Jalkapallokentän rakentaminen ja hoito. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- O Opetusministeriö. 1990. Golfkenttien suunnittelu ja rakentamisopas. Helsinki: Opetusministeriön julkaisu N:o 33.
- P Penttilä, Hannu – Nissinen, Sampsa – Niemioja, Seppo. 2006. Tuotemallintaminen rakennus-hankkeessa, yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- R Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Sastamala: Vammaan Kirjapaino Oy.

Internet-lähteet

- A Aquanova: puserrusliitimiä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.aquanova.fi/www/order.php?af=0&card=6>
- Autodesk:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/home?siteID=448412&id=514927>
- Autodesk:in kotisivut: tietoa yrityksestä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://usa.autodesk.com/company/>
- Autodesk:in kotisivut: tuotteet. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/home?siteID=448412&id=514927>
- B Bentley Systems:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 22.2.2012). Saatavissa: <http://www.bentley.com/fi-FI/>
- E Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 13.3.2012). Saatavissa: http://www.elykeskus.fi/fi/Liikenne/tiehankkeet/pirkanmaa/Valtatie_3_Tampereelta_Vaasaan_laatutasoltaan_yhtenaiseksi/jalasjarvi/Documents/Havainnekuvat/havainnekuva_12.jpg
- G Geotrim Oy:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.geotrim.fi/i/trimblen-gnss-teknologia-patentoituja-menetelmia/>

- I Infra 2010: tuotemallintaminen. (Verkkodokumentti, viitattu 9.4.2012). Saatavissa: <http://www.infra2010.fi/Alasivut/tuotemallint.html>
- L Lemminkäisen kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainen.fi/Yhtio/Konsernin_rakenne
- Lemminkäisen kotisivut: Kastelujärjestelmät. (Verkkodokumentti, viitattu 19.1.2012). Saatavissa: <http://www.lemminkainenomni.fi/WebRoot/10008749/Page.aspx?id=10014046>
- Lemminkäisen kotisivut: Toro-kastelujärjestelmä. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: http://www.lemminkainenomni.fi/fi/Tuotteet_ja_palvelut/Kastelujarjestelmat/Toro-kastelujarjestelma
- M MagiCAD:in kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi>
- MagiCAD:in kotisivut: MagiCAD lyhyesti. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/magicad-lyhyesti>
- MagiCAD:in kotisivut: Sprinkler Designer. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/2642011-magicad-sprinkler-designer-yhdist%C3%A4%C3%A4-piirron-ja-laskennan>
- N Nettiraudan kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: https://www.netrauta.fi/portal/rakentaminen/viemarointijarjestelmat/muoviviemarit_ja_osat/muoviputki_siniraita_pem_32_10_200m
- P Progman Oy:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/fi/content/progman-oy>
- Progman Oy:n kotisivut: Sprinkler Designer. (Verkkodokumentti, viitattu 21.3.2012). Saatavissa: <http://www.magicad.com/en/content/magicad-sprinkler-designer>
- R Rakennuslehden verkkosivut, artikkeli: Talotekniikan huippuosaamista Raumalta. (Verkkodokumentti, viitattu 23.1.2012). Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/uutiset/8882.html>
- T Tammisaaren kaupungin sivut: Tammisaaren saaristo. (Verkkodokumentti, viitattu 21.3.2012). Saatavissa: <http://www.ekenas.fi/museum/ark34.JPG>

Tekla:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/Pages/Default.aspx>

Tekla:n kotisivut: Infra- ja energiatoimialat. (Verkkodokumentti, viitattu 22.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-SOLUTIONS-FOR-INFRASTRUCTURE-AND-ENERGY-INDUSTRIES/Pages/Default.aspx>

Tekla:n kotisivut: rakentaminen. (Verkkodokumentti, viitattu 22.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/FI/PRODUCTS/TEKLA-STRUCTURES/Pages/Default.aspx>

Tekla:n kotisivut: tietoa Tekla:sta. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/about-us/facts-and-figures/Pages/Default.aspx>

Tekla:n kotisivut: Tekla:n historia. (Verkkodokumentti, viitattu 2.3.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/about-us/history/Pages/Default.aspx>

Tekla:n kotisivut: Tekla:n ohjelmistoratkaisut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/solutions/Pages/Default.aspx>

Toro:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.toro.com/en-us/professional-contractor/irrigation/controllers/Pages/Model.aspx?pid=TMC-424E-Series>

Toro:n kotisivut: Sadettaja DT 35-DT55. (Verkkodokumentti, viitattu 23.2.2012). Saatavissa: <http://www.toro.com/en-us/Golf/Irrigation/Rotors/Pages/Model.aspx?pid=DT35-DT55-Series>

V Vianova:n kotisivut. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/>

Vianova:n kotisivut: Novapoint Water & Sewer. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/index.php/Toimialat/Infrasuunnittelu/Novapoint-Water-and-Sewer#.TyJ81ajzjvM>

Vianova:n kotisivut: Novapoint. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: http://www.vianova.fi/Tuotteet/Novapoint#.TyJ_L6jzjvM

Vianova:n kotisivut: tietoa Vianovasta. (Verkkodokumentti, viitattu 20.1.2012). Saatavissa: <http://www.vianova.fi/Tietoa-Vianovasta#.TyJzwqjzjvM>

- W Wiki: Novapoint. (Verkkodokumentti, viitattu 9.4.2012). Saatavissa: http://wiki.novapoint.com/doku.php/fi:np:release_notes:np1720
- Y Ympäristöhallinnon sivut. (Verkkodokumentti, viitattu 21.11.2011). Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74289&lan=fi

Haastattelut

- A AutoCAD Civil 3D:n kyselylomakkeen avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Future CAD Oy, Pekka Vähäkainu ja Infracad Oy, Jukka Tiala.
- L Lemminkäinen Talo Oy:n mittaustyöjohtaja Jyri Leskisen haastattelu. (Haastattelupäivä 7.2.2012).
- M MagiCADin kyselylomakkeen sekä haastattelun avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Progman Oy, Mikko Mäki.
- N Novapoint:in kyselylomakkeen avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Vianova, Tiina Virtanen.
- T Teklan kyselylomakkeen sekä haastattelun avulla saadut tiedot. Kyselylomakkeeseen vastaajat: Tekla, Antti Nevas.

Esitteet

- K Kastelun laskeminen, esite: Technical data. (Viitattu 24.2.2012).
- L Lemminkäisen PowerPoint esitelmä kasteluista. (Viitattu 9.2.2012).

Kyselylomake

Ohjelmien jälleenmyyjille ja valmistajille

1. Onko ohjelmistonne tarkoitettu muun muassa vesihuoltoverkostoiden tai vesiputkistoiden suunnitteluun (Olisiko sitä mahdollista soveltaa kastelu-järjestelmien suunnitteluun?)
2. Tarvitseeko tietokoneohjelmanne jonkun pohjan esimerkiksi AutoCAD:in toimiakseen?
3. Mitä kaikkia ohjelmistonlisäosia tarvitsisimme perusohjelman lisäksi kriteerit täyttääksemme?
4. Pystyykö ohjelmassanne huomioimaan ja näyttämään jokaisen putkilinjan linjaustiedot (=virtaus, painehäviö, putkikoko ja virtausvastuksia) erikseen?
5. Onko tietokoneohjelmanne yhteensopiva GPS-laitteiden kanssa eli löytyykö tiedonsiirtorajapinta?
6. Pystyykö tietokoneohjelmastanne kirjoittamaan ja lukemaan LandXML formaatissa suunnitteluaineistoa?
7. Voiko tietokoneohjelmalla luoda maastomallin?
8. Onko tietokoneohjelma tietokantapohjainen?
9. Löytyykö ohjelmistostanne valmiit vesihuoltoverkostoiden objektit (esim. putket, magneettiventtiilit ja liittimet)?
10. Pystyykö tietokoneohjelmallanne tekemään objekteja, mikäli niitä ei ole valmiina?

11. Onko tietokoneohjelmassanne määrä- ja massalaskenta?
12. Mikäli tietokoneohjelmassanne pystyy esimerkiksi laskemaan määrä- ja massalaskennan automaattisesti, niin pystyykö laskentatiedot tallentamaan XLS-formaattiin?
13. Voiko suunnitellun tiedon siirtää koordinoitimiin?
14. Mitä kuvatallennusformaattia tietokoneohjelmanne käyttää (esim. DWG, DGN jne.)?
15. Tukeeko (lukeeko) tietokoneohjelmanne muita formaatteja kuten DWG-, PDF- ja XLS-formaatteja?
16. Pystyykö PDF piirustuksen tuomaan tietokoneohjelmaan kuvapohjaksi?
17. Onko tietokoneohjelmastanne saatavissa esimerkiksi kuukauden kokeiluversiota yritykselle?
18. Onko mahdollista saada käyttökoulutus tietokoneohjelmalle?
19. Voisitteko mainita muutamia yrityksiä, jotka käyttävät ohjelmistoanne?

KUSTANNUKSET

20. Mikäli käyttökoulutus on mahdollinen, niin mitä se maksaa?
21. Mistä kaikesta kustannukset koostuvat?
22. Kuinka paljon ohjelmiston lisenssi maksaa?
23. Minkä pituisia lisenssejä myönnätte tietokoneohjelman käytölle?
24. Kuinka paljon kuukauden käyttökustannukset ovat esimerkiksi 2 koneelle?
25. Kuuluvatko ohjelmistopäivitykset hintaan?

Käyttökokemustutkimuslomake

Suunnittelu- ja mallinnusohjelmia käyttäneille

Valitse tilannettasi parhaiten kuvaavat vaihtoehdot. Halutessasi voit valita useampia vaihtoehtoja.

OSIO A)

1. Kuinka monta tuntia käytät tietokonetta viikossa työ tai kouluhommiin?
 - a) 8 tuntia tai alle
 - b) 9-40 tuntia
 - c) 41 tuntia tai enemmän.

2. Koetko uusien tietokoneohjelmien oppimisen vaikeaksi?
 - a) Kyllä, miksi? (Kirjoita vastauksesi.)
 - b) Ei.

3. Mitä rakennusalan tai LVI-alan suunnittelu- ja mallinnusohjelmia olet käyttänyt? (Luettele tietokoneohjelmien nimiä.)

4. Oletko käyttänyt seuraavia vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia?
 - a) Tekla: Civil tai Nis
 - b) Novapoint: Water and Sewer
 - c) Bentley systems: WaterCAD
 - d) MagiCAD: Sprinkler Designer
 - e) Autodesk: AutoCAD Civil 3D
 - f) En.

5. Oletko käyttänyt jotain muita vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia?
 - a) Kyllä
 - b) En.

Mikäli olet käyttänyt useampia vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia, pyydän sinua vastaamaan osioon B) useamman käyttämäsi vaihtoehdon kannalta. Eli mikäli olet käyttänyt esimerkiksi Novapoint:ia sekä Tekla:a, niin vastaan osioon B) kahdesti.

OSIO B)

6. Tietokoneohjelman nimi mitä olet käyttänyt? Joku kysymyksen 4. vaihtoehdoista. (Kirjoita vastauksesi.)
7. Missä olet käyttänyt edellä mainittuja tietokoneohjelmia?
 - a) Koulu
 - b) Työ
 - c) Muu, mikä? (Kirjoita vastauksesi.)
8. Mihin tarkoitukseen olet käyttänyt tietokoneohjelmaa? (Kirjoita vastauksesi, esimerkiksi viemäröinnin suunnitteluun.)
9. Kuinka usein käytät tietokoneohjelmaa?
 - a) Olen joskus käyttänyt, en käytä tällä hetkellä
 - b) Kerran viikossa
 - c) Muutamia kertoja viikossa
 - d) Lähes päivittäin.
10. Minkälaiseksi käyttäjäksi kuvailisit itseäsi?
 - a) Hyvä
 - b) Kohtalainen
 - c) Osaan alkeet.
11. Oliko tietokoneohjelman kokonaisuuden oppiminen/hahmottaminen helppoa?
 - a) Kyllä
 - b) Ei
 - c) En osaa sanoa.
12. Kauan sinulta meni tietokoneohjelman oppimiseen/hahmottamiseen?
 - a) Viikko
 - b) Muutama viikko
 - c) Noin kuukausi tai enemmän.
13. Minkälainen kuva sinulle on jäänyt tietokoneohjelman käytöstä?
 - a) Hyvä ja selkeä
 - b) Epävarma ja kohtalainen
 - c) Huono.
14. Perustele muutamalla sanalla kysymyksen nro 13 vastaamasi vaihtoehto?

15. Koitko tietokoneohjelman tehokkaaksi, eli saavutitko tavoitteet helposti annettuihin resursseihin nähden (aika)?
- a) Kyllä
 - b) Ei.
16. Soveltuiko tietokoneohjelma mielestäsi hyvin annetun tehtävän tekoon? Toisin sanoen, vastasiko se annetun tehtävän suorittamiseen vaadittuja vaatimuksia?
- a) Kyllä
 - b) Ei
 - c) En osaa sanoa.
17. Suositteletko tietokoneohjelmaa? (Perustele myös muutamalla sanalla vastauksesi.)
- a) Kyllä
 - b) Ei.
18. Oliko tietokoneohjelmaa miellyttävää käyttää?
- a) Kyllä
 - b) Ei.

Vastaa seuraaviin kysymyksiin vapaasti muutamilla sanoilla/lauseilla.

19. Onko sinulla joitain kehitysehdotuksia tietokoneohjelman käyttöä ajatellen?
20. Mikä tietokoneohjelmassa oli huonoa?
21. Mikä tietokoneohjelmassa oli hyvää?

Kiitos vastauksistasi

Haastattelupohja mittaustyönjohtajalle

Lemminkäisen mittaustyönjohtajan haastattelu

1. Onko Lemminkäinen Infran puolella omia mittamiehiä?
2. Onko Lemminkäisellä muita mittamiehiä kuin sinä?
3. Mitä kaikkia mittalaitteita Lemminkäisellä (sinulla) on käytössä? (esim. takymetri, GPS, laserkeilauslaite)
4. Miten laitteet eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan?
5. Omistaako Lemminkäinen useampia mittauslaitteita, kuin pelkästään sinun käytössäsi olevat?
6. Mikäli tämä mittaus otettaisiin käyttöön kastelupuolella, niin olisiko Lemminkäisellä (sinulla) resursseja (henkilökuntaa ja aikaa) hoitaa kastelupuolen mittauksia?
7. Osaisitko sanoa minkäänlaista kustannusarviota, mikäli pyytäisimme sinua mitaamaan kastelupuolen alueita? (e/h)
8. Mikä laitteista sopisi parhaiten kastelujärjestelmille tarkoitettujen alueiden mittaukseseen? (Huomioiden erilaisten maastojen epätasaisuuden (mahdolliset korkeuserot), erikokoiset suunnittelualueet ja mahdolliset esteen ympäristössä kuten puut).
9. Onko käytössäsi olevia mittauslaitteita mahdollista/resursseja lainata kastelujärjestelmien puolelle?
10. Onko jonkun kastelupuolen henkilön esimerkiksi Karen helppoa/mahdollista käyttää mittauslaitteita?
11. Pystyisitkö kouluttamaan mahdollisesti jonkun kastelupuolen henkilön käyttämään mittalaitetta?
12. Mitä suunnittelu/mallinnusohjelmia olet itse käyttänyt?

13. Toimivatko mittauslaitteet kaikkien mallinnus/suunnittelu ohjelmien kanssa yhteen vai onko siinä jotain rajoituksia?
14. Onko mittauslaitteelle tallennettujen tietojen siirto vaikeaa koneelle?
15. (Onko suunnitelmaan merkittyjen esim. sadettajan koordinaattien siirto mittauslaitteeseen ja siitä edelleen maastoon hankalaa/vaikeaa/mahdollista?)
16. Oletko itse käyttänyt esimerkiksi:
 - Autodesk: AutoCAD Civil 3D
 - Novapoint: Water and Sewer
 - Tekla: Civil tai Nis
 - MagiCAD: Sprinkler Designer
 - Bentley systems: WaterCAD
17. Osaatko kertoa jotain kyseisistä ohjelmista?

Novapoint:in vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat

Novapoint: vastauksia 8 kappaletta													
Vastausvaihtoehdot (vastauksen määrä kappaleina ja prosentteina)													
Nro.	Kysymys	Vastaus a)	Kpl	%	Vastaus b)	Kpl	%	Vastaus c)	Kpl	%	Vastaus d)	%	
1	Kuinka monta tuntia käytät tietokonetta viikossa työ tai kouluhommiin?	8 h tai alle	2	25,00 %	9-40 h	4	50,00 %	41h tai enemmän	2	25,00 %	-	-	
2	Koetko uusien tietokoneohjelmien oppimisen vaikeaksi?	Kyllä	4	50,00 %	Ei	4	50,00 %	-	-	-	-	-	
5	Oletko käyttänyt jotain muita vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia?	Kyllä	2	25,00 %	Ei	6	75,00 %	-	-	-	-	-	
7	Missä olet käyttänyt edellä mainittuja tietokoneohjelmia?	Koulu	5	62,50 %	Työ	6	75,00 %	Muu	0	0,00 %	-	-	
9	Kuinka usein käytät tietokoneohjelmaa?	Käyttänyt joskus, ei tällä hetkellä	4	50,00 %	Kerran viikossa	0	0,00 %	Muutamia kertoja viikossa	0	0,00 %	Lähes päivittäin	4	50,00 %
10	Minkälaiseksi käyttäjäksi kuvaillisit itseäsi?	Hyvä	3	37,50 %	Kohtalainen	4	50,00 %	Osaan alkeet	1	12,50 %	-	-	
11	Oliko tietokoneohjelman kokonaisuuden oppiminen/hahmottaminen helppoa?	Kyllä	5	62,50 %	Ei	3	37,50 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	
12	Kauan sinulta meni tietokoneohjelman oppimiseen/hahmottamiseen?	Viikko	1	12,50 %	Muutama viikko	4	50,00 %	Noin kuukausi tai enemmän	3	37,50 %	-	-	
13	Minkäläinen kuva sinulle on jäänyt tietokoneohjelman käytöstä?	Hyvä ja selkeä	4	50,00 %	Epävarma ja kohtalainen	4	50,00 %	Huono	0	0,00 %	-	-	
15	Koitko tietokoneohjelman tehokkaaksi, eli saavutitko tavoitteet helposti annettuihin resursseihin nähden (aika)?	Kyllä	5	62,50 %	Ei	3	37,50 %	-	-	-	-	-	
16	Soveltuiko tietokoneohjelma mielestäsi hyvin annettun tehtävän tekoon? Toisin sanoen, vastasiko se annettun tehtävän suorittamiseen vaadittuja vaatimuksia?	Kyllä	7	87,50 %	Ei	1	12,50 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	
17	Suosittelisitko tietokoneohjelmaa?	Kyllä	8	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	
18	Oliko tietokoneohjelmaa miellyttävää käyttää?	Kyllä	8	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	

MagiCAD:in vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat

		MagiCAD: vastauksia 3 kappaletta											
		Vastausvaihtoehdot (vastauksen määrä kappaleina ja prosentteina)											
Nro.	Kysymys	Vastaus a)	Kpl	%	Vastaus b)	Kpl	%	Vastaus c)	Kpl	%	Vastaus d)	Kpl	%
1	Kuinka monta tuntia käytät tietokonetta viikossa työ tai kouluhommiin?	8 h tai alle	0	0,00 %	9-40 h	3	100,00 %	41h tai enemmän	0	0,00 %	-	-	-
2	Koetko uusien tietokoneohjelmien oppimisen vaikeaksi?	Kyllä	0	0,00 %	Ei	3	100,00 %	-	-	-	-	-	-
5	Oletko käyttänyt jotain muita vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia?	Kyllä	0	0,00 %	Ei	3	100,00 %	-	-	-	-	-	-
7	Missä olet käyttänyt edellä mainittuja tietokoneohjelmia?	Koulu	1	33,33 %	Työ	3	100,00 %	Muu	0	0,00 %	-	-	-
9	Kuinka usein käytät tietokoneohjelmaa?	Käyttänyt joskus, ei tällä hetkellä	0	0,00 %	Kerran viikossa	0	0,00 %	Muutamia kertoja viikossa	0	0,00 %	Lähes päivittäin	3	100,00 %
10	Minkälaiseksi käyttäjäksi kuvaillisit itseäsi?	Hyvä	3	100,00 %	Kohtalainen	0	0,00 %	Osaan alkeet	0	0,00 %	-	-	-
11	Oliko tietokoneohjelman kokonaisuuden oppiminen/hahmottaminen helppoa?	Kyllä	3	100,00 %	Ei	0	0,00 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	-
12	Kauan sinulta meni tietokoneohjelman oppimiseen/hahmottamiseen?	Viikko	1	33,33 %	Muutama viikko	1	33,33 %	Noin kuukausi tai enemmän	1	33,33 %	-	-	-
13	Minkäläinen kuva sinulle on jäänyt tietokoneohjelman käytöstä?	Hyvä ja selkeä	3	100,00 %	Epävarma ja kohtalainen	0	0,00 %	Huono	0	0,00 %	-	-	-
15	Koitko tietokoneohjelman tehokkaaksi, eli saavutitko tavoitteet helposti annettuihin resursseihin nähden (aika)?	Kyllä	3	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	-
16	Soveltuiko tietokoneohjelma mielestäsi hyvin annetun tehtävän tekoon? Toisin sanoen, vastasiko se annetun tehtävän suorittamiseen vaadittuja vaatimuksia?	Kyllä	3	100,00 %	Ei	0	0,00 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	-
17	Suosittelisitko tietokoneohjelmaa?	Kyllä	3	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	-
18	Oliko tietokoneohjelmaa miellyttävää käyttää?	Kyllä	3	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	-

AutoCAD Civil 3D:n vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat

AutoCAD Civil 3D: vastauksia 3 kappaletta													
Nro.	Kysymys	Vastaus a)			Vastaus b)			Vastaus c)			Vastaus d)		
		Vastaus	Kpl	%	Vastaus	Kpl	%	Vastaus	Kpl	%	Vastaus	Kpl	%
1	Kuinka monta tuntia käytät tietokonetta viikossa työ tai kouluhommiin?	8 h tai alle	0	0,00 %	9-40 h	2	66,67 %	41h tai enemmän	1	33,33 %	-	-	-
2	Koetko uusien tietokoneohjelmien oppimisen vaikeaksi?	Kyllä	2	66,67 %	Ei	1	33,33 %	-	-	-	-	-	-
5	Oletko käyttänyt jotain muita vesihuollon suunnittelu- ja mallinnusohjelmia?	Kyllä	0	0,00 %	Ei	3	100,00 %	-	-	-	-	-	-
7	Missä olet käyttänyt edellä mainittuja tietokoneohjelmia?	Koulu	0	0,00 %	Työ	3	100,00 %	Muu	0	0,00 %	-	-	-
9	Kuinka usein käytät tietokoneohjelmaa?	Käytännyt joskus, ei tällä hetkellä	2	66,67 %	Kerran viikossa	1	33,33 %	Muutamia kertoja viikossa	0	0,00 %	Lähes päivittäin	0	0,00 %
10	Minkäläiseksi käyttäjäksi kuvailisit itseäsi?	Hyvä	1	33,33 %	Kohtalainen	0	0,00 %	Osaan alkeet	2	66,67 %	-	-	-
11	Oliko tietokoneohjelman kokonaisuuden oppiminen/hahmottaminen helppoa?	Kyllä	1	33,33 %	Ei	2	66,67 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	-
12	Kauan sinulta meni tietokoneohjelman oppimiseen/hahmottamiseen?	Viikko	0	0,00 %	Muutama viikko	1	33,33 %	Noin kuukausi tai enemmän	2	66,67 %	-	-	-
13	Minkäläinen kuva sinulle on jäänyt tietokoneohjelman käytöstä?	Hyvä ja selkeä	1	33,33 %	Kohtalainen	1	33,33 %	Huono	1	33,33 %	-	-	-
15	Koikko tietokoneohjelman tehokkaaksi, eli saavutitko tavoitteet helposti annettuihin resursseihin nähden (aika)?	Kyllä	1	33,33 %	Ei	2	66,67 %	-	-	-	-	-	-
16	Soveltuiiko tietokoneohjelma mielestäsi hyvin annettun tehtävän tekoon? Toisin sanoen, vastasiko se annettun tehtävän suorittamiseen vaadittuja vaatimuksia?	Kyllä	1	33,33 %	Ei	0	0,00 %	En osaa sanoa	2	66,67 %	-	-	-
17	Suosittelisitko tietokoneohjelmaa?	Kyllä	1	33,33 %	Ei	2	66,67 %	-	-	-	-	-	-
18	Oliko tietokoneohjelmaa miellyttävää käyttää?	Kyllä	1	33,33 %	Ei	2	66,67 %	-	-	-	-	-	-

Tekla:n vastausvaihtoehdollisten kysymysten jakaumat

Tekla: vastauksia 4 kappaletta													
Vastausvaihtoehdot (vastauksen määrä kappaleina ja prosentteina)													
Nro.	Kysymys	Vastaus a)	Kpl	%	Vastaus b)	Kpl	%	Vastaus c)	Kpl	%	Vastaus d)	Kpl	%
1	Kuinka monta tuntia käytät tietokonetta viikossa työ tai kouluhommiin?	8 h tai alle	0	0,00 %	9-40 h	3	75,00 %	41h tai enemmän	1	25,00 %	-	-	-
2	Koetko uusien tietokoneohjelmien oppimisen vaikeaksi?	Kyllä	1	25,00 %	Ei	3	75,00 %	-	-	-	-	-	-
5	Oletko käyttänyt jotain muita vesihuollon suunnittelu- ja mallinsohjelmiä?	Kyllä	0	0,00 %	Ei	4	100,00 %	-	-	-	-	-	-
7	Missä olet käyttänyt edellä mainittuja tietokoneohjelmiä?	Koulu	0	0,00 %	Työ	4	100,00 %	Muu	0	0,00 %	-	-	-
9	Kuinka usein käytät tietokoneohjelmaa?	Käytännyt joskus, ei tällä hetkellä	2	50,00 %	Kerran viikossa	0	0,00 %	Muutamia kertoja viikossa	0	0,00 %	Lähes päivittäin	2	50,00 %
10	Minkälaiseksi käyttäjäksi kuvailisit itseäsi?	Hyvä	2	50,00 %	Kohtalainen	1	25,00 %	Osaan alkeet	1	25,00 %	-	-	-
11	Oliko tietokoneohjelman kokonaisuuden oppiminen/hahmottaminen helppoa?	Kyllä	3	75,00 %	Ei	0	0,00 %	En osaa sanoa	1	25,00 %	-	-	-
12	Kauan sinulta meni tietokoneohjelman oppimiseen/hahmottamiseen?	Viikko	1	25,00 %	Muutama viikko	3	75,00 %	Noin kuukausi tai enemmän	0	0,00 %	-	-	-
13	Minkäläinen kuva sinulle on jäänyt tietokoneohjelman käytöstä?	Hyvä ja selkeä	2	50,00 %	Epävarma ja kohtalainen	2	50,00 %	Huono	0	0,00 %	-	-	-
15	Koiko tietokoneohjelman tehokkaaksi, eli saavutitko tavoitteet helposti annettuihin resursseihin nähden (aika)?	Kyllä	3	75,00 %	Ei	1	25,00 %	-	-	-	-	-	-
16	Soveltuiko tietokoneohjelma mielestäsi hyvin annettun tehtävän tekoon? Toisin sanoen, vastasiko se annettun tehtävän suorittamiseen vaadittuja vaatimuksia?	Kyllä	4	100,00 %	Ei	0	0,00 %	En osaa sanoa	0	0,00 %	-	-	-
17	Suosittelisitko tietokoneohjelmaa?	Kyllä	4	100,00 %	Ei	0	0,00 %	-	-	-	-	-	-
18	Oliko tietokoneohjelmaa miellyttävää käyttää?	Kyllä	3	75,00 %	Ei	1	25,00 %	-	-	-	-	-	-

Käyttökokemustutkimuksen avointen kysymysten vertailukaaviot

