

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Tietotekniikka
Ohjelmistotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Valtteri Lantta

SAIMAAN ERISTYS OY:N TELINELASKENTAOHJELMA

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Valtteri Lantta

Saimaan Eristys Oy:n telinelaskentaohjelma, 64 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Tietotekniikan koulutusohjelma

Ohjelmistotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: lehtori Martti Ylä-Jussila, Saimaan ammattikorkeakoulu Oy, tekninen johtaja Antero Väättäjäinen, Saimaan Eristys Oy

Opinnäytetyön aihe on rakennustelinelaskentaohjelman kehitys Saimaan Eristys Oy:n käyttöön. Yrityksen päätehtäviin kuuluvat teollisuuden lämpö-, kylmä- ja äänieristykset sekä telinetyöt. Sovelluksen on tarkoitus helpottaa erilaisten rakennuskohteiden ympärille tai sisään koottaviin rakennustelineisiin tarvittavien telineen osien lukumäärän arviointia mallintaen kohde ja telineet kolmiulotteisesti vektorigrafiikalla. Opinnäytetyöprojektin sisältämä kehitys käsittää sovelluksen toiminnallisen määrittelyn ja prototyypin kehityksen.

Opiskelija Miika Puroharju on tehnyt ohjelman aikaisemman version, joka soveltui lieriönmuotoisten rakennuskohteiden ympärille laskettavien telineiden osien laskentaan. Kyseinen versio sisältää myös rakennustelineiden toimitukseen liittyvien tietojen hallinnan.

Ohjelman uuden version kehitysprojektia on tehnyt kaksi opiskelijaa opinnäytetöinä keskittyen ohjelman eri osa-alueisiin. Projektinhallintamenetelminä käytetään vesiputous- ja prototyypimalleja: koko projekti on suunniteltu vesiputousmallin mukaan, mutta toiminnallinen määrittely ja prototyypin kehitys tapahtuvat prototyypimallin mukaan. Tutkimustyön lähteinä ovat kirjallisuus- ja Internet-lähteet. Sovellus kehitetään .NET-alustalle C#-kielellä käyttäen DirectX-ohjelmointirajapintaa grafiikan käsittelyyn.

Opinnäytetyöprojekti rajautuu pääasiassa 3D-mallinnussovelluksen mallinnustoiminnallisuuden ja laskentateorian tutkimiseen ja kehittämiseen. Mallinnustoiminnallisuuden ja laskentateorian testaaminen tapahtuu sovelluksen prototyypillä.

Opinnäytetyöprojektin tuloksena saadaan Saimaan Eristys Oy:n käyttöön tulevan rakennustyyppistä riippumattoman rakennustelinelaskentaohjelman toiminnallinen määrittely ja prototyyppi, jotka kattavat yleiset 3D-mallinnustoiminnot ja mallinnussovelluksen tarvitsemien tietojen hallintatoiminnot.

Avainsanat: 3D-mallinnus, DirectX:n piirto-ominaisuus, rakennustelineet, Saimaan Eristys Oy, toiminnallinen määrittely

ABSTRACT

Valtteri Lantta

Scaffolding Calculator for Saimaan Eristys Oy, 64 pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Degree Programme in Information Technology

Software Engineering

Bachelor's Thesis, 2010

Instructors: Lecturer Martti Ylä-Jussila, Saimaa University of Applied Sciences,

Technical Manager Antero Väättämoinen, Saimaan Eristys Oy

This thesis is about developing a scaffolding component calculating software for a company named Saimaan Eristys Oy. The major businesses of the company belong in the area of industrial heat, cold and sound insulation. The company also mounts different scaffoldings around and inside various industry objects. The software is meant to make it easier to estimate the number of components needed for a complete scaffolding. The software calculates the number of the scaffolding components based on a 3D model that the user creates in the modelling feature. The scope of the thesis includes a functional specification of the software and development of its prototype.

The previous version of the software is made by Miika Puroharju. That version applied only on certain types of industrial objects and scaffoldings but still featured management of the data associated to the delivery and mounting scaffoldings.

The new version of the software has been under development through this project by two students. Both have made this project as a thesis concentrating on different aspects of the software. The project management models used in the project are the waterfall and the prototype models. The project is planned in according to the waterfall model in a large scope but the specification and development of the prototype are done by prototyping. The sources of the research are literature and Internet sources. The software is developed on the .NET Framework with C# language using DirectX programming interface for graphical functionality.

The thesis concentrates primarily on research and development of the functionality and theoretical aspects of the 3D modelling feature of the software. Testing of the modelling functionality and theoretical aspects is done with the prototype.

The results of the thesis project are the functional specification and the prototype of the scaffolding modelling software that can handle almost any kind of buildings and scaffoldings. The software features also management of the data associated to the delivery and mounting scaffoldings.

Keywords: 3D modelling, drawing feature of DirectX, scaffolding, Saimaan Eristys Oy, functional specification

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	9
2 ASIAKKAAN TOIMINNAN KUVAUS	10
3 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	13
4 3D-MALLINNUS.....	13
4.1 Koordinaatisto.....	14
4.2 Vektori	14
4.3 Mallinnusnäkyä ja kamera	14
4.4 Projektit.....	14
4.5 Siirto ja kierto.....	15
5 TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT	18
5.1 Vesiputousmalli	18
5.1.1 Esitutkimus.....	19
5.1.2 Projektin suunnittelu	19
5.1.3 Vaatimusmäärittely.....	20
5.1.4 Tekninen suunnittelu	20
5.1.5 Toteutus	20
5.1.6 Testaus	21
5.1.7 Käyttöönotto	21
5.2 Prototyypimalli	22
5.3 Toiminnallinen määrittely	23
6 TYÖSSÄ KÄYTETYT TEKNIIKAT	24
6.1 C#.....	24
6.2 .NET Framework	24
6.3 Microsoft Visual Studio 2008	27
6.4 Microsoft DirectX	28
6.4.1 Direct3D	29
6.5 Mov'AMP 0.5	30
6.6 SQL	30
6.7 Microsoft Access 2003	31
7 SAIMAAN ERISTYS OY:N TELINELASKENTA-OHJELMAN KEHITYSPROJEKTIN VAIHEET	31
7.1 Projektin suunnittelu ja organisaatio	31
7.2 Esitutkimus	32
7.3 Projektisuunnitelma	33
7.4 Toiminnallinen määrittely ja prototyypin kehitys.....	33
8 TELINELASKENTA-OHJELMAN LASKENTAKAAVAT	34
8.1 Säteen laskenta.....	34
8.2 Kiertopisteen siirto muuttamatta osan olemusta	37
8.2.1 Ilman kiertoa.....	37
8.2.2 Kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa nolla	39
8.2.3 Kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla.....	41
9 TELINELASKENTA-OHJELMAN ESITTELY	43
9.1 Käyttäjätunnukset.....	43
9.2 Kirjautuminen.....	44
9.3 Käyttöliittymä	44
9.4 Hallinta.....	44
9.4.1 Käyttäjien hallinta	44
9.4.2 Tehtaiden hallinta.....	46

9.4.3 Tilaajien hallinta	47
9.4.4 Yhdyshenkilöiden hallinta.....	48
9.5 Mallinnus	48
9.5.1 Näkymät.....	49
9.5.2 Paneelit	50
9.5.3 Osien lisäys.....	54
9.5.4 Osien valinta	55
9.5.5 Osien sijainnin muutos	56
9.5.6 Osien kierto	57
9.5.7 Osien kopiointi.....	58
9.6 Tulosteet.....	58
9.6.1 Lähetyslista	59
10 YHTEENVETO.....	59
KUVAT	61
KAAVAT.....	62
LÄHTEET.....	63

LIITTEET

Liite 1 Toiminnallinen määrittely

TERMIT

Termi	Selite
Broker	Mercus Softwaren järjestelmä, jolla voidaan hallita yrityksen tarjouspyyntörekisteriä, tarjouslaskentaa, aikataulua ja jälkilaskentaa.
Elementti	Kokoelma telineen osista. Usein yhden kentän kokoinen osa telineestä.
Jalkalista	Sivusuojan alin osa, joka suojaa osaltaan putoamiselta.
Jokka	Telineen pystyputkien väliin vaakatasoon asennettava telineen osa, joka tarjoaa kiinnityksen työtasoille.
Julkisivuteline	Suoralle seinälle sopiva teline.
Juoksu	Telineen pystyputkien väliin vaakatasoon yleensä työtasojen suuntaan asennettava telineen osa, joka määrää kentän pituuden.
Kenttä	Telineestä erotettava osa, joka on yhden juoksun pituinen, yhden jokin levyinen ja telineen yhden kerroksen korkuinen.
Kohde	Kohde, johon teline kootaan.
Käsijohde	Kaide, joka suojaa osaltaan putoamiselta.
Käyttäjä	Sovellusta käyttävä henkilö, käyttäjiä on kahta eri tyyppiä: peruskäyttäjä ja järjestelmänvalvoja.
Lähetysluettelo	Lista telineen osista ja niiden toimitukseen liittyvistä asioista.
MD5	Merkkijonojen vakiomittaiseen 128-bittiseen tiivistykseen käytettävä algoritmi, käytännöllinen salasanojen tallennuksessa tietokantaan
MySQL	SQL-tietokannan hallintajärjestelmä, joka sisältää rajapinnan usealle eri ohjelmointikielelle.
PDF	Portable Document Format, käyttäjärjestelmäriippumaton siirrettävä tiedostomuoto, jota käytetään pääasiallisesti sähköiseen julkaisemiseen, tulostamiseen ja painamiseen.
phpMyAdmin	Selaimen kautta käytettävä MySQL-tietokannan hallintatyökalu.
Malli	Malli eli telinelaskelma sisältää 3D-mallinnuksen kohteesta ja telineestä, pitää sisällään myös käyttäjän piirrokselle antamat ominaisuudet kuten telineen nimen ja korkeuden (ei lasketa 3D-mallista).
Nousutie	Telineen kenttä, jossa on tikkaat kerroksien välillä siirtymiseen.
Projektio	Kaksiulotteinen kuva, joka esittää 3D-mallia tietyltä suunnalta isometrisesti.
Prototyypimalli	Ohjelmistokehitysmalli, jossa ohjelmiston määrittelyä tehdään samaan aikaan kehitettävän prototyypin tukemana.

RAD	Rapid Application Development eli nopean kehityksen malli, ohjelmistokehityksen malli, joka pyrkii nopeaan ja laadukkaaseen kehitystyöhön minimoimalla suunnittelun, ja johon kuuluu iteratiivista kehittämistä ja prototyyppien tekemistä.
Reikälevy	Layher Allround -telinejärjestelmän liitoskohdissa oleva pyöreä metallilevy, jossa on telineenosien joustavan liittämisen mahdollistavat reiät.
Riippuva teline	Teline, joka asennetaan riippumaan muusta telineestä. Telinetyyppiä käytetään, kun halutaan käyttää mahdollisimman vähän telinekalustoa tai mikäli asennusalue ei ole riittävän vahva kantamaan telinettä.
Siirrettävä teline	Teline, jonka käyttö mahdollistaa työskentelyn laajalla alueella ja vähällä telinekalustolla. Siirrettävä teline voidaan varustaa pyörillä tai suunnitella nosturilla siirrettäväksi.
Silta	Yhden tai useamman kentän mittainen telineen kohta, joka ei ulotu alustaan asti. Käytetään, kun telineen ali täytyy olla esteetön kulkutie.
Sovellus	Teline-sovellus, ellei käsitettä yhdistetä asiayhteydessä muuhun sovellukseen.
SQL	Structured Query Language, standardoitu ja yleisin käytössä oleva kyselykieli, jolla käsitellään relaatiotietokantoja.
Säiliöteline	Pyöreiden rakenteiden ympärille tai sisään asennettava teline. Pienten säiliöiden ympärille asennettava säiliöteline on suorakulmainen teline täydennettynä teräslankuilla. Suurten säiliöiden ympärille tai sisään asennettavassa säiliötelineessä käytetään reikälevyn liitosmahdollisuuksia eri kulmissa.
Tasositoja	Työtason sitova jokin vastakappale, joka estää työtason liikkumasta.
Tasoteline	Kattotyöhön ja tukitelineenä käytettävä telinetyyppi. Asennetaan kuten telinetorni, mutta erityishuomio kiinnitetään telineen jäykistämiseen.
Telinelähetete	Lista tilaukseen kuuluvista osista lähetysluetteloa tarkemmilla tiedoilla.
Telinetorni	Käytössä yleisesti teollisuustyömailla ja telakoilla siirrettävänä telineenä, tasotelineen perusrakenteena tai tukitelineenä.
Tietue	Yksi taulukon rivi. Esimerkiksi Telineosa-taulussa tietue on rivi, joka sisältää osan tuotenumeron, nimen, painon ja pituuden.
Tukiteline	Teline, joka tukee jotakin kuten valumuottia.
Työtaso	Telineen jokkien tai juoksujen varaan asennettava taso.
UML	Unified Modelling Language, standardoitu graafinen mallinnuskieli, joka käsittää erilaisia kaavioita.

Vinojäykiste	Kaavioilla kuvataan rakennetta, käyttäytymistä ja vuorovaikutusta.
Välijohde	Telinettä jäykistävä putki, joka asennetaan kentän sivuprofiilista katsoen vastakkaisiin kulmiin.
Yhdyshenkilö	Kuten käsijohde, mutta alempana. Henkilö, joka toimii kohteessa yhdyshenkilönä telineeseen liittyen.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on rakennustelineelaskentaohjelman kehitys Saimaan Eristys Oy:n käyttöön. Opinnäytetyö rajautuu yleispätevän telinelaskentaohjelman version kehitykseen: toiminnalliseen määrittelyyn ja prototyypin kehitykseen. Yleispätevällä versiolla tarkoitetaan, että sovelluksella pystytään laskemaan erilaisten rakennuskohteiden ympärille tai sisään koottaviin rakennustelineisiin tarvittavien telineen osien lukumäärä.

Rakennustelineelaskentaohjelman kehitysprojekti on aloitettu opiskelijan Miika Puroharju harjoitustyönä. Ennen tämän työn aloitusta telinelaskentaohjelmasta oli tehty esitutkimus, projektisuunnitelma, toiminnallinen määrittely ja prototyyppi. Kyseiset dokumentit ja prototyyppi koskivat lieriönmuotoisen kohteen ympärille koottaviin rakennustelineisiin tarvittavien osien laskentaa.

Yleispätevän laskentaohjelman version esitutkimuksessa todettiin, ettei tavoitteiseen kaikki telinekohdetapaukset täyttävästä ohjelmasta päästä yksinkertaisesti lisäämällä erilaisiin rakennustelinetyppeihin tarvittavien osien laskentaan erikoistuneita ominaisuuksia. Lisäksi vaatimus kolmiulotteisen kuvan tuottamisesta valmiista telineestä oli vaikuttanut hyvin vaikealta ellei mahdottomalta toteuttaa edellämainitulla ratkaisulla. Esitutkimuksessa tultiin tulokseen, että rakennuskohteeseen ja -telineeseen tulee voida mallintaa kolmiulotteisesti ennen kuin pystytään laskemaan riittävän moneen erilaiseen kohteeseen koottavien telineiden osat.

Kehitystyö koskee telinelaskentaohjelman yleispätevän version prototyyppiä, ja sitä on tehty parityönä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä yleispätevän rakennustelineelaskentaohjelman toiminnallinen määrittely ja tietokantasuunnittelu sekä tutkia ja kehittää 3D-mallinnuksen matemaattisia ratkaisuita. Opiskelija Jan Pount tutki ja kehitti opinnäytetyönään 3D-mallinnuksen ydin- ja tietokantaominaisuuksia sekä suunnittelei ja kehitti 3D-

mallinnuksen käyttöliittymää. Kehitystyö koski telinelaskentaohjelman yleispätevän version prototyyppiä.

2 ASIAKKAAN TOIMINNAN KUVAUS

Saimaan Eristys Oy on teollisuuseristykseen erikoistunut yritys. Yrityksen palveluksessa on noin 100 eristysalan ammattilaista. Yritys asentaa lämpö-, kylmä- ja äänieristyksiä putkistoihin, säiliöihin, laitteisiin, kattiloihin, kanavoihin ja sähkösuotimiin sekä valmistaa ja myy peltiosia. Yritys tekee myös telinetöitä teollisuuden eri kohteisiin. (Saimaan Eristys Oy.)

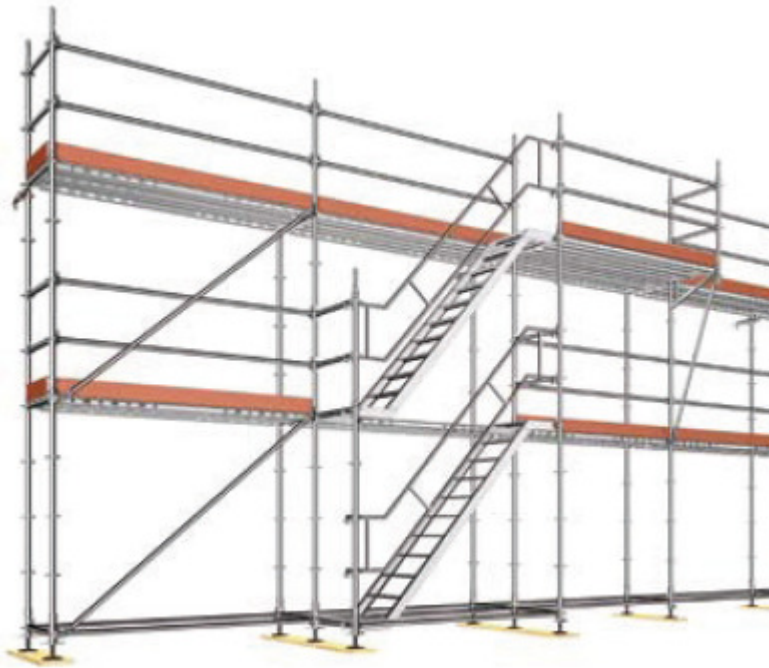
Saimaan Eristys Oy:n liikevaihto vuonna 2009 oli 7,87 miljoonaa euroa. Yritys tekee telineasennukset ja eristystyöt vähäisiä poikkeuksia lukuunottamatta Suomessa. Eristyssuunnittelua ja eristysmateriaalitoimituksia yritys tekee kansainvälisille yrityksille, joiden kautta tulee ulkomaalaisia toimituksia. Saimaan Eristys Oy:llä on toimipisteet Lappeenrannassa, Varkaudessa, Porvoossa ja Kuusankoskella. Pääkonttori sijaitsee Lappeenrannassa. (Antero Väättäminen, Saimaan Eristys Oy, 30.6.2010.)

Rakennustelineet

Rakennusteline kootaan standardeista telineosista. Saimaan Eristys Oy käyttää Layher Allround -telineitä. Telineenosia ovat muun muassa säätöjalat, aloituskappaleet, juoksut, jokat ja työtasot. Telineenosat koostavat suurempia kokonaisuuksia, joita kutsutaan elementeiksi. Elementti on esimerkiksi yhden työtason pituinen ja yhden telinekerroksen korkuinen osa telineestä. Elementti on käsitteenä rajattu osa telineestä, mutta on huomioitavaa, että vierekkäisillä elementeillä on lähes aina yhteisiä osia keskenään. Esimerkiksi kahdella peräkkäisellä julkisivutelineen elementillä sekä pystyputket että jokat ovat liittymäkohdassa yhteiset.

Saimaan Eristys Oy:n telinetöiden prosessi alkaa telinetilauksesta. Asentajat käyvät tämän jälkeen tarkastamassa kohteen, johon teline asennetaan. Tarkastuksessa arvioidaan telineeseen tarvittavien osien lukumäärä mittaamalla kohteen olennaisia mittoja ja laskemalla niiden pohjalta telineen koko. Tarvittavien osien lukumäärään vaikuttaa telineen yleismittojen lisäksi nousutiet, sillat ja muut poikkeavat elementit. Osien arvioinnin Saimaan Eristys Oy antaa tarjouksen telinetyöstä asiakkaalle. Kun sopimus telinetyöstä on tehty, tuotetaan lähetysluettelo, jossa on lista telineen osista ja niiden toimitukseen liittyvistä yksityiskohdista, ja telinelähete, jossa on tarkemmat tiedot tilaukseen kuuluvista osista. Osien saavuttua kohteeseen alkaa varsinainen telineen asennus.

Telineen asennus aloitetaan asennusalustan korkeimmasta kohdasta, koska alustan mataloituessa pidennetään säätöjalkoja. Säätöjalat ja aloituskappaleet sijoitetaan maahan asettaen niiden alle aluslankut, jos asennusalustan kantavuus ei ole muutoin riittävä. Juoksut ja jokat kiinnitetään reikälevyn reikiin ja lukitaan kiiloilla. Pystyputket pudotetaan aloituskappaleisiin ja seuraavan kerroksen jokat kahden metrin korkeuteen. Työtasot asennetaan jokkiin ja varmistetaan tasositojilla. Teline jäykistetään vinojäykisteillä, joita asennetaan vähintään joka viidenteen kenttään. Kolmiosainen sivusuoja koostuu käsijohteesta, välijohteesta ja jalkalistasta. Sivusuoja asennetaan kaikille niille puolille kenttiä, joissa on putoamisvaara. Poikkeavuutta edellä mainittuihin vaiheisiin tuovat muun muassa sillat, nousutiet ja porrasmousut (Kuva 2.1).



Kuva 2.1 Julkisivuteline porrasmousulla (Telinekataja Oy)

Valmis teline koostuu useista teline-elementeistä ja asettuu yhteen tai useampaan telinekategoriaan, joita ovat julkisivuteline, telinetorni, tasoteline, tukiteline, säiliöteline, riippuva teline ja siirreltävä teline. Ylläolevan kuvan teline on julkisivuteline porrasmousulla.

3 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Saimaan Eristys Oy tarvitsee yksinkertaisen ohjelmiston telineiden suunnitteluun, tarjous- ja määrälaskentaan sekä dokumentointiin. Käytössä ei ole edeltävää ohjelmaa, vaan määrälaskennat on hoidettu manuaalisesti ja taulukkolaskentaohjelmilla. Tarvittava määrä osia on sen jälkeen pyydetty varastolta.

Telineeseen tarvitaan telinekortti, josta käy ilmi telineen pystyttäjä, tarkastaja sekä tapahtuma-ajankohta. Lisäksi kortissa ilmoitetaan kuorman kesto. Tarvittavia tulosteita ovat telinedokumentit, asennusohjeet sekä tarjouksen tuotossa tarjouspyynnön tulostus. Tarjousten tuottaminen eli hinnoittelu kuuluu vaatimukseen. Tavoitteena on lisäksi tuottaa telineen muotojen ja mittojen mukainen 3D-kuva, josta käy ilmi, miltä valmis teline tulee näyttämään.

Ohjelmaa tulee voida käyttää myös offline-tilassa, jolloin muutokset tallennetaan paikallisesti sovellusta ajavaan tietokoneeseen. Offline-tilassa tehdyt muutokset on synkronoitava tietokannan kanssa online-tilaan kirjautuessa ja siitä ulos kirjautuessa.

4 3D-MALLINNUS

3D-mallinnuksella voidaan kehittää malleja, joita voidaan tarkastella mistä suunnasta tahansa. Tämä tarkoittaa 2-ulotteista piirtämistä pienempää työmäärää, kun halutaan tuottaa täsmällisiä kuvia eri suunnista suunniteltavaa kohdetta. 3D-mallin tarkastelu mallinnusnäkyvästä vapaalla kameran siirtelyllä mahdollistaa monimutkaistenkin mallien hahmottamisen.

Tämän raportin käsittelemä 3D-mallinnusteoria koskee kierron osalta vain tilanteita, joissa kiertoakselina on koordinaatiston z- eli pysty akseli.

4.1 Koordinaatisto

Koordinaatisto asettaa säännönmukaisuuden mallinnusavaruuteen: koordinaatisto määrää avaruuden keskipisteen ja ulottuvuuksien mittayksiköt. 3D-koordinaatistossa ulottuvuudet merkitään tyypillisesti x:llä, y:llä ja z:lla.

4.2 Vektori

Vektori on 3D-mallin peruskomponentti. Vektori koostuu alku- ja loppupisteestä. Sekä alku- että loppupisteellä on sijainti, johon kuuluu arvot x-, y- ja z-akseleilla. 3D-mallin muodot syntyvät vektoreista.

4.3 Mallinnusnäkö ja kamera

Mallinnusnäkö on suorakulmion muotoinen näkö, jonka kautta nähdään 3D-malli. Näkökuvasuhde eli näkökuvan leveyden suhde näkökuvan korkeuteen voi olla mikä tahansa, mutta mikäli kameran asetukset eivät ole kuvasuhteelle sopivat, kuva on vääristynyt. Esimerkiksi kameran asetuksiin nähden liian matala mallinnusnäkö tuottaa litistyneen näkökuvan 3D-mallista.

Kameran tila määrää, mitä 3D-mallinnuksessa nähdään. Kameran tilaan kuuluu sijainti koordinaatistossa, kierto vaakatasossa ja pystysuunnassa sekä katselukulma. Katselukulmalla määrätään, kuinka laaja näkökenttä kameralla on. Zoomaus tapahtuu pienentämällä katselukulmaa mallinnusnäkökuvan pysyessä samankokoisena ja loitonnus vastaavasti suurentamalla katselukulmaa.

4.4 Projektit

Yksistään 3D-näkökuvalla on hyvin vaikeaa suorittaa tarkkuutta vaativia mallinnustoimenpiteitä kuten kappaleen asettamista täsmälleen oikeaan kohtaan. Projektit ovat 2-ulotteisia mallinnusnäkökuvia, jotka helpottavat tällaisia mallinnustoimenpiteitä jättämällä syvyysperspektiivin pois.

Projektio saadaan aikaan osoittamalla kamera jonkin koordinaattiakselin suuntaisesti ja asettamalla kaikkien mallissa olevien pisteiden kyseinen koordinaatti samaan arvoon. Jos esimerkiksi 3D-mallin korkeussuuntana on z-akseli, projektio ylhäältäpäin saadaan aikaiseksi asettamalla kameran sijainnin z-arvoksi jokin nollaa suurempi arvo ja suuntaamalla kamera suoraan alaspäin sekä asettamalla kaikkien mallin pisteiden sijainnin z-arvo nolllaksi.

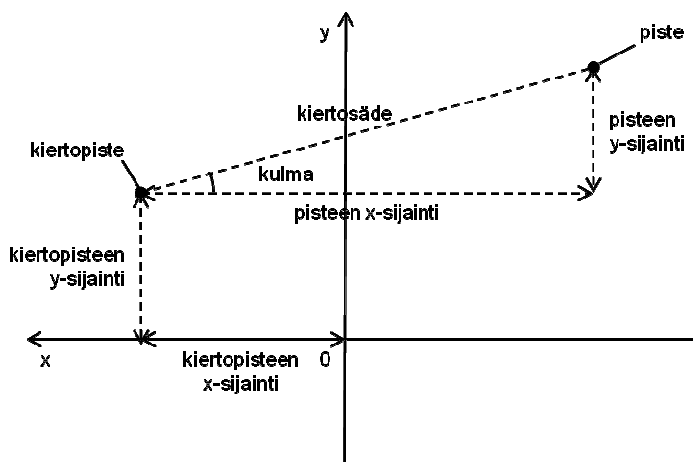
Liikuteltaessa kameraa projektiossa kameran suuntauksen täytyy olla lukittuna, sillä kameran suuntauksen muuttuessa vähänkin kyseessä ei enää olisi projektio vaan 3D-näkymä, joka näyttäisi litistetyn mallin.

4.5 Siirto ja kierto

Pistejoukkoa eli yksittäistä vektoria tai useista vektoreista koostuvaa osaa voidaan siirtää ja kiertää. Siirto ja kierto ovat eri asioita, vaikka kierrossakin osan jokainen piste voi vaihtaa sijaintiaan.

Siirrossa osan jokaisen pisteen sijainti muuttuu saman verran samaan suuntaan. Esimerkiksi siirrettäessä osaa siten, että osan x-sijaintia kasvatetaan kahdella ja y-sijaintia vähennetään kolmella, sama sijaintien muutos tapahtuu kaikissa osan pisteissä.

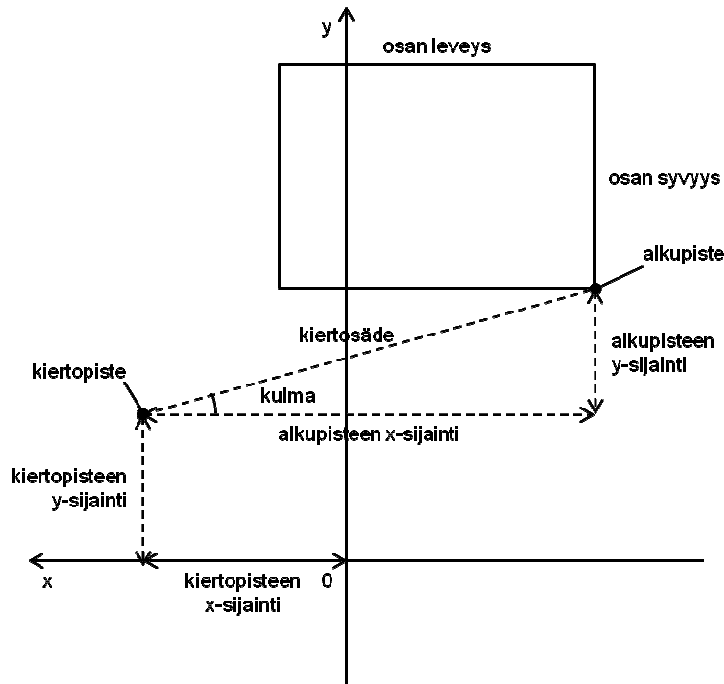
Teknisesti osan pisteiden lopullisia koordinaatteja ei kannata varastoida osan jokaiseen pisteeseen erikseen, vaan osan pisteiden lopulliset koordinaatit on laskettava vasta juuri ennen osan piirtoa; näin vältetään pyöristysvirheitä, jotka johtaisivat osan vääristymiseen lukuisten siirtojen ja kiertojen johdosta. Tästä syystä osan sijainnin ilmaisemiseen käytetään erillistä osalle kuuluvaa pistettä, jota voidaan kutsua sijainti- tai kiertopisteeksi (Kuva 4.1). Kun puhutaan osan sijainnista, viitataan tämän pisteen sijaintiin. Kiertopisteen sijainti ei useimmiten ole sama kuin pisteen sijainti, koska vain vektorin toinen piste voi olla samassa sijainnissa olettaen, että vektorin alku- ja loppupisteellä on eri arvot.



Kuva 4.1 Pisteen ja kiertopisteen suhde

Kierto on toimenpide, joka kiertää osan jokaista pistettä osan kiertopisteen ympäri (Kuva 4.1). Pisteen ja kiertopisteen välillä oleva kiertosäde määrää, kuinka laajaa ympyräliikettä piste tekee kiertopisteen ympäri.

Osa on joukko vektoreita ja siten myös joukko pisteitä. Osa kiertopisteen siirto osan vektorien pisteisiin nähden vaatisi jokaisen näiden pisteiden arvojen muuttamista, mikä olisi epähavainnollista, kun tietynmuotoisten ja -kokoisten osien pistejoukot tahdotaan pitää keskenään vertailukelpoisina riippumatta suhteellisesta kiertopisteestä. Tätä varten osalle valitaan tietty piste, jota kutsutaan alkupisteeksi (Kuva 4.2).



Kuva 4.2 Osa alkupiste

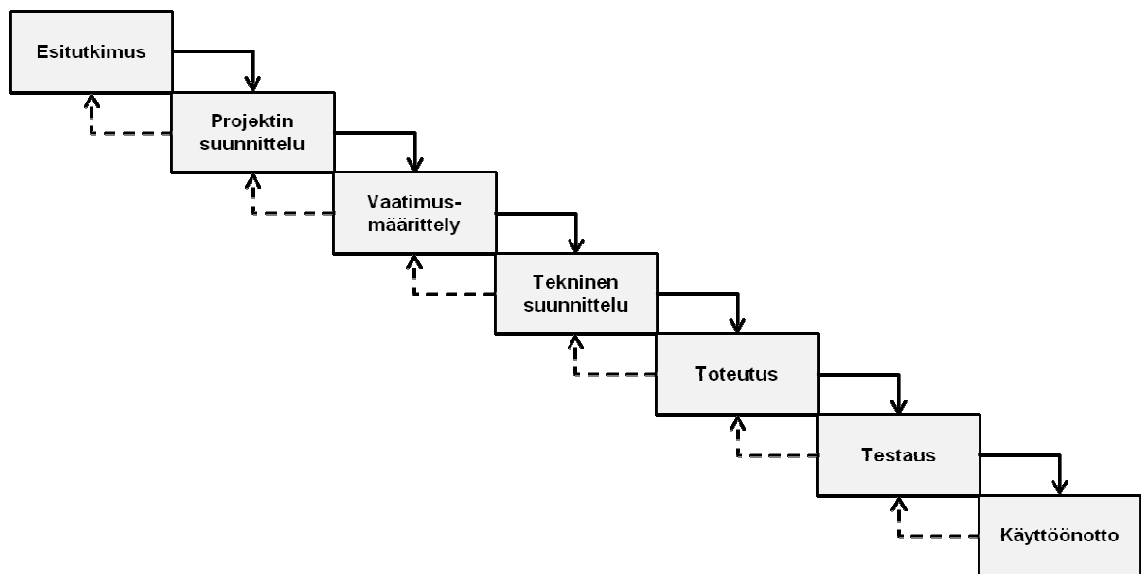
Alkupiste toimii osan sisäisenä origona. Osa pisteiden koordinaatit voidaan täten määrittää suhteessa osan alkupisteeseen ja säilyttää samoina yhtä kauan kuin osan muoto ja koko pysyvät samoina.

5 TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

Työssä käytetään kahta projektinhallintamenetelmää: vesiputousmallia ja prototyypimallia. Näitä yhdistetään siten, että vesiputousmallilla suunnitellaan projekti kokonaisuudessaan ja prototyypimallia sovelletaan toiminnallisen määrittelyn ja prototyypin kehityksessä.

5.1 Vesiputousmalli

Vesiputousmalli on ohjelmistokehitysmalli, jossa ohjelmiston kehitys jaetaan tarkasti tiettyssä järjestyksessä seuraaviin vaiheisiin: esitutkimus, projektin suunnittelu, vaatimusmäärittely, tekninen suunnittelu, toteutus, testaus ja käyttöönotto (Kuva 5.1).



Kuva 5.1 Vesiputousmalli (Laine, 9–12)

Vaiheiden nimet ja tarkka lukumäärä voi vaihdella, mutta periaate pysyy samana. Vaiheita saatetaan joutua palaamaan takaisinpäin, mikäli havaitaan, että aikaisemmassa vaiheessa on tehty virhe tai siinä on täydennettävää, mitä ylöspäin osoittavat nuolet havainnollistavat (Kuva 5.1).

Vesiputousmallissa panostetaan erityisen paljon suunnitteluun ja tehdyt päätökset ovat kaikkia sitovia. Se sisältää yksityiskohtaisia ohjeita ja malleja

dokumenteista, joita tarvitaan erilaisten prosessien, ohjelmien ja projektien toteutuksessa. Sen avulla määritetään tarkasti esim. prosessien rajapinnat tai projektiin osallistuvien roolit ja vastuut. Asiakas saa kustannusarvion jo projektin alussa. Malli on selkeä ja projektin eri vaiheet seuraavat toisiaan suoraviivaisesti. Tarkistuspisteet ja dokumentit on kiinnitetty tarkasti kunkin vaiheen rajapinnoille niin, että edellisen vaiheen loppudokumentti toimii syötteenä seuraavalle vaiheelle. Prosessien aikana kertyvien tietojen tarkka dokumentoiminen varmistaa osaltaan, että esim. jonkun avainhenkilön menettäminen ei kaada projektia tai että tarvittaessa henkilöitä voi siirtää projektista tai alaprojektista toiseen ilman suurta koulutustarvetta. Käytännössä kuitenkin suuren ja monimutkaisen projektin kaikista aikatauluista ja lopputuloksista etukäteen sopiminen sekä työn toteuttaminen tarkalleen suunnitelman mukaisesti on yleensä mahdotonta. Erilaisiin kehitysprojekteihin sisältyy paljon epävarmuustekijöitä. Vesiputousmallissa peruuttaminen on kallista ja monimutkaista, sillä todellisuudessa kehityshankkeiden vaiheet ovat harvoin toisistaan riippumattomia, minkä vuoksi saatetaan joutua uusimaan jopa kaikki edeltävät vaiheet. Mallin toisena ongelmana voidaan pitää sitä, että varsinaisia tuloksia päästään esittämään asiakkaalle vasta projektin loppuvaiheessa. (Hybridimenetelmä.)

5.1.1 Esitutkimus

Esitutkimus on vesiputousmallin ensimmäinen vaihe. Siinä kartoitetaan projektin tarkoitus ja projektin lopputuotteen vaatimukset sekä arvioidaan, onko projekti mahdollinen ja kannattava toteuttaa. Esitutkimuksessa tehdään riskianalyysi projektin mahdollisista ongelmista ja mietitään niille ratkaisut. Esitutkimukseen kuuluu myös ratkaisuanalyysi, jonka tavoitteena on kehittää ratkaisu projektin toteuttamiseksi. Useamman eri vaihtoehdon tilanteessa tilanteessa toteuttamiskelpoisin ratkaisuvaihtoehto valitaan kustannus-hyöty-analyysin perusteella. Lopuksi esitutkimuksessa kartoitetaan projektissa mukana olevat henkilöt ja arvioidaan projektille karkea aikataululuonnos.

5.1.2 Projektin suunnittelu

Esitutkimuksen jälkeen on projektin suunnitteluvaihe. Tässä vaiheessa laaditaan yksityiskohtaiset suunnitelmat. Projektin vaatimukset täydennetään, analysoidaan, määritellään tarkasti ja listataan. Projektin laajuus vahvistetaan, laaditaan tarkat laskelmat ja projektin arkkitehtuurista ja prosesseista sovitaan. Projektin työtehtävistä laaditaan suunnitelma. Joskus yksityiskohtaista suunnitelmaa ei voida heti laatia projektin loppuun asti, mutta ensimmäisten

vaiheiden osalta se pitää tehdä tarkasti jo tässä vaiheessa. Myöhempien vaiheiden osalta voidaan tehdä karkea suunnitelma. Investointilaskelmat täydennetään ja tarvittavista resursseista sovitaan. Projektin suunnittelun lopussa projektin laajuus, kustannukset, aikataulu, lopputulos ja resurssit on päätetty ja niissä pyritään pysymään koko projektin läpi. (Hybridimenetelmä.)

5.1.3 Vaatimusmäärittely

Projektin suunnittelun jälkeinen vaihe on järjestelmän suunnitteluvaihe, jonka aikana keskitytään itse järjestelmän eli projektikohteen suunnitteluun (Hybridimenetelmä). Määrittely voidaan jakaa ohjelmistokehitysprojekteissa usein toiminnalliseen ja tekniseen määrittelyyn, joiden lopputuloksina saadaan vaiheiden mukaan nimetyt dokumentit: toiminnallinen määrittely ja tekninen määrittely. Toiminnallisessa määrittelyssä keskitytään määrittelemään ja kuvaamaan kohteen toiminnalliset vaatimukset. Tekninen määrittely sen sijaan keskittyy määrittelemään tekniset ratkaisut, joilla toiminnallisen määrittelyn vaatimukset toteutetaan.

5.1.4 Tekninen suunnittelu

Teknisessä suunnittelussa suunnitellaan ohjelmiston tekninen rakenne, pääkomponentit, arkkitehtuuri, tietorakenteet ja tietoliikennetarkaisut. Teknisen suunnittelun tuloksena saadaan tekninen määrittely. (Laine, 10.)

5.1.5 Toteutus

Suunnittelun jälkeen on rakentamisvaihe. Sen kuluessa tehdään varsinainen tekninen työ eli rakennetaan itse projektin kohdetta – esimerkiksi uutta sovellusta. Osat rakennetaan, tarkistetaan ja yhdistetään kokonaisuudeksi. Systemi ja prosessit muotoillaan, niitä testataan ja niistä tehdään simulointeja. Tässä vaiheessa testauksen suorittavat yleensä suunnittelijat ja arkkitehdit itse. Systemin sekä prosessien hallintajärjestelmä ja tuki suunnitellaan tarkasti. Kun toiminnalliset vaatimukset on toteutettu teknisten määritysten mukaisesti ja

ratkaisun voidaan katsoa olevan valmis, toteutus on valmis ja sovelluksen testaus voidaan aloittaa. (Hybridimenetelmä.)

5.1.6 Testaus

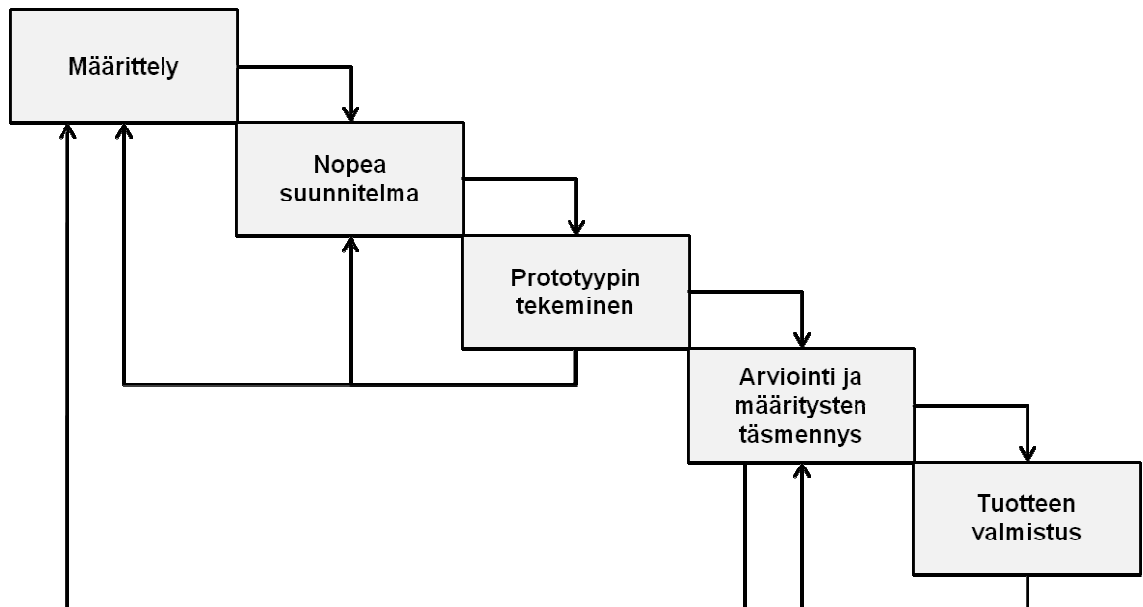
Testauksessa varmennetaan ratkaisun toiminnalliset ja ei-toiminnalliset ominaisuudet sekä lopputulos kokonaisuudessaan. Tässä vaiheessa toteutetaan käyttäjätestaukset. Systemin sekä prosessien hallintajärjestelmä ja tukioorganisaatio perustetaan. Uuden järjestelmän julkaiseminen ja levitys suunnitellaan yksityiskohtaisesti. Testaus on valmis, kun ratkaisu on hyväksytty otettavaksi käyttöön. (Hybridimenetelmä.)

5.1.7 Käyttöönotto

Käyttöönotto on vesiputousmallin viimeinen vaihe. Käyttöönotossa järjestelmä julkaistaan käyttöön, loppukäyttäjille annetaan koulutusta ja mahdollisesti löytyviä virheitä korjataan. Järjestelmän hallinta- ja tukitehtävät luovutetaan niitä varten muodostetuille organisaatioille. Vesiputousmallin tyyppinen projekti päätetään, kun julkaisemiseen ja jakeluun kuuluvat tehtävät on suoritettu ja tarvittavat dokumentit viimeistelty. (Hybridimenetelmä.)

5.2 Prototyypimalli

Prototyypimalli (Kuva 5.2) on ohjelmistokehitysmalli, jossa ohjelmiston määrittelyä tehdään samaan aikaan kehitettävän prototyypin tukemana. Prototyypimalli on varteenotettava ohjelmistokehitysmalli, kun asiakasvaatimukset eivät ole täsmällisiä, selvitetään ratkaisuvaihtoehtoja tai tahdotaan saada nopeasti jotakin toimivaa arvioitavaksi. Prototyypin kehityksessä saatetaan saada varsinaisessa toteutuksessa hyödynnettäviä ohjelmiston osia, tai prototyyppi voi kokonaisuudessaan toimia tulevan toteutuksen runkona. (Laine, 20–22.)



Kuva 5.2 Prototyypimalli (Laine, 21)

Prototyypimallissa (Kuva 5.2) alustavan määrittelyn pohjalta tehdään ensin nopea suunnitelma, mitä seuraa prototyypin tekeminen. Prototyyppi arvioidaan sopivassa vaiheessa ja arvioinnin tuloksilla täsmennetään määrittelyä. Täsmennetystä määrittelystä tehdään jälleen uusi suunnitelma, prototyyppi ja sen arviointi kunnes määrittely on kohdallaan. Tässä vaiheessa prototyyppi joko hylätään tai sitä jalostetaan tuotantoversioon. Jos prototyyppi hylätään, saavutetun määrittelyn perusteella tehdään erillinen toteutus mahdollisesti kokonaan eri välinein. (Laine, 21–22.)

Prototyypimallin ongelmana asiakas voi tulkita prototyypin lopulliseksi sovellukseksi eikä ymmärrä lopullisen version toteutukseen kuluvaan aikaan. Ongelmana kehittyvien prototyyppien kohdalla epäkypsät nopeasti tehdyt suunnitteluratkaisut voivat siirtyä tuotteeseen, mikä voi aiheuttaa sovellukseen epäluotettavuutta, tehottomuutta sekä vaikeuksia ylläpidossa ja laajennettavuudessa. Hylättävien prototyyppien kohdalla on helppo ajatella, että työtä on mennyt hukkaan, mikä voi hyvinkin pitää paikkaansa. (Laine, 23.)

5.3 Toiminnallinen määrittely

Toiminnallinen määrittely sisältää kehityskohteen toiminnalliset vaatimukset. Toiminnallisessa määrittelyssä yritetään olla ottamatta kantaa tekniseen toteutukseen, jotta teknisen määrittelyn muutokset eivät johtaisi toiminnallisen määrittelyn muutoksiin. Toiminnallisessa määrittelyssä kuvataan kehityskohteen ympäristö, toiminta, käyttäjät, yleiset rajoitteet sekä oletukset ja riippuvuudet. Toinen toiminnallisen määrittelyn pääosa-alue on ratkaisun tarvitsemat tiedot ja tietokanta. Tässä osiossa määritellään tietosisältö, mikä tarkoittaa käytännössä tietokannan taulujen rakenteen ja yhteyksien määrittelymistä, tietojen käyttöintensiiviteetti, kapasiteettivaatimukset sekä tiedostot ja asetustiedostot. Ratkaisun arkkitehtuurista määritellään looginen ja fyysinen rakenne. Toimijat määritellään omassa osiossaan.

Käyttötapausten ja käyttöliittymän kuvaus on yleensä toiminnallisen määrittelyn merkittävin yksittäinen osio. Osiossa kuvataan käyttötapausten sanallisesti ja käyttötapauskaavioilla sekä esitellään kuhunkin käyttötapaukseen liittyvä käyttöliittymä. Ulkoiset liittymät -osiossa käydään läpi laitteisto-, ohjelmisto- ja tietoliikenneliittymät, joita järjestelmä käyttää. Muut ominaisuudet -osiossa määritellään suorituskyky- ja vasteaikavaatimukset, käytettävyyteen, toipumiseen, turvallisuuteen ja suojaukseen liittyvät asiat sekä ylläpidettävyyttä, siirrettävyyttä, yhteensopivuutta ja operoitavuutta koskevat asiat. Toiminnallisessa määrittelyssä selvitetään lisäksi standardeihin, laitteistoon, ohjelmistoon ja muihin asioihin liittyvät suunnittelurajoitteet. Lopuksi esitellään hylätyt ratkaisuvaihtoehdot, jatkokehitysajatukset ja avoimet asiat.

6 TYÖSSÄ KÄYTETYT TEKNIIKAT

Ohjelmointikielenä käytettiin C#:a, sovelluskehiksenä .NET 3.5:ttä ja kehitysympäristönä Microsoft Visual Studio 2008:aa. Sovelluksen kehityksessä käytettiin kietokantapalvelimena Mov'AMP 0.5:ttä. Paikallinen tietokanta toteutettiin Microsoft Access 2003 -tietokantana.

6.1 C#

C# on vuonna 2000 julkaistu ohjelmointikieli. Kieli julkaistiin Microsoftin .NET Frameworkin yhteydessä. C# on yksi tärkeimmistä .NET-ohjelmointikielistä. C# on periaatteessa käytettävissä ilman .NETiä, mutta käytännössä C# on yksinomaan .NETin ohjelmointikieli. (Haukilehto 2002.)

C# on yksinkertainen, nykyaikainen ja tyyppiturvallinen olio-ohjelmointikieli. C# muistuttaa syntaksiltaan paljon C- ja C++-ohjelmointikieliä. C# yhdistää RAD-ohjelmointikielten tuottavuuden ja C++:n tehokkuuden. C# tukee arvo- ja viittaustyyppisiä. Arvotyyppisiin kuuluu yksinkertaisia muuttujatyyppisiä kuten char, int ja float sekä enum- ja struct-tyyppejä. Viittaustyyppisiin kuuluvat luokka-, rajapinta-, delegaatti- ja listatyyppit. C#:ssa on mahdollista käyttää geneerisiä tyyppisiä. C# käyttää automaattista muistinhallintaa. (CSharp-Online.NET.)

6.2 .NET Framework

.NET Framework on sovelluskehys, joka koostuu useista tekniikoista: .NET-kielien, Common Language Runtime eli CLR, .NET Framework -luokkakirjasto, ASP.NET ja Visual Studio. (MacDonald 2007, 9.)

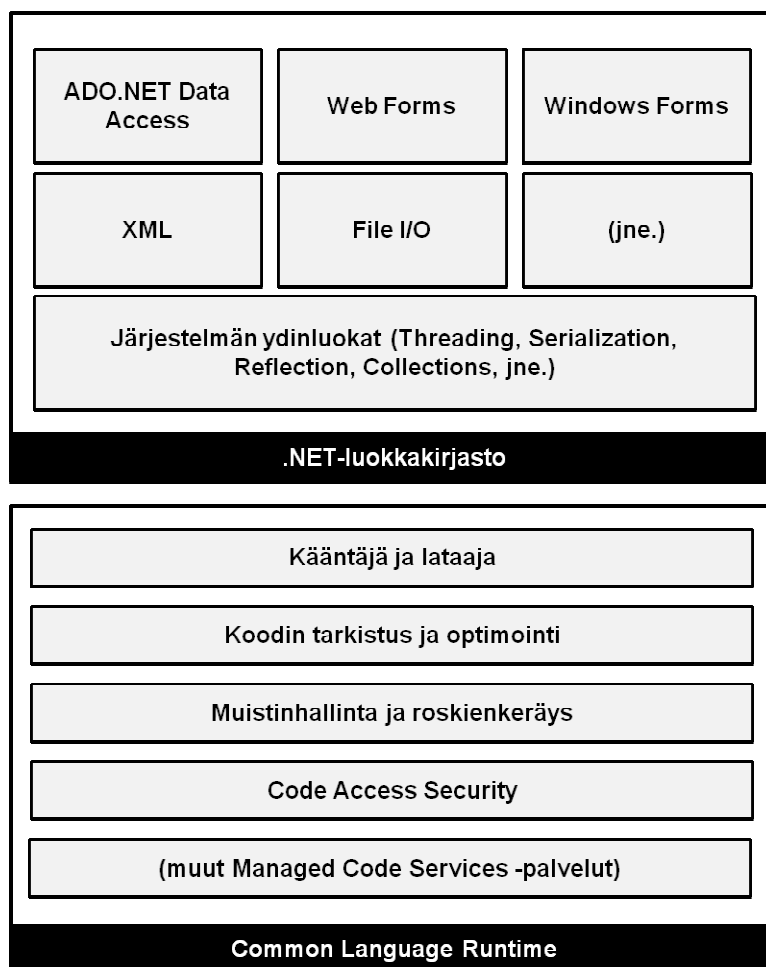
.NET-kieliä ovat Visual Basic, C#, JScript .NET, J# ja C++. JScript on palvelinpuolen versio JavaScript-kielestä. J# on Java-kielen kloonin. (MacDonald 2007, 9.)

Common Language Runtime eli CLR on moottori, joka suorittaa kaikki .NET-ohjelmat ja tarjoaa automaattisia palveluita näille sovelluksille. Automaattiset palvelut käsittävät turvallisuuteen liittyviä tarkistuksia, muistinhallintaa ja optimointia. (MacDonald 2007, 9.)

.NET Framework -luokkakirjastoon on koottu suuri määrä valmiita toiminnallisuutta sisältäviä komponentteja, joita voidaan lisätä sovelluksiin. Kyseiset komponentit ovat usein järjestetty teknologiapaketteihin kuten ADO.NET ja Windows Forms. ADO.NET on teknologia tietokantasovellusten ja Windows Forms työpöytäsovellusten käyttöliittymien luomiseen. (MacDonald 2007, 9.)

ASP.NET on moottori, joka isännöi .NET-kehikseen toteutettuja verkkosovelluksia ja tukee lähes kaikkia .NET-luokkakirjaston ominaisuuksia. ASP.NET sisältää myös yksinomaan verkkosovelluksille kohdennettuja palveluita kuten turvallisen tunnistautumisen ja tietojen varastoinnin. (MacDonald 2007, 9.)

Jako tekniikoiden välillä ei ole aina selvä. Esimerkiksi ASP.NET-termiä käytetään joskus viittaamaan .NET-luokkakirjaston osaan, jota käytetään verkkosivujen luontiin. Toisaalta ASP.NET viittaa myös koko .NET-verkkosovellusten aihealueeseen, joka käsittää .NET-kielet ja monia olennaisia luokkakirjaston osia, jotka eivät ole yksinomaan verkkosovelluksiin liittyviä. Kuva 6.1 näyttää .NETin perustavanlaatuiset osat: .NET-luokkakirjaston ja CLR:n. (MacDonald 2007, 9.)



Kuva 6.1 .NET Framework (MacDonald 2007, 10)

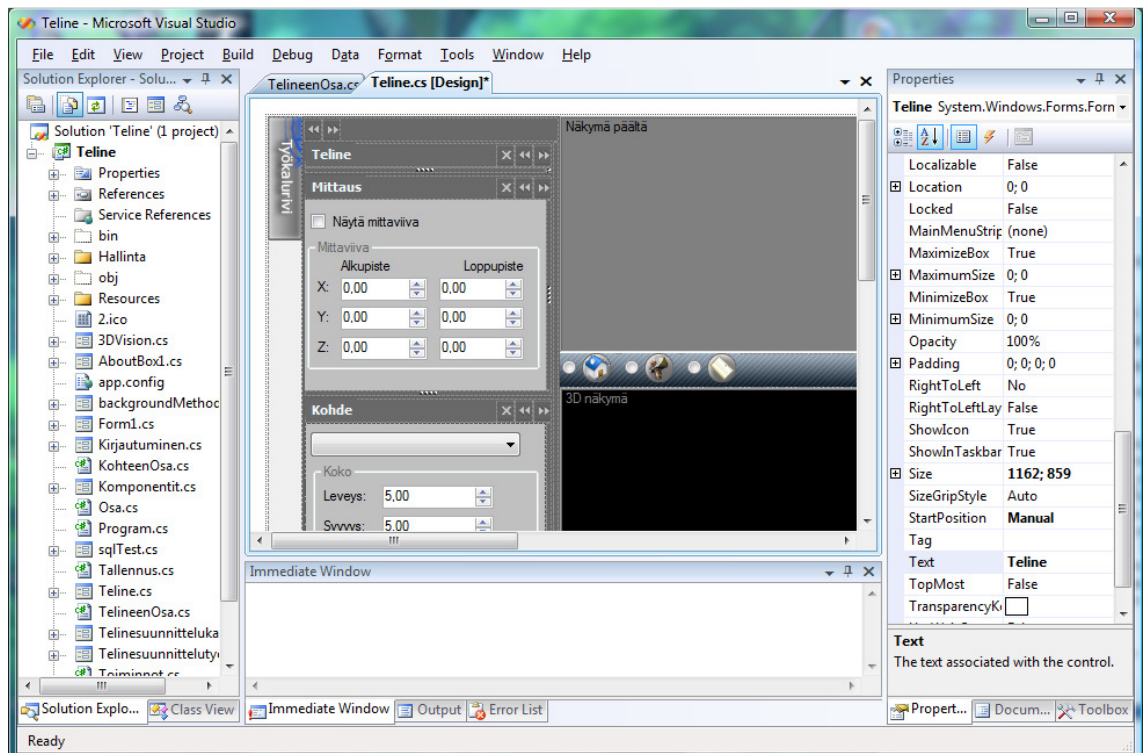
Code Access Security (Kuva 6.1) eli CAS on mekanismi, joka auttaa rajoittamaan koodin pääsyä turvattuihin resursseihin ja toimintoihin. CAS suorittaa muun muassa seuraavia toimintoja: määrittelee lupia ja lupajoukkoja järjestelmän eri resursseihin pääsyyn, antaa järjestelmänvalvojille mahdollisuuden mukauttaa turvallisuussääntöjä koodiryhmille sekä antaa

koodille mahdollisuuden pyytää suorituslupaa tai sille tarpeellista muuta lupaa ja määrittelee, mitä lupia koodilla ei pidä koskaan olla. (Microsoft.)

6.3 Microsoft Visual Studio 2008

Microsoft Visual Studio 2008 on Microsoftin kehittämä sovelluskehitin Windows-pohjaisiin ympäristöihin. Visual Studio pyrkii integroimaan erilaisia ohjelmointikieliä ja tarjoamaan niille yhteisiä työkaluja. Visual Studio 2008:lla voidaan tuottaa ainoastaan .NET-ympäristössä toimivia sovelluksia. Visual Studio 2008 tukee .NET-sovelluskehityksen versioita 2.0, 3.0 ja 3.5. (Järvinen 2008, 2.)

Visual Studio 2008:ssa on modulaarinen käyttöliittymä (Kuva 6.2). Ikkunoita voi avata ja sulkea tai asettaa piiloutumaan, jos ne eivät aktiivisena. Kuhunkin ikkunaan voi siirtää toisia ikkunoita, jolloin ikkunat järjestyvät välilehtiin.



Kuva 6.2 Microsoft Visual Studio 2008:n IDE-käyttöliittymä

Visual Studio 2008 -käyttöliittymän esimerkkiasetuksissa (Kuva 6.2) vasemmalla on Solution Explorer, jolla voi selata ja hallita sovelluksen

kuuluvien projektien tiedostoja. Class View kokoaa sovelluksen omien nimiavaruuksien luokat hierarkkiseen listaan. Keskellä olevalla alueella on avatut tiedostot omassa esitysmuodossaan: lähdekooditiedostot tekstinä, kuvatiedostot kuvankäsittelytilassa ja käyttöliittymäkomponentit joko Design- tai lähdekooditilassa. Immediate-ikkunaan voi syöttää suoritettavaa ohjelmakoodia, kun sovellus on käynnistetty IDE:n kautta. Output-ikkuna näyttää ajonaikaiset viestit. Error List -ikkunassa näkyy kääntäjän löytämät virheet, varoitukset ja viestit. Properties-ikkunaan on listattu valitun komponentin ominaisuudet ja tapahtumat. Document Outline -ikkuna listaa käyttöliittymäkomponentit hierarkkisesti käyttöliittymätiedoston ollessa avattuna. Toolbox-ikkuna näyttää sovellukseen sisällytetyt käytettävissä olevat komponentit.

Visual Studio 2008:lla voi kehittää graafisia Windows-sovelluksia (Windows Forms), graafisemman käyttöliittymämallin sovelluksia WPF- eli Windows Presentation Foundation -tekniikalla, komentorivi- eli konsolisovelluksia, Windows-palveluita, Web-sovelluksia ASP.NET-tekniikalla, Web Services-verkkopalveluita, Microsoft Office -tuotteisiin integroituvia sovelluksia, mobiilisovelluksia .NET Compact Framework -sovelluskehysellä (.NET CF), asennusohjelmia sekä Visual Studion kehitysympäristön laajennuksia ja makroja (Järvinen 2008, 2–4).

Visual Studio 2008:n tekniikoita ovat muun muassa tietokantahakujen integrointi ohjelmointikieliin (Järvinen 2008, 2), graafisempi käyttöliittymämalli Windows Presentation Foundation (WPF), palvelukeskeinen viestinvälitysjärjestelmä, Windows Communication Foundation (WCF) sekä automatisoituja työnkulkuja tukeva Windows Workflow Foundation (WF). Visual Studio 2008:n kääntäjä käyttää C#-kielestä versiota 3.0 ja Visual Basic .NET -kielestä versiota 9.0. (Järvinen 2008, 2.)

6.4 Microsoft DirectX

Microsoft DirectX on Microsoftin kehittämä kokoelma ohjelmointirajapintoja, jotka sallivat ohjelmien lähettää käskyjä laitteistolle tietämättä tarkalleen, mitä laitteistoa tietokoneessa on. DirectX:ää käyttävät ohjelmat pystyvät

hyödyntämään tehokkaasti laitteiston multimedia- ja grafiikkakiihdytysominaisuuksia. (Computer Hope.)

DirectX tarjoaa luokkakirjastot kuva-, ääni- ja syötelaitteiden hallintaan ja käyttöön. Teline-laskentaohjelmassa käytetään DirectX 9:n Direct3D- ja DirectInput-nimiavaruuksia. DirectInput-nimiavaruus sisältää syötelaitteiden käsittelyyn käytettäviä luokkia.

6.4.1 Direct3D

Direct3D on DirectX-ohjelmointirajapinnan nimiavaruus, joka sisältää 3D-grafiikan piirtämisessä käytettäviä luokkia. Direct3D-nimiavaruus voidaan jakaa seuraaviin osiin: rajapinnat, funktiot, makrot, rakenteet (structures), luettelot (enumerations) ja vakiot. (Microsoft.)

Direct3D-nimiavaruuden rajapintoihin lukeutuvat seuraavat rajapintaluokat (Microsoft):

- ID3DXFile
- ID3DXFileData
- ID3DXFileEnumObject
- ID3DXFileSaveData
- ID3DXFileSaveObject
- IDirect3D9
- IDirect3DBaseTexture9
- IDirect3DCubeTexture9
- IDirect3DDevice9
- IDirect3DIndexBuffer9
- IDirect3DPixelShader9
- IDirect3DQuery9
- IDirect3DResource9
- IDirect3DStateBlock9
- IDirect3DSurface9

- IDirect3DSwapChain9
- IDirect3DTexture9
- IDirect3DVertexBuffer9
- IDirect3DVertexDeclaration9
- IDirect3DVertexShader9
- IDirect3DVolume9
- IDirect3DVolumeTexture9

Direct3D-nimiavaruuden funktioihin lukeutuvat seuraavat funktiot (Microsoft):

- DebugSetMute
- Direct3DCreate9
- Direct3DShaderValidatorCreate9

6.5 Mov'AMP 0.5

Mov'AMP 0.5 on Apache-palvelimen, PHP-tuen, MySQL-tietokannan ja phpMyAdmin-tietokannanhallintaliittymän sisältävä itsenäinen kevyt palvelinpaketti. Mov'AMPin version 0.5 merkittävin ero esimerkiksi versioon 1.5 nähden on Joomla!-julkaisujärjestelmän puuttuminen (JoomlaFeed 2007). Mov'AMP 0.5:ssä on Apachen versio 2.0.54, PHP:n versio 5.2.3, MySQL:n versio 5.0.37 ja phpMyAdminin versio 2.11.0.

6.6 SQL

SQL eli Structured Query Language on laajasti käytetty tietokantakieli, joka tarjoaa käskyt tietokantojen hallintaan ja tiedon käsittelyyn: varastointiin, hakemiseen, päivitykseen ja poistoon. (Art Branch Inc.)

Lähes kaikki nykyaikaiset relaatiotietokantajärjestelmät kuten Microsoft SQL Server, Microsoft Access, MSDE eli Microsoft SQL Server Desktop Engine, Oracle, IBM DB2, Sybase, MySQL, Postgres ja Informix käyttävät SQL:ää

hallintakielensä pohjana vaikkakin eri murteilla. Esimerkiksi Microsoft SQL:n kielen version nimi on T-SQL ja Oraclen PL/SQL. (Art Branch Inc.)

6.7 Microsoft Access 2003

Microsoft Access 2003 on yksinkertainen tietokannanhallintajärjestelmä. Järjestelmä käyttää MDB-tiedostoja tiedon varastoinnissa. Kunkin tiedoston koko on rajoitettu 2 gigatavuun. Access 2003 sallii taulujen linkittämisen toisista tiedonhallintajärjestelmistä kuten toisista Access-tietokannoista, Excel- ja ASCII-tiedostoista sekä SQL Server -tietokannoista ODBC (Open Database Connectivity) -yhteydellä. (Eraserve AP.)

7 SAIMAAN ERISTYS OY:N TELINELASKENTAOHJELMAN KEHITYSPROJEKTIN VAIHEET

Sovelluksen kehitysprojektin vaiheet rajautuvat opinnäytetyössä esitutkimukseen, projektisuunnitelmaan sekä toiminnallisen määrittelyn ja prototyypin kehitykseen.

Määrittely ja prototyypin kehitys tapahtuu vesiputousmallin ja prototyypimallin yhdistelmänä. Prototyypimalli on hallitsevana projektinhallintamenetelmänä, koska asiakkaalla ei ole tarkkaa käsitystä sovelluksen yksityiskohtaisista vaatimuksista eikä kehittäjillä ole aiempaa kokemusta 3D-mallinnusohjelman kehityksestä. Toteutusta on siis kokeiltava käytännössä ennen kuin osataan määrittellä sovelluksen toiminnallisuutta tarkasti.

7.1 Projektin suunnittelu ja organisaatio

Projektin organisaatio oli seuraava:

- Martti Ylä-Jussila, valvoja/ohjaaja
- Antero Väättäminen, asiakas/ohjaaja

- Valtteri Lantta, projektipäällikkö/toteuttaja
- Jan Pount, toteuttaja

Käytännössä projektipäällikön nimityksellä ei ollut paljon merkitystä projektiryhmän pienen koon vuoksi. Projektipäällikön tehtävät jaettiin projektin toteuttajien kesken tilanteeseen sopivalla tavalla.

Toiminnallinen määrittely ohjelman yleispätevälle versiolle aloitettiin 23.11.2009. Toteutus eli uuden prototyypin teko aloitettiin 25.1.2010. Tästä eteenpäin prototyyppiä ja toiminnallista määrittelyä tehtiin prototyyppimallin mukaisesti.

Työskentelykäytäntöinä olivat tavanomaiset projektityöskentelykäytännöt: ohjauspalavereita tyypillisesti kerran viikossa ja asiakaspalavereita projektin vaiheesta riippuen yhdestä kahteen kertaan kuukaudessa. Tapaamisissa käsiteltiin kuluneelle jaksolle suunniteltujen työmäärien ja tavoitteiden toteutuminen, projektin ajankohtaiset ja tulevat riskit, seuraavan jakson työt ja työmäärät sekä sovitaan seuraavasta palaverista.

7.2 Esitutkimus

Esitutkimuksessa selvitettiin tarpeet ja lähtökohdat sekä alustavat vaatimukset sovelluksen kehittämiseen. Miika Puroharju oli tehnyt harjoitustyössään esitutkimuksen, jota päivitin Jan Pountin kanssa vastaamaan projektin muuttunutta tilannetta.

Esitutkimuksessa määriteltiin suurpiirteiset vaatimukset sovellukselle, huomioitiin tiedossa olleet tulevat ongelmat ja erityisen haastavat kohdat projektissa, tehtiin ratkaisuanalyysi, arvio kustannuksista ja alustava suunnitelma projekti resursseista ja aikataulusta.

7.3 Projektisuunnitelma

Esitutkimuksen jälkeen tehtiin projektisuunnitelma, josta ilmeni projektin resurssit, rajaus ja aikataulu.

7.4 Toiminnallinen määrittely ja prototyypin kehitys

Toiminnallista määrittelyä ja sovelluksen prototyyppiä kehitettiin rinnakkain, koska teknisiä kysymyksiä ennen kaikkea 3D-mallinnukseen oli selvitettävä ennen määrittelyä. Sovelluksen yleiset vaatimukset ja arkkitehtuuri olivat edellisen prototyypin kehityksen jäljiltä selvillä eikä niihin tarvittu suuria muutoksia. Tietokantasuunnittelu päivitettiin vastaamaan 3D-mallinnuksen vaatimien tietojen tallennustarvetta Merkittävimpänä uutena lisänä toiminnalliseen määrittelyyn tuli vaatimus sovelluksen käytöstä ilman yhteyttä tietokantapalvelimeen, mikä tarkoitti vaatimusta paikallisen tietokannan synkronointiin tietokantapalvelimen kannan kanssa yhteyden ollessa käytössä. Tätä toiminnallisuutta ei toteutettu prototyyppiin.

Prototyyppiä käytettiin ennen kaikkea 3D-mallinnuksen ominaisuuksien toteutuksen kokeiluun, koska tämän osa-alueen katsottiin olevan kehitysprojektin suurin riski projektiryhmän 3D-mallinnusohjelmien kehityskokemuksen puutteen vuoksi.

Tämä vaihe kehitysprojektista oli merkittävin ja vaati suurimman osan käytössä olleesta ajasta. Vaiheen aikana pidettiin viikoittaisia palaverieita, joista osassa oli asiakkaan edustaja mukana. Palaverieissa katselmoitiin prototyyppiin toteutettuja ominaisuuksia ja selvitettiin kehitystarpeita. Katselmoiduilla ja hyväksytyillä ominaisuuksilla tarkennettiin toiminnallista määrittelyä.

8 TELINELASKENTAOHJELMAN LASKENTAKAAVAT

Esitutkimuksessa todettiin 3D-mallinnuksen olevan välttämätön osa yleispätevää telinelaskentasovellusta. Mallinnuksen toteutusvaihtoehdoiksi harkittiin valmiita kaupallisia sovelluksia. Harkittuja valmiita sovelluksia olivat CadWorks SolidWorks ja UDK eli Unreal Development Kit. Molemmat ovat kaupallisia eli maksullisia sovelluksia.

SolidWorks 3D-ohjelmisto on kehitetty mekaniikkasuunnittelun ja muotoilun tarpeisiin. Ohjelmisto käsittää osa-, pinta- ja kokoonpanomallinnuksen sekä ohutlevytoiminnot. Ohjelmisto tuottaa automaattisesti mm. piirustukset, osaluettelot, osanumeroinnin, sekä tilavuus ja massalaskelmat. (CadWorks Oy.)

UDK tarjoaa laajan kirjon työkaluja 3D-sovellusten ja -pelien luomiseen. UDK:n mukana tulee Unreal Editor, jota käytetään sisällön ja mallien tuomiseen ja luontiin, UnrealFrontend, jota käytetään sovellusten valmisteluun julkaisua varten sekä ActorX, jota käytetään verkkojen ja animaatioiden tuomiseen sisällöntuotantosovelluksista kuten 3DS Max ja Maya. (Epic Games 2009.)

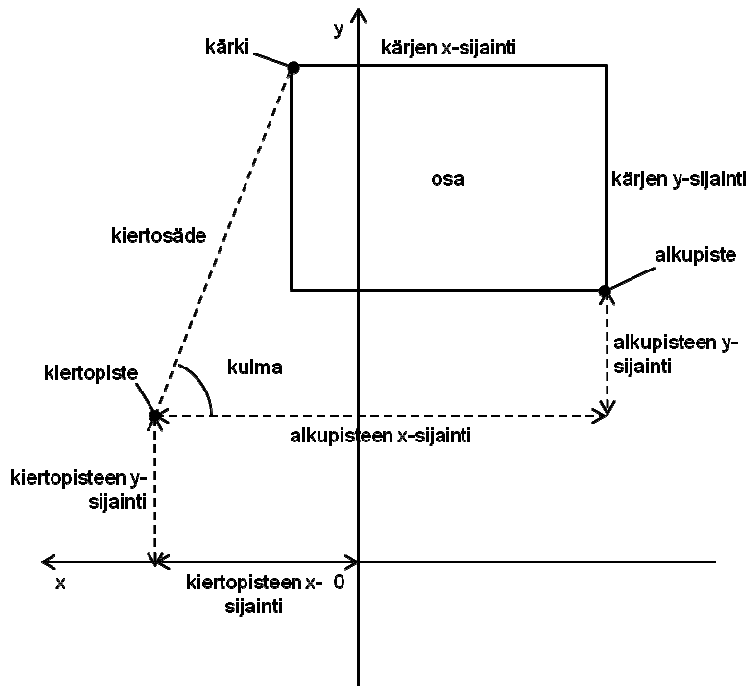
Esitutkimuksessa päätettiin lopulta, että kannattavin vaihtoehto oli kehittää oma räätälöity 3D-mallinnusympäristö juuri telinekohteiden ja telineiden mallintamiseen. Etuna omassa ratkaisussa on muun muassa se, että telineen osien tiedot sisältyvät mallinnettuihin kappaleisiin itseensä juuri niin kuin sovelluksen kehittäjät tahtovat.

Tutkin ja kehitin 3D-mallinnuksen laskentaominaisuuksissa tarvittavia matemaattisia kaavoja. Kaavat liittyvät osien kiertoon vaakatasossa määrätyn pisteen ympäri. Seuraavassa luvussa on kerrottu kyseisistä kaavoista.

8.1 Säteen laskenta

Osa koostuu vektoreista, joilla kullakin on alkupiste ja päätepisteet. Alku- ja päätepisteitä kutsutaan kärjiksi. Kiertopiste toimii myös osan sijaintipisteinä, jonka arvoon viitataan, kun puhutaan osan sijainnista.

Osan kierto tapahtuu kiertämällä osan jokaista kärkeä osalle määrätyn kiertopisteen ympäri. Jokaisella osan pisteellä on yksilöllinen kiertosäde, jonka avulla pisteen uusi kierretty sijainti lasketaan pisteen alkuperäisestä sijainnista. Kuva 8.1 havainnollistaa tilannetta, jonka pohjalta lasketaan ylhäältäpäin suorakulmiolta näyttävän osan kiertosäde.



Kuva 8.1 Kärjen kiertosäteen laskenta

Kiertosäde (Kuva 8.1) on osan kiertopisteen ja kierrettävän kärjen välinen etäisyys. Kiertosäde lasketaan Pythagoraan lauseella (Kaava 8.1).

Kaava 8.1 Kärjen kiertosäteen laskenta

$r =$ kiertosäde

$x_{kiertopiste} =$ kiertopisteen x-sijainti

$y_{kiertopiste} =$ kiertopisteen y-sijainti

$x_{alkupiste} =$ alkupisteen x-sijainti

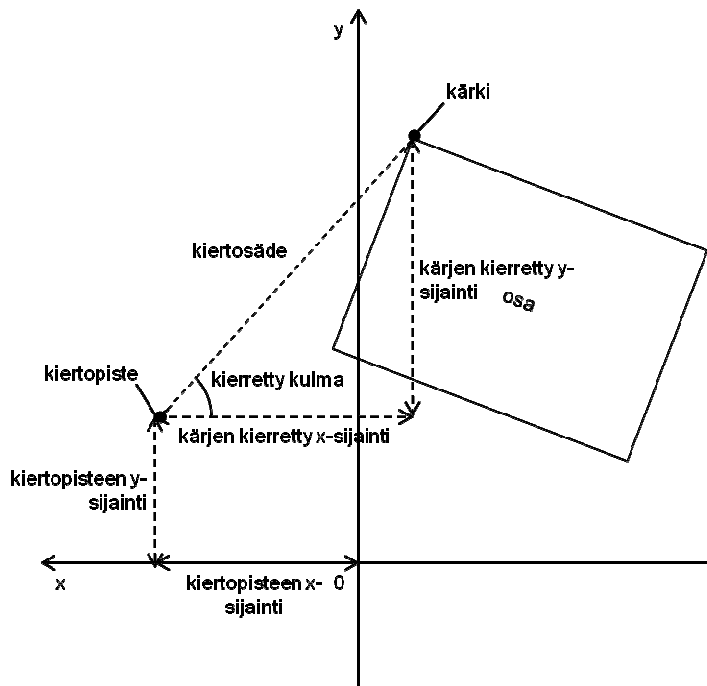
$y_{alkupiste} =$ alkupisteen y-sijainti

$x_{kärki} =$ kärjen x-sijainti

$y_{kärki} =$ kärjen y-sijainti

$$r = \sqrt{(x_{alkupiste} - x_{kärki})^2 + (y_{alkupiste} - y_{kärki})^2}$$

Kun kiertosäde on laskettu (Kaava 8.1), voidaan laskea kärjen kierretty sijainti. Esimerkkitilanteessa (Kuva 8.2) osan kierron määrä on noin 15 °.



Kuva 8.2 Kärjen kierretyn sijainnin laskenta

Kierretty kulma (Kuva 8.2) saadaan lisäämällä kierron määrä alkuperäiseen kulmaan. Jos osan kierron määrä on nolla, kierretty kulma olisi sama kuin alkuperäinen kulma, joten koko osan kierto voidaan jättää tekemättä. Kaava 8.2 antaa kärjen kierretyt x- ja y-koordinaatit suhteessa kiertopisteeseen – ei mallinnusvaruuden origoon.

Kaava 8.2 Kärjen kierretyn sijainnin laskenta

α = kierretty kulma

r = kiertosäde

x = kärjen kierretty x-sijainti

y = kärjen kierretty y-sijainti

$$\cos \alpha = \frac{x}{r} \Leftrightarrow x = r \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{y}{r} \Leftrightarrow y = r \sin \alpha$$

Kärjen lopullinen sijainti määrää sen, missä kohtaa kärki näkyy mallinnusnäkyssä. Kärjen lopullinen sijainti on suhteessa

mallinnusvaruuden origoon ja se muodostuu lisäämällä kärjen kierrettyihin koordinaatteihin (Kaava 8.2) kiertopisteen sijaintiarvot.

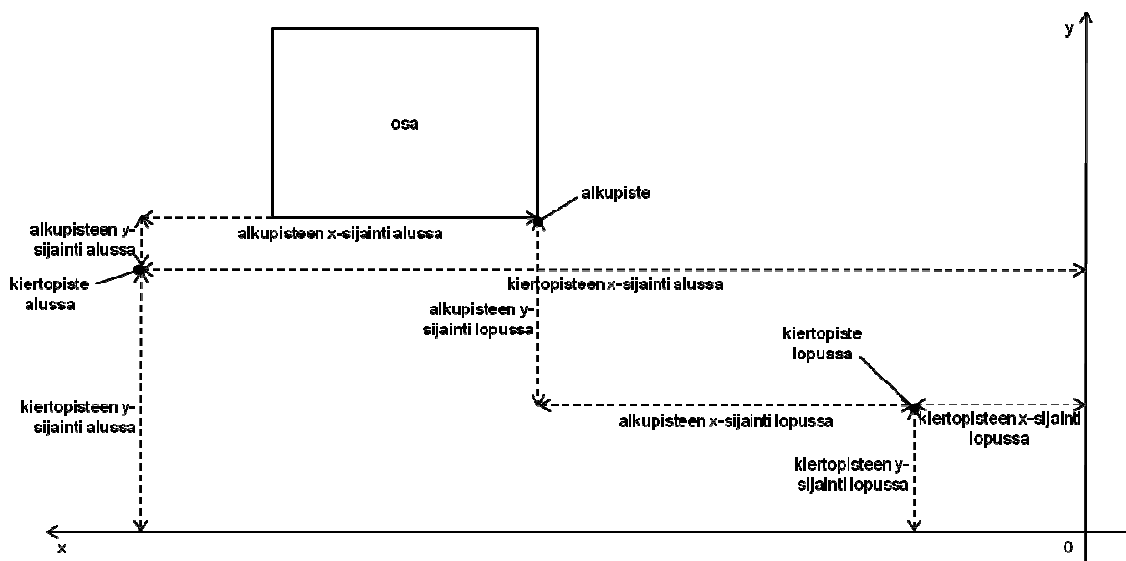
8.2 Kiertopisteen siirto muuttamatta osan olemusta

Kiertopistettä on pystyttävä siirtämään muuttamatta osan kärkien lopullisia koordinaatteja, toisin sanoen osan on näytettävä mallinnusnäkyssä ennen kiertopisteen siirtoa samalta kuin kiertopisteen siirron jälkeen. Tätä toiminnallisuutta varten osalle täytyy laskea sopiva alkupiste, jonka ansiosta osa näyttää uudesta kiertopisteestä huolimatta samalta kuin vanhalla kiertopisteellä.

Toiminnon toteuttamisen haastavuus riippuu alkutilanteesta vallitsevasta osan kierrosta ja alkupisteen sijainnista sekä näiden yhdistelmästä.

8.2.1 Ilman kiertoa

Jos osan kierto on nolla, alkupisteen päivittämiseen tarvitaan vain tiedot kierto- ja alkupisteiden ennen kiertopisteen siirtoa vallitsevista sijainneista sekä kiertopisteen siirronjälkeinen uusi sijainti. Kuva 8.3 näyttää tilanteen, jossa osaa ei ole kierretty ennen uuden alkupisteen laskentaa.



Kuva 8.3 Kiertopisteen siirto muuttamatta osan olemusta ilman kiertoa

Alkupisteen (Kuva 8.3) lopullinen sijainti pysyy koko toiminnon aikana samana – vain sen sijainti kiertopisteeseen nähden muuttuu. Kaava 8.3 selvittää alku- ja kiertopisteiden sijaintien alkutilanteen suhteet lopputilanteeseen.

Kaava 8.3 Alkupisteen sijainnin laskenta ilman kiertoa

$x_{alkupiste0}$ = alkupisteen x -sijainti alussa

$y_{alkupiste0}$ = alkupisteen y -sijainti alussa

$x_{alkupiste}$ = alkupisteen x -sijainti lopussa

$y_{alkupiste}$ = alkupisteen y -sijainti lopussa

$x_{kiertopiste0}$ = kiertopisteen x -sijainti alussa

$y_{kiertopiste0}$ = kiertopisteen y -sijainti alussa

$x_{kiertopiste}$ = kiertopisteen x -sijainti lopussa

$y_{kiertopiste}$ = kiertopisteen y -sijainti lopussa

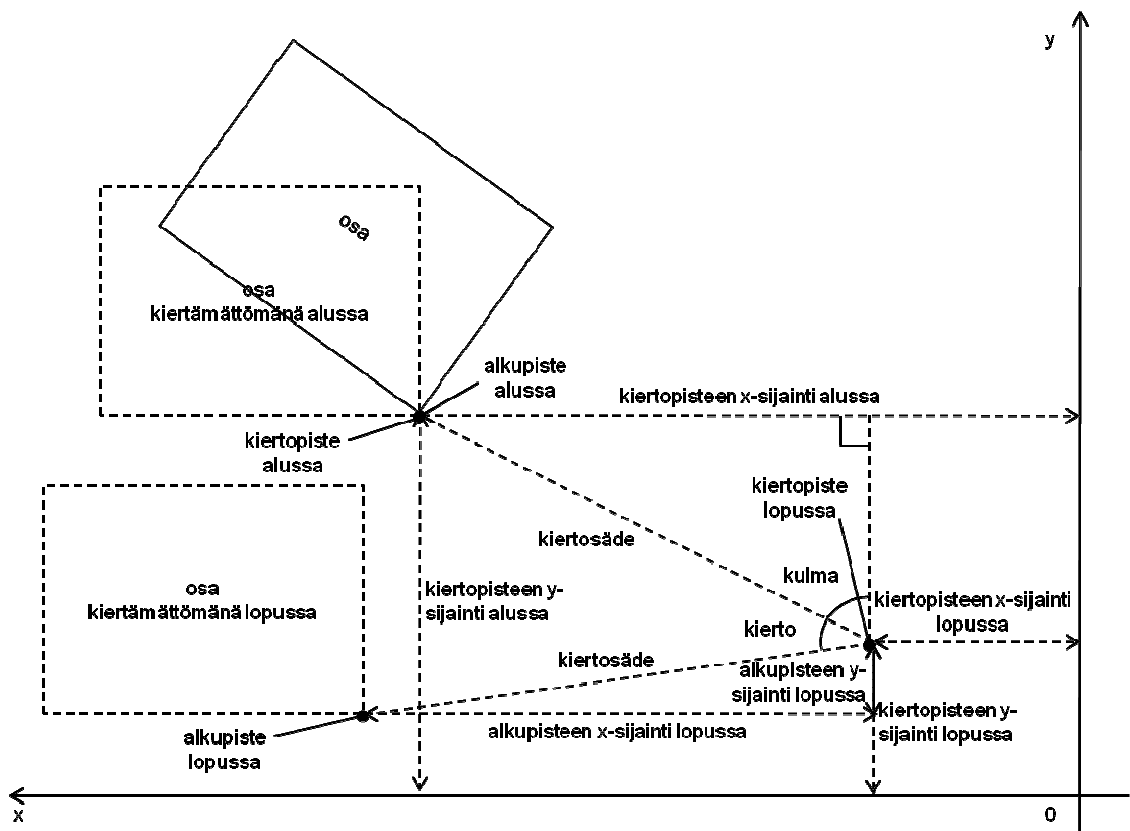
$x_{alkupiste} = x_{alkupiste0} + x_{kiertopiste0} - x_{kiertopiste}$

$y_{alkupiste} = y_{alkupiste0} + y_{kiertopiste0} - y_{kiertopiste}$

Alku- ja kiertopisteiden sijainnit tunnetaan alkutilanteessa ja lisäksi tiedetään, mihin kiertopiste siirretään (Kaava 8.3). Näiden tietojen perusteella pystytään ratkaisemaan alkupisteen uusi sijainti.

8.2.2 Kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa nolla

Jos osan kierto ei ole nolla, mutta alkupisteen sijainti ennen kiertopisteen siirtoa on nolla eli alku- ja kiertopiste ovat mallinnusavaruuden origoon nähden samassa sijainnissa, alkupisteen päivittämiseen tarvitaan tiedot kierron määrästä sekä kiertopisteen sijainnista ennen ja jälkeen sen siirtoa. Kuva 8.4 näyttää tilanteen, jossa osan kierto on noin 35° , ja alkupisteen sekä x- että y-sijainti on nolla.



Kuva 8.4 Kiertopisteen siirto muuttamatta osan olemusta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa nolla

Kiertosäde lasketaan Pythagoraan lauseella (Kaava 8.4) käyttäen siirronjälkeisen kiertopisteen yläpuolelle muodostuvaa suorakulmaista kolmiota (Kuva 8.4). Kyseisen suorakulmaisen kolmion lopun kiertopistettä vastaava kulma selvitetään kiertopisteen alapuolelle muodostuvan suorakulmaisen kolmion kateettien ratkaisua varten. Nämä kateetit vastaavat alkupisteen x- ja y-sijainteja kiertopisteen siirron jälkeen.

Kaava 8.4 Alkupisteen sijainnin laskenta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa nolla

$r =$ kiertosäde

$x_{kiertopiste0} =$ kiertopisteen x -sijainti alussa

$y_{kiertopiste0} =$ kiertopisteen y -sijainti alussa

$x_{kiertopiste} =$ kiertopisteen x -sijainti lopussa

$y_{kiertopiste} =$ kiertopisteen y -sijainti lopussa

$$r = \sqrt{(x_{kiertopiste0} - x_{kiertopiste})^2 + (y_{kiertopiste0} - y_{kiertopiste})^2}$$

$\alpha =$ kierto

$\beta =$ kulma

$$\beta = \tan^{-1} \frac{x_{kiertopiste0} - x_{kiertopiste}}{y_{kiertopiste0} - y_{kiertopiste}}$$

$x_{alkupiste} =$ alkupisteen x -sijainti lopussa

$y_{alkupiste} =$ alkupisteen y -sijainti lopussa

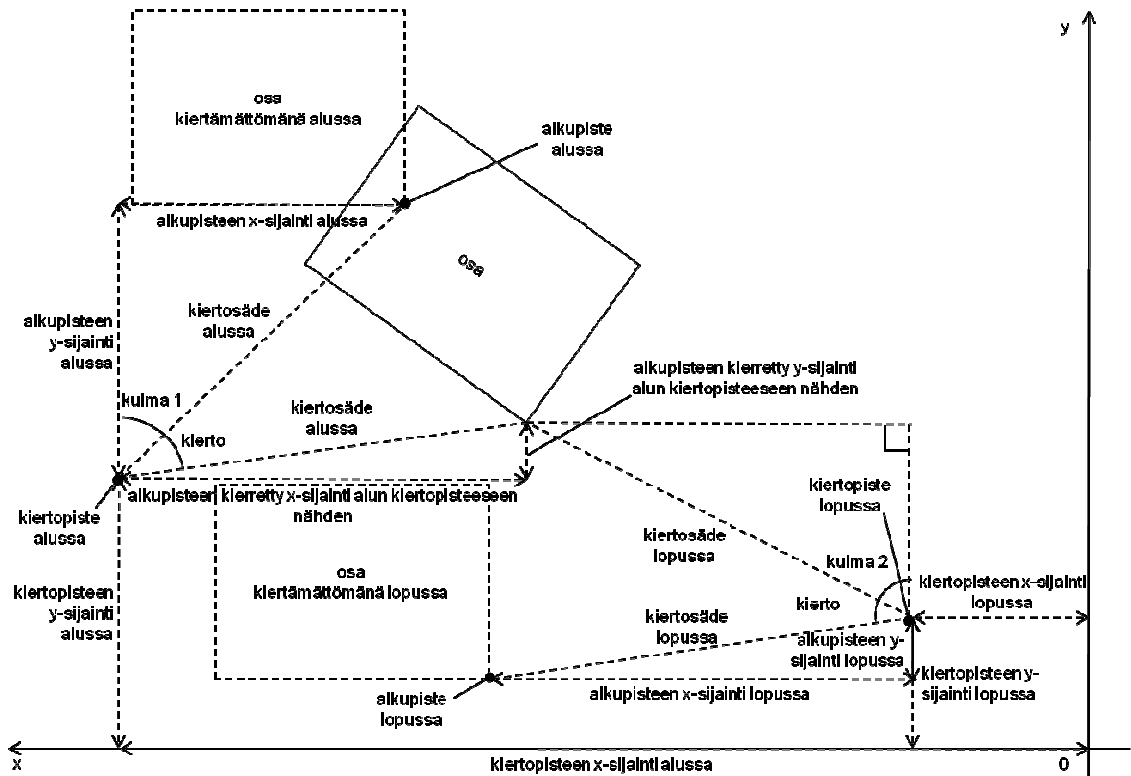
$$x_{alkupiste} = \sin(180 - \alpha - \beta) \cdot r$$

$$y_{alkupiste} = \cos(180 - \alpha - \beta) \cdot r$$

Alkupisteen x -sijaintia lopussa kuvaavan kateetin vastainen kulma saadaan vähentämällä oikokulmasta osan kierto ja kaavan välivaiheessa (Kaava 8.4) ratkaistu kulma.

8.2.3 Kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla

Jos osan alkupiste eikä kierto ole nolla ennen kiertopisteen siirtoa, alkupisteen päivittämiseen tarvitaan seuraavat tiedot: osan kierron määrä, alkupisteen sijainti ennen kiertopisteen siirtoa ja kiertopisteen sijainti sekä ennen siirtoa että sen jälkeen.



Kuva 8.5 Kiertopisteen siirto muuttamatta osan olemusta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla

Kiertosäde alussa lasketaan Pythagoraan lauseella (Kaava 8.5) käyttäen alun kiertopisteen yläpuolelle muodostuvaa suorakulmaista kolmiota, jonka kateetteina ovat alkupisteen y-sijainti alussa ja alkupisteen x-sijainti alussa. Alun kiertosädettä käytetään laskennan välivaiheessa, jossa lasketaan alkupisteen kiertetty x- ja y-sijainti alun kiertopisteeseen nähden.

Kiertosäde lopussa lasketaan Pythagoraan lauseella (Kaava 8.5) käyttäen siirronjälkeisen kiertopisteen yläpuolelle muodostuvaa suorakulmaista kolmiota (Kuva 8.5). Kyseisen suorakulmaisen kolmion lopun kiertopistettä vastaava

kulma selvitetään kiertopisteen alapuolelle muodostuvan suorakulmaisen kolmion kateettien ratkaisua varten. Nämä kateetit vastaavat alkupisteen x- ja y-sijainteja kiertopisteen siirron jälkeen.

Kaava 8.5 Alkupisteen sijainnin laskenta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla

$r_0 =$ kiertosäde alussa

$x_{alkupiste0} =$ alkupisteen x-sijainti alussa

$y_{alkupiste0} =$ alkupisteen y-sijainti alussa

$$r_0 = \sqrt{x_{alkupiste0}^2 + y_{alkupiste0}^2}$$

$\gamma =$ kulma 1

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{x_{alkupiste0}}{y_{alkupiste0}}$$

$x_{alkupiste1} =$ alkupisteen kierretty x-sijainti alun kiertopisteeseen nähden

$y_{alkupiste1} =$ alkupisteen kierretty y-sijainti alun kiertopisteeseen nähden

$$x_{alkupiste1} = \cos(90 - \alpha - \gamma) \cdot r_0$$

$$y_{alkupiste1} = \sin(90 - \alpha - \gamma) \cdot r_0$$

$r =$ kiertosäde lopussa

$x_{kiertopiste0} =$ kiertopisteen x-sijainti alussa

$y_{kiertopiste0} =$ kiertopisteen y-sijainti alussa

$x_{kiertopiste} =$ kiertopisteen x-sijainti lopussa

$y_{kiertopiste} =$ kiertopistenn y-sijainti lopussa

$$r = \sqrt{(x_{kiertopiste0} - x_{alkupiste1} - x_{kiertopiste})^2 + (y_{kiertopiste0} - y_{alkupiste1} - y_{kiertopiste})^2}$$

$\beta =$ kulma 2

$$\beta = \tan^{-1} \frac{x_{kiertopiste0} - x_{alkupiste1} - x_{kiertopiste}}{y_{kiertopiste0} - y_{alkupiste1} - y_{kiertopiste}}$$

$x_{alkupiste} =$ alkupisteen x-sijainti lopussa

$y_{alkupiste} =$ alkupisteen y-sijainti lopussa

$$x_{alkupiste} = \sin(180 - \alpha - \beta) \cdot r$$

$$y_{alkupiste} = \cos(180 - \alpha - \beta) \cdot r$$

Alkupisteen x-sijaintia lopussa kuvaavan kateetin vastainen kulma saadaan vähentämällä oikokulmasta osan kierto ja kaavan välivaiheessa (Kaava 8.5) ratkaistu kulma.

9 TELINELASKENTAOHJELMAN ESITTELY

Telinelaskentaohjelma on Windows Forms -sovellus, jolla voidaan mallintaa kolmiulotteisesti kohde eli rakennus ja sen ympärille kasattavat rakennustelineet. Sovellus käyttää mallinnusnäkymissä Microsoft DirectX-rajapintaa. Käytetyn DirectX-rajapinnan versio on 9. Mallista selviää mallinnettuun telineeseen tarvittavien telineen osien lukumäärä ja ominaisuudet: tuotenumero, paino ja pituus. Malli voidaan tallentaa tietokantaan. Mallinnuksen nopeuttamiseksi teline-elementeistä on sovelluksen kirjastossa valmiit variaatiot, jottei telineen osia ole tarvetta asetella malliin yksitellen.

9.1 Käyttäjätunnukset

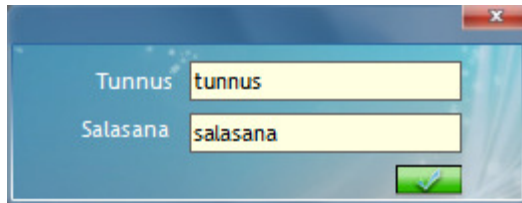
Sovelluksessa on kaksi eri käyttäjätunnustasoa: peruskäyttäjä ja järjestelmänvalvoja. Peruskäyttäjä on sovellusta käyttävä henkilö, jolla on oikeudet perustoimenpiteisiin:

- Kirjautuminen
- Lähetyslistan tulostus
- Telinelaskelmien hallinta: telinelaskelmien lisäys, itse lisättyjen telinelaskelmien muokkaus ja poisto sekä omistuksen siirto
- Osien hallinta: osien lisäys, muokkaus ja poisto
- Kohteiden hallinta: kohteiden lisäys, muokkaus ja poisto
- Tehdaiden hallinta: tehtaiden lisäys, muokkaus ja poisto
- Tilaajien hallinta: tilaajien lisäys, muokkaus ja poisto
- Yhdyshenkilöiden hallinta: yhdyshenkilöiden lisäys, muokkaus ja poisto

Järjestelmänvalvojalla on täydet käyttöoikeudet. Järjestelmänvalvojalla on peruskäyttäjän oikeuksien lisäksi oikeus käyttäjien hallintaan: käyttäjien lisäämiseen, muokkaukseen ja poistoon.

9.2 Kirjautuminen

Sovellukseen on kirjaututtava ennen kuin käyttäjä voi tehdä mitään toimintoja. Kirjautumisessa syötetään käyttäjätunnus ja salasana (Kuva 9.1).



Kuva 9.1 Kirjautuminen

Mallit on sidottu käyttäjätunnuksiin siten, että vain mallin omistava käyttäjä voi muokata mallia.

9.3 Käyttöliittymä

Käyttöliittymä koostuu pääikkunasta, jossa on valikkorivi, välilehtirivi, tila välilehtien sisällölle ja tilarivi, joka antaa tietoa sovelluksen tilasta. Käyttöliittymässä käytetään välilehtimallia: jokainen sovelluksensisäinen ikkuna sijoitetaan pääikkunan tyhjälle alueelle. Käyttöliittymän tarkemmat ominaisuudet selviävät seuraavista luvuista.

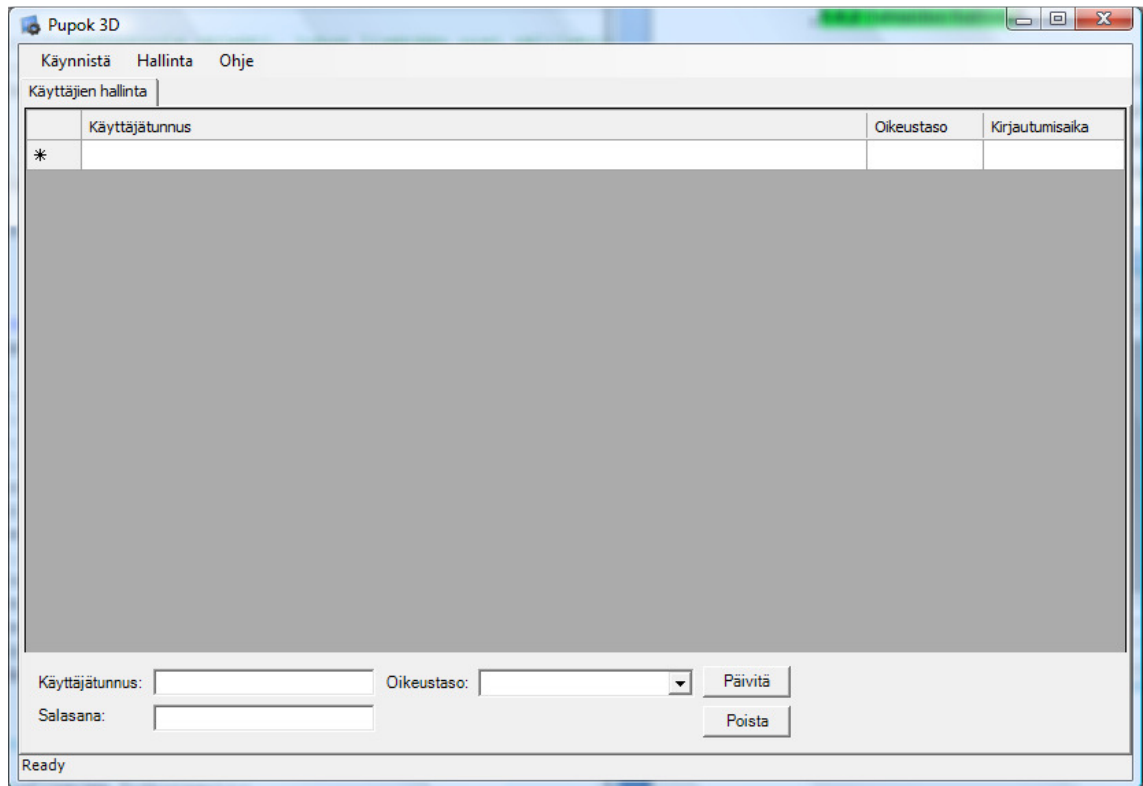
9.4 Hallinta

Sovelluksen hallintatoimintoja ovat käyttäjien hallinta, tehtaiden hallinta, tilaajien hallinta ja yhdyshenkilöiden hallinta. Hallintatoiminnot on avattavissa valikkorivin Hallinta-kohdan alta.

9.4.1 Käyttäjien hallinta

Käyttäjien hallinnassa (Kuva 9.2) voidaan luoda uusia käyttäjätunnuksia sekä muokata ja poistaa olemassaolevia käyttäjätunnuksia. Käyttäjien hallinta on kokonaisuudessaan käytettävissä vain järjestelmänvalvojan oikeustasolla.

Peruskäyttäjän oikeustasolla käyttäjä näkee vain omat tietonsa ja voi päivittää niitä.

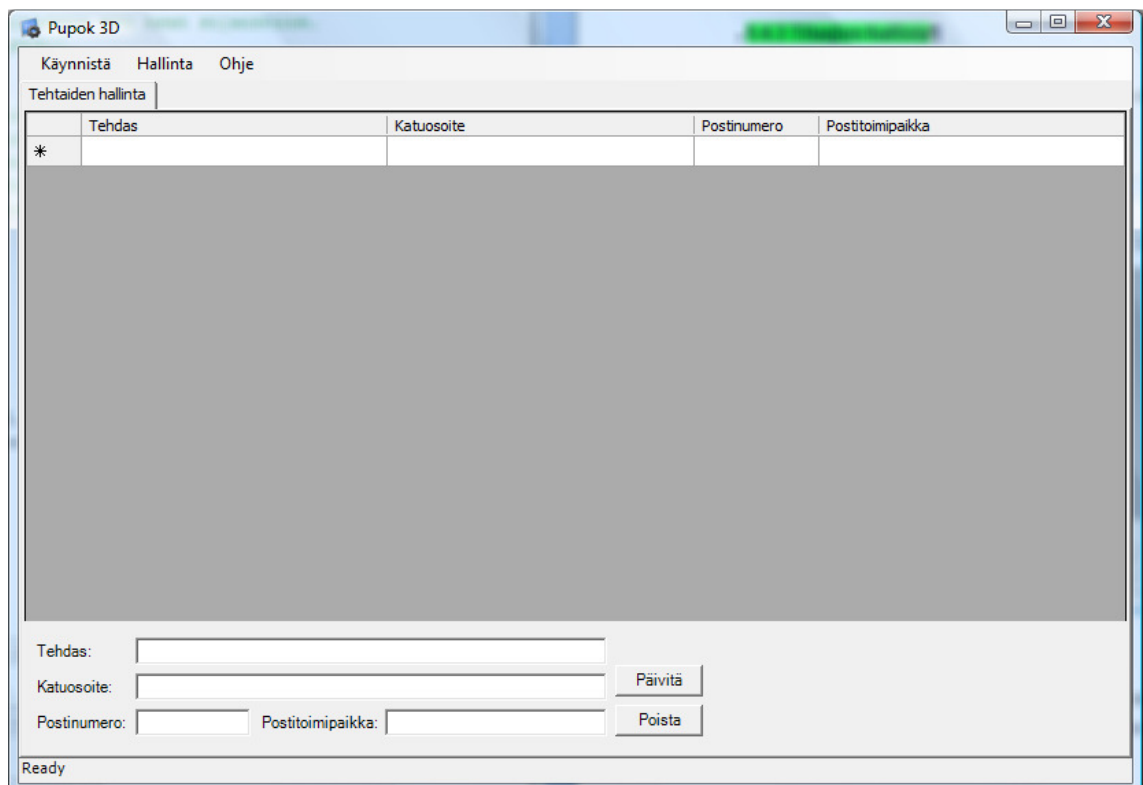


Kuva 9.2 Käyttäjien hallinta -välilehti

Käyttäjien hallinta -välilehden (Kuva 9.2) yläosassa on lista olemassaolevista käyttäjistä, joiden tietoina on nähtävissä käyttäjätunnus, oikeustaso ja edellisen kirjautumisen ajankohta.

9.4.2 Tehtaiden hallinta

Saimaan Eristys Oy:n telineasiakkaiden kohteet sijaitsevat tehdasalueilla, joten jokaisen mallin kohde on jokin osa jostakin tehtaasta. Tehtaiden hallinnalla (Kuva 9.3) voidaan lisätä tehtaita, joiden tiedot liitetään malliin. Toistaiseksi kohteet sijaitsevat tehdasalueilla, mutta mikäli tähän tulee muutos, ohjelman käyttämä termi tehdas vaihdetaan joksikin laajemmaksi käsitteeksi.

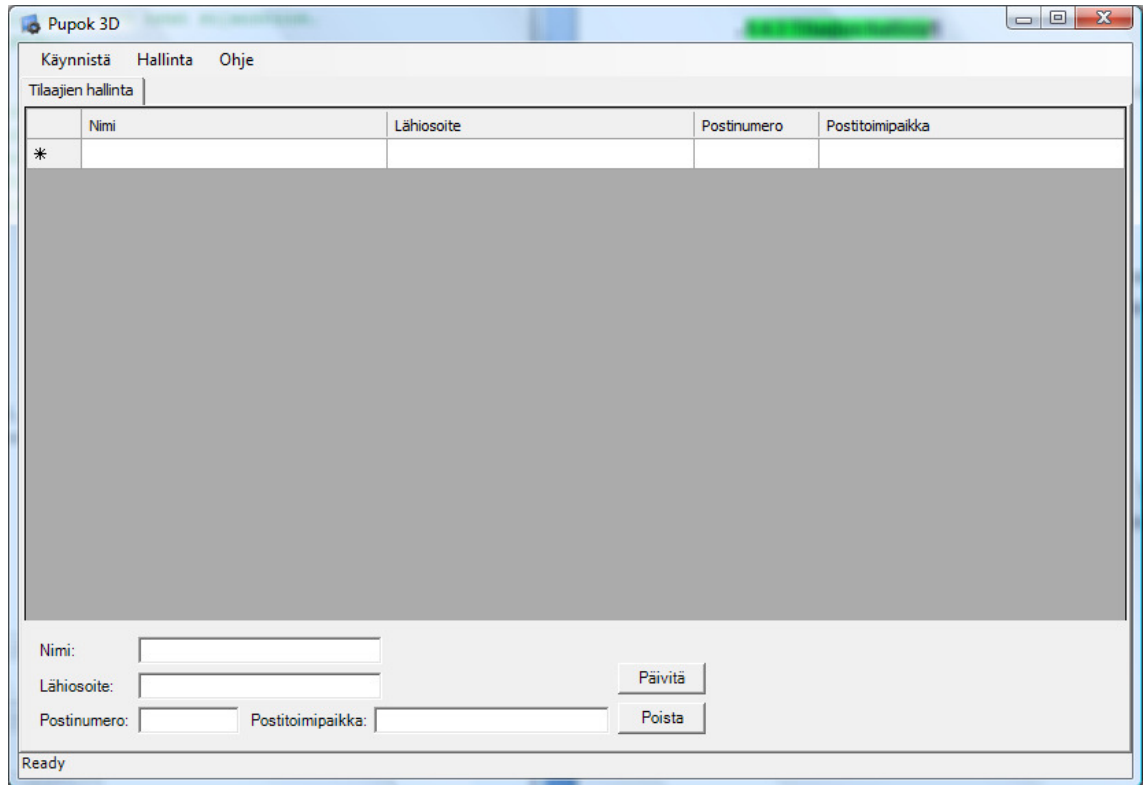


Kuva 9.3 Tehtaiden hallinta -välilehti

Tehtaiden hallinta -välilehden (Kuva 9.3) yläosassa on lista tietokannassa olevista tehtaista, joiden tietoina on nähtävissä nimi ja yhteystiedot: lähiosoite, postinumero ja -toimipaikka.

9.4.3 Tilaajien hallinta

Jokaisella telineellä on tilaaja. Tilaajien hallinta -välilehdellä (Kuva 9.4) voidaan lisätä, muokata ja poistaa tilaajia.

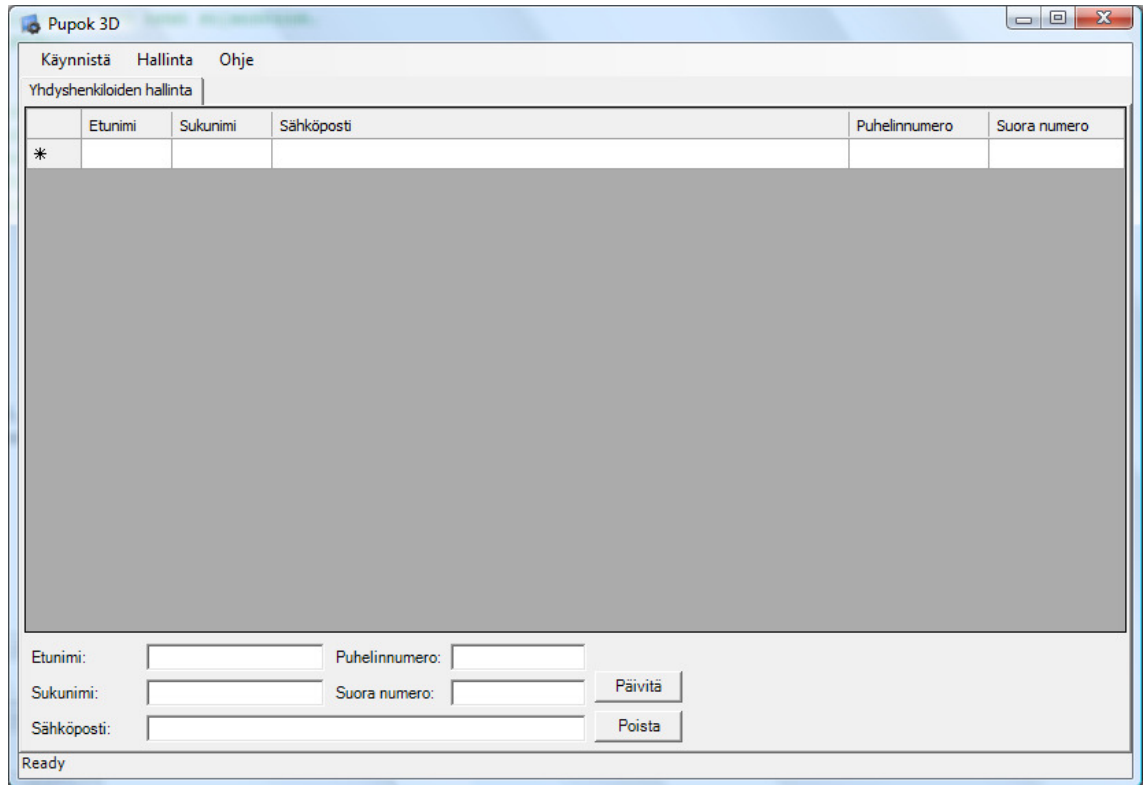


Kuva 9.4 Tilaajien hallinta -välilehti

Tilaajien hallinta -välilehden (Kuva 9.4) yläosassa on lista tietokannassa olevista tilaajista, joiden tietoina on nähtävissä nimi ja yhteystiedot: lähiosoite, postinumero ja -toimipaikka.

9.4.4 Yhdyshenkilöiden hallinta

Jokaiseen telineeseen liittyy yhdyshenkilö. Yhdyshenkilöiden hallintavälilehdellä (Kuva 9.5) voidaan lisätä, muokata ja poistaa yhdyshenkilöitä.



Kuva 9.5 Yhdyshenkilöiden hallinta -välilehti

Yhdyshenkilöiden hallinta -välilehden (Kuva 9.5) yläosassa on lista tietokannassa olevista yhdyshenkilöistä, joiden tietoina on nähtävissä etu- ja sukunimi sekä yhteystiedot: puhelinnumero, suora puhelinnumero ja sähköpostiosoite.

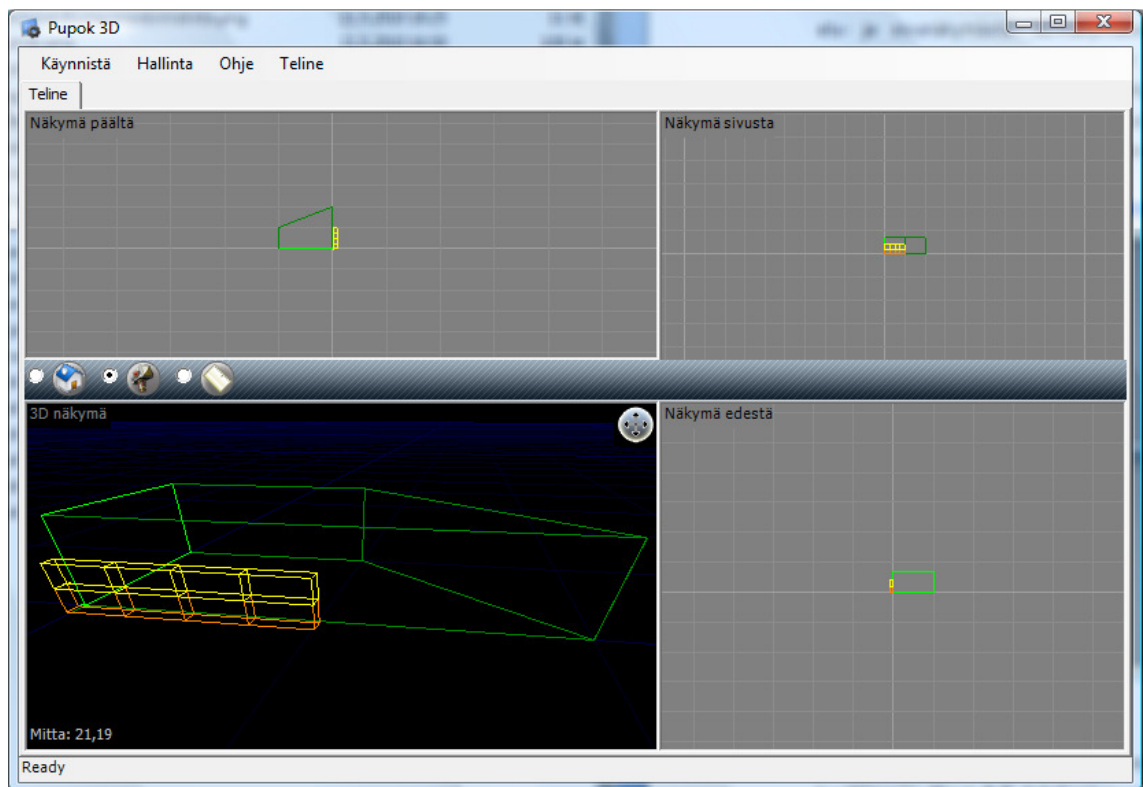
9.5 Mallinnus

Kohderakennuksen ja telineen mallinnus tehdään lisäämällä kohteen ja telineen osia malliin. Lisättyjä osia voidaan siirtää ympäri mallinnusaluetta. Lisättyjä osia voidaan myös kiertää kiertopisteensä ympäri. Osille voidaan tehdä myös muokkaustoimenpiteitä kuten kopiointi ja poisto. Mallinnuksen apuvälineenä toimii mittaustyökalu, joka mittaa kahden pisteen välisen etäisyyden.

Mallinnuksen mittayksikkönä on metri. Desimaalipaikkoja on käytössä kaksi, joten mallinnuskomponenttien muokattavat arvot voidaan asettaa 1 cm:n tarkkuudella.

9.5.1 Näkymät

Teline- eli mallinnusvälilehti (Kuva 9.6) koostuu neljästä näkymästä: 3D-, ylä-, etu- ja sivunäkymästä. 3D-näkymässä on mukana kaikki ulottuvuudet. Ylänäkymästä on supistettu kaikkien koordinaattipisteiden z-komponentit, etunäkymästä y-komponentti ja sivunäkymästä x-komponentti. Muita näkymiä kuin 3D-näkymää voidaan kutsua yhteisellä nimellä 2D-näkymä tai projektiio. Projektioit helpottavat osien tarkkaa hahmottamista ja sijoittelua avaruudessa.



Kuva 9.6 Näkymät

Näkymien (Kuva 9.6) kokoa suhteessa toisiinsa voi muuttaa vetämällä keskellä olevasta kuvakkeesta (Kuva 9.7) haluttuun suuntaan. Näkymien rajat liikkuvat tällöin kuvakkeen mukana.



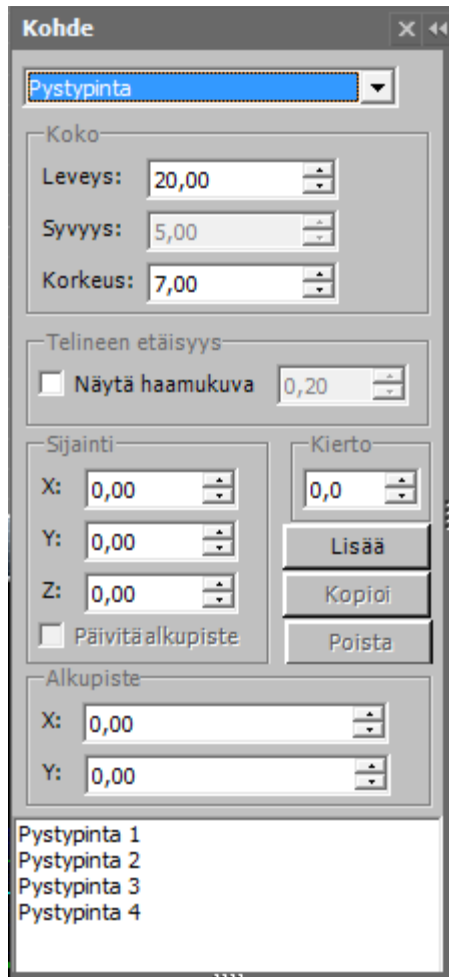
Kuva 9.7 Näkymien koon säädin

Näkymien koon säätö (Kuva 9.7) on rajoitettu siten, ettei mikään näkymistä voi hävitä kokonaan.

9.5.2 Paneelit

Mallinnuksen toimintoja hallinnoidaan kolmella paneelilla: Kohde-, Teline- ja Mittaus-paneeli. Kukin paneeli pitää sisällään nimensämukaiset toiminnot: Kohde-paneeli sisältää kohteen osiin, Teline-paneeli telineen osiin ja Mittaus-paneeli mittaustyökaluun liittyvät toiminnot. Paneelit ovat liikuteltavissa mihin tahansa kohtaan mallinnusvälilehdellä. Jos paneelin liikuttaa lähelle vasenta tai oikeaa ikkunan reunaa, näkyviin ilmestyy palkki, joka osoittaa, että vapauttaessa hiiren painike, paneeli ankkuroituu reunaan syrjäyttäen leveytensä verran tilaa mallinnusnäkyimiltä.

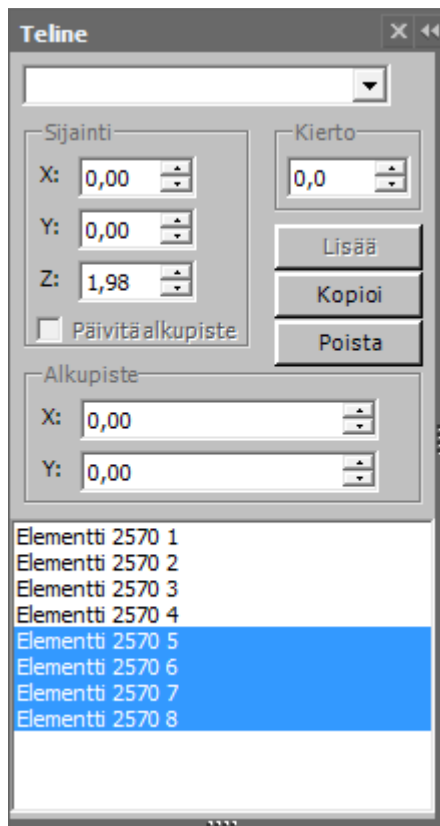
Kohde-paneeli (Kuva 9.8) sisältää kohteen osien hallintaan liittyvät toiminnot: kohteen osien lisäyksen, ominaisuuksien muokkauksen, kopioinnin ja poiston. Kohteen osien muokkaukseen kuuluu osien koon, sijainnin, kierron ja alkupisteen määrittäykset.



Kuva 9.8 Kohde-paneeli

Jos Kohde-paneeli (Kuva 9.8) ei ole näkyvässä, sen saa näkyviin valikon Telinekohdan kautta.

Teline-paneeli (Kuva 9.9) sisältää telineen osien hallintaan liittyvät toiminnot: telineen osien lisäyksen, ominaisuuksien muokkauksen, kopioinnin ja poiston. Telineen osien muokkaukseen kuuluu osien sijainnin, kierron ja alkupisteen määrittäminen. Telineen osien kokoa ei voi muuttaa toisin kuin kohteen osien kokoa, koska telineen osien koot ovat aina ennaltamäärätyt.



Kuva 9.9 Teline-paneeli

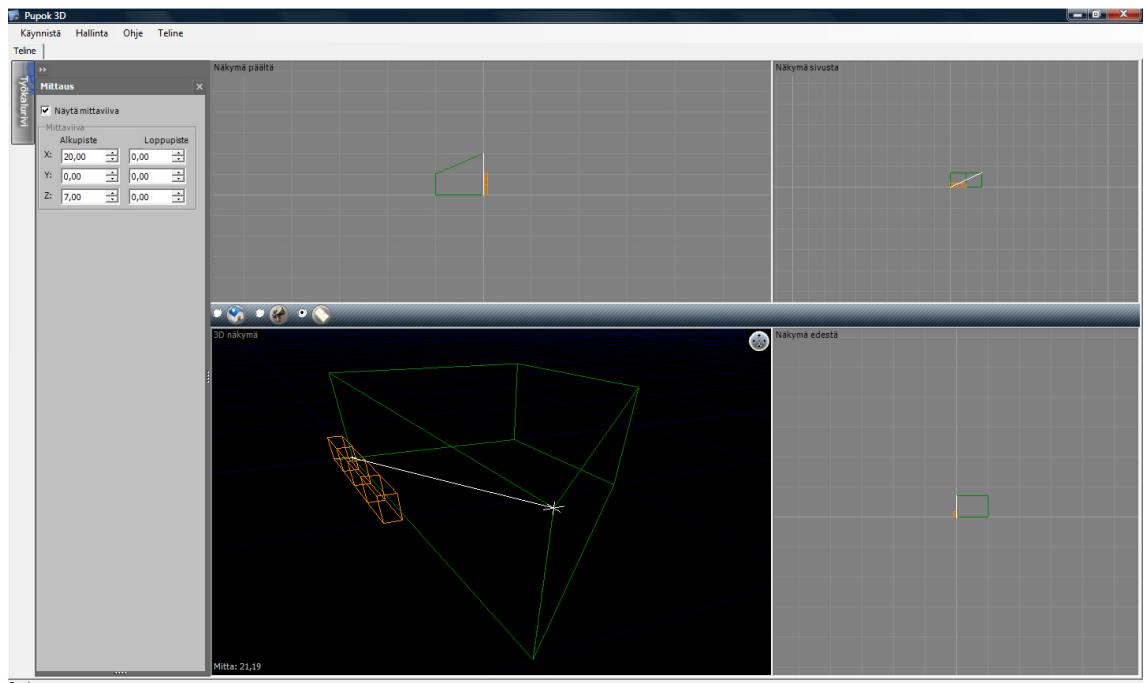
Jos Teline-paneeli (Kuva 9.9) ei ole näkyvässä, sen saa näkyviin valikon Teline-kohdan kautta.

Mittaus-paneeli (Kuva 9.10) sisältää mittaustyökalun hallintaan liittyvät toiminnot: mittaustyökalun näyttämisen valinnan sekä alku- ja loppupisteen koordinaattien asetuksen.



Kuva 9.10 Mittaus-paneeli

Kun Näytä mittaviiva -valinta (Kuva 9.10) on valittuna, mittaviiva on näkyvässä mallinnusnäkymissä valkoisena vektorina (Kuva 9.11). Jos Mittaus-paneeli ei ole näkyvässä, sen saa näkyviin valikon Teline-kohdan kautta.

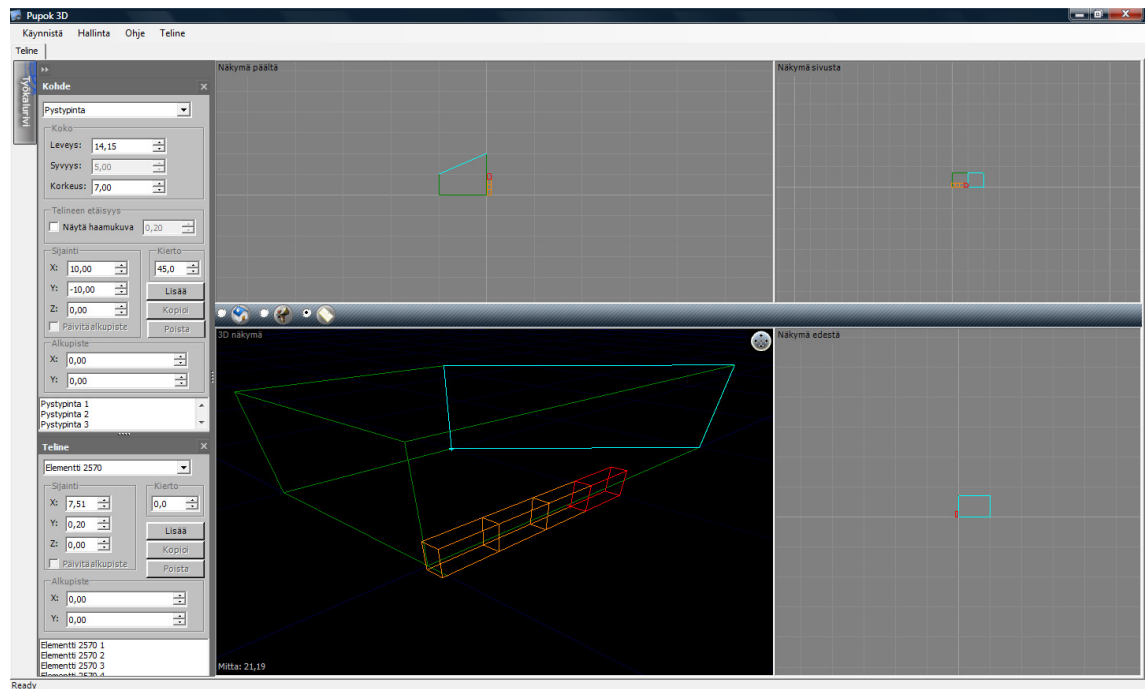


Kuva 9.11 Mittaus-toiminto

Valkoinen mittaviiva näkyy kaikissa näkymissä kuten muutkin osat (Kuva 9.11).

9.5.3 Osien lisäys

Kohteen osia voidaan lisätä valitsemalla Kohde-paneelilta pudotusvalikosta haluttu kohteen osan tyyppi. Valitun kohteen osan sivellin eli haamukuva ilmestyy näkymiin. Telineen osia voidaan lisätä vastaavasti valitsemalla haluttu telineen osa Teline-paneelin pudotusvalikosta (Kuva 9.12).

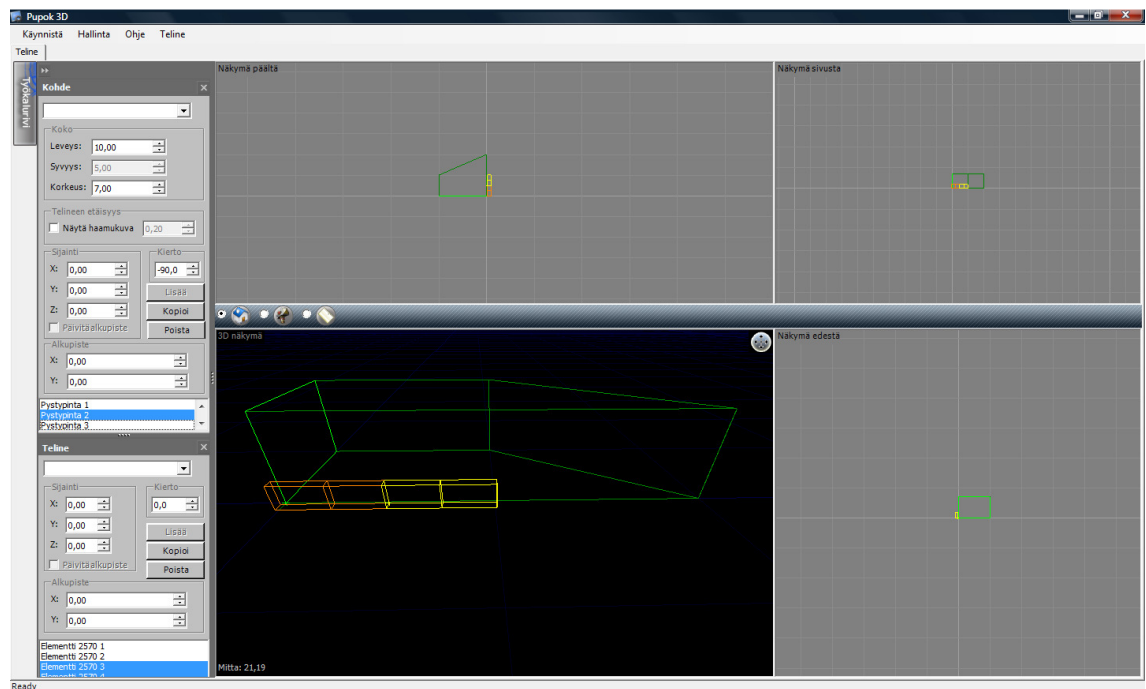


Kuva 9.12 Kohteen ja telineen siveltimet

Kohteen osan sivellin näytetään vaaleansinisenä ja telineen osan sivellin punaisena (Kuva 9.12).

9.5.4 Osien valinta

Osia – sekä kohteen että telineen osien – voidaan valita omilta listoiltaan: kohteen osia Kohde-paneelin listalta ja telineen osia Teline-paneelin listalta (Kuva 9.13). Valinta voidaan suorittaa napsauttamalla listalla olevan osan nimeä ja vetämällä usean nimen yli valitakseen usean osan tai napsauttelemalla osien nimiä Ctrl-näppäin alhaalla.

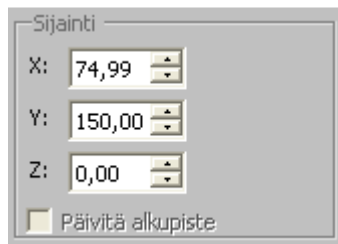


Kuva 9.13 Osien valinta

Valitut telineen osat näkyvät näkymissä keltaisena, kun taas valitsemattomat telineen osat pysyvät oransseina (Kuva 9.13). Vastaavasti valitut kohteen osat näkyvät kirkkaanvihreinä ja valitsemattomat vihreinä.

9.5.5 Osien sijainnin muutos

Osien sijaintia voi muuttaa joko muokkaamalla sijainnin arvoja niiden numeerisista laatikoista (Kuva 9.14) tai vetämällä hiirellä Ctrl-näppäin ja hiiren vasen, oikea tai molemmat painikkeet painettuna alas. Päivitä alkupiste -valinta määrää, muutetaanko osan sijaintia siten, että osan alkupiste pysyy samana vai siten, että osa pysyy paikoillaan kiertopisteen liikkeessä.



Kuva 9.14 Osien sijainnin asetus

Hiiren liikutus Ctrl-näppäin ja hiiren vasen, oikea tai molemmat painikkeet painettuna alas aiheuttaa osan liikkumisen hiiren liikkeen suuntaan siinä näkymässä, josta hiiren veto aloitettiin. 3D-näkymässä osan liikkeen suunta pysyy myös samana kameran suunnasta riippumatta, koska osan sijainnin muutoksessa huomioidaan kameran katselusuunta. Osan liikutus hiirellä päivittää jatkuvasti sijainnin x-, y- ja z-komponentteja (Kuva 9.14).

Hiirellä voidaan liikuttaa kaikkia kolmea osatyyppiä: kohteen osia, telineen osia ja mittaviivan päätepisteitä. Se, mihin osatyyppiin hiiren liikutus vaikuttaa valitaan yllämainitut vaihtoehdot sisältävästä valintakomponentista (Kuva 9.15).

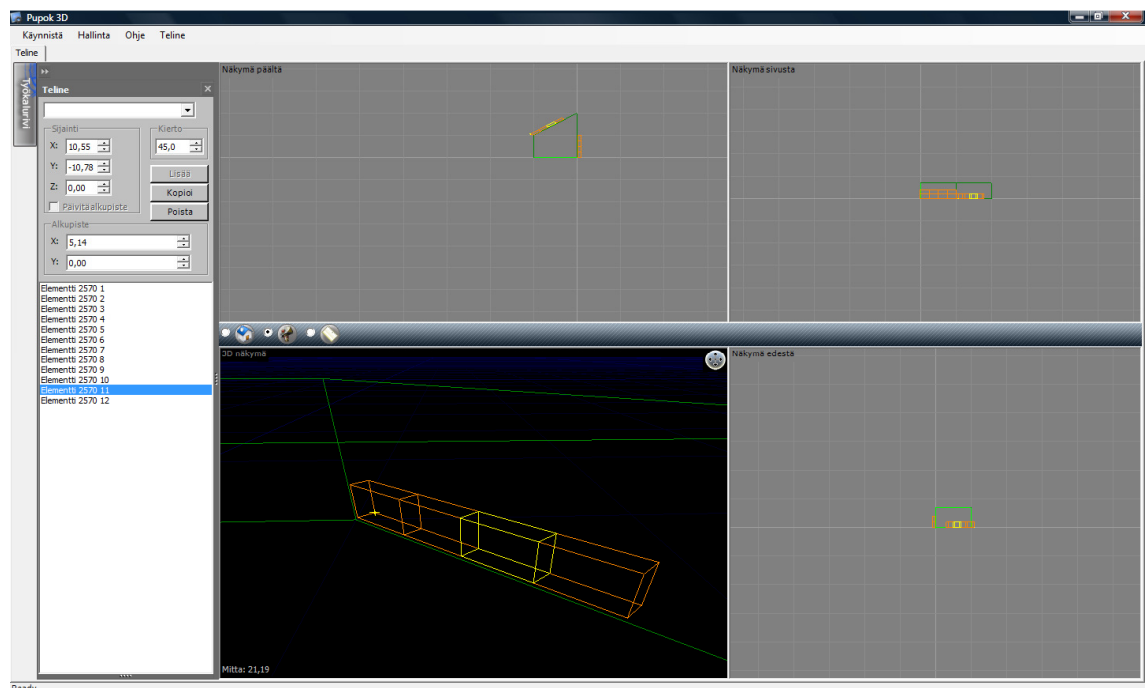


Kuva 9.15 Hiirellä liikutettavan osatyyppin valinta

Valintavaihtoehdot kuvassa vasemmalta lukien ovat kohteen osat, telineen osat ja mittastuokalu (Kuva 9.15).

9.5.6 Osien kierto

Osia kierretään muuttamalla numeerisen laatikon Kierto arvoa muokkaamalla arvoa laatikossa tai vetämällä hiiren oikea painike pohjassa vasemmalle tai oikealle. Jos useampi kuin yksi osa on valittuna kierrettäessä, kaikkien valittujen osien kiertopisteen sijainniksi asetetaan osalistalla ylimpänä olevan osan kiertopisteen sijainti. Esimerkkitalanteessa (Kuva 9.16) Osan kierron arvo on 45 °.

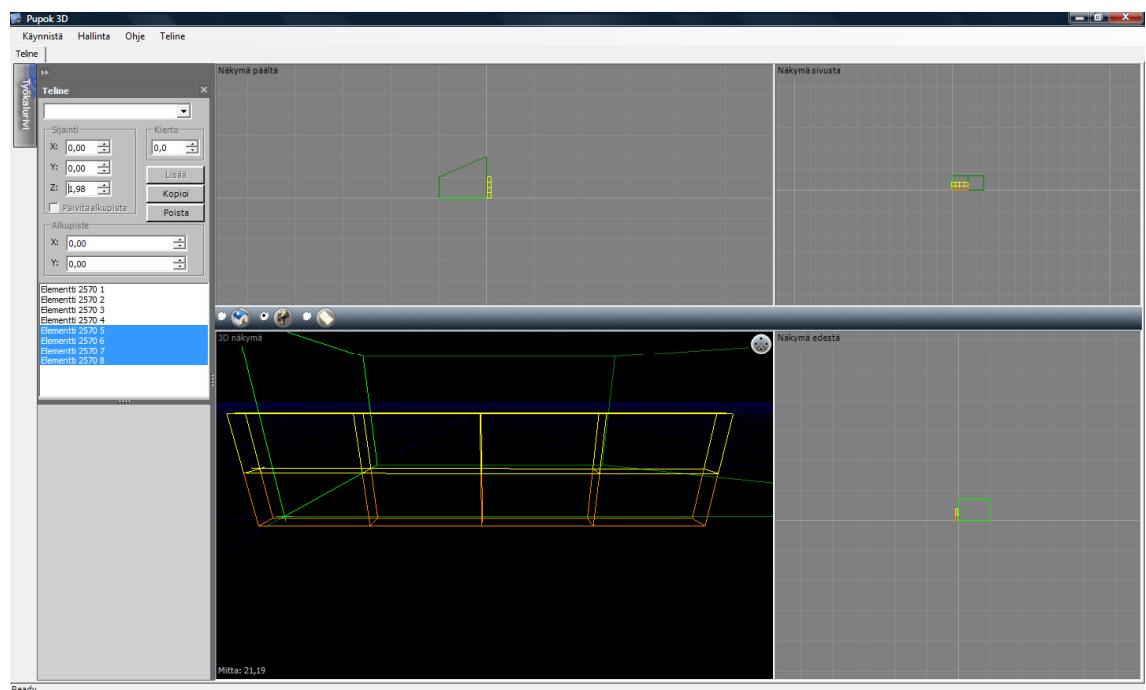


Kuva 9.16 Osien kierto

Alkupiste vaikuttaa osan kiertopisteen sijaintiarvojen ja osan näkyvän sijainnin suhteeseen, mutta alkupisteen merkitys tulee esiin kunnolla vasta osien kierrossa. Esimerkissä (Kuva 9.16) näkyvien neljän teline-elementin kiertopisteet ovat samassa sijainnissa, vaikka elementtien olemukset poikkeavatkin mallinnusnäkyvässä. Tämän ansiosta valittua osaryhmää voidaan kiertää eheänä joukkona sen sijaan, että osat kiertyisivät kukin eri kiertopisteen ympäri.

9.5.7 Osien kopiointi

Kohteen osia tai teline-elementtejä voidaan kopioida yksi tai useampi kerrallaan valitsemalla kopioitavat osat listaltaan: kohteen osat Kohde-paneelin listalta ja telineen osat Teline-paneelin listalta. Napsautettaessa jomman kumman paneelin Kopioi-painiketta kyseisen paneelin valitut osat kopioidaan. Esimerkiksi Kohde-paneelin Kopioi-painike kopioi valitut kohteen osat. Kopioitavat osat saavat samat ominaisuudet lähteeseensä nähden poikkeuksena vain järjestysnumero, joka yksilöi osien nimet.



Kuva 9.17 Osien kopiointi

Esimerkissä (Kuva 9.17) alimman telinekerroksen neljä teline-elementtejä on kopioitu ja siirretty alemman telinekerroksen päälle.

9.6 Tulosteet

Sovelluksella voi tulostaa lähetylistan, josta selviää telineeseen tarvittavien osien lukumäärä ja ominaisuudet.

9.6.1 Lähetyslista

Lähetyslista on lista josta selviää telineeseen tarvittavien osien lukumäärä ja ominaisuudet: tuotenumero, paino ja pituus. Lähetyslista voidaan joko tulostaa tai tallentaa Excel-taulukkomuodossa.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyöprojektin tavoite oli suunnitella ja toteuttaa rakennustelineelaskentaohjelman yleispätevä versio Saimaan Eristys Oy:lle. Tavoitteeseen päästiin osittain: suunnittelu saatiin prototyyppiin toteutettuja ominaisuuksia sekä ohjelman arkkitehtuuri- ja tietokantasuunnittelua myöten valmiiksi. Opinnäytetyöprojektin aikana saatiin aikaan telinelaskentaohjelman yleispätevän version toiminnallinen määrittely ja prototyyppi, jonka toiminnallisuudesta suurin osa siirtyy lopulliseen versioon.

Tietämykseni 3D-mallinnusohjelmien toteutuksesta oli opinnäytetyöprojektia ennen melko olematon. DirectX-rajapintaa en ollut myöskään käyttänyt aikaisemmin ohjelmointitasolla. Näitä yhdistävänä tekijänä olin kuitenkin käyttänyt UnrealED 2003 -mallinnusohjelmaa harrastuksena Rainbow Six 3: Raven Shield -pelin kenttämallinnukseen. Kyseinen mallinnusohjelma on suhteellisen yksinkertainen mallinnustoiminnoiltaan ja toimikin hyvänä esikuvana kehitettävälle ohjelmalle näiden toimintojen osalta.

3D-mallinnuksen tekniikan opiskelu ja oppiminen oli hyvin antoisaa opinnäytetyöprojektin aikana pitkälti suuren kiinnostuksen ansiosta. Alun tutkimustyö, jolloin tuli päättää käytettävä tekniikka tai jokin valmis mallinnusratkaisu, oli haastavaa ja hidasta, koska minulla ei ollut vastaavia ominaisuuksia käyttävän ohjelman kehittämisestä kokemusta eikä myöskään teoreettista tietämystä. DirectX-kirjaston käytön ja 3D-mallinnuksen tekniikan osaamiseni lähti ruohonjuuritasolta, mutta edistyi suhteellisen nopeasti käytännön hyötyä tarjoavalle tasolle.

Telinelaskentaohjelman kehitysprojekti jatkuu prototyypimallin mukaan toiminnallisuutta laajentaen. Prototyyppejä ei hylätä, vaan sen kautta kehitetään uusia ominaisuuksia. Merkittävimmät prototyypillä kokeilua vaatineet 3D-ominaisuuksien sovelluksen tutkimukset saatiin ratkaistua tämän projektiryhmän aikana. Merkittävin teknistä määrittelyä vaille jäänyt ominaisuus ohjelmassa on mallien tallennus ja ohjelman offline-käyttö: ohjelmaa tulee voida käyttää ilman yhteyttä ohjelman tietokantapalvelimeen. Tämä tarkoittaa, että tietokannasta täytyy pitää tietokoneella paikallista kopiota tai muuta vastinetta, joka synkronoidaan palvelimella olevan tietokannan kanssa silloin, kun yhteys palvelimeen on saatavilla. Muita tehtäviä ovat ohjelman käyttämien tietojen kuten tilaajien ja kohteiden tietojen hallinta sekä mallinnusominaisuuksien laajentaminen. Näiden tehtävien välimaastoon sijoittuu telineen osien hallinta, jolla määritellään telinettä mallinnettaessa käytettävissä olevat osat.

KUVAT

Kuva 2.1 Julkisivuteline porrasmallilla (Telinekataja Oy), s. 12

Kuva 4.1 Pisteiden ja kiertopisteiden suhde, s. 16

Kuva 4.2 Osan alkupiste, s. 17

Kuva 5.1 Vesiputousmalli, s. 18

Kuva 5.2 Prototyypimalli (Laine, 21), s. 22

Kuva 6.1 .NET Framework (MacDonald 2007, 10), s. 26

Kuva 6.2 Microsoft Visual Studio 2008:n IDE-käyttöliittymä, s. 27

Kuva 8.1 Kärjen kiertosäteen laskenta, s. 35

Kuva 8.2 Kärjen kierretyn sijainnin laskenta, s. 36

Kuva 8.3 Kiertopisteiden siirto muuttamatta osan olemusta ilman kiertoa, s. 37

Kuva 8.4 Kiertopisteiden siirto muuttamatta osan olemusta kierrolla alkupisteiden sijainnin ollessa alussa nolla, s. 39

Kuva 8.5 Kiertopisteiden siirto muuttamatta osan olemusta kierrolla alkupisteiden sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla, s. 41

Kuva 9.1 Kirjautuminen, s. 44

Kuva 9.2 Käyttäjien hallinta -välilehti, s. 45

Kuva 9.3 Tehtävien hallinta -välilehti, s. 46

Kuva 9.4 Tilaaajien hallinta -välilehti, s. 47

Kuva 9.5 Yhdyshenkilöiden hallinta -välilehti, s. 48

Kuva 9.6 Näkymät, s. 49

Kuva 9.7 Näkymien koon säädin, s. 50

Kuva 9.8 Kohde-paneeli, s. 51

Kuva 9.9 Teline-paneeli, s. 52

Kuva 9.10 Mittaus-paneeli, s. 53

Kuva 9.11 Mittaus-toiminto, s. 53

Kuva 9.12 Kohteen ja telineen siveltimet, s. 54

Kuva 9.13 Osien valinta, s. 55

Kuva 9.14 Osien sijainnin asetus, s. 56

Kuva 9.15 Hiirellä liikutettavan osatyypin valinta, s. 56

Kuva 9.16 Osien kierto, s. 57

Kuva 9.17 Osien kopiointi, s. 58

KAAVAT

Kaava 8.1 Kärjen kiertosäteen laskenta, s. 35

Kaava 8.2 Kärjen kierretyn sijainnin laskenta, s. 36

Kaava 8.3 Alkupisteen sijainnin laskenta ilman kiertoa, s. 38

Kaava 8.4 Alkupisteen sijainnin laskenta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa nolla, s. 40

Kaava 8.5 Alkupisteen sijainnin laskenta kierrolla alkupisteen sijainnin ollessa alussa muu kuin nolla, s. 42

LÄHTEET

Art Branch Inc. SQL Tutorial.

<http://www.sql-tutorial.net/> (luettu 15.7.2010)

CadWorks Oy. SolidWorks ja muut suunnitteluohjelmat.

<http://www.cadworks.fi/modules/system/stdreq.aspx?P=53&VID=default&SID=582059410347254&S=0&C=20732> (Luettu 12.5.2010)

Computer Hope. Microsoft DirectX.

<http://www.computerhope.com/directx.htm> (luettu 5.8.2010)

CSharp-Online.NET. C# Language Specification. Language overview.

http://en.csharp-online.net/CSharp_Language_Specification (luettu 7.7.2010)

Epic Games. Unreal Development Kit.

<http://www.udk.com> (Luettu 12.5.2010)

Eraserve AP. MS Access Tutorials and Examples.

<http://www.eraserve.com/tutorials/> (Luettu 11.5.2010)

Haukilehto, A. 2002. Visual C# .NET Trainer Kit. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hybridimenetelmä. Projektinhallintamenetelmien yhdistäminen: Vesiputousmalli ja Scrum. Vesiputousmalli.

<http://hybridimenetelma.suntuubi.com/?cat=10> (luettu 8.7.2010)

JoomlaFeed 2007. Mov'AMP Joomla!.

<http://www.joomlafeed.com/extension-releases/movamp-joomla.html> (Luettu 11.5.2010)

Järvinen, J. 2008. Visual Studio 2008 -käsikirja. WS Bookwell, Porvoo.

Laine, H. Ohjelmistoprosessi. Ohjelmiston elinkaari.

<http://www.cs.helsinki.fi/u/paakki/ohtuk03-luento2-bw.pdf> (Luettu 15.5.2010)

MacDonald, M. 2007. Beginning ASP.NET 3.5 in VB 2008 From Novice to Professional. Toinen painos. USA: 9 8 7 6 5 4 3 2.

Microsoft. MSDN. .NET Framework Developer's Guide. Introduction to Code Access Security.

[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/c5tk9z76\(v=VS.71\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/c5tk9z76(v=VS.71).aspx) (luettu 20.7.2010)

Microsoft. MSDN. Windows Development Center. DirectX.

[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb172964\(v=VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb172964(v=VS.85).aspx) (luettu 5.8.2010)

Saimaan Eristys Oy.

<http://www.saimaaneristys.fi> (Luettu 6.5.2010)

Telinekataja Oy. Allround Layher-telinejärjestelmä. Asennus- ja käyttöohje.

<http://www.telinekataja.fi/Download.aspx?id=12314&type=1> (luettu 6.7.2010)