



INFRARAKENTAMISEN TIETOMALLINNUS URAKKALASKENNAN APUNA

Opinnäytetyö

Jani Pitko

**Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennus- ja tuotesuunnittelu**

Hyväksytty 9.11.2010

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jani Pitko", written over a horizontal line.

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Jani Pitko

Työn nimi

Infrarakentamisen tietomallinnus urakkalaskennan apuna

Työn laji

Päiväys

Sivumäärä

Insinööritö

12.10.2010

42 + 17

Työn valvoja Lehtori Ville Kuusela

Yrityksen yhdyshenkilö

tuntiopettaja Juha Pakarinen

Toimitusjohtaja Markku Huuskonen

Yritys

Suomen Maastorakentajat Oy

Tiivistelmä

Tämän insinööritöön tavoitteena oli selvittää mitä infrarakentamisen tietomallinnusohjelmistoja Suomessa on käytössä ja niiden tarjouslaskentaan liittyviä ominaisuuksia. Työssä testattiin Novapoint-mallinnusohjelmiston toimivuutta massalaskennassa ja sen yhteensopivuutta muilla mallinnusohjelmistoilla tehtyjen suunnitelmien kanssa.

Työ tehtiin niin sanotulla case-menetelmällä, eli tutkimalla jotakin todellista kohdetta, josta oli saatavilla tietomalli käytettäväksi. Tällä kertaa tutkimuskohteeksi valittiin pieni palanen Kuopioon rakennettavaa katuja. Kohteesta laskettiin määrät ensin perinteisin menetelmin käyttäen piirustuksia, kynää ja viivoitinta. Tämän jälkeen määräluettelo tuotettiin käyttäen Novapoint-ohjelmistoa. Lopuksi analysoitiin tuloksia ja määrälaskentaan käytettyä aikaa.

Työssä ilmeni että nykyään on mahdollista suorittaa massalaskenta ilman varsinaisia rakennuspiirustuksia tietokonetta apuna käyttäen. Määräluettelo saadaan tietomallista esiin muutamalla napin painalluksella ja massojen määrät ovat tarkempia kuin käsin lasketut vastaavat. On kuitenkin syytä muistaa myös tietokoneen tekemien virheiden mahdollisuus. Tietomallin käyttö tarjouslaskennan apuna säästää määrälaskentaan kuluvaan aikaa merkittävästi. Tietomallinnuksen yleistymisen myötä yhä useammasta projektista on saatavilla tietomalli. Ongelmana tuntuu kuitenkin edelleen olevan eri ohjelmistoilla luotujen tietomallien keskinäinen yhteensopivuus. Edellä mainitut seikat huomioon ottaen on urakoitsijan hyvä vielä hetken aikaa seurata mallinnuksen kehittymistä ja yleistymistä suunnittelijoiden keskuudessa ja pitää itsensä alati ajan tasalla.

Avainsanat

tietomallinnus, urakkalaskenta, infrarakentaminen

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Construction Engineering

Author

Jani Pitko

Title of Project

Cost estimation process with help of infra information modelling

Type of Project

Final Project

Date

12 October 2010

Pages

42 + 17

Academic Supervisor Mr Ville Kuusela Lecturer
Mr Juha Pakarinen Lecturer

Company Supervisor

Mr Markku Huuskonen, Managing Director

Company

Suomen Maastorakentajat Oy

Abstract

The aim of this final year project was to study existing infra modelling programs which are used in Finland and also how to use a building information model in a cost estimation process of infra building company. The mass calculating tool of Novapoint-modelling software was tested and its compatibility with other modelling software was also tested.

This study was made by using a case-method. It means that one of the real targets was researched. In this case it was a short section of a new street in Kuopio. At first a mass calculating and a mass list were made in a traditional way by using drawings with a pen and a ruler. After that the mass list was produced by using the Novapoint-modelling program. Finally these two mass lists were compared. Also the times spent on calculations were compared.

The project showed that nowadays it is possible to do mass calculating without drawings by using a computer. It needs only a couple of clicks and a mass list is ready to be printed. Such masses seem to be more accurate than masses which were calculated manually. It is important to notice that there can always be some calculating errors. The project proved that by using a building information model to help the calculating process dozens of hours can be spared. In future when modelling will be generally used there will be more and more projects which are modelled. The problem is that there are many different modelling programs which are not perfectly compatible. So it is justified to wait a little bit and follow the evolution of modelling and also to keep oneself updated.

Keywords

information modelling, cost estimation, infra building

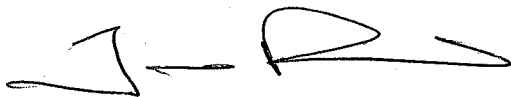
Confidentiality

public

Alkusanat

Haluan esittää kiitokset toimitusjohtaja Markku Huuskoselle ja Suomen Maastorakentajat Oy:lle mahdollisuudesta tehdä tämä insinöörityö. Lisäksi haluan kiittää työn valvojaa lehtori Ville Kuusela ja työn ohjaajaa tuntiopettaja Juha Pakarista. Lopuksi haluan esittää vielä kiitokset kaikille, jotka auttoivat minua saamaan tämän työn tehdyksi.

Kuopiossa 1.10.2010

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'J' followed by a horizontal line and a large, sweeping 'P' that ends with a small hook.

Jani Pitko

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	7
2. KÄSITTEET INFRARAKENTAMINEN JA MAANRAKENNUS.....	8
3. URAKKATARJOUSLASKENTA.....	9
3.1 Tarjouslaskentaprosessi pääpiirteittäin	9
3.1.1 Laskentapäätös	10
3.1.2 Laskennan aloituspalaveri	10
3.1.3 Laskentavaihe	10
3.1.4 Tarjouspalaveri.....	11
3.2 Määrälaskenta	11
3.2.1 Määrälaskennan periaatteita.....	11
3.2.2 Mihin määrätietoja tarvitaan.....	12
3.2.3 Määrälaskentamenetelmät	13
4. TIETOKONEAVUSTEINEN INFRASUUNNITTELU.....	15
4.1 Mitä tietokoneavusteinen infrasuunnittelu on?	15
4.2 Historiasta nykypäivään	15
4.3 Tietokoneavusteisen suunnittelun käyttökohteet.....	16
4.4 Tietokoneavusteisen suunnittelun hyödyt.....	18
4.5 Tietokoneavusteisen suunnittelun vaatimukset	18
5. TIETOMALLINNUS.....	19
5.1 Standardit.....	20
5.1.1 LandXML	21
5.1.2 IFC	22
5.2 Tiedonsiirto.....	22
5.2.1 InfraModel-hanke	22
5.2.2 InfraModel2-hanke	24
5.3 Massalaskenta.....	25
5.4 Tietomallinnuksen hyödyt.....	25
5.5 Tietomallinnuksen asettamat vaatimukset	26
5.6 Tietomallinnuksesta aiheutuvat kustannukset	26
5.7 Tietomallinnuksen kehitysnäkymät	27

6. OHJELMAT	28
6.1 Ohjelmistojen perusominaisuuksia	29
6.2 Käytössä olevia ohjelmistoja	29
6.2.1 Novapoint-tuoteperhe	30
6.2.2 Tekla Xstreet	31
6.2.3 Citycad	32
6.2.4 AutoCAD Civil 3D	32
6.2.5 3D-System (3D-Win, 3D-DTM ja 3D-Street)	33
6.2.5 TerraSolid	34
7. MÄÄRÄLASKENTA NOVAPOINT -OHJELMISTOLLA	35
7.1 Lähtökohdat	35
7.2 Käyttöliittymä	36
7.3 Mallin avaus ja tutkiminen	36
7.4 Määräluettelon tulostaminen	37
7.5 Määrätietojen tarkastelu	38
7.6 Yhteenveto	39
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	40
LÄHTEET	41
LIITTEET (17 SIVUA)	42

1. JOHDANTO

Tietokonepohjaisella suunnittelun merkitys on tänä päivänä suuri myös infrarakentamisen alalla. Kehitys on ollut nopeaa sekä suunnittelutoimistoissa että työmailla. Osittain tästä syystä myös rakennushankkeiden tehokkuusvaatimus, sekä tiedonkulun ja kustannustietoisuuden tarve ovat kasvaneet. Alan kannalta onkin erittäin tärkeää pitää huolta siitä, että sinne tulevien sekä siellä jo työskentelevien ammattilaisten ammattitaito vastaa nykypäivän vaatimuksia. /1, s.5./

3D-mallintaminen on viime vuosina yleistynyt merkittävästi, eikä ihmekään, sillä tämän päivän 3D-ohjelmistot mahdollistavat sellaisia etuja ja tehokkuutta, joista ei 2D-aikakaudella osattu kuvitellakaan. Tästä syystä tulevat yritykset varmasti enemmän siirtymään 3D-mallintamisen käyttöön rakennushankkeiden kaikissa vaiheissa.

Tämän insinööritoimiston aiheena on tietomallinnuksen käyttö infrarakentamisen urakalaskennan apuna. Työn tilaaja on Suomen Maastorakentajat Oy. Työn tavoitteena on kartoittaa olemassa olevia infrarakentamisen tietomallinnusohjelmistoja ja niiden urakalaskentaan liittyviä ominaisuuksia teoriatasolla, sekä perehtyä Novapoint-ohjelmistoon laajemmin ja selvittää käytännön tasolla kuinka ohjelma toimii, kuinka vaikeaa ohjelman käyttöönotto ja käyttäminen on. Ohjelmistoon ja sen käyttöön tutustuttiin niin sanotulla case-menetelmällä, eli tutkimalla jotakin todellista kohdetta, josta oli saatavilla tietomalli käytettäväksi. Tällä kertaa tutkimuskohteeksi valittiin pieni palanen Kuopioon rakennettavaa katua. Kohteesta laskettiin määrät ensin perinteisin menetelmin käyttäen piirustuksia, kynää ja viivoitinta. Tämän jälkeen määräluettelo tuotettiin käyttäen Novapoint -ohjelmistoa. Lopuksi analysoitiin tuloksia ja määrälaskentaan käytettyä aikaa. Työssä tarkastellaan lisäksi tietomallipohjaisen määrälaskennan käyttöönotosta aiheutuvia kustannuksia, sekä ennen kaikkea sitä saadaanko tietomalleista hyödyllistä tietoa urakalaskentaa silmällä pitäen.

Työn tavoitteena on aikaansaada kirjallinen selvitys infrarakentamisen puolella käytössä olevista tietomallinnusohjelmistoista ja niiden periaatteellisesta toimivuudesta urakalaskennan apuvälineenä lähinnä massalaskennassa. Työssä selvitetään myös hieman tietomallinnuksen yritykselle asettamia vaatimuksia ja sen suomia hyötyjä.

2. KÄSITTEET INFRARAKENTAMINEN JA MAANRAKENNUS

Infrarakentaminen on hyvin yksinkertaistetusti teknisten perusrakenteiden eli infrastruktuurin rakentamista, jossa tarvitaan monenlaista rakennustekniikkaa. Infrarakennushankkeet voidaan jaotella esimerkiksi seuraavalla tavalla: liikenneväylien kuten teiden, katujen, rautateiden ja siltojen rakentaminen, satamarakentaminen, lentoasemien ja lentopaikkojen rakentaminen, vesihuollon rakentaminen, energia-alan rakentaminen, tietoliikenneyhteyksien rakentaminen, ympäristörakentaminen, teollisuusrakentaminen ja kalliotilojen rakentaminen. Hankkeet voidaan edelleen jakaa karkeasti nykyisten kohteiden parantamiseen ja uusinvestointeihin. Infra -projektit ovat usein monialahankkeita, joiden suunnitteluun osallistuu monia suunnittelijoita ja asiantuntijoita. Siksi onkin oleellista, että eri suunnittelualojen suunnittelijat voisivat työstää samaa suunnitelmaa ja hyödyntää samoja lähtötietoja. /1, s.10-11./

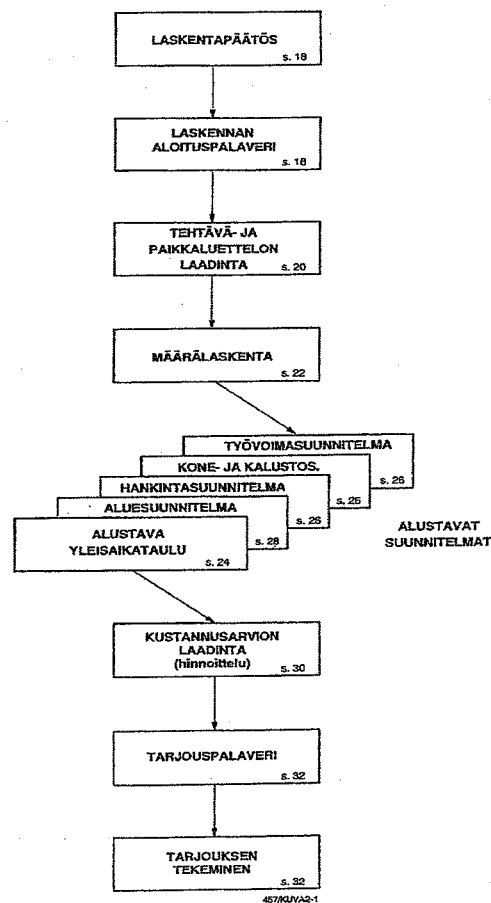
Maanrakennus on käsitteenä laaja, se tarkoittaa kaikkea rakentamiseen liittyvää maansiirtämistä, louhintaa, aluskasvillisuuden poistoa ja viherrakentamista. Maanrakennuksen merkitys kaikessa uudisrakentamisessa on suuri, mutta erityisen suuressa roolissa se on juuri infrastruktuurihankkeissa. Maanrakennuksen logistiikalla on merkittävä kustannusvaikutus esimerkiksi moottoritiehankkeessa. Oikeiden konekokojen valinnalla ja oikealla kuorma-autojen määrällä voidaan saavuttaa isoja säästöjä. Muita projektin kustannuksiin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa maa- ja kalliomassojen laatu, määrä, hinta ja sijainti. Massatalouden oikeanlaisella suunnittelulla voidaan vaikuttaa edellä mainittuihin tekijöihin oleellisesti. /2./

3. URAKKATARJOUSLASKENTA

3.1 Tarjouslaskentaprosessi pääpiirteittäin

Urakkatarjouslaskennan tarkoituksena on arvioida rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia. Tarjouslaskentaprosessiin sisältyy monia yksittäisiä työvaiheita, joista kerrotaan myöhemmin tässä luvussa. Tarjouslaskentaprosessin tehokkuudella on suuri merkitys yrityksen kilpailukyvyyn kannalta. Tämän vuoksi alettiin miettiä keinoja laskentaprosessin tehostamiseksi.

Tarjouslaskentaprosessi koostuu pääpiirteittäin seuraavista vaiheista: laskentapäätöksen tekeminen, laskennan aloituspalaveri, laskentavaihe (sisältää määrälaskennan ja alustavat suunnitelmat), tarjouspalaveri ja tarjouksen tekeminen (ks. kuva 1) /3, s.14/.



Kuva 1. Urakkatarjouslaskennan vaiheet /3, s.15/

3.1.1 Laskentapäätös

Urakoitsijan saatua urakkatarjouspyynnön, yrityksen johto päättää osallistumisesta tarjouskilpailuun. Päätöstä tehdessä otetaan huomioon muun muassa seuraavia seikkoja: hanketyypin soveltuvuus yritykselle, hankkeen maantieteellinen sijainti, laskenta-, suunnittelu- ja toteutusresurssien riittävyys. /3, s.14./

3.1.2 Laskennan aloituspalaveri

Mikäli päätetään osallistua urakkatarjouskilpailuun, pidetään aluksi laskennan aloituspalaveri, johon osallistuvat yleensä tulosityksikön johtaja, laskentapäällikkö, työpäällikkö, määrälaskija ja työsuunnittelija. Palaverin tarkoitus on käsitellä kaikki tärkeimmät hankkeeseen liittyvät ominaispiirteet, sekä päätetään tarjousvaiheen tehtävien vastuunjaosta ja soviin muun muassa laskentaperiaatteita koskevat asiat. Lisäksi sovitaan usein tarjouspalaverin alustava ajankohta. /3, s.14./

3.1.3 Laskentavaihe

Varsinaisessa laskentavaiheessa hanke ositellaan alueellisesti, sekä työlajeittain alustavia tuotantosuunnitelmia ja määrälaskentaa varten. Määrälaskenta on urakkalaskentaprosessin työläin yksittäinen työvaihe, siispä se kuuluu olennaisena osana laskentavaiheeseen, sitä käsitellään enemmän kohdassa 3.2 Määrälaskenta. Alustavan tuotannonsuunnittelun tarkoituksena on tuottaa tietoa kustannusarvion laadinnassa huomioitavista seikoista, sen osatehtäviä ovat mm. yleisaikataulun laadinta, alustavien henkilöstö-, hankinta- ja kalustosuunnitelmien laadinta, työmaan aluesuunnitelman laadinta. /3, s.14./

3.1.4 Tarjouspalaveri

Ennen lopullisen urakkatarjouksen muodostamista tarjouslaskentaan osallistuneet henkilöt pitävät yleensä niin sanotun tarjouspalaverin, jossa käydään läpi avoimiksi jääneet kysymykset ja sovitaan tarjoushintaan sisältyvät harkinnanvaraiset erät. Asioita, joita tarjouspalaverissa läpikäydään ovat mm. kustannustason nousuvaraus, työmaakate, työmaan yhteis- ja käyttökustannuksien tarkistaminen, aikataulun realistisuus ja riskit. Yrityksen ylin johto allekirjoittaa ja toimittaa tarjouspalaverin tuloksena syntyneen urakkatarjouksen eteenpäin sitä pyytäneelle taholle. /3, s.14./

3.2 Määrälaskenta

Määrälaskenta on urakkatarjouslaskennan eniten aikaa vievä yksittäinen työvaihe, sillä on suuri merkitys yrityksen kilpailukykyyn. Määrälaskija laskee määrät soveltuvien osien jonkin nimekkeistöjärjestelmän mukaan. Niitä on olemassa muun muassa seuraavanlaisia: Talo 70, Talo 80, Talo 90, Talo 2000, Maa 89 ja KM 02. Nimekkeistöjärjestelmän tarkoituksena on määrittää yhteiset pelisäännöt kaikille osapuolille, peittävyysvarmistaminen, määrälaskennan yksiselitteisyys, sekä se ettei samaa asiaa laskettaisiin useaan kertaan. Määrälaskennan suorittaa joko tilaaja, tai urakoitsija. Mikäli tilaaja on jo teettänyt määrälaskennan ja liittänyt sen tarjouspyyntöasiakirjoihin, tarjouksen antajan tehtäväksi jää määrälaskennan tarkistaminen ja suoritteiden hinnoittelu. Jos urakassa käytetään aliurakoitsijoita, voidaan aliurakoiden määrät laskea tai jättää laskematta harkinnan mukaan. /4./

3.2.1 Määrälaskennan periaatteita

Tarjouslaskentavaiheen määrät lasketaan teoreettisina. Mikäli tästä jostain syystä poiketaan, on siitä aina erikseen ilmoitettava. Hukat käsitellään yleensä hinnoittelun yhteydessä, jos ne kuitenkin sisällytetään määriin on siitä erikseen mainittava. Laskennassa käytettyjä materiaaleja ei saa hävittää ja muistiinpanot on syytä pitää tallessa epäselvyyksien varalta. Määriä lasketaan perinteisesti piirustuksesta mittaamalla ja arvioimalla, tai mikäli käytössä on tietotekniikkaa ja tietomalli kohteesta, ei määriä tarvitse enää laskea, vaan ne voidaan

saada suoraan mallista. Suuruusluokkatarkastelut ja suhdeluvut ovat käytännöllisiä apuvälineitä käytetäänpa sitten kumpaa laskentatapaa hyvänsä. /4./

3.2.2 Mihin määrätietoja tarvitaan

Määrälaskennasta saatuja tietoja tarvitaan kohteen rakentamisesta aiheutuvia kuluja arvioitaessa. Määrälaskentaa voidaanakin pitää tarjouslaskentaprosessille varsin merkityksellisenä runkona. Hankkeen myöhemmissä vaiheissa laskennasta saatuja määriä tarvitaan muun muassa tuotannonsuunnittelussa, tehtäessä tavoitearvioita, aikatauluja, sekä suunniteltaessa hankintoja. Työmaan aikana määrälaskennassa lasketut määrät toimivat pohjatietona kustannustarkkailulle, urakkasopimuksille ja työmaahankinnoille. /4./ Mikäli yrityksellä on käytössään jälkilaskentajärjestelmä, tarjouslaskentavaiheessa käytettyjä määrä- ja työpanostietoja verrataan toteutuneisiin lukuihin ja näin saadaan todellisista ja ajantasaista kustannustietoutta tulevia projekteja silmällä pitäen.

* * * MÄÄRÄLUETTELO * *			RAP.NO K55	SIVU 1
MALLI	Tuotanto kust.arvio	VÄLI: 45	AJOPVM	
RAK/NIMI	NIMI		MÄÄRÄ YKS	E
45	VÄLISEINÄT		608 m2	
45 41102	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		201 m2	
45 41102AK	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		45 m2	
45 41102A1	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		45 m2	
45 41102A2	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		146 m2	
45 41102BK	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		84 m2	
45 41102B1	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		84 m2	
45 41102B2	Vs-muur. 130mm Kahi puhdas		453 m2	
45 54101	Siporex-välis. 70mm		202 m2	
45 54101AK	Siporex-välis. 70mm		251 m2	
45 54101BK	Siporex-välis. 70mm		1648 m2	
45 60102	Levys.puurunko kipsilevy		312 m2	
45 60102A1	Levys.puurunko kipsilevy		312 m2	
45 60102A2	Levys.puurunko kipsilevy		393 m2	
45 60102A3	Levys.puurunko kipsilevy		201 m2	
45 60102B1	Levys.puurunko kipsilevy		201 m2	
45 60102B2	Levys.puurunko kipsilevy		227 m2	
45 60102B3	Levys.puurunko kipsilevy		970 m2	
45 60302	Tilael.verhous kipsilevy		135 m2	
45 60302A1	Tilael.verhous kipsilevy		135 m2	
45 60302A2	Tilael.verhous kipsilevy		143 m2	
45 60302A3	Tilael.verhous kipsilevy		224 m2	
45 60302B1	Tilael.verhous kipsilevy		224 m2	
45 60302B2	Tilael.verhous kipsilevy		107 m2	
45 60302B3	Tilael.verhous kipsilevy		961 m2	
45 60402	Hormien kotel.kipsilevy		67 m2	
45 60402AK	Hormien kotel.kipsilevy		147 m2	
45 60402A1	Hormien kotel.kipsilevy		147 m2	
45 60402A2	Hormien kotel.kipsilevy		122 m2	
45 60402A3	Hormien kotel.kipsilevy		127 m2	
45 60402BK	Hormien kotel.kipsilevy		125 m2	
45 60402B1	Hormien kotel.kipsilevy		125 m2	
45 60402B2	Hormien kotel.kipsilevy		97 m2	
45 60402B3	Hormien kotel.kipsilevy			

Kuva 2. Esimerkki määräluettelosta /3, s.23/

3.2.3 Määrälaskentamenetelmät

Urakoitsijan laskentaan käyttämät resurssit ovat hyödyttömiä, ellei laadituista tarjouksista saada aikaan urakkasopimuksia. Ajatellaanpa vaikka tilannetta, että yhden kohteen laskentaan kuluu aikaa neljäkin viikkoa, eikä urakoitsija sitten menesty tarjouskilpailussa. Edellä mainittu tilanne tarkoittaa siis käytännössä sitä, että tarjouslaskentaan käytetty aika on mennyt hukkaan ja aiheutuneet kustannukset on saatava katettua tulevaisuudessa. Nykyajan alati koveneva urakkakilpailu on johtanut siihen, että määrälaskenta ja hinnoittelu on pyrittävä tekemään aina vain paremmin.

Määrälaskenta voidaan suorittaa monella eri tavalla, joista ehkä yleisin on vielä tänäkin päivänä perinteinen paperia ja suhdeviivainta hyödyntävä menetelmä. Edellä mainittu on kuitenkin paljon aikaa vievä ja varsin virhealtis. Tietotekniikkaa on jo pidemmän aikaa käytetty tarjouslaskennan apuna muun muassa määräluettelon laadinnassa esimerkiksi EXCEL-taulukkolaskentaohjelmaan. Tietotekniikan kehittymisen myötä on markkinoille tullut kuitenkin paljon monipuolisempia ohjelmia, jotka laskevat määrät ja luovat määräluettelon automaattisesti.

Määrälaskenta on siis painottumassa yhä enemmän tietokoneohjelmilla tehtäväksi. Kaksiulotteinen viivamaisiin piirustuksiin perustuva suunnittelu on vielä tänäkin päivänä varsin yleistä. Jo pelkkä AutoCAD-ohjelmisto yksinään mahdollistaa muun muassa pinta-alojen mittaamisen nopeammin ja tarkemmin, kuin perinteisin keinoin tehtynä. Suunnittelijoiden käyttämät ohjelmat ovat kuitenkin alati kehittymässä kohti tietomallinnusaikakautta, koska ainakin suuremmat rakennushankkeet toteutetaan jo lähes poikkeuksetta tietomallinnuksen periaatteita noudattaen. Nämä viimeksi mainitut ovat juuri niitä ohjelmia, jotka periaatteessa pystyvät laskemaan määrät ja tuottamaan määräluettelon täysin automaattisesti (ks. kuva 2). Näissä ohjelmissa suunnitelmia työstetään kolmiulotteisesti, joten määrien mittaaminen ei rajoitu pelkästään pinta-aloihin, vaan kaikilla kappaleilla on olemassa mm. tilavuus- ja materiaaliominaisuudet.

Tietomallinnuksen yleistymisen myötä määrälaskenta voisi yhä enemmän painottua suunnitteluvaiheeseen suunnittelijan tehtäväksi. Se motivoisi suunnittelijoita kokoamaan mallit oikealla tavalla täysin valmiiksi ilman "oikaisevia" ratkaisuja, sillä nämä oikaisut suunnitelmissa aiheuttavat virheitä ohjelmien muodostamiin määräluetteloihin. Se ei lisäisi suunnittelijan työmäärää oleellisesti, se kuitenkin parantaisi suunnitelmien laadullista valmiutta merkittävästi. Lisäksi se vähentäisi urakoitsijan työmäärää urakkatarjousta tehdessä vaikuttaen samalla alentavasti kustannuksiin.

4. TIETOKONEAVUSTEINEN INFRASUUNNITTELU

4.1 Mitä tietokoneavusteinen infrasuunnittelu on?

Tietokoneavusteisesta suunnittelusta (Computer Aided Desing, CAD) puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti tietokoneen käyttöä työn apuvälineenä. Suunnitelmat luodaan digitaalisesti erilaisia ohjelmistoja apuna käyttäen, jotka sitten tulostetaan paperille. Aikaisemmin suunnittelu tehtiin kokonaan käsin piirtäen tusseilla muoville tai paperille. Tavoitteena tietokoneavusteisessa suunnittelussa on tehostaa käytännön suunnittelutyötä. Tietokoneiden avulla voidaan tuottaa entistä täsmällisempää tietoa ja näin vähentää suunnitteluvirheitä. Suunnitelmien yhteensopivuus paranee ja suunnittelijoiden välinen yhteistyö helpottuu. Tuotannon suunnittelussa sekä kustannus- ja aikatauluhallinnassa käytettävän tiedon tuottaminen tehostuu. Lisäksi voidaan tuottaa rakenteen koko elinkaarta käsittelevää tietoa, jonka avulla muun muassa elinkaarikustannukset ja ympäristövaikutukset saadaan otettua entistä paremmin huomioon. Tietoa voidaan käyttää edelleen hyväksi esimerkiksi rakenteen ylläpidossa. Merkittävä etu on myös se, että suunnitelmat voidaan visualisoida ja vertailla eri vaihtoehtojen toiminnallisuutta ja kustannuksia. /1, s.21./

4.2 Historiasta nykypäivään

Tietokoneiden käyttö infrarakentamisen suunnittelussa alkoi väyläsuunnittelun (geometrian ja maamassojen), maanmittauksen ja kunnallistekniikan laskennoista, jotka aikaisemmin oli tehty paljon aikaa vievänä käsityönä. 1970-luvun Suomessa ensimmäisiä tietotekniikan käyttäjiä infrasuunnittelun parissa olivat muun muassa Viatek ja Maa&Vesi. Tiehallinto maksoi tietotekniikkaa hyödyntäville suunnittelutoimistoille erillisen ATK-korvauksen. Maksulla oli tarkoitus vauhdittaa tietotekniikan hyödyntämistä alalla. Suomeen saatiinkin tätä kautta monia uusia infra-alan ohjelmistotoimittajia. /1, s.24./

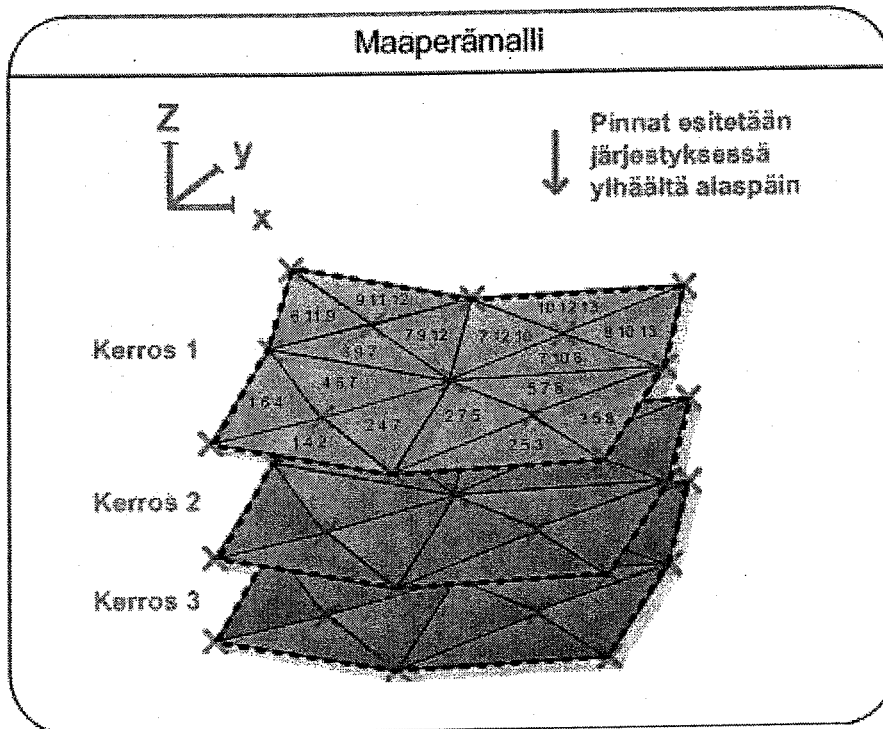
1980-luvulla erilaiset tietotekniset laitteet ja ohjelmistot vakiintuivat osaksi suunnittelutyötä. Tietotekniikan voimakas kehittyminen 1990-luvulla johti siihen, että mikrotietokoneet alkoivat olla suunnittelutoimistojen jokapäiväisiä työvälineitä lähes kaikessa toiminnassa. Kun vielä käyttöjärjestelmät ja -liittymät kehittyivät ajan kuluessa, tietokoneiden käyttö ei

ollut enää koulutettujen ATK-operaattoreiden tai -suunnittelijoiden työtä. Tarjolle tulleet graafiset käyttöliittymät olivat niin helppokäyttöisiä, että niitä pystyi käyttämään lähes kuka tahansa. Tämä kehityksen suunta lyhensi suunnitteluajatauluja ja pienensi kustannuksia. /1, s.24-25./

Nykypäivän infrasuunnittelu on kohdannut uusia haasteita hankkeiden monimuotoisuuden ja monimutkaisuuden takia. Hankkeiden läpivientiin liittyvän informaation määrä on lisääntynyt nykypäivän tietoyhteiskunnan vaatimusten mukaisesti. Jo keskikokoisessa infra-hankkeessa voi ongelmana olla liika tieto ja oleellisten tietojen kerääminen kaikesta saatavilla olevasta informaatiosta. Myös suunnitteluohjelmistoilta vaaditaan jatkuvaa kehittymistä. Aluksi suunnittelussa käytössä olleet dokumenttipohjaiset piirustusohjelmat (CAD-ohjelmat) eivät kyenneet suoriutumaan suunnittelutiedon, eikä etenäkään siihen liittyvien jatkuvien muutosten hallinnasta riittävän tehokkaasti. Edellä mainittujen ohjelmien tilalle onkin nykyään tullut tuotemallipohjaiset ohjelmistot, joiden avulla informaation hallinta on keskitettyä ja muutokset siirtyvät automaattisesti koko malliin. Seuraava jo alkanut kehitysskaskel on ohjelmistojen kehittyminen tukemaan paremmin suunnitteluprosessia ja sitä kautta tehostamaan infrasuunnittelua ja -rakentamista. /1, s.26./

4.3 Tietokoneavusteisen suunnittelun käyttökohteet

Suunnittelun pohjaksi tehtävät mittaukset tuottavat alueen tai kohteen nykytilasta suuren määrän digitaalista aineistoa, jota voidaan hallita vain tietokoneen ja erilaisten ohjelmistojen avulla. Tästä digitaalisesta aineistosta saadaan tietokoneelle niin sanottu nykytilamalli, jota myöhemmin hyödynnetään perusaineistona maailman koordinaatistossa. Perusaineistojen sekä mittaus- ja tutkimusaineistojen perusteella infrahankkeesta tehdään pintamallit, joissa mallinnetaan yleensä maastomalli nykyisestä maanpinnasta, maaperämalli maalajikerroksista (ks. kuva 3), sekä kallionpintamalli kartoitus- ja maaperätutkimusten perusteella. Pintamallit ja kartta -aineistot ovat suuri apu siinä vaiheessa, kun aloitetaan laatimaan varsinaisia suunnitelmia. /1, s.26./



Kuva 3. Periaatekuva maaperämallista /5/

Tietokoneelle mallinnettuja suunnitelmia voidaan tarkastella monista eri näkökulmista. Esimerkiksi väylä- sekä vesihuoltohankkeissa linjausvaihtoehtoja pystytään tarkastelemaan jo suunnittelun hyvin aikaisessa vaiheessa. Reittien ja niiden pituuksien lisäksi voidaan arvioida rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia, sekä eri vaihtoehtojen vaikutusta maisemaan ja ympäristöön. Suunnitelmat laaditaan aina rakentamista varten. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää, että paikalleenmittaukseen ja koneohjaukseen tarvittavat aineistot saadaan suunnitelmista luotettavasti ja automaattisesti. Tietokoneella digitaalisesti luodut mallit on tuotettu suoraan maailman koordinaatistoon luonnollisessa mittakaavassa, tämä mahdollistaa niiden luotettavan käytön edellä mainittuihin tehtäviin. /1, s.27./

4.4 Tietokoneavusteisen suunnittelun hyödyt

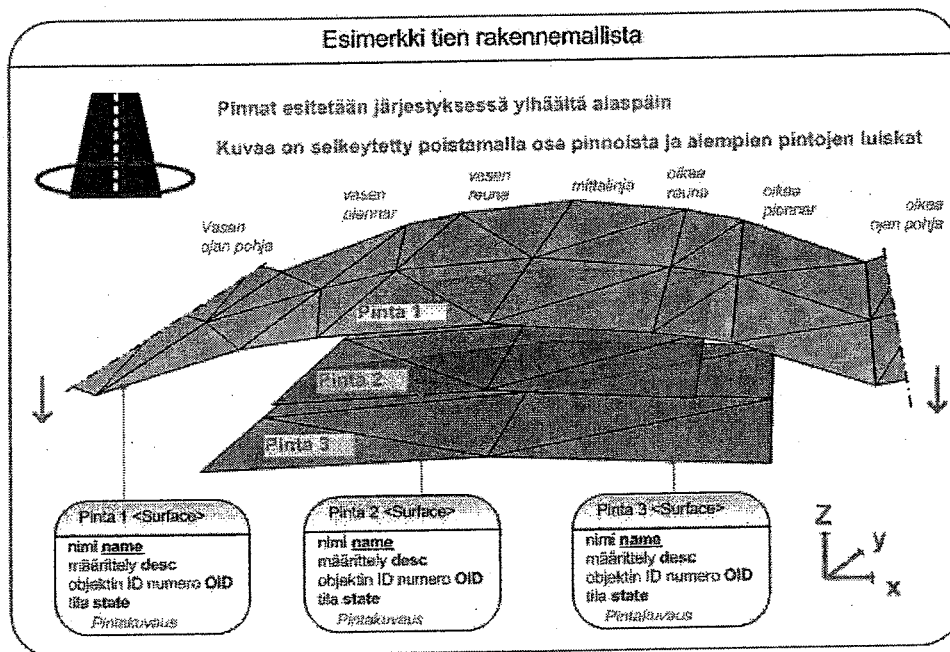
Tietotekniikkapohjaisen suunnittelun yleistymisen myötä kaikki infrahankkeessa mukana olevat osapuolet hyötyvät jollakin tasolla. Kun tarkastellaan erityisesti urakoitsijoiden saamaa hyötyä, esille nousee mm. seuraavat seikat: suunnitelmatietojen laadun paraneminen, josta seurauksena virheiden väheneminen entisestään, sekä aikaisempaa parempi ja nopeampi kustannusten arviointi. Aikataulujen hallinta ja logistiikka helpottuu ja tehostuu, sekä alati kehittyvä koneautomaatio saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. Tietokoneen ja ohjelmistojen avulla informaatiota on mahdollista saada ja hyödyntää ajantasaisena, mikä helpottaa tuotannonsuunnittelua. Tällaisia tietoja voivat olla esimerkiksi omistajatiedot, liikennemäärät, kunnallistekniset verkostot ja maaperätutkimukset. Suunnitelmaan mahdollisesti tehtyjen vaihtoehtoisten toteutustapojen ja muutosten vertaileminen ja tarkasteleminen tietokoneella on nopeaa ja luotettavaa. Ajantasaisten ja näyttävien, mutta erityisesti työmukavuutta lisäävien työkalujen käyttäminen tuotannossa on kiistaton etu uusien työntekijöiden rekrytoinnissa. Lyhyesti tiivistettynä tuotantoprosessit tulevat virtaviivaistumaan ja rakentamisen laatu, sekä tuottavuus paranevat. /1, s.9./

4.5 Tietokoneavusteisen suunnittelun vaatimukset

Tietotekniikkapohjainen suunnittelu asettaa myös joitakin vaatimuksia infrahankkeen eri osapuolille. Markkinoille tulleet suunnittelutyökalut mahdollistavat tiedon hallitsemisen paremmin kuin perinteisiä piirustuksia käytettäessä, mutta samalla hankkeisiin osallistuvilta henkilöiltä vaaditaan uusia valmiuksia ja osaamista. /1, s.9./ Projektin laajuudesta riippuen tietoa ja dataa on yleensä paljon, jolloin mallin käyttäminen vaatii tehokkaat laitteet ja ohjelmistot.

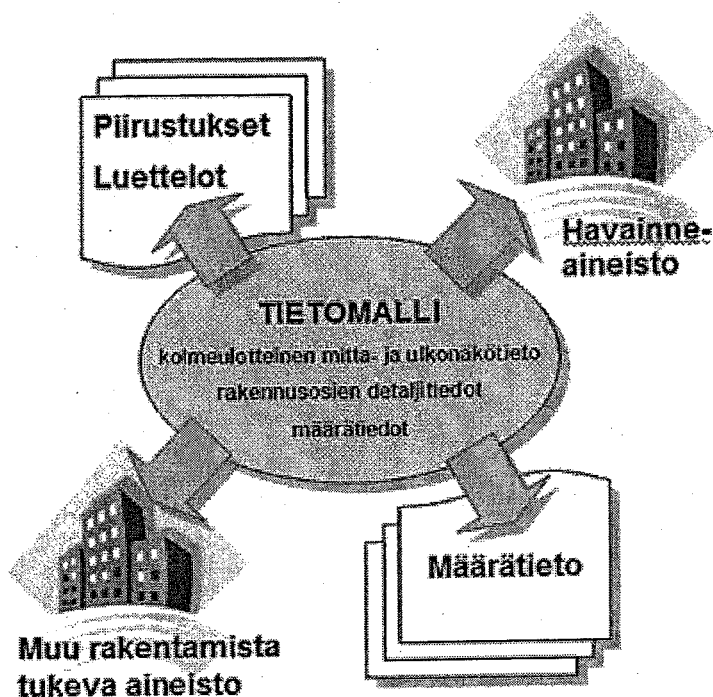
5. TIETOMALLINNUS

Mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden tai asioiden suunnittelua kolmiulotteisesti tietokoneohjelmia apuna käyttäen. Ohjelmiston käyttäjän näkökulmasta se tarkoittaa sitä, että kappaleet, osat ja erilaiset kokoonpanot näyttävät oikeilta, juuri siltä miltä ne todellisuudessa näyttäisivät. Lisäksi mallissa annetaan kaikki fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla "tuotteella" todellisuudessa on (ks. kuva 4). /6./



Kuva 4. Periaatekuva tien rakennemallista /5/

Tietomallit alkoivat tehdä tuloaan rakennusosalalle jo 1990-luvulla. Tietomallinnusta hyödynnetään rakennussuunnittelussa lukuisin eri tavoin, kuten esimerkiksi lähtötietona olosuhdeanalyysseissa, määrälaskennassa ja laadittaessa määräluetteloita, sekä tietenkin visualisoinnissa (ks. kuva 5). Tietomallit auttavat hallitsemaan suunnittelun kokonaisuutta. "Tietomallien avulla asioiden väliset suhteet nähdään helpommin", kertoo professori Jarmo Laitinen Tampereen teknilliseltä yliopistolta. Tietomallinnus mahdollistaa sen, että prosessin lopputulos tiedetään jo etukäteen, sitä ei tarvitse enää vain kuvitella. Luotettava kustannusarvio ja toimitusaika saadaan määritettyä jo projektin alkuvaiheessa. Käytännön rakentaminen on pitkälti riskien hallintaa. Turhilta kustannuksilta vältytään, jos riskit pystytään havaitsemaan työmaan sijaan jo suunnitteluvaiheessa. /7./



Kuva 5. Mitä tietomalli on /8/

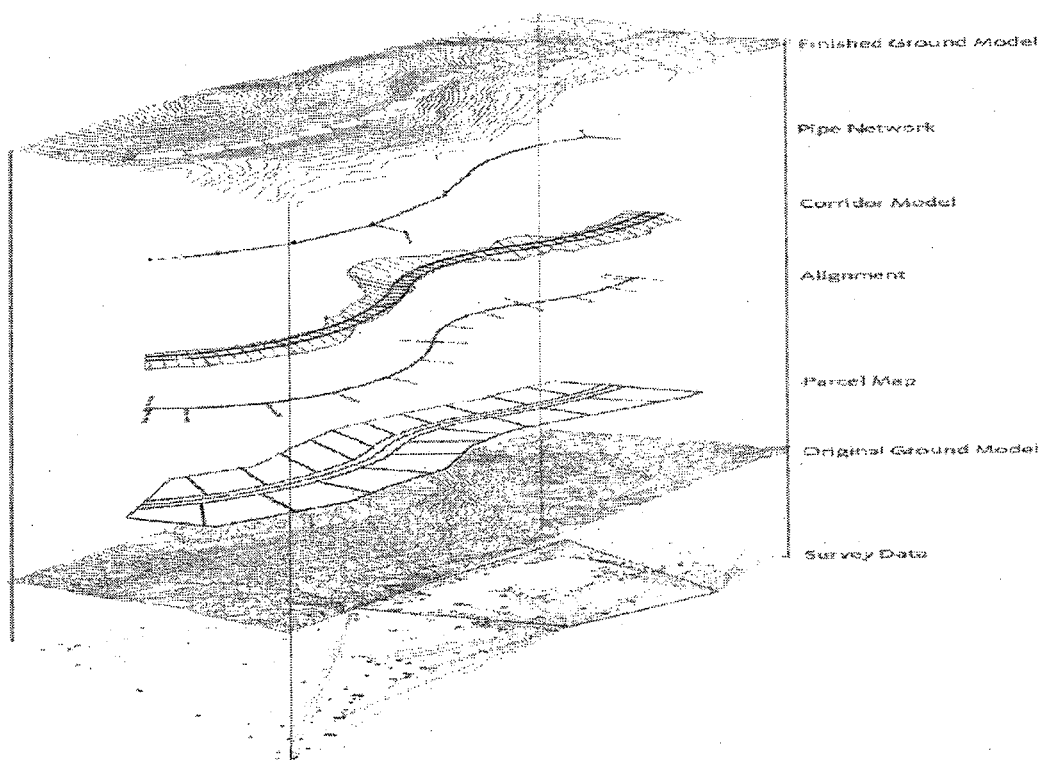
Suurimpia haasteita ovat osaavien ihmisten puute ja asennemaailma. Tietomallinnuksen yleistymistä on myöskin hidastanut se, että sitä on pitkään pidetty pelottavana mysteerinä, mutta nykyään epäilijöiden määrä on vähentynyt merkittävästi. /7./

5.1 Standardit

Tiedonsiirto on merkittävä osa infrahankkeen elinkaarta, joten tiedonsiirtoa eri ohjelmistojen välillä tarvitaan jatkuvasti. Ohjelmistojen ja aineistojen käsittelyn tietotekninen kehitys on johtanut useiden eri formaattien käyttöön. Formaatti on datan, eli digitaalisen tiedon esitysmuoto jonkin ennalta määritellyn tavan mukaisesti /1, s.45./

5.1.1 LandXML

LandXML on vuonna 2000 Autodeskin toimesta käynnistetty hanke infrasuunnittelutiedon avoimeen, XML (eXtensible Markup Language) pohjaiseen siirtoon järjestelmien välillä. LandXML on kansainvälinen standardi, se perustuu yleiseen XML-standardiin. XML-kieltä käytetään formaattina esimerkiksi tiedonvälitykseen eri järjestelmien välillä, sekä dokumenttien tallentamiseen sellaisenaan. XML-dokumenttien käytöllä pyritään muun muassa sisältöjen yhdenmukaisempaan tallennusmuotoon, sekä suunnitteluohjelmistojen riippumattomuuteen tietystä ohjelmistotoimittajasta (ks. kuva 6). Nykyisin lähes 600 organisaatiota ja 60 sovellusta tukevat LandXML:n kehitystä /9, s.10-11./



Kuva 6. LandXML-standardin sisältö ja pääelementit /1, s.49/

5.1.2 IFC

IFC (Industry Foundation Classes) on IAI:n (International Alliance for Interoperability) kehittämä lähinnä talonrakennuksen ja kiinteistöhallinnan tarpeisiin kehitetty tuotemallistandardi. IFC-standardiin liittyy kuitenkin myös joitakin infrarakentamiseen liittyviä laajennustarpeita talonrakennuksenkin näkökulmasta, kuten esimerkiksi pohjatutkimukset ja geotekninen suunnittelu. Näkemyksiä joiden mukaan IFC for Roads voisi tulevaisuudessa johtaa laajempaan IAI:n julkaisemaan infrarakentamista koskevaan spesifikaatioon on myöskin esitetty. Tuohon spesifikaatioon sisältyisi myös jo aiemmin määritelty, IFC laajennukseksi aiottu siltamalli (IFC Bridge), jota ei vielä ole tuotu standardin osaksi. Edellä mainittuja ei kuitenkaan ole ainakaan vielä ohjelmoitu IFC2x4-versioon. Myös IFC for Roads projektin aktiivisten osapuolten tavoitteet ovat toistaiseksi epäselvät. /9, s.11-13./

5.2 Tiedonsiirto

Käytössä olevien useiden ohjelmien välillä ei ole yhteistä tiedonsiirtoformaattia, joten tietojen konvertointi ohjelmien kesken on työlästä. Lisäksi infrasuunnittelussa käsiteltävä tieto on monimuotoista, monitasoista, sekä riippuvuuksia sisältävää, tämän vuoksi tiedonsiirto koetaan tällä hetkellä infra-projekteissa hieman ongelmallisena. /10./

5.2.1 InfraModel-hanke

Kuten jo aiemmin todettiin tiedonsiirto koetaan infra-projekteissa ongelmaksi. Käytössä on useita eri ohjelmia, eikä niiden välillä ei ole yhteistä siirtoformaattia, jonka vuoksi tietojen konvertointi on työlästä. Edellä mainittu tilanne on johtanut siihen, että asiakkaat ovat alkaneet suosia samaa ohjelmaa käyttäviä konsultteja. Tämä taas puolestaan johtaa pidemmällä aikavälillä IT-ylläpidon kalleuteen ja prosessien tehottomuuteen, koska konsultit joutuvat hankkimaan useita ohjelmia ja kouluttamaan suunnittelijat niiden käyttöön. INFRA-teknologiaohjelmassa on tehty esiselvitysprojekti, jossa tuli ilmi alan laaja halukkuus yhteisen tietomallin saamiseksi käyttöön. /10./

Edellä kuvattuun ongelmaan on pyritty saamaan ratkaisua tuotemallipohjaisista tiedonsiirto menetelmistä jo useiden vuosikymmenten ajan. Kokemukset talonrakennuksen ja muiden teollisuudenalojen tuotetietomallistandardien (IFC ja STEP) soveltamisesta infra-alalle ovat olleet varsin myönteisiä. Tietotekniikan hyödyntäminen rakennus alalla on kauan aikaa ollut keskeinen kehittämisen kohde suomalaisissa rakentamisen tutkimus- ja kehittämissankkeissa. Olemme myös vuosien ajan osallistuneet kansainväliseen standardointiin, joten meillä on olemassa hyvät lähtökohdat teknologian soveltamiseen infrasuunnittelun tiedonsiirtoon. /10./

Inframodel-hanke toteutettiin aikavälillä 01.08.2002 - 31.12.2003. Sen tavoitteena lyhyellä aikavälillä oli kehittää tiedonsiirtoa infrarakentamisessa käytännön tasolla. Pidemmän aikavälin tavoitteena oli luoda tietomalli, joka kattaisi tärkeimmiltä osiltaan nykyisten suunnitteluohjelmien tietomallit ja mahdollistaisi ohjelmien välisen XML-muotoisen tiedonsiirron. Tietomalli voisi perustua alalla jo oleviin tiedostoformaatteihin. Tavoitteena oli vähentää eri suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon tarvittavaa työmäärää, sekä myös tehostaa tiedon siirtoa rakenteen elinkaaren eri vaiheiden (suunnittelu, rakentaminen, ylläpito) sisällä ja niiden välillä. Projektissa laadittiin myös suunnitelma infra-alan kotimaisen kattavan tietomallin kehittämiseksi ja käyttöönottamiseksi kansainvälinen standardointi huomioon ottaen. Tutkimuksissa selvisi, että yhdellä ohjelmistolla aloitetun suunnittelun jatkaminen toisella suunnitteluohjelmistolla ei ole mahdollista saumattomasti. Käytännössä tämä tarkoittaa merkittävää tietojen uudelleen syöttämistä manuaalisesti. Tämän tilanteen muuttamisen välttämättömyydestä oltiin laajasti yhtä mieltä. Osapuolten välisen tiedonsiirron merkitys korostuu erityisesti uudenaiaisissa useiden osapuolien muodostamissa yhteensiittymissä ja yhteistoimintamallissa. Edellä mainituissa hankemalleissa riippuvuus toimivasta tiedonsiirrosta osapuolien välillä on lopputuloksen kannalta suurempi kuin perinteisissä hankemalleissa. /10./

5.2.2 *InfraModel2-hanke*

InfraModel2-hanke toteutettiin 1.1.2005 - 31.1.2006. Se oli kolmen tahon Citycad Finland Oy:n, Tekla Oy:n ja Vianova Finland Oy:n rinnakkaishanke. Mukana rahoittajina ja ohjelmistomäärittelijöinä oli tällä kertaa koko infrasektori. Hankkeen koordinoinnista vastasi Centroid Oy. Inframodel2-hankkeessa määriteltiin, kehitettiin ja testattiin tiedonsiirtomenetelmä, joka mahdollistaa tietyn yhteistoiminnallisuuden yleisimpien ohjelmistojen välillä. Tiedonsiirtotoiminnallisuutta kehitettiin ohjelmistoihin siinä laajuudessa, että tiedonsiirtomenetelmä ja LandXML-skeeman sopivuus saatiin testattua suunnitteluohjelmistojen välillä. /11./

LandXML-standardi on todella laaja, eikä sen dokumentaatio ole kaikilta osilta tarkka. Inframodel-projektissa perehdyttiin standardiin ja sovellettiin sitä suomalaiseen, sekä pohjoismaiseen käytäntöön. Skeemaan lisättiin Inframodel-laajennuksia LandXML-skeeman sallimissa puitteissa. Ilman laajennuksia toteutettu menetelmä mahdollistaa LandXML-pohjaisen tiedonsiirron kansainvälisesti myös muiden sitä tukevien ohjelmien kanssa. InfraModel2-hankkeen aikana tehtiin aktiivista kansainvälistä yhteistyötä LandXML-organisaation kanssa. Tehty työ on vaikuttanut myös LandXML-standardin kehitykseen. Hankkeessa tuotettu InfraModel-tiedonsiirron dokumentaatio esittelee tehdyt rakennelaajennukset. Tiedot edellä mainituista laajennuksista on toimitettu myös LandXML-organisaatiolle. Tämän yhteistyön myötä kotimainen infrasuunnittelu voi tulevaisuudessa-kin vaikuttaa aktiivisesti LandXML-standardin kehitystyöhön. /11./

Inframodel-tiedonsiirtomenetelmä tarvitsee jatkuvaa ylläpitoa, jotta se saataisiin pysymään kehittyvänä ja käyttökelpoisena. Inframodel-menetelmän ylläpito ja sen organisointi on vielä avoinna, mutta nämä pyritään saamaan käyntiin InfraModel3-hankkeessa, josta on laadittu projektiehdotus. /11./ Edellä mainittua projektia ei ainakaan tähän päivään mennessä ole saatu käyntiin.

5.3 Massalaskenta

Määrälaskennan päätavoitteena on tuottaa määriä koskevaa tietoa käytettäväksi hankkeen myöhemmissä vaiheissa ja tehtävissä. Määrätietojen tarkkuus riippuu käytettävissä olevista suunnitelmista ja muista lähtötiedoista, sekä tiedon tarpeesta. Tietokonepohjaisia suunnitelmia käyttäen määrälaskentaa on mahdollista tehostaa huomattavasti. Käytännössä tämä tarkoittaa työlään ja virhealttiin manuaalisen määrien mittaamisen piirustuksista korvaamista tietokoneavusteisella mittaamisella suoraan mallista. Tietokoneohjelma kykenee kyllä hetkessä hoitamaan suuren osan rutiineista, mutta siitä huolimatta tarvitaan määrälaskennan asiantuntijan ammattitaitoa edelleen muun muassa lähtömateriaalin arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtojen esille tuomisessa ja tulosten jäsentämisessä. Tarkasteltaessa mallia määrälaskennan näkökulmasta sen tärkein ominaisuus on johdonmukaisuus: kaikki rakenneosat on mallinnettava tarkasti sovitulla tavalla ja käytetty mallinnustapa tulee dokumentoida. Erityisen hankalia ovat tilanteet, joissa sama ratkaisu on mallinnettu eri tavalla saman mallin eri kohdissa. /1, s.81-82; 4/

5.4 Tietomallinnuksen hyödyt

Nykyään kaikki infra-alan rakennushankkeet suunnitellaan tietokoneavusteisesti käyttäen erikoisohjelmistoja. Tämä mahdollistaa muun muassa väylien geometrian ja rakenteen hyödyntämisen suoraan työmaalla ilman erillistä jatkotyöstämistä. Esimerkiksi suunniteltu väylämalli voidaan toimittaa sellaisenaan rakennustyömaalle, jossa urakoitsija pystyy toteamaan suunnitelman laadun ja mallin eheyden. Hän voi käyttää mallia haluamallaan tavalla vaikkapa paikalleenmittauksiin, koneohjaukseen, massalaskentoihin, jne. /12./

Urakoitsijat hyötyvät tietomallitekniikan käytöstä sitä enemmän, mitä nopeammin he omaksuvat uudet menetelmät käyttöönsä /1, s.95/. Tämä perustuu ajatukseen, että tietomallin käyttö urakkalaskennan apuna mahdollistaa tehokkaamman määrälaskennan. Käytännössä samoilla laskentaan käytetyillä resursseilla saadaan tarjottua useampi urakka, jolla on taas suora vaikutus voittomahdollisuuteen. Lisäksi mallista saadut määrät etenkin maa-ainemassissa ovat ainakin teoriassa todella tarkkoja verrattuna käsin laskentaan, jossa usein joudutaan piirtämään omia leikkauksia ja siitä huolimatta arvioimaan jatkuvasti. Edellä

mainituista seikoista on kiistämättä välitöntä hyötyä urakkakilpailussa, etenkin jos kilpailijalla ei vielä ole vastaavaa tekniikkaa käytössään.

5.5 Tietomallinnuksen asettamat vaatimukset

Mallien täytyy olla oikein ”rakennettuja” aivan kuten piirustustenkin pitää olla oikein piirrettyjä, jotta vältytään turhilta rakentamisen aikaisilta virheiltä. Käytännössä tämä ei kuitenkaan aina toteudu, vaan kiireessä pyritään liian usein niin sanotusti oikaisemaan, eikä viitsitä muokata itse mallia vaan lisätään puuttuvat viivat mallista saatuun suunnitelmatichtoon. Tämän jälkeen malli ei ole enää täysin luotettava hankkeen jatkoa ajatellen. Urakoitsijat joutuvat investoimaan ohjelmiin, koneisiin, sekä uusien työmenetelmien koulutukseen /1/. Rakennusalan nuoret ammattilaiset ovat saaneet tietomallinnuksesta ainakin perustiedot koulutuksensa yhteydessä, joten heille kynnys tietomallinnuksen aikakauteen siirtymiseen ei liene kovin suuri.

5.6 Tietomallinnuksesta aiheutuvat kustannukset

Tässä työssä perehdytään tarkemmin Novapoint-mallinnusohjelmistoon, joten katsotaanpa mitä ohjelmiston käyttöön ottaminen maksaisi. Novapoint vaatii toimiakseen yhteensopivan AutoCAD-version, joita ovat ainakin AutoCAD LT, AutoCAD ja AutoCAD Civil 3D. Näistä AutoCAD LT on kevein perusversio 2D-piirustusten tekoon, kun taas AutoCAD Civil 3D on monipuolisin sisältäen itsessään jo 3D-suunnitteluun tarvittavia työkaluja. AutoCAD-ohjelmistojen hinnat pyörivät ohjelmiston laajuudesta riippuen noin 5000-7000 euron tietämillä. Tuohon hintaan saa niin sanotun kelluvan verkkolisenssin, joka mahdollistaa ohjelmiston asentamisen laillisesti kuinka moneen työasemaan tahansa.

Myös Novapoint-ohjelmistosta on olemassa useita eri laajuisia ohjelmistopaketteja. Kaikki paketit tarvitsevat toimiakseen AutoCAD:n lisäksi Novapoint Base-moduulin, jonka hinta on noin 1300 euroa. Kevyin Novapoint-ohjelmistopaketti on nimeltään Site Tool, jonka ominaisuuksiin kuuluu vain mallin tarkastelu ilman editointityökaluja. Astetta monipuolisempi paketti on nimeltään Civil Construction, jolla voi malliin tehdä pieniä muokkauksia ja se sisältää myös hieman määrälaskentaan liittyviä ominaisuuksia. Seuraavaksi järeämpi

paketti kantaa nimeä Road Standard, joka pitää sisällään keskeisimmät suunnittelutyökalut, analyysit, sekä Civil Constructionia monipuolisemmat määrälaskenta ominaisuudet. Kattavin Novapoint Road Professional sisältää lähes kaiken, mitä tällä hetkellä on saatavilla. Hinnaltaan Professional-versio on edellä mainituista kallein noin 13500 euroa. Road Standard maksaa noin 7500 euroa ja Civil Construction noin 5500 euroa. Mainitut hinnat ovat kelluvien verkkolisenssien hintoja ja yhden työaseman lisenssit ovat noin 20 % edullisempia.

5.7 Tietomallinnuksen kehitysnäkymät

Tällä hetkellä näyttää tietomallien yleistyminen olevan ainakin Pohjois-Savon alueella hidasta ja tietämys vähäistä. Maanlaajuisesti tarkasteltuna ainakin joitakin pilottihankkeita on viety läpi. Asiantuntijat uskovat vankasti tietomallien yleistymiseen ja kehittymiseen. Tulevaisuudessa puhutaan jo 4D ja 5D-malleista, joka tarkoittaa sitä että tuotemallin tietoihin voidaan lisätä myös aika- ja kustannustietoa. Tämä mahdollistaa simuloinnin esimerkiksi rakentamisen vaiheistuksesta, tai rakennusrungon asennuksesta sekä kustannuksista.

6. OHJELMAT

Markkinoilla on tänä päivänä lukuisia suunnitteluohjelmistoja. Erilaisten ohjelmistojen laajuus, rakenne, ja toiminnallisuus vaihtelevat paljonkin. Näkyvin osuus eri ohjelmistojen välillä on niiden graafinen käyttöliittymä, jolla on suoranainen vaikutus ohjelmiston käytettävyyteen. Sen sijaan tiedonhallinta sekä laskenta- ja muut rutiinit toimivat ohjelmistojen sisällä käyttäjän näkymättömissä. Kevyemmissä ohjelmistoissa käyttöliittymä sisältää vain peruspiirtotoiminnot, mutta laajemmissa ohjelmistoissa on lisäksi laskenta-, tarkistus- ja objektitietoja. Ohjelmistot voidaan jakaa karkeasti toiminnallisuuden ja tiedonhallinnan perusteella piirto- ja suunnitteluohjelmistoihin. /1, s.28-29./

Ohjelmistojen kehittymisen, sekä kysynnän ja tarjonnan lisääntymisen myötä niitä löytyy nykyään lähes kaikille infra-alan tekniikka-alueille. Johtuen infrasuunnittelun hyvin erilaisista tarpeista ei yksittäisen ohjelmiston kattavuus ole aina mahdollista, joten eri ohjelmistojen välinen tiedonsiirto onkin erityisen tärkeää. Suunnitteluohjelmistojen hallinta niin teknisesti kuin käyttäjän kannaltakin voi olla haastavaa, etenkin jos ohjelmisto on toteutettu yhdeksi ohjelmaksi. Tästä syystä nykyiset ohjelmistot on pyritty rakentamaan modulaarisiksi ja skaalautuviksi. Modulaarisuudella on pyritty parantamaan ohjelmistokokonaisuuden hallintaa, sekä tehostamaan ohjelmistojen ylläpitoa ohjelmistotoimittajan kannalta. Modulaarisuus myös mahdollistaa ohjelmiston skaalautuvuuden käyttäjän tarpeisiin. Skaalautuvuuden avulla samaa perusohjelmistoa voidaan käyttää kustannustehokkaasti hyvin erikokoisissakin yrityksissä. Suunnitelmien laadintaan tarkoitettujen ohjelmistojen lisäksi on olemassa erilaisia laskenta-, mallinnus- ja simulointiohjelmistoja. Jotta näitä ohjelmistoja pystytään tehokkaasti hyödyntämään on erityisen tärkeää, että suunnitelman tietoja voidaan helposti hyödyntää ja muokata kyseisissä ohjelmistoissa. Nykyisissä suunnitteluohjelmistoissa on pääsääntöisesti mukana mallinnukseen tarvittava toiminnallisuus, lisäksi ne usein tukevat erilaista laskentaa ja simulointia. /1, s.29./

6.1 Ohjelmistojen perusominaisuuksia

Ohjelmistoissa on yleensä ainakin seuraavanlaisia perusominaisuuksia. Maastomallinnuksella luodaan kolmiulotteinen malli suunnittelualueen nykytilasta. Maanpinnan alla olevat maalajikerrokset, sekä kallionpinta mallinnetaan pohjatutkimustietojen avulla. Väylähankkeiden tie- ja katurakenteet mallinnetaan ohjelmiston avulla maastomallia hyödyntäen. Varusteet ja laitteet kuten esimerkiksi liikennemerkkit, liikenteenohjaus- ja valaistuslaitteet, kaiteet ja aidat, sekä erilaiset taittorakenteet kuten sillat mallinnetaan suunnitelmaan hyödyntäen maastomallia. Erityisesti kaupunkiympäristössä vahvasti väyläsuunnitelmaan liittyvät putkistot mallinnetaan tärkeänä osana infrasuunnittelua. Visualisointi on tärkeä osa nykypäivän suunnittelutyötä, sen avulla suoritetaan muun muassa laadunvarmistusta ja kommunikointia asiakkaan, urakoitsijan ja suunnittelijan välillä rakennusprojektin eri vaiheissa. Suunnitelmamalli saadaan nykyohjelmistoista ulos erilaisissa tiedostomuodoissa muun muassa koneohjausta ja mittausta varten. /1. s.30-31/

6.2 Käytössä olevia ohjelmistoja

Suomessa on käytössä useita kotimaisten ohjelmistotoimittajien tuotteita, joista tunnetuimpia ovat Novapoint, Tekla Xstreet, Citycad, Terrasolid ja 3D Win. Kotimaisten toimittajien lisäksi saatavilla on myös kansainvälisiä CAD-tuotteita, joista ehkä tunnetuimpia ovat Autodeskin AutoCAD-tuoteperhe johon kuuluu AutoCAD MAP 3D ja AutoCAD Civil 3D, sekä Bentleyyn Microstation-tuoteperhe sisältäen MX-Road, Inroads, sekä Railtrack-ohjelmistot. Näistä edellä mainituista Novapoint, sekä Tekla Structures ovat tunnettuja ohjelmistoja myös kansainvälisesti. Kansainvälisyydestä johtuen ohjelmistojen tärkeimpiin ominaisuuksiin luetaan usein soveltuvuus kansainvälisiin standardeihin, sekä käyttöliittymän kieli, jotka menevät ohjelmistoja kehitettäessä jopa toiminnallisuuden edelle. Suunnittelualan ohjelmistojen yhtenäistä kehittämistä vaikeuttaa monissa maissa käytössä olevat niin sanotut paikalliset ohjelmistot. /1, s.31./

6.2.1 Novapoint-tuoteperhe

Novapoint on yhdyskuntatekniikan suunnitteluun, rakentamisen ja ylläpidon tehtäviin tarkoitettu ohjelmistokokonaisuus. Sitä mainostetaan Pohjoismaiden kattavimmaksi yhdyskuntatekniikan ohjelmistoratkaisuksi taaten käytettävyyden ja luotettavuuden toimeksiantojen toteuttamiseen. /12./

Novapoint Base on ohjelmistoperheen perusta. Se sisältää muun muassa maastotietokannan, kolmioinnin, karttatyökalut, piirustustuotannon, sekä kaikki perustoiminnallisuudet, jotka ovat kaikille Novapoint ohjelmistoille yhteisiä. Novapoint Road Standard ja Professional ovat tiensuunnitteluun tarkoitettuja työkaluja. Nimensä mukaisesti Road Standard on paketin perusversio sisältäen kaikki tärkeimmät ominaisuuden ja Professional versio soveltuu varmasti vaativammallekin käyttäjälle sisältäen joukon suunnittelua helpottavia työkaluja. Novapoint Road Signs on ohjelmistopaketti liikennemerkkien ja opasteiden suunnitteluun. Tämä paketti tarvitaan, mikäli liikennemerkit jalustoituneen halutaan sisällyttää määrälaskentaan. Novapoint Water & Sewer-ohjelmistolla laadit tehokkaasti vesihuollon suunnitelmia. Voit mm. luoda ja muokata johtolinjoja, laskea massoja ja määriä, sekä tuottaa raportteja ja piirustuksia. Novapoint Landscape-ohjelmalla pystyt kontrolloimaan koko prosessia, kasvi-istutuksista määrälaskentaan. Riippuen käytettävästä Novapoint-ohjelman versiosta se vaatii toimiakseen yhteensopivan version AutoCAD-ohjelmasta. /12./

6.2.2 Tekla Xstreet

Tekla Xstreet on suomalainen tietojärjestelmä. Sillä voidaan suunnitella rata-, tie- ja katuverkostoja, vesi- ja viemäriverkostoja, katualueita ja niihin liittyviä varusteita, laitteita ja ympäristöä. Lisäksi se kykenee hallitsemaan maaperätutkimuksia. Ohjelman järjestelmä koostuu tietokannasta, sekä muunneltavasta sovellusten ja toiminnallisuuksien yhdistelmästä. Ohjelma tukee myös rakennustyöprosessia ja siihen liittyvää laadunvarmistusta. Xstreet on monen käyttäjän järjestelmä, tämä mahdollistaa saman tiedon käytön useisiin eri toimintoihin samanaikaisesti. Järjestelmän avulla monia tehtäviä voidaan suunnitella rinnakkaisesti, mikä nopeuttaa projektien valmistumista vähentäen samalla virheitä. /13./

Ohjelma on monipuolinen ja moderni kokonaisratkaisu, jossa on kaikki kunnallistekniikan suunnittelutehtävissä tarvittavat toiminnallisuudet. Sen toimivuutta on testattu käytännössä useissa kunnissa, sekä suunnittelukonsulttitoimistoissa. Sen luvataan olevan käyttövalmis ratkaisu, jonka käyttöönotto on nopeaa, helppoa ja vähäriskistä. Kilpailijastaan poiketen Xstreet on kaupallisista CAD-järjestelmistä riippumaton järjestelmä, joten hankinta- ja päivityskustannuksissa syntyy säästöä. Riippumattomuudesta huolimatta järjestelmästä voidaan kirjoittaa korkeatasoisia CAD-kuvia ja niitä voidaan myös lukea järjestelmään. Ohjelma luo kaduista, teistä ja aluerakenteista reaaliaikaisesti päivittyvän 3D-mallin. Tämän ominaisuuden avulla muutoksia voidaan tehdä nopeasti ja koko suunnittelualueen vaatimat materiaalmäärät saadaan tietoon helposti. /13./

6.2.3 Citycad

Citycad on Sito Tietotekniikka Oy:n omistama ja kehittämä yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. CityCad on kattava yhdyskuntatekniikan suunnittelujärjestelmä. Se on tarkoitettu lähinnä suunnittelutoimistojen ja kuntien työvälineeksi. Ohjelman modulaarisuuden ansiosta CityCad-järjestelmä sopii kaikenkokoisille organisaatioille. Ratkaisuja löytyy yksittäisestä työasemasta aina monen käyttäjän työryhmäpalvelimiin. Järjestelmän keskitetty tiedonhallinta ja sen ylläpito takaavat käyttäjälle taloudellisen ja tehokkaan tietovaraston, joka on yhdenmukaisena samanaikaisesti koko organisaation käytössä. Citycadin yksi vahvimista puolista on väyläsuunnittelu. /14./

6.2.4 AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D on perinteinen AutoCAD, jossa on lisänä yhdyskuntatekniikan suunnitteluun tarvittavat perustoiminnot. Ohjelmiston avulla toteutat projektisi nopeammin, älykkäämmin ja tarkemmin. Ohjelman avulla suoriudut erilaisten projektiesi kaikista suunnittelu-, piirto- ja hallintatehtävistä, kuten alue- ja tonttisuunnittelusta, katujen kunnostuksesta ja tieprojekteista tai vesi- ja viemäriverkostojen suunnittelusta. Ohjelmiston perusominaisuuksia ovat muun muassa: Mittaukset ja tiedonsiirto, isot maastomallit mm. laserkeilattujen aineistojen käsittely, maastomallinnus ja aluetasausten suunnittelu, massanlaskennat, väylämallinnus, sekä vesihuoltosuunnittelu. /15./

6.2.5 3D-System (3D-Win, 3D-DTM ja 3D-Street)

3D-System on kotimainen ohjelmistoperhe, joka on tarkoitettu maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn. Ohjelmistoa on käytössä muun muassa valtion laitoksissa, kunnissa ja yksityisillä konsulteilla. Ohjelmiston keskeisimpiin ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus lukea ja kirjoittaa tiedostoja ohjelmistoon oman tiedostomuodon lisäksi useissa eri formaateissa. Tuettuja formaatteja ovat yleisimmät maastotallenninformaatit, useiden CAD- ja paikkatietojärjestelmien siirtotiedostomuodot, sekä käyttäjän vapaasti määrittelemät riviformaatit. Mikä parasta lähes kaikki muunnokset toimivat molempiin suuntiin, tämä mahdollistaa ohjelman käyttämisen välitysohjelmana eri järjestelmien välillä. /16./

3D-Win on 3D-System ohjelmiston peruspaketti, jonka muut komponentit tarvitsevat toimiakseen. 3D-DTM on peruspakettiin yhdistettävä maastomallipaketti. Maastomalliohjelma mahdollistaa halutun aineiston tai sen osan nopean kolmioinnin. Kolmioverkostoon tallentuu myös alkuperäisen lähtöaineiston koodaus sellaisenaan, näin jopa poikkileikkauksista saadaan tietää mistä kohteesta on kysymys. Jokainen pinta muodostaa oman kolmioverkkoelementtinsä, joka taas on yksilöllisesti käsiteltävissä jatkoa ajatellen. Massat saadaan laskettua perinteisesti poikkileikkauksista useiden eri pintojen väliltä tai vaihtoehtoisesti suoraan kahden kolmioverkon väliltä. Menetelmä voidaan valita aina tarpeen mukaan ja käyttää toista menetelmää vaikka laskennan tarkistamiseen. Molemmat menetelmät mahdollistavat rajaustiedoston ja tilavuuskaivun raja-arvon määrittämisen. /16./

3D-Road on teiden, väylien ja niihin liittyvien kaivantojen suunnitteluun tarkoitettu helpokäyttöinen ohjelma, joka toimii osana perusohjelmistoa ja DTM-pakettia. Tien vaaka- ja pystygeometrian suunnittelu Road-sovelluksella onnistuu graafisesti. Tielinjojen siirto ja kopiointi on helppoa, niitä voidaan käyttää myös erilaisten geodeettisten laskentojen pohjana. Ohjelma tarkkailee automaattisesti koko suunnittelun ajan tehtyjä muutoksia ja tarkastaa suunnitelman oikeellisuuden. Yksi tärkeimmistä ohjelman ominaisuuksista ovat rakenteensuunnitteluparametrit, jotka sisältävät tarvittavat parametrit ajoratojen, rakennekerrosten, ojien ja luiskien suunnitteluun. Ohjelma laskee automaattisesti rakennepoikkileikkaukset yhteen maaston poikkileikkausten kanssa ja tuloksesta saadaan suoraan eri kerrosten massat väritettynä kuvana ja tulostiedostona. /16./

6.2.5 TerraSolid

TerraModeler on tämän ohjelmiston perussovellus, sitä käytetään kaikessa yhdyskunta- ja ympäristösuunnittelussa. Se on siis käytännössä välttämätön hankinta, kun halutaan suunnitella katuja TerraStreetillä, vesi- ja viemärijohtoja TerraPipella tai käsitellään laserpisteitä TerraScanilla. TerraModeler tekee automaattisesti maastomalleja TerraBorella luetuista ja käsitellyistä maanpinnan pisteistä tai maakerroksista. Malleja voidaan käsitellä ja esittää korkeuskäyrinä, verkkoina, varjostettuina pintoina tai leikkauksina. Massalaskenta saadaan suoritettua pintojen välisinä erotuksina tai poikkileikkauksina. Nämä ominaisuudet tekevät TerraModelerista myös maanrakentajan työkalun. TerraModeleria mainostetaan loogiseksi toiminnoiltaan ja siten sen luvataan olevan helppo oppia käyttämään. /17./

TerraModeler on hyvä valinta muun muassa seuraaviin käyttötarkoituksiin: Maanrakennus- ja geotekniseen suunnitteluun, visialisointiin maisema- ja rakennussuunnittelussa, maastomallien esittämiseen osana kartoitusta, ympäristötekniiseen suunnitteluun kuten tulvasuojeluun, massojen laskemiseen maanrakentamisessa. TerraPipe on lisäsovellus johtoverkkojen mittaamiseen ja suunnitteluun. Sovelluksen perusidea on sijoittaa kaivoja ja niiden väliin putkia ja venttiileitä kolmiulotteisina kappaleina maastomallin avulla. Maastomallin tekoon ja käyttöön TerraPipe käyttää TerraModelerilla. Rakennettujen johtoverkkojen mittaamiseen TerraPipe tarjoaa työkalun, jonka avulla voidaan tarkastella kaivojen ja putkien liitoksia myös epäselvissä kohdissa. Kaivokortien tulostus tuotantoa varten on automaattista. TerraStreetillä suunnitellaan katujen ja teiden vaaka- ja pystygeometrialinjat käyttäen TerraModelerilla maastomalleja suunnittelun apuna. Vaaka- ja pystygeometrialinjoista TerraStreet muodostaa väylän 3D-linjat. Näistä linjoista voidaan muodostaa suunnittelupinnan maastomalli, jota voidaan käyttää niin massalaskentaan, mittaamiseen, kuin koneohjaukseenkin. /17./

Vertailun vuoksi selvitettiin myös tämän ohjelmiston hintatiedot. TerraModeler-peruspaketti on listahinnaltaan 3400 euroa, kyseessä yhden tietokoneen lisenssi. TerraStreet ja TerraPipe maksavat 3400 euroa kappale yhdelle tietokoneelle. Hankintakustannusten lisäksi lisenssien ylläpito vuodeksi maksaa noin 1900 euroa, joten koko paketin ensimmäisen vuoden kustannukset ovat noin 12000 euroa yhdelle tietokoneelle. /17./

7. MÄÄRÄLASKENTA NOVAPOINT -OHJELMISTOLLA

7.1 Lähtökohdat

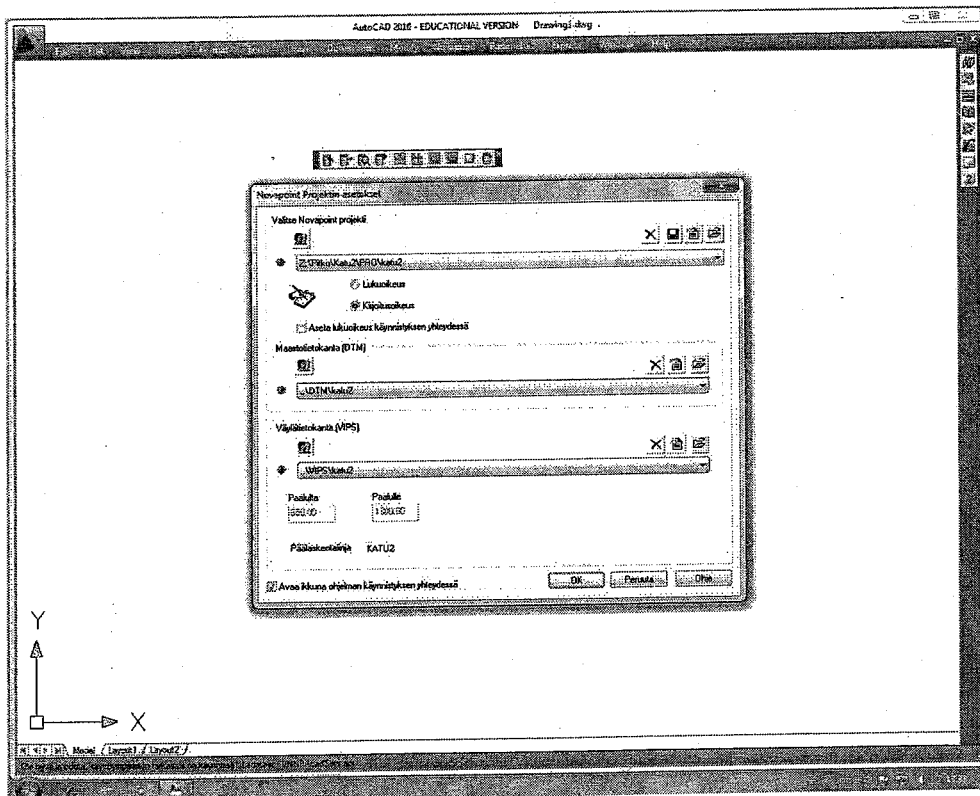
Tässä työssä ei niinkään perehdytä ohjelmiston suunnitteluominaisuuksiin, vaan tarkoituksena on testata ainoastaan ohjelman urakkalaskentaan liittyviä ominaisuuksia, kuten määräluettelon laadintaa valmiista mallista. Valmiin mallin saaminen tarkasteltavaksi ei sinänsä olisi ollut vaikeaa. Kaikki tahot, joihin olin tässä asiassa yhteydessä, olivat hyvin valmiita auttamaan. Ongelmaksi muodostui kuitenkin mallin saaminen sellaisesta kohteesta, joka olisi ollut muutenkin yrityksellä (Suomen Maastorakentajat Oy) laskennassa. Tässä yhteydessä muodostui käsitys siitä, kuinka paljon tai pitäisikö paremminkin sanoa kuinka vähän tietomallinnusta käytetään käytännön suunnittelussa. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että mallinnusta käyttää tällä hetkellä vain hieman suuremmat suunnittelutoimistot. Edelleen mallinnusta käytetään enemmän eteläisessä Suomessa, kuin muualla maassa. Pohjois-Savon alueella mallinnus tuntui olevan huomattavasti vieraampaa, jota mielestäni kuvaa osuvasti lausahdus rakennusalan ammattilaisen suusta ”Mitä tämä tietomalli oikein tarkoittaa?”. Infrarakentamisen tietomallinnusohjelmistot olivat minulle ennen tämän työn tekemistä täysin tuntemattomia. Myös kyseinen Novapoint-ohjelma oli minulle ennen tämän työn aloittamista aivan tuntematon. Näin ollen sain työn edetessä arvokasta tietoa infra-alalla käytössä olevista mallinnusohjelmistoista ja siitä kuinka helppoa tai vaikeaa tällaisen ohjelman käyttöönottoaminen yrityksessä voisi olla. Tutkittava aineisto on peräisin tämän insinööritoimiston ohjaajalta ja käsittää noin 350 metriä tielinjaa, jonka alla kulkee hulevesilinja.

7.2 Käyttöliittymä

Novapoint Base näyttää avauduttuaan erehdyttävästi AutoCAD-tuoteperheen ohjelmalta, eikä ihmekään, sillä ohjelmahan vaatii alustakseen yhteensopivan AutoCAD-version. Ainoastaan ohjelman valikot poikkeavat ensisilmäyksellä perinteisen AutoCADin valikoista. Käytettävät sovellukset on käynnistettävä erikseen Novapoint-valikon kautta.

7.3 Mallin avaus ja tutkiminen

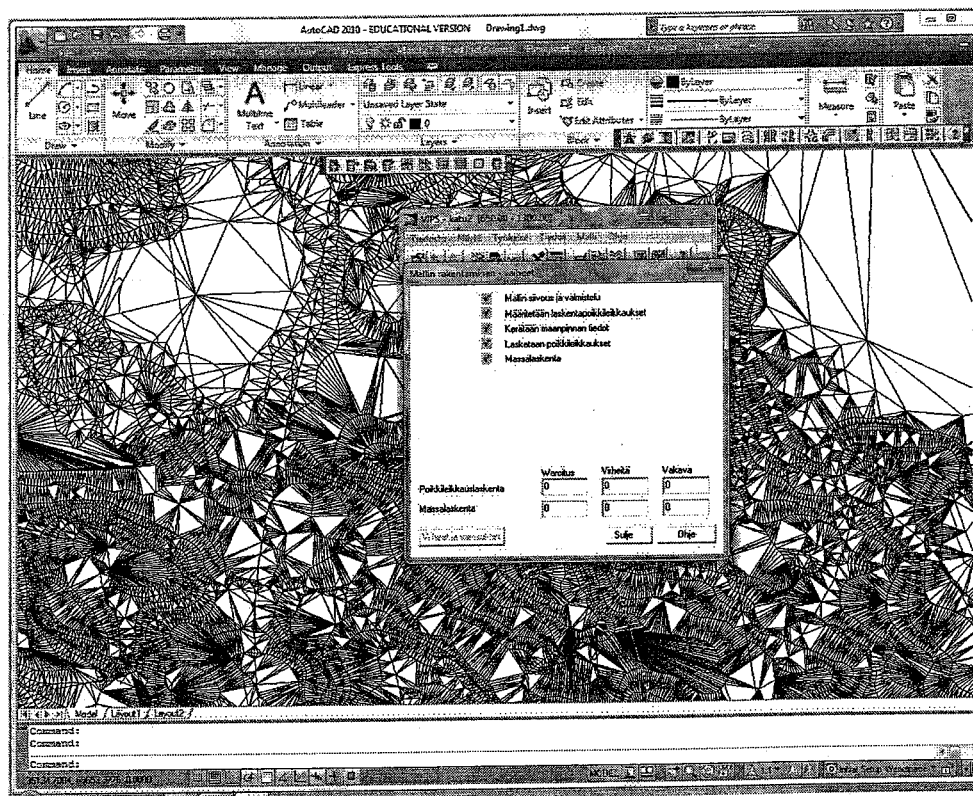
Mallin avaus (ks. kuva 7) onnistuu varsin helposti, mikäli avattava malli on muistettu pakata ulos siitä tietokoneesta, jolla suunnitelmat alun perin on tehty. Tämä täytyy muistaa tehdä aina, jotta kaikki suunnitelmätiedot tallentuvat oikein ja ovat luettavissa edelleen siinä tietokoneessa, jossa malli seuraavan kerran avataan. Asioiden tutkiminen mallista onnistui mielestäni suhteellisen helposti. AutoCadista tutut komennot tuntuvat toimivan Novapoint-ympäristössäkin. Jos siis AutoCad on ennestään tuttu, pitäisi Novapoint-mallin tutkiminen onnistua ainakin perustasolla ilman erillistä koulutusta.



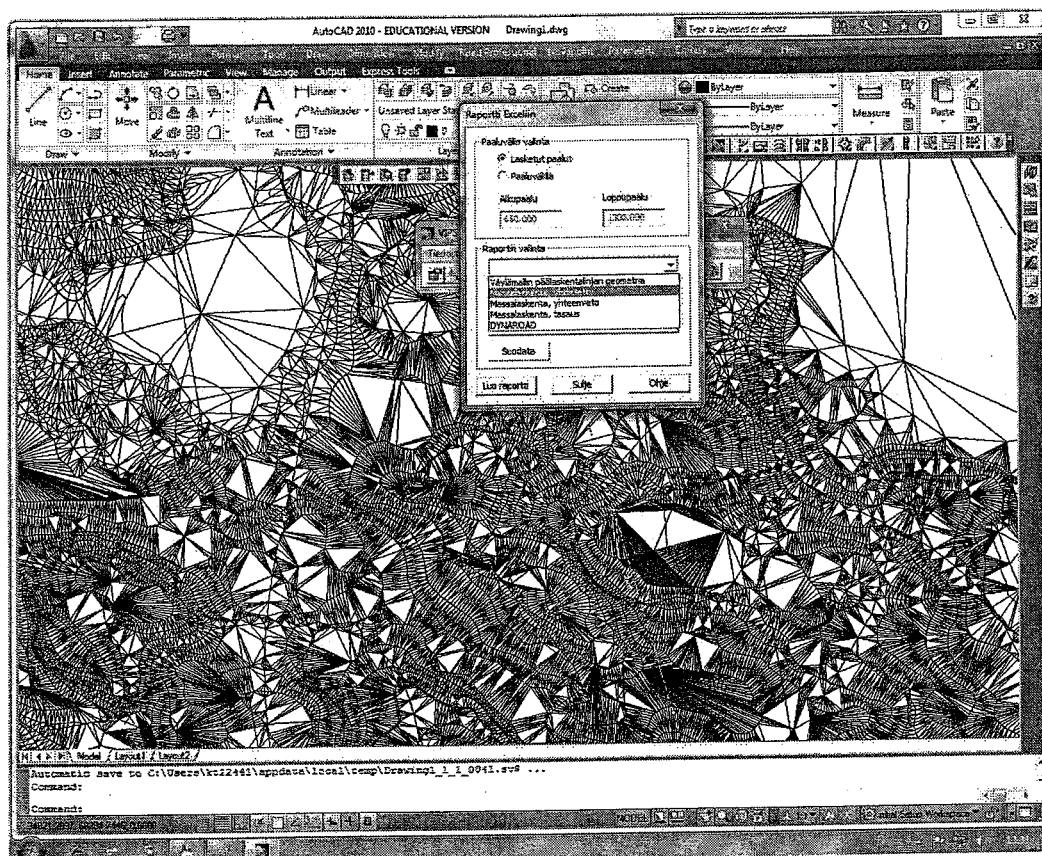
Kuva 7. Mallin avaus

7.4 Määräluettelon tulostaminen

Määräluettelon saaminen esiin mallista on periaatteessa niinkin helppoa, että se onnistuu muutamalla napin painalluksella. Käytännössä tämä ei aina saata toteutua. Mallin pitää ensinnäkin olla oikein tehty, siinä ei saa olla ainakaan vakavia virheitä, muuten ohjelma ei suostu rakentamaan mallia ja suorittamaan määrälaskentaa ollenkaan (ks. kuva 8). Pieniä virheitä havaitessaan ohjelma suorittaa määrälaskennan ja ilmoittaa virheistä, mutta tällöin virheiden mahdollisuus massalaskennan tuloksissa kasvaa merkittävästi. Toisekseen malli pitää saada siirrettyä onnistuneesti toiseen tietokoneeseen ilman, että suunnitelmätietoja katoaa matkalla. Tämä saadaan onnistumaan pakkaamalla malli ulos ohjelmasta ja siitä tietokoneesta, jolla suunnitelmat on tehty. Mikäli edellä mainitut vaatimukset täyttyvät pitäisi mallin avaaminen ja määräluettelon tulostaminen periaatteessa onnistua muitta mutkitta. Käytännössä saattaa kuitenkin ilmetä muitakin ongelmia, joita aiheuttavat muun muassa ohjelmistoversioiden väliset erot. Jos kaikki kuitenkin onnistuu moitteetta, saadaan määrälaskenta suoritettua ja määräluettelo voidaan kirjoittaa vaikkapa suoraan Excel-tiedostoon, josta se myöhemmin on helppoa avata tarkasteltavaksi, tai tulostettavaksi (ks. kuva 9).



Kuva 8. Mallin rakentaminen



Kuva 9. Raportin luominen

7.5 Määrätietojen tarkastelu

Ohjelman tulostama määräluettelo on ulkoasultaan selkeä ja helppolukuinen (LIITE 2). Hulevesikanaalin paalutus poikkesi tielinjan paalutuksesta, joten ohjelman laskemia massoja täytyi hieman rajata ja käsitellä manuaalisesti, jotta ne vastaisivat mahdollisimman tarkasti tielinjan paaluväliä 650-1000 (LIITE 2). Nimekkeet ja massat saadaan helposti kopioitua vaikkapa yrityksen omalle laskentapohjalle. Määrätietojen luotettavuuden varmistamiseksi suoritettiin määrälaskenta kyseisestä kohteesta myös käsin laskien (LIITE 3).

Molemmilla laskentatavoilla saadut tulokset koottiin virhetarkasteluraporttiin (LIITE 4). Raportista voidaan nähdä muutamia selkeitä eroja. Suurimmat erot ovat kanaalikaivun 85 %:n massaero ja kanaalin lopputäytön 93,5 %:n massaero eri tavoin laskettujen määrien välillä. Näin suuret erot viittaavat epäilemättä jonkinasteiseen virheeseen laskennassa. Nopeiden tarkistuslaskelmien jälkeen tultiin siihen tulokseen, että Novapoint-ohjelma on jostain syystä laskenut hulevesikanaalin kaivuun jo kerran tielinjan leikkauksessa lasketut massat, joten ohjelman laskema kanaalikaivun määrä ja sitä kautta myös tuo edellä mainit-

tu lopputäytön määrä on lähes kaksinkertainen. Seuraavaksi suurin massaero tulee kallioleikkauksesta. Kallioleikkausten massat käsin laskettaessa ovat aina hyvin vaikeita laskea tarkasti, joten ero johtunee tässä tapauksessa käsin laskennan epätarkkuudesta. Tasavahvuisten täyttökerrosten määrät on helppo laskea suhteellisen tarkasti myös käsin, mikä näkyy virhetarkasteluraportissa pieninä eroprosentteina laskentatapojen välillä. Ohjelman tekemä virhe kanaalikaivun osalla vaikuttaa merkittävästi laskentatapojen väliseen keskimääräiseen massaeroprosenttiin, joka on noin 16 %:n luokkaa. Jos jätetään huomioimatta tämä ohjelman tekemä selkeä virhe, putoaa laskentojen välinen keskimääräinen massaeroprosentti hieman yli kolmeen prosenttiin, jota voidaan pitää jo hyväksyttävänä. Kun edelleen johdetaan nämä massaerot kustannuksiin (LIITE 5) nähdään, että ohjelman tekemästä virheestä huolimatta kustannusvaikutus on vain noin kaksi prosenttiyksikköä. Jos kanaalikaivun ja lopputäytön määrää korjataan käsin vastaamaan todellisuutta, katoaa kustannusten välinen ero lähes olemattomiin ollen vain 0,2 %.

7.6 Yhteenveto

Tietomallipohjainen määrälaskenta vähentää laskentaan käytettävää aikaa merkittävästi. Tässä kyseisessä case-tapauksessa kohde oli varsin yksinkertainen ja pienimuotoinen, mutta laskentaan käytetty aika aivan eri luokkaa laskentatapojen välillä. Novapoint laski massat muutamassa minuutissa, kun käsin laskien aikaa kului useampi tunti. Tietokoneen laskentaan kuluttama aika ei juurikaan lisäännä kohteen kasvaessa ja monimutkaistuessa, mutta käsin laskentaan nämä edellä mainitut seikat vaikuttavat enemmän kuin merkittävästi. Kyseinen esimerkkitapaus toi hyvin esille myös sen seikan, että määrälaskijaa tarvitaan edelleen ainakin käyttämään tietokonetta ja tarkastamaan laskelmia. Esimerkki osoittaa senkin, että kun virheitä tapahtuu sopivasti suuntaan ja toiseen, säilyy kustannusvaikutukset vielä kohtuullisina.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Insinööriyössä oli tavoitteena oppia tuntemaan infra-alan tietomallinnusta, käytössä olevia ohjelmistoja ja selvittää kuinka hyvin määrälaskenta onnistuu ohjelmaa käyttäen. Ohjelmana käytettiin Vianova Oy:n Novapoint-ohjelmaa ja sillä tehtyä tietomallia, josta määräluettelon luominen tapahtui varsin helposti. Vertailun vuoksi ohjelmalla yritettiin tutkia myös mallia, joka oli tuotettu toisella mallinnusohjelmalla. Tästä mallista ei kuitenkaan määrätietoja saatu irti kohtuullisella työpanoksella.

Tätä insinööriyötä tehdessä on mielestäni muodostunut hyvä käsitys siitä, mitä infrarakentamisen tietomallinnus tällä hetkellä on ja mitä siltä odotetaan tulevaisuudessa. Erilaisia mallinnusohjelmistoja on olemassa lukuisia ja ongelmana tuntuu olevan ohjelmistojen välinen yhteensopivuus. Eri ohjelmistoilla tehdyt suunnitelmat eivät suoraan ole käytettävissä toistensa kanssa. Taitava mallintaja pystyy hyödyntämään eri ohjelmistoilla tehtyjä malleja ainakin jollain tasolla. Tämä on kuitenkin aikaa vievää puuhaa ja siihen liittyy huomattavia virheriskejä. Ohjelmistojen hinnat ovat sen verran korkeita, ettei monia ohjelmia kannata hankkia. Mikäli tulevaisuudessa saadaan luotua sellainen standardi, että suunnitelmatietojen siirto ohjelmistojen välillä onnistuu mutkattomasti ja ennen kaikkea luotettavasti, tulee tietomallinnus varmasti ottamaan sijansa myös infra-alan urakoitsijoiden keskuudessa.

Kaiken kaikkiaan työn alkuvaiheessa asetetut tavoitteet tulivat täytetyksi. Tämä johtunee osittain myös siitä seikasta, että tavoitteita ei alun perinkään asetettu turhan korkealle, vaan tiedostettiin jo aihetta valitessa siihen liittyvät riskit ja vaikeudet. Henkilökohtaisella tasolla arvioituna työn tekeminen onnistui hyvin ja henkilökohtaiset tavoitteet täyttyivät. Projekti pakotti hankkimaan arvokasta tietoutta liittyen tulevaisuuden rakentamiseen. On jännittävää jäädä odottamaan mitä tulevaisuus vielä tuo tullessaan ja miten pitkälle tietomallien hyödyntäminen tulevaisuudessa aiotaan viedä. Selvää lienee kuitenkin se, että alalla toimivien yritysten on varmasti jossakin vaiheessa perehdytettävä itsensä tähän asiaan. Tämä insinööriyö toiminee jonkinlaisena perehdyttämispakettina yritykselle tulevaisuutta ajatellen.

LÄHTEET

- 1 Junnonen, Juha-Matti, Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. RTK Oy. 2009.
- 2 Wikipedia [verkkodokumentti]. 7.9.2010 [viitattu 1.10.2010].
Saataavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Maanrakennus>
- 3 Ratu, Rakennushankkeen tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus. Helsinki: Rakennustieto. 1995.
- 4 Saarijärvi, Jorma, Opintomateriaali - Talonrakennushankkeen kustannuslaskenta. Savonia-amk. 2010.
- 5 VTT [verkkodokumentti]. 5.11.2008 [viitattu 1.10.2010].
Saataavissa: http://www.infra2010.fi/Aineisto/seminaari%205_11_2008/Makinen.pdf
- 6 Esa Tuhola & Kristiina Viitanen, 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tammertekniikka. 2008.
- 7 YIT [verkkodokumentti]. 2/2007 [viitattu 1.10.2010].
Saataavissa: www.yit.fi/palvelut/Ajankohtaista/julkaisut/47032/47039
- 8 Arkkitehtisuunnittelu Pakkanen Oy [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]
Saataavissa: <http://www.arkkitehtisuunnittelu.com/Layercontent.asp?id=3&subid=0>
- 9 Hyvärinen, Juha, VTT Tutkimusraportti nro: VTT-R-10821-07, Infra-tuotetietomallistandardit – selvitys Suomalaisen infra-tuotetietomallin perustaksi. 2007.
- 10 VTT [verkkodokumentti]. 9.4.2003 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Tietoa.
Saataavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/inframodel/public.html>
- 11 VTT [verkkodokumentti]. 7.4.2006 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > IM2 Sisältö.
Saataavissa: <http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2>
- 12 Vianova Oy [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Novapoint
Saataavissa:
http://www.vianova.fi/index.php?k=Novapoint&id=7&s=1&gclid=CL_X0ayDlaECFYx_3godtWtEOg
- 13 Tekla Finland [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Tuotteet.
Saataavissa: <http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xstreet/Pages/Default.aspx>
- 14 Sito Yhtiöt [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010].
Saataavissa: <http://www.sito.fi/fi/palvelut/tietotekniikka/citycad>
- 15 Vianova Oy [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Tuotteet ja palvelut > Autodesk > AutoCAD Civil 3D.
Saataavissa: <http://www.vianova.fi/index.php?k=Tuotteet+ja+Palvelut&id=146>
- 16 3D-System Oy [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Ohjelmistot. Saataavissa: <http://www.3d-system.fi/>
- 17 TerraSolid Oy [verkkodokumentti]. 2010 [viitattu 1.10.2010]. Etusivu > Tuotteet.
Saataavissa: <http://www.terrasolid.fi/fi/tuotteet#page:1>

LIITTEET (17 sivua)

Liite 1 Suunnitelmapiiirustukset (11 sivua)

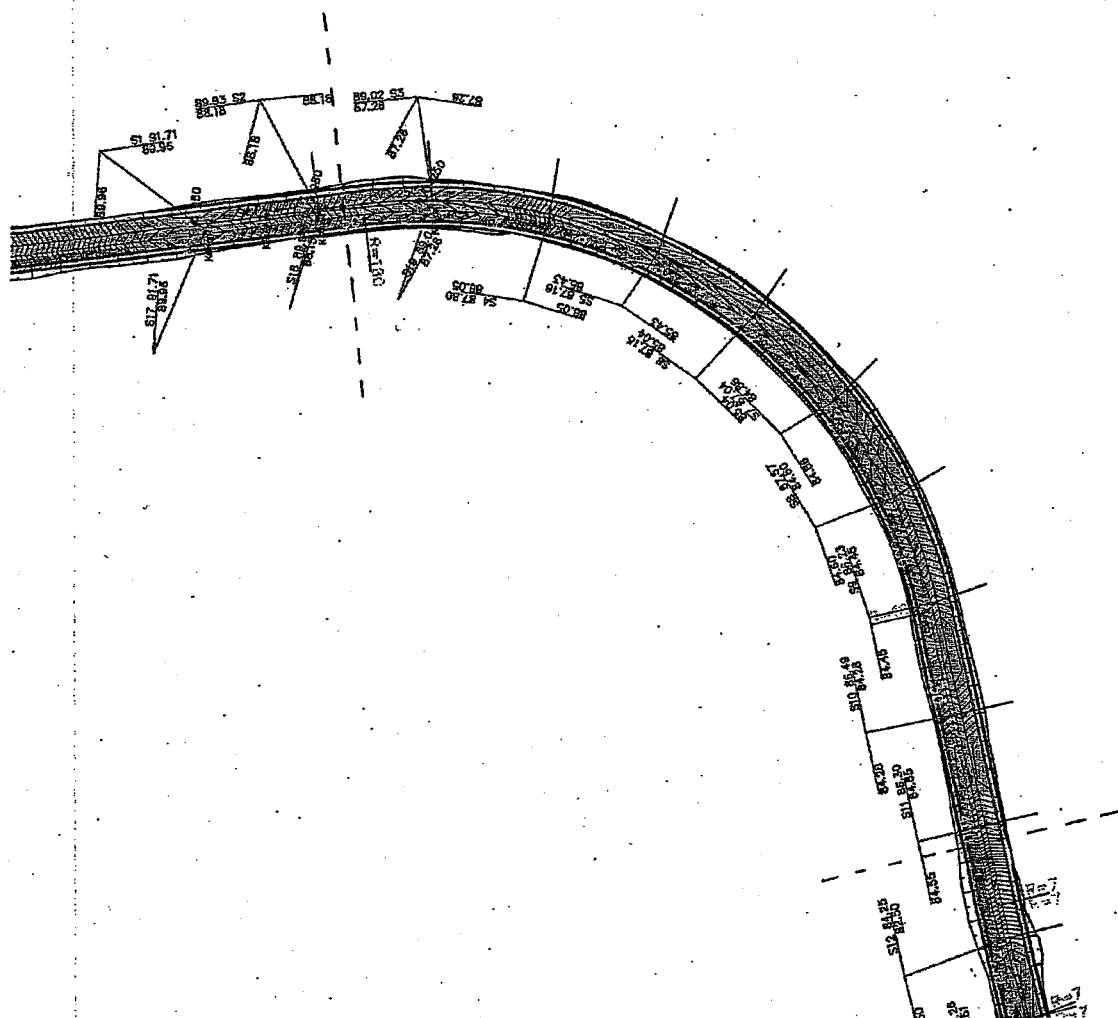
Liite 2 Novapoint massalaskentaraportti (2 sivua)

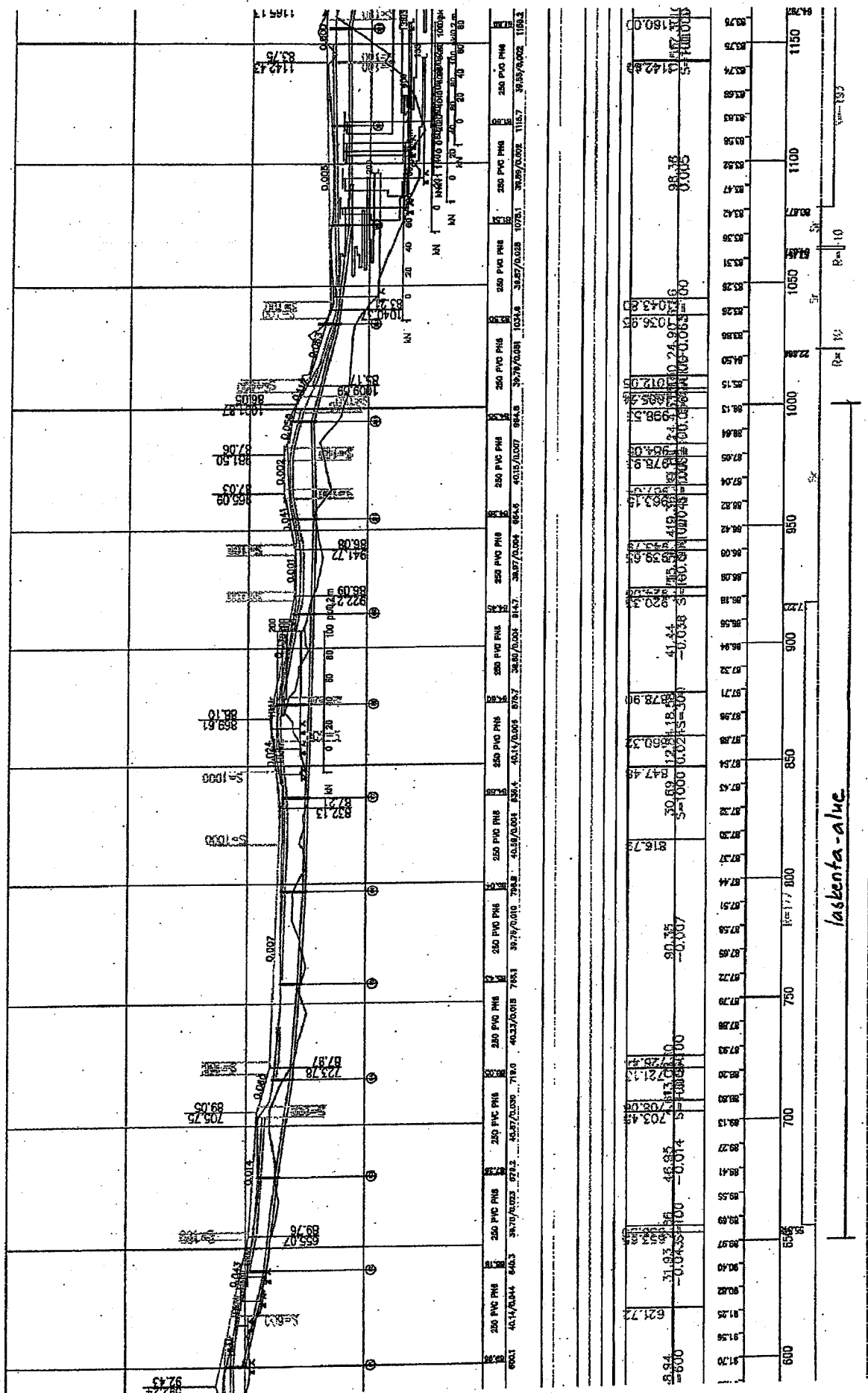
Liite 3 Määrälaskenta käsin laskettuna (2 sivua)

Liite 4 Virhetarkastelu (1 sivu)

Liite 5 Kustannusvaikutus (1 sivu)

TIELINJA



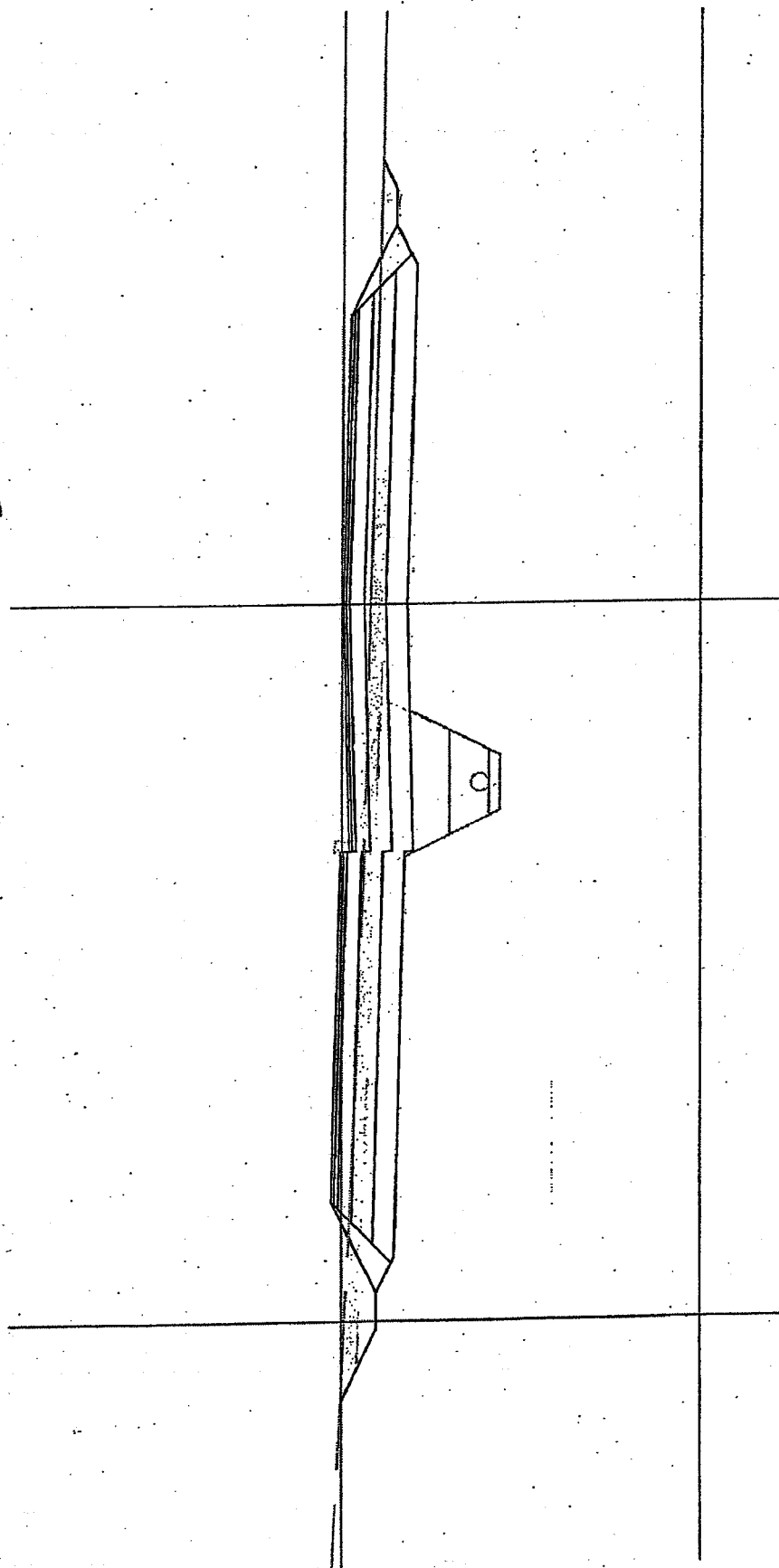


POIKKILEIKKAUS

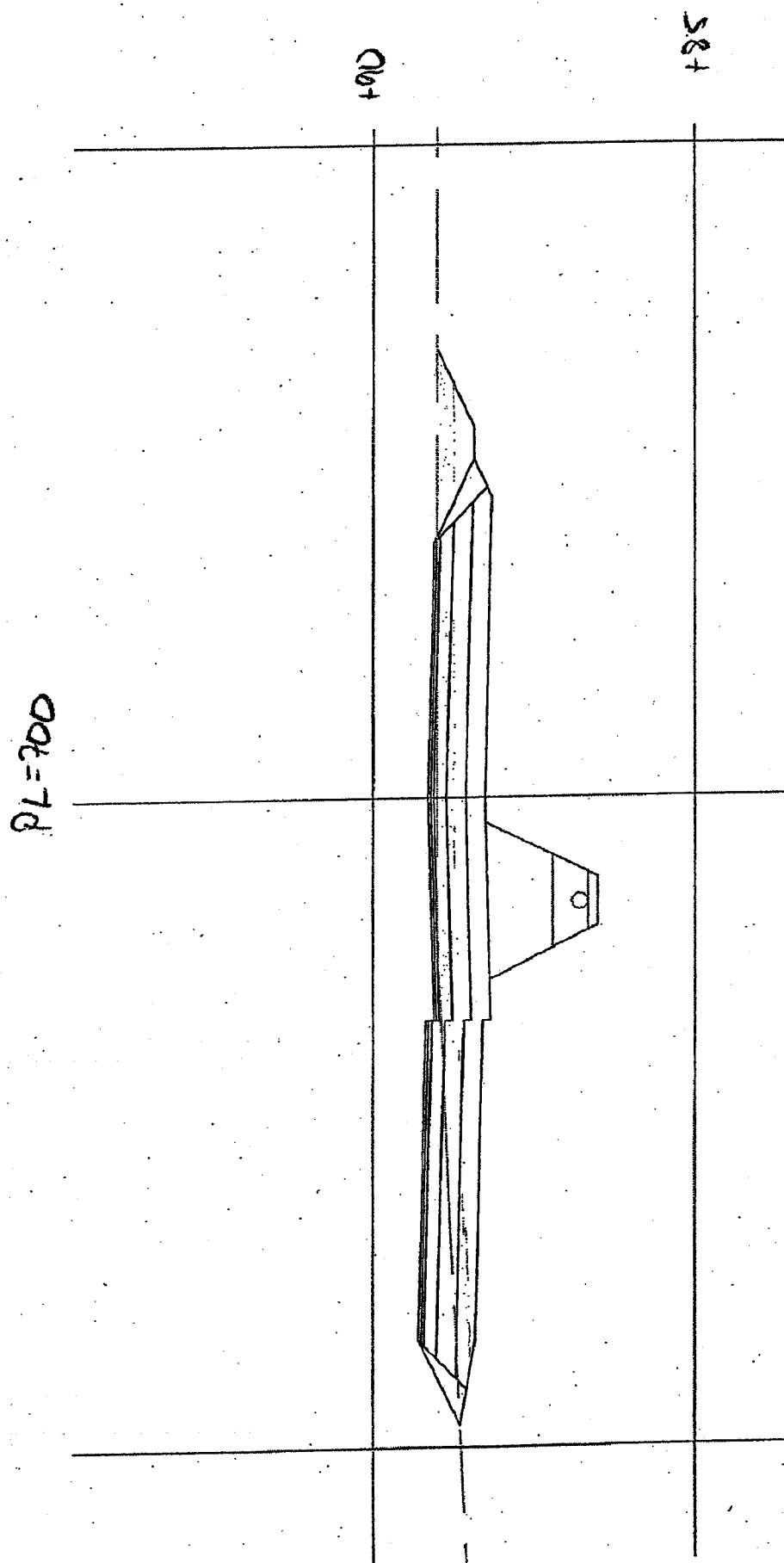
PL=650

+90

+85



POIKKILEIKKAUS

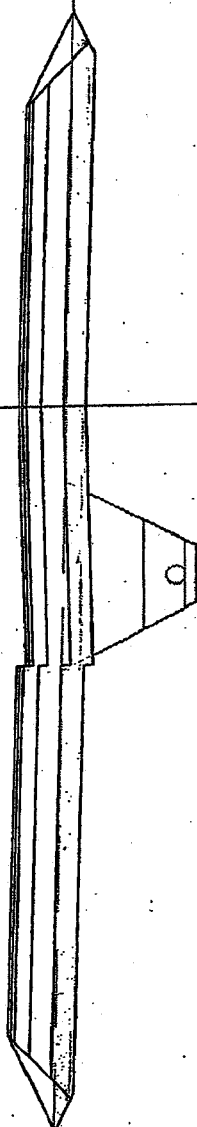


POIKKILEIKKAUS

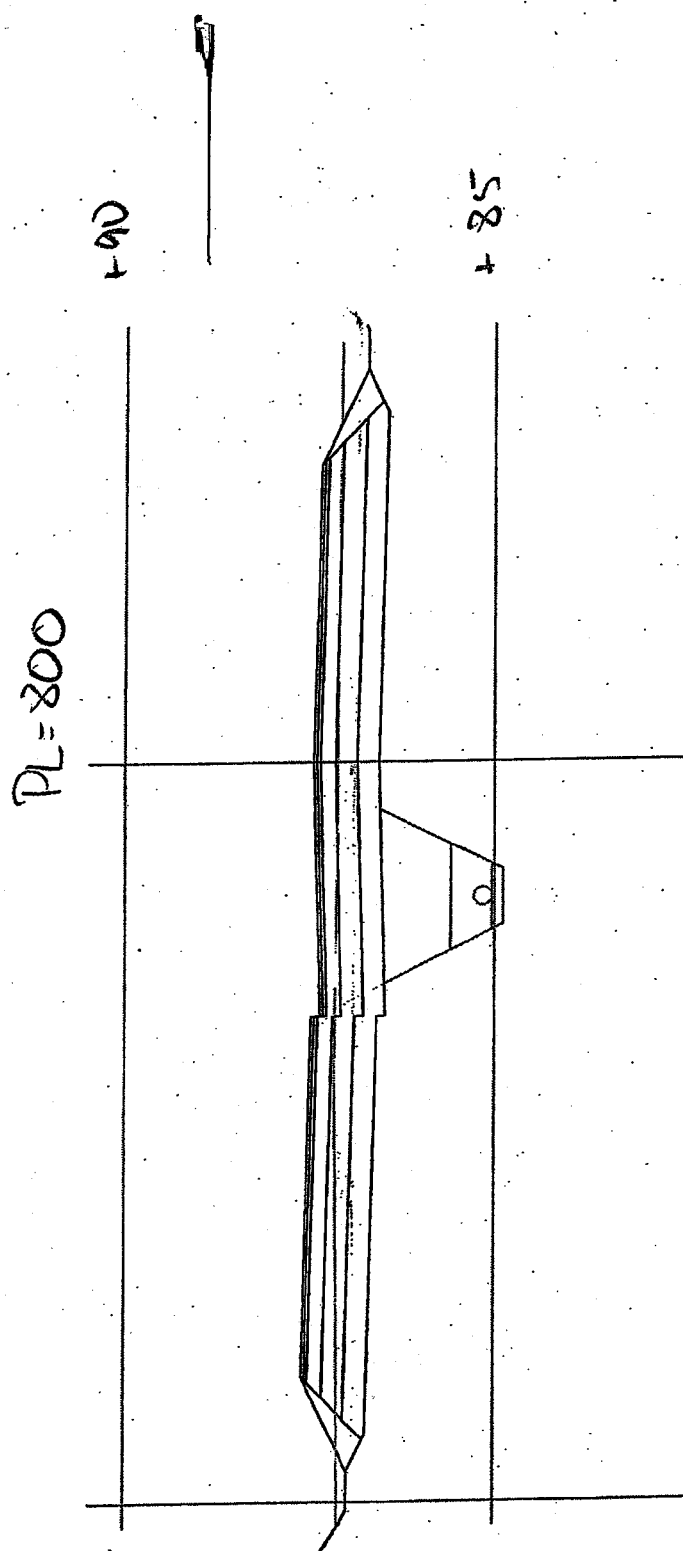
PL=750

+90

+85

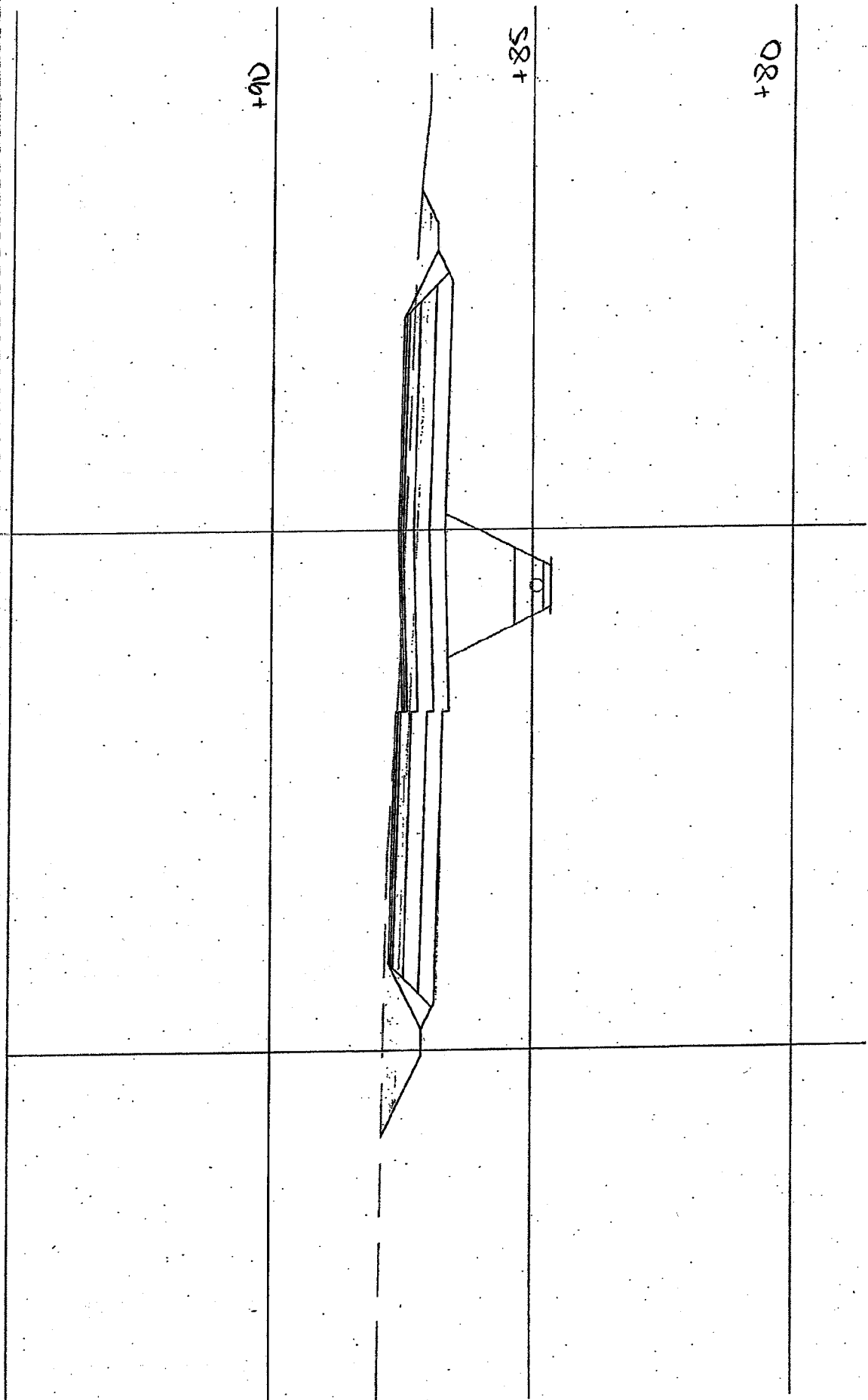


POIKKILEIKKAUS

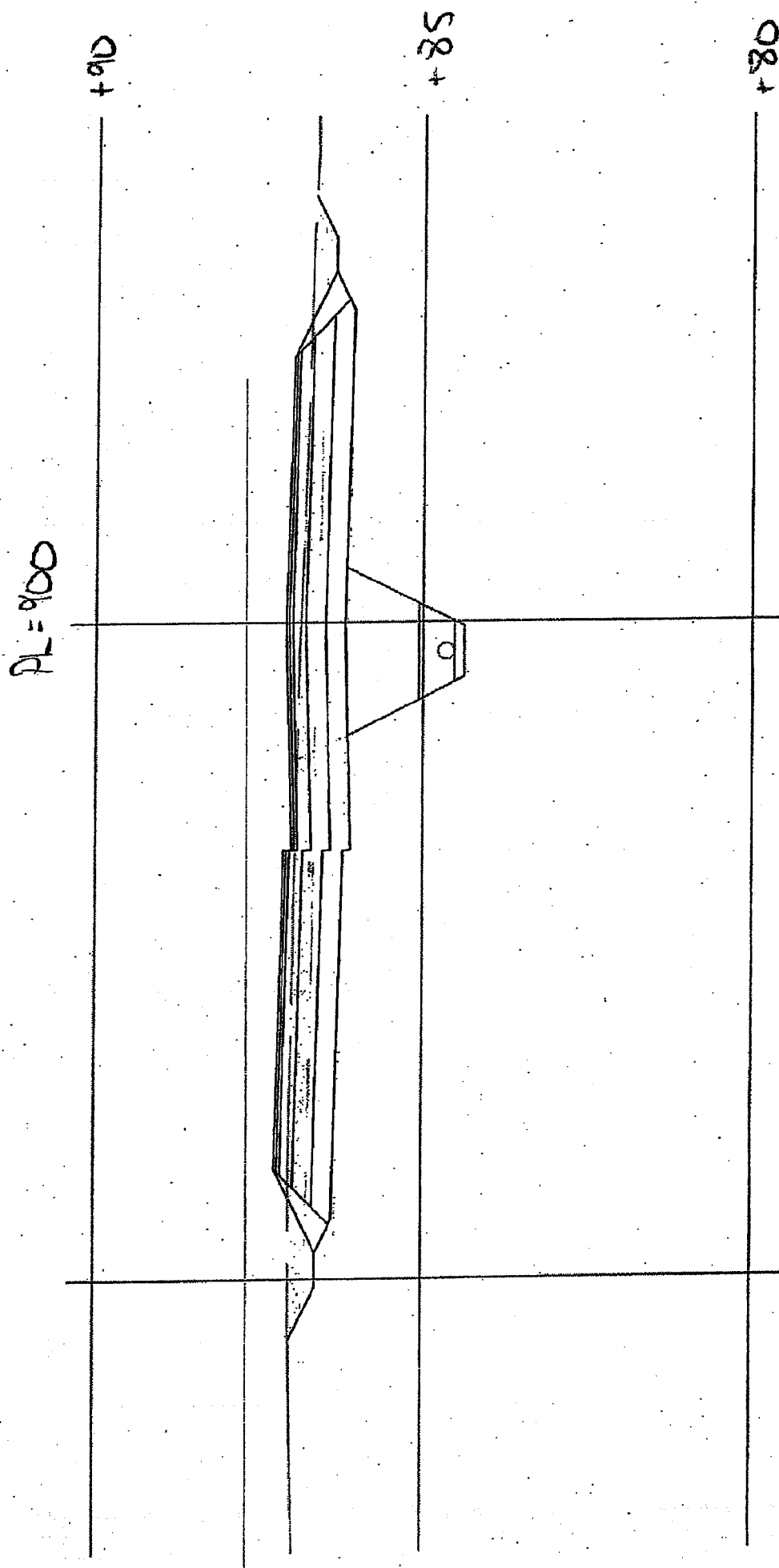


POIKKILEIKKAUS

$P_4 = 850$

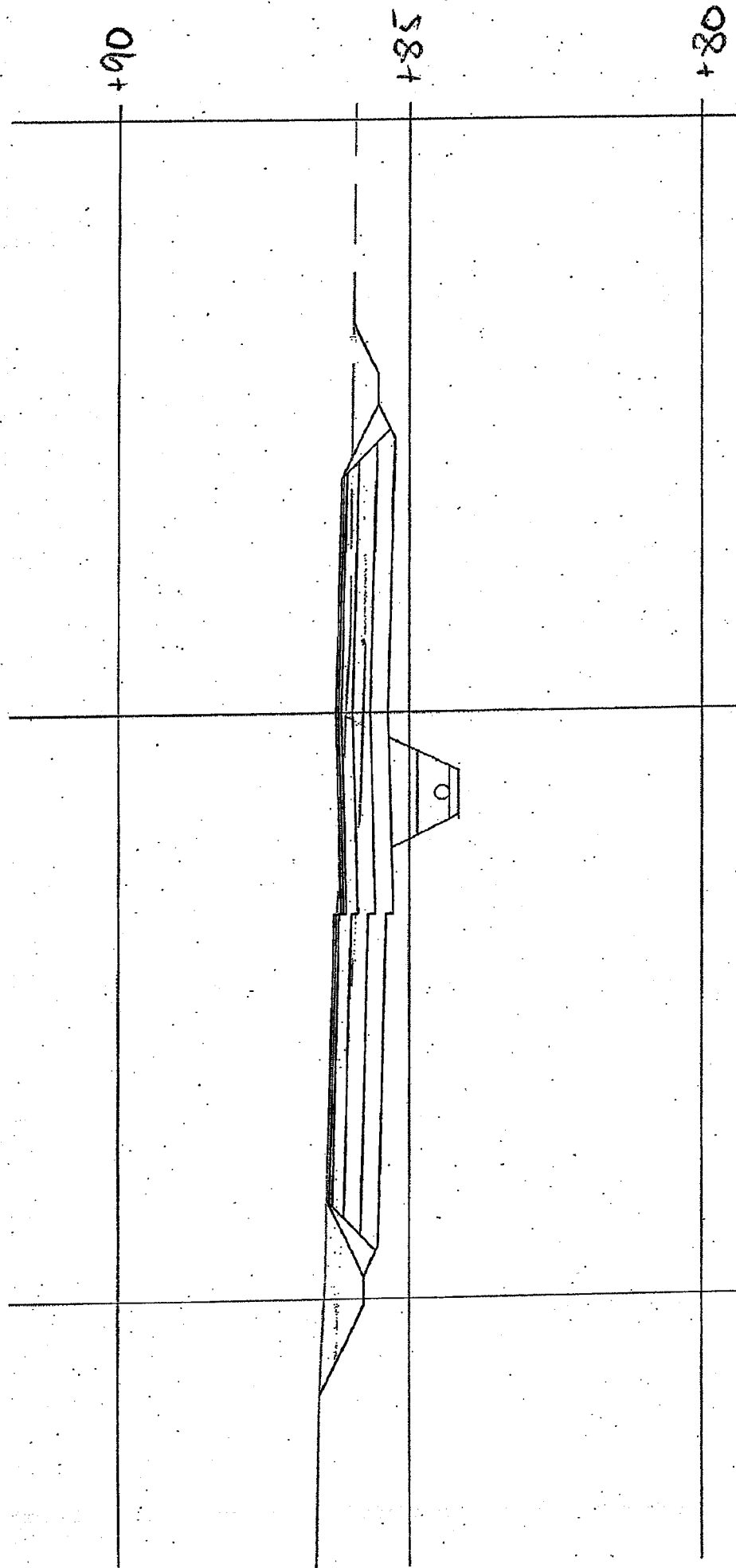


POIKKILEIKKAUS



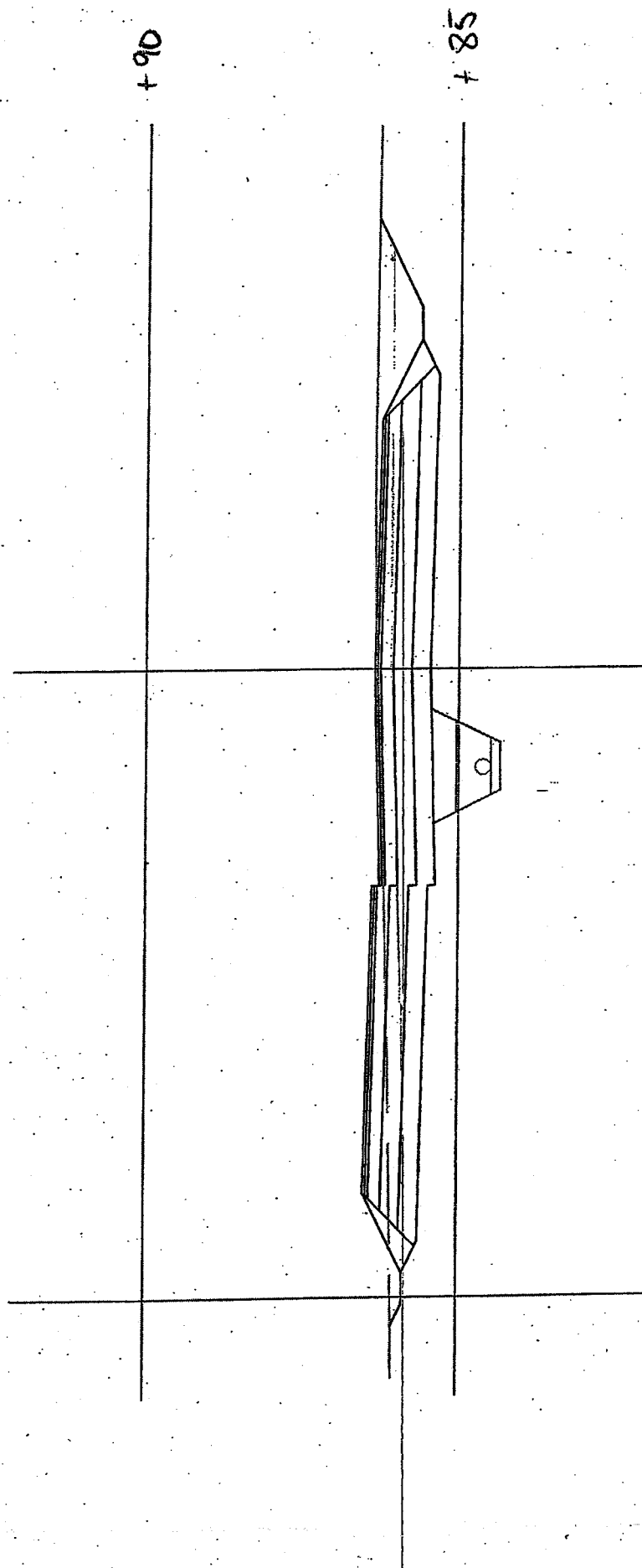
POIKKILEIKKAUS

$R_L = 950$

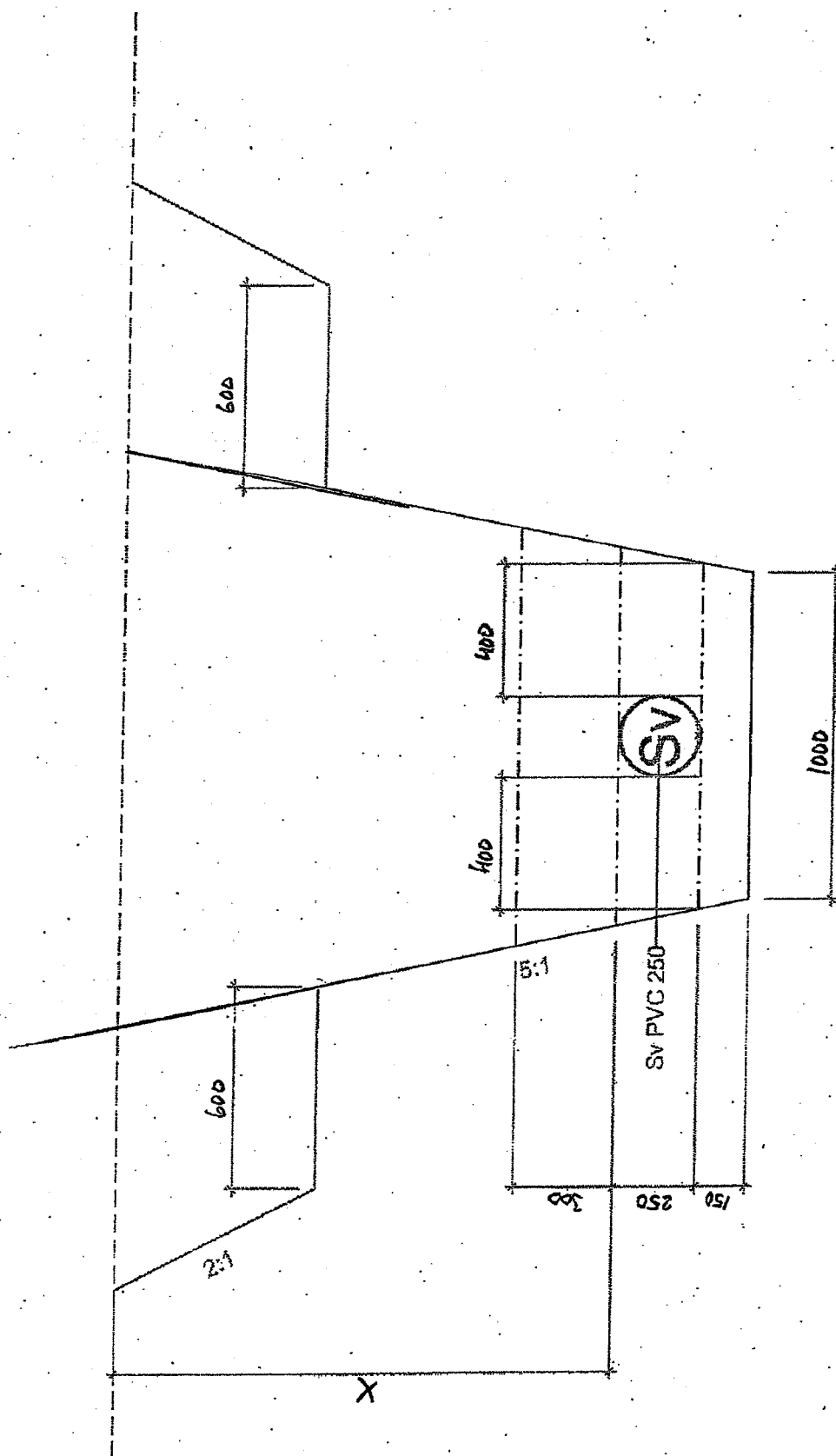


POIKKILEIKKAUS

$\varnothing L = 1000$



KAIVANNON TYYPIPOIKKILEIKKAUS





Massalaskentaraaportti, laaja

Yhteenveto

Väylämalli: Z:\OPETUS\Katu\Katu2\IPS\katu2

Alkupaalu: 650,00
 Loppupaalu: 1000,00
 Päivämäärä: 31.05.2010

Massatyyppi	Suunnitellut massat	Löylymiskerroin	Rakennemassat	Pinta-alat ja pituudet
Tasaus:	m3		m3tr	
Maaleikkaus	3397	1,00	3397	
Kallioleikkaus	0	-	0	
Louhintä	0	-	0	
Täyttö	0	-	0	
Varamaa (import,export):	m3		m3tr	
Maaleikkaus	0	-	0	
Kallioleikkaus	0	-	0	
Täyttö	0	-	0	
Muut massat:	m3			
Massanvaihto	0			
Pintamaa	0			
Kasvillisuus	0			
Nurmetus	0			
Maisemointileikkaus (vasen, oikea)	0			
Maisemointitäyttö (vasen, oikea)	0			
Vieritäyttö (vasen, keskik., oikea)	184			
Pyörästysleikkaus (vasen, oikea)	0			
Pyörästystäyttö (vasen, oikea)	0			
Tasaukseen sisältyvät massat:	m3			
Salaoja, maaleikkaus	0			
Salaoja, kallioleikkaus	0			
Salaoja, täyttö	0			
Maaleikkaus, lisäpinnat (+/- 3.x)	0			
Kallioleikkaus, lisäpinnat (+/- 3.x)	0			
Täyttö, lisäpinnat (+/- 3.x)	0			
Rakennekerrokset	m3			m2
Kulutuskerros	175			4366
Sidottu kerros 1	221			4397
Sidottu kerros 2	0			0
Kantava kerros 1	900			4430
Kantava kerros 2	0			0
Jakava kerros 1	1403			4573
Jakava kerros 2	0			0
Suodatinkerros	1461			4780
Pinta-alat				m2
Keskikaista (Pintaryhmä 0)				0
Ajorata (Pintaryhmä 1)				4016
Piennar (Pintaryhmä 2)				353
Lisäpinnat (Pintaryhmä 3)				0
Ojat (Pintaryhmä 4)				1262
Kallioleikkaus (Pintaryhmä 5)				0
Maaleikkaus (Pintaryhmä 6)				500
Täyttö (Pintaryhmä 7)				62
Väylän pohja, maaleikkaus				4952
Väylän pohja, kallioleikkaus				0
Väylän pohja, täyttö				0
Kallioleikkaus < 1				0
Pituudet				m
Ojat, maaleikkaus				660
Ojat, kallioleikkaus				0
Salaojat, maaleikkaus				0
Salaojat, kallioleikkaus				0
Salaojat, täyttö				0


Novapoint

Water Sewer määräluettelo

Massalaskenta

Projekt: Z:\OPETUS\Katu\Katu2\PRO\katu2Ws

Pvm: 15.9.2010

Kalvanto	Alkupaalu	Loppupaalu	Johto	Pituus (m)	Leikkaus (m3)	Louhintä (m3)	Geotekstiili (m2)	Asennusalueta (m3)	Alkuäyttö (m3)	Loppuäyttö (m3)	Ylläpäämassat (m3)
				Yhteensä:	2495,18	277,31	2841,48	96,29	502,18	2174,02	709,39
Kalvanto1	0,00	40,14	Johto 1 - 2	40,14	189,03	11,60	248,05	7,11	44,65	148,88	56,40
Kalvanto1	40,14	79,84	Johto 2 - 3	39,70	171,00	5,97	212,50	6,28	40,08	130,00	48,51
Kalvanto1	79,84	120,71	Johto 3 - 4	40,87	153,93	5,82	194,87	6,33	27,53	168,28	57,73
Kalvanto1	120,71	160,35	Johto 4 - 5	40,53	163,98	6,27	206,08	7,78	40,55	126,93	50,84
Kalvanto1	160,35	200,69	Johto 5 - 6	40,34	180,95	29,89	185,62	6,22	31,77	162,88	49,85
Kalvanto1	200,69	241,28	Johto 6 - 7	40,59	222,95	20,47	221,06	6,33	37,38	189,72	51,89
Kalvanto1	241,28	281,42	Johto 7 - 8	40,14	255,95	65,94	192,01	6,24	29,60	285,47	82,22
Kalvanto1	281,42	321,21	Johto 8 - 9	39,60	161,97	65,94	147,77	6,16	25,66	198,49	59,16
Kalvanto1	321,21	361,16	Johto 9 - 10	39,97	176,00	5,97	205,30	6,64	40,01	135,33	49,04
Kalvanto1	361,16	401,04	Johto 10 - 11	40,15	230,09	0,41	190,34	6,66	93,91	199,94	40,73
Kalvanto1	401,04	441,13	Johto 11 - 12	39,78	133,60	0,00	169,86	6,43	31,24	95,92	37,67
Kalvanto1	441,13	481,00	Johto 12 - 13	39,87	99,24	0,00	170,28	6,44	31,30	61,50	37,74
Kalvanto1	481,00	520,89	Johto 13 - 14	39,89	137,44	0,00	170,38	6,45	31,32	98,67	37,77
Kalvanto1	520,89	560,44	Johto 14 - 15	39,55	145,25	0,00	168,94	6,39	31,06	107,80	37,45
Kalvanto1	560,44	600,25	Johto 15 - 16	39,80	109,86	4,83	194,33	4,82	26,13	83,24	32,88
				361 m	1681,29	260,86	1719,55	58,64	306,49	1577,02	469,46
				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
				350 m	1630	253	1667	57	297	1529	455

MÄÄRÄLUETTELO KÄSINLASKENNASTA

LIT- TERA	NIMIKE	MÄÄRÄ	YKS.	MIES- TYÖ	MATERIAA- LIT	KONE- TYÖ	KUL- JETUS	ALHAIN- KINTA	YKSIKÖ HINTA	TYÖ HINTA	LITTEA YHT.	MIESTYÖ YHT.	MATERIAA- LIT YHT.	KONETYO YHT.	KULJETUS YHT.	ALHAINKIN- TA YHT.	SOS.KUST. YHT.
10000	YHTEISET TYÖT																
18000	ALLUSTAVAT TYÖT																
	KASVILLISUUDEN JA PINTAMAAN																
18200	POISTO JA RAVAUS	6020	m2tr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
20000	LIIKENNEVÄYLÄTYÖT																
21000	MAALEIKKAUS JA KULJETUS																
	MAALEIKKAUS JA KUORMAUS TAI																
21100	KAIU SIIVULLE	2450	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23000	KUIVATUS- JA RUMPUTYÖT																
	AVO-OJAN JA MAAKAIVANNON																
23100	TEKEMINEN																
	Maankaivu tukemattomasta	880	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23110	kalvansiosta	720	m3itd						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23160	Maamassojen kuljetus								0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23200	KALLOKAIVANNON TEKEMINEN																
	Kallion lirtotus tukemattomasta	200	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23210	kalvannosta																
	Louheen kalvu sivulle tai																
	kuljetusvälineeseen tukemattomasta	395	m3itd						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23230	kalvannosta																
23400	TÄYTTÖTYÖT																
23420	Asemuusalusta	55	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
	- kuitukangas	1490	m2tr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23430	Alkutyöttö	235	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23450	Lopputyöttö	790	m3ktr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23500	HULEVESIVEMÄRIT																
23520	Nuoviputket PVC250	350	mitr						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
23600	KAVOT JA TARKASTUSPUTKET																
23460	Nuoviset hulevesikaivot	9	kpl						0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0

MÄÄRÄLUETTELO KÄSINLASKENNASTA

LIT- TERA	NIMI	MÄÄRÄ	YKS.	MIES- TYÖ	MATERIAA- LIT	KONE- TYÖ	KUL- JETUS	ALIHAN- KINTA	YKSIKÖ HINTA	TYÖ HINTA	LITTEA YHT.	MIES- TYÖ YHT.	MATERIAA- LIT YHT.	KONE- TYÖ YHT.	KULJETUS YHT.	ALIHAN- KINTA YHT.	SOS.KUST. YHT.
26000	PÄÄLYSRAKENNETYÖT.								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26100	TUKIKERROS								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26110	Suodatinkerros	1470	m3tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26120	Jakava kerros	1420	m3tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26200	KANTAVA KERROS								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26210	Kantava kerros murskeesta	890	m3tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26300	PÄÄLYSTEEN SIDOTTU ALKOSA								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26310	Sidekeittos	4410	m2tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26400	KULUTUSKERROS ASFALTISTA								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26410	Aloradan asfalttibetoni	2625	m2tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26450	Pyörätien asfalttibetoni	1750	m2tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
26600	REUNATUET JA KOURUT								0,00		0	0	0	0	0	0	0
26620	Upotettava betoninen reunatuki	350	mtr						0,00		0	0	0	0	0	0	0
27000	VIIMEISTELTYÖT JA ERIKOISLAITTEET								0,00		0	0	0	0	0	0	0
27100	VERHOUKSET								0,00		0	0	0	0	0	0	0
	Lusikaverho	210	m3tr						0,00		0	0	0	0	0	0	0

VIRHETARKASTELU

Nimeke	Novapoint	Käsinlaskenta	Käsinlaskenta vs. Novapoint	Ero-%
Tasokaivu	3397 m3	3668 m3ktr	271 m3	7,4 %
Kanaalikaivu	1630 m3	880 m2ktr	-750 m3	-85,2 %
Louhinta	253 m3	200 m3ktr	-53 m3	-26,5 %
Geotekstiili	1667 m2	1490 m2tr	-177 m2	-11,9 %
Asennusaluista	57 m3	55 m3trtr	-2 m3	-3,6 %
Alkutäyttö	297 m3	235 m3trtr	-62 m3	-26,4 %
Lopputäyttö	1529 m3	790 m3trtr	-739 m3	-93,5 %
Ylijäämämassat	5685 m3	6180 m3ltd	495 m3	8,0 %
Suodatinkerros	1461 m3	1470 m3trtr	9 m3	0,6 %
Jakava kerros	1403 m3	1420 m3trtr	17 m3	1,2 %
Kantava kerros	900 m3	890 m3trtr	-10 m3	-1,1 %
Sidekerros	4397 m2	4410 m2tr	13 m2	0,3 %
Kulutuserros	4366 m2	4375 m2tr	9 m2	0,2 %
Luisuverhouk	184 m3	210 m3trtr	26 m3	12,4 %
			Keskimäärin	-15,6 %

HUOMII

HUOMII

Nimeke	Novapoint	Käsinlaskenta	Käsinlaskenta vs. Novapoint	Ero-%
Tasokaivu	3397 m3	3668 m3ktr	271 m3	7,4 %
Kanaalikaivu	1630 m3	880 m2ktr	-750 m3	-26,5 %
Louhinta	253 m3	200 m3ktr	-53 m3	-11,9 %
Geotekstiili	1667 m2	1490 m2tr	-177 m2	-3,6 %
Asennusaluista	57 m3	55 m3trtr	-2 m3	-26,4 %
Alkutäyttö	297 m3	235 m3trtr	-62 m3	
Lopputäyttö	1529 m3	790 m3trtr	-739 m3	8,0 %
Ylijäämämassat	5685 m3	6180 m3ltd	495 m3	0,6 %
Suodatinkerros	1461 m3	1470 m3trtr	9 m3	1,2 %
Jakava kerros	1403 m3	1420 m3trtr	17 m3	1,2 %
Kantava kerros	900 m3	890 m3trtr	-10 m3	-1,1 %
Sidekerros	4397 m2	4410 m2tr	13 m2	0,3 %
Kulutuserros	4366 m2	4375 m2tr	9 m2	0,2 %
Luisuverhouk	184 m3	210 m3trtr	26 m3	12,4 %
			Keskimäärin	-3,3 %

HUOMII

HUOMII

KUSTANNUSVAIKUTUS

Laskentatapa	Tarjoussumma (alv. 0%)	Ero käsinlaskettuun	Ero-%
Novapoint	215413 €	4534 €	2,2 %
Käsinlaskenta	210879 €		
Novapoint (korjattu)	210412 €	-467 €	-0,2 %