

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

**Svetlana Larionova**

**Väyläsuunnittelu ja väylän geometria- ja viivamallin  
tiedonsiirto Citycad-suunnittelujärjestelmässä**

Insinööritö 3.6.2009

Ohjaaja: projektipäällikkö Juha Liukas  
Ohjaava opettaja: yliopettaja Vesa Rope

Tekijä Otsikko	Svetlana Larionova Väyläsuunnittelu ja väylän geometria- ja viivamallin tiedonsiirto Citycad-suunnittelujärjestelmään.
Sivumäärä Aika	48 sivua 3.6.2009
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	projektipäällikkö Juha Liukas yliopettaja Vesa Rope
<p>Työssä selostetaan Citycad-järjestelmän väyläsuunnittelun perusteet, joihin kuuluvat väylän vaak- ja pystygeometrian suunnittelu, poikkileikkauksen suunnittelu sekä väylän rakenne- ja viivamallin muodostaminen. Citycad-ohjelma on Sito Tietotekniikka Oy:n oma kattava suunnittelujärjestelmä, joka perustuu yhdyskuntasuunnitteluun ja erityisesti liikenneväylien suunnitteluun.</p> <p>Väylän rakennemalli on siirrettävissä Citycadistä muihin ohjelmiin viiva- ja pintamalleina käyttämällä joko vakiintuneita tekstiformaatteja tai uutta XML-pohjaista Inframodel-menetelmää. Lisäksi työssä perehdyttiin väylän geometria- ja viivamallin tiedonsiirtoon työmaamittausten tarpeisiin 3DWin-ohjelmaan sekä kansainvälisesti yleisesti käytettyihin CAD-ohjelmistoihin.</p> <p>Työmaamittauksia varten testattiin Citycadin tuottaman viivamallin siirto 3DWin -ohjelmaan perinteistä tekstiformaattia käyttäen. 3DWin on suomalainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu ohjelma. 3DWin-ohjelman avulla tekstiformaatti on helposti siirrettävissä maastotallentimiin ja takymetreihin.</p> <p>Inframodel perustuu kansainväliseen LandXML-standardiin. Inframodel-menetelmässä on LandXML-standardin käyttö tarkennettu erityisesti suomalaisen käytännön tarpeiden pohjalta. Inframodel projektin tarkoituksena oli kehittää yksi yhtenäinen tiedostonsiirtoformaatti eri suunnitteluohjelmien välille.</p> <p>Inframodel-menetelmän soveltuvuutta väylän geometria- ja viivamallin tiedonsiirrossa testattiin Bentleyyn Civil Extensio InRoads- sekä Autodeskin Civil 3D-ohjelmissa. Civil Extension InRoads on Bentleyyn oma väyläsuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. Civil 3D on AutoCADin laaja yhdyskuntasuunnitteluun käytetty ohjelma. Molemmat edellä mainitut ohjelmat tukevat ja kehittävät LandXML-standardia.</p>	
Hakusanat	väyläsuunnittelu, vaakageometria, pystygeometria, poikkileikkaus, tielaitosformaatti, LandXML, Inframodel

Author Title	Svetlana Larionova Road planning, road geometry and data transfer in Citycad planning structure
Number of Pages Date	48 3 June 2009
Degree Programme	Land Surveying Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Juha Liukas, Project Manager Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The aim of this study was to design a road by using Citycad software. Road planning is based on horizontal geometry design, vertical curve design, crosscut and superstructure. Citycad is professional design software in the field of civil engineering and especially in road planning. Citycad is owned and created by Sito Tietotekniikka Oy.</p> <p>The aim of this study was to transfer road superstructure. Road superstructure model can be transformed from one software to another by using original text format or new Inframodel system. The aim of this paper was to import road superstructure data to 3DWin program and internationally used CAD -softwares.</p> <p>3DWin is a Finnish software for civil engineering. With 3DWin software road geometry and superstructure data can be easily transferred to different terrain instruments by using original text format.</p> <p>LandXML is an XML language for land survey and construction. LandXML is an open source data exchange file format for transferring data. Inframodel system is based on LandXML -standard. The aim of the Inframodel project was to create an open and common infra-data model between different software systems.</p> <p>The main goal of this study was to explore the Inframodel system when transferring road data. Data transfer in Civil 3D and InRoads softwares was tested. Autodesk Civil 3D and Bentley Civil Extension InRoads have both been created as solutions for civil engineering and transportation projects. These two programs support and develop the LandXML standard.</p>	
Keywords	road planning, horizontal geometry, vertical geometry, LandXML, Inframodel

# SISÄLLYS

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto .....	6
2	Vaakageometria.....	7
2.1	Vaakageometrian suunnittelu Citycad-ohjelmassa.....	7
2.1.1	Suora .....	8
2.1.2	Kaari.....	9
2.1.3	Siirtymäkaari .....	9
2.2	Elementtien kiinnitystavat .....	10
3	Pystygeometria.....	12
3.1	Yleistä pystygeometriasta.....	12
3.2	Pystygeometrian suunnittelu Citycad-ohjelmassa.....	12
4	Poikkileikkaus .....	14
4.1	Poikkileikkauksen mitat .....	14
4.1.1	Ajorata.....	15
4.1.2	Piennar .....	15
4.1.3	Keskialue.....	16
4.1.4	Luiskat ja sivuojat .....	16
4.2	Normaalipoikkileikkaukset.....	17
4.3	Poikkileikkauksen suunnittelu Citycad-ohjelmassa .....	17
4.3.1	Normaaliarvon muutos.....	17
4.3.2	Paalulukkohtaiset muutokset.....	18
4.3.3	Toimenpiteet .....	18
5	Viivamalli.....	20
5.1	Viivamallin muodostus.....	20
5.2	Tielaitosformaatti .....	21
6	3DWin.....	23
6.1	Viivamallin tiedonsiirto 3DWin-ohjelmaan .....	23
6.2	Tulostus .....	24
7	LandXML.....	25
7.1	XML .....	25
7.2	InfraModel.....	25

8	InfraModel-väylämalli .....	27
8.1	Vaakageometria .....	28
8.1.1	Suora .....	28
8.1.2	Kaari .....	29
8.1.3	Siirtymäkaari .....	29
8.1.4	Viivaketju .....	30
8.2	Pystygeometria .....	30
9	Geometria- ja viivamallin muunnos Inframodel-formaattiin .....	32
9.1	Tiedonsiirrossa havaitut ongelmat .....	33
9.1.1	Civil Extension InRoads .....	33
9.1.2	AutoCAD Civil 3D .....	34
10	Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto CAD-ohjelmiin .....	35
10.1	Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto InRoads-ohjelmaan .....	35
10.2	Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto Civil 3D-ohjelmaan .....	37
10.2.1	Tiedonsiirto .....	37
10.2.2	Poikkileikkauksen muodostus .....	38
11	Yhteenveto .....	40
	Lähteet .....	43
	Liitteet .....	46
	Liite 1: Vaakageometria .....	46
	Liite 2: Pystygeometria .....	46
	Liite 3: Siirtotiedostoesimerkki, Vg-tiedosto ja Pg-tiedosto .....	47
	Liite 4: Siirtotiedostoesimerkki, XML-tiedosto .....	48

## 1 Johdanto

Citycad on kattava yhdyskuntatekniikan suunnittelujärjestelmä. Se on tarkoitettu suunnittelutoimistojen ja kuntien työvälineeksi. Citycad on Sito Tietotekniikka Oy:n omistama ja kehittämä yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. Citycadin yksi vahvimista puolista on väyläsuunnittelu.

Työssä perehdyttiin väylän geometriseen suunnitteluun, jotka ovat vaakageometrian, pystygeometrian ja väylän poikkileikkauksen suunnittelu. Geometriseen suunnitteluun liittyy väylän sovittaminen maastoon ja kaikkia mainittuja geometrisen suunnittelun osalualueita on suunnittelussa tarkkailtava samanaikaisesti. Väylälle muodostettiin myös rakenne- ja viivamallit tiedonsiirtoa varten. Tiedonsiirto testattiin 3DWin-ohjelmaan sekä perinteisesti käytettyihin CAD-suunnitteluohjelmiin.

Tiedonsiirtoa varten väylän viivamallista muodostettiin perinteinen tekstiformaatti. Tielaitosformaatti on useimpien suunnittelu- ja mittausohjelmistojen käyttämä yleinen ja yksinkertainen tiedonsiirtoformaatti, jolla data on helposti siirrettävissä ohjelmien välillä. Citycad tuottaa väylän viivamallin tielaitosformaatissa. Tekstiformaatin tiedoston siirto testattiin 3DWin-ohjelmaan. Suunnittelijat käyttävät 3DWin-ohjelmaa tarkistaakseen väylän suunnittelun oikeellisuutta työmaamittauksia varten. 3DWin-ohjelman avulla väylän viivamalli on helposti siirrettävissä erilaisiin maastotallentimiin ja takymetreihin.

Lisäksi työssä tutkittiin LandXML-kuvauskielen soveltuvuutta infrasuunnittelun väylien (tie, rata, katu) geometria- ja viivamallin tiedonsiirtoa varten. Tiedonsiirto tapahtuu uudella XML-pohjaisella Inframodel menetelmällä. Inframodel projektin tavoitteena on tuottaa erityisesti suomalaisen yhdyskuntasuunnitteluun dokumentoitu LandXML-tiedonsiirtostandardi, jota sovelletaan suunnitelmatason tiedonsiirron tehostamiseen suunnittelujärjestelmien välillä. Tiedonsiirto tapahtuu kansainvälisesti käytettyihin CAD-ohjelmiin, kuten Bentley'n Civil Extension In Roads ja Autodeskin Civil 3D.

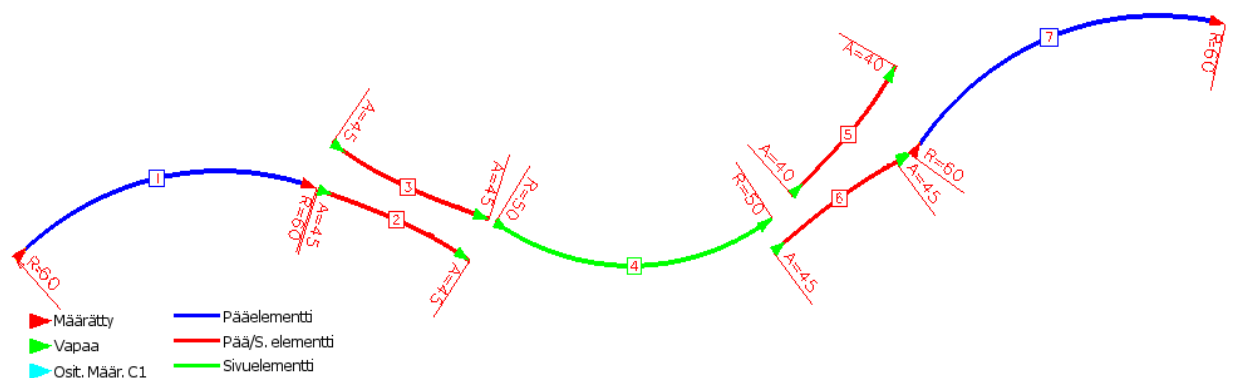
## 2 Vaakageometria

Tiesuunnittelussa olennaisinta on tien sovittaminen maastoon eli tien sijainti määritetään ympäristöolojen perusteella. Vaakageometriassa suunnitellaan tien sijaintia ja muotoa hahmotellaan suunnitelmakartalle. Geometrisessa suunnittelussa väylän sijainti määritetään liikenteellisten näkökohtien mukaan. Väylä pyritään sijoittamaan korkeussuhteiltaan edullisiin maastokohtiin, ottaen huomioon mitoitusnopeus, sallittu enimmäispiituskaltevuus ja pysähtymismatka sekä näkemävaatimukset.

Vaakageometrialla varmistetaan turvallisin ja toimivin väylän sijainti, muun muassa riittävät näkymät. Miellyttävä väylän linjaus seuraa maiseman ja rakennetun ympäristön elementtejä. Vaakageometriassa kiinnitetään huomiota näkemiin, optiseen ohjaukseen, väylän ulkonäköön ja sen sovittamiseen maastoon ja maankäyttöön. /1, s. 42./

Väylän geometria koostuu suorista, kaarista ja siirtymäkaarista (klotoidesta) joilla muodostetaan varsinainen tielinja. Varsinainen linjaus muodostuu peräkkäisistä koordinaatteihin sidotuista elementeistä. Jokaisella elementillä on oma geometrinen muotonsa, joka vaikuttaa sille ominaisella tavalla ajodynamiikkaan, näkemäoloihin ja tien ulkonäköön.

### 2.1 Vaakageometrian suunnittelu Citycad-ohjelmassa



Kuva 1. Vaakageometrian hahmottelu

Citycad-ohjelma suorittaa linjan vaakageometriasuunnittelun ja laskennan. Linja hahmotellaan graafisesti suunnittelukartalle elementeistä, jolloin ohjelma suorittaa linjan laskennan niveltäen toisiinsa elementeille määritettyjä kiinnityspisteitä ja muita määrittäjä. Linjan graafisen suunnittelun esimerkki on kuvattu *kuvassa 1*.

Linjan suunnittelussa käytettävät elementit ovat suoraa, ympyrän kaaria ja klotoidia. Elementit hahmotellaan kuvaruudulle graafisesti. Citycadissä annetuista elementeistä muodostetaan ryhmät, jotka voidaan liittää toisiinsa mielivaltaisesti, mikäli tehtävä on matemaattisesti ratkaistavissa. Laskennan tuloksena saadaan linjan elementtien pääpisteiden säteet, pituudet ja koordinaatit, päätangenttien suuntakulmat ja niiden koordinaatit, ympyröiden keskipisteiden koordinaatit sekä klotoidin parametri  $A$ . Linjan paalulukua määrätään linjan määrittelyn yhteydessä.

Koordinaatistona käytetään suorakulmaista geodeettista koordinaatistoa ( $x$  positiivinen suunta pohjoiseen,  $y$  positiivinen suunta itään). Koordinaatit, säteet, parametrit ja pituudet ilmoitetaan metreissä (desimaalipiste metrien jälkeen) ja suuntakulmat 400-järjestelmässä (graadeina).

Yksiajorataisilla teillä mittalinja on yleensä ajoradan keskikohta. Jos tie koostuu useammasta kuin kahdesta ajoradasta mittalinja osoittaa joko keskikaistan keskikohdan tai on vakioetäisyydellä toisen ajoradan keskiviivasta. /2, s. 75./

### 2.1.1 Suora

Suora on näköolosuhteiden kannalta erittäin hyvä tielinjan elementti. Suoran läheisyydessä sijaitsevat esteet eivät rajoita näkymää tien suunnassa. Pitkillä matkoilla suoraa on yksitoikkoista ja väsyttävää ajaa. Pitkä suora saattaa lisäksi houkutella kuljettajaa ajamaan ylinopeutta. Suunnittelijan näkökulmasta suoraa on helppo suunnitella, se on helposti ja tarkasti piirrettävissä, laskettavissa ja merkittävissä maastoon. Suora soveltuu parhaiten tasaiseen maastoon, mäkisessä maastossa suoraa tielinjaa käyttäen ei yleensä voida saavuttaa tien ja maaston sopuisuutta.



Suoran enimmäispituudeksi on suositeltu moottoriteillä ja muilla neli- tai useampikais-  
taisilla teillä 3 000 m. Kaksikaistaisilla teillä suoran enimmäispituus on 2 000 m. /3, s.  
44./

### 2.1.2 Kaari

Kaari on tiesuunnittelun pääelementti ja useimmiten paljon parempi kuin suora. Ympyrä on yksinkertainen kaari. Sillä on kaikkialla sama säde ja sama kaarevuus. Kaarta suunniteltaessa on kiinnitettävää erityisistä huomiota säteen valintaan, joka vaikuttaa ajodynaamisiin ja optisiin näkökohtiin. /1, s. 83./ Säde on ympyrän parametri, sädettä muuttamalla ympyrä saadaan sovitetuksi monenlaisiin maasto- ja liikenneolosuhteisiin. Ympyränkari on valittava siten, että ajoneuvoon vaikuttavat sivusuuntaiset voimat eivät ylitä ajoturvallisuutta. Tienlinjan kaarteiden kohdalla on oltava riittävät näkemät. /3, s. 44./ Leveällä tiellä on suositeltavaa käyttää suurempaa sädettä kuin kapealla tiellä. /1, s. 89./

### 2.1.3 Siirtymäkaari

Siirtymäkaari on kaari, jonka säde muuttuu vähitellen. Sen tarkoituksena on saavuttaa joustava siirtyminen suoran ja ympyräkaaren ja toisaalta erisäteisten ympyräkaarien välillä. Klotoidi tekee mahdolliseksi joustavan siirtymisen ympyräkaarelta toiselle tai ympyräkaarelta suoralle. Siirtymäkaaren käyttö perustuu myös ajoturvallisuuden ja ajomukavuuden parantamiseen.

Tiesuunnittelussa käytetään klotoidia siirtymäkaarena. Klotoidi on spiraali, jonka kaarevuus kasvaa jatkuvasti suoraan verrannollisena kaareen pituuteen.

$$R \times L = A^2 \tag{1}$$

$A$  on klotoidin parametri. Kaikki klotoidit ovat yhdenmuotoisia, parametri  $A$  määrää niiden koon. Jos parametri  $A$  muuttuu, kaikki mitat muuttuvat suoraan verrannollisena

parametriin, mutta mittojen suhteet säilyvät muuttumattomana.  $L$  on klotoidin kaaren pituus alkupisteestä lähtien.  $R$  on säde kohdassa, johon kaaren pituus on mitattu (kuva 2.)

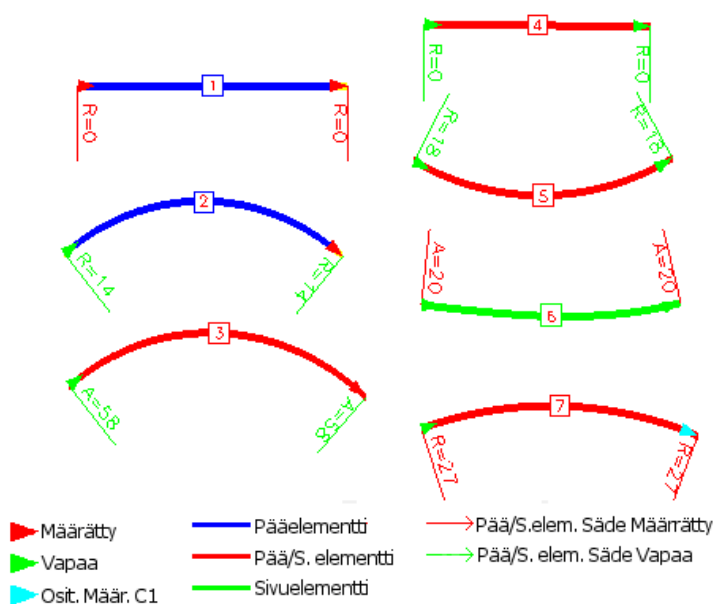


Kuva. Klotoidin esimerkki

Siirtymäkaarella parannetaan liikenneturvallisuutta, sillä ajoneuvon ohjaus helpottuu ja mielenkiinto ajotapahtumaan säilyy. Siirtymäkaarella parannetaan tien ulkonäköä ja tie saadaan sopimaan paremmin maastoon.

## 2.2 Elementtien kiinnitystavat

Citycadissä elementit jaetaan kiinnitystapojen mukaan määrättyihin pääelementteihin, osittain määrättyihin pääelementteihin, määrättyihin sivuelementteihin ja vapaisiin sivuelementteihin. Kuvassa 3 on esimerkkejä elementtien erilaisista kiinnitystavoista. Merkintätapa  $R=0$  tarkoittaa, että  $R$  on ääretön.



Kuva 2. Elementtien kiinnitystavat

Pääelementti on yhdestä tai kahdesta pisteestä määrätty elementti ja sivuelementti on molemmista kiinnityspisteistä vapaa elementti. Laskennassa tulee olla vähintään kaksi pääelementtiä, joista toisen tulee olla määrätty pääelementti.

Määrätty elementti on molemmista kiinnityspisteistä määrätty elementti. Elementin pituus on joko vapaa tai määrätty. Laskettu linja kulkee elementin kautta tai sivuaa kyseistä elementtiä. Osittain määrätty pääelementti on toisesta kiinnityspisteestä määrätty elementti. Laskettu linja kulkee määrätyn kiinnityspisteen kautta.

Määrätty sivuelementti on molemmista kiinnityspisteistä vapaa elementti, jonka pituus, alku- ja loppusäde sekä parametri on määrätty. Vapaa sivuelementti eli sovitus-elementti on molemmista kiinnityspisteistä vapaa elementti, jonka pituus ja säde ovat vapaat.

### **3 Pystygeometria**

#### **3.1 Yleistä pystygeometriasta**

Pystygeometrialla suunnitellaan linjan korkeusasema eli tasaus. Tasausviivalla tarkoitetaan tien pinnan korkeusvaihtelua tien pituussuunnassa osoittavaa kuvaajaa. Tasauksessa tulee pyrkiä mahdollisimman pieniin korkeuseroihin; sen muoto riippuu maaston korkeussuhteista, tien luokasta ja liikennemääristä. Tasauksen suunnitteluun vaikuttaa myös sivukalteva maasto. Tasaus muodostuu suorista ja kaarista, jotka sidotaan vaakageometriaan paaluluvun avulla.

Yksiajorataisilla teillä tasausviiva osoittaa ajoradan keskikohdan teoreettisen korkeuden. Jos ajoratojen keskellä on keskikaista, tasaus sijoitetaan keskikaistan keskelle. Useampiajorataisella väylällä voi kaikilla ajoradoilla olla yhteinen tasaus tai kaikilla oma tasaus. Eri tasaukset ovat välttämättömiä, jos ajoradat halutaan sijoittaa eri korkeuksille, esimerkiksi autotie ja kevyenliikenteenväylä. /1, s. 104./ Pystygeometrian suunnitteluun liittyy myös maarakennusmassojen tasapainotarkastelu ja rakenteen poikkileikkauksen tilantarpeen tarkastelu.

#### **3.2 Pystygeometrian suunnittelu Citycad-ohjelmassa**

Tasausviivan suunnittelussa on otettava huomioon tien sopeutuminen maastoon siten, että maastotyöt ja niistä aiheutuvat kustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Citycad-ohjelmalla suoritetaan linjamaisten suunnittelukohteiden pystygeometrian ja sivukaltevuuksien suunnittelu ja laskenta.

Tasausviivan suunnittelussa käytetään kahta elementtiä, suoraa ja pyöristyskaarta eli ympyräkaarta. Siirtymäkaarta ei tasausviivan suunnittelussa yleensä tarvita, koska taitekulmat ovat pieniä. Citycadissä taiteviiva luodaan lisäämällä taiteviivoja, joita pyöristetään taitteista. Tasauksen suunnittelu tapahtuu graafisesti lisäämällä taitepisteitä ja

määrittämällä taitepisteille korkeudet, pyöristyssäteet ja kaltevuudet. Pyöristyskaarella pyöristetään tasausviivan suorien osien ja niiden jatkeiden taitekohdat.

Tasausviiva suunnitellaan väylän pituusleikkaukseen, jossa näkyvät myös maaston korkeusvaihtelut (maanpinta ja kallionpinta). Citycad-ohjelmassa linjan pystygeometrian suunnittelu tapahtuu omassa profiili-ikkunassa, johon interpoloidaan mahdolliset maasto- ja muut pinnat. Profiili-ikkunasta suunnittelija pystyy tarkastamaan maanpinnan korkeuden tai tasausviivan ja maanpinnan korkeuden samanaikaisesti.

Tasauksessa on otettava huomioon myös ajoradan pituuskaltevuus kuivatussyistä. Ajoradan pitää pysyä kuivana, jotta liikenne ei vaarantuisi. Kuivumisen vuoksi tulisi tiellä olla 1 %:n minimikaltevuus. Tasausviivaa suunniteltaessa on pyrittävää siihen, ettei pituuskaltevuus ylitä 3 %. Suurin yksipuolinen sivukaltevuus on 8 %. /4/

## 4 Poikkileikkaus

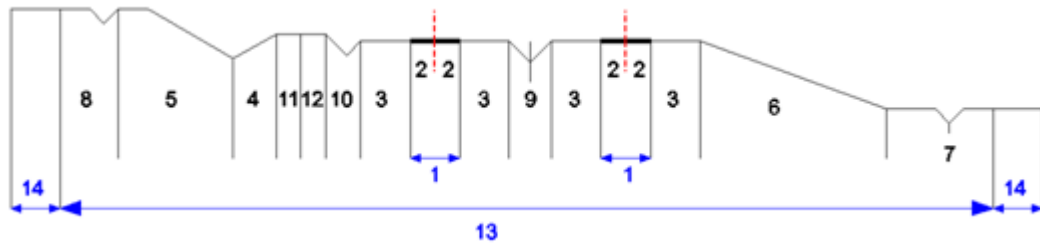
Poikkileikkaus kuvaa tilannetta tietyllä paaluluvulla, sisältäen myös ajoratojen kaltevuudet. Väylän poikkileikkauksen tulee pysyä samalla tiellä samanlaisena tai se saa vaihdella harvoin ja vähän, toisin kuin tielinja ja tasausviiva, jotka muuttuvat jatkuvasti. Poikkileikkauksen suunnittelussa on pyrittävää välttämään lyhyin välimatkoin tapahtuvia poikkileikkauksen muutoksia.

Poikkileikkaus koostuu osista joiden mittoja voidaan muuttaa. Osilla voi olla leveys-, etäisyys- ja paksuus- tai kaltevuusmitat. Mittalinja sijaitsee aina vasemman ja oikean ajokaistan välisessä taitteessa. Poikkileikkauksen leveyden määrää liikenne. /1, s. 19./ Poikkileikkauksen suunnittelussa väylälle pyritään antamaan sellaiset mitat, että tien käyttö olisi turvallista ja sujuvaa.

Suunnittelutyön helpottamiseksi ja ennen kaikkea keskenään liikenneteknisessä mielessä samanarvoisten väylien mitoituksen pitämiseksi yhdenmukaisena käytetään yleensä tiettyjä normaalipoikkileikkauksia /1, s. 19./ Linjaa perustettaessa Citycad-ohjelmalla haetaan poikkileikkauksen osien mitat tyyppiarvokirjastosta ajotilan tunnuksen perusteella ja tallennetaan tietokantaan linjan tyyppiarvoiksi. Linjan tyyppiarvot eivät muutu, jos tyyppiarvokirjasto myöhemmin muutetaan.

### 4.1 Poikkileikkauksen mitat

Poikkileikkauksen mitoitusperusteita ovat mitoitusliikenne (liikennemäärät), mitoitusnopeus ja ajoneuvojen tarvitsema liikennetilä ja vapaa tilä. Liikennetilällä tarkoitetaan päällysteiden leveyttä. Vapaa tilään otetaan huomioon liikennetilä ja sen sivuilla sekä yläpuolella olevista varmuus etäisyyksistä. /2, s. 64./ *Kuvassa 4* on esitetty poikkileikkauksen mitat, joita selitetään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.



Kuva 3. Poikkileikkauksen mitat /2, s. 64/

- |               |                 |                  |
|---------------|-----------------|------------------|
| 1. Ajourata   | 6. Pengerluiska | 11. Jalkakäytävä |
| 2. Ajokaista  | 7. Sivuoja      | 12. Pyörätie     |
| 3. Piennar    | 8. Niskaoja     | 13. Tiealue      |
| 4. Sisäluiska | 9. Keski-alue   | 14. Suoja-alue   |
| 5. Ulkoluiska | 10. Väli-kaista |                  |

#### 4.1.1 Ajourata

Suunniteltaessa ajoradan leveyttä tulee ottaa huomioon nopeat ja leveät ajoneuvot. Ajoradan leveyden tulee olla siis suurempi kuin leveimmän tyyppiajoneuvon leveys, mutta korkeintaan yhtä leveä kuin kapeimman tyyppiajoneuvon kaksinkertainen leveys. /1, s. 30./

#### 4.1.2 Piennar

Piennar on ajorataan liittyvä tien pinnan osa, joka lisää liikenneturvallisuu-utta. Piennar mahdollistaa pysähtyvälle ajoneuvolle mahdollisuuden siirtyä pois ajoradalta muun liikenteen tieltä. Pientareen leveyteen vaikuttaa pientareen päällyste, väylätyyppi, liikennemäärä ja ajonopeus. /2, s. 65./

Ajoratojen lisäksi kansainväliset tiet varustetaan vähintään 2,5 m:n levyisillä pientareilla /4/. Tien rakenteelliselta kannalta pientareella on merkittävä vaikutus tierakenteen sivutukena. Yli 2 m leveä piennar parantaa turvallisuutta, mikäli se on leveämmältä osalta nurmetettu ja kallistettu enemmän kuin muu piennar. Liian leveä piennar houkuttelee autoilijoita käyttämään piennarta ajokaistana. /1, s. 30./

Reunatuettomassa poikkileikkauksessa pientareen kokonaisleveyteen lasketaan myös tukipiennar. Tukipiennar on yleensä päällystämätön ja 0,25 m leveä. /2, s. 65./

#### **4.1.3 Keskialue**

Keskialueen tehtävänä on erottaa kaksi- tai useampijorataisilla teillä eri ajosuunnat toisistaan ja sillä tavalla lisätä liikenneturvallisuutta. Keskialuetta käytetään neli- tai useampikaistaisilla väylillä sekä kaksikaistaisilla väylillä lyhyillä osuuksilla. Sen tulee olla mitoiltaan ja muodoltaan sellainen, että kohtaamisonnettomuudet pystytään välttämään. /1, s. 31./ Keskialuetta käytetään lähinnä liikenneturvallisuuden, tien kunnossapitoon, valaistuksen ja ulkonäön takia, ja se vähentää myös häikäisyä. Keskialue voi olla viheralue, sora- tai asfalttipäällysteinen, korotettu tai kaiteellinen. /2, s. 64./

Välikaistalla pyritään vaikuttamaan kevyenliikenteen turvallisuuteen, sitä käytetään yleensä moottoriajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen väylien välissä.

#### **4.1.4 Luiskat ja sivuojat**

Yleensä käytetään jyrkkää tai loivaa luiskan kaltevuutta. Loivaluiskaista pengertä käytetään yleisemmin vapaassa maastossa. Jyrkkäluiskaista pengertä käytetään kun se on suuren pengerkorkeuden takia loivaluiskaista muotoa taloudellisempi. /1, s. 33./ Luiskien ja sivuojan muotoilulla sekä raivauksella ja kaiteilla voidaan lieventää suistumisonnettomuuksia.

Sivuojan tulisi olla turvallisuus- ja ulkonäkösyistä olla matala ja pyöristetty. Sivuojia käytetään pintavesien kokoojiksi. /1, s. 33./



## **4.2 Normaalipoikkileikkaukset**

Normaalipoikkileikkauksilla tarkoitetaan yleisesti suunnitteluun käytettäviä tien poikkileikkauksia. Normaalipoikkileikkauksille on annettu niiden muotoa ja käyttötarkoitusta osoittavat tunnuksot. Niiden pieni lukumäärä helpottaa poikkileikkauksen valintaa ja autoilijoiden ei sovitaa ajotapansa liian moniin tietyypppeihin.

Väylää perustettaessa Citycadissä valitaan tien poikkileikkauksen normaaliarvot. Normaalipoikkileikkauksen tunnuksen perään ohjelma hakee poikkileikkauksen kaltevuus- ja leveysmitat kirjastosta. Poikkileikkauksien oletusarvot ovat tallennettu tyyppiarvokirjastoon, jossa ne tässä vaiheessa siirretään väylän normaaliarvoiksi. Esimerkiksi normaalipoikkileikkaus 11/7,5 tarkoittaa 11 metriä tien pinnan leveyttä ja 7,5 metriä ajoradan leveyttä.

## **4.3 Poikkileikkauksen suunnittelu Citycad-ohjelmassa**

Citycadissä alkutilanteessa poikkileikkauksen normaaliarvot ovat samat kuin tyyppiarvot (linjaa perustaessa poikkileikkauksikirjastosta luetut arvot). Citycadissä poikkileikkauksen suunnittelu tapahtuu normaaliarvomuutoksella, paalulukukohtaisilla muutoksilla ja toimenpiteillä.

### **4.3.1 Normaaliarvon muutos**

Normaaliarvo sisältää poikkileikkauksen tyyppiarvokirjaston oletusarvot. Normaaliarvon muutos korvaa osan tyyppiarvon koko linjan alueella. Muutoksen voi asettaa niin, että se on voimassa ajotilojen molemmilla puolilla tai ainoastaan ajotilan toisella puolella.

### 4.3.2 Paalulukukohtaiset muutokset

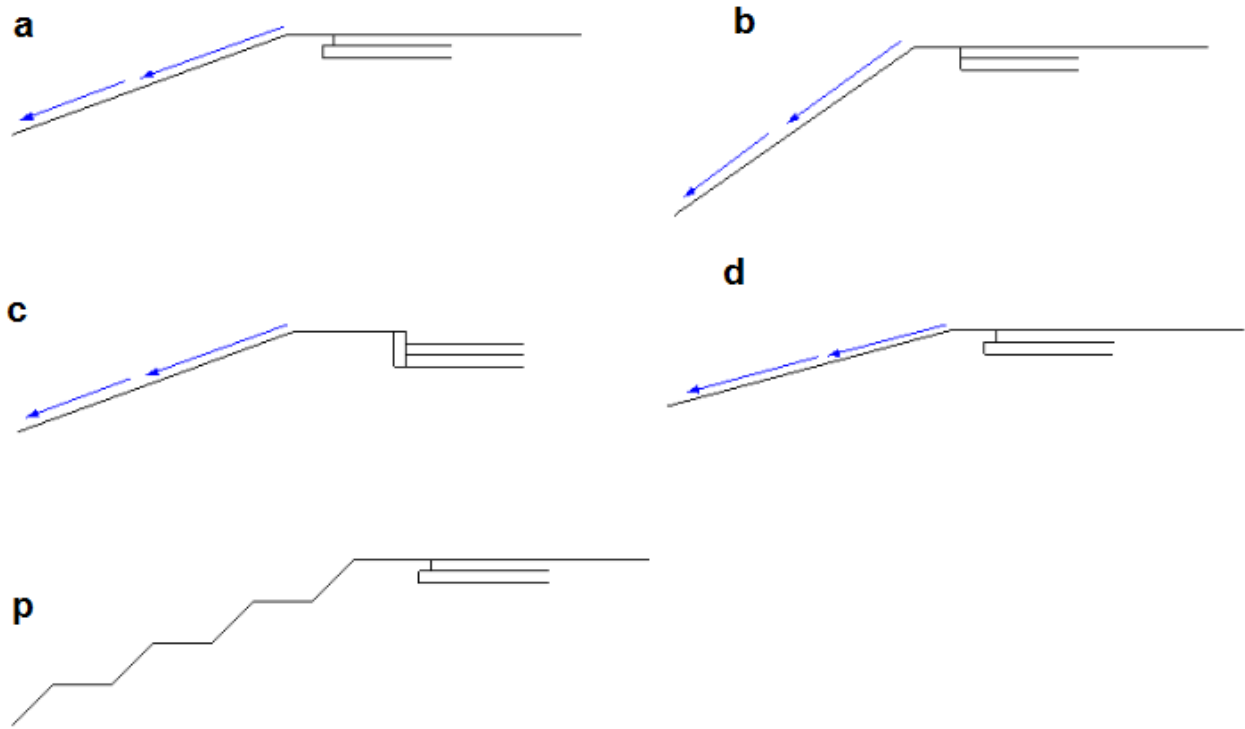
Poikkileikkauksen normaaliarvoja voi muuttaa myös paalulukukohtaisilla muutoksilla muuttamalla normaaliarvoja halutuilla paalulukuväleillä. Poikkileikkaus saa vaihdella harvoin, jolloin mittojen muutos pitää tapahtua vähitellen. Poikkileikkauksen kohdilla (ulkoluiska, sisäluiska, ajotila jne.) on erilaisia tyyppejä, jotka määräytyvät joko maasto-olosuhteiden tai suunnittelijan määrittäminä toimenpiteinä.

### 4.3.3 Toimenpiteet

Toimenpiteillä määrätään haluttu toimenpidetyyppi (rakennetyyppi) voimaan paaluväleittäin. Poikkileikkauksen muutoskohtia on mm. tien- tai poikkileikkaustyyppin tai muodon muutoksesta (sivukaltevuus, reunatuki), lisäkaistat, liittymät, ajoradan kaarrenlevennys, kaksiajorataisen tien keskialueen leveyden vaihtelu.

Ajotilan tyyppejä ovat loivaluiskaiset tyypit  $a$  ja  $d$ , jyrkkäluiskainen tyyppi  $b$ , reunakivellinen tyyppi  $c$  ja porrastettu tyyppi  $p$  (kuva 5). Kullakin tyypillä on omat ajotilan leveyden arvot. Esimerkiksi sisäluiskaan ja ajotilaan vaikuttava poikkileikkauksen ulkoinen muoto on erikseen määritettävää voimaan halutuille paalulukuväleille. Toimenpiteillä on yleensä voimassa jokin oletustyyppi, kuten poikkileikkauksen ulkoisella muodolla on tyyppi  $a$ , joten vain oletusarvosta poikkeavat osuudet on asetettavaa voimaan toimenpiteillä.

On toimenpiteitä, joilla ei ole oletustyyppiä (esimerkiksi päällysrakenteen sisäinen rakenne). Tässä tapauksessa päällysrakenteeseen ei tule sisäisiä luiskia, ellei toimenpiteillä aseteta jokin sisäisen rakenteen tyyppiä voimaan.



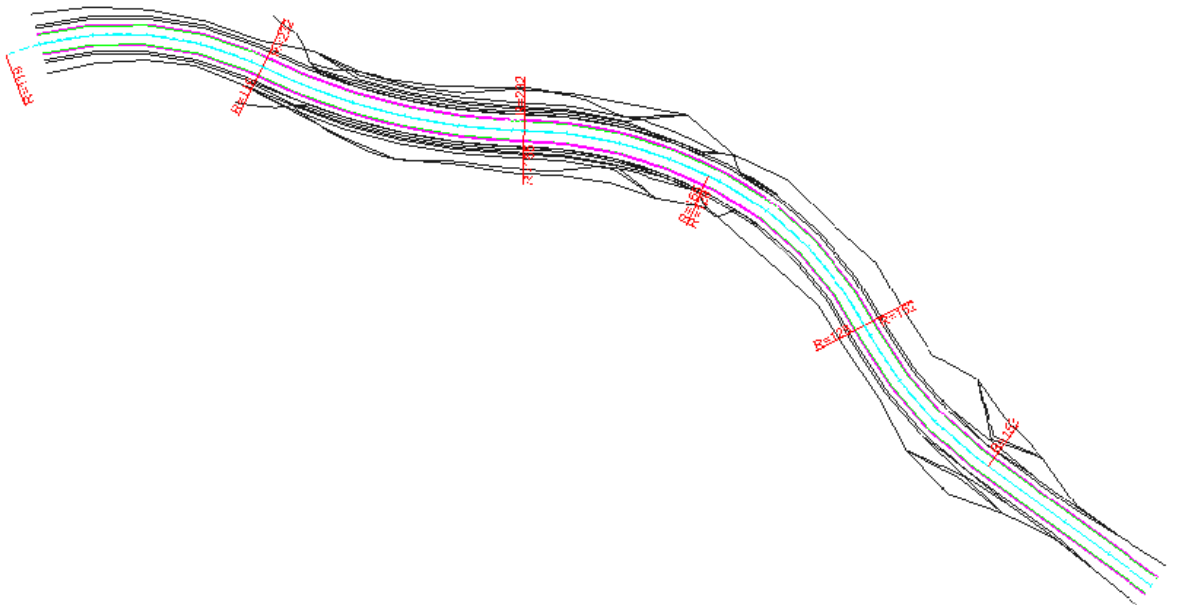
*Kuva 4. Ajotilan tyypit a, b, c, d ja p*

## 5 Viivamalli

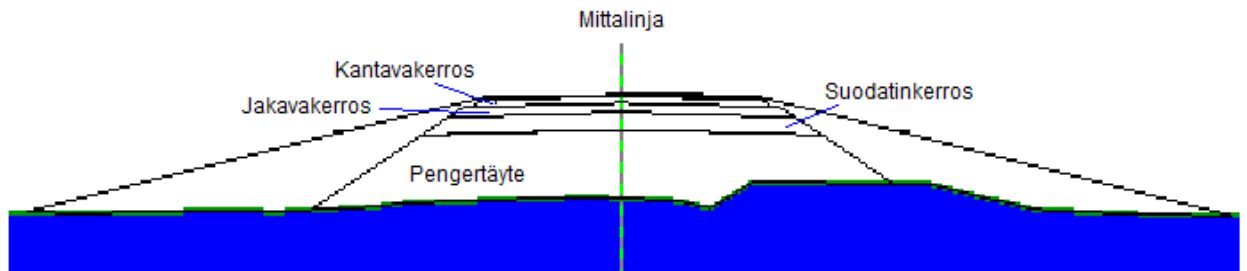
### 5.1 Viivamallin muodostus

Väylän rakentamiseen tarvittava mittaustieto tuotetaan Citycadissä 3D-viivamallin avulla. Viivamallin muodostetaan rakennepoikkileikkauksia annetulla tiheydellä. Tiedostoon voi valita kaikki väylän rakennepinnat tai tehdä jokaisesta rakennepinnasta oman tiedoston. Väylän rakennekerroksilla tarkoitetaan kaikkia alusrakenteen (pohjamaan tai pengertäytteen) yläpuolisia rakennekerroksia. Rakennepinnat kuvautuvat tiensuuntaisina kolmiulotteisten taite- ja muotoviivojen rajaamina alueina. *Kuvassa 7* on esitetty poikkileikkauksen rakennekerrokset.

Väylän rakennekerrokset on ryhmitelty ja valittu ennakkoon erilaisia käyttötarkoituksia varten. Citycadissä viivamallitiedosto tallennetaan käyttäjän määrittämään tiedostokansioon tai viivat voidaan myös piirtää näytölle 3D-mallina. Tietokantaan tallennettuja viivoja käytetään rakenteen pintamallien muodostamiseen. Rakennemallitiedosto muodostetaan tielaitosformaattia käyttäen. *Kuvassa 6* on esimerkki Citycadissa muodostetusta väylän viivamallista.



*Kuva 5. Väylän viivamalli*



Kuva 6. Rakennekerrokset

## 5.2 Tielaitosformaatti

Tielaitosformaatti on alun perin Tielikelaitoksen määrittämä ja yleisesti käytössä oleva tiedonsiirtomuoto. Väylän viivamaalin tiedonsiirrossa on suositeltavaa käyttää yleistä tekstiformaattia, kuten Tielaitosformaatti. Tielaitosformaatti on useimpien suunnittelija mittausohjelmistojen käyttämä yleinen ja yksinkertainen tiedonsiirtoformaatti. Citycadissä väylän viivamallitiedosto tallennetaan tlv-formaattiin (tielaitosformaatista muodostettu viivamalli). Formaattissa siirrettävälle kohteelle annetaan lajikoodi.

Tielaitoksen taiteviivatiedostossa esitetään pinnan numero (maanpinta = 1, kalliopinta = 9), viivan tunnus (ei viivaa, tunnuksena on 0), lajikoodi, piste numero (paalulukunumero) ja koordinaatit ( $x$ ,  $y$ ,  $h$ )

T1	T2	T3	T4			
!! Piennar 2. Ajourata 1, oikea puoli						
10	7	12012	2800	677811.776	545561.908	15.554
10	7	12012	2820	677814.055	545581.814	15.174
10	7	12012	2840	677816.009	545601.755	14.794
10	7	12012	2860	677817.637	545621.726	14.414
10	7	12012	2880	677818.939	545641.720	14.033
10	7	12012	2900	677819.914	545661.733	13.650
10	7	12012	2920	677820.562	545681.759	13.234
10	7	12012	2940	677820.883	545701.793	12.778
10	7	12012	2960	677820.877	545721.829	12.282
10	7	12012	2980	677820.544	545741.863	11.746

Kuva 7. Tielaitosformaatin sarakejako

Väylän viivamalli tuotetaan ASCII-muodossa (lyhenne sanoista *American Standard Code for Information Interchange*) käyttäen Tielaitosformaattia. *Kuvassa 8* on kuvattu Tielaitosformaatin rakenne, joka koostuu neljästä tunnistekentästä (T1-T4) ja kolmesta koordinaattikentästä  $x$ ,  $y$ ,  $h$ . Seuraavaksi on selitetty mitä kenttien (T1-T4) numerokoodit tarkoittavat.

**T1** kenttä on pinnan tunnus, eli väylän päällysrakennekerroksen. Väylän päällysrakennekerroksia ovat ylin yhdistelmäpinta (10), alin rakennepinta (11), joka sisältää suodatinkerroksen ja pohjamaan, suodatinkerros (12), jakavakerros (13), kantava kerros (14) ja irtilouhinnan alapinta (7).

**T2** kenttä on taiteviivan tunnus, joka on juokseva numero. Jokaisella väylän viivamallilla on oma viivan tunnus, sama taiteviivanumero esiintyy vain kerran.

**T3** kenttä on päällysrakennekerroksien rakennusosien koodi, joka koostuu viidestä numerosta. Ensimmäinen numero on elementtilinjasta katsottuna ajoradan vasen tai oikea puoli (1= vasen ja 2= oikea). Toinen numero on mittalinjasta katsottuna ajokaistan vasen tai oikea puoli (1= vasen ja 2 = oikea). Kolme viimeistä numeroa on Citycadin oma koodi, joka kertoo väylän poikkileikkauksen osan. Esimerkiksi koodi 12012 tarkoittaa vasemman ajoradan, oikean ajokaistan piennarta 2.

**T4** kenttä on paalulukema. Väylän paalulukema voi alkaa nollasta tai olla muu kuin nolla, paalu voi olla myös negatiivinen numero.

## 6 3DWin

3DWin on suomalainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows-ohjelmisto. 3DWin-ohjelmalla voidaan suorittaa muun muassa formaattimuunnoksia, koodimuunnoksia ja koordinaatistojen muunnoksia. Ohjelmaa käytetään myös välitysohjelmana eri järjestelmien välillä. /5/

3DWin-ohjelmaan on sisäänrakennettu tiedonsiirto yleisimpiin takymetreihin ja maastotallentimiin (Nikon, Geodimeter, Geonic, Sokkia ja Leica). /5/ 3DWin:n avulla tlv-formaatti on helposti siirrettävissä maastotallentimiin ja takymetreihin. Ohjelmalla tarkistetaan myös Citycadissä tuotetun geometrian ja viivamaalin poikkileikkauksien oikeellisuutta.

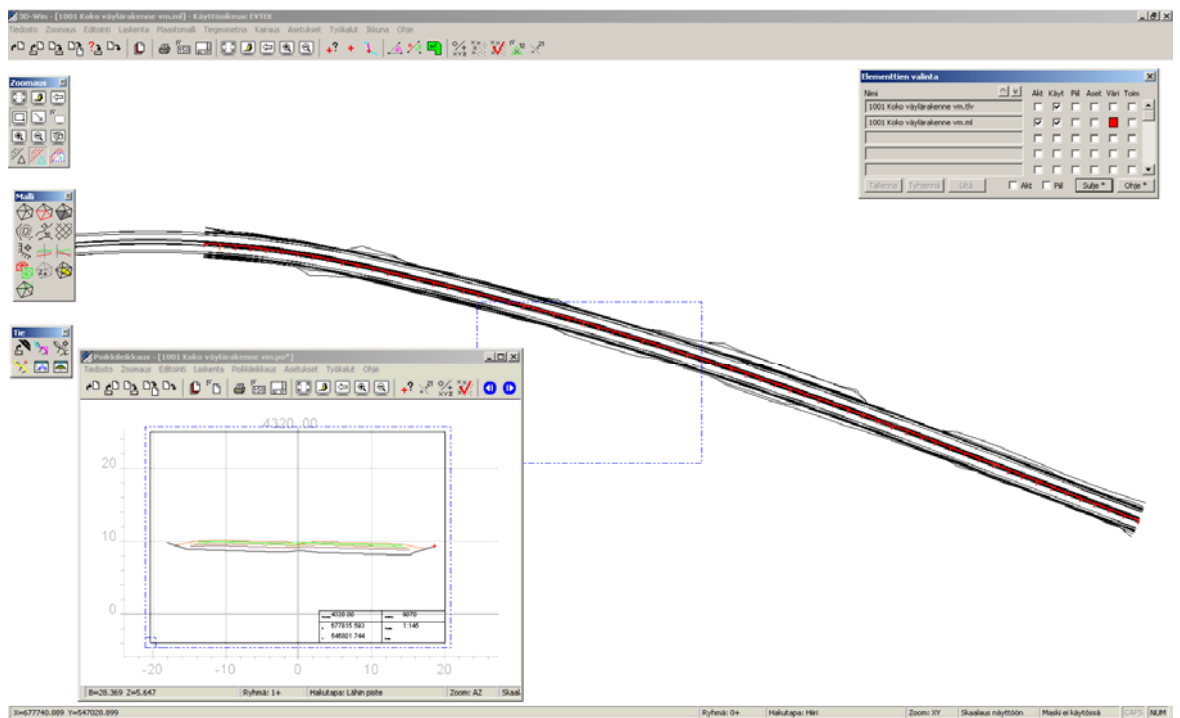
### 6.1 Viivamallin tiedonsiirto 3DWin-ohjelmaan

3DWin-ohjelmaan viedään Citycadissä muodostetun väylän viivamallin tlv-formaatissa. Tlv-formaatti sisältää päällysrakennekerroksen koodin, taiteviivojen viivakoodin, päällysrakennekerroksien rakennusosien koodin, paaluluvun ja koordinaatit. 3DWin lukee tlv-formaattia pelkkinä taiteviivoina, eikä sen takia osaa muodostaa viivamallista poikkileikkauksia.

Mittalinjaa käytetään poikkileikkausten sijainnin määrittämiseen. Jotta väylän viivamallista saataisiin muodostettua poikkileikkauksia, on osoitettavaa mittalinja. *Maastomalli/Mittalinja*-työkalulla osoitetaan viivamallista mittalinja. Mittalinja osoitetaan käyttämällä normaaleja hakutapoja. Mittalinjalle annetaan alku- ja loppupaaluluvut, alkupaalulukuvu voi olla muukin kuin nolla. Mittalinjasta muodostuu oma .ml-tiedosto, jonka voi tallentaa.

Varsinainen poikkileikkaus muodostetaan *Maastomalli/Poikkileikkaus*-työkalulla. Poikkileikkaukselle määritetään laskentarajat vasemmalle ja oikealle mittalinjasta. Ohjelma huomioi poikkileikkauksessa kaikki viivamallin rakennepinnat. Poikkileikkaukset laske-

taan samalla kertaa kaikista käytössä olevista malleista yhteen poikkileikkaustiedostoon. Poikkileikkaus voidaan muodostaa omaan ikkunaan, jossa on työkaluja poikkileikkauksen käsittelyyn. *Kuva 8* on esimerkki tuodusta viivamallista ja muodostetusta poikkileikkauksesta.



*Kuva 8. Väylän viivamalli 3DWin-ohjelmassa*

## 6.2 Tulostus

Poikkileikkausaineisto voidaan tulostaa mille tahansa Windowsin tukemalle kirjoittimelle joko karttakuvana halutussa mittakaavassa ja paperikoossa tai tekstimuotoisena listauksena missä tahansa 3DWin-ohjelmiston tukemassa formaatissa. /5/

Kuvalle voidaan liittää ennalta määritelty nimiö, joka tulostuu kuvan kanssa. Nimiöitä voi olla useita erilaisia (eri tiedostoja), mutta vain yksi voi olla käytössä kerrallaan. Poikkileikkaustulostuskuvalla voi tulostaa myös nimiön, joka sisältää paalunumeron, x/y-koordinaatit ja mittakaavan. Käyttäjä voi haluttaessa muokata nimiöitä. Tulostukselle määritetään myös piirtoala, jossa on valittavissa paperin koko, piirtoalan koko ja mittakaava. Piirtoala (paperi) näkyy ruudussa sinisellä katkoviivalla. Se kertoo, mikä osa kuvasta tulostetaan tulostimelle. Mittakaavan ja/tai paperikoon vaihtuminen näkyy ruudussa.



## 7 LandXML

### 7.1 XML

XML (*Extended Markup Language*) on metakieli, eli sillä voi kehittää uusia merkkikieliä. Kielen rakenne on hierarkkinen puurakenne, joka koostuu n. 200 elementistä ja 120 kohdetyypistä. XML-kieltä käytetään formaattina tiedonvälitykseen järjestelmien välillä ja dokumenttien tallentamiseen. LandXML on tulossa Suomessa yleiseksi tiedonsiirtoformaattiksi maarakennusalalle, jolloin kaikkien tiesuunnittelijoiden tulisi ymmärtää ja tuottaa sitä. /6, s. 20./

LandXML tarjoaa hyvän pohjan infratiedon siirtoon, mutta aina löytyy ongelmallisia kohteita ja yksityiskohtien hiominen vie aikaa. XML kielestä tehdään paljon julkaisuja, mutta niitä tehdään vain yleensä laajoista ja monimutkaisista esityksistä, joita ei voida käytännössä toteuttaa muuten. XML:n laajemman käytön esteenä on kielen monimutkaisuus sekä työkalujen kehittämättömyys. Toistaiseksi ei ole kehitetty työkaluja, joiden avulla voitaisiin luoda toimivia sovelluksia XML-notaatioita tuntematta. /7/

LandXML:n tietorakenne on tarkoitettu pelkästään tiedonsiirtoon, se ei ota kantaa suunnitelmatiedon kuvaustekniikkaan. Tiedon kuvaustekniikan toteuttaminen tapahtuu yksilöllisesti kussakin sovellusohjelmassa /8/. LandXML-kieli koostuu skeemoista (*schema*), jossa on päätasoja ja alitasoja.

LandXML-organisaation jäseninä ovat mm. Autodesk Inc., Trimble Navigation, Bentley System Inc., Leica, EaglePoint jne. Nämä jäsenet pyrkivät tekemään yhteistyötä LandXML:n työkalujen avulla, jotta saataisiin yksi yhtenäinen tiedonsiirtoformaatti. /9, s. 689./

### 7.2 InfraModel

Inframodel pohjautuu kansainväliseen LandXML-standardiin. Projektissa määritettiin ja toteutettiin uusi dokumentoitu tiedonsiirtostandardi väylätietojen siirron tehostamiseksi. Inframodel projektiin päätoteuttajina olivat Centroid Sito Oy (nykyinen Sito Tietotek-

niikka Oy), Tekla Oyj ja Vianova System Finland. Inframodel-projektissa keskityttiin ensiksi käytännön tiedonsiirron kehittämiseen poistamalla nykyisiä ongelmia, joita ovat suuri formaattimäärä, vaihtelevat formaatin käyttötavat, puutteellinen määrittely ja sovi-tuista formaateista poikkeaminen. Useiden käytettyjen ohjelmien välillä ei ole yhtenäis-tä siirtoformaattia ja tietojen konvertointi muodosta toiseen on työlästä. /12, s. 3-8./

Yhdyskuntasuunnittelussa käsiteltävä tieto on monimuotoista, monitasoista sekä riippu-vuuksia sisältävää, jonka myötä tiedonsiirto koetaan tällä hetkellä yhdyskun-taprojekteissa ongelmallisena. Yhdyskuntatekniikan suunnittelujärjestelmien esim. tie- ja ratasuunnittelun tiedonsiirto on ollut vaikeaa. Tämä johtuu yhtenäisen tiedonsiirtofor-maatin puuttumisesta. Tiedonsiirron ongelmat haittaavat myös avointa hankkeiden kil-pailuttamista. /10/ Edellä mainituista syistä on lähdetty kehittämään uutta yhtenäistä tiedonsiirtoformaattia, joka pohjautuu XML-kieleen.

SKOL:n (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto) vuonna 2002 tehdyn tutkimuksen mukaan tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia:

- haittaa hankkeiden avointa kilpailuttamista
- aiheuttaa suunnittelutyölle merkittäviä kustannuksia, koska tiedonsiirrot ovat työläitä ja kaikki tiedot ei siirry formaatista toiseen, vaan tietoa häviää
- asettaa vaatimuksia rakennustoiminnan kehittämiseksi, suunnittelutiedon sähköi-selle siirtämiselle työmaalle ja suunnittelulle rakennustyön aikana.

## 8 InfraModel-väylämalli

Väylällä on yksi jatkuva mittalinja ja tasaus, väylän rakenteeseen kuuluvat myös viivamallit. LandXML-skeemassa väylä esitetään rakennemallina jossa kuvataan yhtenä kokonaisuutena väylän geometriset tiedot, joita ovat linjaus- ja tasaustiedot, väylärakenteen muoto (poikkileikkaus) sekä mitoitusparametrit. /8/ Tässä työssä väylällä tarkoitetaan tietä ja katua.

○	<Alignments>		Linjaus (yksi jatkuva mittalinja)
○	<Alignment>		Linja
○	<CoordGeom>		Geometria (kuvatun kohteen mukaisesti)
○	<Line>	*1)	Suora (geometrialinja)
○	<IrregularLine>	*2)	Viivaketju
○	<Curve>	*1)	Kaari (geometrialinja)
○	<Spiral>	*1)	Siirtymäkaari (geometrialinja)
○	<Profile>		Profiili (kuvatun kohteen mukaisesti)
○	<ProfAlign>		Pystygeometria
○	<PVI>	*1)	Pystygeometrian piste (geometrialinja)
○	<CircCurve>	*1)	Pystykaari (geometrialinja)

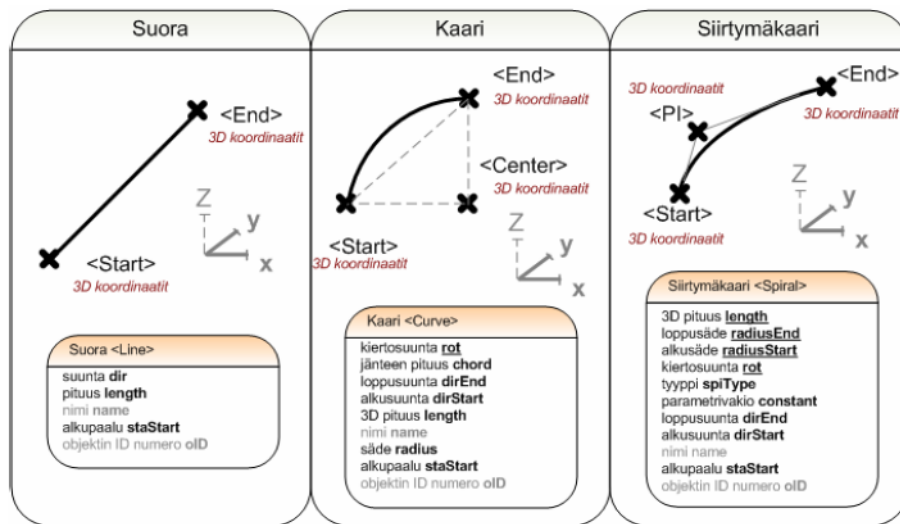
Kuva 9. Väylärakenteen hierarkia /11/

LandXML-siirtotiedoston tietomallin rakenne määritellään skeemassa. Määrittelyn hierarkkinen jäsentely kuvaa kohteet elementtien avulla. Päätasoinen elementit jakautuvat edelleen useisiin alielementteihin. Väylän päätasoinen elementtinä on *Alignments* eli linjaus- ja tasaustiedot.

Väylän hierarkista kuvaustapa on esitetty kuvassa 10. Linjaukset-osio voi sisältää useita väylään kuuluvia linjauksia (*Alignment*). Yksi linjaus sisältää linjan vaakageometrian (*CoordGeom*), johon kuuluvat suora, kaari, siirtymäkaari ja viivaketju. Linja sisältää myös useita siihen liittyviä pystygeometrioita (*Profile*), johon kuuluu pystygeometrian piste ja pystykaari. Profiili voi sisältää pystygeometrian lisäksi myös maaston pinnan linjauksen. /12/

## 8.1 Vaakageometria

Vaakageometria kutsutaan yksinkertaisella nimellä <CoordGeom> (Geometria). Väylän vaakageometria esitetään suorin, kaarien ja siirtymäkaarien avulla. Vaakageometrian kuvaukseen tarvitaan paalulukuja, pisteen tiedoissa tulee olla paaluluku linjan alusta mitattuna. Vaakageometrian elementeillä on oltava yksi alkupiste ja yksi loppupiste. Pisteet määritellään pohjois- ja itäkoordinaatteina. /8/ *Kuva 11* selvittää mitä parametreja tarvitaan vaakageometriassa yksittäisten elementtien kuvaukseen. Elementtien 3D-koordinaattipisteet esitetään erottamalla yksittäiset koordinaatit välilyönneillä.



Kuva 10. Vaakageometrian mitoitus-elementit Inframodel-menetelmässä /12, s. 21/

### 8.1.1 Suora

```
<CoordGeom>
  <Line dir="39.9285624294323" length="74.7669379471809" staStart="0">
    <Start>546089.01 677585.523 0</Start>
    <End>546132.889 677646.06 0</End>
  </Line>
```

Kuva 11. Suoran hierarkia

Suoran (*Line*) määreitä ovat suunta (*dir*), pituus (*length*) ja alkupaaluluku (*staStart*). Suoralle annetaan myös 3D-koordinaatteina alkupiste (*Start*) ja loppupiste (*End*). *Kuva 12*.

## 8.1.2 Kaari

```
<Curve rot="cw" chord="561732.315967694" dirEnd="69.0067325072566"
  dirStart="39.9286667357912" length="69.3649740145177"
  radius="151.864" staStart="74.7669379471809">
  <Start>546132.889 677646.06 0</Start>
  <Center>546255.849499686 677556.934302175 0.0</Center>
  <End>546184.802 677691.154 0</End>
</Curve>
```

Kuva 12. Kaaren hierarkia

Kaaren (*Curve*) määreet ovat kiertosuunta (*rot*), jänteen pituus (*chord*), loppusuunta (*dirEnd*), alkusuunta (*dirStart*), pituus (*length*), säde (*radius*) ja alkupaaluluku (*staStart*). Lisäksi 3D-koordinaatteina määritetään kaaren alkupiste (*Start*), ympyrän keskipiste (*Center*) ja kaaren loppupiste (*End*). Säde on kaaren ominaisuus eli attribuutti. Kaaren alkusäde ja loppusäde ovat samat. Elementin kiertosuunta merkitään myötäpäivää *cw* ja vastapäivää *ccw*. Kuva 13.

## 8.1.3 Siirtymäkaari

```
<Spiral length="87.389700" radiusEnd="350.000000" radiusStart="277615.254800" rot="cw" spi-
  Type="clothoid" constant="175.000000" dirEnd="40.252900" dirStart="32.295100" staStart="2781.972400">
  <Start>681874.86660 563432.6891 0.0000</Start>
  <PI>0.0000 0.0000 0.0000</PI>
  <End>681949.3621 563478.2607 0.0000</End>
</Spiral>
```

Kuva 13. Siirtymäkaaren hierarkia

Siirtymäkaaren (*Spiral*) määreet ovat pituus (*length*), loppusäde (*radiusEnd*), alkusäde (*radiusStart*), kiertosuunta (*rot*), siirtymäkaaren tyyppi (*spiType*), siirtymäkaaren parametrivakio  $A$  (*constant*), loppusuunta (*dirEnd*), alkusuunta (*dirStart*) ja alkupaaluluku (*staStart*). Lisäksi 3D-koordinaatteina määritetään kaaren alkupiste (*Start*), tangenttien leikkauspiste (*PI*) ja kaaren loppupiste (*End*). Kotimaisessa suunnittelukäytännössä siirtymäkaaren tyyppinä käytetään yleensä klotoidia (*Clothoid*). Elementin ominaisuustietoina, eli attribuutteina ovat alkusäde, loppusäde ja klotoidin parametri. Kuva 14.

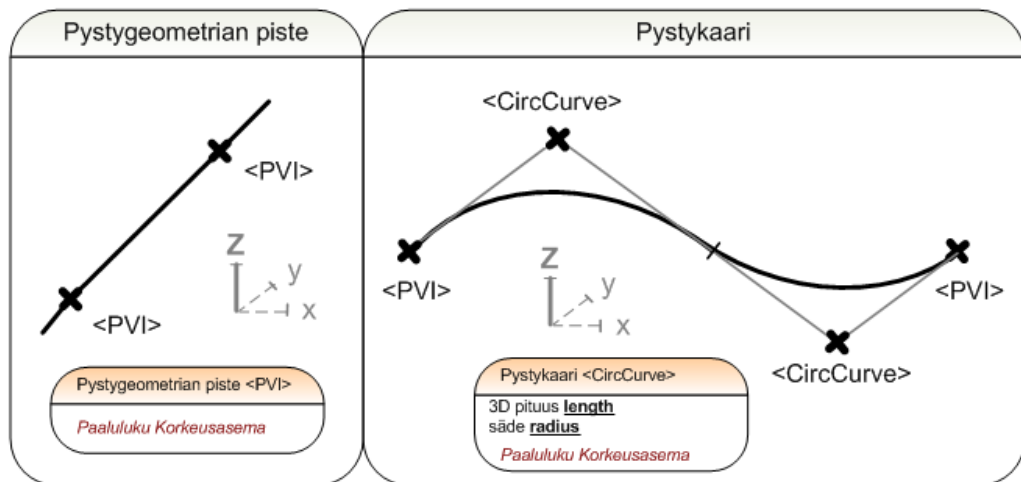
### 8.1.4 Viivaketju

Viivaketju määritellään vaakageometrian yhteydessä. Viivaketjun esitetään 3D-pistejonona, jolloin sille ei tarvitse muodostaa erikseen pystygeometriaa. Viivaketjun mitoituselementti on <Irregular Line> (Viivaketju). /8/ Viivaketjun attribuutteina ovat pituus (*Length*), alkupaalulukku (*staStart*). Viivaketju kuvataan 3D-koordinaatteina, alkupisteellä (*Star*), loppupiste (*End*) ja välipisteellä (*PntList3D*)

## 8.2 Pystygeometria

Inframodelissa pystygeometrian päätasoelementtinä on Profile (Profiili). Pääelementin alielementteinä on ProfAlign (Pystygeometria). Pystygeometrian mitoituskomponenttina on pystygeometrian piste (*Point of Vertical Intersection, PVI*) ja pystykaari (*Circ-Curve*). Kummankin mitoituskomponentin perustietona on paalulukku ja korkeustieto. Pystykaaressa ovat pakollisia myös säde ja kaaren pituus. /8/

Pystygeometria esitetään suorina, joilla on kaltevuus, ja ympyräkaarina. Pystygeometria sidotaan vaakageometriaan paaluluvun avulla. Nykyisin käytetyissä siirtoformaattissa esitys tapahtuu tangenttipisteiden avulla, joista sovellukset osaavat laskea tasausviivan. Samaa menettelyä käytetään myös tämän määrittelyn mukaisessa ratkaisussa (LandXML). /8/ Kuvassa 15 on esitetty, mitä parametreja tarvitaan pystygeometriassa yksittäisten elementtien kuvaukseen.

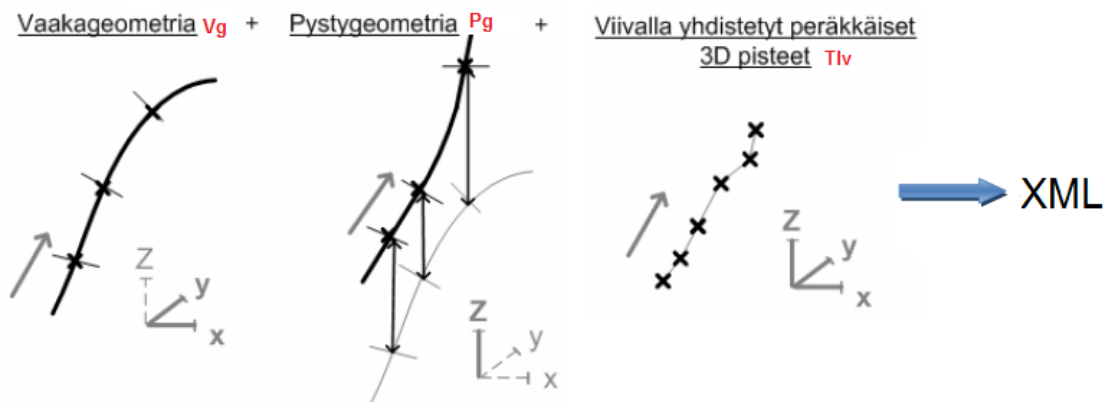


Kuva 14. Pystygeometrian mitoituselementit Inframodel -menetelmässä /12, s. 21/

Profiilin ensimmäinen tai viimeinen kuvaelementti on aina pystygeometrian piste, jolla kuvataan pystygeometrian suorien päätepisteet. Pystygeometrian piste kuvataan paaluluvulla ja korkeusasemalla. Pystykaaren kuvaustietoja ovat paalulukku ja korkeusasema. Pystykaaren pakolliset määreet ovat pituus ja säde, jotka on esitetty 3D-muodossa.

## 9 Geometria- ja viivamallin muunnos Inframodel-formaattiin

Väylä muodostetaan geometrialinjoista ja viivaketjuista. LandXML-standardi sisältää nykyisellään tarvittavat elementit ja attribuutit kuvaamaan linjaus- ja tasaustiedot tiedonsiirtoa varten eri suunnittelujärjestelmien välillä. *Kuvassa 16* on esimerkki siitä, mitä tietoa tarvitaan väylän konvertointiin XML-muotoon.



Kuva 15. Väylän muuttaminen XML-formaattiin /12/

Geometrialinjakuvaus sisältää vaaka- ja pystygeometrian elementtiedon. Vaakageometrian linjaus koostuu elementeistä, jotka ovat sidottuna toisiinsa. Vaakageometriasta muodostetaan oma *vg*-tiedosto, joka sisältää tietoja elementtien parametreista, kuten elementtien alku- ja loppupaaluluku, koordinaatit ( $x$ ,  $y$ ) ja elementtien pituudet. Pystygeometriasta muodostetaan erillinen *pg*-tiedosto, joka sisältää tiedon elementtien paalunumeron, korkeuskoordinaatin ( $h$ ) ja kaarien säteet. Vaikka viivamalli kuvataan vaakageometrian yhteydessä, se on geometriasta erillinen tiedosto, joka sisältää tietoa väylän rakennepinnoista. Liitteissä 1 ja 2 on esitetty siirtotiedosto-esimerkkejä vaaka- ja pystygeometriasta.

Citycadillä on Inframodel-muunnosohjelma, joka on ohjelman oma lisäominaisuusosa. Muunnosohjelma muuttaa väylän geometria- ja viivamallitiedoston Inframodel-formaattiin. Ohjelmaan syötetään erikseen Citycadissä tuotetut vaakageometria- (*vg*), pystygeometria- (*pg*) ja lopuksi viivamallitiedostot (*tlv*), jolloin ohjelma kääntää tiedot Inframodel-formaattiin.



Muunnoksen jälkeen linjaus muuttuu <Alignments> -muotoon, joka sisältää vaakageometrian <CoordGeom> ja pystygeometrian <Profile>. Linjaus sisältää myös viivamallin, joka muuttuu <IrregularLine> -muotoon. Muunnoksen jälkeen väylätieto on valmiina siirrettäväksi AutoCAD Civil 3D- ja MicroStation InRoads-ohjelmiin. Molemmat edellä mainitut ohjelmat tukevat LandXML-kieltä.

## 9.1 Tiedonsiirrossa havaitut ongelmat

Tiedonsiirto MicroStation Civil Extension InRoads- ja AutoCAD Civil 3D-ohjelmiin ei sujunut ilman ongelmia. Ohjelmien yhteisenä ongelmana oli se, että väylän geometria ja viivamalli  $x$ - ja  $y$ -koordinaatit vaihtoivat paikkaa, verrattuna Citycadiin. Edellä mainitun ongelman syynä saattaa olla se, että Inframodel-muunnostiedosto käyttää matemaattista koordinaatistoa ja Citycad maantieteellistä. Seuraavaksi on luokiteltu ohjelmakohtaisesti tiedonsiirrossa syntyviä ongelmia.

### 9.1.1 Civil Extension InRoads

Civil Extension InRoads on Bentleyyn kehittämä ohjelma, joka on tarkoitettu tiensuunnitteluun. Ohjelmalla voidaan myös lukea ja muokata maastomalleja pituus- ja poikki-leikkausprofiilin muodostamiseksi.

Tiedonsiirrossa havaittiin, että ohjelma ei lue viivamalli tiedostoa, mutta geometria tiedostoa ohjelma suostuu lukemaan. Inframodel-formaatissa viivamallit ovat <Alignments> muotoisia eli linjauksia. Ongelmaa tutkittaessa huomattiin, että Citycadissä viivamallit ovat pelkkiä viivoja. Viivalla tarkoitetaan viivaa, jolla ei ole vaaka- tai pystygeometriaa. Viivoja voi olla esimerkiksi pelkät maastomallin viivat. Linjauksella on taas vaaka- ja pystygeometria. Linjauksia ovat esimerkiksi tiet ja kadut. Viivamallitiedostoa ei voi muuttaa muotoon <Alignments>, sillä tiedostosta puuttuu geometriatietoa. Viivamallin viivoja olisi voinut myös muodostaa geometrialinjoiksi.

Ongelmaan ratkaistiin muuttamalla viivamallitiedosto pinnoiksi, Inframodel-formaatissa <Surface> -muotoon. LandXML pinnan päätaso elementtinä on Pinta (*Surface*). Pääelementin alielementtinä on Taiteviiva (*Breakline*). Taiteviivojen mitoituskomponenttina on 3D-pistelista (*PntList3D*), joka sisältää viivan koordinaatit ( $x$ ,  $y$ ,  $h$ ). Muuttamalla viivamalli pinnoiksi tiedonsiirto onnistui CiviExtension InRoads-ohjelmalla.

Toisena ongelmana havaittiin, että geometriatiedostossa puuttuvat koordinaattien  $x$  ja  $y$  kaistanumerot, jolloin geometria- ja viivamalli tiedosto aukeavat ruudulla eri kohtaan. Geometriatiedostossa on oltava koordinaattien kaistanumero.

### 9.1.2 AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D on Autodeskin oma laaja yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. Civil 3D on InRoads-ohjelmaan verrattuna paljon laajempi ja monipuolisempi suunnitteluohjelma.

Civil 3D suostuu lukemaan viivamallin muodossa <Alignments>, mutta kuvasta ei muodostu kolmiulotteista kokonaisuutta. Civil 3D luki myös väylän viivamallin pintatiedostona muodossa <Surface>, jolloin pinnoista tuli kolmiulotteisia.

Inframodel-formaatin tiedonsiirrossa Civil 3D-ohjelmaan on oltava tarkkana kaarien säteiden kanssa, säde ei saa olla negatiivinen. Kaaren säde on oltava positiivinen, ainoastaan kaaren kiertokulma (cw =myötäpäivää, ccw =vastapäivää) määrittää kaaren suunnan. Ohjelma ei hyväksy negatiivisia säteitä.

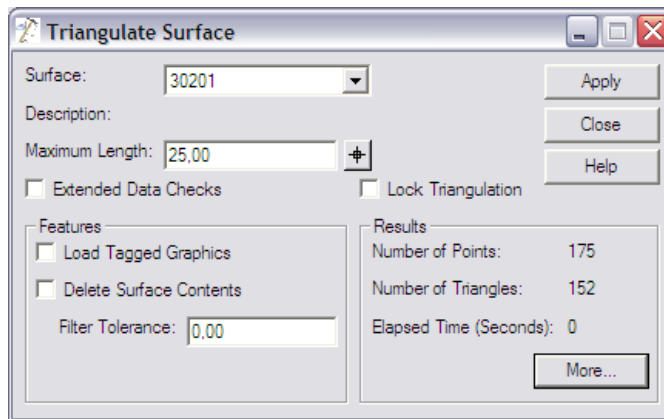
## 10 Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto CAD-ohjelmiin

Teitä ja katuja voidaan käsitellä nykyisellään varsin kehittyneillä CAD-tietokoneohjelmilla, kuten *Bentleyn* tekemä InRoadsilla ja Autodeskin tekemällä Civil 3D:llä. Nämä molemmat ohjelmat ovat tiesuunnitteluun erikoistuneita ohjelmistoja. Edellä mainitut ohjelmat myös tukevat ja kehittävät LandXML-formaattia. Tiedonsiirron jälkeen molemmilla InRoads- ja Civil 3D-ohjelmilla voidaan jatkaa suunnittelua. Molemmat ohjelmat myös muodostavat LandXML-tiedostoja.

### 10.1 Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto InRoads-ohjelmaan

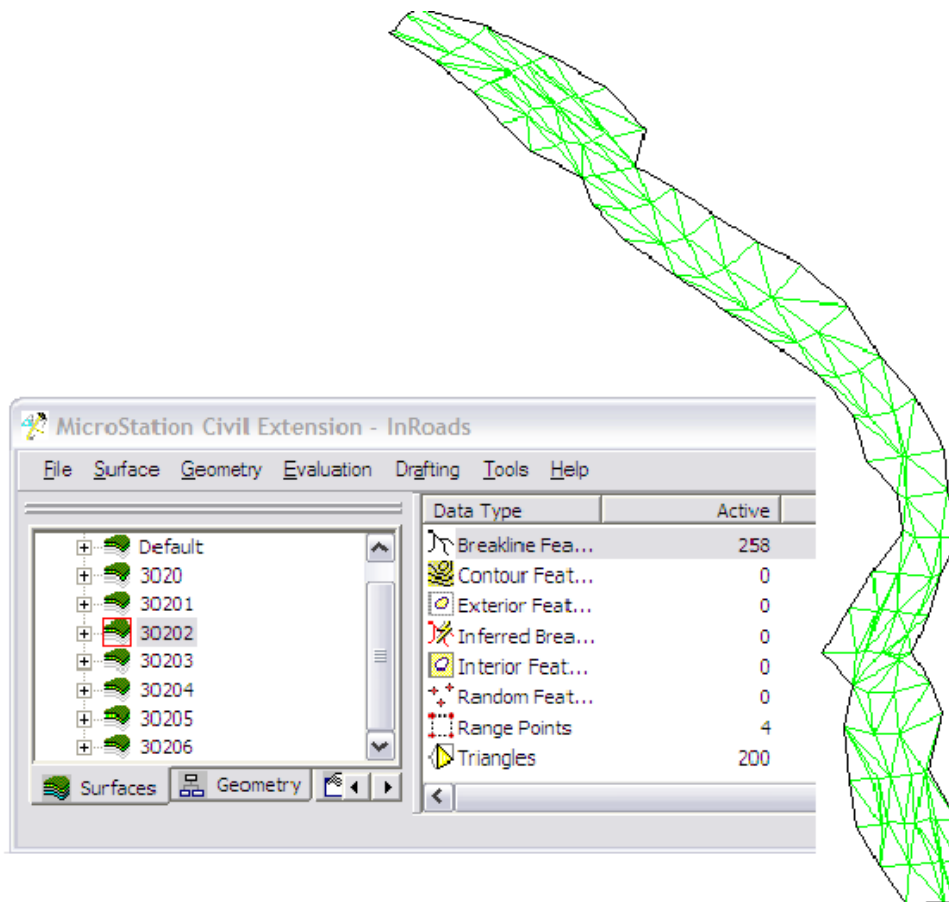
InRoads ohjelmassa on oma LandXML-sisäänluku. LandXML-tiedosto saadaan luettua ”*LandXML Translator*”-työkalulla *Import*-välilehdeltä. Tiedonsiirto aloitettiin väylän viivamalleista, jotka oli muutettu Inframodel-menetelmässä pinnoiksi (*Surface*). Jokaisesta viivamallin pinnasta muodostettiin oma XML-pohjainen tiedosto. Pintoja muodostui yhteensä viisi kappaletta, joita olivat ylin yhdistelmäpinta, alin rakennepinta, suodatinkerros, jakavakerros ja kantava kerros. Itse pinnat kuvataan taiteviivoina (*BreakLine*), taiteviivat sisältävät pinnan koordinaatit.

Jokainen ohjelmaan luettu viivamallin pinta on erikseen kolmioitava. Kolmiointi tapahtuu ”*Triangulate*”-työkalulla (*kuva 17*), kolmioinnille on määritettävä kolmiosivun maksimipituus. Tässä tapauksessa kolmion maksimisivun pituutena on käytetty 25 m:ä ja tulokseksi saadaan tieto siitä, kuinka monta pistettä ja viivaa pinnasta on muodostettu.



Kuva 16. Triangulate surface

Kolmioinnin jälkeen pinta voidaan piirtää näytölle. InRoads-ohjelma sisältää pinnoille monia työkaluja, joita suunnittelija voi hyödyntää. Kuvassa 18 on kolmioitu viivamallin pinta. Kuvassa oleva viivamallin pinta sisältää 258 taiteviivaa ja 4 pistettä, joista on muodostettu 200 kolmiota.



Kuva 17. Kolmioitu viivamallin pinta

Väylän geometriasta (vaaka- ja pystygeometria) on muodostettu yksi XML-pohjainen tiedosto. Geometrian tuonti tapahtuu samalla tavalla kuin viivamallin pintojen tuonti. *Kuvassa 19* on esimerkki tuoduista väylän geometria- ja viivamallista. Turkoosilla viivalla on esitetty väylän elementtilinja (geometria) ja mustalla viivalla väylän viivamallit.



*Kuva 18. Väylän geometria ja viivamallit*

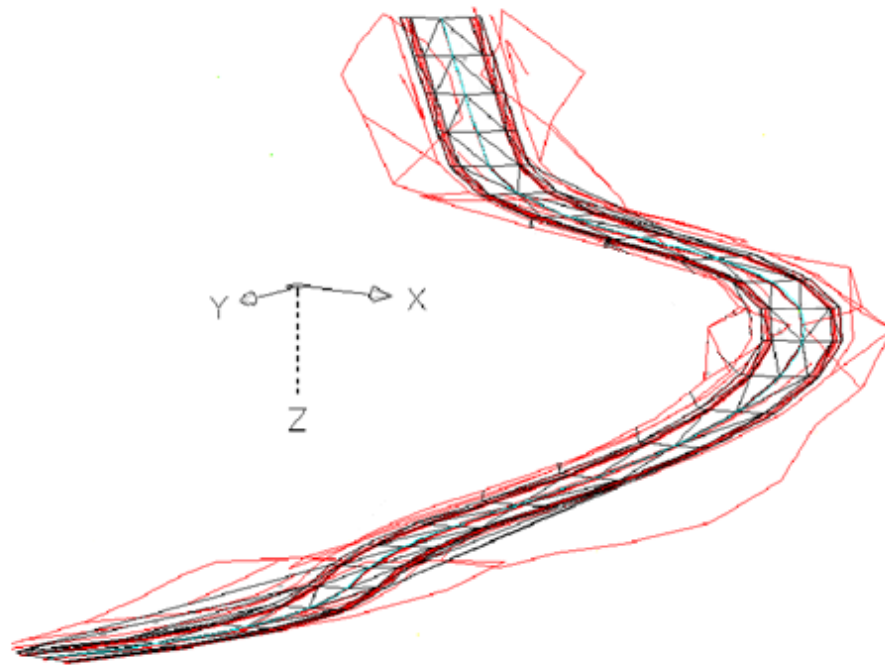
## **10.2 Geometria- ja viivamallin tiedonsiirto Civil 3D-ohjelmaan**

### **10.2.1 Tiedonsiirto**

AutoCADin suunnitteluun keskittynyt ohjelmisto Civil 3D on merkittävä askel kohti AutoCAD-keskeistä suunnitteluympäristöä. AutoCAD Civil 3D on hyvin laaja Autodeskin kehittämä ohjelma, joka perustuu yhdyskuntatekniseen suunnitteluun. Civil 3D:n

työkalut ovat joustavia ja tarpeeksi abstrakteja, jotta niitä voidaan käyttää erilaisiin tarkoituksiin. Tärkeimmät niistä ovat maastonmuokkaus, väylät, alueet ja sijaintipisteet. Civil 3D:ssä on mahdollista perustaa linjoja ja piirtää profiileja.

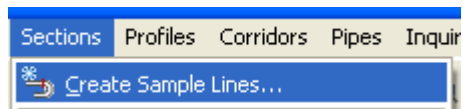
LandXML-tiedoston sisäänluku tapahtuu ”*Import LandXML*” -työkalulla. Tiedonsiirrossa luetaan ohjelmaan väylän geometriatieto ja viivamallit. Jokainen XML-tiedosto on luettava erikseen. Tuodusta väylän geometriasta voi muodostaa poikki- ja pituusleikkauksia. Pituusleikkauksen muodostukseen tarvitaan pohjalle maastomalli. *Kuvassa 20* on esitetty ohjelmaan luettu väylän geometriatieto ja viivamalli.



*Kuva 19. Väylän geometria viivamalleineen*

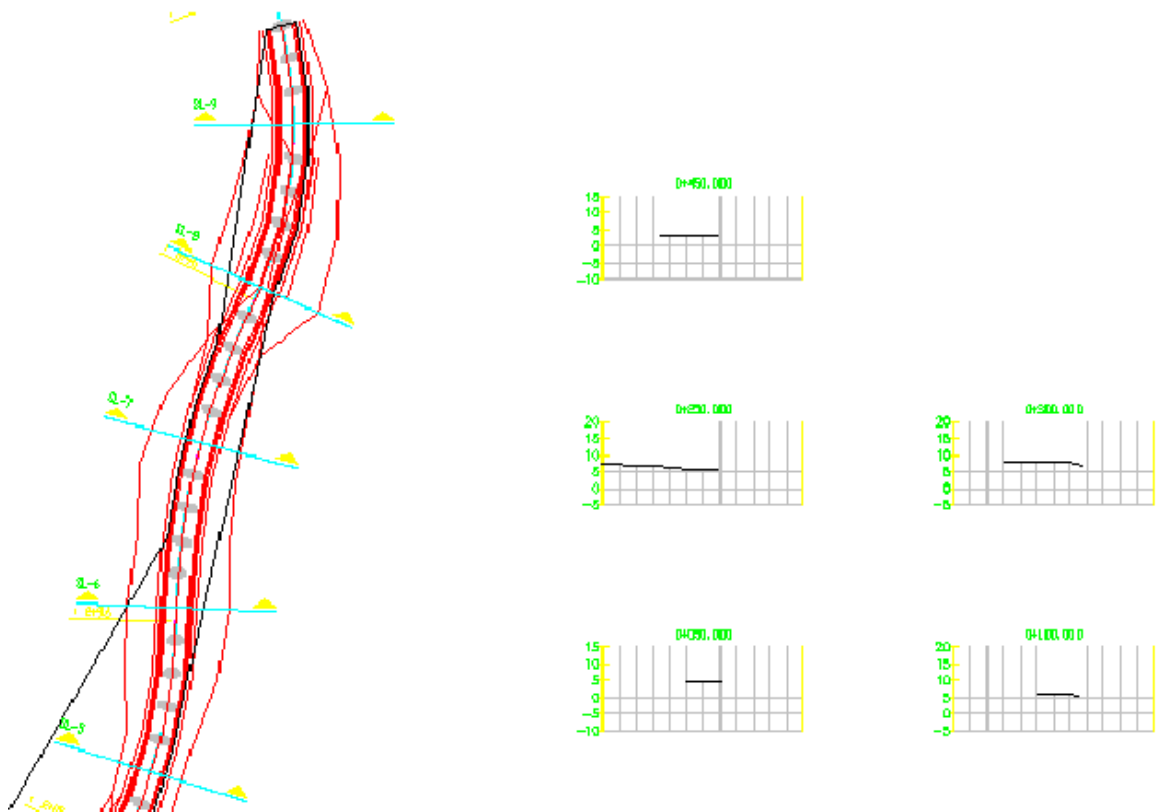
### 10.2.2 Poikkileikkauksen muodostus

Poikkileikkaus esittää tilanteen paalulukukohtaisesti sisältäen myös tien ajoratojen sekä kadun ajoratojen ja jalkakäytävien merkitsevät sivukaltevuudet. Civil 3D:ssä on poikkileikkauksen piirtoon oma toiminto *Sections* (kuva 21).



Kuva 20. Poikkileikkauksien piirto

Poikkileikkausten piirto aloitetaan *Create Sample Lines...* -toiminnolla. Poikkileikkauksien piirto alkaa, kun osoittaa väylän elementtilinjan (keskilinja). Kun linja on valittu, aukeaa valikko, josta valitaan poikkileikkausten piirtoparametreja. Piirtoparametrien valinnan jälkeen osoitetaan poikkileikkauskohdat. Poikkileikkauksia voi myös määrittää tasavälein. *Kuvassa 22* on väylän mittalinjasta muodostetut poikkileikkaukset. Turkoosit viivat ovat poikkileikkauskohtia, ja vieressä ovat linjan poikkileikkauksnäkyvät.



Kuva 21. Väylän poikkileikkaukset

## 11 Yhteenveto

Citycad on laajalti infrasuunnitteluun liittyvä ohjelma. Citycad on suunnattu erityisesti suomalaisiin suunnittelutarpeisiin. Citycad, InRoads ja Civil3D ovat kaikki CAD-ohjelmia, mutta eroavat toisistaan paljon. Citycad on enemmänkin tietojen hallintaan ja suunnitteluun keskittynyt ohjelma. Autodesk ja Bentley ovat taas monipuolisia piirustusohjelmia, mutta suunnitteluun niitä on vaikea käyttää. Vasta viime aikoina sekä Autodesk että Bentley ovat alkaneet kehittää suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia, kuten InRoads ja Civil 3D.

Vaikka Bentley ja Autodesk ovat kehittäneet yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia, ne eivät välttämättä sovellu suomalaiseen ilmasto- ja maaperäolosuhteisiin. Citycadiat ovat kehittäneet taitavat asiantuntijat, joilla on monien vuosien kokemus suunnittelutyöstä.

Väyläsuunnittelu Citycad-ohjelmalla on selkeätä ja suunnittelu etenee vaihe vaiheelta (vaakageometria, pystygeometria ja poikkileikkaus). Suurimman osan suunnittelutyöstä ohjelma suorittaa automaattisesti. Suunnittelijalta edellytetään linjan ja tasauksen hahmottamista ja poikkileikkauksien normaaliarvojen muokkaamista.

Insinööriä perehtyi pääasiassa tiedonsiirtoformaattien tutkimiseen. Tielaitosformaatti on alkuperäinen tiedonsiirtoformaatti, joka on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Isoimmille aineistoille formaatti on hankalasti käytettävissä, sillä ison aineiston järjestyly ja otsikointi on vaikeasti toteuttavissa. Useammat ohjelmat tukevat Tielaitosformaattia, kuten 3DWin, jonka avulla Tielaitosformaatti on siirrettävissä maastotallentimiin. Uudet formaatit ovat pikkuhiljaa syrjäyttämässä Tielaitosformaattia.

Insinööriön alkaessa tiesin hyvin vähän XML-kielestä ja sen toimivuudesta, työni edetessä huomasin LandXML-standardin olevan hyvin selkeä kieli, jonka omaksuu hyvin nopeasti. Isot kokonaisuudet ovat jaoteltu ja otsikoitu selkeästi, niitä pystyy kätevästi muokkaamaan ja lukemaan. XML-kielen rakenne on helppolukuista, jopa Internet-selaimet tukevat XML-kieltä.



XML-kieli on tähän mennessä paras vaihtoehto yhtenäiselle tiedostosiirtoformaatile. LandXML -standardi sisältää nykyisellään tarvittavat elementit ja attribuutit kuvaamaan linjaus- ja tasaustiedot tiedonsiirtoa varten eri suunnittelujärjestelmien välillä. Konversiot voi toteuttaa lähes suoraviivaisesti LandXML-tiedoston ja suunnitteluohjelmien tietomallien välillä. Suurin etu LandXML-formaatin käytössä ovat kansainvälisyys ja suurten ohjelmistotalojen antama tuki (Autodesk, Bentley, Trimble, Leica jne.).

Vaikka Inframodelin tarkoitus on helpottaa ja keksiä uusi yhtenäinen ratkaisu tiedonsiirtoa varten, tiedonsiirto sillä on kuitenkin työlästä. Insinööriyössä väylän geometria- ja viivamallin siirto ei ollut helppoa, sain pohtia erilaisia ratkaisuja, miten Inframodelia voidaan parantaa, jotta tiedonsiirto parantuisi varsinkin CAD-ohjelmien välillä. Kaikkein eniten aikaa vei pienten yksityiskohtien hiominen. Kansainväliset CAD-ohjelmat eroavat toisistaan hyvin paljon ja yhtenäisen tiedonsiirtoformaatin laatiminen edellyttää aikaa. Kullakin laitevalmistajalla on ainakin toistaiseksi oma suljettu ohjausjärjestelmänsä, joka vaatii suunnitelmien konvertointia järjestelmässä käytettyyn formaattiin.

Inframodel-menetelmä on viety pitkälle, mutta ei ongelmitta. Väylän geometrioilta, viivamalleilta ja pintamalleilta puuttuvat yhteiset parametrit. Väyliä rakenteen mitoille ja viivoille ei ole yhtenäistä koodausta. Inframodelissa on kiinnitettävää huomioita myös tiedostojen toimivaan jaotteluun ja kohteiden nimeämiseen.

Yhtenäisellä tiedonsiirtoformaatilella on tulevaisuudessa myös muita tavoitteita. Tulevaisuudessa pyritään kohti tierakentamisen automatisointia, eli monimutkaisten ja pitkäkestoisten tierakentamisessa tarvittavien tehtävien toteutusten siirtämistä maarakennuskoneen tietokoneelle, kertomaan sille, mitä sen pitää tehdä. Nykyinen tapa tehdä suunnitelmia niin, että ne näyttävät hyvältä vain paperilla, vaikeuttaa koneohjausmallin tekemistä valmiista suunnitelmasta.

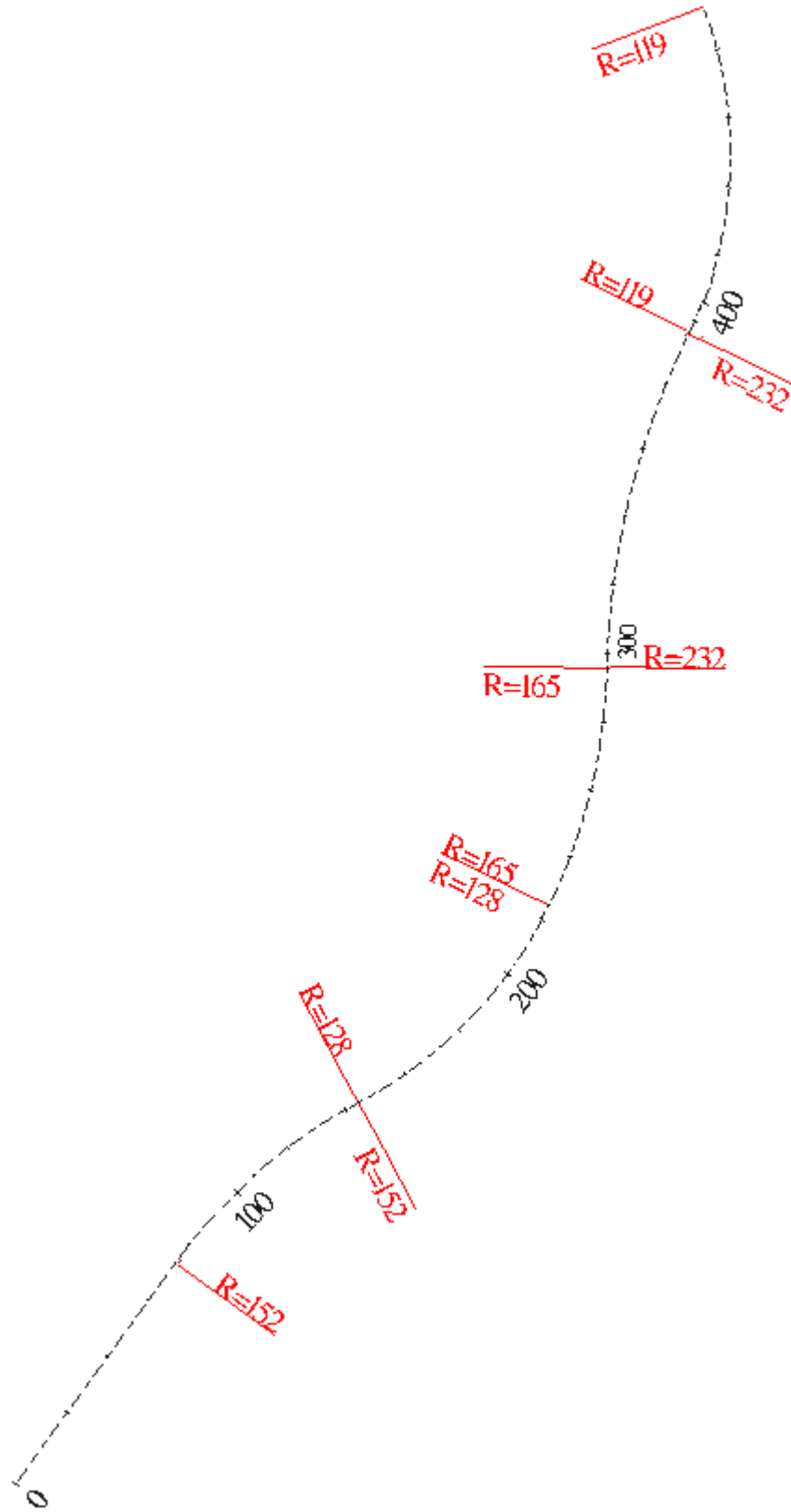
Väyläsuunnittelussa tärkeitä parametreja ovat rakennekerrosten oikea sijainti, korkeus-  
tasot ja kallistukset sekä rakennekerrosten paksuus; nämä kaikki tiedot koneen on kerrottava maastotallentimelle. Inframodel on yksi vaihtoehto, jolla pyritään tallentamaan

kaikki väyläsuunnitteluun tarvittavat tiedot ja näin siirtämään ne maastotallentimiin. LandXML-formaatista on tulevaisuudessa tulossa suunnittelualalle yhtenäinen tiedonsiirtoformaatti, jonka avulla suunnitelmätietoja voidaan siirtää suunnitelmajärjestelmästä koneohjausjärjestelmään sisällön muuttamatta.

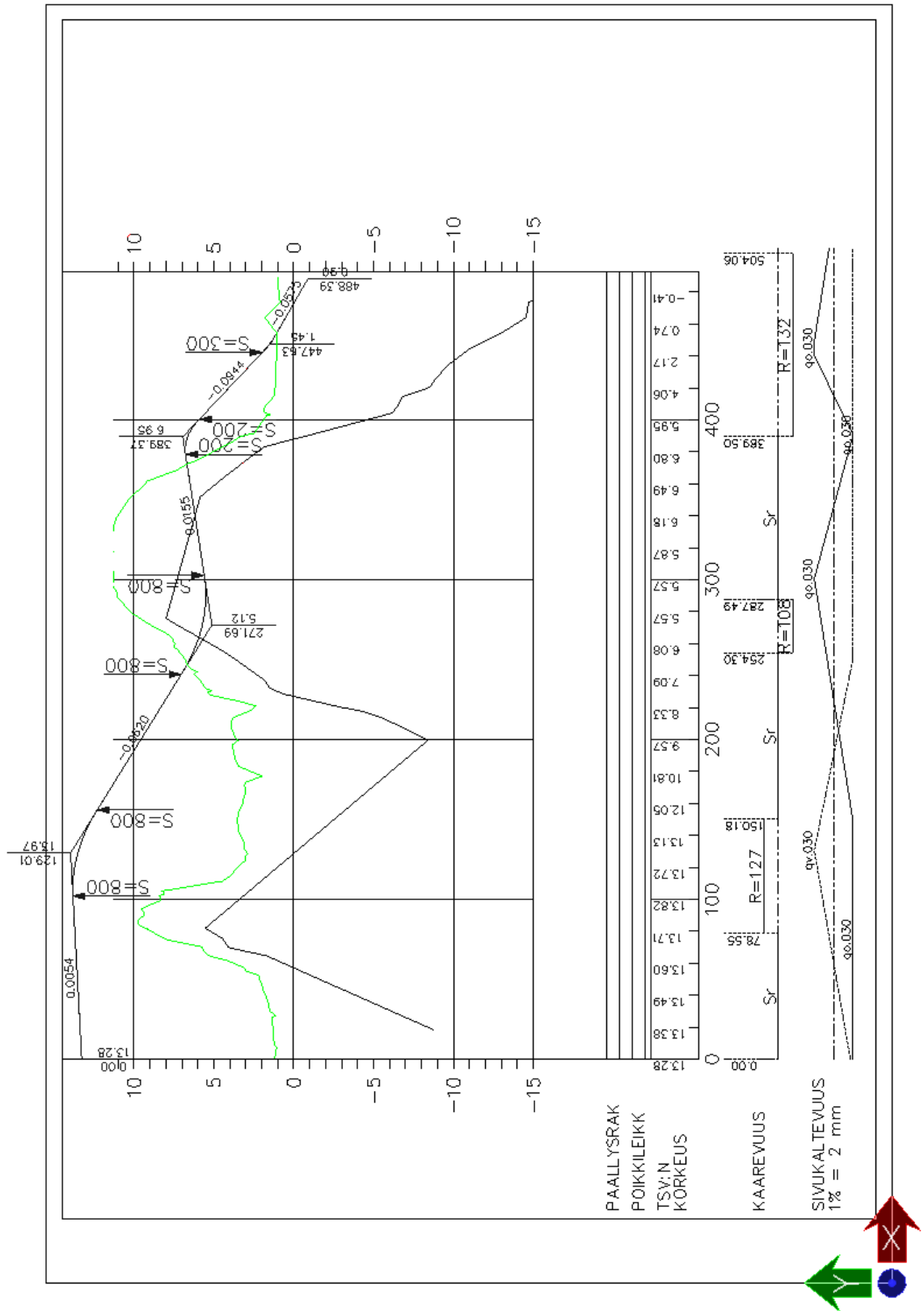
## Lähteet

1. Pelkonen, Veijo. Tien geometrinen suunnittelu. Teknillinen korkeakoulu, Espoo 1981
2. RIL 165-2 Liikenne ja väylät II, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry., Otavan Kirjapaino Oy, Helsinki 2006
3. Hartikainen, Olli-Pekka. Tietekniikan perusteet. Valopaino Oy, Helsinki 2001
4. Asetus. Asetus kansainvälisten pääliikenneväylien rakentamista koskevan julkilausuman voimaansaattamisesta. 51/1965
5. Ohjelmistot. (WWW-dokumentti.) 3D-system Oy, [http://www.3d-system.fi/index.html?moduuli=ohjelmistot&toiminto=etusivu&nayta\\_artikkeli=10](http://www.3d-system.fi/index.html?moduuli=ohjelmistot&toiminto=etusivu&nayta_artikkeli=10) Tarkistettu 11.2.2009
6. Saarinen, Pekka. Diplomityö. 3D-koneohjausjärjestelmä tienrakentamisessa, Espoo 2008.
7. Arkima, Marika. Diplomityö. Sääätötekniikan SGML-multimediasuunnittelun toteuttaminen, Espoo 1999.
8. Osa 5 LandXML, Linjaus- ja tasaustiedot. (WWW-dokumentti.) VTT [http://cic.vtt.fi/projects/inframodel/Documents/infraModel\\_5\\_2004-01-23\\_LinjausJaTasaus.pdf](http://cic.vtt.fi/projects/inframodel/Documents/infraModel_5_2004-01-23_LinjausJaTasaus.pdf) Espoo 2003. Tarkistettu 1.4.2009
9. Probert, Dana; Weding, James. Mastering AutoCAD Civil 3D 2008. Wiley Publishing, Inc. Canada 2007
10. 'INFRA Rakentaminen ja palvelut 2001–2005' -teknologiaohjelma. (WWW-dokumentti.) TEKES <http://akseli.tekes.fi/Resource.phx/rapu/infra/index.htm> Tarkistettu 12.3.2009
11. LandXML v1.0 standardin mukainen infraModel-tiedonsiirron dokumentaatio. 3 Väyläsuunnittelu. (WWW-dokumentti.) VTT [http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/documentation/index\\_d.html](http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/documentation/index_d.html) Tarkistettu 29.3.2009

12. 'INFRA Rakentaminen ja palvelut 2001–2005' -teknologiaohjelma. Infra Model, Loppuraportti – Yhteenveto. (WWW-dokumentti.) VTT  
[http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/material/Published/Reports/IM2\\_Loppuraportti\\_luonnos0\\_8.pdf](http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/material/Published/Reports/IM2_Loppuraportti_luonnos0_8.pdf) Tarkistettu 11.2.2009
13. Tielaitos, kehittämiskeskus. Maastomallimittaukset. Helsinki 1994

**Liite 1: Vaakageometria**

**Liite 2: Pystygeometria**



### Liite 3: Siirtotiedostoesimerkki, Vg-tiedosto ja Pg-tiedosto

TIE	3020					
TIEVE	1					
LINJA	3020	1	0.0000			
ELEM	1	0	1	0.0000	0.0000	0.0000
ELEMP1	1	0.0000	6677585.5230	2546089.0100		
ELEMP2	1	74.7669	6677646.0600	2546132.8890		
ELEM	2	0	3	151.8640	151.8640	0.0000
ELEMP1	2	74.7669	6677646.0600	2546132.8890		
ELEMP2	2	144.1319	6677691.1540	2546184.8020		
ELEMCP	2	6677556.9343	2546255.8495			
ELEM	3	0	3	-127.6810	-127.6810	0.0000
ELEMP1	3	144.1319	6677691.1540	2546184.8020		
ELEMP2	3	224.5449	6677747.9860	2546239.8060		
ELEMCP	3	6677804.0002	2546125.0678			
ELEM	4	0	3	-165.0530	-165.0530	0.0000
ELEMP1	4	224.5449	6677747.9860	2546239.8060		
ELEMP2	4	295.6618	6677816.5530	2546256.4920		
ELEMCP	4	6677820.3945	2546091.4837			
ELEM	5	0	3	231.6360	231.6360	0.0000
ELEMP1	5	295.6618	6677816.5530	2546256.4920		
ELEMP2	5	395.6221	6677912.9190	2546279.9770		
ELEMCP	5	6677811.1619	2546488.0653			
ELEM	6	0	3	-118.9310	-118.9310	0.0000
ELEMP1	6	395.6221	6677912.9190	2546279.9770		
ELEMP2	6	492.9252	6678007.4320	2546284.3030		
ELEMCP	6	6677965.1648	2546173.1362			

Vg -tiedosto

TIE	3020			
TIEVE	1			
LINJAZ	3020	3020		
ELEMZ	1	0.0000	2.0000	0.0000
ELEMZ	2	79.6254	6.7702	-500.0000
ELEMZ	3	198.1454	3.6876	800.0000
ELEMZ	4	314.4639	9.0458	-500.0000
ELEMZ	5	488.3910	1.5960	0.0000

Pg -tiedosto

## Liite 4: Siirtotiedostoesimerkki, XML-tiedosto

```

- <Project name="" desc="" state="proposed">
- <Feature code="IM_codings" source="http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2">
  <Property label="surfaceCoding" value="Yleinen" />
  <Property label="terrainCoding" value="TieL" />
</Feature>
</Project>
- <Units>
  <Metric areaUnit="squareMeter" linearUnit="meter" volumeUnit="cubicMeter" temperatureUnit="celsius" pressureUnit="H" />
</Units>
<CoordinateSystem name="" verticalCoordinateSystemName="" desc="National Land Survey Finland" rotationAngle="1.0" fi="" />
- <Application name="" manufacturer="Centroid Sito Oy" desc="" manufacturerURL="www.sito.fi" version="" timeStamp="2009-03-16T09:25:20" author="" createdBy="" createdByEmail="" timeStamp="2009-03-16T09:25:20" company="" companyURL="www.sito.fi" />
</Application>
- <Alignments desc="" name="Giskatu" state="proposed">
- <Alignment name="3020" length="492.9252" staStart="0.0000" desc="unknown" oID="unknown" state="proposed">
- <CoordGeom desc="unknown" name="3020" state="proposed">
- <Line dir="1000.0000" length="74.7669" name="1" staStart="0.0000">
  <Start>677585.5230 546089.0100 0.0000</Start>
  <End>677646.0600 546132.8890 0.0000</End>
</Line>
- <Curve length="69.3650" radius="151.8640" rot="cw" staStart="74.7669" name="2" chord="68.7636">
  <Start>677646.0600 546132.8890 0.0000</Start>
  <Center>677556.9343 546255.8495 0.0000</Center>
  <End>677691.1540 546184.8020 0.0000</End>
</Curve>
- <Curve length="80.4130" radius="127.6810" rot="ccw" staStart="144.1319" name="3" chord="79.0906">
  <Start>677691.1540 546184.8020 0.0000</Start>
  <Center>677804.0002 546125.0678 0.0000</Center>
  <End>677747.9860 546239.8060 0.0000</End>
</Curve>
- <Curve length="71.1169" radius="165.0530" rot="ccw" staStart="224.5449" name="4" chord="70.5681">
  <Start>677747.9860 546239.8060 0.0000</Start>
  <Center>677820.3945 546091.4837 0.0000</Center>
  <End>677816.5530 546256.4920 0.0000</End>
</Curve>
- <Curve length="99.9603" radius="231.6360" rot="cw" staStart="295.6618" name="5" chord="99.1864">
  <Start>677816.5530 546256.4920 0.0000</Start>
  <Center>677811.1619 546488.0653 0.0000</Center>
  <End>677912.9190 546279.9770 0.0000</End>
</Curve>
- <Curve length="97.3031" radius="118.9310" rot="ccw" staStart="395.6221" name="6" chord="94.6120">
  <Start>677912.9190 546279.9770 0.0000</Start>
  <Center>677965.1648 546173.1362 0.0000</Center>
  <End>678007.4320 546284.3030 0.0000</End>
</Curve>
</CoordGeom>
- <Profile staStart="0.0000" state="proposed">
- <ProfAlign name="unknown">
  <PVI>0.0000 2.0000</PVI>
  <CircCurve radius="-500.0000" length="0.0000">79.6254 6.7702</CircCurve>
  <CircCurve radius="800.0000" length="0.0000">198.1454 3.6876</CircCurve>
  <CircCurve radius="-500.0000" length="0.0000">314.4639 9.0458</CircCurve>
  <PVI>488.3910 1.5960</PVI>
</ProfAlign>
</Profile>
- <Feature code="IM_coding">
  <Property label="terrainCoding" value="121" />
  <Property label="terrainCodingDesc" value="Tien keskilinja" />
</Feature>
</Alignment>
</Alignments>
</LandXML>

```