

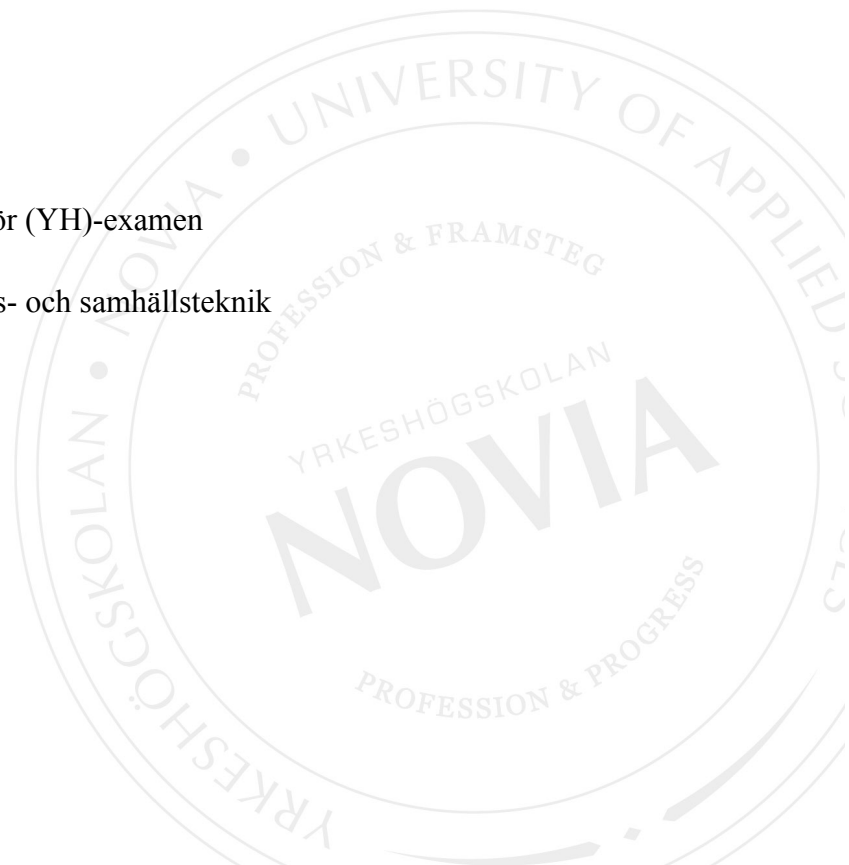
InfraBIM-modeller som entreprenörens redskap för hantering av förändringar

Elisabeth Weckström

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Ekenäs 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Elisabeth Weckström

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, ingenjör. Ekenäs

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Towe Andersson

Titel: InfraBIM-modeller som entreprenörens redskap för hantering av förändringar

Datum 5.4.2019

Sidantal 38

Bilagor 3

Abstrakt

Detta examensarbete är beställt av Yleinen Pohjarakennus Oy (YPR), ett företag som verkar inom infra- och industribyggande. Syftet med detta examensarbete är att ta fram information om hur byggnadsinformationsmodellering, BIM, på infrastrukturbranschen ser ut idag, vilka finska anvisningar det finns tillgängliga och hur de går att utnyttja BIM vid olika faser av ett projekt och sedan implementera detta på ett case.

Källorna till informationen och teorin jag tagit fram består av litteraturkällor såsom tidningsartiklar, examensarbeten och hemsidor hos företagen som använder och utvecklar BIM på infrastruktursidan.

Caset jag behandlade är ett projekt som utförs av YPR och gick ut på att installera kabelkanalselement på ett industriområde. Jag modellerade en infraBIM-modell av kabelkanalsrutten på basis av en 3D-modell som överlämnades av beställaren åt YPR vid början av projektet samt insamlad information från projektets gång.

Det första målet var att komma fram till en slutsats om hur de finska anvisningarna (Yleiset inframallivaatimukset, Inframodel-formatet och infraBIM-nimikkeistö) fungerar i praktiken vid modellering av projekt samt om det är möjligt att följa dem och till vilken grad, ur entreprenörens synvinkel. Det andra målet var att på basis av resultatet från modelleringen på caset avgöra om YPR kan ha nytta av att börja använda mer infraBIM i sina projekt vid hantering av förändringar i projektet och vilka potentiella fördelar det kan ha.

Språk: Svenska

Nyckelord: infraBIM, BIM

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Elisabeth Weckström

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusinsinööri.

Tammisaari

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaaja(t): Towe Andersson

Nimike: InfraBIM-mallit urakoitsijan työkalun projektin muutosten hallinnassa

Päivämäärä 5.4.2019

Sivumäärä 38

Liitteet 3

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii infra- ja teollisuusrakennuskohteita toteuttava yritys Yleinen Pohjarakennus Oy. Opinnäytetyön tarkoitus on tuoda esiin tietoa tietomallinnuksen nykyisestä tilasta infrarakentamisen puolella, selvittää mitä suomalaisia ohjeita on käytettävissä ja miten niitä voidaan hyödyntää projektin eri vaiheissa sekä toteuttaa nämä tapaustutkimuksessa.

Kerätty tieto ja teoria ovat peräisin kirjallisuuslähteistä, kuten lehtiartikkeleista, opinnäytetöistä sekä tietomallinnusta käyttävien ja kehittävien infra-alalla toimivien yritysten verkkosivuilta.

Käsitteleni tapaustutkimus on YPR:n tekemä kaapelikanavien asennusprojekti teollisuusalueella. Mallinsin infraBIM-mallin kaapelikanavareitistä tilaajan luovuttaman 3D-mallin sekä projektin toteutusvaiheessa kerätyn tiedon perusteella.

Opinnäytetyön ensimmäinen tavoite oli tehdä johtopäätöstä suomalaisten ohjeiden toimivuudesta käytännössä urakoitsijan näkökulmasta projektin mallinnuksessa sekä jos on mahdollista seurata ohjeita ja miten tarkasti. Opinnäytetyön toinen tavoite oli mallinnustuloksen perusteella määrittää voisiko YPR projekteissaan hyödyntää infraBIMiä muutosten hallinnassa ja nähdä mitkä mahdolliset hyödyt voisivat olla.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: infraBIM, BIM

BACHELOR'S THESIS

Author: Elisabeth Weckström

Degree Programme: Bachelor's degree in technology, Construction Engineering. Ekenäs.

Specialization: Structural Engineering

Supervisor(s): Towe Andersson

Title: InfraBIM models as a change management tool for entrepreneurs

Date 5.4.2019

Number of pages 38

Appendices 2

Abstract

This thesis is commissioned by Yleinen Pohjarakennus Oy, a company producing services in infrastructure- and industry building. The purpose of this thesis is to examine how building information modelling, BIM, looks today in the field of infrastructure building, what Finnish instructions are available and how they can be used during the different stages of a project and finally to implement this on a case.

The information sources for this thesis are mainly printed sources, such as paper articles, theses and webpages for companies who use and develop infraBIM.

The case I am addressing is a project, carried out by YPR, to install cable canal elements in an industry area. I created an infraBIM-model of the cable canal route based on a 3D-model YPR received when starting the project and on information and data collected during the project.

The first goal with this thesis was to come to a conclusion about how the Finnish instructions (Yleiset inframallivaatimukset, Inframodel-format and infraBIM-nimikkeistö) function and can be followed in practice. The second goal was to, based on the results of the case-modelling, decide if YPR could benefit from using more infraBIM in their projects and what the possible benefits could be.

Language: Swedish

Key words: infraBIM, BIM

Innehållsförteckning

Förkortningar och förklaringar	1
1. Inledning	3
1.1 Uppdragsgivare	3
1.2 Bakgrund.....	3
1.3 Syfte och mål	3
1.4 Metod och avgränsning.....	4
2. BIM.....	5
2.5 Allmänt om BIM.....	5
2.6 Syftet med BIM.....	6
2.7 Programvara som stöder BIM och dataöverföring.....	7
2.8 BuildingSMART Finland	8
3. InfraBIM	10
3.1 Allmänt om infraBIM	10
3.2 Syfte med infraBIM	11
3.3 Yleiset inframallivaatimukset	14
3.4 InfraBIM-nimikkeistö	17
3.5 InfraBIM-sanasto	19
3.6 Programvaror från Autodesk.....	19
3.7 Format och dataöverföring.....	20
4. Case: Laakson kanavat.....	22
4.1 Bakgrund.....	22
4.2 Projektet	23
4.3 Från ursprunglig modell till ny modell	24
4.3.1 Ursprungliga modellen.....	24
4.3.2 Nya modellen.....	25
5. Resultat	32
6. Källförteckning	35

Bilageförteckning

Bilaga 1: Materielmängder

Bilaga 2: Kabelkanaler

Bilaga 3: Grävda jordmassor

Förkortningar och förklaringar

YPR

Yleinen Pohjarakennus Oy.

BIM

Förkortning på engelskans Building Information Modelling eller svenskans Byggnadsinformationsmodellering.

3D-, 4D-, 5D-modell

3D-modell är en visuell modell i tre dimensioner, X, Y, Z (längd, brädd, djup). En 4D-modell har tre dimensioner, X, Y, Z och den fjärde dimensionen tid. En 5D-modell är en 4D-modell med tillägg av en femte dimension: kostnad.

BIM-modell

En 3D-modell av sammankopplade objekt med data om de enskilda objekten (mått, material, volym) samt hur de samverkar med varandra (fastsättningsmetod). Kan även kallas informationsmodell (från finskans *tietomalli*).

Infra

Infrastruktur (vägar, broar o.s.v.).

InfraBIM

Från engelskans Infra Built Environment Information Model.

InfraBIM-modell

En BIM-modell av infrastruktur.

Modellera

Att virtuellt skapa en BIM-modell eller delar av den. Att skapa en 3D-modell kan även kallas modellera.

GNSS

Navigationssystemet Global Navigation Satellite System.

Dataöverföringsformat

Format på data/information som tolkas av datorapplikationer vid sparandet, flyttandet och arkivering av informationen.

Utgångsinformationsmaterial

Data som samlats in från olika källor före början av projektet inför planering.

Metadata

Data som beskriver och ger information om annan data.

Schema

Med schema avses i detta examensarbete sättet hur man strukturerar och organiserar data när man skriver koderna till databaser.

IFC

Industry Foundation Classes. Ett format med öppen dataöverföring.

XML

eXtensible Markup Language. Ett märkspråk som går att bygga ut på.

1. Inledning

Detta är ett examensarbete inom utbildningen byggnads- och samhällsteknik, ingenjör.

1.1 Uppdragsgivare

Detta examensarbete är beställt av Yleinen Pohjarakennus Oy. Yleinen Pohjarakennus Oy (YPR) grundades 1987 och är ett företag som verkar inom infra- och industribyggande. Idag har YPR verksamhet huvudsakligen i södra Finland men utför även arbeten runt om i Finland. YPR utför arbeten åt såväl privata personer som kommuner samt åt andra företag som underleverantör. YPR har en bas i Korso, Vanda och en i Sköldvik, Borgå, där YPR kontinuerligt verkat som underleverantör åt Neste Oyj sedan början på 2000-talet.

1.2 Bakgrund

BIM inom infrastrukturbranschen är en ny metod för att hantera ett helt projektets process från planering till färdig konstruktion, där all information och data virtuellt är tillgänglig i en 3D-modell för ingenjörerna, arkitekterna och entreprenörerna som utför arbetet. YPR strävar alltid efter att hitta nya metoder för att öka på arbetseffektiviteten samt höja de ekonomiska resultaten och byggnadsinformationsmodellering inom infrastruktur kan eventuellt vara ett hjälpmedel till detta. Potentiella användningsområden av infraBIM för YPR är bl.a. 3D-maskinstyrning, mängdberäkning, dokumentation av extra arbeten vid ackordjobb o.s.v. Eftersom BIM inom infrastruktur är relativt nytt så vill YPR gärna att det undersöks och testas ur företagets synvinkel innan man gör större investeringar i t.ex. programvara eller tillbehör till maskiner.

1.3 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att ta fram information om hur BIM på infrastrukturbranschen ser ut idag, vilka finska anvisningar det finns tillgängliga och hur de går att utnyttja BIM vid olika faser av ett projekt och sedan implementera detta på ett case.

Det första målet är att komma fram till en slutsats om hur de finska anvisningarna (Yleiset inframallivaatimukset, Inframodel-formatet och infraBIM-nimikkeistö) fungerar i praktiken vid modellering av projekt samt om det är möjligt att följa dem och till vilken grad, ur entreprenörens synvinkel. Det andra målet är att på basis av resultatet från modelleringen på

caset avgöra om YPR kan ha nytta av att börja använda mer infraBIM i sina projekt vid hantering av förändringar i projektet och vilka potentiella fördelar det kan ha.

1.4 Metod och avgränsning

Källorna till informationen och teorin jag behandlar kommer bestå av litteraturkällor såsom tidningsartiklar, examensarbeten och hemsidor hos företagen som använder och utvecklar byggnadsinformationsmodellering på infrastrukturen. Källorna är huvudsakligen elektroniska p.g.a. brist på tryckt material som behandlar ämnet. Som källhänvisningssystem använder jag mig av Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE-system. Organisationens handbok för IEEE-systemet är *IEEE Reference Guide*.

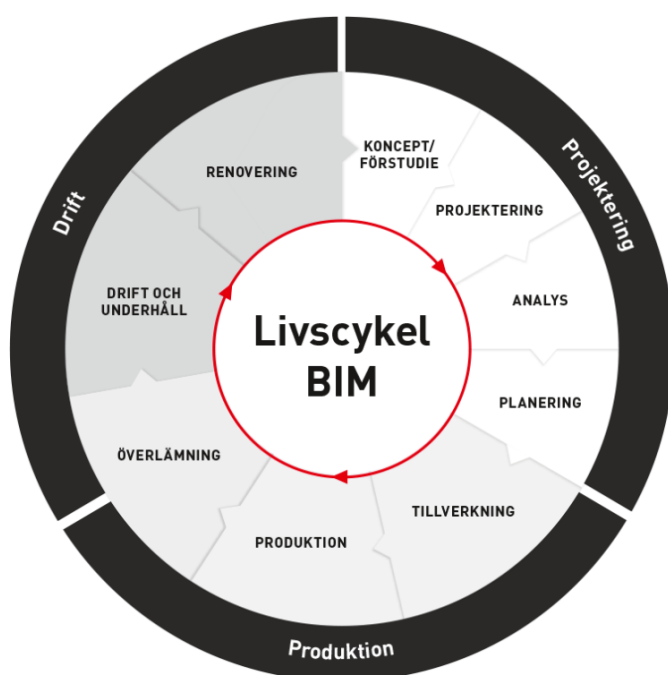
Caset jag kommer behandla är ett projekt som YPR utför åt Neste Oyj på raffinaderiområdet Sköldvik i Borgå. Projektet går ut på att installera kabelkanalselement på och utanför ett av processområdena. I och med början av projektet överlät konstruktionsplaneringsavdelningen på Neste Oyj en 3D-modell på ruten av kabelkanalerna åt YPR Oy. Jag kommer att modellera en ny modell av projektet och göra den till en infraBIM-modell genom att följa alla de existerande finländska anvisningar om infraBIM i den mån som är möjligt och som passar in på caset. Den nya infraBIM-modellen kommer bygga på den ursprungliga 3D-modellen samt information som samlats in under projektets gång.

Jag kommer i detta examensarbete inte ta ställning till hur kabelkanalerna, redan existerande konstruktioner eller LVI är dimensionerade, placerade eller byggda runt kabelkanalerna i caset. Enbart den viktigaste information om kabelkanalerna, såsom t.ex. mått kommer att finnas med i den nya modellen men inte mängd eller placering av armering, kvalitet på betong eller dylikt, eftersom det är planerat av Neste Oyj. Alla omkringliggande konstruktioner kommer att bli modellerade i den nya modellen i den mån som jag anser vara väsentligt.

2. BIM

2.1 Allmänt om BIM

BIM, byggnadsinformationsmodellering, är en rätt så ny metod inom byggbranschen för att hantera hela projektets process och livscykel (figur 1.) från planering till färdig konstruktion till underhåll, där all information och data virtuellt är tillgänglig i en 3D-modell för ingenjörerna, arkitekterna och entreprenörerna som utför arbetet.



Figur 1. BIM-livscykeln. [1]

Begreppet 3D-modell och BIM-modell ska inte blandas ihop. En 3D-modell är en visualisering av ett objekt i tre dimensioner som kan användas t.ex. till att ge en bild av hur en ny byggnad kommer att se ut. En BIM-modell är också en 3D-modell men den innehåller avsevärt mycket mer data om den modellerade konstruktionen än en 3D-modell. En BIM-modell består av många objekt som är sammankopplade. Data som läggs in i objekten är bl.a. mått (längd, area, volym) och geometri i ett x, y och z koordinatsystem, specifikationer på material samt data om tidtabeller. Detta innebär i praktiken att det modellerade objektet innehåller information om sig själv. Detta kan till exempel vara en dörr som sitter fast i en vägg, väggen hör ihop med tre andra väggar och bildar ett rum, flera rum bildar en våning

som bilar ett hus. BIM-modellen på dörren, väggen, rummet och våningen bildar tillsammans en helhet. Skulle man bara modellera denna helhet skulle det bli en 3D-modell men eftersom de enskilda objekten innehåller information och egenskaper om vilket material de är gjorda av, mått, hur de är sammankopplade med varandra o.s.v. blir det en BIM-modell.

2.2 Syftet med BIM

Syftet med BIM är att samla all information om ett projekt digitalt i realtid, i ett format lätt att visualisera, på ett ställe som är lätt åtkomligt för alla aktörer. Man kan då förbättra samarbetet och göra informationsflödet snabbare mellan olika parter i olika faser av projektet eftersom en och samma BIM-modell kan användas ända från planeringsfasen, genom utförandefasen till underhållfasen. [2] Att använda BIM-modeller under planeringsfasen minskar på mängden arbete som läggs ner på att skapa ritningar eftersom information bara behöver läggas in i modellen en gång för att ändå kunna skapa en oändlig mängd ritningar från alla tänkbara vinklar, till skillnad från 2D-modeller då man kan bli tvungen att rita samma sak i flera ritningar.

De flesta program som stöder BIM låter flera människor jobba i samma modell samtidigt. Detta gör arbetet mycket snabbare och risken för fel i planeringen minskar eftersom information inte måste plockas ut och skickas via t.ex. e-mail när problem uppstår utan man behöver bara hänvisa till en viss del i modellen.

Olika simuleringar och analyser om projektet är möjligt att göra i ett tidigt skede av planeringsfasen när man använder BIM-modeller. Detta kan vara frågan om att testa ifall lutningen på duschgolvet är tillräcklig för att vattnet korrekt rinner ner i avloppet. Om det virtuella testet visar att lutningen inte fungerar är det enkelt att i planeringsskedet åtgärda saken till skillnad från att märka att det är fel när golvet redan är gjutet. Dessa simuleringar och analyser gör att man sparar både tid och pengar. [2]

Förutom visuella 3D simuleringar på krockande konstruktionsdelar eller felaktig planering kan man även lägga till en fjärde samt femte dimension för ännu effektivare simuleringar. Man talar då om 4D BIM eller 5D BIM. Den fjärde dimensionen är tid. En 4D-modell innehåller förutom de enskilda objektens egenskaper även information om tidtabeller. I en 5D-modell lägger man till kostnaden för de enskilda objekten i 4D-modellen. Det betyder i praktiken att det i 5D BIM-modeller kan finnas exakt tidsåtgång för byggandet av olika delar av konstruktionen samt när de ska göras och vad de kostar. I framtiden kommer det finnas 6D BIM-modeller där den sjätte dimensionen är underhåll. [3]

Under utförandefasen är BIM-modellens främsta uppgift att berätta vilka mängder och hurdant material behövs samt när det behövs. Genom att i planeringsfasen ge beteckningar eller koder åt det modellerade objektet kan man lätt skilja på de olika elementen i konstruktioner. En kod kan vara så enkel som OL200 och då berättar koden att det är frågan om ett hålbjälklag (ontelolaatta = OL) som är 200 mm tjockt. Beteckningarna eller koderna underlättar arbetet när man under projektets utförandefas ska bestämma arbetsgången och beställa material. Eftersom de enskilda objekten i BIM-modellen innehåller information om all mängd material som går åt till dem samt information om när materialet behövs (vid användning av fyra dimensioner) kan man utnyttja det genom att ta ut färdiga tabeller som har denna info uppdelat i kategorier baserat på koderna. Detta kan t.ex. vara frågan om betongväggar. När man under utförandefasen ska starta skedet av vägg-gjutande kan man genom att titta i den färdiga tabellen se att ytterväggarna gjuts en viss tid före mellanväggarna och hur mycket betong behövs samt kvaliteten på den.

Målet är att i framtiden även kunna använda BIM-modeller till allt som har med underhåll, ändringsarbeten samt rivning att göra [3]. Behövs det t.ex. bytas en lampa i ett hus ska det räcka att kolla i BIM-modellen efter information om hurdan lampa det krävs utan att behöva skruva ner lampan och kolla. Vid renovering och rivning av konstruktioner eller delar av dem kan BIM utnyttjas för att bl.a. planering av tidsåtgång för arbetet samt avfallshantering då man känner till mängderna och sorterna på materialen i byggnaden. Att utnyttja BIM-modeller för underhåll, renovering eller rivning är i dagens läge inte så vanligt. Detta beror på att det inte ännu finns så många konstruktioner som har BIM-modeller med all den sorts information som behövs för dessa skeden.

2.3 Programvara och dataöverföring som stöder BIM

För att kunna skapa och hantera BIM-modeller behövs det program som möjliggör att lägga till stora mängder information i objekten i 3D-modellen. Det finns många programvaror av olika tillverkare att välja på beroende på vad man vill få ut av programmet. Autodesk har bl.a. utvecklat programmen Revit och InfraWorks [4] för planering av byggnadskonstruktioner och infrastruktur, Graphisoft har ArchiCAD [5] för arkitekturplanering och Trimble har Tekla Structures för byggnadskonstruktioner [6].

Ett mål med BIM-modeller är att alla delaktiga i ett projekt ska ha tillgång till informationen i modellen och kunna modifiera den [7]. Detta innebär att informationsmodellerna ska föras mellan parterna i projektet i öppna format så att olika projekterings- och planeringsprogram

kan läsa filerna. Detta mål uppnår man genom att använda sig av neutrala och öppna format av data. Inom BIM har detta format bestämts [7] att vara Industry Foundation Classes, IFC. IFC är utvecklat och underhålls av buildingSMART International och i dag används versionen IFC 2x3 men uppföljaren, IFC 4, finns även tillgänglig [8].

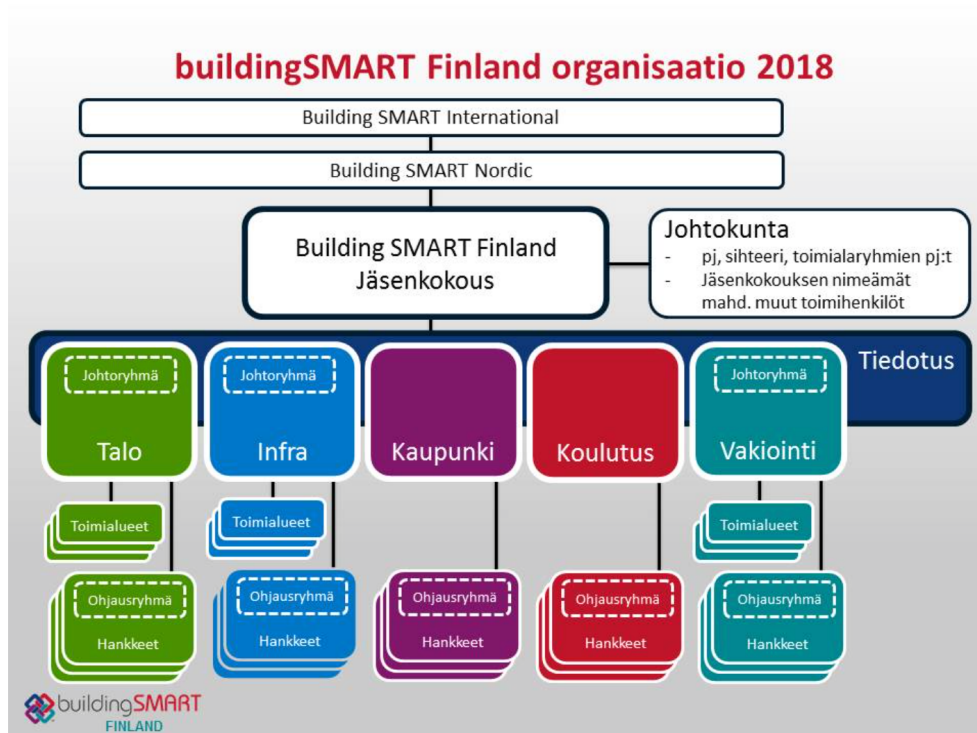
2.4 BuildingSMART Finland

År 1995 organiserade Autodesk en allians mellan 12 företag inom byggbranschen vars mål var att bevisa fördelarna med att företag jobbar tillsammans och delar all information i öppna format för att uppnå snabbare och bättre utveckling av branschen. Alliansen fick namnet International Alliance for Interoperability, IAI, och man beslöt ett år senare att öppna upp gruppen till alla som var intresserade av att gå med. År 2008 bytte man namnet från IAI till buildingSMART som den heter idag. Målet BuildingSMART idag har är bl.a. att hjälpa medlemsföretag att se fördelarna med att använda BIM i sin verksamhet samt att uppmuntra till dialog mellan de som utvecklar mjukvaror och de som använder dem. [9]

BuildingSMART Finland är bildat av finska ägare och leverantörer inom fastighet-, stadsplanering och infrastrukturbranschen [10]. Den finska organisationen ligger under den nordiska buildingSMART Nordic som i sin tur hör till den globala buildingSMART International (figur 2.) [11].

BuildingSMART Finland är uppdelat i olika grupper som ansvarar för olika områden (figur 2.); husbyggandet, infrastrukturbyggandet, stadsbyggandet, utbildning samt standardisering. Förutom ägarna och leverantörerna inom branschen finns även planerare, entreprenörer, programutvecklare, högskolor och universitet med i verksamheten. Syftet med samarbetsforumet är att sprida information om BIM-modellering och stöda de medlemsföretag som kör igång processen med att byta till användning av informationsmodeller [10], [11].

BuildingSMART Finland ordnar BIM relaterade seminarier och tillställningar runt om i Finland för medlemmarna men erbjuder även möjligheter för medlemmarna att medverka i internationella tillställningar [10].



Figur 2. BuildingSMART Finland organisationen 2018 [11].

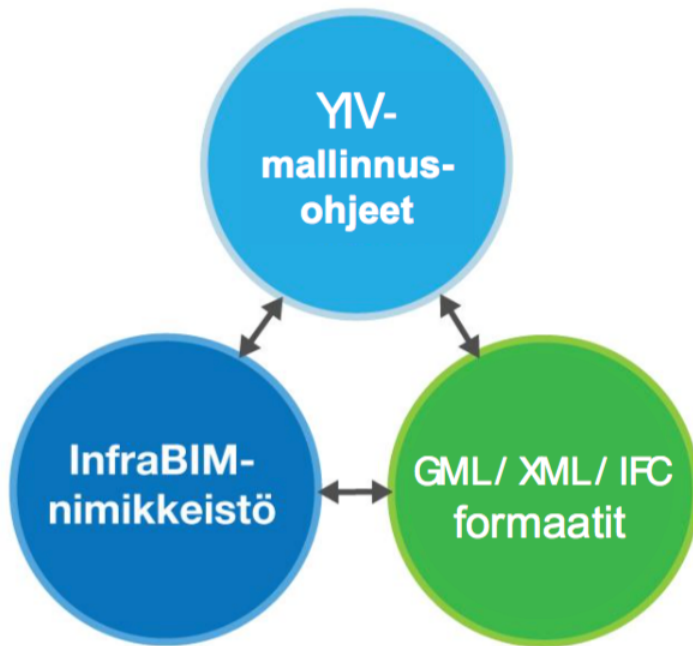
3. InfraBIM

3.1 Allmänt om infraBIM

Precis som BIM är InfraBIM också en ny metod inom infrastrukturbranschen för att hantera hela projektets process från planering till färdig konstruktion, där all information och data virtuellt är tillgänglig i en 3D-modell för ingenjörerna, arkitekterna och entreprenörerna som utför arbetet. InfraBIM och BIM är väldigt lika och grundprinciperna är samma för båda två. Inom infrastrukturbranschen kallas informationsmodellerna för infraBIM-modeller, för att lätt skilja på husbyggarnas BIM-modeller [12].

I mitten av 2000-talet fanns det ännu inga gemensamma riktlinjer för dataöverföring eller modellering inom infrastrukturbranschen vilket försvårade samarbetet mellan aktörer i projekt, speciellt om man ville använda BIM. På 2010-talet började man i Finland utveckla guider och riktlinjer för infraBIM i samband med Infra FINBIM-utvecklingsupphandlingen [13] för att underlätta samarbete, förbättra informationsutbyte och skapa enhetliga infraBIM-modeller [14].

Idag finns det tre huvudsakliga redskap tillgängligt i Finland för infraBIM-modellering framtagna av buildingSMART Finland [15]: Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV2015), Inframodel-formatet och InfraBIM-nimikkeistö. Kortfattat är YIV2015 de gemensamma spelreglerna för användning av infraBIM, Inframodel-formatet försäkrar att man utnyttjar maximalt av informationen i modellen och InfraBIM-nimikkeistö ser till att föra samman information producerat i olika system/mjukvara [16 s. 4]. Dessa tre anvisningar samverkar med varandra (figur 3.) och bör följas av alla parter i projekten för att informationshanteringen ska fungera som BIM [17, s. 5].

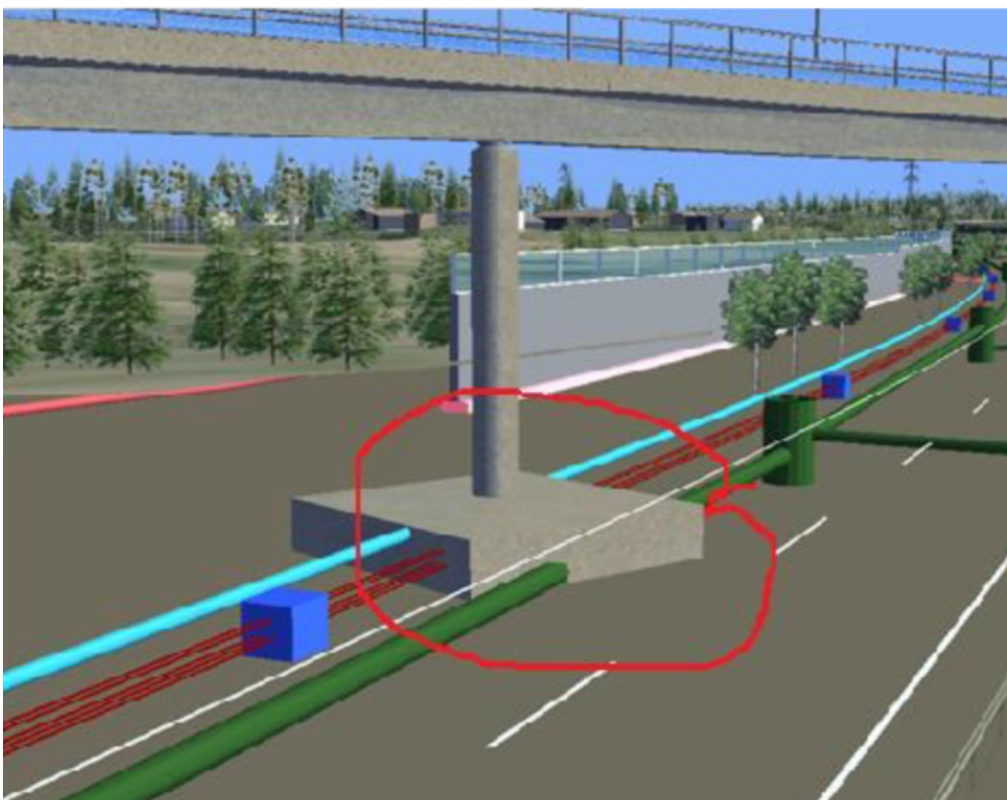


Figur 3. Yleiset inframallivaatimukset, Inframodell och InfraBIM-nimikkeistö samverkar med varandra [16, s. 4].

3.2 Syfte med infraBIM

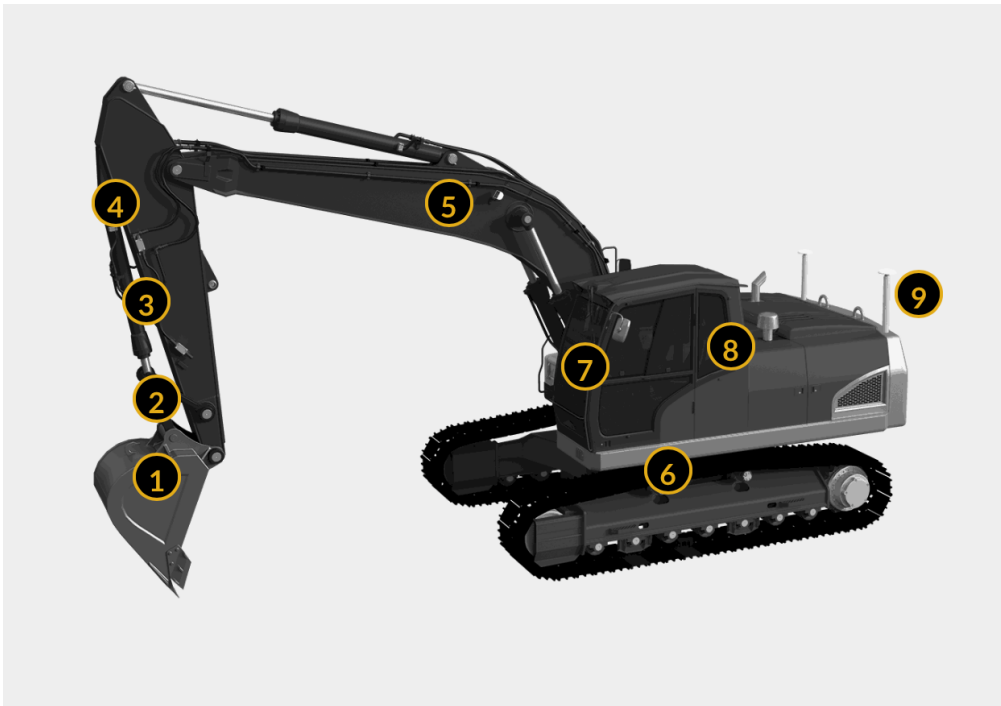
Syftet med infraBIM är i stort sätt samma som med vanlig BIM, alltså att samla all information om ett projekt i realtid, i ett format lätt att visualisera, på ett ställe som är lätt åtkomligt för alla aktörer [2].

Fördelarna med att använda sig av infraBIM under planeringsskedet är många. Med en verklighetsenlig infraBIM-modell är det bl.a. lätt att undvika krockar mellan två strukturer (figur 4), göra simuleringar och analyser m.m. Detta kan t.ex. vara frågan om nya vattenrör som ska installeras under en gata. Genom att göra en infraBIM-modell kan man undersöka om närliggande konstruktioner kommer vara i vägen, hitta nya rutter, göra simuleringar för t.ex. lutning på röret och spara resurser som tid och pengar [15, s. 5–6].



Figur 4. En infraBIM-modell som visar var rör- och brokonstruktionerna kommer krocka [16, s. 3].

Ett av användningsområdena idag av BIM inom infrastruktur är 3D-maskinstyrning. Vid användning av 3D-maskinstyrning installeras enligt figur 5 sensorer, en lasermottagare, en dator, en GNSS-mottagare och GNSS antenner på t.ex. grävmaskinen [18]. En infraBIM-modell matas in i maskinens dator och med hjälp av sensorerna och GNSS mottagaren och antennerna kan grävmaskinen på basis av modellen räkna ut hur mycket som bör grävas för att komma till önskad nivå [19]. I datorns ruta (figur 6.) syns bl.a. skopans position och höjd samt hur mycket och vinklarna på det som ska grävas för kusken att följa med [18]. Genom att använda 3D maskinstyrning sparar man tid, pengar och material eftersom det nästan är omöjligt att gräva för mycket, snett eller annat oönskat då höjdnoggrannheten kan vara så bra som 1–3 cm [19].



Figur 5. Placering av sensorer (1–2, 4–6), lasermottagare (3), dator (7), GNSS-mottagare (8) och GNSS antenner (9) på en grävmaskin [18].



Figur 6. Datorskärmen så som maskinkusken ser den. [20, s.11, bild 2].

3.3 Yleiset inframallivaatimukset

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) är en samling anvisningar och guider som beskriver ett infraBIM-baserat projekts olika skeden och hur man ska använda och utnyttja BIM i dem. Anvisningarna täcker hela livscykeln: utgångsinformation, planering, byggandet och i framtiden även underhåll. YIV utvecklades för att användas som hjälpmedel, tillsammans med InfraBIM-nimikkeistö och dataöverföringsspecifikationen Inframodel, vid modellerandet samt som dokument att hänvisa till eftersom det fanns behov för detta inom infrastrukturbranschen. [17], [21]. Förutom anvisningarna för användning innehåller YIV även krav som bör följas vid ett infraBIM-baserat projekt.

År 2012 publicerades Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV 2012) som var anvisningar riktade till BIM på byggsidan för att förbättra kvaliteten, effektiviteten och säkerheten under projektets utförandefas samt stöda dokumentation av bl.a. inköp och livscykeln [7]. YIV 2015 bygger på YTV 2012 men är modifierad och utvecklad för att passa BIM-baserade projekt på infrastruktursidan. 5.5.2015 publicerade buildingsSMART Finland den första versionen, Yleiset inframallivaatimukset 2015, som omfattade delarna 1–7 och följande år 11.2.2016 publicerades fortsättningen, delarna 8–12 [14].

YIV 2015 innehåller inte information om broar eller byggnadskonstruktioner på grund av att de tekniskt skiljer sig väldigt mycket från annan infrastruktur samt för att annat dataöverföringsformat används (IFC).

YIV 2015 består av följande delar och är kort beskrivet som följande (YIV 2015 finns inte tillgängligt på svenska så följande översättningar skrivna i kursiv är ungefärliga):

1. Tietomallipohjainen hanke

Delen *Projekt baserat på BIM-modell* innehåller beskrivningar på infrastrukturprojekts skeden, mål och de olika aktörernas uppgifter och ansvarsområden [21].

2. Yleiset mallinnusvaatimukset

Delen *Allmänna modelleringskrav* framför terminologin och kraven som bör följas vid producering av en infraBIM-modell samt beskrivningar av de olika anvisningarna på ett allmänt plan [22].

3. Lähtötiedot

I delen *Utgångsinformation* definierar man vilken information som måste finnas med i ett projekts första version av infraBIM-modellen [23].

4. Inframalli ja mallinnus hankeen eri suunnitteluvaiheessa

Delen *InfraBIM-modellen och modellering under projektets olika planeringsfaser* behandlar modelleringskraven under planeringsfasen (före konstruktionsplaneringen) [24].

5.1. Rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällystys- ja pintarakenteet

I delen *Konstruktionsmodeller; mark-, grund och bergskonstruktioner* definierar man innehållet för BIM-modellerna i konstruktionsplaneringsfasen av vägar, gator och järnvägar med betoning på geometri och egenskaper [25].

5.2. Rakennemallit; Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje

Delen *Konstruktionsmodeller; Anvisning för framtagandet av BIM-modell för markbyggandet (maskinstyrning)* beskriver krav för infraBIM-modellens innehåll samt noggrannhet för ytor hos vägar, gator, strandvägar samt vid områdesbyggandet [26].

5.3. Rakennemallit; Maarakennustöiden toteutusmallin laadintaohje

Delen *Konstruktionsmodeller; Anvisning för framarbetandet av BIM-modell för markbyggandet* slår fast krav för infraBIM-modellens innehåll samt noggrannhet för ytor [27].

6.1. Rakennemallit; Järjestelmät

Delen *Konstruktionsmodeller; System* innehåller anvisningar för modellering av vägars, gators och järnvägars olika system, t.ex. avloppsvattensystem, trafikljus och bommar [28].

7.1. Rakennemallit; Rakennustekniset rakennusosat

I delen *Konstruktionsmodeller; tekniska konstruktionsdelar* definierar man informationsinnehåll och noggrannhetskrav för infraBIM-projektens tekniska konstruktionsdelar, t.ex. lager på broar, stödkonstruktioner för bryggor och ljudvallar [29].

8. Inframallin laadunvarmistus

Delen *Kvalitets försäkring av infraBIM-modellen* innehåller steg att följa för försäkring av bra kvalitet i infraBIM-modellen. Dessa anvisningar omfattar inte byggnadskonstruktioner så som broar eller kvalitetssäkring av betong [30].

9. Määrälaskenta, kustannusarviot

Delen *Mängdberäkning, offert* innehåller och går igenom principer för mängdberäkning i olika skeden av ett infraprojekt för att utnyttja producerat material i infraBIM-modellen [31].

10. Havainnollistaminen

I delen *Visualisering* framförs anvisningar och krav för sammanställning och presentation av tekniska kombinations- och presentationsmodeller. [32].

11.1. Infran hallinta; Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa

Delen *Hantering av infra; Reparera ytbeläggningar med infraBIM-modellering* presenterar möjligheter att utnyttja infraBIM-modeller till hantering av infrastruktur samt till reparation av ytbeläggningar [33].

12.1. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa; Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä

I den sista delen av YIV 2015, *Att utnyttja infraBIM-modeller i planeringsskedet och vid byggandet; Kvalitetssäkringsmetod för infraBIM-baserat mark byggande*, framförs anvisningar för infraBIM-baserade mark- och skikt konstruktioners kvalitetssäkringsmetoder i bruk tagning, skeden och dokumentation [34].

Det utvecklas för tillfället en ny version av Yleiset inframallivaatimukset av buildingSMART Finland och finska aktörer inom infrastrukturbranschen. Utkastet av den nya versionen är för tillfället hos olika företag inom infrastrukturbranschen för granskning och kommentering under namnet *YIV 2015 päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018* [17]. Jag har genom personlig kommunikation, 7.3.2019, fått tillgång till utkastet av INFRA ry:s och Rakenneteollisuus RT:s ledare Heikki Jämsä, teknologie doktor. Enligt utkastet [17] kommer anvisningshelheten bestå av följande fem delar:

1. Yleinen Osa

Den första delen av YIV 2019, *Allmänt*, är en inledning till infraBIM-baserade projekts verksamhetsmodell. I delen beskriver man på ett allmänt plan mål och syfte med modellering under olika faser av ett projekt och annan bas information. Dessutom presenterar man allmänna modelleringstekniska krav som gäller under hela modellerings processen, från modell med utgångsinformation till modell för underhåll.

2. Lähtötietoaineisto

I den andra delen, *Utgångsinformationmaterial*, definierar man vilken utgångsinformation som bör finnas för att påbörja ett infraBIM-baserat projekt. Eftersom det är ytterst viktigt att kunna lita på utgångsinformationen under hela modelleringsprocessen presenteras även krav på hur original informationen och metadatat ska samlas in, sparas och hanteras.

3. Suunnittelu

I delen *Planering* tar man fram krav på infraBIM-modellering under olika skeden av projektet (koordinering, dokumentering, överlåtelse av utgångsinformation o.s.v.). Man presenterar även anvisningar på hur man kan utnyttja infraBIM-modellering under planeringsskedet.

4. Rakentaminen

I den sista delen av YIV 2019, *Byggandet*, med textinnehåll redan nu beskriver man krav och anvisningar för byggandet baserat på infraBIM-modellering. Anvisningarna täcker informationshantering, granskning av modeller, grundandet av arbetsplats, olika faser av utförandet och kvalitetssäkring samt innehållet på det digitala överlämningsmaterialet. Eftersom anvisningarna är på ett ganska allmänt plan bör man vid varje enskild projekt skiljt specificera de olika kraven som bör följas. Denna del kommer uppdateras med tiden i takt med att kunnandet och arbetsredskapen utvecklas.

5. Kunnossapito (päivitetään myöhemmin)

Den sista delen i YIV 2019, *Underhåll*, finns inte med i utkastsversionen utan den kommer att läggas till vid ett senare tillfälle.

3.4 InfraBIM-nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistö är en guide för namngivning och numrering av olika skeden och delar i livscykeln på en infrastruktur eller en infraBIM-modell. Alla skeden i objektets livscykel finns med: anskaffning av utgångsinformation, planering, utförandet och underhållning. Mer specifikt omfattar guiden namngivnings- och numreringssystem för vägar, gator, järnvägar och vattenfarleder. [35]

InfraBIM-nimikkeistö bygger på Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö med samma indelning av huvudgrupper men är en expanderad version anpassad för planering- och modellering med infraBIM [35]. Enbart Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö [36] är inte tillräckligt omfattande för att täcka BIM-modellering. Målet med infraBIM-nimikkeistö är att utveckla ett enhetligt namngivnings- och numreringssystem för företag inom infrabranschen. [35]

Den första versionen av InfraBIM-nimikkeistö, version 1.5, utvecklades i samband med InfraFINBIM-upphandlingen mellan åren 2010 och 2013. Den nuvarande versionen, 1.7, är en uppdaterad version av de föregående versionerna. I takt med ändringar som görs i Infra

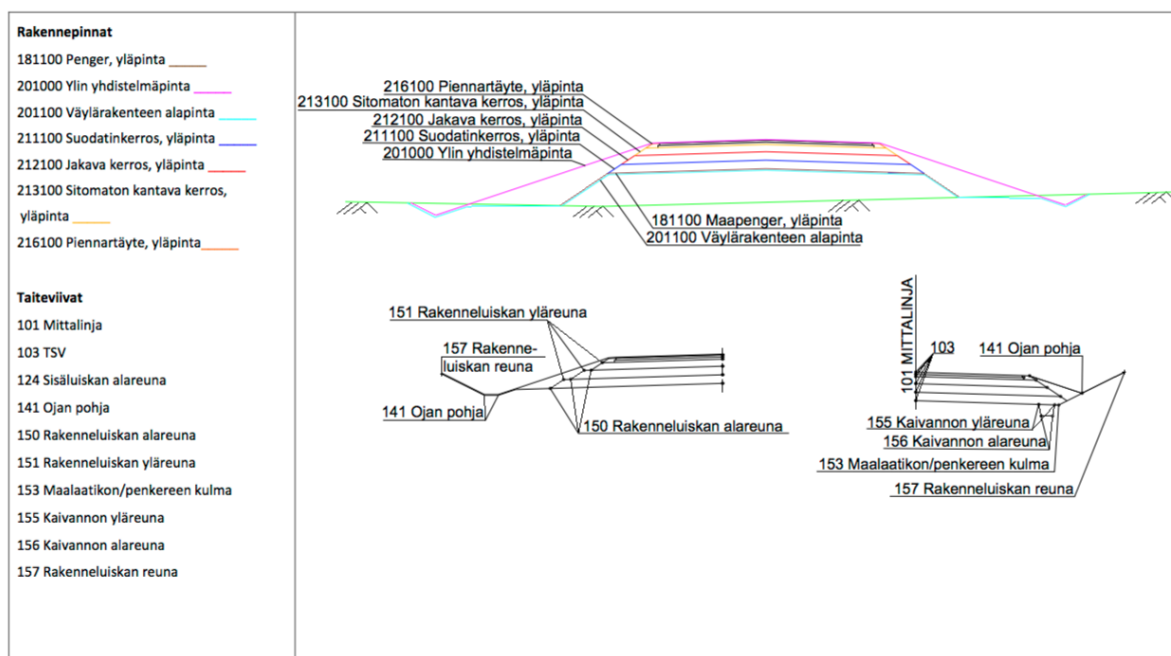
2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö uppdateras även InfraBIM-nimikkeistö för att båda ska stämma överens med varandra. [37 s. 4]

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö består av ett fyra-siffrigt system för att beskriva byggnadsdelar medan man i InfraBIM-nimikkeistö använder sig av ett sex-siffrigt system som är byggt på det föregående.

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö	InfraBIM-nimikkeistö	Byggnadsdel
3121	312100	Dagvattenavloppsrör
3121.1	312110	Dagvattenrör (avlopp)
3121.11	egenskap	Dagvattenrör (avlopp) av betong
3121.12	egenskap	Dagvattenrör (avlopp) av plast

Figur 7. Skillnaden mellan koderna i Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö och infraBIM-nimikkeistö är två siffror i slutet. Koderna står för samma byggnadsdel i båda guiderna.

I senaste versionen av InfraBIM-nimikkeistö finns förutom koderna för byggnadsdelar även koder för formen av byggnadsdelen. Det finns bl.a. koder för kanter, botten och mittlinjer på sluttningar, berg, vallar vid byggandet av vägar, gator, vattenleder m.m. (figur 8.) [37 s. 4].



Figur 8. Exempel på hur en infraBIM-modell av en väg kan se ut med rätta koderna för byggnadsdelar och koder för former ur infraBIM-nimikkeistö. [37 s. 8].

3.5 InfraBIM-sanasto

InfraBIM-sanasto är en ordlista som definierar och förklarar begrepp och termer inom infrastrukturbranschen samt slår fast terminologin, med tyngd på BIM-modellering, dataöverföring samt standardisering. Syftet med InfraBIM-sanasto är att utveckla en gemensam terminologi för alla inom infrastrukturbranschen. [38]

Det finns två versioner av ordlistan, version 0.7 [39] och version 0.6 [40]. 0.6-ordlistan är en förkortad version av 0.7-ordlistan med utvalda centrala begrepp för infraBIM medan 0.7 innehåller alla begrepp och all terminologi. I ordlistan finns även terminologi för BIM på husbyggande eftersom infra- och husbyggande i vissa projekt går hand i hand och delar en BIM-modell. [39]

Begreppen är uppräknade i alfabetisk ordning enligt det finska ordet med ordets definition bredvid. Ordet är även översatt till engelska med samma definition som på finska men översatt till engelska.

3.6 Programvaror

Alla tillgängliga program på byggbranschen kan inte användas för infraBIM, eftersom de inte har alla funktioner som krävs. Det kan vara frågan om att man inte kan skapa 3D-modeller eller att man inte kan ge egenskaper åt objekt. Autodesk har utvecklat två program som kan användas vid infraBIM-modellering, InfraWorks [41] och AutoCAD Civil 3D [42] och Trimble har programmen Tekla Structures [6] och Tekla Civil [43].

InfraWorks tillåter användaren att importera mätt data och skapa en BIM-modell, designa vägar, broar och dränering, analysera och simulera samt visualisera slutresultatet. InfraWorks ger möjligheten att importera 2D-ritningar från t.ex. AutoCAD eller Civil 3D in till programmet för att sedan fortsätta rita på dem i 3D-modellen. Man kan även flytta 3D-modeller ritade i InfraWorks till andra program för att sedan använda dem i 2D-format. [41]

Vid användning av Civil 3D kan man designa strukturer i samhället samt visualisera resultaten och utföra simuleringar. Ett annat användningsområde i Civil 3D är att på basis av mätta punkter från terrängen skapa ytor som sedan kan exporteras till andra program, t.ex. Tekla, för vidarearbetning. Civil 3D innehåller en del verktyg för att underlätta samarbete med andra som jobbar med samma modell samt verktyg för bättre dokumentation av modelleringen. [42]

Tekla Civil är Trimbles program riktat till infrastrukturbranschen och låter användaren att modellera infraBIM-modeller ensam eller tillsammans med andra, dela information och dokumentera projekt. Modellerna skapade i Tekla Civil passar ihop med de flesta 3D-maskinstyrningsdatorerna. [43]

Tekla Structures är Trimbles program för modellering av byggnadskonstruktioner men går även att i många fall utnyttja vid modellerande av infraBIM-konstruktioner. Till Tekla Structures kan man importera bl.a. .dwg-, .ifc- och xml-filer från t.ex. AutoCAD eller Civil 3D och använda dem som referensritningar. [6]

3.7 Format och dataöverföring

Ett överenskommet mål med BIM-modeller är att alla involverade i ett projekt ska ha tillgång till informationen i modellen och modifiera den [7], så även på infra sidan. Detta innebär att informationsmodellerna ska arbetas med och föras mellan parterna i projektet i öppna format så att olika projekterings- och planeringsprogram kan läsa filerna. För att uppnå detta har man i Yleiset Inframallivaatimukset 2015 slagit fast kravet att man alltid ska använda sig av ett format med öppen dataöverföring [22, s. 8].

Med öppen dataöverföring avser man användning av ett format som inte sätter restriktioner för användaren [44]. Vem som helst kan alltså använda sig av formatet utan hinder som t.ex. höga kostnader och låsta eller hemliga scheman. Detta öppna format för dataöverföring är specificerat till att vara Inframodel som bygger på det internationella formatet LandXML [22, s. 8]. För byggnadskonstruktioner är motsvarande format IFC (Industry Foundation Classes) [22, s. 6].

Inframodel är en finsk öppen dataöverföringsstandard, med textkoder, som bygger på det internationellt standardiserade LandXML v1.2. Den senaste versionen, Inframodel 4, publicerades 2016 och togs i bruk 2017 med en rad förbättringar från den tidigare versionen Inframodel 3 från 2013. Inframodel har utvecklats för att dataöverföring vid planering och utförande av projekt inom infrastrukturbranschen. [45] Genom användning av Inframodel-formatet kan man överföra ritningar, specifikationer (koordinater, mått o.s.v.) och metadata [46] mellan olika program. Eftersom Inframodel är uppbyggt av textkoder kan man öppna dem i textredigerare och modifiera innehållet.

XML (eXtensible Markup Language) är ett utbyggbart format för dokument med textkoder som rekommenderas att användas av W3C (World Wide Web Consortium) [47]. Koderna och scheman i dokumentet berättar för en mjukvara hur programmet ska visa det slutliga

innehållet för den som ser på det. Olika format på dokument ger möjlighet att lagra och skapa olika egenskaper. XML låter användaren organisera data vilket är den eftertraktade egenskapen vid modellering.

XML-formatet passar bra till infraBIM eftersom det är möjligt att bygga till på koderna, organisera data och lätt skicka vidare filer till olika program. LandXML är en del av XML-formatet, designat för infrastrukturbranschen. LandXML är en öppen standard som ingen har ägorätt till och drivs samt upprätthålls av en grupp företag inom infrastrukturbranschen. Vem som helst kan använda sig av LandXML i sin mjukvara utan kostnader och idag används standarden av hundratals mjukvaror. Man har modifierat formatet så att det passar bättre till infraBIM än vad XML-formatet gör. LandXML datatyper innefattar bl.a. punkter, ytor, linjer, profiler, skärningar, jordstycken och rör nätverk. [48], [49]

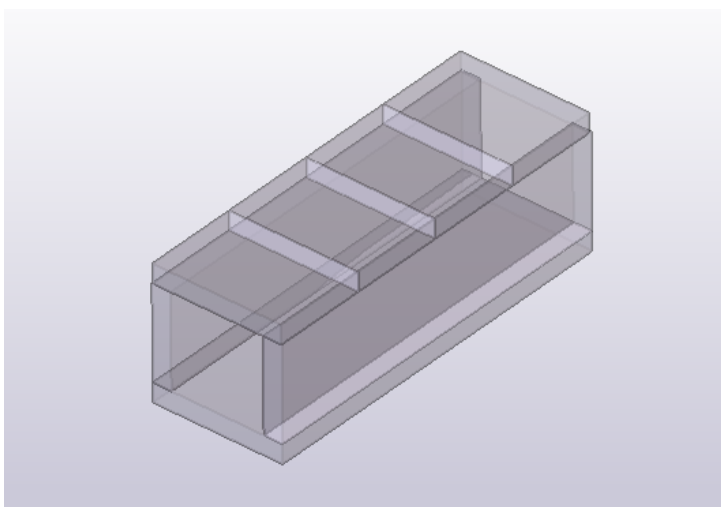
Eftersom infraBIM ännu är i startgroparna är acceptabelt att i vissa fall använda sig av dwg-formatet i stället för LandXML, men då kommer man inte kunna utnyttja modellens fulla kapacitet för att lagra information [22, s. 8].

4. Case: Laakson kanavat

4.1 Bakgrund

Neste Oyj är ett finskt oljebolag grundat år 1948 som i Finland har två raffinaderier, ett i Borgå och ett i Nådendal. Området i Borgå heter Sköldvik och det är här som YPR har sin verksamhet. Raffinaderiet startades år 1965 och mellan det året och början av 2000-talet byggdes det nästan enbart små transformatorbyggnader, som inte är större än några kvadratmeter, för eldistributionen på området. I Sköldvik finns det idag hundratals av dessa små transformatorbyggnader som p.g.a. ålder behöver ersättas av nya. Neste Oyj investerar nu stora summor till att bygga större och mer komplexa transformatorbyggnader.

När man i Sköldvik drar nya kablar för eldistribution drar man dem mellan transformatorerna och förbrukningsplatserna via kabelkanaler. Kabelkanaler är U-formade betongelement med lock av varierande storlek och hållfasthet som fungerar som skydd för kablarna (bild X). Förutom i Sköldvik används även kabelkanaler vid t.ex. skyddandet av kablar vid tågrälser. Elementen installeras vanligtvis i marken så att övre kanten av locket är i linje med asfalt- eller markytan och svetsas sedan ihop med varandra för att få en enhetlig kanal. Hållfastheten och storleken på elementen varierar beroende på var elementen placeras. Om elementen utsätts för t.ex. tung trafik eller tassarna av en lyftkran måste elementet dimensioneras grovt med extra armering medan element som placeras på sidan av en väg kan vara betydligt mycket lättare.



Figur 9. Ett kabelkanalselement med lock modellerat i Tekla Structures.

4.2 Projektet

Projektet PVB0000202, PVO VAL SLÖ M005 Condition and operational safety to OSBL, eller Laakson Kanavat, är ett projekt som beställts av Neste Oyj för att installera kabelkanaler mellan nya transformatorer och förbrukningsplatserna för att kunna ta gamla och föråldrade ur bruk. YPR fick projektet i juni 2018 efter att Neste Oyj gjort en offentlig offertförfrågan för projektet.

Enligt arbetsbeskrivningen ingår följande i arbetet:

- Märka ut rutten i terrängen och hålla en inspektion av den före arbetet börjar.
- Installera 470 meter kabelkanal och plats gjuta 15 m³ betong.
- Fylla kabelkanalerna med 50 mm bottensand (0–4 mm).
- Sätta locken på kanalerna över vintern, öppna igen till 30.4.2019 inför kabeldragning och sedan fylla resten av kanalen med fyllnadssand (0–4 mm) och stänga locken.
- Kila bort 100 m³ berg med borrhärra och hydraulisk kil.

Om mängder eller rutter ändras, eller det beställs extra jobb utöver beskrivningen ovan görs en uträkning på skillnaderna med den s.k. +/- metoden för att rätta till det slutliga priset. +/- metoden går ut på att ställa upp planerade mängder bredvid utförda mängder och räkna skillnaden som antingen blir på minus (man har gjort mindre än planerat) eller på plus (man har gjort mer än planerat).

Projektet är uppdelat i fyra stycken milstolpar;

1. När del 1 är färdig (figur 10.).
2. När hälften av kabelkanalselementen är installerade.
3. När byggarbetet (byggandet av former, gjutandet, svetsandet o.s.v.) är färdigt.
4. När locken är bortlyfta inför kabeldragningen våren 2019.

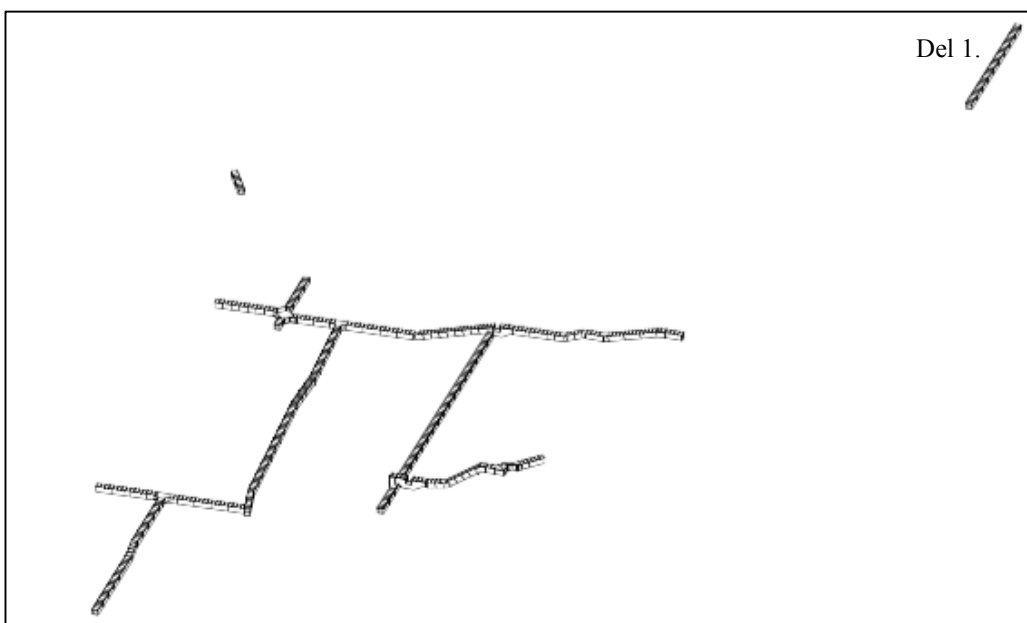
Enligt YPR:s arbetsplan ska en arbetsledare tillsammans med sju byggare och maskinkuskar utföra arbetet på ca 2650 timmar fr.o.m. 16.7.2018. Hela arbetet och dokumentationen ska vara färdigt och överlämnat 29.6.2019.

4.3 Från ursprunglig modell till ny modell

4.3.1 Ursprungliga modellen

Inför modellering av den ursprungliga 3D-modellen bad man på Neste Oyj:s planeringsavdelning om information om terrängen från avdelningen som sköter mätandet på området Sköldvik. På basis av de koordinaterna och specifikationer man fick på marken modellerade man in kabelkanalerna. För att göra modellen använde man programmet Tekla Structures.

I samband med startmötet för projektet överläts ritningar och en 3D-modell (figur 10.) av projektet åt YPR. 3D-modellen överlämnades till YPR som PDF- och DWG-fil.



Figur 10. En bild av den ursprungliga kabelkanalsrutten. Bilden tagen ur 3D-modellen som överläts åt YPR vid projektets början.

Den ursprungliga modellen innehåller, förutom rutten, information om hurdana kabelkanalerna ska vara och hur de sätts fast i varandra. Modellen beaktar inte redan existerande vattenrännor, kablar eller rör.

Då arbetet infördes stod det tidigt klart att delar av rutten måste ändras på då den bl.a. ställvis krockade med existerande konstruktioner och gick igenom berg (vilket skulle förlänga projektet avsevärt mycket om man skulle ha utfört rutten som planerat).

4.3.2 Nya modellen

Då YPR fick projektet PVB0000202, PVO VAL SLÖ M005 Condition and operational safety to OSBL fanns det redan en tanke i företaget om att jag skulle kunna skriva mitt examensarbete om det, med inriktning på BIM. Eftersom vi var ute i god tid med idén var det lättare att planera vilken sorts information som måste samlas in under projektets gång samt vilken information vi skulle be Neste Oyj om för att jag skulle kunna modellera en ny modell.

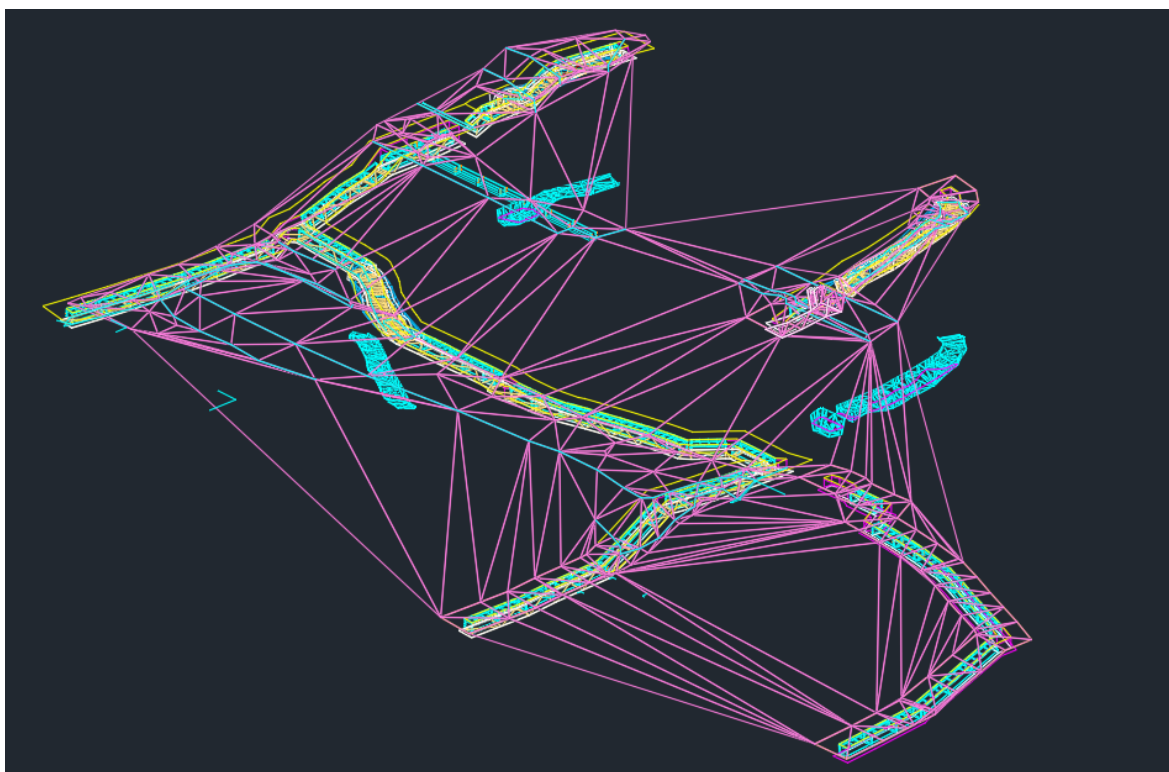
Då jag planerade vilken information som måste samlas in fungerade Olli Varis, en av YPR:s lantmätare, som min handledare. Det vi bestämde oss för att bör mätas var punkter på:

- markytan före grävandet
- botten av den grävda kanalen
- eventuellt berg som kom fram när man grävde
- existerande kablar, rör eller liknande som kunde komma fram när man grävde
- övre kanten av de installerade kabelkanalerna
- platsgjutningarna mellan kanalerna.

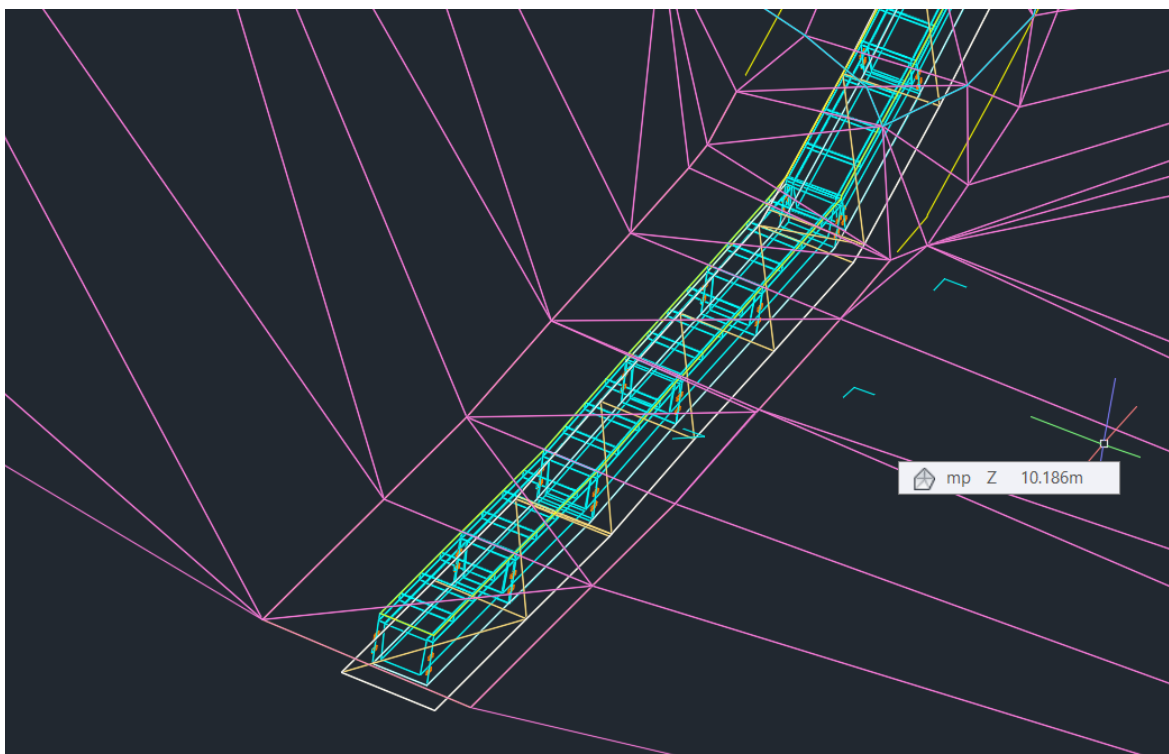
All ovannämnd data mättes med Leicas takymeter reflektorlöst eller mot prisma. Att mäta reflektorlöst innebär att man siktar en laser från takymetern mot punkten man vill mäta. Att mäta mot prisma innebär att man har ett prisma som sitter fast i ett teleskopiskt rör som man kan gå omkring med och placera vinkelrätt mot punkten man vill mäta. Takymetern finns då stationerad på en tripod i närheten och en laser skjuts ut mot prisman och punkten mäts. Nackdelen med att mäta mot prisma är att noggrannheten på data av den mätta punkten är beroende av hur rakt man håller i prisman. För att använda en takymeter måste den orienteras m.h.a. kända referenspunkter. I Sköldvik finns det referenspunkter utspridda på hela området som man måste använda sig av (inte egna referenspunkter) eftersom Sköldvik inte följer det vanliga höjdsystemet i Finland utan området har ett eget koordinatsystem.

När all data var samlad importerades den som COGO-punkter till Autodesk's Civil 3D i LandXML-format till motsvarande koordinaterna som de mättes från. Varis och jag valde att använda COGO-punkter istället för ”vanliga” survey-punkter eftersom COGO-punkter går att editera lättare och snabbare än survey-punkter. Det finns verktyg i Civil 3D som låter användaren välja punkter från ritningen för att sedan automatiskt göra ytor av dem. Punkterna (i det här fallet COGO-punkterna) ansluts med linjer till trianglar som tillsammans bildar ett triangelnätverk (figur 11.) (figur 12.). De olika ytorna är ritade på olika layers och

som skilda triangelnätverk för att kunna skilja på t.ex. botten av kanalen och det som blivit platsgjutet. Allt det här ritades i samma ritning och med hjälp av olika verktyg i Civil 3D kan man räkna ut massor och mängder på materialen, t.ex. hur mycket grävdes, hur mycket betong gick åt o.s.v. Denna modell kan kallas en infraBIM-modell eftersom formatet är LandXML (och därmed uppfylls även Inframodel-kravet) och det är möjligt att sätta in koder för objekten enligt infraBIM-nimikkeistö. Ingen information från den ursprungliga modellen kunde utnyttjas till att skapa den här modellen.



Figur 11. Bild på infraBIM-modellen skapad i Civil 3D.



Figur 12. In zoomad bild på den nya kabelkanalsrutten ur Civil 3D.

Eftersom modellen gjord i Civil 3D inte är särskilt estetisk ville jag även göra en visuellt finare modell som samtidigt innehåller all väsentlig information om projektet. För att åstadkomma en sådan modell hade jag gärna använt mig av programmet Tekla Civil, för modellering av infrastrukturer, men det finns inte en studerande licens tillgängligt för programmet. Istället valde jag, efter att ha konsulterat Tekla specialisten och konstruktören Emil Sandholm på Byggnadstekniska byrån, att använda mig av Trimbles Tekla Structures för BIM-modelleringen av konstruktioner. Sandholm hjälpte mig under hela modelleringsprocessen med val av verktyg, rapporter m.m. Via Novia hade jag tillgång till Tekla Structures 2018i Educational version.

Inför modelleringen på Tekla Structures exporterade jag modellen från Civil 3D i DWG-format till Tekla Structures för att använda den som referensbild. Jag valde att enbart importera in den nya kabelkanalsrutten, botten under kanalerna och övre kanterna på det som grävdes eftersom det var enda informationen jag behövde ha som referens för att kunna modellera. Genom att använda referensbilder importerade i rätt koordinater och objekten i rätt mått sparar man mycket tid när man modellerar i Tekla Structures.

Kabelkanalerna modellerade jag med verktyget *betongplattor* där golvet, väggarna och locken är enskilda objekt som tillsammans bildar en grupp (figur 13.). Det finns tre stycken olika sorters kabelkanaler i projektet; fyra meter långa och 1,4 meter breda, två meter långa

och 1,4 meter breda samt 4 meter långa och 800 mm breda kanaler. Alla kanaler modellerades på samma sätt. En del av kanalerna är modellerade utan lock eftersom det inte finns mätta punkter på locken. Det kan bero på att locken inte var installerade vid tillfället för mätande eller så kommer de plats gjutas i ett senare skede.

Kabelkanalerna är namngivna enligt följande;

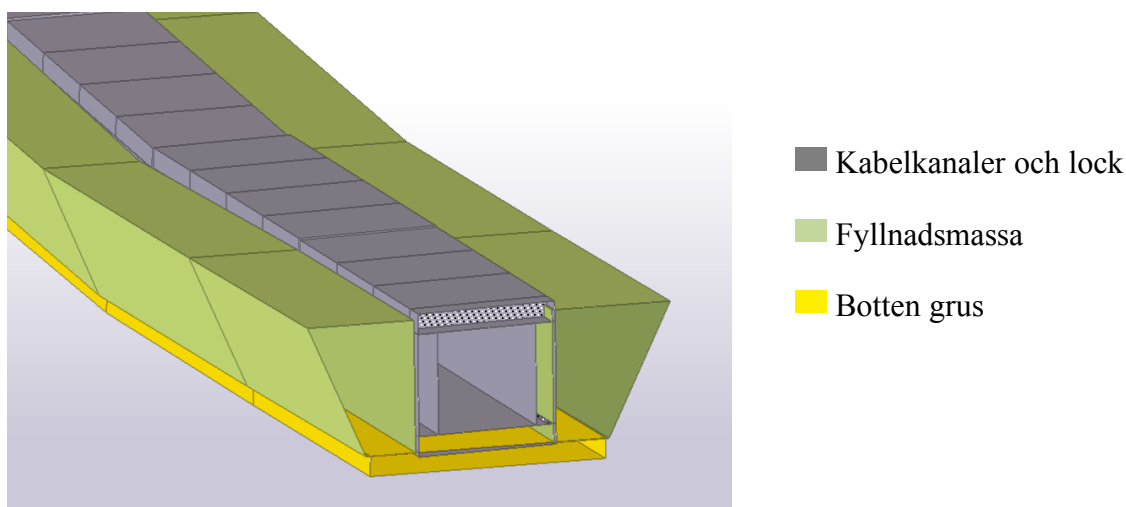
- Fyra meter långa *Kabelkanal 4m*
- Två meter långa *Kabelkanal 2m*
- Fyra meter långa, 800 mm breda *Kabelkanal, liten*

Antalet kabelkanaler i rутten är följande (figur 14.) (bilaga 2.):

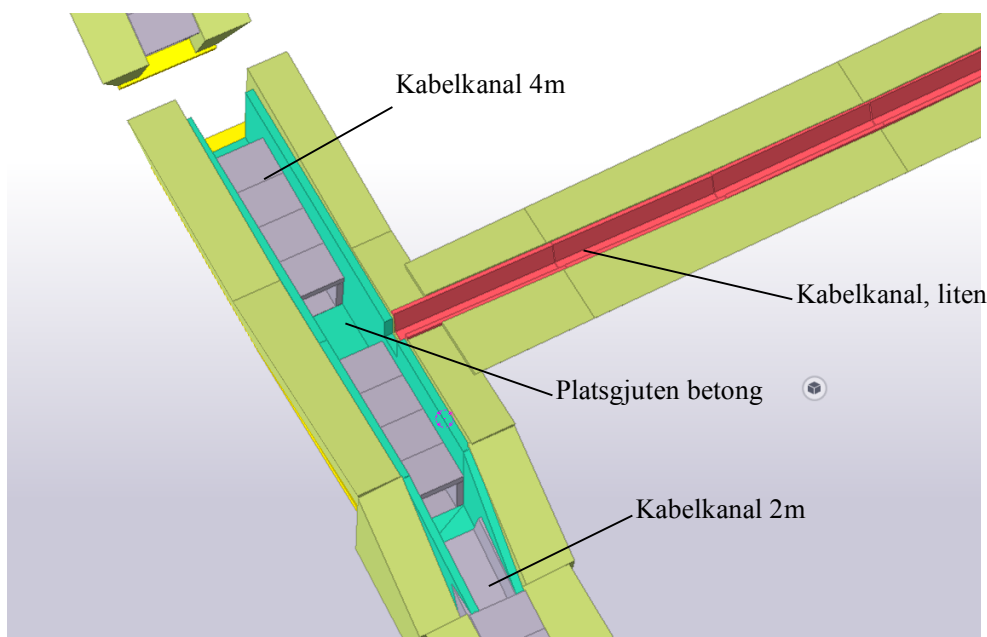
- Fyra meter långa 66 st.
- Två meter långa 20 st.
- Fyra meter långa, 800 mm breda 8 st.

Jag har inte modellerat metallplattorna i kabelkanalerna som används för att svetsa ihop kanalerna eftersom info om storlekarna saknas.

De platsgjutna delarna av kabelkanalsrутten är modellerade med samma verktyg som kabelkanalerna. Delarna heter alla *platsgjutet*. Det saknas information om tjockleken på de platsgjutna delarna men eftersom jag gärna ville ha med dem i modellen beslöt jag att anta att tjockleken är den samma som på kabelkanalselementen (figur 14.). Totalt har det blivit gjutet 53,1 m³ betong (bilaga 1.).



Figur 13. 3D skärning av den modellerade kanalen.



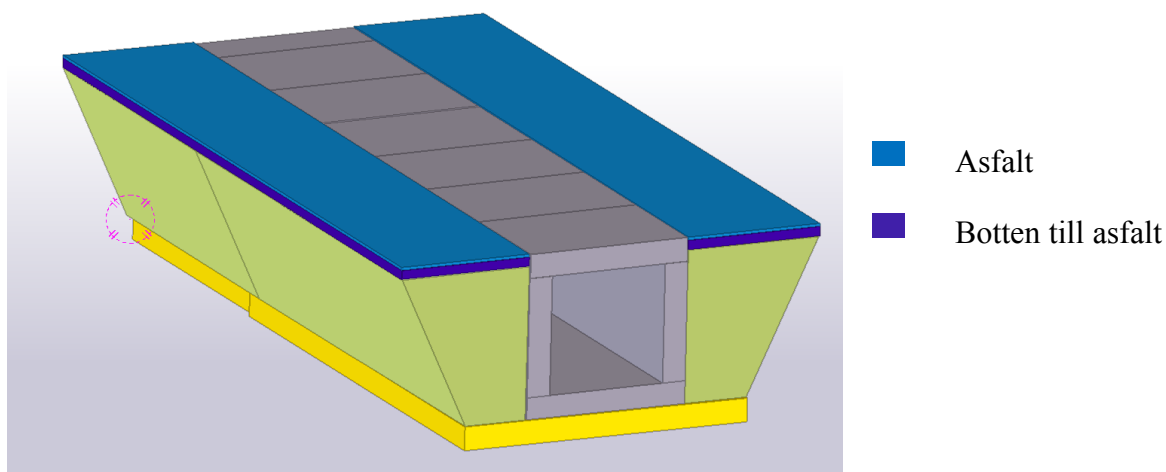
Figur 14. Bild på en del av rutten med plats gjuten betong.

Eftersom en stor del av projektet handlar om jordmassor var det viktigt för mig att få med dem i min modell i Tekla. De olika massorna jag ville få med var fyllnads jordmassor och botten samt mängden bortgrävd jordmassa. Fyllnadsjorden heter i modellen *fyllnad* (figur 13.) och jag modellerade den med verktyget *betongbalk*. Jag valde en balkprofil som liknade det fyllda området och ändrade på materialegenskaperna så att det liknade grus med kornstorlek 0/32 och inte betong. I praktiken innebar det att jag ändrade på densiteten på materialet från 2500 kg/m^3 till 1600 kg/m^3 och ändrade materialnamnet till *Grus 0–32*. Efter att jag hade modellerat in betongprofilen använde jag klipp-verktyget för att gröpa ur profilen med kabelkanalerna. På så sätt blir mängden fyllnad korrekt. Totalt fylldes 943 m^3 eller 1620 ton runt kabelkanalerna med grus 0/32 (bilaga 1.).

För att modellera bottengruset använde jag mig av såväl *betongbalk*-verktyget som *betongplatta*-verktyget. Precis som vid modellerandet av fyllnadsjorden ändrade jag materialegenskaperna från betong till grus med kornstorlek 0/32. Bottengruset har namnet *botten* i modellen (figur 13). Totalt gick det åt 196 m^3 eller 324 ton grus 0/32 till botten under kanalerna (bilaga 1.).

Jag ville även ha reda på den totala mängden bortgrävd jordmassa. Det behövde jag inte modellera skiljt eftersom mängden bortgrävd jordmassa är densamma som den modellerade mängden fyllnadsjord före jag klippte den med kabelkanalerna. Totalt grävdes 2043 m^3 eller 3472 ton jord bort (bilaga 3.).

På en del av kabelkanalsrutten testade jag att modellera asfalt på markytan runt kanalerna (figur 15.). Jag provade på detta eftersom det i ett senare skede ska lagas asfalt runt en del av kabelkanalerna, men det är ännu oklart exakt var och när. Jag modellerade asfalten och botten till asfalten som betongplattor och gav dem materialegenskaper som liknar respektive material. De har namnen *Test, asfalt* och *Test, asfalt botten*.

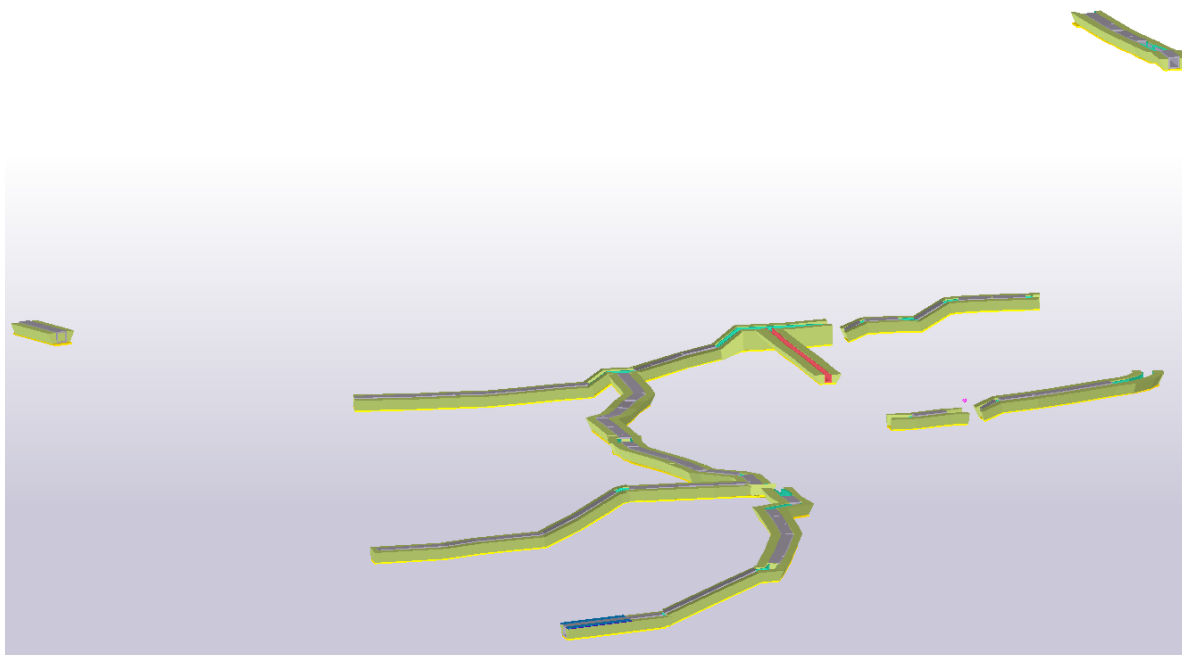


Figur 15. 3D skärning av den modellerade kanalen med asfalt.

För att få ut mängder på de olika materialen använde jag mig av Tekla Structures rapportverktyg. Med verktyget kan man skapa egna botten för sina rapporter med de önskade värdena och rubriker. Jag skapade tre stycken rapporter. En med materielmängderna (bilaga 1.), en med antalet kabelkanaler (bilaga 2.) och den sista med mängden bortgrävd jordmassa (bilaga 3.).

Jag modellerade inte hela markytan runt kabelkanalsrutten, så som i Civil 3D modellen, eftersom det inte behövs i Tekla för att få fram informationen jag var ute efter. Istället modellerade jag enbart markytan närmast runt kabelkanalerna (figur 16.). Ingen information från den ursprungliga modellen kunde utnyttjas utan enbart Civil 3D-modellens information.

Jag valde att inte modellera bergsytor i Tekla Structures-modellen som kom fram vid grävande eftersom det skulle ha tagit så mycket längre och eftersom informationen om hur mycket berg YPR kilade redan fanns i Civil 3D-modellen. Totalt kilades 268 m³.



Figur 16. Skärmdump ur Tekla Structures av hela modellen.

5. Resultat

Caset jag behandlade gick ut på att modellera en infraBIM-modell på basis av den ursprungliga modellen från Neste Oyj. Rutten ändrades väldigt mycket så jag kunde inte utnyttja någon information från ursprungliga modellen till Civil 3D-modellen eller Tekla Structures-modellen. Det gjorde dock inte så mycket eftersom YPR samlade in mycket eget material som jag baserade modellerna på. Att rutten ändrades så mycket ledde dock till att det blev svårt att jämföra modellerna. Det man kan konstatera när man jämför den ursprungliga modellen samt arbetsbeskrivningen med data ur de nya modellerna är mängdskillnaderna enligt tabellen nedan (tabell 1.). Skillnaderna i mängderna beror främst på att det blev väldigt mycket mer platsgjutet än planerat på grund av t.ex. konstruktioner eller rör som kom i vägen samt att det kom fram mer berg än vad man trodde som måste kilas bort för att kanalen skulle rymmas. Den totala sträckan av kanaler hölls dock som samma både i planerna och efter utförandet.

Tabell 1. Skillnader på mängder i arbetsbeskrivningen och det utförda arbetet.

	Ursprunglig plan	Utfört	Skillnad
Kanaler 4 m	76 st.	66 st.	- 10 st.
2 m	35 st.	20 st.	- 15 st.
800 mm	0 st.	8 st.	+ 8 st.
Platsgjutet	15 m ³	53,1 m ³	+ 38,1 m ³
Kilat	100 m ³	268 m ³	+ 168 m ³

Allt jag ville ha med i modellerna kom med och informationen är lätta att plocka fram med de olika verktygen i såväl Civil 3D som Tekla Structures; nya kabelkanalsrutten, fyllnadsjord, grävda massor o.s.v.

Det första målet med examensarbete var att testa på att använda de finska anvisningarna för infraBIM och se hur de fungerade. I modellen som skapades på Civil 3D var det möjligt att uppfylla de tre kraven som ställs; Inframodel-formatet, InfraBIM-nimikkeistö och att följa YIV2015. Ur Civil 3D modellen var det möjligt att plocka fram information om antalet kabelkanaler (figur 11), mängder och massor. InfraBIM-modellen är dock i min mening svår

att förstå om man inte vet vad man söker efter och som visualiseringsmodell blev Civil 3D-modellen inte optimal (figur 11.) (figur 12.).

Modellen som jag skapade i Tekla Structures (figur 16.) kan inte kallas för en infraBIM-modell eftersom inget av de tre kraven för infraBIM uppfyllts. I Tekla Structures är det möjligt att importera LandXML-format men inte exportera, därmed går inte heller Inframodel-kravet att uppfyllas, vilket innebär att dataöverföringen inte fungerar som den borde. Det skulle dock vara möjligt att använda infraBIM-nimikkeistö, men jag valde att inte göra det eftersom modellen ändå inte skulle kunna bli en infraBIM-modell. Trots att Tekla-modellen inte kan kallas infraBIM-modell är den ändå en BIM-modell. All information som jag ville få ut gick att få med rapport-verktyget och visuellt sett är Tekla-modellen mycket lättare att förstå enligt mig.

Efter att ha gått igenom anvisningarna för infraBIM-modellering och följt dem i min infraBIM-modell skapad i Civil 3D kan jag konstatera att de är fullt möjliga att följa och använda sig av dem.

Det andra målet med mitt examensarbete var att avgöra om YPR kan ha nytta av att börja använda sig av mer infraBIM i sina projekt. YPR har använt sig av modeller skapade i Civil 3D redan en längre tid för att få fram massor och mängder i olika projekt och har alltså omedvetet använt sig av infraBIM till en stor grad. Förutom användningen av infraBIM-nimikkeistö har de andra anvisningarna och kraven för infraBIM väldigt långt uppfyllts.

I Sköldvik finns det inte krav på att entreprenören skulle måsta kunna visa upp visuellt fina modeller varken före eller efter ett projekt, utan man är bara intresserade av att få ut mängder och massor. Därför anser jag att det inte lönar sig för YPR att byta metod från att använda Civil 3D till t.ex. Tekla Structures enbart för att åstadkomma snyggare modeller då det nuvarande systemet fungerar utmärkt för vad YPR behöver.

Vid projekt utanför Sköldvik kan det dock finnas en del potentiella användningsområden för skapande och användning av såväl vanliga infraBIM-modeller som snyggare modeller (visualiseringsmodeller). Genom att skapa infraBIM-modeller med Civil 3D och sedan flytta in modellen i andra program som skapar visualiseringsmodeller kan man till t.ex. beställare visuellt presentera vad man vill åstadkomma eller vad man planerat samt slutresultatet på projektet. Ett annat potentiellt användningsområde (i såväl Sköldvik som utanför) är 3D maskinstyrning som blir allt mer vanligt i större projekt, ibland är det till och med ett krav för att kunna få ett jobb. Dessa två användningar av infraBIM skulle kunna öka på YPR:s konkurrensförmåga i jämfört med andra företag inom samma bransch. För att kunna vara

säker på detta borde man dock testa på att skapa visualiseringsmodeller och använda sig av 3D maskinstyrning i praktiken för att undersöka om det lönar sig eller ej.

Sammanfattningsvis kan jag konstatera att de finska anvisningarna om infraBIM behändigt går att följa och jag fann dem välskrivna och informationsrika samt att YPR nog har nytta av att använda infraBIM i sina projekt.

6. Källförteckning

- [1] Team Exact, ”Vi gör BIM begripligt”. [Online]. Tillgänglig: <http://www.teamexact.com/sv/vi-gor-bim-begripligt/> [hämtat 10.3.2019].
- [2] Designing Buildings, ”The future of construction”, 2017. [Online]. Tillgänglig: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/The_future_of_construction_-_BIM [hämtat 12.1.2019].
- [3] R. McPartland. ”BIM dimensions – 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained”, 2017. [Online]. Tillgänglig: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained> [hämtat 5.3.2019].
- [4] Autodesk. ”Top products”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.autodesk.com/products> [hämtat 27.12.2018].
- [5] Graphisoft. ”ArchiCAD”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.graphisoft.com/archicad/> [hämtat 27.12.2018].
- [6] Tekla. ”Tekla Structures BIM-programvara”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.tekla.com/se/produkter/tekla-structures> [hämtat 27.12.2018].
- [7] Yleiset tietomallivaatimukset 2012. *Osa 1 Yleinen osuus*. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf [hämtat 20.2.2019].
- [8] BuildingSMART International. ”IFC Overview summary”. [Online]. Tillgänglig: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview> [hämtat 27.12.2018].
- [9] BuildingSMART International. ”History”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/> [hämtat 20.3.2019].
- [10] BuildingSMART Finland. ”About us”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/en/home/> [hämtat 20.3.2019].
- [11] BuildingSMART Finland. ”BSF-organisaatio 2018”. [Online]. Tillgänglig: (<https://buildingsmart.fi/bsf-organisaatio/>) [hämtat 20.3.2019].
- [12] Väylä. ”Inframallit”, 2018. [Online]. Tillgänglig: <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit#.XJsXPy0gn6Y> [hämtat 2.3.2019].

- [13] J. Salmi. ”Infra FINBIM vauhditti inframallintamisen läpimurtoa”, 2015. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infra-finbim-vauhditti-inframallintamisen-lapimurtoa/> [hämtat 2.3.2019].
- [14] BuildingSMART Finland. ”Yleiset inframallivaatimukset”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/> [hämtat 20.12.2018].
- [15] BuildingSMART Finland. ”Julkaisut ja standardit”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infrabim/> [hämtat 20.12.2018].
- [16] T. Perttula. ”Inframallintamisen mahdollisuudet”, 2016. [Online]. Tillgänglig: https://www.saimia.fi/docs/ajankohtaista/rakennuspaiva/2016/Perttula_Rakennuspaiva_2016.pdf [hämtat 25.12.2018].
- [17] BuildingSMART Finland. ”YIV 2015 päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018”, opublicerad.
- [18] Novatron. ”Mitä on koneohjaus?”. [Online]. Tillgänglig: <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/> [hämtat 2.3.2019].
- [19] Topego. ”Mitä koneohjaus on?”. [Online]. Tillgänglig: <http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on> [hämtat 2.3.2019].
- [20] V. Piironen, ”3D-koneohjausjärjestelmä kaivinkoneissa”, Examensarbete, Byggnadsteknik, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tammerfors, Finland, 2012. [Online]. Tillgänglig: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41528/Piironen_Ville.pdf?sequence [hämtat 12.1.2019].
- [21] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. *Osa 1 Tietomallipohjainen hanke*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [22] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. *Osa 2 Yleiset Mallinnusvaatimukset*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [23] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 3 Lähtötiedot*, 2015. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/wp->

- content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [24] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 4 Inframalli ja mallinnus hankeen eri suunnitteluvaiheessa*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [25] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 5.1 Rakennemallit*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_1_Maarakenteet_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [26] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 5.2 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällystys- ja pintarakenteet* 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_totetusmallin_laatimisohe_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [27] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 5.3 Maarakennustöiden toteutusmallin laadintaohje*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [28] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 6.1 Järjestelmät*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA6_Jarjestelmat_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [29] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 7.1 Rakennustekniset rakennusosat*, 2014. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA7_Rakennustekniset_rakosot_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [30] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 8 Inframallin laadunvarmistus*, 2016. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015_OSA_8_Inframallin-laadunvarmistus_20160211.pdf [hämtat 8.1.2019].

- [31] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA_9_Maeaelaskenta_ja_kustannusarviot.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [32] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 10 Havainnollistaminen*, 2016. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [33] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 11.1 Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015-Mallinnusohjeet_OSA11_1_Inframallinnus_paeallysteiden_korjaamisessa_V_1_0.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [34] Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, *Osa 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/07/YIV2015_Mallinnusohjeet_Osa12.1_Maarakentamisen_mallipohjainen_laadunvarmistusmentelmä.pdf [hämtat 8.1.2019].
- [35] BuildingSMART Finland. ”InfraBIM-nimikkeistö”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-nimikkeisto/> [hämtat 7.1.2019].
- [36] Rakennustieto Oy. ”Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje”, 2014. [Online]. Tillgänglig: https://www.rakennustieto.fi/html/liitteet/infraryl/Infra_2015_Maaramittausohje.pdf [hämtat 7.1.2019].
- [37] BuildingSMART Finland. ”InfraBIM-nimikkeistö v. 1.71”, 2018. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeistö_v1_71.pdf [hämtat 7.1.2019].
- [38] BuildingSMART Finland. ”InfraBIM-sanasto”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-sanasto/> [hämtat 4.1.2019].
- [39] K. Serén. ”InfraBIM-sanasto v. 0.7.”, 2014. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf [hämtat 4.1.2019].

- [40] K. Serén. ”InfraBIM-sanasto v. 0.6.”, 2014. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_LyhytSanasto_v0-6.pdf [hämtat 4.1.2019].
- [41] Autodesk. ”InfraWorks”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.autodesk.com/products/infracore/overview> [hämtat 19.2.2019].
- [42] Autodesk. ”Civil 3D – Design better civil infrastructures”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview> [hämtat 19.2.2019].
- [43] Tekla. ”Tekla Civil - Tietomallintaa maailmasi”. [Online]. Tillgänglig: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-civil> [hämtat 19.2.2019].
- [44] Opensource.com. ”What are open standards?”. [Online]. Tillgänglig: <https://opensource.com/resources/what-are-open-standards> [hämtat 28.12.2018].
- [45] BuildingSMART Finland. ”Inframodel-tiedonsiirtoformaatti”. [Online]. Tillgänglig: <https://buildingsmart.fi/infracore/inframodel/> [hämtat 28.12.2018].
- [46] BuildingSMART Finland. ”Inframodel 4 - uudet osat ja ominaisuudet”, 2016. [Online]. Tillgänglig: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf [hämtat 28.12.2018].
- [47] World Wide Web Consortium. ”Extensible Markup Language (XML)”, 2016. [Online]. Tillgänglig: <https://www.w3.org/XML/> [hämtat 29.12.2018].
- [48] The LandXML Project. ”Open Civil and Survey Data Exchange”. [Online]. Tillgänglig: <http://www.landxmlproject.org> [hämtat 2.1.2018].
- [49] LandXML.org. ”LandXML.org in a nutshell”. [Online]. Tillgänglig: <http://landxml.org> [hämtat 2.1.2018].

Materialåtgång

Del	Material	Volym	Vikt
		m ³	t
Botten	Grus 0-32	196.42	324.22
Fyllnad	Grus 0-32	942.97	1621.24
Kabelkanal 2m	Betong	35.93	89.81
Kabelkanal 4m	Betong	254.20	635.50
Kabelkanal, liten	Betong	9.87	24.67
Platsgjutet	Betong	53.09	132.73
Test, asfalt	Asfalt	0.43	0.73
Test, asfalt botten	Grus 0-8	1.43	2.44

Kabelkanaler

Element	Material	Volym m ³	Vikt t	Antal
Kabelkanal 2m	Betong	11.05	27.63	20
Kabelkanal 4m	Betong	71.95	179.88	66
Kabelkanal, liten	Betong	5.04	12.59	8

Bortgrävd jordmassa

Del	Material	Volym	Vikt
Grävt	Blandad jord	m ³ 2042.54	t 3472.32